



ISSN : 2442-5346

JURNAL

INOVASI PERTAHANAN

Vol. 8 No. 2 Desember 2022

Kajian Keselamatan Pembangunan Reaktor Daya Sebagai Alternatif Energi Masa Depan

Kajian Sistem Pendingin Reaktor MSR Untuk Mendukung Ketahanan Energi Masa Depan

Kajian Desain Teras Reaktor MSR Skala 20 MWt Sebagai Energi Alternatif Masa Depan

Kajian Modifikasi *Repowering* dan *Retrofitting Bouyancy* BTR-50 PM Sebagai *Main Battle* Strategi Di Masa Depan

Pentingnya Manajemen Beban Kerja Perawat Sebagai Faktor Utama yang Memengaruhi Budaya Keselamatan Pasien

Statelessness Di Perbatasan Indonesia – Filipina Dalam Mendukung Stabilitas Pertahanan Negara

Strategi Penanganan Inflasi Dalam Negeri Dari Sudut Pandang Pertahanan Negara

Pengembangan dan Implementasi Aplikasi Perpustakaan Balitbang Kemhan berbasis WEB

Implementasi Kebijakan Pertahanan Negara Di Kalimantan Utara

Perancangan Aplikasi Inventarisasi Aset Barang Milik Negara (BMN) Balitbang Kemhan Dengan Sistem QR Code Dan *Digital Signature*

KEMENTERIAN PERTAHANAN RI
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Jurnal Inovasi Pertahanan	Vol. 8	No. 2	Hal. 1 – 123	Jakarta Desember 2022	ISSN 2442-5346
------------------------------	--------	-------	--------------	--------------------------	-------------------

ALAMAT REDAKSI:

Balitbang Kemhan

Jl. Jati No. 1 Pondok Labu Jakarta Selatan 12450

Telp. (021) 7502086, Fax. (021) 7504466

e-mail: balitbang@kemhan.go.id

website: <http://www.balitbang.kemhan.go.id>





JURNAL

ISSN : 2442-5346

INOVASI PERTAHANAN

Vol. 8 No. 2 Desember 2022

SUSUNAN REDAKSI

- Pimpinan Redaksi** : Kolonel Inf Arie Prianto Widiatmoko
- Sekretaris** : Sulastri, SH.
- Tim Redaksi** : Mistiyani, S.Sos., M.Mhan
Drs. Pujiantoro, M.M.
Eko Rahardjo, S.T., M.Si.
Eko Misrianto, S.Pd., M.Mhan.
Hermin Purnomo, S.E
Daryono, S.Pd., M.M
Dewi Hartati
Yulia, S.Pd.
- Mitra Bestari** : Dr. Ir. Anne Kusmayati, M.Sc.
Dr. Ir. Achmad Farid Wajdi, M.M.
Eddy M.T. Sianturi, S.Si., M.Si.
Dr. Dra. Ernalem Bangun, M.A
- Design Grafis & Fotografer** : Mayor Chb S.A. Yudhistianto, S.E., M.M
Maharani Pebriansari, ST., MT
Edy Sunardi, S.Kom
- Editor** : Priyo Budi Sungkowo
Muhammad Rifqi, S.Hum, M.Si.
- Sekretariat** : Puji Sandika, S.E.
Eko Suhendar
Agustinus Trianto
- Alamat Redaksi** : Balitbang Kemhan
Jl. Jati No. 1 Pondok Labu Jakarta Selatan 12450
Telp. (021) 7502086, Fax. (021) 7504466
e-mail: balitbang@kemhan.go.id
website: <http://www.balitbang.kemhan.go.id>

**DAFTAR ISI****HASIL PENELITIAN**

Kajian Keselamatan Pembangunan Reaktor Daya Sebagai Alternatif Energi Masa Depan Sadono dan Eko Misrianto	1 - 19
Kajian Sistem Pendingin Reaktor MSR Untuk Mendukung Ketahanan Energi Masa Depan Andhika Aji Sastra dan Eko Misrianto	20 - 34
Kajian Desain Teras Reaktor MSR Skala 20 MWt Sebagai Energi Alternatif Masa Depan Eko Misrianto	35 - 57
Kajian Modifikasi Repowering Dan Retrofitting Bouyancy BRT – 50 PM Sebagai Main Batle Strategy Di Masa Depan Priyo Budi Sungkowo	58 - 68
Pentingnya Manajemen Beban Kerja Perawat Sebagai Faktor Utama Yang Memengaruhi Budaya Keselamatan Pasien Ratna Indrawati dan Putu Reza	69 - 79
Statelessness Di Perbatasan Indonesia – Filipina Dalam Mendukung Stabilitas Pertahanan Negara Misyanto	80 - 89
Strategi Penanganan Inflasi Dalam Negeri Dari Sudut Pandang Pertahanan Negara Tati Herlia	90 - 95
Pengembangan Dan Implementasi Aplikasi Perpustakaan Balitbang Kemhan Berbasis WEB Maharani Febriansari	96 - 102
Implementasi Kebijakan Pertahanan Negara Di Kalimantan Utara Alimisna	103 - 109
Perancangan Aplikasi Inventarisasi aset Barang Milik Negara (BMN) Balitbang Kemhan Dengan Sistem QR Code Dan Digital Signature Puji Sandika	110 - 119
Indek Penulis	120
Pedoman Untuk Menulis	121-123

KATA PENGANTAR

Pembaca Jurnal Inovasi Pertahanan, puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat taufik dan HidayahNya, sehingga Jurnal Inovasi Pertahanan Volume 8 Nomor 2, Desember 2022 telah terbit dan hadir di tangan para pembaca.

Pada edisi kedelapan ini Jurnal Inovasi Pertahanan menyajikan artikel ilmiah bidang pertahanan antara lain: Kajian Keselamatan Pembangunan Reaktor Daya Sebagai Alternatif Energi Masa Depan, Kajian Sistem Pendingin Reaktor MSR Untuk Mendukung Ketahanan Energi Masa Depan, Kajian Desain Teras Reaktor MSR Skala 20 MWt sebagai Energi Alternatif Masa Depan, Kajian Modifikasi Repowering Dan Retrofitting Bouyancy BRT – 50 PM Sebagai Main Batle Strategy Di Masa Depan, Pentingnya Manajemen Beban Kerja Perawat Sebagai Faktor Utama Yang Memengaruhi Budaya Keselamatan Pasien, Statelessness Di Perbatasan Indonesia – Filipina Dalam Mendukung Stabilitas Pertahanan Negara, Strategi Penanganan Inflansi Dalam Negeri Dari Sudut Pandang Pertahanan Negara, Pengembangan Dan Implementasi Aplikasi Perpustakaan Balitbang Kemhan Berbasis WEB, Implementasi Kebijakan Pertahanan Negara di Kalimantan Utara, Perancangan Aplikasi Inventarisasi Aset Barang Milik Negara (BMN) Balitbang Kemhan Dengan Sistem QR Code dan Digital Signature.

Pada kesempatan ini, tim redaksi mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada Mitra Bestari Jurnal Inovasi Pertahanan dan Editor atas kerja sama dan bantuannya, juga kepada para penulis yang telah mempercayakan artikelnya untuk diterbitkan pada Jurnal Inovasi Pertahanan.

Sebagai penutup tim redaksi Jurnal inovasi Pertahanan mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca untuk meningkatkan kualitas Jurnal Inovasi Pertahanan. Semoga bermanfaat dan mampu menambah wawasan bagi pembaca.

Salam,

Tim Redaksi Jurnal Inovasi Pertahanan

Sadono dan Eko Misrianto (APN Madya Balitbang Kemhan)

Kajian Keselamatan Pembangunan Reaktor Daya Sebagai Alternatif Energi Masa Depan
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol.8 No.2 Desember 2022 Halaman 1- 19

Desain pra-konseptual fitur keselamatan teknis untuk laboratorium reaktor MSR telah selesai dilakukan. Desain berfokus pada penentuan umur hidup reaktor, koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar, koefisien reaktivitas temperatur moderator, koefisien reaktivitas densitas bahan bakar, koefisien reaktivitas void, kritikalitas pada pipa sistem primer, kritikalitas pada tangki penampung bahan bakar, parameter kinetik, dan analisis insersi reaktivitas. Tujuan desain ini adalah untuk menjamin bahwa teras reaktor yang didesain memiliki keselamatan melekat dan terjamin subkritikalitasnya. Model teras dengan geometri R-Z dan 3-dimensi masing-masing digunakan untuk perangkat analitik deterministik dan Monte Carlo. Hasil desain menunjukkan bahwa reaktor MSR dengan daya 20 MWt memiliki umur hidup reaktor sampai 15 tahun. Kajian kritikalitas menunjukkan bahwa seluruh sistem primer dan tangki penampung bahan bakar memiliki jaminan subkritikalitas yang tinggi. Karakteristik transien saat dimasukkan reaktivitas sebesar 37,1 pcm/s menunjukkan teras reaktor tetap dalam keadaan aman. Berdasarkan desain ini, diusulkan laboratorium reaktor MSR sebaiknya berdaya 40 MWt yang digenerasi dari dua unit teras reaktor dengan daya masing-masing 20 MWt. Pilihan ini akan menjadikan laboratorium dapat digunakan untuk kajian pengoperasian reaktor modular dengan sistem kogenerasi. Sistem kogenerasinya terdiri dari sistem pembangkit listrik, penggerak sistem propulsi, dan desalinasi air. Reaktor ini dapat membangkitkan daya listrik minimum 7 MWe jika efisiensi termal 35%.

Kata kunci: reaktor MSR, keselamatan inheren, parameter kinetik, koefisien reaktivitas, fitur keselamatan teknis

Andhika Ajie Sastra (Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan)

Kajian Sistem Pendingin Reaktor MSR Untuk Mendukung Ketahanan Energi Masa Depan
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No.2 Desember 2022 Halaman 20- 34

Perancangan prakonseptual sistem pendingin MSR (Molten Salt Reactor) ini bertujuan untuk mendesain komponen utama sistem pendingin, seperti pompa dan penukar panas, agar memenuhi spesifikasi desain. Dalam kegiatan ini, juga dilakukan perhitungan temperatur outlet (keluar) dan laju alir. Desain sistem pendingin berfungsi menjamin agar teras dapat didinginkan dengan aman selama berlangsung operasi normal, transien, dan kecelakaan. Perancangan dilakukan dengan perangkat lunak FLUENT dengan memodelkan teras dalam 1/8 geometri silinder. Temperatur inlet (masuk) 550°C dan tekanan 3 bar menjadi parameter yang ditetapkan dalam desain. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konfigurasi teras yang didesain memiliki kemampuan mengalirkan bahan bakar dengan baik, meskipun terdapat dead zone di beberapa lokasi di atas dan di bawah teras aktif. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa temperatur outlet maksimum sebesar 630°C. Desain penukar panas primer dan sekunder masing-masing berjumlah satu unit dengan kapasitas 20 MWt. Kemampuan penukar panas primer dapat menaikkan pendingin garam sebesar 92,4°C, sedangkan penukar panas sekunder sebesar 103,1°C. Hasil perancangan menunjukkan bahwa seluruh spesifikasi desain dapat dipenuhi dengan unjuk kerja yang maksimum dan selamat.

Kata kunci: reaktor garam cair, penukar panas, laju alir, temperatur, FLUENT

Eko Misrianto (Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan)

Kajian Desain Teras Reaktor SMR Skala 20 MWt Sebagai Energi Alternatif Masa Depan
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No.1 Desember 2022 Halaman 35 - 57

Desain pra-konseptual teras reaktor MSR (Molten Salt Reactor) ini mengacu pada kapal sebagai platform untuk dipakai dalam pembuatan desain laboratorium reaktor di darat. Desain didasarkan pada spesifikasi yang telah ditetapkan oleh user requirement. Dalam desain ini digunakan batasan berupa daya termal minimum 16 MW, volume teras maksimum $3,4 \text{ m}^3$, dan pembangkitan daya maksimum di teras 14 MW/m^3 . Tingkat daya termal reaktor yang didesain adalah 20 MWt, 30 MWt, 40 MWt, dan 50 MWt. Desain dilakukan dengan perangkat analitik WIMSD-5B dan CITATION. Keunggulan desain teras adalah fleksibel terhadap jenis bahan bakar garam. Bahan bakar garam yang dipilih adalah $\text{NaF-BeF}_2\text{-UF}_4$, $\text{NaF-BeF}_2\text{-ThF}_4\text{-U}(233)\text{F}_4$ dan $\text{NaF-BeF}_2\text{-ThF}_4\text{-U}(235)\text{F}_4$, dengan pengayaan uranium rendah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komposisi (% mol) untuk ketiga bahan bakar tersebut masing-masing adalah 76-21-3, 76-12-11,35-0,65, dan 67,6-12-14-6,4. Berdasarkan hasil perancangan, jika persyaratan teras maksimum $3,4 \text{ m}^3$ dipakai, maka pilihan daya reaktor tidak banyak, karena kerapatan panas yang lebih besar dari 14 MWt/m^3 . Oleh karena itu, optimasi dilakukan dengan menggunakan pembangkitan panas maksimum 14 MW/m^3 sebagai batasan. Hasil optimasi mendapatkan 19 alternatif teras dengan daya 20 MWt (7 teras), 30 MWt (7 teras), 40 MWt (4 teras), dan 50 MWt (1 teras). Diusulkan daya reaktor untuk kapal adalah sebesar 20 MWt, sedangkan untuk laboratorium darat sebesar 40 MWt yang diperoleh dari 2 unit teras masing-masing dengan daya 20 MWt.

Kata kunci: *Desain pra-konseptual, teras reaktor MSR, bahan bakar cair, bahan bakar thorium, uranium pengayaan rendah*

Priyo Budi Sungkowo (Bagdatin Set Balitbang Kemhan)

Kajian Modifikasi Repowering dan Retrofitting Bouyancy BTR – 50 PM Sebagai Main Batle Strategy Dimasa Depan
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No.2 Desember 2022 Halaman 58 - 68

Satuan Kaveleri sebagai fungsi penggempur di daerah pertahanan musuh dengan alat dan peralatan Tank dengan yang dilengkapi dengan jenis persenjataan kaliber besar. Jumlah Ranpur yang ada di Satkav sebanyak 1.013 unit, yang dimiliki sebanyak 1.086 unit, namun secara kualitas masih jauh dari harapan. Dari jumlah ranpur yang ada tersebut 248 unit kondisinya baik terbatas atau tidak seluruh sistem otomotif, senjata, dan komunikasi dalam kondisi baik, 716 unit rusak ringan dan 122 unit kondisi rusak berat, sehingga prosentase jumlah unit ranpur yang ada hanya 24,8 % yang operasional sedangkan 75,52 % lainnya tidak siap operasional. Dari 1.086 unit ranpur yang dimiliki kaveleri hanya 15,9 % yang tergolong kedalam alutsista baru dibuat diatas 1980, sedangkan sisanya 84,1 % merupakan alutsista yang sudah tua dengan tahun pembuatan dibawah 1980, yang secara teknis tidak layak memenuhi kebutuhan operasional sebagai penggempur maupun fungsi pengamanan. Untuk mengisi kekurangan tersebut diperlukan modifikasi, retrofitting dan repowering agar dapat beroperasi kembali sebagai Ranpur baru yang memiliki performa yang cukup diandalkan. Dari sasaran, modifikasi, repowering dan retrofitting BTR-50 maka sub sistem dilakukan modifikasi terhadap Hull, Engine, Transmisi, Trackling dan waheel bogy, sistem rem dan kendali serta sirkulasi udara. Engine menggunakan Weichei WD 615 Gross Vehicle Weight (GVW) 15 ton, Power of weight ratio 20 HP/Ton dan Power mesin 300 HP (220 kW). Modifikasi pada bagian engine karter menyesuaikan posisi sentra dari transmisi dan gear yang menghubungkan ke sprocker penggerak dengan membuat Connecting Shaft Assy dimana dimensi komponen yang masuk kedalam engine Weichei 615 menggunakan dimensi poros pada transmisi ZF-5S-111GP. Penataan aksesories standar juga akan dilakukan untuk memperkuat imej dari

kendaraan ini sendiri dan untuk membedakan imej kendaraan dari kendaraan serupa dimiliki negara lain.

Kata Kunci: Satuan Kavelri, Medium tank, modifikasi, repowering dan retrofitting, main batel strategis.

Ratna Indrawati dan Putu Reza (Ditjen Kuathan Kemhan)

Pentingnya Manajemen Beban Kerja Perawat Sebagai Faktor Utama Yang Memengaruhi Budaya Keselamatan Pasien

Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No.2 Desember 2022 Halaman 69 - 79

Implementasi sasaran keselamatan pasien adalah perilaku kepatuhan para petugas kesehatan dalam melaksanakan standar dan sasaran yang telah ditetapkan oleh rumah sakit dengan mengacu kepada sasaran keselamatan pasien internasional untuk menjamin pelayanan yang aman bagi setiap pasien. Sasaran keselamatan pasien internasional yang diadopsi oleh komite akreditasi rumah sakit terdiri dari enam sasaran. Faktor-faktor yang memengaruhi implementasi sasaran keselamatan pasien antara lain pengetahuan, beban kerja, serta budaya keselamatan pasien. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bukti empiris pengaruh pengetahuan dan beban kerja terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien, dimediasi oleh budaya keselamatan pasien. Penelitian ini merupakan penelitian analitik kuantitatif kausalitas dengan desain penelitian cross-sectional. Populasi sampel penelitian ini berjumlah 140 orang perawat dengan teknik pengambilan sampel menggunakan teknik sampel jenuh. Data primer diperoleh melalui kuesioner yang disebar dengan Google Form kepada 140 responden. Analisis dilakukan dengan menggunakan path analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien secara simultan berpengaruh positif dan signifikan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Temuan penelitian menunjukkan budaya keselamatan pasien mampu memediasi implementasi sasaran keselamatan pasien. Beban kerja tidak memiliki pengaruh langsung terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien.

Kata Kunci : Pengetahuan, beban kerja, budaya keselamatan pasien, implementasi sasaran keselamatan pasien

Misyanto (Puslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan)

Statelessness Di Perbatasan Indonesia – Filipina Dalam Mendukung Stabilitas Perbatasan Negara
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No.2 Desember 2022 Halaman 80 - 89

Statelessness tidak hanya masalah administrasi antarnegara, tapi menyentuh persoalan kemanusiaan. Tujuan penelitian untuk menganalisis eksistensi statelessness di perbatasan Indonesia-Filipina yang berimplikasi pada pertahanan negara, di samping masalah kemanusiaan. Tulisan ini menyimpulkan, karakteristik kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan statelessness serta regulasi yang ada di Indonesia dan Filipina menyulitkan penyelesaian tuntas masalah statelessness. Namun demikian, dengan strategi paradiplomasi Pemda Sulawesi Utara dalam memberdayakan statelessness untuk mendukung pertahanan negara, maka dalam kehidupan berkelanjutan dapat mendukung percepatan penyelesaian masalah tersebut.

Kata kunci: statelessnes, paradiplomasi, kemanusiaan, pertahanan Negara

Tati Herlia (APN Madya, Puslitbang Sumdahan, Balitbang Kemhan)

Strategi Penanganan Inflasi Dalam Negeri Dari Sudut Pandang Pertahanan Negara
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No.2 Desember 2022 Halaman 90 - 95

Tulisan ini bertujuan untuk memberi gambaran hasil analisis tentang strategi penanganan inflasi dalam negeri dari sudut pandang pertahanan negara melalui strategi kebijakan belanja pertahanan negara untuk mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi dalam negeri. Indikator yang digunakan meliputi Ancaman, Tantangan, Hambatan dan Gangguan (ATHG). Indikator-indikator tersebut kemudian dianalisis dengan metode SWOT dan TOWS. Berdasarkan hasil analisis kelemahan dan ancaman terhadap belanja pertahanan, ditemukan formulasi rencana strategis, yaitu dengan mengurangi impor dan menambah ekspor hasil industri Pertahanan.

Kata kunci: industri pertahanan, inflasi dalam negeri, pertahanan negara.

Maharani Febriansari (Bag Datin Set Balitbang Kemhan)

Pengembangan Dan Implementasi Aplikasi Perpustakaan Balitbang Kemhan Berbasis WEB
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No. 2 Desember 2022 Halaman 96 - 102

Perpustakaan Balitbang Kemhan menyediakan berbagai macam koleksi buku untuk melayani bukan hanya kebutuhan intern personel Balitbang Kemhan saja, tetapi juga melayani satker Kemhan lainnya. Oleh karena itu, diperlukan adanya teknologi untuk memudahkan pencarian koleksi buku yang ada di perpustakaan, seperti memudahkan pencarian buku berdasarkan kategori apakah tersedia atau tidak, letak buku yang dicari, dan merekam jejak peminjam buku baik dibaca di perpustakaan maupun dibawa pulang untuk jangka waktu yang telah ditentukan sesuai prosedur peminjaman buku. Dengan adanya aplikasi perpustakaan berbasis web, maka dapat memonitoring dan memudahkan pencarian buku dan mendukung pengarsipan koleksi buku-buku secara digital.

Kata kunci: perpustakaan, koleksi buku, pencarian, pengarsipan

Alimisna (APN Muda, Puslitbang Strahan Balitbang Kemhan)

Implementasi Kebijakan Pertahanan Negara di Kalimantan Utara
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No. 2 Desember 2022 Halaman 103 - 109

Tulisan ini mendiskusikan implementasi kebijakan pertahanan negara di Kalimantan Utara. Penelitian ini merupakan penelitian sosial. Penelitian dilakukan di Kota Tarakan, Provinsi Kalimantan Utara. Informan yang dilibatkan dalam penelitian ini berasal dari berbagai instansi terkait yang berkedudukan di Kota Tarakan. Berdasarkan temuan penelitian, permasalahan terkait implementasi kebijakan pertahanan yang ada di Provinsi Kalimantan Utara di antaranya permasalahan-permasalahan menyangkut pembangunan pengamanan wilayah perbatasan, pengamanan perbatasan negara, pemberdayaan industri pertahanan, kualitas SDM belum memadai, kurang layaknya sarana dan

prasarana, kurangnya jumlah aparat, terbatasnya pelayanan jasa transportasi, kurang meratanya persebaran penduduk (demografi) di daerah perbatasan, adanya ancaman nyata dan ancaman potensial.

Kata kunci: Implementasi, Kebijakan Pertahanan Negara, Kalimantan Utara

Puji Sandika (Bagdatin Set Balitbang Kemhan)

Perancangan Aplikasi Inventarisasi Aset Barang Milik Negara (BMN) Balitbang Kemhan Dengan Sistem QR Code dan Digital Signature

Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 8 No. 2 Desember 2022 Halaman 110 - 119

Pengelolaan inventarisasi aset barang milik negara (BMN) di Balitbang Kemhan saat ini masih dilakukan secara manual. Biasanya kendala yang sering ditemukan dalam pengelolaan inventarisasi aset BMN antara lain proses pendataan tidak efisien, label penomoran rusak, pudar, atau terlepas sehingga keberadaan aset tidak dapat terlacak lagi. Pemanfaatan teknologi aplikasi mobile berbasis Quick Response (QR) dapat meningkatkan tata kelola penata-usahaan inventarisasi aset BMN di Balitbang Kemhan. Aplikasi ini sangat memudahkan pengguna dalam mengakses secara daring dan menampilkan data dengan tepat, di mana pun. Perancangan aplikasi inventarisasi aset BMN untuk Balitbang Kemhan terdiri atas lima tahapan, yaitu 1) merancang proses bisnis kerja; 2) merancang sistem pada aplikasi Android; 3) merancang aplikasi inventarisasi aset BMN; 4) merancang QR Code; 5) merancang sistem keamanan untuk QR Code dengan sistem digital signature.

Kata kunci: aplikasi inventarisasi aset BMN, QR, digital signature

KAJIAN KESELAMATAN PEMBANGUNAN REAKTOR DAYA SEBAGAI ALTERNATIF ENERGI MASA DEPAN

SAFETY STUDY OF POWER REACTOR DEVELOPMENT AS ALTERNATIVE FUTURE ENERGY

Sadono dan Eko Misrianto

Analisis Pertahanan Negara, Puslitbang Strahan, Balitbang Kemhan
Dono_str@gmail.com; ekomisrianto5@gmail.com

ABSTRAK

Desain pra-konseptual fitur keselamatan teknis untuk laboratorium reaktor MSR telah selesai dilakukan. Desain berfokus pada penentuan umur hidup reaktor, koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar, koefisien reaktivitas temperatur moderator, koefisien reaktivitas densitas bahan bakar, koefisien reaktivitas void, kritikalitas pada pipa sistem primer, kritikalitas pada tangki penampung bahan bakar, parameter kinetik, dan analisis insersi reaktivitas. Tujuan desain ini adalah untuk menjamin bahwa teras reaktor yang didesain memiliki keselamatan melekat dan terjamin subkritikalitasnya. Model teras dengan geometri R-Z dan 3-dimensi masing-masing digunakan untuk perangkat analitik deterministik dan Monte Carlo. Hasil desain menunjukkan bahwa reaktor MSR dengan daya 20 MWt memiliki umur hidup reaktor sampai 15 tahun. Kajian kritikalitas menunjukkan bahwa seluruh sistem primer dan tangki penampung bahan bakar memiliki jaminan subkritikalitas yang tinggi. Karakteristik transien saat dimasukkan reaktivitas sebesar 37,1 pcm/s menunjukkan teras reaktor tetap dalam keadaan aman. Berdasarkan desain ini, diusulkan laboratorium reaktor MSR sebaiknya berdaya 40 MWt yang digenerasi dari dua unit teras reaktor dengan daya masing-masing 20 MWt. Pilihan ini akan menjadikan laboratorium dapat digunakan untuk kajian pengoperasian reaktor modular dengan sistem kogenerasi. Sistem kogenerasinya terdiri dari sistem pembangkit listrik, penggerak sistem propulsi, dan desalinasi air. Reaktor ini dapat membangkitkan daya listrik minimum 7 MWe jika efisiensi termal 35%.

Kata kunci: reaktor MSR, keselamatan inheren, parameter kinetik, koefisien reaktivitas, fitur keselamatan teknis

ABSTRACT

The pre-conceptual design of engineered safety features for the MSR reactor laboratory has been carried out. The design focused on determining the reactor life time, the reactivity coefficients of fuel and moderator temperatures, the reactivity coefficient of fuel density, the reactivity coefficient of void, the criticality of the primary system pipes, the criticality in the fuel drain tank, the kinetic parameters, and the reactivity insertion analysis. The objective of the design is to ensure that the designed MSR reactor core has an inherent safety with the subcriticality condition in the primary pipes and the fuel drained tanks. The MSR core is modelled by the R-Z and the 3-dimensional detail geometries by using the deterministic and Monte Carlo analytic tools, respectively. The design results showed that the MSR reactor with the thermal power of 20 MWt has the life time of 15 years. The criticality study shows that all primary systems and the fuel drained tanks are guaranteed to be in the subcriticality condition. The transient analysis due to the reactivity insertion of 37.1 pcm/s showed that the core can be controlled safely. Based on those designed results, the MSR reactor laboratory with the power of 40 MWt generated from two reactor units of 20 MWt is a very good recommendation. The recommended MSR laboratory can be used as a facility for the modular reactor with a cogeneration system. The cogeneration system consists of an electric generation system, propulsion system drive, and water

desalination. This reactor can generate a minimum electric power of 7 MWe if the thermal efficiency is 35%.

Keywords: MSR reactor, inherent safety, kinetics parameters, reactivity coefficients, engineered safety feature

PENDAHULUAN

Aspek dan fitur keselamatan teknis merupakan hal yang penting dalam desain reaktor. Desain reaktor harus memenuhi prinsip dan tujuan keselamatan pemanfaatan energi nuklir. beberapa hal yang terkait dengan prinsip keselamatan, seperti keselamatan melekat, margin keselamatan, penghalang ganda dan redundansi. Adapun tujuan keselamatan adalah melindungi pekerja, masyarakat, dan lingkungan hidup, yang dilaksanakan melalui upaya yang efektif untuk mencegah timbulnya bahaya radiasi. Oleh sebab itu, aspek unjuk kerja sistem keselamatan yang tinggi dengan mengandalkan keselamatan melekat (*inherent safety*) dan sistem pasif, menjadi pilihan reaktor maju saat ini. Penyediaan sistem pendingin teras darurat, sistem penyungkup, sistem kemampuhunian (*habitability system*), sistem pemindahan dan pengendali hasil fisi, maupun sistem keselamatan teknis lainnya dilakukan dalam cakupan aspek fitur keselamatan teknis. Sebagai contoh, kemampuan sistem dalam memindahkan panas untuk waktu tertentu supaya teras tidak sampai meleleh. Namun demikian, pekerjaan desain prakonseptual aspek keselamatan dan fitur keselamatan teknis tidak akan membahas semua aspek di atas. Desain hanya akan difokuskan pada jaminan terpenuhinya keselamatan melekat dan tidak terjadinya kritikalitas pada sistem primer.

Adapun bagian fitur keselamatan teknis akan dibahas tentang analisis kualitatif fitur yang dibutuhkan pada reaktor MSR.

METODOLOGI PENULISAN

Metode penulisan yang digunakan adalah metode deskriptif analitik, di mana data yang digunakan diperoleh dari beberapa hasil analisis dan kajian yang ada, disertai wawancara dan diskusi dengan pihak-pihak terkait. Data tersebut kemudian dianalisis berdasarkan sumber dan teori yang ada, sehingga dapat menghasilkan rekomendasi sebagai dasar kebijakan model sistem perpustakaan pertahanan di masa yang akan datang.

LANDASAN TEORI

1. *Desk Assessment*

Spesifikasi desain prakonseptual keselamatan dan fitur keselamatan teknis MSR mengacu pada sebagian besar data sebagaimana disajikan pada Tabel 1, seperti material, diameter/tebal pipa, maupun posisi tangki tiris bahan bakar.

Tabel 1. Spesifikasi desain keselamatan dan fitur keselamatan teknis

No.	URAIAN	NILAI
1.	MODERATOR	
	a. Umur hidup	4,5 tahun
2.	SISTEM KENDALI REAKTIVITAS	
	a. Koefisien reaktivitas	Harus bernilai negatif untuk masing-masing komponen temperatur, densitas, dan <i>void</i>

3	TANGKI TIRIS BAHAN BAKAR		
	a.	Material	SS316
	b.	Kapasitas total	1,44 m ³
	c.	Posisi	Tepat di bawah bejana reaktor (memperlancar waktu pengurasan)
d.	Jumlah	Dapat dibagi menjadi beberapa tabung dengan konfigurasi yang simetris	
4	PIPA PRIMER		
	a.	Material	SS316
	b.	Diameter dalam	13 cm – 20 cm
	c.	Tebal	0,7 cm - 0,8 cm

Tabel 2 menyajikan data yang diperlukan dalam setiap perhitungan ataupun desain serta hasil yang akan diperoleh.

Tabel 2. Data *input* dan *output* setiap kegiatan desain

No.	Kegiatan desain	<i>Input</i>	<i>Output</i>
1	Penentuan umur moderator grafit	Konfigurasi teras	Fluks neutron > 0,18 MeV Batas <i>fluence</i> sebesar $\sim 1 \times 10^{22}$ neutron/cm ²
2	Perhitungan koefisien reaktivitas umpan balik negatif	Kondisi teras sebagai fungsi temperatur dan densitas	Koefisien reaktivitas harus bernilai negatif
3	Perhitungan kritikalitas pipa sistem primer	Diameter, tebal, dan bentuk pipa (horizontal, vertical dan siku)	Nilai $k_{\text{eff}} < 0,95$ meski dalam rentang 3σ
4	Perhitungan kritikalitas tangki penampung bahan bakar	Diameter, tebal, dan tinggi tangki Variasi jumlah tangki	Nilai $k_{\text{eff}} < 0,95$ meski dalam rentang 3σ
5	Perhitungan parameter kinetik	Konfigurasi teras	Parameter kinetik
6	Analisis keselamatan akibat <i>Reactivity Insertion Accident</i> (RIA)	Nilai parameter kinetik dan koefisien reaktivitas	Jaminan padamnya reaktor akibat koefisien reaktivitas negative

2. Perangkat Analitik

Tabel 3 menyajikan perangkat analitik yang digunakan dalam desain prakonseptual keselamatan reaktor MSR.

Tabel 3. Perangkat analitik desain keselamatan reaktor

No.	Perhitungan	Perangkat Analitik
1	Perhitungan umur moderator grafit	WIMSD-5B dan CITATION
2	Perhitungan koefisien reaktivitas umpan balik negatif	WIMSD-5B dan CITATION
3	Perhitungan kritikalitas pipa sistem primer	MCNP6.1

4	Perhitungan kritikalitas tangki penampung bahan bakar	MCNP6.1
5	Perhitungan parameter kinetik	MCNP6.1
6	Analisis keselamatan akibat <i>Reactivity Insertion Accident</i> (RIA)	POK-DYN
7	Penentuan fitur keselamatan	Kajian Pustaka

3. Perhitungan Umur Grafit.

Tabel-tabel di bawah akan menyajikan umur moderator grafit pada reaktor MSR sebagai fungsi daya dan fraksi volume bahan bakar untuk 3 jenis bahan bakar, yakni NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄ dan NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄. Tampak jelas bahwa umur grafit pada teras dengan bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄ sedikit lebih pendek dibandingkan pada 2 bahan bakar lainnya. Meskipun demikian, tidak ada yang nilainya kurang dari batas minimal 4,5 tahun.

Tabel 4. Umur moderator grafit pada reaktor berbahan bakar NaF-BeF₂-UF₄

Daya (MWt)	Umur moderator grafit (tahun) Fraksi volume bahan bakar (%)						
	10	12	14	16	18	20	22
20	23,75	19,62	16,97	15,19	13,91	13,05	12,60
30	15,39	12,66	10,93	9,84	9,04	8,58	8,33
40	11,26	9,30	8,02	7,21	6,65	6,36	6,33
50	8,88	7,30	6,33	5,68	5,30	5,15	5,20

Tabel 5. Umur moderator grafit pada reaktor berbahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233) F₄

Daya (MWt)	Umur moderator grafit (tahun) Fraksi volume bahan bakar (%)						
	10	12	14	16	18	20	22
20	25,41	20,75	17,75	15,74	14,28	13,29	12,70
30	16,35	13,32	11,38	10,11	9,17	8,53	8,16
40	11,95	9,69	8,29	7,30	6,66	6,18	5,91
50	9,37	7,58	6,44	5,66	5,15	4,79	4,60

Tabel 6. Umur moderator grafit pada reaktor berbahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄- U(235)F₄

Daya (MWt)	Umur moderator grafit (tahun)						
	Fraksi volume bahan bakar (%)						
	10	12	14	16	18	20	22
20	19,43	17,21	15,89	15,00	14,51	14,47	14,94
30	12,50	11,06	10,13	9,57	9,24	9,21	9,51
40	9,06	7,97	7,29	6,89	6,65	6,65	6,89
50	7,02	6,15	5,63	5,29	5,12	5,10	5,32

Berdasarkan hasil perhitungan dari data di atas, jika laboratorium reaktor MSR di darat memakai daya 20 MWt maka hanya diperlukan dua unit reaktor untuk beroperasi penuh selama 30 tahun, sedangkan jika memakai daya 50 MWt maka diperlukan 4 unit reaktor untuk beroperasi penuh selama 30 tahun. Adapun jumlah unit reaktor yang diperlukan untuk daya 30 MWt dan 40 MWt masing-masing adalah sebanyak 3

dan 4 unit. Hasil ini dapat menjadi pertimbangan dalam mengoptimalkan daya reaktor MSR.

4. Perhitungan Koefisien Reaktivitas Umpan Balik Negatif.

Koefisien reaktivitas umpan balik negatif merupakan salah satu parameter keselamatan yang penting karena menjadi penentu sifat keselamatan melekat yang dimiliki oleh suatu

reaktor. Untuk mencapai unjuk kerja keselamatan yang tinggi, semua unsur dalam koefisien reaktivitas umpan balik harus bernilai negatif. Dalam desain prakonseptual reaktor MSR, semua unsur yang berkontribusi dalam koefisien reaktivitas balik juga harus bernilai negatif.

Koefisien reaktivitas umpan balik negatif yang dihitung dalam desain keselamatan dapat diuraikan, sebagai berikut:

- a. Koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar (α_{T_F}) bernilai negatif. Temperatur awal teras diasumsikan sebesar 922 K. Jika kenaikan temperatur yang dipilih adalah 100 K (α_{T_F}), maka temperatur teras pada saat terjadi kenaikan menjadi 1022 K.
- b. Koefisien reaktivitas moderator (α_{T_M}) bernilai negatif. Moderator yang dipakai adalah grafit karena sifatnya yang dapat memoderasi tenaga neutron sehingga memberi efek yang signifikan terhadap stabilitas reaktor. Jika kenaikan temperatur moderator (α_{T_M}) yang dipilih sebesar 50 K, maka temperatur teras akan menjadi 972 K.
- c. Koefisien reaktivitas densitas bahan bakar ($\alpha_{\rho F}$) bernilai negatif. Selama reaktor beroperasi, akan terjadi perubahan temperatur bahan bakar yang dapat menyebabkan perubahan densitas bahan bakar.

Semakin tinggi temperatur bahan bakar maka densitasnya akan berkurang. Nilai $\alpha_{\rho F}$ dinyatakan dalam satuan pcm/g/cm³. Perubahan densitas yang dipilih adalah 20% dari nilai densitas ketiga tipe bahan bakar pada temperatur 922 K.

- d. Koefisien reaktivitas void (α_V) bernilai negatif. Void dapat berupa terbentuknya gas dari hasil pembelahan atau sebagai akibat dari terjadinya pendidihan pada bahan bakar garam (pada kondisi terparah). Berdasarkan perhitungan, diasumsikan terjadi 20% void dengan cara mengurangi kerapatan atom penyusun bahan bakar sebanyak 20%.

5. Koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar.

Nilai koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar (α_{T_F}) pada reaktor MSR dengan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄, dan NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄, dapat dilihat pada tabel 7 hasil perhitungan menunjukkan bahwa tipe bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄ memiliki nilai α_{T_F} yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua tipe bahan bakar lainnya. Meskipun demikian, nilai α_{T_F} dari ketiga tipe bahan bakar tersebut masih bernilai negatif.

Tabel 7. Koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar (α_{T_F}) untuk reaktor dengan tiga tipe bahan bakar

Daya (MWt)	α_{T_F} (pcm $\Delta k/k/K$) Fraksi volume bahan bakar (%) NaF-BeF ₂ -UF ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-0,78	-0,88	-0,97	-1,06	-1,14	-1,22	-1,30
30	-0,78	-0,88	-0,96	-1,04	-1,12	-1,19	-1,27
40	-0,78	-0,79	-0,87	-0,96	-1,03	-1,11	-1,19
50	-0,78	-0,86	-0,94	-1,02	-1,09	-1,16	-1,23
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(233)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-0,76	-0,87	-0,97	-1,07	-1,18	-1,29	-1,40
30	-0,75	-0,85	-0,95	-1,05	-1,16	-1,26	-1,36
40	-0,73	-0,84	-0,94	-1,03	-1,13	-1,23	-1,34
50	-0,73	-0,82	-0,92	-1,02	-1,11	-1,21	-1,31
Daya	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(235)F ₄						

(MWt)	10	12	14	16	18	20	22
20	-1,39	-1,59	-1,78	-1,97	-2,15	-2,34	-2,52
30	-1,35	-1,54	-1,72	-1,90	-2,08	-2,26	-2,44
40	-1,31	-1,49	-1,67	-1,84	-2,01	-2,18	-2,35
50	-1,28	-1,45	-1,62	-1,78	-1,95	-2,12	-2,28

6. **Koefisien reaktivitas temperatur moderator.**

Tabel 8, menyajikan nilai koefisien reaktivitas temperatur moderator (α_{T_M}) pada reaktor MSR dengan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233), dan NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄. Hasil perhitungan

menunjukkan bahwa nilai α_{T_M} tertinggi terjadi pada reaktor MSR dengan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄. Adapun nilai α_{T_M} akan selalu lebih tinggi dibandingkan dengan nilai α_{T_F} untuk setiap tipe bahan bakar. Di samping itu, Tabel 8 juga menunjukkan semua α_{T_M} bernilai negatif.

Tabel 8. Koefisien reaktivitas temperatur moderator (α_{T_M}) untuk reaktor dengan tiga tipe bahan bakar

Daya (MWt)	α_{T_M} (pcm $\Delta k/k/K$) Fraksi volume bahan bakar (%) NaF-BeF ₂ -UF ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-11,44	-10,86	-10,27	-9,72	-9,19	-8,69	-8,20
30	-11,27	-10,69	-10,10	-9,57	-9,05	-8,54	-8,10
40	-11,07	-11,03	-10,46	-9,91	-9,37	-8,86	-8,37
50	-10,90	-10,36	-9,81	-9,30	-8,80	-8,33	-7,89
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(233)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-6,89	-6,48	-6,04	-5,61	-5,22	-4,84	-4,48
30	-6,77	-6,35	-5,93	-5,50	-5,12	-4,74	-4,40
40	-6,60	-6,21	-5,80	-5,40	-5,01	-4,66	-4,32
50	-6,43	-6,06	-5,66	-5,29	-4,92	-4,57	-4,23
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(235)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-7,86	-7,14	-6,48	-5,92	-5,43	-4,97	-4,56
30	-7,73	-7,02	-6,41	-5,85	-5,36	-4,92	-4,52
40	-7,59	-6,92	-6,32	-5,78	-5,31	-4,86	-4,47
50	-7,47	-6,82	-6,23	-5,71	-5,24	-4,82	-4,42

7. **Koefisien reaktivitas densitas bahan bakar.**

Tabel 9 menyajikan nilai koefisien reaktivitas densitas bahan bakar (α_{ρ_F}) pada reaktor MSR dengan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄, dan NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄. Hasil perhitungan menunjukkan nilai α_{ρ_F} yang rendah

muncul pada reaktor MSR dengan bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄. Dibandingkan nilai α_{T_F} dan α_{T_M} , nilai α_{ρ_F} terhitung sangat besar, yaitu berkisar antara -13971,33 sampai -4698,83 pcm $\Delta k/k$ untuk tiap g/cm³. Meskipun demikian, hasil perhitungan menunjukkan semua α_{ρ_F} masih bernilai negative.

Tabel 9. Koefisien reaktivitas densitas bahan bakar (α_{ρ_F}) untuk reaktor dengan tiga tipe bahan bakar

Daya	α_{ρ_F} (pcm $\Delta k/k/g/cm^3$)
------	--

(MWt)	Fraksi volume bahan bakar (%)						
	NaF-BeF ₂ -UF ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-13971,33	-13183,43	-12560,50	-12056,13	-11684,81	-11405,05	-11198,08
30	-13925,03	-13153,03	-12530,53	-12068,19	-11676,24	-11363,30	-11197,59
40	-13871,44	-14017,65	-13291,16	-12725,68	-12275,68	-11926,80	-11693,15
50	-13305,22	-12665,14	-12158,17	-11769,19	-11447,06	-11229,50	-11086,07
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(233)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
	20	-13440,25	-12806,10	-12306,72	-11875,20	-11555,69	-11320,55
30	-13439,00	-12802,63	-12277,78	-11830,68	-11515,70	-11285,65	-11139,61
40	-13389,83	-12746,38	-12205,14	-11811,05	-11468,14	-11259,28	-11121,39
50	-13305,22	-12665,14	-12158,17	-11769,19	-11447,06	-11229,50	-11086,07
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(235)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
	20	-8606,97	-7670,01	-6843,74	-6164,04	-5590,38	-5099,57
30	-8614,54	-7668,83	-6886,47	-6214,52	-5658,91	-5184,31	-4796,94
40	-8608,04	-7692,90	-6919,03	-6255,57	-5718,58	-5242,84	-4864,81
50	-8602,16	-7709,95	-6944,32	-6312,06	-5772,18	-5329,92	-4940,84

8. *Koefisien reaktivitas void.*

Tabel 10 menyajikan nilai koefisien reaktivitas *void* (αV) pada

Hasil perhitungan menunjukkan nilai αV pada bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄ lebih rendah sekitar

reaktor MSR dengan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄, dan NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄.

50% dibandingkan dengan dua tipe bahan bakar lainnya, meskipun semuanya bernilai negatif.

Tabel 10. Koefisien reaktivitas *void* (αV) untuk reaktor dengan tiga tipe bahan bakar

Daya (MWt)	αV (pcm $\Delta k/k$ /% <i>void</i>)						
	Fraksi volume bahan bakar (%)						
	NaF-BeF ₂ -UF ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
20	-379,80	-358,38	-341,45	-327,74	-317,64	-310,04	-304,41
30	-378,54	-357,55	-340,63	-328,06	-317,41	-308,90	-304,40
40	-377,08	-381,06	-361,31	-345,94	-333,70	-324,22	-317,87
50	-376,15	-356,30	-340,00	-327,06	-316,38	-308,77	-304,33
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(233)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
	20	-365,36	-348,12	-334,55	-322,82	-314,13	-307,74
30	-365,33	-348,03	-333,76	-321,61	-313,04	-306,79	-302,82
40	-363,99	-346,50	-331,79	-321,07	-311,75	-306,07	-302,33
50	-361,69	-344,29	-330,51	-319,93	-311,18	-305,26	-301,36
Daya (MWt)	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(235)F ₄						
	10	12	14	16	18	20	22
	20	-233,97	-208,50	-186,04	-167,56	-151,97	-138,63
30	-234,18	-208,47	-187,20	-168,94	-153,83	-140,93	-130,40
40	-234,00	-209,12	-188,09	-170,05	-155,45	-142,52	-132,25
50	-233,84	-209,59	-188,78	-171,59	-156,91	-144,89	-134,31

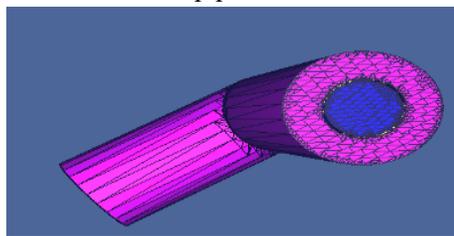
HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan koefisien reaktivitas reaktor MSR menunjukkan bahwa semua komponen bernilai negatif, sehingga spesifikasi/persyaratan desain dapat terpenuhi. Secara keseluruhan, tipe bahan bakar tidak begitu signifikan berpengaruh terhadap nilai koefisien reaktivitas.

1. Subkritikalitas Pipa Primer

Seperti diketahui, bahan bakar garam cair yang digunakan pada reaktor MSR akan mengalir di sepanjang sistem primer. Oleh karena itu, jaminan subkritikalitas di sepanjang pipa primer menjadi hal yang penting. Subkritikalitas juga harus dapat terjamin dalam keadaan darurat, misalnya saat seluruh sistem primer terendam air. Konfigurasi pipa yang dipilih adalah pipa horizontal, pipa vertikal dan pipa berbentuk L. Pada pipa horizontal, variasi ketinggian bahan bakar cair dilakukan di sepanjang diameter pipa; untuk pipa vertikal, level permukaan bakar cair juga divariasikan.

Tiga konfigurasi pipa untuk pipa penukar panas dan pipa primer kemudian dikonfirmasi dengan gambar 3-D MCNP, sebagaimana tersaji pada Gambar 1. untuk pipa berbentuk L.



Gambar 1. Model 3-D MCNP pipa berbentuk L pada sistem primer

Nilai subkritikalitas untuk pipa penukar panas dan pipa primer pada kondisi normal dapat dilihat pada Tabel 11. dan Tabel 12. Adapun Tabel 13. menyajikan nilai subkritikalitas pada saat pipa primer terendam air (kondisi kecelakaan), di mana tampak ada kenaikan nilai kritikalitas meskipun masih di bawah nilai batas.

sedangkan pada pipa berbentuk L, variasi dilakukan dengan kombinasi ke arah vertikal dan horizontal. Adapun kriteria pipa yang dipilih, adalah sebagai berikut:

- a. Pipa primer dengan diameter terkecil ditempatkan pada penukar panas, dengan dimensi dalam (IR) sebesar 0,52832 cm dan tebal 0,10668 cm. Adapun tinggi dan panjang pipa vertikal dan horizontal masing-masing 40 cm, sedangkan untuk pipa berbentuk L, panjang dan tingginya masing-masing 10 cm.
- b. Pipa primer dengan jari-jari terbesar adalah pipa yang keluar dari bejana reaktor, dengan jari-jari dalam (IR) sebesar 10,15 cm dan tebal 0,8 cm. Bahan pipa yang dipilih adalah SS316. Dalam perhitungan kritikalitas, digunakan sumber neutron sebanyak 20.000 dengan jumlah siklus 300, di mana 50 siklus awal diabaikan. Nilai subkritikalitas yang harus dipenuhi adalah $k_{eff} < 0,95$ meski dalam rentang 3σ .

Tabel 11. Kritikalitas pipa penukar panas

Tinggi bahan bakar (%)	$k_{eff} (1\sigma)$
Vertikal	
100	0,00111 ± 0,0
80	0,00111 ± 0,0
60	0,00111 ± 0,0
40	0,00110 ± 0,0
20	0,00106 ± 0,0
Horizontal	
100	0,00111 ± 0,0
80	0,00102 ± 0,0
60	0,00085 ± 0,0
40	0,00064 ± 0,0
20	0,00037 ± 0,0
L	
100	0,00112 ± 0,0
20	0,00097 ± 0,0

Tabel 12. Kritikalitas pipa primer pada kondisi normal

Tinggi bahan bakar (%)	$k_{eff} (1\sigma)$
Vertikal	
100	0,02892 ± 0,00002
80	0,02497 ± 0,00001
60	0,02316 ± 0,00001
40	0,02085 ± 0,00001
20	0,01793 ± 0,00001
Horizontal	
100	0,02892 ± 0,00002
80	0,02077 ± 0,00001
60	0,01772 ± 0,00001
40	0,01467 ± 0,00001
20	0,01161 ± 0,00000
L	
100	0,03570 ± 0,00002
20	0,03327 ± 0,00002

Tabel 13. Kritikalitas pipa primer pada kondisi terendam air (kecelakaan)

Tinggi bahan bakar (%)	$k_{eff} (1\sigma)$
Vertikal	
100	0,20877 ± 0,00019
80	0,16665 ± 0,00016
Horizontal	
100	0,20875 ± 0,00018
80	0,16739 ± 0,00017
L	
100	0,28451 ± 0,00022
20	0,24199 ± 0,00022

Hasil perhitungan subkritisitas pipa primer menunjukkan bahwa pipa berdiameter besar memiliki nilai kritisitas yang lebih tinggi dibandingkan pipa berdiameter kecil. Oleh karena itu, jika pipa yang digunakan dalam desain MSR berukuran lebih besar dari 10,15 cm, maka perlu dilakukan perhitungan kritisitas sehingga dapat menjamin kondisi subkritisitas.

2. Subkritisitas Tangki Penampung Bahan Bakar

Ciri utama reaktor MSR yakni adanya tangki bahan bakar cair (*fuel drain tank*), yang berfungsi untuk menampung seluruh bahan bakar yang terdapat di dalam reaktor dan sistem primer. Tangki penampung (tiris) akan difungsikan manakala terjadi

pemadaman reaktor dan jika terjadi kecelakaan. Adapun desain tangki harus memenuhi kriteria, sebagai berikut:

- Mampu menampung volume bahan bakar dari teras dalam rentang satu siklus operasi
- Harus dalam kondisi subkritis saat menampung bahan bakar garam, baik pada kondisi segar, temperatur dingin, maupun terendam air (kondisi kecelakaan).
- Tangki tiris harus tetap utuh selama proses pendinginan alamiah panas sisa. Proses ini dilakukan oleh sistem pendingin di luar reaktor yang juga berfungsi sebagai perisai radiasi. Dalam kegiatan desain prakonseptual, analisis yang dilakukan adalah butir kedua. Adapun butir pertama dan ketiga dilakukan pada fase desain berikutnya, karena manajemen bahan bakar pada konfigurasi teras terpilih harus dihitung terlebih dahulu.

Kondisi yang dipilih dalam analisis keselamatan subkritisitas tangki penampung adalah, sebagai berikut:

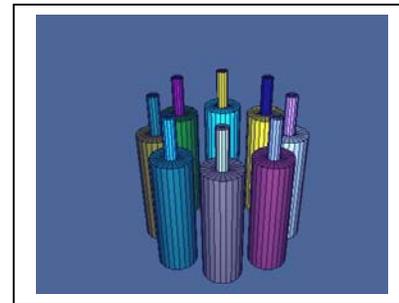
- Menggunakan teras yang memiliki jari-jari terkecil, dengan jari-jari reaktor sebesar 92,1 cm. Hal ini untuk memastikan meskipun diletakkan dalam radius yang relatif kecil, tangki penampung tetap terjamin subkritisitasnya.
- Menggunakan volume bahan bakar yang maksimum, yakni sebanyak 1,33 m³.
- Tangki dipilih yang memiliki tinggi relatif pendek untuk menjaga
- stabilitas tangki. Sebagai acuan, tinggi tangki harus lebih pendek dari tinggi teras aktif. Dari hasil perhitungan, didapatkan tinggi reaktor minimum sebesar 140 cm.
- Butir 1-3 akan ditentukan berdasarkan hasil desain prakonseptual teras.
- Perhitungan dilakukan menggunakan MCNP6.1 melalui

pemodelan tangki secara detail dengan asumsi terbuat dari bahan SS316 dan memiliki ketebalan 1,27 cm. Perhitungan ini dilakukan untuk skala 1 tangki, 2 tangki, 4 tangki dan 8 tangki.

- g. Dalam perhitungan kritikalitas, digunakan sumber neutron sebanyak 20.000 dengan jumlah siklus 300, di mana 50 siklus awal diabaikan. Nilai batas subkritikalitas adalah $k_{eff} < 0,95$ meski dalam rentang 3σ . Seluruh input konfigurasi tangki disimulasikan terlebih dahulu dalam bentuk model 3D untuk memastikan akurasi.
- h. Gambar 2. Menunjukka tangki secara detail dengan asumsi terbuat dari bahan SS316 dan memiliki ketebalan 1,27 cm. Perhitungan ini dilakukan untuk skala 1 tangki, 2 tangki, 4 tangki dan 8 tangki.
- i. Dalam perhitungan kritikalitas, digunakan sumber neutron

sebanyak 20.000 dengan jumlah siklus 300, di mana 50 siklus awal diabaikan. Nilai batas subkritikalitas adalah $k_{eff} < 0,95$ meski dalam rentang 3σ . Seluruh input konfigurasi tangki disimulasikan terlebih dahulu dalam bentuk model 3D untuk memastikan akurasi.

- j. Gambar 2. menunjukkan model 3D pada konfigurasi 8 tangki. Gambar 2. Model 3-D MCNP tangki penampung bahan bakar sebanyak 8 tangki. Berdasarkan data di atas, 8 tangki tiris akan digunakan sebagai acuan dalam desain reaktor MSR yang dibuat saat ini.



Tabel-tabel di bawah ini menyajikan hasil perhitungan subkritikalitas untuk 1 tangki, 2 tangki, 4 tangki, dan 8 tangki. Tampak jelas semua konfigurasi, dengan H dan IR (jari-jari dalam) terpilih, sudah memenuhi syarat subkritikalitas.

Tabel 14. Kritikalitas 1 tangki penampung bahan bakar

Tangki	H (cm)	IR (cm)	$k_{eff} (1\sigma)$
A	118,04	60	$0,58163 \pm 0,00026$
B	86,72	70	$0,57517 \pm 0,00026$
C	66,40	80	$0,55314 \pm 0,00025$
D	52,46	90	$0,52292 \pm 0,00024$

Tabel 15. Kritikalitas 2 tangki penampung bahan bakar

Tangki	H (cm)	IR (cm)	$k_{eff} (1\sigma)$
E	132,79	40	$0,49076 \pm 0,00025$

Tabel 16. Kritikalitas 4 tangki penampung bahan bakar

Tangki	H (cm)	IR (cm)	$k_{eff} (1\sigma)$
F	118,04	30	$0,41070 \pm 0,00023$
G	86,72	35	$0,46063 \pm 0,00025$

Tabel 17. Kritikalitas 8 tangki penampung bahan bakar

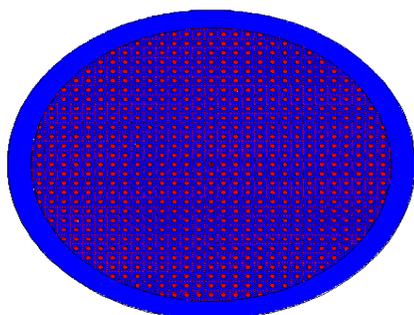
Tangki	H (cm)	IR (cm)	$k_{eff} (1\sigma)$
H	132,30	20	$0,33462 \pm 0,00022$

3. Perhitungan Parameter Kinetik

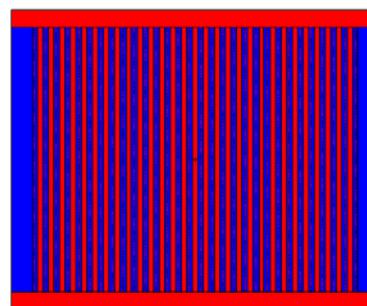
Parameter kinetik diperlukan untuk menentukan karakteristik transien reaktor saat terjadi penyisipan (*insertion*) reaktivitas. Parameter kinetik merupakan parameter neutron kasip dan serempak pada suatu reaktor. Perhitungan parameter kinetik reaktor MSR dilakukan dengan MCNP6.1. dan menggunakan sumber neutron sebanyak 20.000, dengan jumlah siklus 300, di mana 50 siklus awal diabaikan. Pada perhitungan parameter kinetik dengan

kartu KOPT, bentuk 3D reaktor cenderung ke arah radial dan aksial. Adapun parameter yang dihitung adalah, sebagai berikut:

- fraksi neutron kasip efektif, β_{eff}
- waktu generasi neutron serempak (μs), ℓ
- fraksi neutron serempak untuk kelompok prekursor ke- i , β_i
- konstanta peluruhan untuk kelompok prekursor ke- i (s^{-1}), λ_i



Gambar 3. Model MCNP teras MSR (tampak atas)



Gambar 4. Model MCNP teras MSR (tampak samping)

Tabel 18 menunjukkan hasil perhitungan parameter kinetik reaktor MSR yang akan digunakan dalam

analisis keselamatan akibat *Reactivity Insertion Accident* (RIA).

Tabel 18. Perhitungan parameter kinetik β_{eff} dan ℓ untuk reaktor MSR

Parameter	NaF-BeF ₂ -UF ₄	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U233F ₄	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U235F ₄
β_{eff}	$0,00605 \pm 0,00054$	$0,00260 \pm 0,00035$	$0,00653 \pm 0,00054$
$\ell, \mu s$	$174.,80398 \pm 1,30046$	$123,59003 \pm 1.08503$	$174.,80398 \pm 1,30046$

Tabel 19. Perhitungan parameter kinetik β_i dan λ_i

Kelompok prekursor, i	NaF-BeF ₂ -UF ₄	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U233F ₄	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U235F ₄
β			
1	$8,00E-05 \pm 4,00E-05$	$2,90E-04 \pm 1,30E-04$	$3,00E-04 \pm 1,00E-04$
2	$8,70E-04 \pm 2,30E-04$	$5,20E-04 \pm 1,30E-04$	$1,57E-03 \pm 2,80E-04$
3	$1,08E-03 \pm 2,10E-04$	$4,80E-04 \pm 1,40E-04$	$1,14E-03 \pm 2,40E-04$
4	$2,61E-03 \pm 3,50E-04$	$9,60E-04 \pm 2,30E-04$	$1,98E-03 \pm 2,80E-04$
5	$7,40E-04 \pm 1,90E-04$	$2,60E-04 \pm 1,00E-04$	$1,33E-03 \pm 2,60E-04$

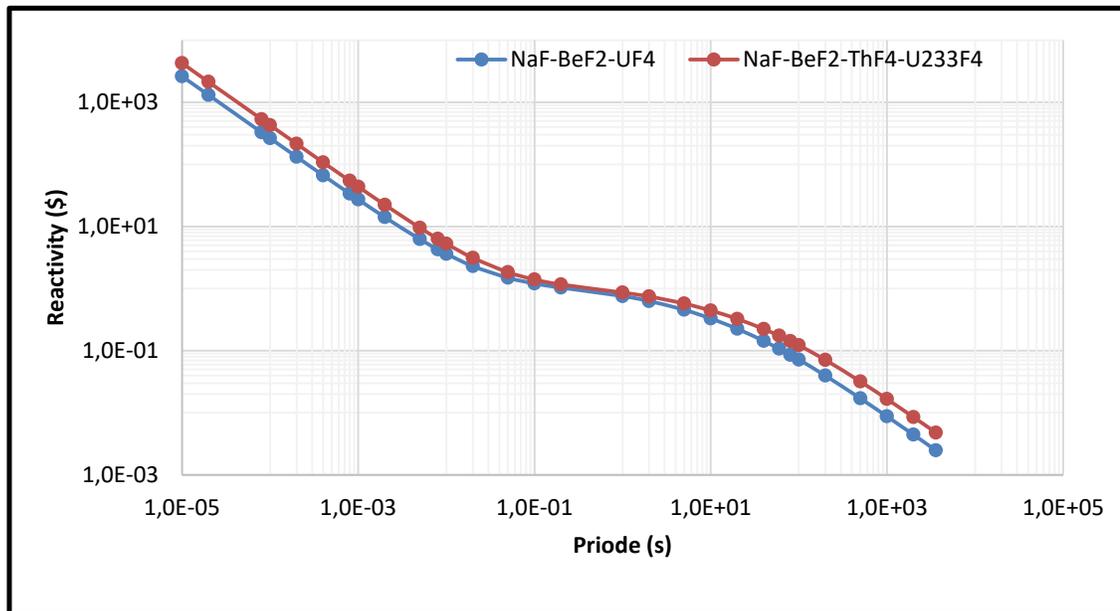
6	$6,70E-04 \pm 1,80E-04$	$9,00E-05 \pm 6,00E-05$	$2,10E-04 \pm 9,00E-05$
λ, s^{-1}			
1	$1,33E-02 \pm 0,00E+00$	$1,29E-02 \pm 0,00E+00$	$1,33E-02 \pm 0,00E+00$
2	$3,27E-02 \pm 0,00E+00$	$3,47E-02 \pm 0,00E+00$	$3,27E-02 \pm 0,00E+00$
3	$1,21E-01 \pm 0,00E+00$	$1,19E-01 \pm 0,00E+00$	$1,21E-01 \pm 0,00E+00$
4	$3,03E-01 \pm 2,00E-05$	$2,87E-01 \pm 7,00E-05$	$3,03E-01 \pm 3,00E-05$
5	$8,50E-01 \pm 9,00E-05$	$8,02E-01 \pm 1,89E-03$	$8,55E-01 \pm 5,70E-04$
6	$2,86E+00 \pm 4,50E-04$	$2,48E+00 \pm 7,34E-04$	$2,86E+00 \pm 1,10E-03$

4. Analisis Keselamatan Inseri Reaktivitas

Data hasil perhitungan kinetik dan koefisien reaktivitas (pada bagian sebelumnya) kemudian digunakan dalam analisis keselamatan inseri reaktivitas. Inseri reaktivitas dalam analisis ini diasumsikan terjadi pada daya rendah (1 Wt) dan daya tinggi (1 MWt). Pemilihan daya dilakukan mengingat pada tingkat daya inilah

temperatur rerata teras tidak tinggi, sehingga efek koefisien reaktivitas umpan balik juga tidak besar. Hal ini dipilih untuk mengondisikan teras pada kondisi yang paling konservatif.

Inseri reaktivitas dapat dihitung dengan mengetahui karakteristik hubungan reaktivitas dan periode reaktor saat menggunakan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄ dan NaF-BeF₂-ThF₄-U233F₄.



Gambar 5. Hubungan reaktivitas (\$) dan periode (s)

Tampak jelas dari gambar, terdapat bagian yang agak landai, di mana menunjukkan reaktor dikendalikan oleh reaktivitas akibat besarnya nilai ℓ (*prompt neutron generation time*) yang muncul. Data masukan yang dipakai

dapat dilihat pada Tabel 20, yaitu nilai koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar (sudah termasuk densitas bahan bakar) dan moderator grafit, dengan daya reaktor yang dipilih adalah 20 MWt.

Tabel 20. Data input koefisien reaktivitas

Koefisien reaktivitas	NaF-BeF ₂ -UF ₄	NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(233)F ₄
Fuel (temperatur dan densitas)	-7,4 pcm $\Delta k/k/K$	-9,28 pcm $\Delta k/k/K$
Moderator (temperatur)	-9,72 pcm $\Delta k/k/K$	-5,61 pcm $\Delta k/k/K$

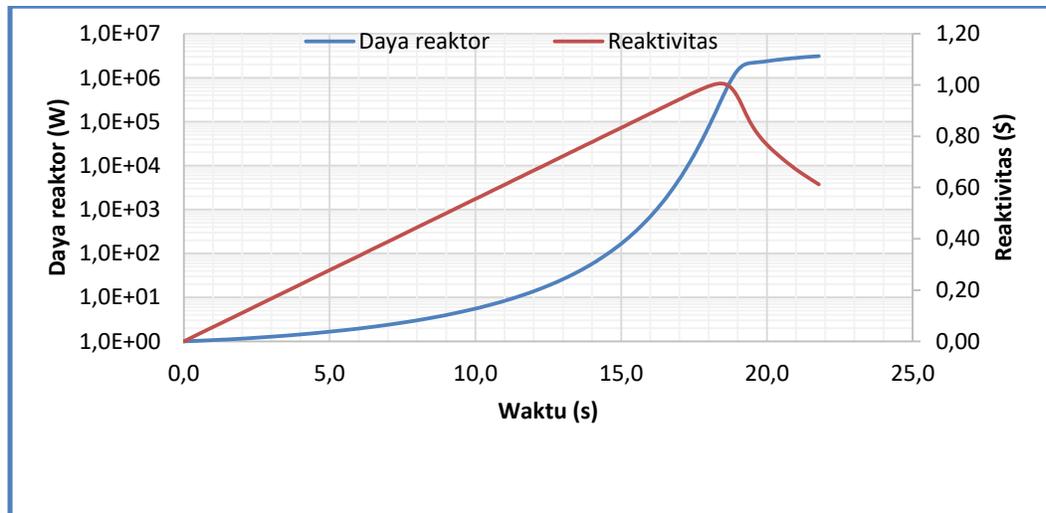
a. Teras NaF-BeF₂-UF₄

Skenario transien yang dipilih pada daya rendah 1 Wt adalah, sebagai berikut:

- Daya awal : 1Wt
- Insersi reaktivitas : 37,1 pcm/s
- Trip pada daya : 3 MWt (15 % daya nominal)
- Keterlambatan dalam inisiasi *trip* : 0,5 s
- Waktu yang diperlukan batang kendali *scram* : 0,5 s

Adapun hasil perhitungan tersaji pada Gambar 6, di mana daya reaktor maksimum yang dicapai sebesar 3,16 MWt dan waktu yang diperlukan reaktor untuk *scram* adalah 22,0 s. Jika dilihat dari hasil perhitungan transien pada daya rendah, kenaikan daya terjadi cukup cepat jika dibandingkan dengan transien pada daya tinggi (Gambar 7),

karena umpan balik reaktivitas pada daya rendah sangat kecil. Akan tetapi kenaikan daya maksimum hanya 3,16 MWt atau 0,16 MWt lebih tinggi dari *trip* daya 3 MWt setelah reaktor mengalami *scram*. Hal ini menunjukkan bahwa reaktor cukup aman untuk insersi pada daya rendah.



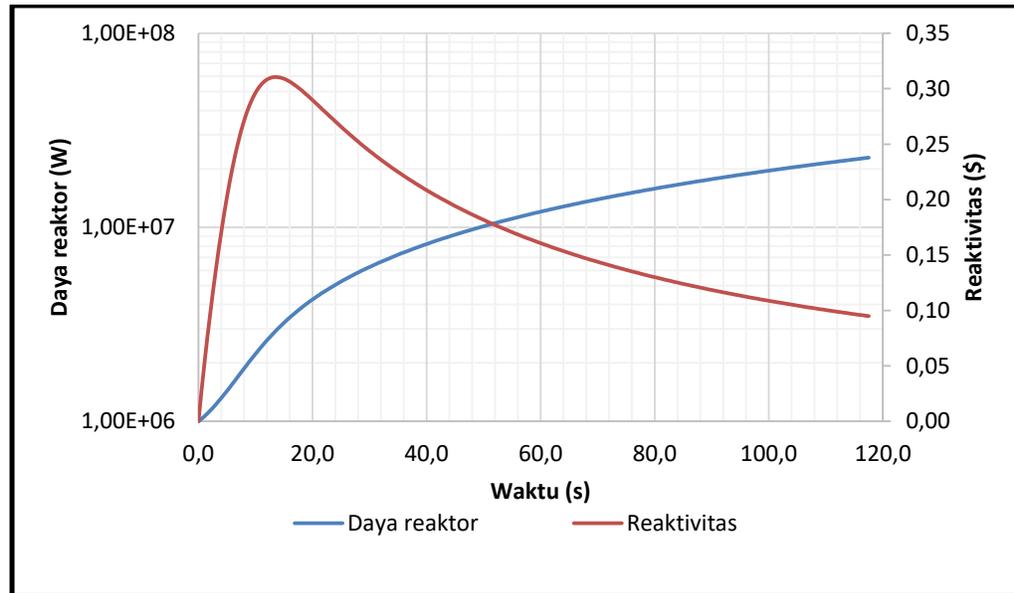
Gambar 6. Insersi reaktivitas pada daya awal 1 Wt untuk bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄

Skenario transien yang dipilih pada daya tinggi 1 MWt adalah, sebagai berikut:

- Daya awal : 1MWt
- Insersi reaktivitas : 37,1 pcm/s
- Trip pada daya : 22,8 MWt (114 % daya nominal)
- Keterlambatan dalam inisiasi *trip* : 0,5 s
- Waktu yang diperlukan batang kendali *scram* : 0,5 s

Adapun hasil perhitungan tersaji pada Gambar 7., di mana daya reaktor maksimum yang dicapai sebesar 22,89 MWt dan waktu yang diperlukan reaktor untuk *scram* adalah 117,74 s. Jika

dilihat dari hasil perhitungan transien pada daya tinggi, kenaikan daya terjadi tidak secepat pada daya rendah (Gambar 6.), karena umpan balik reaktivitas negatif yang besar pada daya tinggi.



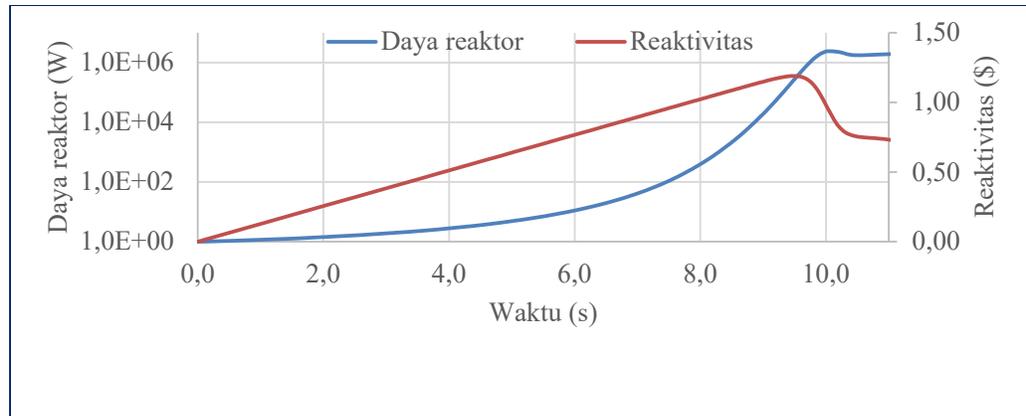
Gambar 7. Inseri reaktivitas pada daya awal 1 MWt untuk bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄

b. Teras NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄

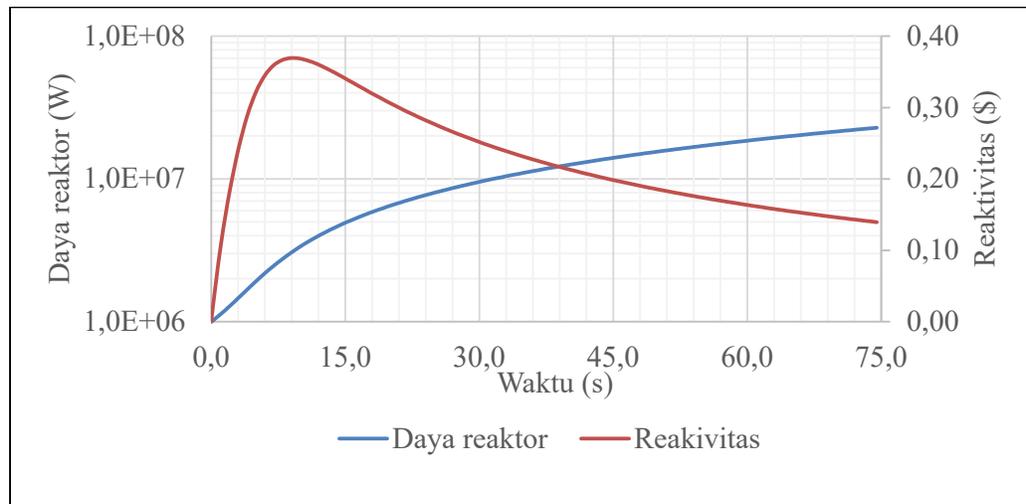
Skenario inseri reaktivitas untuk daya rendah 1Wt dan daya tinggi 1 MWt pada teras dengan bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄ sama dengan teras NaF-BeF₂-UF₄, sedangkan untuk hasil inseri transien akan ditunjukkan pada Gambar 8 dan 9. Gambar 8. menunjukkan karakteristik transien yang mirip dengan Gambar 6., akan tetapi daya maksimum yang dicapai sebesar 3,20 MW dan waktu yang diperlukan reaktor untuk *scram* adalah 7,45 s. Waktu *scram* yang lebih cepat pada teras dengan bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄ terjadi karena

nilai parameter kinetik β yang lebih rendah dibandingkan teras dengan bahan bakar NaF-BeF₂-UF₄. Hal ini terlihat dari laju kenaikan daya yang tinggi.

Inseri reaktivitas pada daya tinggi (1MWt) menunjukkan daya maksimum yang dicapai adalah 22.95 MW dan waktu yang diperlukan reaktor untuk *scram* adalah 74.90 s (Gambar 9.). Dibandingkan dengan Gambar 7., daya maksimum yang dicapai tidak berbeda terlalu jauh, hanya saja waktu yang diperlukan reaktor untuk *scram* terjadi lebih cepat. Hal ini sama seperti pada daya rendah.



Gambar 8. Inseri reaktivitas pada daya awal 1 Wt untuk bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄



Gambar 9. Inseri reaktivitas pada daya awal 1 MWt untuk bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄

5. Fitur Keselamatan Teknis

Fitur keselamatan teknis disusun berdasarkan analisis keselamatan. Secara umum, fitur keselamatan reaktor MSR dilakukan melalui beberapa cara, sebagai berikut:

- a. Fungsi kendali reaktivitas. Fungsi ini dilakukan oleh batang kendali, tangki penampung bahan bakar dan sistem pengatur komposisi bahan bakar. Bagian ini disebut sebagai fitur keselamatan aktif, meskipun batang kendali, yang berfungsi untuk memadamkan reaktor dan tangki penampung bahan bakar, beroperasi dengan memanfaatkan gravitasi (pasif). Jumlah batang

kendali yang diperlukan tidak banyak karena reaktor tidak memiliki reaktivitas lebih. Kendali reaktivitas berikutnya adalah tangki penampung bahan bakar. Bahan bakar di teras reaktor dan sistem primer dapat langsung turun ke tangki bahan bakar saat katup beku (*freeze plug*) dibuka. Terakhir, reaktivitas dapat dengan mudah dikendalikan dengan pengatur komposisi.

- b. Fungsi kendali daya. Fungsi ini dilakukan dengan mengendalikan laju penambahan bakar melalui

- pengaturan laju alir bahan bakar oleh pompa.
- c. Fungsi pemindahan gas hasil belah. Fungsi ini dilakukan oleh *off-gas facility*, di mana fasilitas ini berfungsi sebagai tempat pemindahan gas dan kontaminan, seperti aerosol, partikel, volatil, produk hasil luruh, hasil belah berumur paruh pendek (Xe-139 dengan $t_{1/2} = 39,5$ s) dan hasil belah berumur paruh panjang (Kr-85 dengan $t_{1/2} = 10,7$ tahun atau Se-79 dengan $t_{1/2} = 6,5 \times 10^4$ tahun).
 - d. Fungsi sistem pendingin alamiah. Fungsi ini dilakukan oleh sistem sirkulasi alamiah yang ada pada perisai lapis ke-3 (*annulus* berisi air). Fasilitas tersebut terkoneksi dengan kolam air yang memiliki kondensor. Fungsi sistem pendingin alamiah mengandalkan sistem pasif. Sumber panas yang menjadi beban sistem pendingin alamiah berasal dari sisa pasca pemadaman atau pemancung (*scrammed*) reaktor maupun saat terjadi kecelakaan terparah (kombinasi listrik padam total dan batang kendali gagal masuk ke dalam teras). Dengan demikian dalam kondisi terparah, material baja, seperti pipa primer, bejana tekan, dan HE, akan tetap utuh. Pada desain laboratorium reaktor MSR di darat, masa tenggang (*grace period*) adalah minimal 14 hari.

Pada fase desain prakonseptual, analisis fitur keselamatan terbatas pada jaminan keselamatan inheren yang memiliki koefisien reaktivitas umpan balik yang seluruh komponennya harus bernilai negatif. Jaminan keselamatan tersebut dapat dijabarkan, sebagai berikut:

- a. Jaminan seluruh pipa primer dalam keadaan subkritis
- b. Jaminan tangki penampung bahan bakar dalam keadaan subkritis
- c. Jaminan terpenuhinya kondisi *one stuck rod* pada batang pemadam (*shutdown rod*), di

- mana reaktor tetap dalam keadaan subkritis meski satu batang kendali dengan reaktivitas terbesar gagal disisipkan ke dalam teras (Dokumen Prakonseptual Instrumentasi dan Kendali serta Catu Daya)
- d. Jaminan dosis radiasi yang diserap oleh pekerja, masyarakat dan lingkungan dengan menyiapkan beberapa lapis perisai radiasi (Dokumen Prakonseptual Perisai Radiasi). Sistem perisai radiasi juga berfungsi sebagai pengungkung yang berlapis.
 - e. Berdasarkan butir a-e, fitur keselamatan teknis yang telah dikerjakan adalah fungsi kendali reaktivitas, sedangkan fungsi lainnya akan dikerjakan pada fase desain konseptual dan desain dasar (*basic*). Hal ini disebabkan karena harus dilakukan perhitungan teras setimbang reaktor MSR untuk satu siklus reaktor terlebih dahulu.
 - f. Fungsi yang sulit untuk didesain adalah fungsi pemindahan gas hasil belah, yang diharapkan dapat dilakukan pada fase desain dasar. Sub bagian ini juga mendeskripsikan penetapan misi dari laboratorium reaktor MSR yang hendak didesain. Penetapan misi diperlukan agar pekerjaan desain konseptual dapat dilakukan dengan lebih terarah. Tabel 20. menunjukkan data daya dan umur hidup reaktor MSR yang sebelumnya telah ditetapkan melalui spesifikasi desain. Berdasarkan data, tampak jelas reaktor MSR akan berfungsi sebagai fasilitas laboratorium konversi energi sebab dapat menghasilkan daya elektrik minimum 5 MW.
 - g. Dokumen URD yang telah disusun dalam kegiatan tahun 2019 juga mensyaratkan agar reaktor MSR dapat dipakai sebagai fasilitas uji penggerak propulsi dengan MSR. Berdasarkan kedua data tersebut, reaktor didesain dengan sistem

kogenerasi (*cogeneration*) yang menggenerasi uap untuk menghasilkan listrik dan menjadi

penggerak propulsi secara bersamaan atau tunggal.

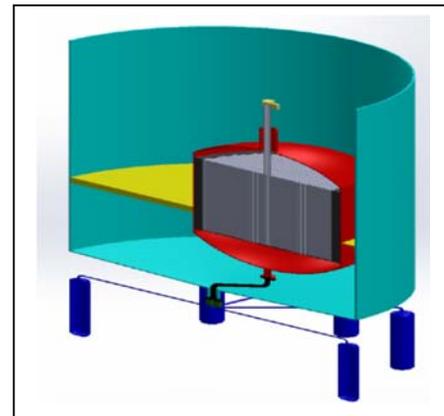
Tabel 21. Data daya dan umur hidup reaktor MSR

No.	URAIAN	NILAI
1.	Daya termal	16 MW (min.)
2.	Daya elektrik (kebutuhan eksternal kapal)	5 MW (min.)
3.	Tipe	<i>Molten Salt Reactor</i> dengan spektrum termal tanpa pembiakan
4.	Umur hidup	≤ 40 tahun (laboratorium) ≤ 30 tahun (kapal)

Tabel 20 juga menunjukkan bahwa laboratorium dapat dipakai dengan umur hidup maksimum 40 tahun. Berdasarkan Tabel 4-6, dapat diusulkan untuk menggunakan dua unit reaktor, dengan daya masing-masing sebesar 20 MWt dan masing-masing dapat beroperasi selama 15,2 tahun, sehingga total umur operasi efektif dapat mencapai 30,4 tahun. Selain itu, pemilihan reaktor MSR dengan dua unit reaktor dapat juga digunakan untuk mempelajari pengaplikasian di dalam kapal, sistem reaktor MSR modular, dan uji penggunaan dua reaktor untuk sistem kogenerasi dengan modifikasi penukar panas.

h. Model 3 Dimensi Reaktor MSR

Berdasarkan hasil kajian di atas, maka dapat disimpulkan desain reaktor MSR dengan daya 20 MWt memiliki karakteristik keselamatan yang lebih tinggi.



Gambar 10. Model 3D reaktor MSR dengan delapan tangki penampung bahan bakar

Bahkan kajian insersi reaktivitas menunjukkan bahwa dengan koefisien reaktivitas yang bernilai negatif, maka kenaikan daya dapat dikendalikan dengan sangat baik. Model 3D reaktor MSR yang telah dilengkapi dengan delapan tangki penampung (tiris) bahan bakar pada teras reaktor dan sistem primer dapat dilihat pada Gambar 10. Perbandingan Hasil Desain dengan Spesifikasi *User*.

Tabel 22 menyajikan rangkuman perbandingan nilai parameter desain keselamatan reaktor MSR antara URD/Spesifikasi dalam kontrak dan hasil desain prakonseptual.

Tabel 22. Perbandingan nilai URD/kontrak dan desain prakonseptual

No.	URAIAN		NILAI	
			URD/ Kontrak	Desain Pra konseptual
1	MODERATOR			
	a.	Umur hidup	4,5 tahun	15 tahun
2	BEJANA REAKTOR			
	a.	Material	SS316	SS316
	b.	Tebal	± 15 mm	20 mm
	c.	Massa	±11,57 ton	13,96 ton
	d.	Umur hidup	4,5 tahun	15 tahun (maksimum)
	e.	Volume	Mempertimbangkan peningkatan volume bahan bakar dan operasi selama 4,5 tahun	4,53 m ³ (tanpa B ₄ C shield)
3	SISTEM KENDALI REAKTIVITAS			
	a.	Reaktivitas lebih teras maksimum	$4 \times 10^{-2} \% \Delta k/k$ (atau maksimum 0,5β)	0,1-0,3 %Δk/k
	b.	Koefisien reaktivitas	Harus bernilai negatif untuk masing-masing komponen temperatur, densitas, dan <i>void</i>	Hasil desain membuktikan semua komponennya bernilai negatif

Berdasarkan data di atas, dapat dilihat adanya perbedaan sebesar 20,7% pada massa bejana (2.c). Perbedaan juga terjadi karena tebal bejana tekan yang dipilih, 5 mm lebih tebal dibandingkan dengan nilai spesifikasi *user*.

KESIMPULAN

Desain prakonseptual keselamatan dan fitur keselamatan teknis untuk reaktor MSR telah selesai dilakukan. Berdasarkan hasil desain prakonseptual teras reaktor MSR dengan daya 20 MWt, maka karakteristik keselamatannya, yaitu: Umur grafit 15 tahun; Koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar, temperatur moderator, densitas bahan bakar dan *void* semuanya harus bernilai negatif; Seluruh pipa di dalam sistem primer menggunakan bahan SS316 dengan diameter luar (penukar panas) minimum 1,27 cm dan diameter maksimum 21,9 mm (pipa ke pompa), yang keseluruhannya terjamin kondisi subkritikalitasnya; Tangki penampung (tiris) bahan bakar berbentuk silinder dengan diameter

dalam (ID) 40 cm dan tinggi 132,3 cm, terbuat dari material SS316 yang tersusun dalam 8 tangki simetris. Tangki penampung juga terjamin subkritikalitasnya meski dalam kondisi kecelakaan.

Teras terbukti dapat dikendalikan dengan aman meskipun terjadi insersi reaktivitas saat koefisien reaktivitas negatif bernilai besar. Hal ini menunjukkan teras reaktor sudah memiliki keselamatan melekat. Hasil kajian keselamatan mengusulkan laboratorium reaktor MSR sebaiknya berdaya 40 MWt yang terbagi dalam dua unit reaktor dengan daya masing-masing 20 MWt. Dengan demikian, laboratorium dapat mencapai usia maksimum 30,4 tahun serta dapat berfungsi sebagai uji reaktor modular dengan sistem kogenerasi sebagai penghasil listrik dan uji sistem propulsi, di samping menjadi unit desalinasi air bersih. Dengan asumsi efisiensi sebesar 35%, maka daya listrik minimum yang bisa dibangkitkan adalah 7 MWe.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tagor Sembiring, Pengembangan pembangkit listrik berbasis Thorium untuk pertahanan, Batan, 2018.
2. Tagor Sembiring, Pengembangan pembangkit listrik berbasis Thorium untuk pertahanan, Batan, 2019.
3. -----, Perhitungan parameter kinetik β_{eff} dan ℓ untuk reaktor MSR , 2018.
4. -----, Simulasi perhitungan bahan bakar NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄, 2019.

KAJIAN SISTEM PENDINGIN REAKTOR MSR UNTUK Mendukung KETAHANAN ENERGI MASA DEPAN

STUDY OF MSR REACTOR COOLING SYSTEM TO SUPPORT FUTURE ENERGY RESILIENCE

Andhika Aji Sastra dan Eko Misriyanto
Puslitbang Iptekhan, Balitbang Kemhan
r.andhika@gmail.com
ekomisriyanto5@gmail.com

ABSTRAK

Perancangan prakonseptual sistem pendingin MSR (Molten Salt Reactor) ini bertujuan untuk mendesain komponen utama sistem pendingin, seperti pompa dan penukar panas, agar memenuhi spesifikasi desain. Dalam kegiatan ini, juga dilakukan perhitungan temperatur outlet (keluar) dan laju alir. Desain sistem pendingin berfungsi menjamin agar teras dapat didinginkan dengan aman selama berlangsung operasi normal, transien, dan kecelakaan. Perancangan dilakukan dengan perangkat lunak FLUENT dengan memodelkan teras dalam 1/8 geometri silinder. Temperatur inlet (masuk) 550°C dan tekanan 3 bar menjadi parameter yang ditetapkan dalam desain. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa konfigurasi teras yang didesain memiliki kemampuan mengalirkan bahan bakar dengan baik, meskipun terdapat dead zone di beberapa lokasi di atas dan di bawah teras aktif. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa temperatur outlet maksimum sebesar 630°C. Desain penukar panas primer dan sekunder masing-masing berjumlah satu unit dengan kapasitas 20 MWt. Kemampuan penukar panas primer dapat menaikkan pendingin garam sebesar 92,4°C, sedangkan penukar panas sekunder sebesar 103,1°C. Hasil perancangan menunjukkan bahwa seluruh spesifikasi desain dapat dipenuhi dengan unjuk kerja yang maksimum dan selamat.

Kata kunci: reaktor garam cair, penukar panas, laju alir, temperatur, FLUENT

ABSTRACT

This pre-conceptual design for the MSR (Molten Salt Reactor) cooling system aims to design the main components of the cooling system, such as pumps and heat exchangers, to meet the design specifications. In this program, calculations of the outlet temperature and the flow rate were also carried out. The cooling system design functions to ensure that the core can be cooled safely during normal, transient, and accident operations. The design was carried out using FLUENT software by modeling the core in the 1/8-cylinder geometry. Inlet temperature of 550°C and the pressure of 3 bar were chosen as an input parameter. The calculation results showed that the proposed core configuration has a good fuel flow distribution, even though there are dead zones at several locations above and below the active core. The calculation result showed that the maximum outlet temperature is 630°C. The designs for primary and secondary heat exchanger are using 1 unit for each of them with the capacity of 20 MWt. The performance of the primary heat exchanger can increase the temperature of cooling salt by 92.4°C, while the secondary heat exchanger 103.1°C. The design results showed that all technical specifications can be met with maximum and safe performances.

Keywords: molten salt reactor, heat exchanger, coolant flow, temperature, FLUENT

PENDAHULUAN

Fokus desain pada sistem pendingin teras reaktor adalah mempersiapkan sistem pendingin agar seluruh panas yang dihasilkan dari teras reaktor dapat dipindahkan. Dengan demikian, teras reaktor tetap utuh selama beroperasi secara normal maupun dalam kondisi darurat. Sistem pendingin pada reaktor MSR (*Molten Salt Reactor*) memiliki perbedaan yang mendasar dibandingkan tipe reaktor lain, khususnya dalam hal sistem primer. Reaktor MSR menggunakan bahan bakar garam cair, yang selain berfungsi sebagai bahan bakar, juga berperan dalam sistem pendingin. Oleh karena itu, di sepanjang sistem primer, bahan bakar bergerak dari teras ke pompa, lalu ke penukar panas dan kembali lagi ke dalam reaktor.

Tujuan utama kegiatan ini adalah mendapatkan desain reaktor MSR yang akan dipakai sebagai laboratorium di darat yang merupakan pengembangan dari reaktor MSR pada platform kapal. Fungsi sistem pendingin reaktor pada kapal adalah menyediakan sistem perpindahan panas yang cukup untuk teras dan menyediakan daya untuk menggerakkan propulsi kapal. Penggerak propulsi dan sistem listrik kapal dapat dilakukan dengan memanfaatkan motor listrik. Akan tetapi pada laboratorium reaktor MSR di darat, aplikasinya agak berbeda, sebab reaktor menjadi fasilitas multi fungsi yang harus menghasilkan listrik sehingga diperlukan sistem pembangkit uap. Penyusunan desain sistem pendingin reaktor MSR akan terfokus kepada penentuan temperatur bahan bakar pada teras (masuk dan keluar), laju alir bahan bakar, kapasitas pompa primer dan sekunder, serta kapasitas penukar panas.

METODOLOGI PENULISAN

Metode yang digunakan dalam penulisan ini, yaitu metode deskriptif analitik. Data yang digunakan diperoleh dari beberapa hasil analisis dan kajian yang ada, disertai wawancara dan diskusi dengan pihak-pihak terkait. Dari data tersebut, kemudian dilakukan analisis berdasarkan sumber dan teori yang ada untuk menghasilkan rekomendasi sebagai dasar kebijakan ketahanan energi pertahanan ke depan.

LANDASAN TEORI

1. Sistem Primer

Seperti yang dinyatakan dalam Bab I, sistem pendingin primer reaktor MSR memiliki perbedaan dibandingkan reaktor jenis lain, karena penggunaan bahan bakar garam cair yang berfungsi ganda (sebagai pembangkit panas dan juga pendingin). Tekanan operasi reaktor MSR tergolong rendah (< 5 bar), sehingga tekanan di seluruh sistem primer juga menjadi rendah. Temperatur bahan bakar garam berkisar di titik $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ (titik didih bahan bakar garam adalah $\sim 1.400\text{ }^{\circ}\text{C}$) sehingga temperatur reaktor tergolong tinggi. Adapun komponen utama sistem primer MSR adalah, sebagai berikut:

a. Pompa

Fungsi utama pompa adalah mengalirkan bahan bakar dari teras menuju penukar panas untuk kemudian kembali lagi ke reaktor. Pompa yang dipakai pada reaktor MSRE (*Molten Salt Reactor Experiment*) adalah pompa sentrifugal *sump-type* dengan *saft* vertikal.

b. Penukar panas

Fungsi utama penukar panas adalah memindahkan sebagian panas dari sistem primer ke sistem sekunder sehingga temperatur reaktor dapat konstan terjaga. Posisi penukar panas dapat diletakkan secara horizontal (MSRE) ataupun berdiri tegak (TMSR500), sedangkan untuk penggunaan di dalam kapal sebaiknya berdiri untuk menghemat ruang ke arah radial.

Dalam desain prakonseptual, reaktor MSR memakai material SS316 sebagai bahan utama pipa primernya mengingat usia operasi sistem primer sama dengan usia moderator grafit seperti yang dipakai pada reaktor TMSR500.

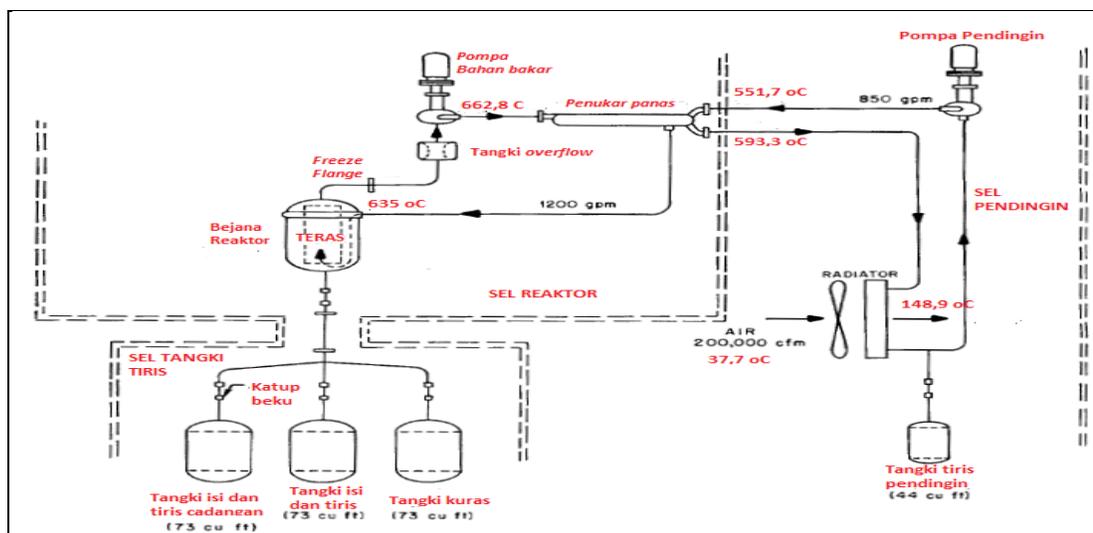
2. Sistem Sekunder

Komponen utama pada sistem sekunder adalah pompa dan penukar panas, yang berfungsi untuk memindah-

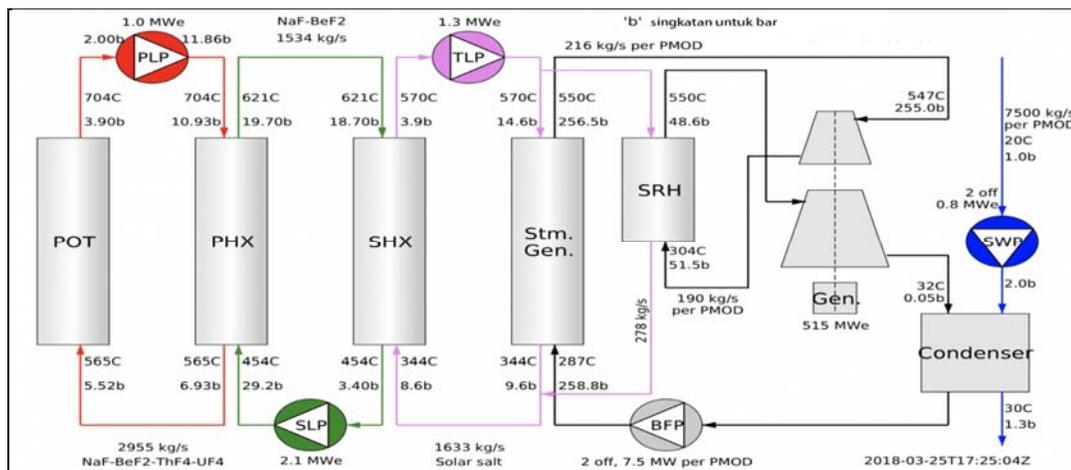
kan panas dari sistem primer. Fluida pendingin yang dipakai pada sistem sekunder adalah garam cair, seperti NaF-BeF₂. Laju alir fluida pada sistem sekunder lebih rendah dibandingkan sistem primer tetapi tekanan pada sistem sekunder lebih tinggi dibandingkan pada sistem primer. Adapun pompa yang digunakan sama dengan yang terdapat pada sistem primer.

3. Sistem Pendingin Lainnya

Penambahan sistem lain, di luar sistem primer dan sekunder, akan disesuaikan dengan fungsi reaktor MSR. Pada reaktor MSRE, proses pendinginan sistem sekunder dilakukan oleh radiator yang bekerja seperti menara pendingin (Gambar 1).



Gambar 1. Diagram mekanisme sistem pendingin reaktor MSRE Reaktor TMSR500 (ThorCon) menggunakan sistem tersier sebelum ke sistem pembangkit uap (Gambar 2).



Gambar 2. Sistem pendingin dan konversi energi reaktor TMSR500

Keterangan :

POT = tempat reaktor; PHX = penukar panas primer; SHX = penukar panas sekunder; Stm Gen. = pembangkit uap; SRH= steam reheater; PLP = pompa primer; SLP= pompa sekunder; TLP = pompa tersier; Gen. = Generator; BFP = boiler feed pump; PMOD = power modul.

4. Spesifikasi Teknis

Desain prakonseptual sistem pendingin MSR mengacu pada spesifikasi teknis (berdasarkan kontrak), sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi teknis sistem pendingin

No.	URAIAN	NILAI
1.	TERAS REAKTOR	
	a. Temperatur masuk (<i>inlet</i>)	$\pm 635\text{ }^{\circ}\text{C}$
	b. Temperatur keluar (<i>outlet</i>)	$\pm 663\text{ }^{\circ}\text{C}$
	c. Rapat daya rerata / maksimum	$\leq 14\text{ MW/m}^3 / \leq 31\text{ MW/m}^3$
	d. Tekanan	$\pm 3\text{ bar}$
2.	SISTEM PRIMER	
	a. Laju alir	$\geq 4,54\text{ m}^3/\text{menit}$
	b. Jenis pompa	Sentrifugal <i>sump-type</i> dengan <i>saft</i> vertikal
3.	PENUKAR PANAS PRIMER	
	a. Jumlah	Maksimal 2
	b. Posisi	Berdiri (vertikal)
	c. Kapasitas per unit	8-10 MW (minimal)
	d. Tinggi	$\pm 2,5\text{ m}$
	e. Diameter,	$\pm 0,5\text{ m}$
	f. Tipe	Shell dan U-tube
	g. Bagian <i>shell</i>	Bahan bakar garam
	h. Bagian <i>U-tube</i>	Pendingin garam
4.	PIPA PRIMER	
	a. Material	SS316
	b. Diameter dalam	13 cm – 20 cm
	c. Tebal	0,7 cm - 0,8 cm
5.	SISTEM SEKUNDER	
	a. Temperatur masuk (<i>inlet</i>)	$\leq 580\text{ }^{\circ}\text{C}$
	b. Temperatur keluar (<i>outlet</i>)	$\leq 610\text{ }^{\circ}\text{C}$
	c. Jenis pompa	Sentrifugal <i>sump-type</i> dengan <i>saft</i> vertikal
6.	PENUKAR PANAS SEKUNDER	
	a. Jumlah	Maksimal 2
	b. Posisi	Berdiri (vertikal)
	c. Kapasitas per unit	8-10 MW (minimal)
	d. Tinggi	$\pm 2,5\text{ m}$
	e. Diameter	$\pm 0,5\text{ m}$
	f. Tipe	Shell dan U-tube
	g. Bagian <i>shell</i>	Bahan bakar garam
	h. Bagian <i>U-tube</i>	Pendingin garam
7.	PIPA SEKUNDER	
	a. Material	SS316
	b. Diameter dalam	13 cm – 15 cm
	c. Tebal	0,7 cm
8.	SISTEM PEMBANGKIT UAP	
	a. Temperatur masuk (<i>inlet</i>)	$\leq 350\text{ }^{\circ}\text{C}$
	b. Temperatur keluar (<i>outlet</i>)	$\leq 550\text{ }^{\circ}\text{C}$
	c. Laju uap	Tergantung kecepatan sistem propulsi
	d. Jalur 1	Sistem propulsi
	e. Jalur 2	Generator keperluan kapal

5. Kegiatan Desain

Kegiatan desain prakonseptual sistem pendingin dapat dijabarkan, sebagai berikut:

- a. *Desk assesment*. Kegiatan ini bertujuan untuk mengumpulkan seluruh model perhitungan termasuk persamaan-persamaan empiris dan teoritis berkaitan dengan fluida garam cair dan fluida garam.
- b. Perhitungan temperatur pada teras (masuk dan keluar)
- c. Perhitungan laju alir pada teras
- d. Perhitungan kapasitas pompa (primer dan sekunder)
- e. Perhitungan kapasitas penukar panas (primer dan sekunder)

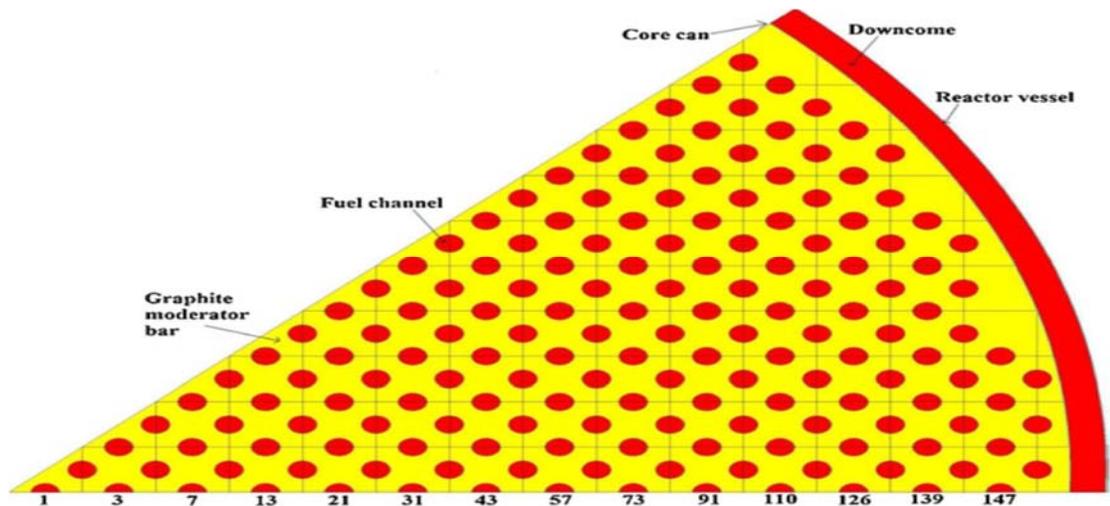
6. Desk Assesment

Desk assesment untuk desain sistem pendingin, khususnya perhitungan laju alir pada teras, dilakukan melalui studi

pustaka. Studi pustaka yang dipilih adalah dokumen yang berkaitan dengan perhitungan termal-hidrolika teras, misalnya kajian Guo, A. dkk [3] yang telah melakukan perhitungan termal-hidrolika untuk reaktor MSRE. Adapun dari hasil kajian pustaka, dapat disimpulkan beberapa hal, sebagai berikut:

- a. Teras harus dimodelkan secara radial (1/8 teras)

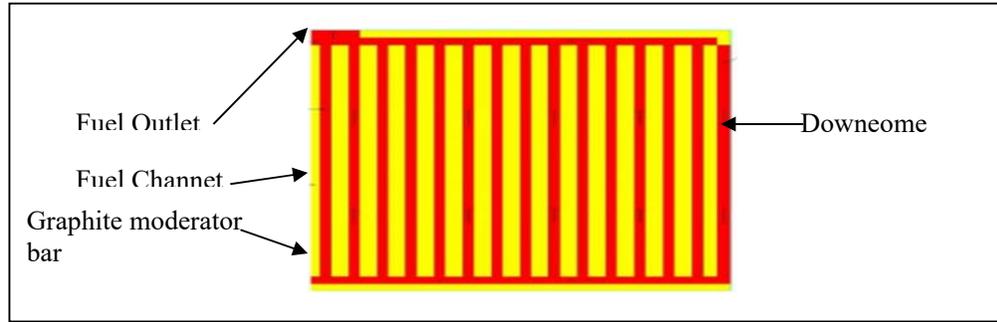
Gambar 3 menunjukkan susunan bahan bakar dengan celah berbentuk kapsul yang disusun menjadi silinder di empat sisi reflektor grafit. Untuk teras MSR, susunan akan berubah karena celah bahan bakar yang berbentuk lingkaran berada di tengah moderator grafit.



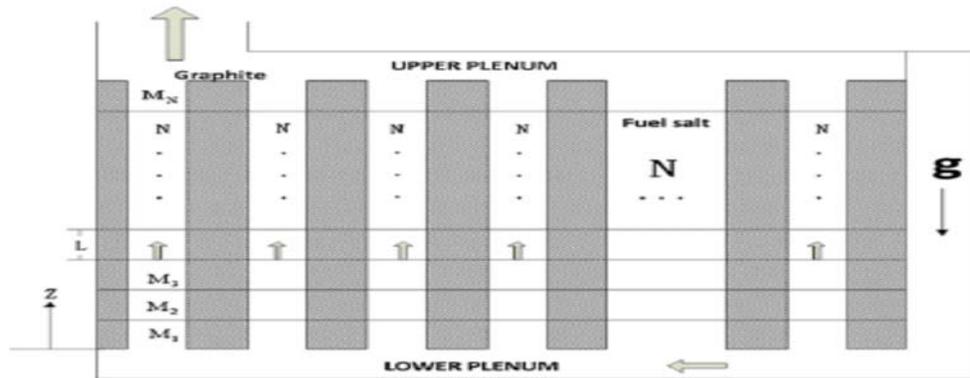
Gambar 3. Model 1/8 geometri silinder teras MSRE

Model teras yang ke arah radial juga harus memperhitungkan lebar celah *downcomer* antara sisi grafit dan sisi tabung tekan. Dilihat dari aspek ini, teras reaktor MSR tidak didesain menggunakan *downcomer* dari sisi bagian *inlet* teras. Aliran bahan bakar akan langsung masuk ke bagian bawah teras menuju bagian plenum bawah.

- b. Teras harus dimodelkan secara aksial, termasuk arah aliran. Masing-masing gambar di bawah ini menunjukkan model aksial teras dan penetapan arah aliran pada teras.



Gambar 4 Penampang aksial teras



Gambar 5. Model aliran pada teras

Dilihat dari gambar, tampak jelas seluruh bagian aksial telah dimodelkan dengan detail, termasuk bagian *upper* dan *lower* plenum. Bagian ini juga telah dimodelkan dalam desain teras. Demikian pula untuk bagian aksial aliran *outlet* yang keluar dari teras.

- c. Penetapan sifat fisika bahan bakar garam dan grafit.
 Dalam menghitung perpindahan panas diperlukan korelasi antara sifat fisika bahan bakar garam dan grafit sebagai fungsi temperatur (T). Keterangan berikut ini merupakan persamaan sifat fisika kedua komponen tersebut.

Kerapatan bahan bakar garam :

$$\rho \left[\frac{g}{cm^3} \right] = 2,599 - 4,819 \times 10^{-3} \times T_f \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Viskositas bahan bakar garam :

$$\mu \text{ [Pas]} = 0,1542 \times e^{\left(\frac{3624}{T_f} \right)} \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Kapasitas panas bahan bakar garam : 1976 [J/kg °C]

Konduktivitas termal bahan bakar garam : 1,44 [W/mK]

Kerapatan grafit :

$$\rho \left[\frac{g}{cm^3} \right] = 1,89 - 1,0 \times 10^{-5} \times T_M \text{ [}^\circ\text{C]}$$

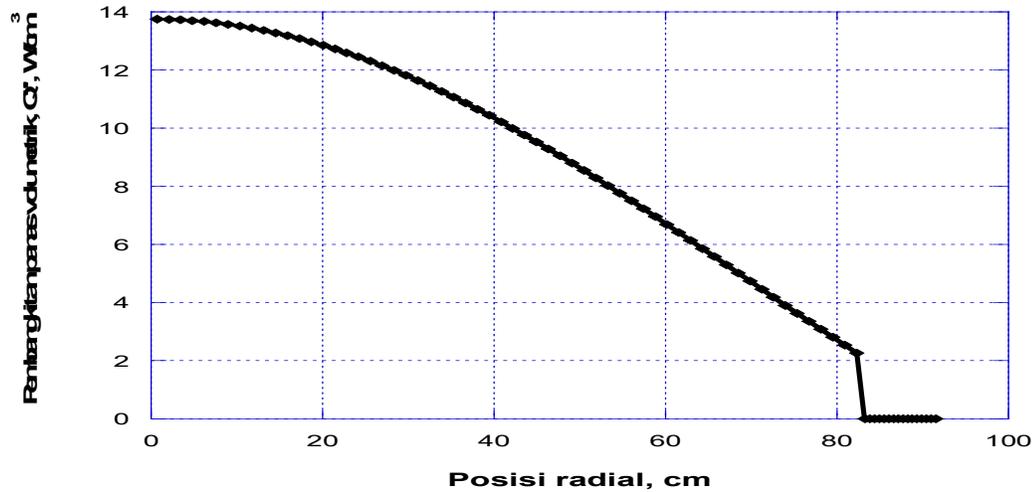
Kapasitas panas grafit : 1758 [J/kg °C]

Konduktivitas termal grafit :

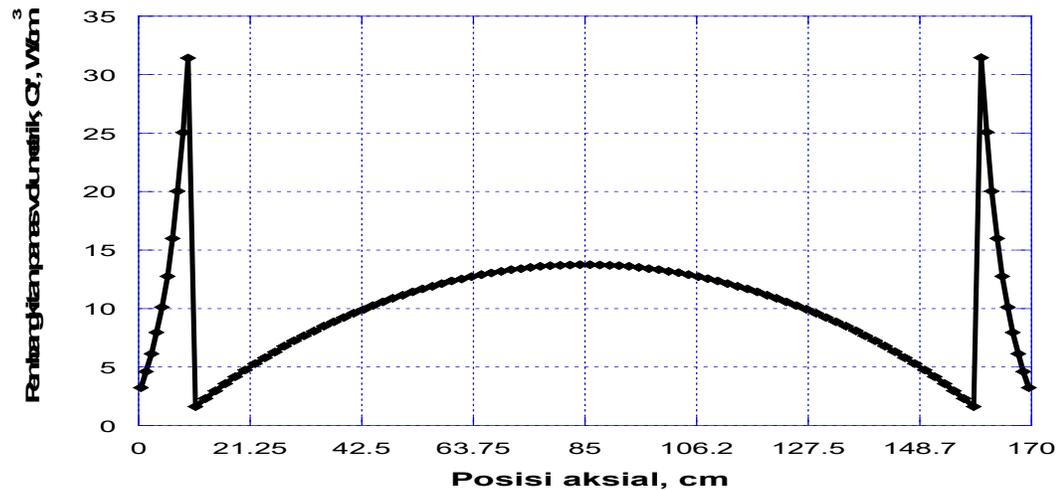
$$\lambda \text{ [W/(m}^\circ\text{C)]} = 3763 \times (T_G \text{ [}^\circ\text{C]})^{-0,7}$$

7. Data *Input* Desain

Sebelum melakukan perhitungan teras, diperlukan *input* distribusi panas ke arah radial dan aksial. Distribusi panas ini diambil dari teras terpilih, yaitu teras dengan daya 20 MW dengan tinggi dan jari-jari teras aktif masing-masing 150 cm dan 80 cm.



Gambar 6. Distribusi pembangkitan panas ke arah radial



Gambar 7. Distribusi pembangkitan panas ke arah aksial

Berdasarkan gambar di atas, panas maksimum ke arah radial dan aksial masing-masing sebesar 13,75 W/cm³ dan 31,43 W/cm³. Nilai ini akan dipakai dalam perhitungan termal-hidrolika teras reaktor. Adapun penentuan syarat batas pada bagian inlet reaktor adalah, sebagai berikut:

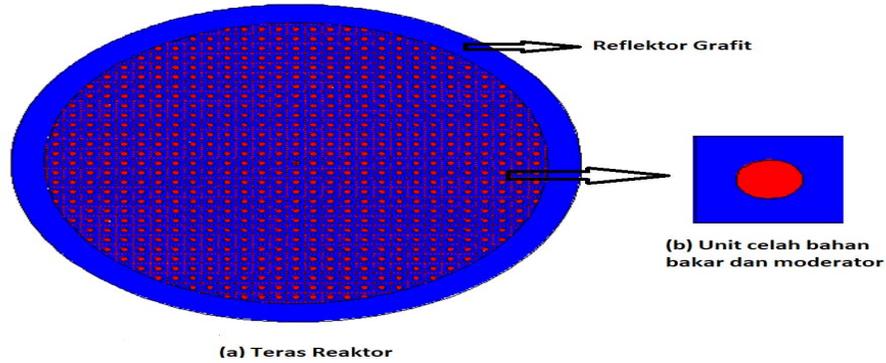
Temperatur inlet = 550 °C. Penetapan temperatur 550 °C (lebih rendah 100 °C dari penetapan awal) dilakukan untuk mengantisipasi terjadinya temperatur lokal maksimum yang dapat mengganggu keutuhan bejana reaktor yang terbuat dari SS316.

Tekanan inlet = 3 bar

Kecepatan aliran bahan bakar garam = 4,5425 m³/menit

Gerakan fluida bahan bakar dari bawah (sisi masuk) ke atas teras (sisi keluar)

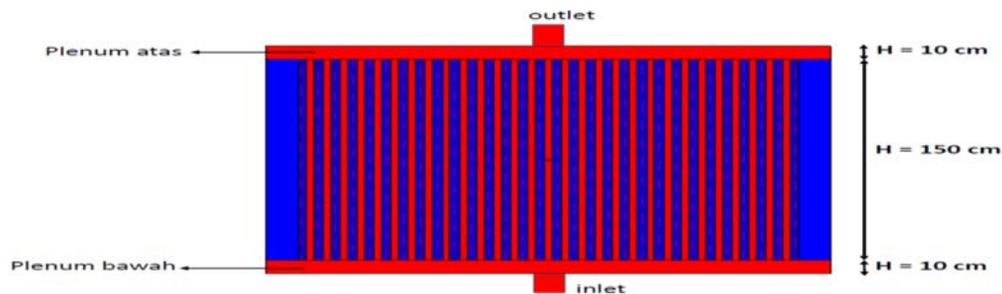
Gambar 8 dan 9 masing-masing menunjukkan model ke arah radial dan aksial teras MSR, di mana satu unit bahan bakar terdiri dari celah tempat bahan bakar bergerak dan moderator grafit di bagian luarnya. Tabel 2 menyajikan data input teras MSR untuk desain pendingin yang berkaitan dengan teras dan unit bahan bakar.



Gambar 8. Model radial teras MSR

Tabel 2. Data input teras MSR untuk desain pendingin

Parameter	Nilai
Daya reaktor	20 MWt
Jari-jari teras aktif	83 cm
Laju alir	4,5425 m ³ /menit
Temperatur masuk	550 °C
Tekanan	3 bar
Tinggi teras aktif	150 cm
Tinggi total teras (dengan asumsi tinggi plenum 10 cm)	170 cm
Jari-jari celah bahan bakar (1 unit)	1,2786 cm
Panjang sisi moderator garfit (1 unit)	5,6655 cm
Jumlah unit bahan bakar pada teras	674
Jari-jari dalam pipa inlet/outlet teras	10,15 cm
Panas yang dibangkitkan dari teras	16,6 MW (83%)
Panas yang dibangkitkan dari plenum	3,4 MW (17%)

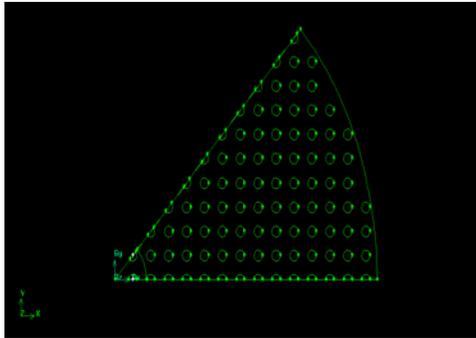


Gambar 9. Model aksial teras MSR

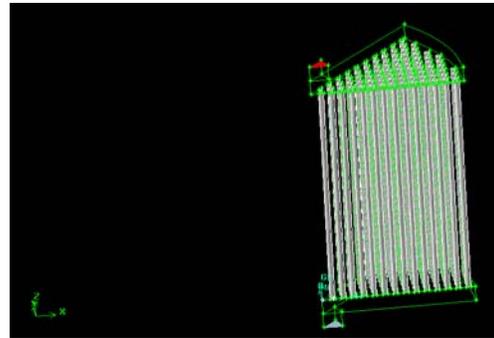
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Perhitungan laju alir Kecepatan Kecepatan aliran bahan bakar saat masuk ke dalam reaktor adalah 4,54 m³/menit (4,5425 m³/menit), dengan tekanan dan temperatur masuk masing-masing 3 bar dan 550 °C.

Perhitungan dilakukan menggunakan perangkat lunak FLUENT 6.3. berdasarkan data pada Tabel 2 serta model Gambar 8 dan 9. Gambar 10 dan 11 masing-masing menunjukkan model 1/8 teras reaktor MSR ke arah radial dan model 3D teras reaktor.



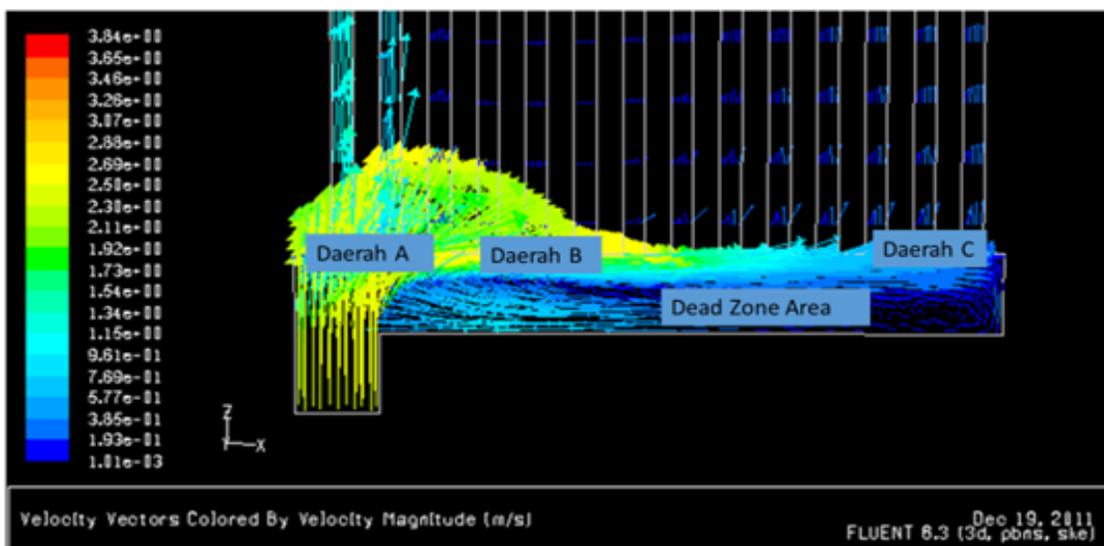
Gambar 10. Penampang X-Y teras reaktor



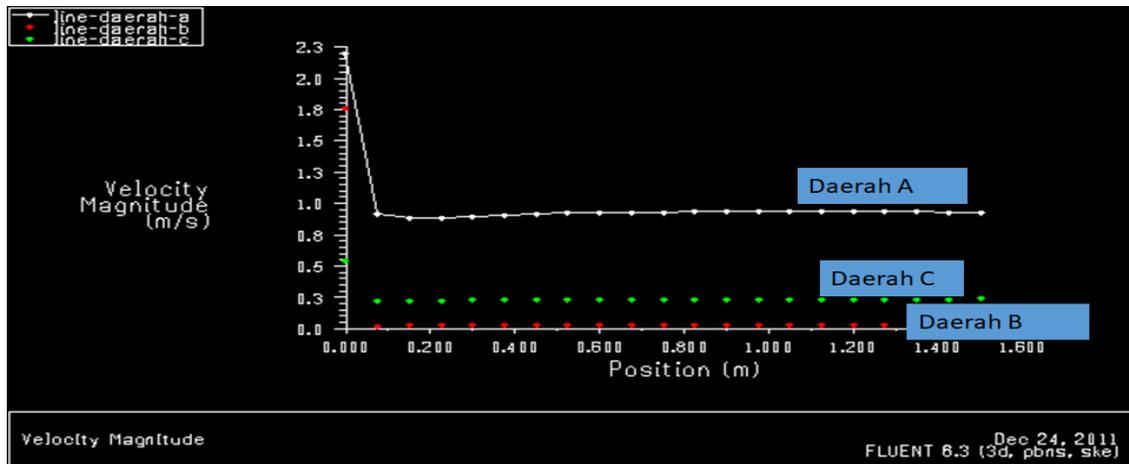
Gambar 11. Model 3-dimensi teras (X-Y-Z)

Gambar 12 dan 13 masing-masing menunjukkan vektor aliran pada bagian *inlet* dan *outlet* reaktor. Aliran terjadi karena fluida bahan bakar mendapat tekanan dari pompa. Pada daerah A, karena hambatan yang kecil, fluida akan cenderung mengalir melalui kelongsong ke arah atas. Sebagian fluida yang lain, dengan energi yang masih cukup, akan berbelok dan cenderung mengalir ke daerah C. Dengan aliran fluida yang cenderung mengarah dari daerah A ke daerah C, hanya sebagian kecil fluida di daerah B yang masih mampu berbelok ke atas, sehingga nilai kecepatan fluida dalam kelongsong di daerah B relatif kecil. Di daerah C, sebagian fluida yang masih memiliki energi akan mengalir ke atas

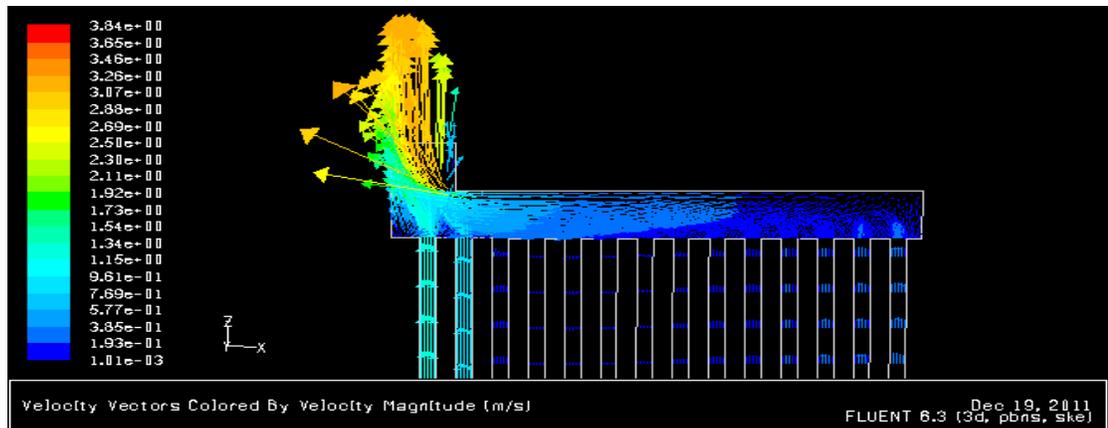
melalui kelongsong, sementara sebagian fluida yang lain akan berbalik ke daerah A. Hal tersebut akan menimbulkan *dead zone area* yang dapat mengurangi efektivitas aliran fluida. Untuk memperbaiki kualitas aliran fluida dan mendapatkan kondisi aliran fluida yang seragam, *dead zone area* perlu diminimalkan dengan cara mengurangi belokan aliran yang tajam atau dengan menambahkan bentuk *fillet* pada bagian belokan tersebut yang disesuaikan dengan bentuk kontur aliran fluida. Adapun pada sisi *outlet*, juga terdapat aliran balik fluida yang menimbulkan *dead zone area*, namun tidak sebesar pada daerah *inlet*.



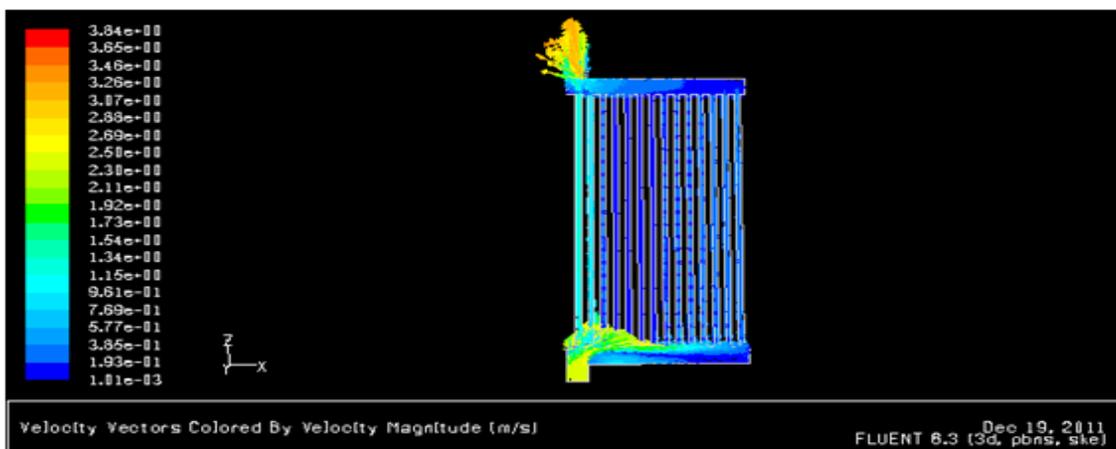
Gambar 12. Pemetaan vektor kecepatan pada penampang $y=0$ cm pada sisi *inlet*



Gambar 13. Kurva kecepatan pada daerah A, B, dan C



Gambar 14. Pemetaan vektor kecepatan pada penampang $y=0$ cm pada sisi *outlet*, distribusi kecepatan pada posisi $y=56,66$ cm yang menunjukkan bahwa distribusi merata di setiap posisi- y .

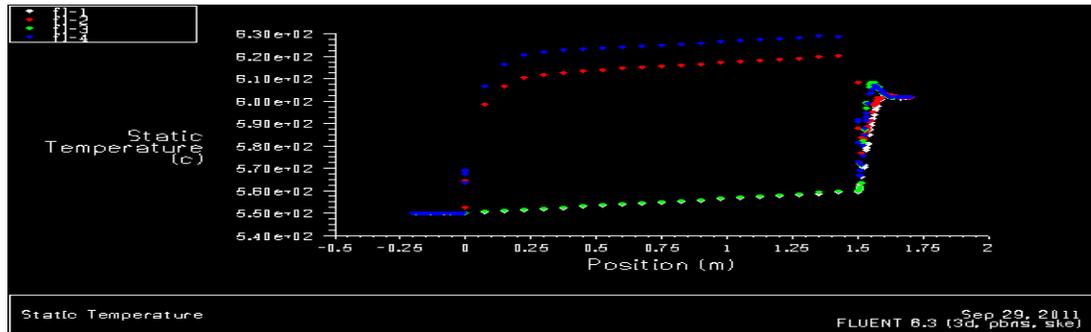


Gambar 15. Pemetaan vektor kecepatan pada penampang $y=56,66$ cm

2. Perhitungan Temperatur Teras

Gambar 16 menunjukkan temperatur teras merata di sepanjang tinggi teras. Dilihat dari gambar, temperatur *outlet* teras sebesar 630 °C

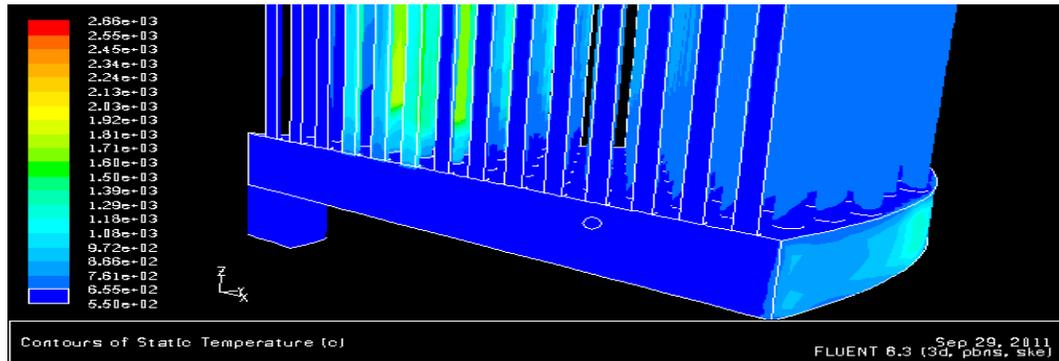
atau lebih rendah 33 °C dari spesifikasi desain. Jika dibandingkan dengan temperatur *inlet*, maka ada kenaikan temperatur sebesar 80 °C.



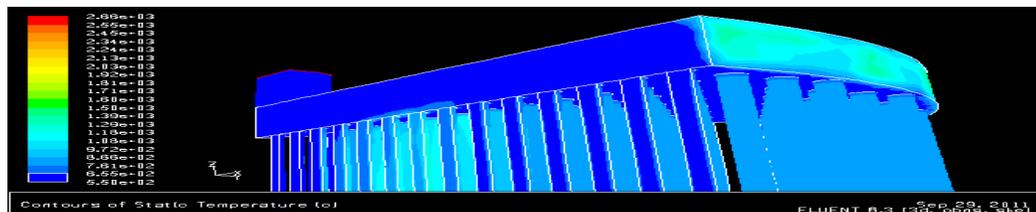
Gambar 16. Distribusi temperatur merata bahan bakar sepanjang tinggi teras

Gambar 17 dan 18 masing-masing menunjukkan distribusi temperatur di bagian bawah dan atas teras. Dilihat dari gambar, tampak temperatur maksimum yang terjadi pada bejana bagian bawah dan atas masing-masing sebesar 900 °C dan 1180 °C, di mana batas temperatur untuk kondisi operasi berkelanjutan pada baja SS316 adalah 920 °C. Sebagai

catatan, temperatur leleh baja SS316 adalah minimum 1390 °C. Tingginya temperatur ini karena adanya *dead zone area* pada bagian bawah dan atas teras. Oleh karena itu, perbaikan aliran harus dilakukan agar aliran menjadi seragam, sehingga temperatur pada bejana teras dapat dikurangi.



Gambar 17. Distribusi temperatur di bagian bawah teras



Gambar 18. Distribusi temperatur di bagian atas teras

3. Kapasitas Pompa dan Pembangkit Uap

Tabel 3 menyajikan karakteristik pompa primer dan sekunder yang digunakan dalam sistem primer dan sekunder teras MSR. Seluruh data diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak ChemCad

6.1.4 dengan menghitung *balance of plant* sistem konversi energi reaktor MSR. Secara lengkap, data hasil *balance of plant* dapat dilihat di dalam dokumen desain prakonseptual instrumentasi dan kendali serta catu daya.

Tabel 3. Kapasitas pompa primer dan sekunder

Pompa	Nilai
Pompa Primer:	
Fluida	Bahan bakar cair
Tekanan <i>inlet</i>	4 bar
Tekanan <i>outlet</i>	3 bar
Temperatur <i>inlet</i> pompa	630 °C
Temperatur <i>outlet</i> pompa	550 °C
Pompa Sekunder:	
Fluida	Garam cair
Tekanan <i>inlet</i>	18 bar
Tekanan <i>outlet</i>	20 bar
Temperatur <i>inlet</i> pompa,	505 °C
Temperatur <i>outlet</i> pompa,	505 °C

Tabel 4 menyajikan data pembangkit uap yang terkoneksi ke turbin. Pembangkit uap ini juga berperan dalam sistem propulsi kapal.

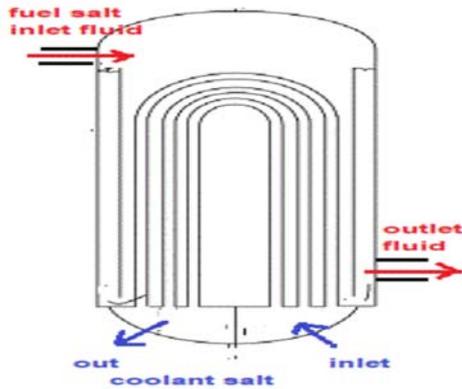
Tabel 4. Data sistem pembangkit uap

	Nilai
Pembangkit uap ke high pressure turbine:	
Fluida <i>inlet</i>	Air
Tekanan <i>inlet</i>	24 bar
Temperatur <i>inlet</i>	350 °C
Fluida <i>outlet</i>	Uap
Tekanan <i>outlet</i>	4,2 bar
Temperatur <i>outlet</i>	145,4 °C
Reheater ke low pressure turbine:	
Fluida <i>inlet</i>	Uap
Tekanan <i>inlet</i>	11 bar
Temperatur <i>inlet</i>	190 °C
Fluida <i>outlet</i>	uap
Tekanan <i>outlet</i>	10 bar
Temperatur <i>outlet</i>	185 °C

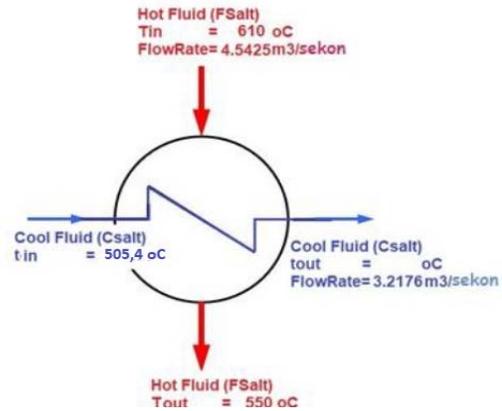
4. Penukar Panas Primer

Gambar 19 menunjukkan sketsa penukar panas primer. Dilihat dari gambar, tampak jelas bagian panas adalah fluida bahan bakar garam cair sedangkan pada bagian dingin adalah fluida garam sebagai pendingin. Kondisi bahan bakar cair pada saat masuk ke dalam penukar panas

adalah T_{inlet} dengan suhu 630 °C dan laju alir 4,5425 m³/menit. Adapun pada saat keluar, T_{outlet} bernilai 550 °C. Pada bagian dingin, yaitu aliran pendingin garam, bagian *inlet* memiliki temperatur sebesar 593,3 °C dengan laju alir fluida 5,3629 m³/menit, sedangkan temperatur pada bagian *outlet* akan ditentukan kemudian.



Gambar 19. Sketsa penukar panas primer



Gambar 20. Bagan model penukar panas primer

Tabel 5. Nilai parameter penukar panas primer

Parameter	Nilai
Beban panas	20 J/s
Fluida pada sisi panas	
- Inlet	610 °C
- Outlet	550 °C
- Laju aliran	0,0757 m ³ /s
- kerapatan	1342146 kg/m ³
- kapasitas panas	0,471968 J/kgK
Fluida pada sisi dingin	
- Inlet	505 °C
- Outlet	597,4 °C
- Laju aliran	0,0894 m³/s
- kerapatan	1201922 kg/m ³
- kapasitas panas	0,532217 J/kgK

Persamaan (1) dan (2) akan digunakan dalam menentukan ukuran pemindah panas primer, di mana masing-masing persamaan digunakan untuk menentukan *LMTD* (*log mean temperature difference*) (°C) dan *A* (luas perpindahan panas) (m²).

$$LMTD = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln[(T_1 - t_2)/(T_2 - t_1)]} \quad (1)$$

$$A = \frac{q}{U_o \Delta LMTD} \quad (2)$$

Dari persamaan (1) dan (2) diperoleh hasil, sebagai berikut:

$$LMTD = 65,86 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$U_o = 1817 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

h (koefisien perpindahan panas bagian sisi *tube* dan *shell*) = 2520 W/(m².K)

Luas perpindahan panas yang dibutuhkan = 167,13 m².

Dengan demikian, prediksi awal untuk ukuran penukar panas adalah :

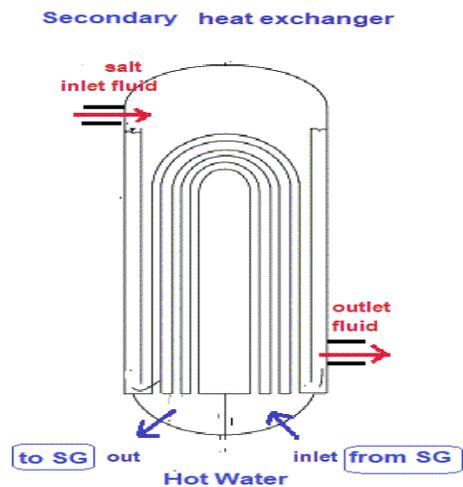
- diameter = 0,54 m

- tinggi = 4,6 m

Dengan catatan, nilai di atas akan terkoreksi lagi jika dilakukan perhitungan *balance of plant*.

5. Desain Penukar Panas Sekunder

Gambar 21 menunjukkan konseptual penukar panas sekunder. Dilihat dari gambar, tampak jelas bagian panas adalah fluida NaF-BeF₂ sedangkan pada bagian dingin adalah garam cair. Kondisi fluida NaF-BeF₂ pada saat masuk ke dalam penukar panas adalah *T inlet* dengan suhu 593 °C dan laju alir 3,2176 m³/menit.



Gambar 21. Sketsa penukar panas sekunder

Tabel 6. Nilai parameter penukar panas

Parameter	Nilai
Beban panas	20 J/s
Fluida pada sisi panas	
- Inlet	593 °C (dihitung)
- Outlet	550 °C (dihitung)
- Laju aliran	0,0536 m ³ /s
- kerapatan	1201922 kg/m ³
- kapasitas panas	0,532217 J/kgK
Fluida pada sisi dingin	
- Inlet	444 °C (dihitung)
- Outlet	452,2 °C (dihitung)
- Laju aliran,	0,0380 m ³ /s
- kerapatan	1168627 kg/m ³
- kapasitas panas	1,996 J/kgK

6. Perbandingan Hasil Desain Dengan Spesifikasi Teknis

Tabel 7 menyajikan perbandingan nilai parameter sistem pendingin reaktor MSR antara nilai spesifikasi teknis dalam kontrak dengan hasil desain prakonseptual. Perhitungan parameter sistem pendingin menggunakan input dari hasil desain teras reaktor. Dalam mengerjakan desain, terdapat beberapa

acuan yang dipakai, yakni sebagai berikut:

Temperatur inlet (butir 1.a) sebesar 550°C. Pemilihan nilai yang lebih rendah dari spesifikasi desain dilakukan dengan tujuan agar temperatur pada bejana reaktor juga rendah sehingga keutuhan (integritas) reaktor terjaga.

Tekanan (butir 1.d) sebesar 3 bar.

Laju alir (butir 2.a) minimal sebesar 4,54 m³/menit.

Ada beberapa parameter sistem pendingin (hasil desain) yang sangat berbeda dengan spesifikasi teknis, yaitu sebagai berikut:

Butir 3.c dan 3.d, kapasitas per unit dan tinggi penukar panas primer. Hal ini terjadi karena jumlah unit penukar panas sebanyak 1 unit, padahal nilai pada spesifikasi teknis ditetapkan berbasis 2 unit. Dengan demikian parameter 3.c dan 3.d dapat menjadi 2 kali lipat. Di sisi lain, pemilihan jumlah 1 unit dilakukan agar sistem reaktor lebih efisien dari aspek tata letak.

Butir 6.c dan 6.d, kapasitas per unit dan tinggi penukar panas sekunder. Sama halnya dengan penukar panas primer, perbedaan 2 kali lipat dibandingkan nilai spesifikasi teknis terjadi karena penggunaan 1 unit penukar panas.

Tabel 7. Perbandingan nilai spesifikasi teknis dan desain prakonseptual

No.	URAIAN	NILAI		
		Spesifikasi teknis (Kontrak)	Desain Pra Konseptual	
1.	TERAS REAKTOR			
	a.	Temperatur masuk (<i>inlet</i>)	± 635 °C	550 °C
	b.	Temperatur keluar (<i>outlet</i>)	± 663 °C	630 °C
	c.	Rapat daya rerata / maksimum	≤ 14 MW/m ³ / ≤ 31 MW/m ³	13,75 MW/m ³ / 31,43 MW/m ³
d.	Tekanan	± 3 bar	3 bar	
2.	SISTEM PRIMER			
	a.	Laju alir	≥ 4,54 m ³ /menit	4,54 m ³ /menit
b.	Jenis pompa	Sentrifugal <i>sump-type</i> dengan <i>saft</i> vertikal	Sentrifugal <i>sump-type</i> dengan <i>saft</i> vertikal	
3.	PENUKAR PANAS PRIMER			
	a.	Jumlah	Maksimal 2	1
	b.	Posisi	Berdiri (vertikal)	Berdiri
	c.	Kapasitas per unit	8 MW -10 MW (minimal)	20 MW
	d.	Tinggi	± 2,5 m	4,6 m
	e.	Diameter	± 0,5 m	0,54 m
	f.	Tipe	Shell dan U-tube	Shell dan U-tube
g.	Bagian <i>shell</i>	Bahan bakar garam	NaF-BeF ₂ -UF ₄ / NaF-BeF ₂ -	

				ThF ₄ -UF ₄
	h.	Bagian <i>U-tube</i>	Pendingin garam	NaF-BeF ₂
4.	PIPA PRIMER			
	a.	Material	SS316	SS316
	b.	Diameter dalam	13 cm – 20 cm	20,3 cm
	c.	Tebal	0,7 cm - 0,8 cm	0,7 cm
5.	SISTEM SEKUNDER			
	a.	Temperatur masuk (<i>inlet</i>)	≤ 580 °C	593 °C
	b.	Temperatur keluar (<i>outlet</i>)	≤ 610 °C	550 °C
	c.	Jenis pompa	Sentrifugal <i>sump-type</i> dengan <i>saft</i> vertikal	Sentrifugal <i>sump-type</i> dengan <i>saft</i> vertikal
6.	PENUKAR PANAS SEKUNDER			
	a.	Jumlah	Maksimal 2	1
	b.	Posisi	Berdiri (vertikal)	Berdiri
	c.	Kapasitas per unit	8 MW -10 MW (minimal)	20 MW
	d.	Tinggi	± 2,5 m	4,6 m
	e.	Diameter	± 0,5 m	0,54 m
	f.	Tipe	Shell dan U-tube	Shell dan U-tube
	g.	Bagian <i>shell</i>	Bahan bakar garam	NaF-BeF ₂
	h.	Bagian <i>U-tube</i>	Pendingin garam	Garam cair
7.	PIPA SEKUNDER			
	a.	Material	SS316	SS316
	b.	Diameter dalam	13 cm – 15 cm	20,3 cm
	c.	Tebal	0,7 cm	0,7 cm
8.	SISTEM PEMBANGKIT UAP			
	a.	Temperatur masuk (<i>inlet</i>)	≤ 350 °C	350 °C
	b.	Temperatur keluar (<i>outlet</i>)	≤ 550 °C	150 °C
	c.	Laju uap	Tergantung kecepatan sistem propulsi	Propulsi untuk kecepatan kapal LPD sebesar 14 knot.
	d.	Jalur 1	Sistem propulsi	(P: 122 m; L: 22 m; H: 11 m; <i>displacement</i> : 7300 ton)
	e.	Jalur 2	Generator keperluan kapal	Sistem propulsi : 2 × 2,2 MW = 4,4 MWe

KESIMPULAN

Kegiatan desain prakonseptual sistem pendingin reaktor MSR yang akan dipakai untuk laboratorium reaktor MSR di darat telah selesai dilakukan. Hasil utama dari desain menunjukkan bahwa seluruh nilai parameter dalam spesifikasi teknis dapat dipenuhi. Dengan demikian desain reaktor yang diusulkan telah memenuhi unjuk kerja yang baik dari aspek sistem pendingin.

DAFTAR PUSTAKA

1. Tagor Sembiring, Mekanisme sistem pendingin reaktor MSRE Reaktor TMSR500 (ThorCon) menggunakan sistem tersier sebelum ke sistem pembangkit uap, Batan, 2017.
2. Tagor Sembiring, Pemodelan penukar panas dalam reaktor MSR untuk kapasitas 20 MWt, Batan, 2018.
3. -----, Perhitungan menghitung *balance of plant* sistem konversi energi reaktor MSR pada simulasi ChemCad 6.1.4, 2019.
4. -----, Perhitungan laju kecepatan bahan bakar dengan menggunakan Fluent 6.3, 2020.

KAJIAN DESAIN TERAS REAKTOR MSR SKALA 20 MWt SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF MASA DEPAN

STUDY OF 20 MWt MSR REACTOR TERRACE DESIGN AS AN ALTERNATIVE ENERGY OF THE FUTURE

Eko Misrianto

Analisis Pertahanan Negara (APN) Madya, Puslitbang Iptekhan, Balitbang Kemhan
ekomisrianto5@gmail.com

ABSTRAK

Desain pra-konseptual teras reaktor MSR (Molten Salt Reactor) ini mengacu pada kapal sebagai platform untuk dipakai dalam pembuatan desain laboratorium reaktor di darat. Desain didasarkan pada spesifikasi yang telah ditetapkan oleh user requirement. Dalam desain ini digunakan batasan berupa daya termal minimum 16 MW, volume teras maksimum 3,4 m³, dan pembangkitan daya maksimum di teras 14 MW/m³. Tingkat daya termal reaktor yang didesain adalah 20 MWt, 30 MWt, 40 MWt, dan 50 MWt. Desain dilakukan dengan perangkat analitik WIMSD-5B dan CITATION. Keunggulan desain teras adalah fleksibel terhadap jenis bahan bakar garam. Bahan bakar garam yang dipilih adalah NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄ dan NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄, dengan pengayaan uranium rendah. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa komposisi (% mol) untuk ketiga bahan bakar tersebut masing-masing adalah 76-21-3, 76-12-11,35-0,65, dan 67,6-12-14-6,4. Berdasarkan hasil perancangan, jika persyaratan teras maksimum 3,4 m³ dipakai, maka pilihan daya reaktor tidak banyak, karena kerapatan panas yang lebih besar dari 14 MWt/m³. Oleh karena itu, optimasi dilakukan dengan menggunakan pembangkitan panas maksimum 14 MW/m³ sebagai batasan. Hasil optimasi mendapatkan 19 alternatif teras dengan daya 20 MWt (7 teras), 30 MWt (7 teras), 40 MWt (4 teras), dan 50 MWt (1 teras). Diusulkan daya reaktor untuk kapal adalah sebesar 20 MWt, sedangkan untuk laboratorium darat sebesar 40 MWt yang diperoleh dari 2 unit teras masing-masing dengan daya 20 MWt.

Kata kunci: *Desain pra-konseptual, teras reaktor MSR, bahan bakar cair, bahan bakar thorium, uranium pengayaan rendah*

ABSTRACT

This pre-conceptual design of the MSR (Molten Salt Reactor) reactor core refers to the ship as a platform to be used in making the land-based MSR reactor laboratory. The design is carried out based on specifications stipulated on the user requirements. In this design, limits are used, such as the minimum thermal power of 16 MW, the maximum core volume of 3.4 m³, and the maximum power density of 14 MW/m³. The designed thermal power levels include 20 MWt, 30 MWt, 40 MWt and 50 MWt. The design is carried out by using the WIMSD-5B and CITATION analytic tools. The advantage of the designed core is its flexibility to be used with various types of salt fuel. The molten salt fuels are NaF-BeF₂-UF₄, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄ and NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄, with the low uranium enrichment. The calculation results show that the composition (% mole) for the three fuels types are 76-21-3, 76-12-11,35-0.65 and 67.6-12-14-6.4, respectively. Based on the design results, if the maximum terrace requirement of 3.4 m³ is used, there are not many reactor power options, because the heat density is greater than 14 MWt/m³. Therefore, the optimization is carried out based on the maximum power density of 14 MW/m³. The

optimization resulted in 19 alternative cores with the power of 20 MWt (7 cores), 30 MWt (7 cores), 40 MWt (4 cores) and 50 MWt (1 core). We proposed the core with 20 MWt for the ship, while for the land-based MSR laboratory the acceptable power is 40 MWt that can be produced by 2 core units of 20 MWt.

Keywords: Pre-conceptual design, MSR reactor core, molten salt fuel, thorium fuel, low enrichment uranium

PENDAHULUAN

Desain teras reaktor merupakan inti dari kegiatan desain reaktor nuklir, sebab aspek yang lain, seperti sistem pendingin (primer dan sekunder), perisai radiasi, keselamatan, serta instrumentasi dan kendali, sangat bergantung dari hasil desain teras reaktor. Bahkan tata letak gedung dan lahan hanya dapat dilakukan setelah desain teras reaktor selesai dibuat. Desain prakonseptual teras reaktor, yang menjadi dasar untuk penyusunan fase desain berikutnya, disusun berdasarkan spesifikasi dokumen URD (*User Requirement Document*). Teras reaktor didesain dengan *platform* kapal kelas LPD

(*Landing Platform Docking*) yang biasa digunakan untuk mendesain laboratorium reaktor MSR di darat. Oleh karena itu, pemilihan daya dan ukuran teras reaktor menjadi salah satu fokus dari kegiatan ini, di samping penentuan bobot serta distribusi daya pada teras reaktor. Kegiatan desain prakonseptual teras didasarkan pada spesifikasi teknis parameter (Tabel 1), sebagai berikut:

- Material dan bahan bakar
- Dimensi bahan bakar (celah bahan bakar dan moderator grafit)
- Volume teras, dalam dimensi jari-jari dan tinggi teras
- Pembangkitan panas rerata pada teras

Tabel 1. Spesifikasi teknis parameter pra-konseptual desain teras MSR

No.	Uraian/Parameter	Nilai
1.	Daya Termal	16 Mwt 9 (minimum)
2.	Tinggi teras aktif	$\pm 1,81$ M
3.	Diameter teras aktif	$\pm 1,55$ M
4.	Volume	$\pm 3,4$ M ³
5.	Masa Kritis	$\pm 122,8$ KG
6.	Rapat daya rerata	14 mwT/M ³ (maksimum)

METODOLOGI PENULISAN

Metode penulisan yang digunakan yaitu metode deskriptif analitik, di mana data yang digunakan diperoleh dari beberapa hasil analisis dan kajian yang ada, disertai wawancara dan diskusi dengan pihak-pihak terkait. Dari data yang diperoleh, kemudian dilakukan analisis berdasarkan sumber dan teori yang ada untuk menghasilkan rekomendasi yang akan menjadi dasar kebijakan teras reaktor demi ketahanan energi pertahanan di masa yang akan datang.

LANDASAN TEORI

1. Validasi Perangkat Analitik

Desain prakonseptual teras menggunakan perangkat analitik WIMSD-5B dan CITATION yang masing-masing digunakan untuk menghitung sel dan teras. Perangkat analitik WIMSD-5B merupakan paket program perhitungan sel yang sangat umum dipakai untuk menganalisis kritikalitas bahan bakar reaktor, khususnya pada reaktor termal, sedangkan perangkat analitik CITATION sering

digunakan untuk menghitung parameter teras. Dalam penelitian sebelumnya, kombinasi keduanya memberikan hasil yang memuaskan. Meskipun demikian, kedua perangkat analitik ini belum pernah digunakan dalam menganalisis teras MSR. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis validasi terhadap kedua perangkat analitik ini jika digunakan untuk menghitung parameter teras. WIMSD-5B memiliki data pustaka tampang lintang neutron yang dikembangkan dari data nuklir yang relatif baru, yaitu ENDF/B-VII.1. Pustaka data tampang lintang WIMSD-5B juga sudah ditabulasi untuk temperatur tinggi (sampai 2.000 K) sehingga cocok dipakai untuk analisis reaktor MSR. Adapun perangkat analitik CITATION dapat menghitung teras dengan model silinder yang menjadi bentuk geometri teras reaktor MSR.

Perhitungan validasi dilakukan untuk menghitung parameter kritikalitas hasil eksperimen teras MSRE (*Molten Salt Reactor Experiment*) di *Oak Ridge National Laboratory* (ORNL). Reaktor yang beroperasi dari tahun 1965-1969 ini, dioperasikan dengan daya 8 MWt (termal) dan menggunakan grafit sebagai moderator. Selama beroperasi, terdapat banyak penelitian yang dilakukan, seperti pengukuran reaktivitas batang kendali,

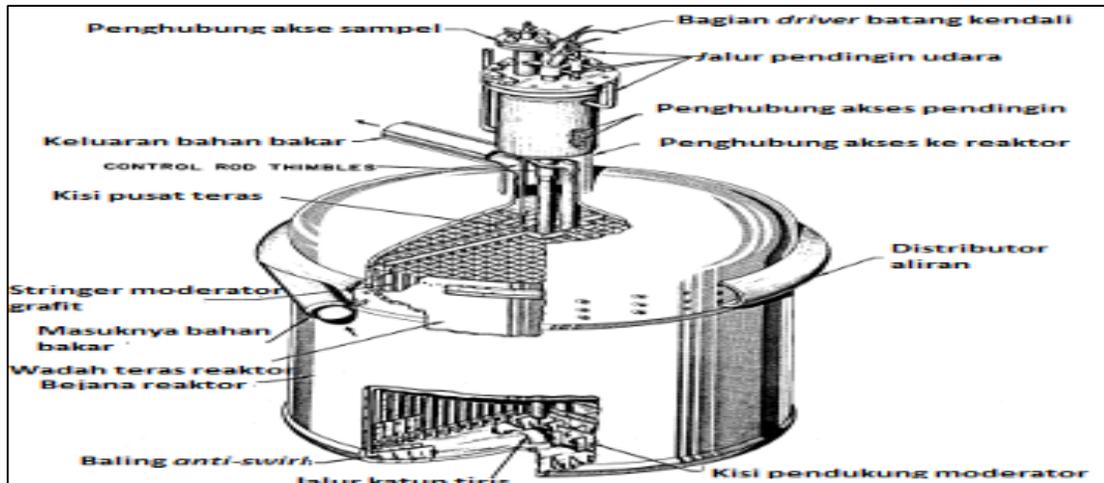
iradiasi material, serta sifat bahan bakar garam cair. Reaktor ini berhasil menggunakan bahan bakar U-235 dan U-233 dalam garam berbasis Li. Oleh sebab itu, reaktor MSRE menjadi acuan pengembangan desain reaktor garam cair yang menggunakan thorium (Th), seperti reaktor TMSR500 (ThorCon).

2. Deskripsi singkat reaktor MSRE

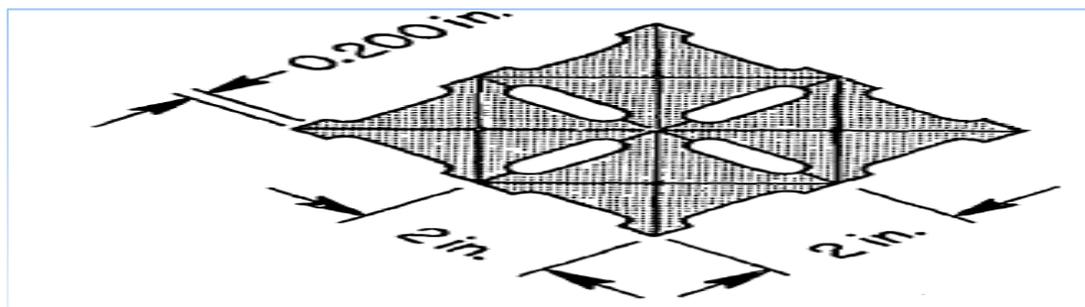
Reaktor MSRE adalah reaktor dengan fluida tunggal dan spesifikasi tersaji. Aliran fluida bahan bakar garam masuk ke dalam bejana teras melalui distributor aliran, kemudian turun ke daerah *annular* yang sering disebut *downcomer* yang terletak di antara bejana dan *can* teras. Setelah mencapai bagian bawah bejana, fluida akan naik melalui kisi perangkat moderator grafit untuk selanjutnya keluar dengan laju alir 173 kg/s menuju penukar panas melalui pompa. Teras reaktor tersusun dari 513 kisi grafit berdimensi 5,08 cm × 5,08 cm dengan tinggi 170,18 cm. Grafit-grafit yang berbentuk bujur sangkar kemudian disusun sedemikian rupa dengan mengatur dimensi di bagian tepi sehingga teras membentuk lingkaran. Kumpulan 4 kisi grafit akan membentuk celah tempat aliran bahan bakar sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 2. Parameter desain dan operasi reaktor MSRE

Parameter	MSRE
Daya termal reaktor	8 MWt
Bahan bakar (% mol)	- Tipe A: LiF-BeF ₂ -ZrF ₄ -ThF ₄ -UF ₄ (70 - 23,7 - 5 - 1 - 0,3) - Tipe B: LiF-BeF ₂ -ZrF ₄ -ThF ₄ -UF ₄ (66,8 - 29 - 4 - 0 - 0,2) - Tipe C: LiF-BeF ₂ -ZrF ₄ -ThF ₄ -UF ₄ (65 - 29,2 - 5 - 0 - 0,8)
Pengayaan uranium	- Tipe A : 93 wt%, - Tipe B : 93 wt%, - Tipe C : 35 wt%
Teras Reaktor	
Diameter (D)	1,4097 m
Tinggi (H)	1,626 m
Kerapatan panas rerata	14 MWt/m ³
Temperatur <i>inlet</i>	635 °C
Temperatur <i>outlet</i>	~ 663 °C
ΔT	28 °C
Tekanan	0,3 MPa
Sistem primer	
Laju alir	173 kg/s



Gambar 1. Bejana dan teras reaktor MSRE



Gambar 2. Konfigurasi celah bahan bakar di antara kisi grafit

3. Tahapan validasi teras reaktor.

Pekerjaan validasi dilakukan untuk bahan bakar Tipe C menggunakan perangkat analitik WIMSD-5B dan CITATION, yang dimulai dengan perhitungan sel. Geometri bahan bakar reaktor MSRE tidak mungkin dihitung dengan WIMSD-5B karena geometri tersebut tidak ada dalam pustaka geometri. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyederhanaan geometri dengan metode volume ekuivalen. Adapun geometri yang dimiliki WIMSD-5B adalah bujur sangkar (*square*) dan lingkaran (*annulus*). Gambar 3 menunjukkan proses penyederhanaan geometri sel bahan bakar reaktor MSRE yang terdiri dari lingkaran dan bujur sangkar. Dengan fraksi volume bahan bakar sebesar 22,5%, maka sel bahan bakar memiliki jari-jari lingkaran celah

bahan bakar sebesar 1,359503 cm dengan sisi luar bujur sangkar grafit selebar 5,08 cm.



Gambar 3. Penyederhanaan sel bahan bakar MSRE

Terdapat 20 material yang harus digenerasi dalam mendesain teras MSRE. Material-material tersebut dinyatakan dengan zona dan nomor material. Data pada Tabel 3 digunakan untuk perhitungan sel dari tiap zona/nomor material menggunakan WIMSD-5B.

Tabel 3. Komposisi pada tiap zona dan material Teras MSRE

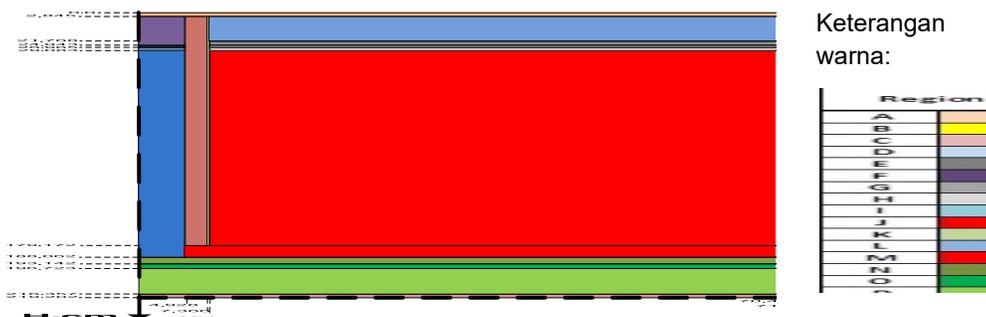
Zona	Material	Komposisi (% volume)		
		FUEL	GRAFIT	INOR-8
A	1	0	0	100
B	2	0	0	100
C	3	0	0	100
D	4	100	0	0
E	5	93.7	3.5	2.8
F	6	100	0	0
G	7	94.6	5.4	0
H	8	63.3	36.5	0.2
I	9	0	0	100
J	10	22.5	77.5	0
K	11	0	0	100
L	12	22.5	77.5	0
M	13	22.5	77.5	0
N	14	23.7	76.3	0
O	15	66.9	15.3	17.8
P	16	90.8	0	9.2
Q	17	100	0	0
R	18	89.9	10.1	0
S	19	43.8	56.2	0
T	20	100	0	0

Perhitungan sel dilakukan terhadap 69 kelompok tenaga neutron yang kemudian dibagi menjadi 6 kelompok dengan batas tenaga neutron. Perhitungan teras MSRE

dilakukan dengan paket program difusi neutron banyak kelompok CITATION dan dimodelkan dalam bentuk R-Z model dengan pembagian distribusi zona.

Tabel 4. Batas tenaga neutron untuk generasi konstanta n difusi neutron

Kelompok	Batas atas (eV)	Batas bawah (eV)
1	10×10^6	$0,183 \times 10^6$
2	$0,183 \times 10^6$	$5,530 \times 10^3$
3	$5,530 \times 10^3$	148,728
4	148,728	4,0
5	4,0	0,625
6	0,625	1×10^{-5}



Gambar 4. Model R-Z teras reaktor MSRE

Tabel 5. Pembagian ke arah R dan H (atau Z) untuk setiap zona

Zona	No.Mat	Ri,cm	Ro,cm	Hb, cm	Ht,cm	Volume,cm ³
A	1	0,0000	75,0824	190,2968	193,1416	5,038E+04
B	2	73,6600	75,0824	-23,2156	190,2968	1,419E+05
C	3	0,0000	75,0824	-26,0604	-23,2156	5,038E+04
D	4	7,6200	73,6600	171,3738	190,2968	3,191E+05
E	5	7,6200	71,1200	168,1988	171,3738	4,987E+04
F	6	71,1200	73,6600	0,0000	171,3738	1,980E+05
G	7	7,6200	71,1200	166,4462	168,1988	2,753E+04
H	8	7,6200	70,4850	164,0586	166,4462	3,683E+04
I	9	70,4850	71,1200	0,0000	166,4462	4,702E+04
J	10	7,6200	70,4850	13,9700	164,0586	2,315E+06
K	11	7,3660	7,6200	13,9700	190,2968	2,109E+03
L	12	0,0000	4,9276	5,0800	164,0586	1,213E+04
M	13	4,9276	70,4850	5,0800	13,9700	1,381E+05
N	14	0,0000	70,4850	0,0000	5,0800	7,929E+04
O	15	0,0000	73,6600	-3,5814	0,0000	6,105E+04
P	16	0,0000	73,6600	-23,2156	-3,5814	3,347E+05
Q	17	0,0000	4,9276	168,1988	190,2968	1,686E+03
R	18	0,0000	4,9276	166,4462	168,1988	1,337E+02
S	19	0,0000	4,9276	164,0586	166,4462	1,821E+02
T	20	4,9276	7,3660	13,9700	190,2968	1,661E+04

Keterangan:

Ri = jari-jari dalam; Ro = jari-jari luar, Hb = tinggi bagian bawah; Ht = tinggi bagian atas

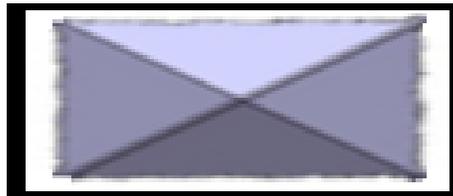
4. Hasil Perhitungan

Perbandingan hasil perhitungan k_{eff} teras MSRE antara CITATION dan ORNL untuk teras dengan bahan bakar Tipe C dapat dilihat pada Tabel 6. Berdasarkan data, terlihat adanya perbedaan relatif sebesar 8,26%, di mana angka tersebut tergolong besar. Meskipun demikian, hal ini tidak menunjukkan validitas kombinasi antara WIMSD-5B dan CITATION yang tidak baik, melainkan model geometri yang digunakan sebagai bentuk sel ekuivalen bahan bakar MSRE tidak dapat menghasilkan nilai k_{eff} yang mendekati perhitungan ORNL.

Hal lain yang ditemukan adalah bahwa konfigurasi sel bahan bakar MSRE sangat sensitif dengan konfigurasi sel ekuivalen, sebagai contoh jika celah bahan bakar diletakkan di tepi moderator grafit. Konfigurasi ini dipilih karena desain sel bahan bakar MSRE membentuk celah di 4 sisi terluar moderator grafit. Hasil perhitungan k_{eff} teras Tipe C dengan model ini sebesar 1,115 atau identik dengan perbedaan relatif sebesar 12,29% (11.018 pcm). Oleh karena itu, dalam melakukan desain prakonseptual teras MSR, model geometri sel bahan bakar yang terdapat dalam pustaka geometri WIMSD-5B yang akan dipilih.

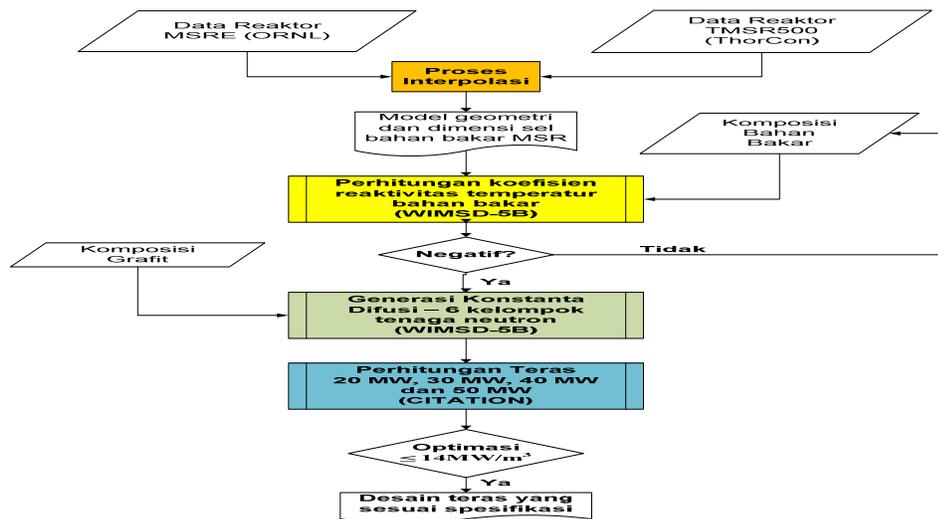
Tabel 6. Hasil perhitungan CITATION untuk k_{eff} teras Tipe C MSRE

Teras	k_{eff}		Perbedaan relatif
	CITATION	ORNL [12]	
Tipe C	0,911	0,993	8,26% (9.064 pcm)



Gambar 5. Sel bahan bakar ekivalen alternatif untuk MSRE dalam penyusunan Kegiatan Desain

Gambar 6. Diagram alir dalam melakukan desain prakonseptual teras MSR.

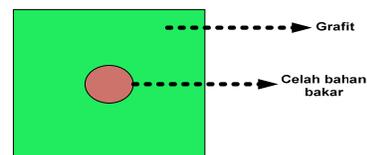


Gambar 6. Diagram alir desain teras

- a. *Penentuan model geometri dan dimensi sel bahan bakar.*

Penentuan model geometri dan dimensi sel bahan bakar bertujuan untuk menetapkan ukuran sel bahan bakar yang akan dipakai pada teras, berdasarkan data bahan bakar reaktor MSRE dan TMSR500 (ThorCon). Reaktor MSRE dipilih karena operasinya telah teruji. Adapun model geometri sel bahan bakar yang dipilih adalah celah bahan bakar yang berbentuk lingkaran dengan moderator grafit di sekelilingnya yang berbentuk bujur sangkar (Gambar 7). Model geometri ini diambil karena tercantum dalam pustaka geometri

WIMSD-5B yaitu *Annulus* dan *Square*.



Gambar 7. Geometri sel bahan bakar MSR

Desain dimensi bahan bakar dibuat berdasarkan interpolasi data dimensi sel bahan bakar reaktor MSRE (8 MWt) dan TMSR500 (500 MWt). Agar desain dapat dioptimalkan, maka reaktor yang dipilih dalam desain teras adalah reaktor dengan 4 tingkat daya termal, yaitu 20

MWt, 30 MWt, 40 MWt, dan 50 MWt. Sebagai catatan, walaupun spesifikasi desain hanya mensyaratkan daya minimum sebesar 16 MWt, akan tetapi daya maksimum juga perlu ditentukan, yaitu sebesar 50 MWt. Penetapan daya maksimum sebesar 50 MWt karena daya sebesar ini sesuai untuk laboratorium reaktor MSR yang multifungsi, termasuk menghasilkan listrik. Dengan daya 50 MWt, daya listrik maksimum yang dihasilkan dapat mencapai 22,5 MWe (elektrik) dengan asumsi efisiensi 45%.

Ukuran celah bahan bakar dan moderator grafit sebagai fungsi daya reaktor dapat dilihat pada Tabel 7. Perlu diketahui, dimensi celah bahan bakar juga perlu divariasikan berdasarkan fraksi volume bahan bakar. Karena reaktor MSRE menggunakan fraksi volume 22,5% dan TMSR500 menggunakan fraksi volume 11%, maka rentang desain fraksi volume bahan bakar yang dipilih adalah 10%, 12%, 14%, 16%, 18%, 20% dan 22%.

Tabel 7. Dimensi celah bahan bakar dan moderator grafit

Fraksi volume (%)	Jari-jari celah bahan bakar (cm)	Sisi moderator grafit (cm)
Daya 20 MWt		
10	1,01079	5,66547
12	1,10727	
14	1,19598	
16	1,27856	
18	1,35612	
20	1,42947	
22	1,49924	
Daya 30 MWt		
10	1.09022	6,11066
12	1.19427	
14	1.28996	
16	1.37903	
18	1.46268	
20	1.54180	
22	1.61705	
Daya 40 MWt		
10	1.16424	6,52555
12	1.27536	
14	1.37755	
16	1.47266	
18	1.56199	
20	1.64648	
22	1.72684	
Daya 50 MWt		
10	1.23383	6,91559
12	1.35159	
14	1.45988	
16	1.56068	
18	1.65535	
20	1.74489	
22	1.83006	

b. *Perhitungan sel bahan bakar dengan WIMSD-5B*

Perhitungan sel bahan bakar dilakukan dengan perangkat analitik WIMSD-5B yang dibagi dalam 3 bagian, sebagai berikut:

- 1) Perhitungan sel bahan bakar untuk kondisi temperatur bahan bakar dan moderator sebesar 922 K.
- 2) Perhitungan sel bahan bakar untuk kondisi temperatur bahan bakar sebesar 1022 K dengan menjaga temperatur moderator tetap
- 3) Perhitungan sel bahan bakar dan seluruh material

Perhitungan nomor 1 dan 2 dilakukan terhadap 69 kelompok tenaga neutron untuk mendapatkan perubahan nilai k -inf sel bahan bakar, di mana hasilnya akan dibandingkan sehingga mendapat-kan nilai

koefisien reaktivitas temperatur untuk seluruh sel bahan bakar yang bernilai negatif. Perhitungan nomor 3 dilakukan untuk menggenerasi konstanta kelompok difusi semua material penyusun teras terhadap 6 kelompok tenaga neutron.

Perhitungan sel dilakukan agar teras mampu menggunakan 3 (tiga) jenis bahan bakar, yaitu 1 jenis berbasis uranium dan 2 jenis berbasis thorium. Ketiga jenis bahan bakar tersebut dipilih untuk mengantisipasi ketersediaan. Tabel 8 menyajikan komposisi bahan bakar berdasarkan perhitungan sel dan teras awal. Penentuan komposisi ketiga tipe bahan bakar dilakukan dengan mencoba perhitungan dimensi teras sehingga semua tipe bahan bakar memberikan dimensi yang saling mendekati.

Tabel 8. Komposisi bahan bakar Tipe A (uranium) serta B dan C (thorium)

Komposisi (% mol)	Tipe A	Tipe B	Tipe C
NaF	76	76	67,6
BeF ₂	21	12	12
ThF ₄	-	11,35	14
UF ₄	3 (U-235 dan U-238)	0,65 (U-233)	6,4 (U-235 dan U-238)

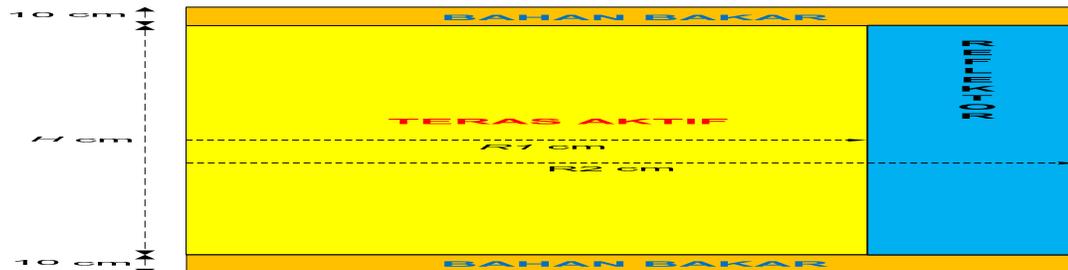
c. *Perhitungan teras dengan CITATION*

Perhitungan teras dilakukan dengan paket program CITATION untuk menyelesaikan metode difusi neutron banyak kelompok tenaga neutron dengan berbagai bentuk geometri dalam 1 dimensi (1D), 2 dimensi (2D), dan 3 dimensi (3D). Dalam desain prakonseptual teras, teras reaktor

MSR dimodelkan dalam geometri R-Z (2D) dengan ½ teras. Model teras R-Z yang digunakan dan komponen material teras dapat dilihat pada Tabel 9. Tebal reflektor (R2-R1) dapat ditentukan berdasarkan hasil interpolasi data teras MSRE dan TMSR500.

Tabel 9. Komponen material dan dimensi teras

Komponen	Nilai
Tinggi teras aktif,	H cm
Jari-jari teras aktif,	$R1$ cm
Tebal reflektor	$R2$ cm - $R1$ cm
Bahan bakar	10 cm (atas dan bawah)

Gambar 8. Model R-Z teras MSR ($\frac{1}{2}$ teras)

Tabel 10 menyajikan data tebal reflektor untuk tiap daya reaktor MSR.

Tabel 10. Tebal reflektor MSR sebagai fungsi daya reaktor

Parameter reflektor luar	Daya termal teras (MWt)			
	20	30	40	50
Tebal reflektor (cm)	8,8141	11,5173	14,2205	16,9237

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Acuan Desain.

Perhitungan teras dilakukan untuk memperoleh kriteria beberapa hal, seperti:

- Volume kritis teras, yaitu jari-jari dan tinggi teras aktif;
- Pembangkitan daya merata; dan
- Bobot teras.

Dalam desain teras terdapat beberapa acuan yang dipakai, sebagai berikut:

- Kerapatan daya rerata maksimum sebesar 14 MWt/m^3 atau 14 Wt/cm^3 (Tabel 1)

- Tinggi maksimum adalah 1,81 m atau 181 cm (Tabel 1)
- Volume kritis maksimum adalah $3,4 \text{ m}^3$ atau $3 \times 10^6 \text{ cm}^3$ (Tabel 1)

Oleh karena itu, tinggi teras untuk tiap daya reaktor ditetapkan untuk tiap fraksi volume seperti disajikan dalam Tabel 11. Tinggi teras maksimum (180 cm) dan minimum (120 cm) untuk fraksi volume terkecil dan terbesar dipilih untuk menjaga volume bahan bakar relatif tetap sama meskipun fraksi volumenya berbeda. Dengan demikian, akan diperoleh volume minimum kritis.

Tabel 11. Penetapan tinggi teras untuk tiap fraksi volume bahan bakar

Fraksi volume (%)	Tinggi teras (cm)
10	180
12	170
14	160
16	150
18	140
20	130
22	120

2. Hasil Desain

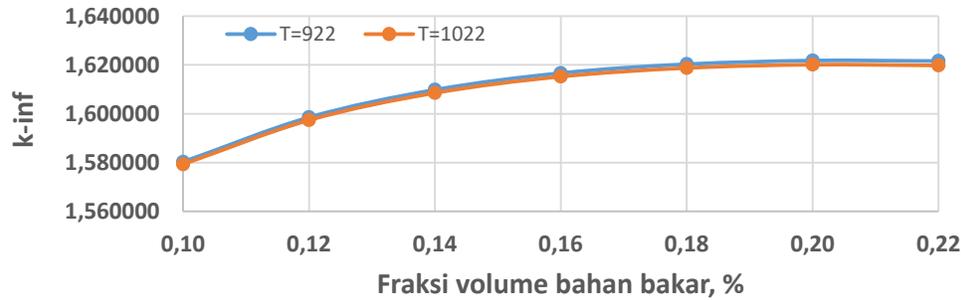
a. Perhitungan Sel Bahan Bakar Tipe A

Tabel 12 beserta Gambar 9-12 menyajikan nilai k -inf untuk sel kisi bahan bakar Tipe A (uranium, NaF-BeF₂-UF₄) pada daya 20 MWt – 50 MWt dengan temperatur bahan bakar 900 K dan 950 K. Dilihat dari tabel, tampak bahwa nilai k -inf akan naik seiring naiknya fraksi volume bahan bakar untuk setiap daya reaktor dalam rentang 12-22 %, namun kemudian turun dalam rentang 22%-26%. Tabel 12 juga

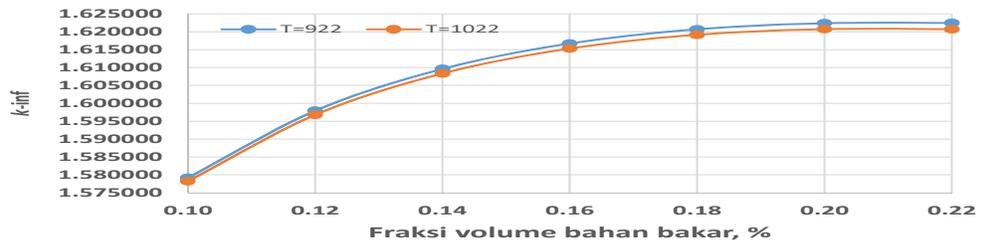
menunjukkan bahwa nilai k -inf akan turun untuk setiap kenaikan 100 K temperatur fraksi volume. Hal ini ditunjukkan dengan nilai koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar yang didesain bernilai negatif. Tabel 12 menunjukkan bahwa koefisien reaktivitas negatif temperatur bahan bakar akan naik seiring naiknya fraksi volume bahan bakar. Gambar 9-12 masing-masing menunjukkan grafik k -inf sebagai fungsi fraksi volume dan temperatur bahan bakar untuk bahan bakar Tipe A.

Tabel 12. Nilai k -inf dan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar Tipe A

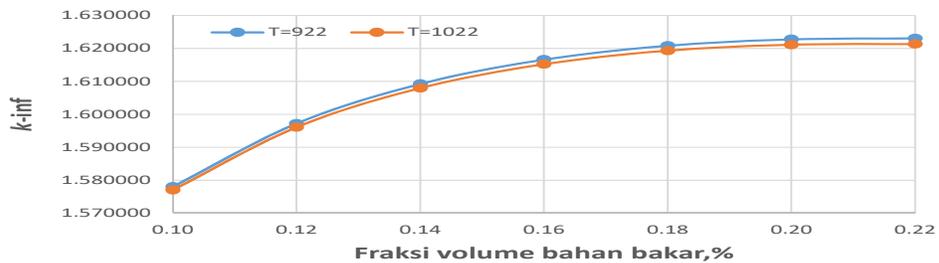
Fraksi volume bahan bakar (%)	k -inf		Koefisien reaktivitas temperatur (% $\Delta k/k/K$)
	922 K	1022 K	
20 MWt			
10	1,580253	1,579272	-3,9308E-06
12	1,598521	1,597375	-4,4881E-06
14	1,609830	1,608536	-4,9972E-06
16	1,616645	1,615216	-5,4725E-06
18	1,620329	1,618770	-5,9437E-06
20	1,621790	1,620104	-6,4168E-06
22	1,621622	1,619811	-6,8945E-06
30 MWt			
10	1,579154	1,578176	-3,9243E-06
12	1,597890	1,596761	-4,4249E-06
14	1,609618	1,608353	-4,8864E-06
16	1,616729	1,615335	-5,3378E-06
18	1,620690	1,619169	-5,7961E-06
20	1,622412	1,620767	-6,2558E-06
22	1,622490	1,620726	-6,7082E-06
40 MWt			
10	1,578023	1,577051	-3,9058E-06
12	1,597193	1,596085	-4,3464E-06
14	1,609205	1,607965	-4,7922E-06
16	1,616580	1,615214	-5,2315E-06
18	1,620788	1,619300	-5,6696E-06
20	1,622746	1,621135	-6,1239E-06
22	1,623044	1,621319	-6,5553E-06
50 MWt			
10	1,576931	1,575972	-3,8588E-06
12	1,596378	1,595287	-4,2840E-06
14	1,608646	1,607427	-4,7142E-06
16	1,616261	1,614920	-5,1377E-06
18	1,620695	1,619234	-5,5672E-06
20	1,622865	1,621287	-5,9974E-06
22	1,623367	1,621674	-6,4310E-06



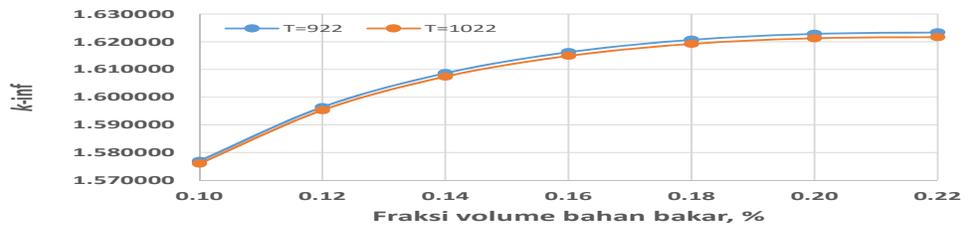
Gambar 9. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe A untuk daya 20 MWt



Gambar 10. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe A untuk daya 30 MWt



Gambar 11. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe A untuk daya 40 MWt



Gambar 12. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe A untuk daya 50 MWt

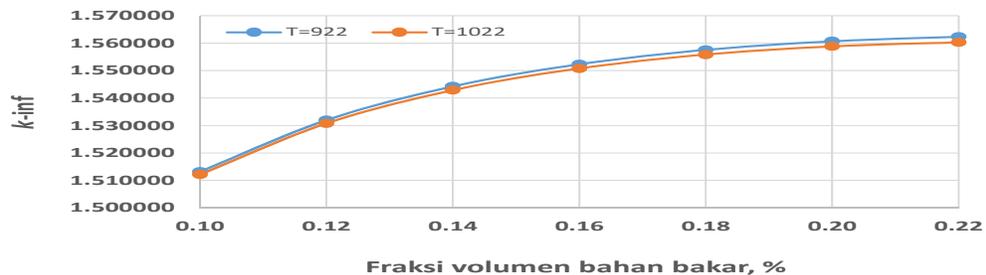
- b. Perhitungan Sel Bahan Bakar Tipe B

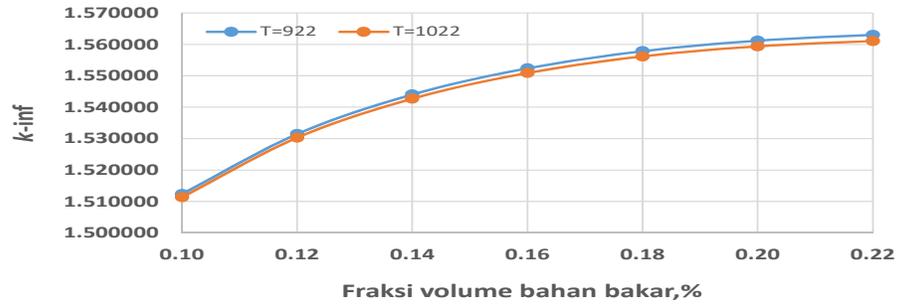
Tabel 13 beserta Gambar 13 –16 menyajikan nilai k -inf sel bahan bakar Tipe B (thorium, NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄) sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar (%) untuk daya 20 MWt – 50 MWt. Jika dilihat dari tabel, dibandingkan dengan bahan bakar Tipe A, nilai k -

inf sel bahan bakar Tipe B lebih rendah 4,4% (rerata). Akan tetapi sebaliknya, nilai koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar pada sel bahan bakar Tipe B lebih besar sekitar 11%. Hal ini disebabkan oleh komposisi bahan fisil dan fertil pada bahan bakar Tipe B lebih besar dibandingkan Tipe A.

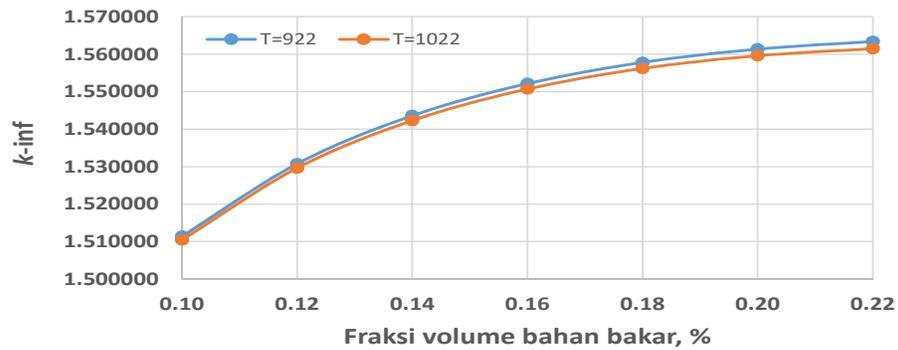
Tabel 13. Nilai k -inf dan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar Tipe B

Fraksi volume bahan bakar (%)	k -inf		Koefisien reaktivitas teperatur (% $\Delta k/k/K$)
	922 K	1022 K	
20 MWt			
10	1,513145	1,512139	-4,3967E-06
12	1,531937	1,530757	-5,0319E-06
14	1,544233	1,542882	-5,6703E-06
16	1,552325	1,550807	-6,3057E-06
18	1,557534	1,555853	-6,9368E-06
20	1,560684	1,558841	-7,5755E-06
22	1,562308	1,560307	-8,2086E-06
30 MWt			
10	1,512344	1,511364	-4,2875E-06
12	1,531436	1,530284	-4,9157E-06
14	1,544014	1,542696	-5,5333E-06
16	1,552363	1,550882	-6,1515E-06
18	1,557810	1,556168	-6,7733E-06
20	1,561180	1,559382	-7,3856E-06
22	1,563014	1,561062	-8,0001E-06
40 MWt			
10	1,511399	1,510438	-4,2096E-06
12	1,530759	1,529632	-4,8132E-06
14	1,543580	1,542291	-5,4145E-06
16	1,552152	1,550704	-6,0160E-06
18	1,557807	1,556202	-6,6206E-06
20	1,561371	1,559613	-7,2193E-06
22	1,563389	1,561478	-7,8281E-06
50 MWt			
10	1,510352	1,509410	-4,1320E-06
12	1,529953	1,528847	-4,7284E-06
14	1,542991	1,541727	-5,3134E-06
16	1,551763	1,550342	-5,9066E-06
18	1,557603	1,556029	-6,4943E-06
20	1,561341	1,559616	-7,0839E-06
22	1,563519	1,561645	-7,6751E-06

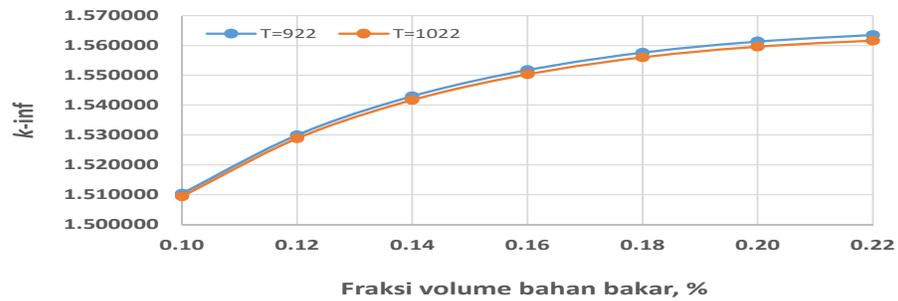
Gambar 13. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe B untuk daya 20 MWt



Gambar 14. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe B untuk daya 30 MWt



Gambar 15. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe B untuk daya 40 MWt



Gambar 16. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe B untuk daya 50 MWt

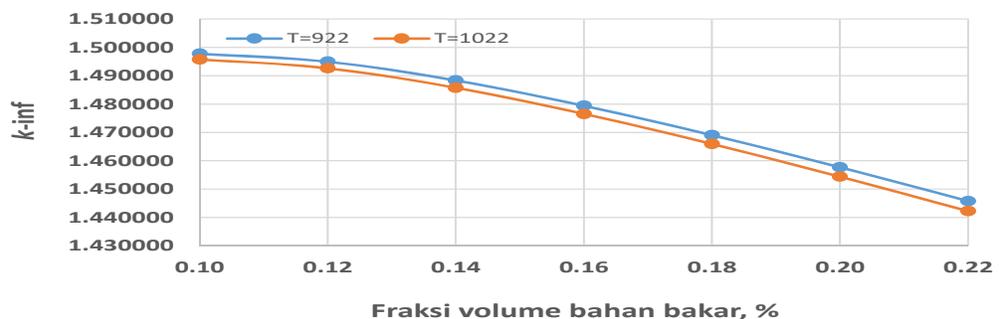
c. Perhitungan Sel Bahan Bakar Tipe C

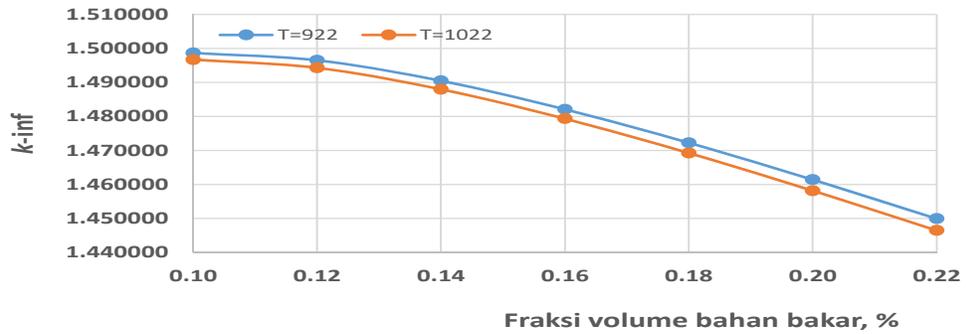
Tabel 14 beserta Gambar 17-20 menyajikan nilai k -inf sel bahan bakar Tipe C (thorium, NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄) sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar (%) untuk daya 20 MWt - 50 MWt. Jika dilihat dari tabel, dibandingkan dengan bahan bakar Tipe A dan B, maka k -inf sel bahan bakar Tipe C memiliki sifat terbalik, dalam artian naiknya fraksi volume bahan bakar

berbanding terbalik dengan penurunan nilai k -inf. Karakteristik ini sangat baik jika ditinjau dari aspek keselamatan, akan tetapi dari aspek manajemen bahan bakar menjadi kurang optimal. Nilai koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar Tipe C juga memiliki keunggulan dibandingkan Tipe A dan B karena nilainya yang lebih tinggi untuk setiap fraksi volume, yaitu masing-masing 127,6% (Tipe A) dan 103,5 % (Tipe B).

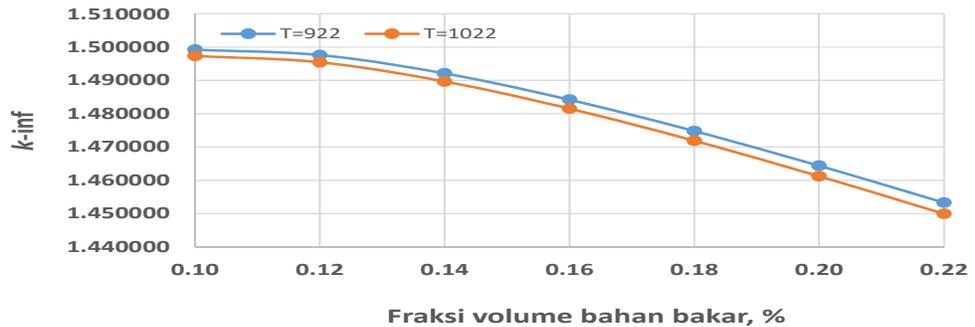
Tabel 14. Nilai k -inf dan koefisien reaktivitas temperatur bahan bakar Tipe C

Fraksi volume bahan bakar (%)	k -inf		Koefisien reaktivitas temperatur ($\% \Delta k/k/K$)
	922 K	1022 K	
20 MWt			
10	1,497738	1,495734	-8,9456E-06
12	1,494933	1,492630	-1,0321E-05
14	1,488317	1,485734	-1,1681E-05
16	1,479400	1,476551	-1,3042E-05
18	1,469031	1,465930	-1,4400E-05
20	1,457723	1,454380	-1,5768E-05
22	1,445800	1,442225	-1,7145E-05
30 MWt			
10	1,498675	1,496735	-8,6487E-06
12	1,496510	1,494283	-9,9588E-06
14	1,490481	1,487984	-1,1259E-05
16	1,482106	1,479351	-1,2565E-05
18	1,472244	1,469242	-1,3878E-05
20	1,461409	1,458174	-1,5181E-05
22	1,449932	1,446474	-1,6488E-05
40 MWt			
10	1,499204	1,497322	-8,3839E-06
12	1,497607	1,495445	-9,6536E-06
14	1,492097	1,489672	-1,0910E-05
16	1,484204	1,481529	-1,2165E-05
18	1,474791	1,471877	-1,3424E-05
20	1,464379	1,461237	-1,4684E-05
22	1,453304	1,449945	-1,5941E-05
50 MWt			
10	1,499435	1,497601	-8,1672E-06
12	1,498347	1,496242	-9,3894E-06
14	1,493306	1,490944	-1,0609E-05
16	1,485847	1,483242	-1,1820E-05
18	1,476841	1,474004	-1,3032E-05
20	1,466813	1,463756	-1,4238E-05
22	1,456099	1,452829	-1,5458E-05

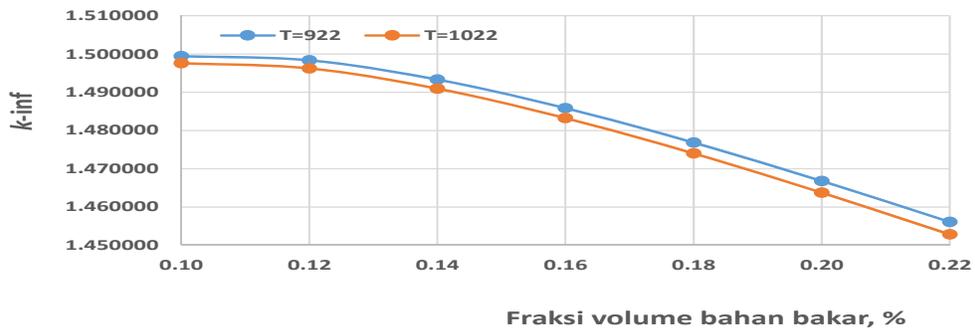
Gambar 17. k -inf fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe C untuk daya 20 MWt



Gambar 18. *k-inf* fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe C untuk daya 30 MWt



Gambar 19. *k-inf* fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe C untuk daya 40 MWt

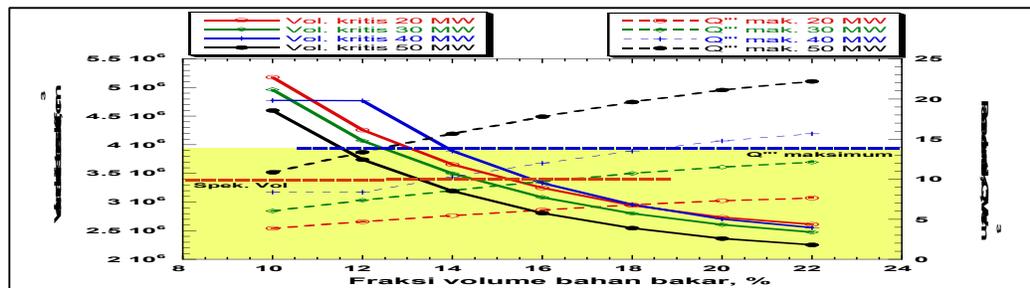


Gambar 20. *k-inf* fungsi fraksi volume bahan bakar Tipe C untuk daya 50 MWt

d. Hasil Perhitungan Teras

Gambar 21 menunjukkan volume kritis teras aktif (cm³) dan pembangkitan panas maksimum (Wt/cm³) untuk setiap teras sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar pada tiap tingkat daya (20 MWt, 30 MWt, 40 MWt, dan 50 MWt) untuk bahan bakar Tipe A. Terlihat dari gambar jika yang ditentukan dalam spesifikasi teknis desain yaitu 3,4

m³ (Tabel 1) atau 3,4×10⁶ cm³, maka volume teras yang memenuhi persyaratan adalah sebagaimana disajikan dalam Tabel 15. Tabel 16 menunjukkan teras dengan fraksi volume bahan bakar untuk tiap daya termal yang memenuhi persyaratan dengan batasan panas volumetrik maksimum 14 MWt/m³ atau 14 Wt/cm³.



Gambar 21. Volume kritis teras dan panas volumetrik pada bahan bakar sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar untuk bahan bakar Tipe A

Jika dilihat dari Tabel 15 dan 16 serta Gambar 21, maka dapat disimpulkan teras yang memenuhi persyaratan spesifikasi volume dan panas volumetrik maksimum adalah desain teras dengan daya 20 MWt, 30 MWt dan 40 MWt. Di sisi lain, tidak ada satupun teras

dengan daya 50 MWt yang memenuhi kedua persyaratan tersebut. Jika dilihat dari aspek keselamatan, maka persyaratan panas volumetrik sudah cukup untuk menentukan dimensi teras ideal.

Tabel 15. Fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi volume teras untuk bahan bakar Tipe A

Daya termal (MWt)	Fraksi Volume						
	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%
20	X	X	X	○	○	○	○
30	X	X	X	○	○	○	○
40	X	X	X	○	○	○	○
50	X	X	○	○	○	○	○

Keterangan : ○ = memenuhi X= tidak memenuhi

Tabel 16. Fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi panas volumetrik untuk bahan bakar Tipe A

Daya termal (MWt)	Fraksi Volume						
	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%
20	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
40	○	○	○	○	○	X	X
50	○	○	X	X	X	X	X

Keterangan: ○ = memenuhi X= tidak memenuhi

Seperti halnya bahan bakar Tipe A, maka hubungan volume kritis teras dengan pembangkitan panas volumetric, sebagai fungsi fraksi volume dan daya (20 MWt, 30 MWt, 40 MWt, dan 50 MWt) untuk bahan bakar Tipe B, dapat dilihat pada Gambar 22. Tabel 17 dan 18 masing-masing menyajikan

fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi desain tiap daya reaktor. Berdasarkan tabel, tampak teras dengan daya 20 MWt, 30 MWt dan 40 MWt yang memenuhi kedua persyaratan spesifikasi (volume dan panas maksimum) untuk teras dengan bahan bakar tipe B.

Tabel 17. Fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi volume teras untuk bahan bakar Tipe B

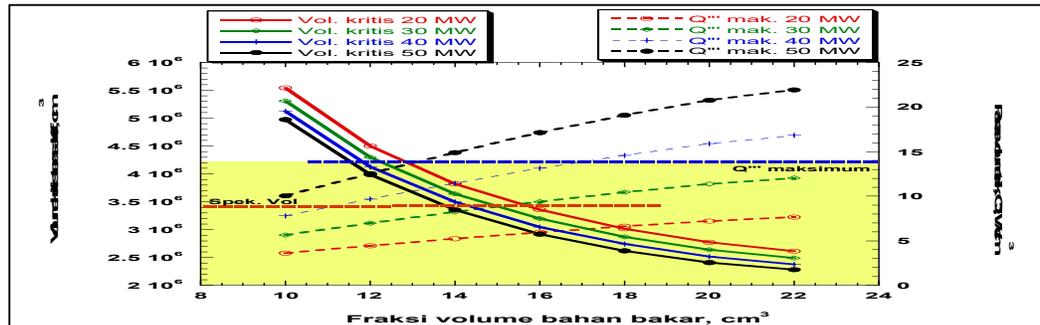
Daya termal (MWt)	Fraksi Volume						
	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%
20	X	X	X	○	○	○	○
30	X	X	X	○	○	○	○
40	X	X	X	○	○	○	○
50	X	X	○	○	○	○	○

Keterangan: ○ = memenuhi X= tidak memenuhi

Tabel 18. Fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi panas volumetrik untuk bahan bakar Tipe B

Daya termal (MWt)	Fraksi Volume						
	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%
20	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
40	○	○	○	○	X	X	X
50	○	○	X	X	X	X	X

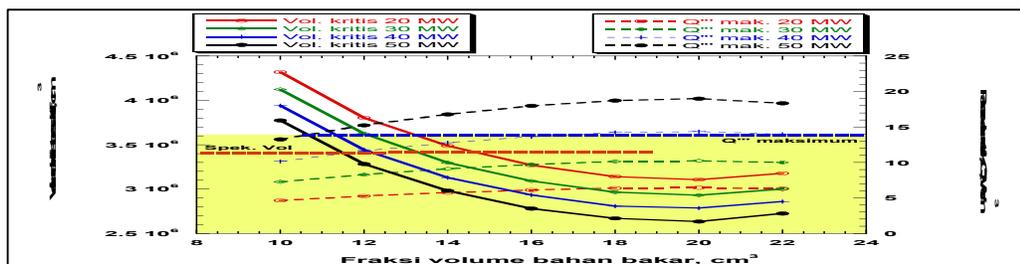
Keterangan: ○ = memenuhi X= tidak memenuhi



Gambar 22. Volume kritis teras dan panas volumetrik pada bahan bakar sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar untuk bahan bakar Tipe B

Hubungan volume kritis teras dengan pembangkitan panas volumetrik sebagai fungsi fraksi volume dan daya (20 MWt, 30 MWt, 40 MWt, dan 50 MWt) untuk bahan bakar Tipe C dapat dilihat pada Gambar 23. Tabel 19 dan 20 masing-masing menyajikan fraksi volume bahan

bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi desain tiap daya reaktor. Seperti halnya bahan bakar Tipe A dan B, teras yang memenuhi kedua persyaratan spesifikasi (volume dan panas maksimum) adalah teras dengan daya 20 MWt, 30 MWt, dan 40 MWt.



Gambar 23. Volume kritis teras dan panas volumetrik pada bahan bakar sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar untuk bahan bakar Tipe C

Tabel 19. Fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi volume teras untuk bahan bakar Tipe C

Daya termal (MWt)	Fraksi Volume						
	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%
20	X	X	X	○	○	○	○
30	X	X	○	○	○	○	○
40	X	X	○	○	○	○	○
50	X	○	○	○	○	○	○

Keterangan: ○ = memenuhi X= tidak memenuhi

Tabel 20. Fraksi volume bahan bakar yang memenuhi persyaratan spesifikasi panas volumetrik untuk bahan bakar Tipe C

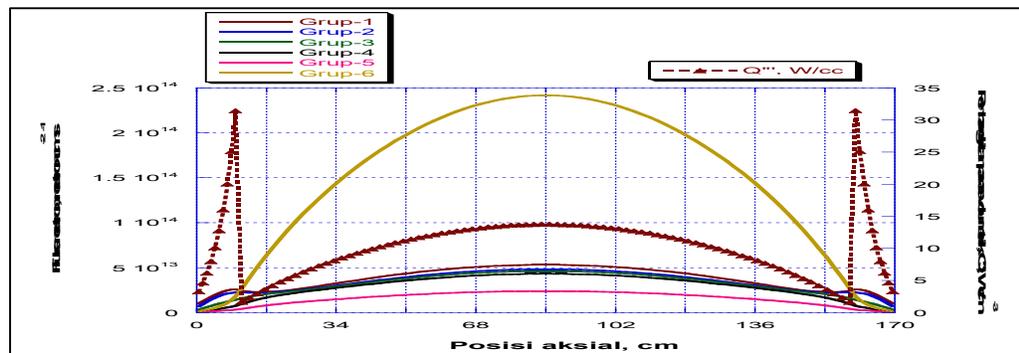
Daya termal (MWt)	Fraksi Volume						
	10%	12%	14%	16%	18%	20%	22%
20	○	○	○	○	○	○	○
30	○	○	○	○	○	○	○
40	○	○	○	○	X	X	○
50	○	X	X	X	X	X	X

Keterangan: ○ = memenuhi X= tidak memenuhi

- e. Distribusi Pembangkitan Panas pada Teras

Gambar 24 menunjukkan gambar distribusi pembangkitan panas ke arah aksial pada salah satu teras yang didesain dengan daya 20 MWt dan fraksi volume 16%. Dilihat dari gambar, tampak adanya pembangkitan panas maksimum yang terjadi di bagian atas dan bawah teras. Bagian tersebut adalah zona 100% bahan bakar sehingga memiliki laju reaksi pembelahan yang tinggi dibandingkan dengan

teras aktif yang memiliki bahan bakar 16%. Namun demikian, hasil perhitungan menunjukkan 83,6% pembangkitan panas justru terjadi di teras aktif. Meskipun demikian, pembangkitan panas yang riil dapat dicapai dengan normalisasi volume bahan bakar pada tiap teras aktif. Sebagai catatan, posisi 0 cm - 10 cm adalah posisi plenum bagian atas teras sedangkan posisi 160 cm - 170 cm adalah posisi plenum bagian bawah.



Gambar 24. Distribusi fluks neutron dan pembangkitan panas di dalam teras sepanjang posisi aksial.

- f. Perhitungan Bobot Teras
- Tabel 21 menyajikan data bobot teras, yaitu berat teras aktif (bahan bakar dan moderator),

reflektor samping, serta bahan bakar di bagian plenum atas dan bawah.

Tabel 21. Bobot teras untuk tiap jenis bahan bakar

Fraksi volume bahan bakar (%)	Bobot (ton)			
	20 MWt	30 MWt	40 MWt	50 MWt
Bahan bakar Tipe A				
10	13,80	13,96	14,18	14,42
12	11,65	11,79	14,25	12,17
14	10,23	10,38	12,02	10,71
16	9,27	9,37	10,58	9,66
18	8,57	8,68	9,61	8,95
20	8,11	8,22	8,97	8,46
22	7,88	7,93	8,61	8,17
Bahan bakar Tipe B				
10	15,72	15,85	16,10	16,44
12	13,20	13,30	13,49	13,76
14	11,55	11,64	11,83	12,03
16	10,43	10,54	10,64	10,82
18	9,63	9,72	9,86	9,99
20	9,08	9,17	9,27	9,42
22	8,79	8,86	8,96	9,11
Bahan bakar Tipe C				
10	13,08	13,21	13,38	13,57
12	11,88	12,00	12,09	12,24
14	11,20	11,23	11,31	11,45
16	10,79	10,81	10,88	10,95
18	10,62	10,61	10,65	10,74
20	10,76	10,72	10,77	10,79
22	11,26	11,19	11,24	11,29

g. Optimasi Teras Reaktor

Optimasi teras reaktor dilakukan dengan pertimbangan teras harus dapat menampung semua tipe bahan bakar (Tipe A, B,

dan C). Jika panas volumetrik digunakan sebagai pembatas optimasi, maka parameter teras akan berkaitan dengan dimensi dan pembangkitan panas volumetrik.

Tabel 22. Parameter teras optimum MSR untuk daya 20 MWt

Parameter teras	Spesifikasi Desain	Daya 20 MWt Fraksi Volume Bahan Bakar (%)						
		10	12	14	16	18	20	22
Volume teras (m ³)	3,4	5,54	4,50	3,82	3,36	3,14	3,11	3,18
Tinggi teras (m)	1,81	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Pembangkitan panas maksimum pada bahan bakar (MWt/m ³)	14	4,63	5,26	5,73	6,16	6,80	7,32	7,66

Tabel 23. Parameter teras optimum MSR untuk daya 30 MWt

Parameter teras	Spesifikasi Desain	Daya 30 MWt						
		Fraksi Volume Bahan Bakar (%)						
		10	12	14	16	18	20	22
Volume teras (m ³)	3,4	5,31	4,30	3,64	3,20	2,96	2,93	3,00
Tinggi teras (m)	1,81	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Pembangkitan panas maksimum pada bahan bakar (MWt/m ³)	14	7,27	8,27	9,10	9,73	10,71	11,51	12,13

Tabel 24. Parameter teras optimum MSR untuk daya 40 MWt dan 50 MWt

Parameter teras	Spesifikasi Desain	Daya 40 MWt				Daya 50 MWt
		10	12	14	16	10
Volume teras (m ³)	3,4	5.13	4.77	3.89	3.33	4,98
Tinggi teras (m)	1,81	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Pembangkitan panas maksimum pada bahan bakar (MWt/m ³)	14	10.15	11.62	12.78	13.64	13,25

h. Teknik Dan Model 3- Dimensi

Gambar 25 menunjukkan model 3 dimensi teras reaktor MSR yang terdiri dari bejana reaktor, grafit samping, dan celah bahan bakar. Gambar 26 dan 27 masing-masing menunjukkan gambar teknik 1 unit sel bahan bakar dan reflektor grafit serta susunan moderator grafit pada teras yang disusun berdasarkan desain. Perbandingan hasil desain dengan spesifikasi teknis menunjukkan rangkuman perbandingan nilai parameter desain teras reaktor MSR yang ditetapkan dalam URD/spesifikasi dalam kontrak dengan hasil desain prakonseptual. Data pada Tabel 25 memperkuat asumsi bahwa desain reaktor yang dibuat memiliki unjuk kerja yang lebih baik. Hal ini dikarenakan beberapa aspek, yakni: 1. penggunaan bahan bakar yang lebih efisien (butir 3.d). Dalam desain, jumlah U-235/U-233 yang dibutuhkan lebih sedikit dari nilai spesifikasi teknis; 2. umur hidup grafit yang relatif lebih lama (butir 5.d), yakni 15 tahun. Kondisi ini menjadikan reaktor MSR sangat fleksibel dari aspek keekonomian dan limbah radioaktif; 3. jenis bahan bakar yang bervariasi (butir 4.a).

Kondisi ini menjadikan reaktor MSR lebih fleksibel dalam pemilihan tipe bahan bakar (Butir 3.a dan 3.b),

Tinggi dan diameter teras menunjukkan adanya perbedaan nilai pada desain dan spesifikasi teknis. Hal ini terjadi karena yang menjadi acuan adalah volume teras (butir 3.c), sehingga tinggi dan diameter mengikuti hasil perhitungan volume teras. Perbedaan yang besar juga terjadi pada parameter rasio volume bahan bakar dengan moderator grafit (Butir 4.c), di mana dalam desain berada di angka 0,16 sedangkan dalam spesifikasi desain memiliki nilai sebesar 0,30-0,34. Hal ini terjadi, karena penentuan rasio volume bahan bakar dan moderator memberikan dampak pada nilai kerapatan panas rerata di dalam teras. Perlu digarisbawahi bahwa kerapatan panas adalah parameter keselamatan, sehingga dalam desain nilai kerapatan panas rerata pada spesifikasi teknis sebesar 14 MW/m³ tidak boleh terlampaui. Dengan demikian hasil perhitungan rasio sebesar 0,16 sudah memenuhi Persyaratan keselamatan.

Tabel 25. Perbandingan nilai spesifikasi teknis dan desain prakonseptual

No.	URAIAN		NILAI	
			Spesifikasi teknis (Kontrak)	Desain Pra-konseptual
1	Daya termal		16 MWt (minimal)	20 MWt atau 40 MWt (2×@20MWt)
2	Daya Elektrik (kebutuhan eksternal kapal)		5 MWe (minimal)	1. 7,5 MWe (minimal- kapal) 2. 15 MWe (maksimum – laboratorium di darat)
3	TERAS REAKTOR			
	a.	Tinggi aktif	± 1,81 m	1,5 m
	b.	Diameter aktif	± 1,55 m	1,66 m
	c.	Volume	± 3,4 m ³	3,36 m ³
4	BAHAN BAKAR			
	a.	Material	NaF-BeF ₂ -UF ₄ atau NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -UF ₄	Tipe 1: NaF-BeF ₂ -UF ₄ Tipe 2: NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(233)F ₄ Tipe 3: NaF-BeF ₂ -ThF ₄ -U(235)F ₄
	b.	Pengayaan U-235	< 20 %	< 20 %
	c.	Fraksi volume terhadap moderator	0,30 - 0,34	0,16
	d.	Panjang siklus	9 tahun	9 tahun
5	MODERATOR			
	a.	Material	Grafit	Grafit
	b.	Tinggi	± 1,81 m	1,5 m
	c.	Umur hidup	4,5 tahun	15 tahun

KESIMPULAN

Daya termal optimum untuk kapal adalah 20 MWt, di mana persyaratan dari dokumen minimum 16 MWt. Teras reaktor MSR mampu dioperasikan dengan 3 jenis bahan bakar, yaitu Tipe A (NaF-BeF₂-U(235)F₄), Tipe B (NaF-BeF₂-ThF₄-U(233)F₄), dan Tipe C (NaF-BeF₂-ThF₄-U(235)F₄). Komposisi (% mol) untuk masing-masing tipe bahan bakar adalah 71-21-3 (Tipe A), 76-12-11,35-0,65 (Tipe B), dan 67,6-12-14-6,4 (Tipe C). Daya reaktor untuk laboratorium reaktor MSR di darat dapat menggunakan daya 20 MWt atau 40 MWt dari 2 unit teras (20 MWt).

Teras reaktor MSR memiliki karakteristik, sebagai berikut:

a. Fraksi volume bahan bakar adalah 16%

- b. Sel bahan bakar berbentuk bujur sangkar dengan moderator grafit dan celah bahan bakar berbentuk lingkaran.
- c. Panjang sisi grafit sebesar 5,665 cm dengan jari-jari celah bahan bakar 1,279 cm.
- d. Jumlah kanal bahan bakar sebanyak 674 buah
- e. Volume teras sebesar 3,36 m³
- f. Tinggi teras aktif sebesar 1,5 m
- g. Tebal reflektor grafit samping adalah 0,0881 m
- h. Tinggi teras aktif sebesar 1,5 m
- i. Tebal reflektor grafit samping adalah 0,0881 m
- j. Nilai pembangkitan panas rerata dan maksimum masing-masing sebesar 6,16 MW/m³ dan 14 MW/m³.

- k. Bobot teras aktif (bahan bakar dan moderator) seberat 9,27 ton, 10,43 ton, dan 10,79 ton, untuk masing-masing bahan bakar Tipe A, Tipe B, dan Tipe C.
- l. Jumlah bahan bakar segar (*fresh fuel*) yang diperlukan saat awal operasi teras sebanyak 2,85 ton (Tipe A), 3,82 ton (Tipe B), dan 3,86 ton (Tipe C).

DAFTAR PUSTAKA

1. Tagor Sembiring, Perhitungan sel bahan bakar reaktor MSR kapasitas daya 16-20 MWt dengan menggunakan analitik WIMSD-5D, Batan, 2018.
2. Tagor Sembiring, Perhitungan teras reaktor MSR kapasitas daya 16-20 MWt dengan menggunakan analitik CITATION, Batan, 2018
3. -----, Distribusi fluks neutron dan pembangkitan panas di dalam teras reaktor pada posisi aksial, Litbang Pertahanan, 2019.
4. -----, Pemodelan volume kritis teras dan panas volumetrik bahan bakar tipe A,B,C sebagai fungsi fraksi volume bahan bakar, Litbang Pertahanan, 2019.

KAJIAN MODIFIKASI REPOWERING DAN RETROFITTING BOUYANCY BTR-50 PM SEBAGAI MAIN BATLE STRATEGY DI MASA DEPAN

STUDY OF REPOWERING MODIFICATION AND RETROFITTING BOUYANCY BTR-50 PM AS MAIN BATLE STRATEGY IN THE FUTURE

Disusun Oleh : Priyo Budi Sungkowo
Analisis Data dan Informasi Bagdatin Set Balitbang Kemhan
Priyo PBS@Gmail.com

ABSTRAK

Satuan Kaveleri sebagai fungsi penggempur di daerah pertahanan musuh dengan alat dan peralatan Tank dengan yang dilengkapi dengan jenis persenjataan kaliber besar. Jumlah Ranpur yang ada di Satkav sebanyak 1.013 unit, yang dimiliki sebanyak 1.086 unit, namun secara kualitas masih jauh dari harapan. Dari jumlah ranpur yang ada tersebut 248 unit kondisinya baik terbatas atau tidak seluruh sistem otomotif, senjata, dan komunikasi dalam kondisi baik, 716 unit rusak ringan dan 122 unit kondisi rusak berat, sehingga prosentase jumlah unit ranpur yang ada hanya 24,8 % yang operasional sedangkan 75,52 % lainnya tidak siap operasional. Dari 1.086 unit ranpur yang dimiliki kaveleri hanya 15,9 % yang tergolong kedalam alutsista baru dibuat diatas 1980, sedangkan sisanya 84,1 % merupakan alutsista yang sudah tua dengan tahun pembuatan dibawah 1980, yang secara teknis tidak layak memenuhi kebutuhan operasional sebagai penggempur maupun fungsi pengamanan. Untuk mengisi kekurangan tersebut diperlukan modifikasi, retrofitting dan repowering agar dapat beroperasi kembali sebagai Ranpur baru yang memiliki performa yang cukup diandalkan. Dari sasaran, modifikasi, repowering dan retrofitting BTR-50 maka sub sistem dilakukan modifikasi terhadap Hull, Engine, Transmisi, Trackling dan waheel boggy, sistem rem dan kendali serta sirkulasi udara. Engine menggunakan Weichei WD 615 Gross Vehicle Weight (GVW) 15 ton, Power of weight ratio 20 HP/Ton dan Power mesin 300 HP (220 kW). Modifikasi pada bagian engine karter menyesuaikan posisi sentra dari transmisi dan gear yang menghubungkan ke sprocker penggerak dengan membuat Connecting Shaft Assy dimana dimensi komponen yang masuk kedalam engine Weichei 615 menggunakan dimensi poros pada transmisi ZF-5S-111GP. Penataan aksesoris standar juga akan dilakukan untuk memperkuat imej dari kendaraan ini sendiri dan untuk membedakan imej kendaraan dari kendaraan serupa dimiliki negara lain.

Kata Kunci: *Satuan Kavelri, Medium tank, modifikasi, repowering dan retrofitting, main batle strategis.*

ABSTRACT

Cavalry Unit as the function of the striker in the enemy's defense area with Tank tools and equipment equipped with large-caliber weaponry. The number of Ranpur in the Satkav is 1,013 units, of which 1,086 units are owned, but the quality is still far from expectations. Of the number of existing ranpurs, 248 units are in limited condition or not, all automotive, weapons, and communication systems are in good condition, 716 units are lightly damaged and 122 units are heavily damaged, so that the percentage of the existing ranpur units is only 24.8% which are operational. while the other 75.52% are not ready for operation. Of the 1,086 ranpur units owned by the cavalry, only 15.9% were classified as new defense equipment made above 1980, while the remaining 84.1% were old defense equipment with years of

manufacture below 1980, which were technically unfit to meet operational needs as a raider or function. security. To fill these deficiencies, modifications, retrofitting and repowering are needed so that it can operate again as a new Ranpur that has reliable performance. From the target, modification, repowering and retrofitting of the BTR-50, the sub-systems were modified to the Hull, Engine, Transmission, Trackling and Waheel bogy, brake and control systems and air circulation. The engine uses a Weichei WD 615 Gross Vehicle Weight (GVW) of 15 tons, a Power of weight ratio of 20 HP/Ton and an engine power of 300 HP (220 kW). Modifications to the engine crankcase adjust the center position of the transmission and gear that connects to the drive sprocket by making a Connecting Shaft Assy where the dimensions of the components that enter the Weichei 615 engine use the dimensions of the shaft on the ZF-5S-111GP transmission. The arrangement of standard accessories will also be carried out to strengthen the image of this vehicle itself and to distinguish the image of the vehicle from similar vehicles in other countries.

Keywords: Kavelri Unit, Medium tank, modification, repowering and retrofitting, playing strategic battle.

PENDAHULUAN

Dengan meningkatnya penguasaan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi semakin tinggi akan berdampak pada kultur dan tatanan masyarakat dunia yang membawa pengaruh positif dan negatif, begitu juga dengan negara-negara internasional yang memiliki kemampuan penguasaan teknologi alutsista modern akan membentuk pola kultur anarki, yang akan memaksa masyarakat dunia untuk memastikan kelangsungan hidupnya sendiri dalam sistem pertahanannya. Oleh karena itu berbagai negara dunia berlomba-lomba meningkatkan kapasitas power mereka, implementasi yang dilakukan salah satunya melalui kemandirian sistem pertahanan. Indonesia sebagai salah satu negara dunia yang telah memiliki pengalaman cukup buruk terhadap ketergantungan alutsista yang diproduksi dari luar negeri berupaya mempertahankan sistem pertahanannya. Upaya peningkatan kebutuhan alutsista yang modernisasi tengah diberdayakan melalui pengembangan industri pertahanan. Pengembangan alutsista pertahanan yang sedang dilaksanakan saat ini yaitu pengembangan alutsista *Browne Transporter 50 Palawa* (BTR-50 PM)

Alutsista *Browne Transporter 50 Palawa* (BTR-50 PM) salah satu jenis kendaraan tempur *Armour Personel Carier* (APC) merupakan kendaraan tempur amphi yang sangat dibutuhkan korps Marinir dalam melaksanakan latihan maupun operasi keluar kapal pengangkut tank (LST *Landing Ship tank*). Sebelum pintu-pitu LST dibuka panser-panser menceburkan diri kelaut, kondisi

mesin harus benar-benar prima, sistem propulsi air, gerakan rantai, baling-baling dan sistem empat water jet agar dapat beroperasi secara vertikal dan horisonntal dengan baik. Sedangkan *life time* BTR-50 yang diproduksi oleh negara Uni Soviet (Rusia) sejak tahun 1955 ini, bukan lagi dibilang muda, sehingga material, *engine sistem* dan *part-part* penyusunnya sudah mengalami kelelahan, degradasi dan berbagai kendala saat digunakan operasi.

Penulisan ini membedah analisa kajian terhadap *modifikasi, retrofitting* dan repowering *Bronet Transporter 50 Palawa* (BTR-50 PM) sebagai pengembangan alutsista wahana darat dengan menggunakan konsep pemberdayaan dan penguasaan alutsista pertahanan, sebagai *main strategy* masa depan melalui metode deskriptif analitis. Penulisan ini menyatakan bahwasanya upaya Indonesia melakukan modernisasi merupakan strategi perwujudan ketahanan alutsista yang ada didasarkan pada *pursuit of power, pursuit of wealth serta pursuit of prestige*.

METODOLOGI PENULISAN

Metode penulisan yang digunakan dalam penulisan ini, yaitu metode deskriptif analitik, data yang digunakan diperoleh dari beberapa hasil analisa dan kajian yang ada disertai wawancara dan diskusi dengan para pihak terkait. Data tersebut dilakukan analisa berdasarkan sumber dan teori yang ada untuk menghasilkan rekomendasi sebagai dasar kebijakan *Reserves Engineering* (RE) alutsista pertahanan kedepan.

LANDASAN TEORI

1. BTR-50 P/PK.

Ranpur APC BTR-50 P merupakan kendaraan pengangkut personel *amphibi* lapis baja APC berdasarkan tank ringan PT-76, beroda rantai tidak seperti kebanyakan seri BTR yang beroda ban. BTR-50 yang didatangkan di Indonesia jelang kampanye operasi Trikora diawal tahun 1960 ini walau dinggap tua tapi masih mampu beroperasi. BTR-50 banyak kesamaan dengan dua jenis APC lainnya seperti OT-62 TOPAS dan tipe 77, sementara OT-62 adalah salinan perbaikan dari BTR-50 yang dikembangkan bersama Ceoslovakia dan polandia. Tipe 77 berdasarkan tank ringan *amphibi* tipe 63 yang dikembangkan oleh RRC bukan berdasarkan BTR-50. Berbeda dengan ranpur APC BTR-50 PK hasil modifikasi BTR-50 P yang didatangkan dari Ukraina pada tahun 1997-1999 dengan serangkaian modifikasi dengan penempatan 6 pelontar granat asap disisi kiri dan kanan, pintu palka personel yang dibuka kedalam, jenis senjata ada sepasang tanki bahan bakar eksternal di bagian belakang kendaraan. Power pacu mengandalkan mesin tipe W-6 dengan 3.000 rpm, kapasitas bahan bakar internal 250 liter dan tersedia dua bahan bakar eksternal masing-masing 50 liter. Sistem persenjataan menggunakan senapan mesin sedang PKT kaliber 7,62 mm, sedangkan BTR-50 P menggunakan FN MAG GPMG 7,62 mm dan senjata mesin berat (SMB) M2HB 12,7 mm.

Ranpur APC BTR-50 P dikenal dengan sebutan Pansam (Panser *Amphibi*) bukannya alutsista baru yang telah diproduksi sejak tahun 1955, awalnya kabin berkapasitas 20 orang pasukan bersenjata lengkap yang tidak punya penutup atas kabin (*hatch*), baru pada tahun 1960 guna mendongkrak proteksi penumpang maka varian perubahan *hatch* menjadi BTR-50 PK yang saat ini diginakan korp Marinir. Kendaraan ini berkapasitas solar penuh (*full tank*) sebesar 260 liter dan memiliki kemampuan melakukan penjelajahan dengan jarak tempuh 260

km dengan satu liter solar mampu mendorong sejauh 1 km dengan kecepatan 44 km/jam *on road*, sedangkan *off road* mampu menempuh kecepatan 25 km/jam.

BTR-50 P telah mengalami berbagai kelelahan akibat *life time* yang sudah lama dalam mendukung tugas operasi mengalami berbagai penurunan fungsi. Untuk mengoptimalkan fungsi dilakukan berbagai kegiatan, modifikasi, *retrofitting* dan *repowering* guna menunjang operasional.

2. Analisa sejarah kendaraan.

Pertama kali dirancang hanya beberapa saat setelah perang dunia kedua berakhir, Tim dari rusia yang berbeda bekerja untuk merancang sebuah rancangan tank *amphibi* ringan dan secara paralel dengan rancangan ini tiap tim akan merancang dan memproduksi kendaraan angkut personel anti peluru (*Armoured Personnel Carrier*). Hasil dari tim ini yaitu tank *amphibi* PT 76 (Objekt 76) dan sebagai turunannya dirancang BTR-50 yang dikembangkan menggunakan *platform* atau *chassis* yang sama dengan PT-76.

Pertama kali diproduksi pada tahu 1954 dan beroperasi pada tahun 1957 yang berarti memerlukan masa pengembangan dan uji coba selama tiga tahun sebelum akhirnya digunakan oleh angkatan bersenjata rusia. BTR-50 P dikembangkan dengan menggunakan *chassis* PT-76 dengan menambahkan struktur pada bagian depan kendaraan. *Hull* dari kendaraan terbuat dari baja tahan peluru yang digabungkan dengan menggunakan sistem pengelasan dengan kompartemen penumpang pada bagian depannya.

BTR-50 dapat digunakan untuk mengangkut personel 2 orang pasukan yang duduk pada bangku yang melintang sepanjang kabin kendaraan. Untuk memasuki kendaraan para pasukan harus memanjat dan memasuki kendaraan melalui *hatch* pada bagian atas kendaraan melalui buritan kendaraan. Varian-varian yang dimiliki kendaraan BTR-50 P antara lain :

a. BTR 50 PA. merupakan kendaraan serupa dengan BTR-50 P dengan

- perbedaan pada mounting senjata diatas ruangan komandan.
- b. BTR-50 PK, merupakan kendaraan dilengkapi kabin lebih baik dilengkapi dengan perlengkapan NBC, perbedaan terdapat pada ventilator yang terdapat pada bagian atas kanan kabin dan kanan belakang kabin penumpang.
 - c. BTR-50 P digunakan oleh Kops Marinir dan angkatan darat pertama kali pada saat konflik Irian Barat, digunakan sebagai APC nan kombatan dan kebanyakan digunakan untuk kendaraan pendarat pasukan dipantai. Dengan desain lama, APC ini memiliki beberapa kekurangan seperti desain interior kendaraan yang tidak ergonomis dan kekurangan perhatian terhadap akses keluar darurat bila terjadi kecelakaan, sehingga diperlukan alternatif baru dalam desain kendaraan tempur ini.
3. Pertimbangan aspek desaian.

Perubahan yang dilakukan diusahakan untuk tidak merubah desain asli dari *hull* kendaraan dengan pertimbangan keseimbangan titik berat kendaraan dan memanfaatkan bahan yang sehemat mungkin. Perubahan yang dilakukan mempertimbangkan aspek ergonomis dari pengguna terhadap aspek operasional kendaraan.
 4. Perubahan *Hull* kendaraan.

Perubahan *Hull* kendaraan dilakukan atas inisiatif dari sistem dengan pertimbangan pembaharuan atau penyegaran bentuk muka, perubahan hanya dilakukan terhadap tampilan muka dari kendaraan dengan mengganti muka kendaraan asli dengan tampilan baru yang terinspirasi dari desain MT-LB buatan Rusia yang juga merupakan hasil pengembangan dari *chassis* PT-76. Desain yang dilakukan merupakan desain muka kendaraan dimana oprator dari kendaraan khususnya kendaraan tidak harus terlihat dari luar, melalui periscop tetapi cukup melihat keluar dari jendela tinjau yang terbuat dari kaca tahan peluru. Perubahan lain

hanya terdapat pada penambahan *mounting-mounting* aksesoris dan perubahan *layout interior* kendaraan agar lebih nyaman dan ergonomis terhadap pengguna.

ANALISA *STYLING HULL*

Untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan awak dan personel maka telah dilakukan analisa *styling hull* BTR-50, dari analisa ini menghasilkan tiga buah alternatif desain hull.

1. Desain-1
 - a. Penambahan ruang pengemudi yang dilengkapi kaca anti peluru pada sisi muka kendaraan untuk memperluas sudut pandang pengemudi. Dengan tersedianya ruang khusus bagi pengemudi maka akan memperluas awak dan personel.
 - b. Penambahan pintu *emergency* pada sisi samping kendaraan untuk mempermudah dan mempercepat proses penurunan awak dan personel pada saat darurat.
 - c. Ruang pengemudi berada di bagian tengah kendaraan dan posisi komandan serta *gunner* berada di kanan dan kirinya.
-
- Gambar1. Desain alternatif-1
2. Desain-2
 - a. Desain dibuat dengan memperluas kabin untuk awak ranpur dengan membuat penambahan ruangan kedepan.

- b. Posisi pengemudi tetap berada ditengah bagian depan kendaraan dan posisi komandan berada disamping kanan pengemudi.
- c. Desain ini diharapkan dapat memperluas kabin untuk enampung satu regu dan peralatannya.



Gambar.2. Desain alternatif-2

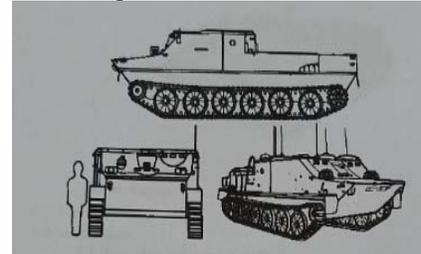
- 3. Desain-3
 - a. Bentuk kendaraan yang memfokuskan pada kemudahan pengemudi dan komandan untuk mengawasi keadaan sekitarnya.
 - b. Lubang tembak dan posisi pengemudi berubah total dengan desain muka menggunakan jendela kaca anti peluru.
 - c. Posisi pengemudi berubah menjadi berada disebelah kanan dengan komandan berada disebelah kirinya.



Gambar.3. Desain alternatif-3

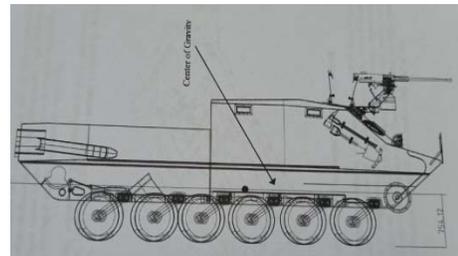
- 4. Analisa Desain
 - a. Untuk kajian lebih lanjut desain BTR-50 kendaraan ini akan dilengkapi dengan peralatan dan aksesori standar yang disesuaikan dengan kualifikasi dan kebutuhan dari pemakainya.
 - b. Penataan *layout interior* kendaraan ini berkenaan dengan spek ergonomis dan kemudahan *interface* awak kendaraan

- terhadap peralatan dan kotrol panel yang bersangkutan.
- c. Penataan aksesories standar juga akan dilakukan untuk memperkuat imej dari kendaraan ini sendiri dan untuk membedakan imej kendaraan dari kendaraan serupa dimiliki negara lain.

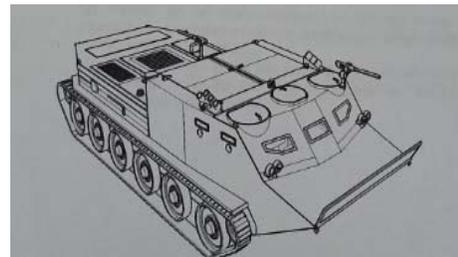


Gambar.4. Perubahan Hull BTR-50

Pada gambar tersebut dapat dilihat perubahan yang dilakukan terhadap tampang muka kendaraan dibandingkan dengan desain asli BTR-50. Sedangkan BTR-50 APC yang dikembangkan dan diperbaharui oleh negara Ukraina tampak pada gambar



Gambar .5 Desain tampak samping



Gambar.6. Desain tampak atas

Layout baru kendaraan dilihat dari atas tampak perubahan pada *manhole* bagian depan yang berubah menjadi tiga buah personel *manhole*, dari asalnya yang berubah satu buah *hatch* panjang dan satu buah *hatch* pada menara tembak. Ketiga *hatch* ini diposisikan tepat berada diatas kursi

operator kendaraan dan dengan dimensi yang relatif kecil akan memudahkan pengoperasiannya, terutama dalam keadaan darurat ketika kendaraan dalam kondisi terendam air atau karam. Dimensi hatch yang kecil ini akan mengurangi tekanan air sehingga dalam usaha membukanya diperlukan lebih sedikit tenaga.



Gambar .7. Layout interior baru

Layout interior baru dimana *layout* ini dapat memuat 12 personel dan perbekalannya dengan posisi berderet tiga orang satu bangku dan saling berhadapan, kondisi ini memberikan keleluasaan bergerak bagi para pasukan. Posisi bangku tidak terbuat permanen tetapi dapat dibongkar pasang dengan mudah untuk memberikan keleluasaan pengaturan *layout*, dan bangku yang dirancang pun dapat dilipat untuk memudahkan operasional. Perubahan desain muka kendaraan berdasarkan atas mengacu pada bentuk muka kendaraan MT-LB milik rusia yang merupakan perkembangan langsung dari BTR-50 ini. Pada MT-LB *hull* dari kendaraan dibuat menjadi satu permukaan yang rata, dengan bentuk muka seperti kendaraan 8X8 BTR-80 yang menggunakan jedela tinjau anti peluru dilengkapi dengan perisai lapis baja tahan peluru, kendaraan ini berfungsi sebagai kendaraan APC pengganti BTR-50 yang sudah ada.

Perubahan desain muka kendaraan dilakukan untuk memberikan citra dan imej yang berbeda dengan kendaraan tempur lainnya. Dengan pandangan desain baru ini akan lebih modern dan diharapkan akan menambah rasa percaya diri dan rasa bangga

kepada penggunanya. Perubahan desain ini dilakukan sebagai studi untuk mengembangkan kendaraan tempur bertrak buatan Indonesia pada nantinya. Dengan adanya kesempatan *retrofitting* dan *repowering* serta minor desain ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan wacana pada industri strategis Indonesia.

Rancangan akhir desain ini menggunakan tiga buah jendela tinjau yang dirancang dan dilengkapi dengan tabir baja anti peluru yang dapat dibuka dan ditutup, kendaraan juga dilengkapi dengan *panoramic* periskop untuk memberikan pandangan yang lebih luas pada pengemudi kendaraan.

5. Desain ulang sub sistem
Berdasarkan rencana sasaran, modifikasi, *repowering* dan *retrofitting* BTR-50 maka sub sistem yang perlu dilakukan modifikasi atau diganti antara lain : *Hull*, *Engine*, *Transmisi*, *Trackling* dan *waheel boggy*, sistem rem dan kendali serta sirkulasi udara.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Analisa *Performance* Mesin.
Dalam rangka *repowering* BTR-50 maka diperlukan tahap penentuan *requirement* mesin diesel baru atau pengganti. Untuk menentukan *requirement* mesin maka dilakukan analisa *performance* mesin. Aspek aspek yang menjadi dasar analisa ini adalah sebagai berikut:
 - a. *Gross Vehicle Weight* (GVW): 15 ton
 - b. *Power of weight ratio*: 20 HP/Ton
 - c. Power mesin : 300 HP (220 kW)
 - d. *Mechanical efficiency* (η): 0,7
 - e. Kemampuan BTR-50 untuk manuver diberbagai kondisi medan dan tanjakan
 - 1) Medan tanah kering/kerikil datar tanjakan
 - 2) Medan tanah berlumpur
 - 3) Medan berpasir

Dalam analisa ini diperlukan rumus : $HP = \frac{(GVW (\mu + \sin \theta) + fAv^2)y}{270 \eta}$

Dimana :

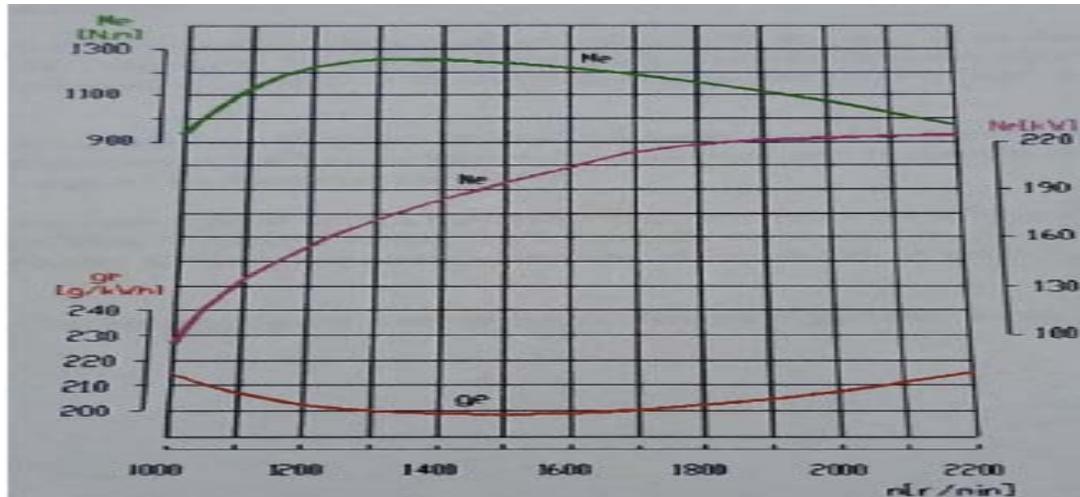
- GVW : *Gross Vehicle Weight*
- μ : *Coef rolling resistance*
- Sin θ : *Kemiringan medan*
- f : *Coef air resistance*
- A : *Luas penampang (m²)*
- V : *Kecepatan*
- η : *Mechanical efficiency*

No	GVW	Sin θ	μ	f	A	η	V	Power	Keterangan
	(kg)				(m ²)		Km/h	(HP)	
1	15.0000	0,6	0,03	0,004	6	0,7	6	300	Tanah kering / kerikil kemiringan 60% (37°)
2	15.0000	0,3	0,03	0,004	6	0,7	10	262	Tanah kering /kerikil kemiringan 30% (17°)
3	15.0000	0,6	0,03	0,004	6	0,7	6	300	Tanah kering /kerikil kemiringan 60% (37°)
4	15.0000	0,03	0,16	0,004	6	0,7	19	287	Lumpur/Sawah
5	15.0000	0,15	0,03	0,004	6	0,7	20	287	Tanah kering / kerikil kemiringan 15% (37°)
6	15.0000	0,03	0,1	0,004	6	0,7	25	260	Pasir kering kemiringan 3 % (2°)
7	15.0000	0,03	0,1	0,004	6	0,7	28	291	Pasir kering kemiringan 3 % (2°)
8	15.0000	0,03	0,015	0,004	6	0,7	72	299	Kecepatan max di asphal/concrete

Sumber : Data hasil olahan Penulis dan PT.Pindad

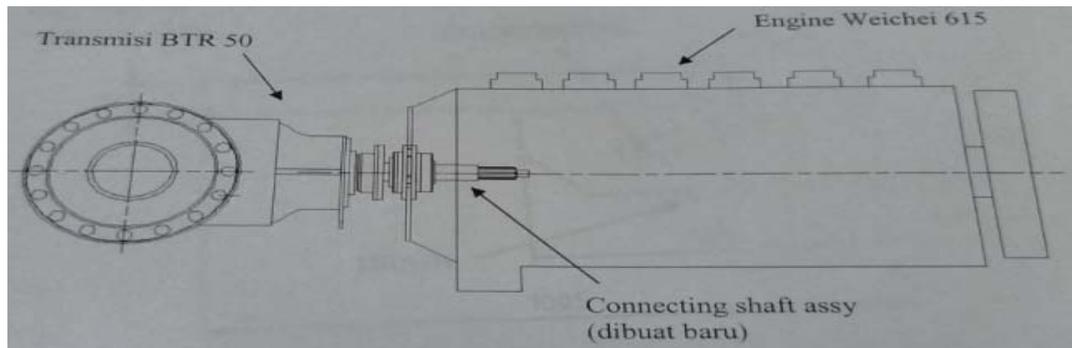
Dari analisa *performance* ini daya *power engine* 300 HP dapat memenuhi kebutuhan teknis untuk manuver BTR-50, dengan spesifikasi antara lain:

Seri	WD 615 68G-8
<i>Power Output</i>	280 HP (2200 rpm)
<i>Max torsion</i>	112 kgf.m (1350 \pm 50 rpm)
<i>Spesific fuel Consumption</i>	144 g/HP.h
<i>Gear Box</i>	
<i>Ignition temperatur</i>	-15C
<i>Air intake Method</i>	<i>Turbocharged Inner cooled</i>



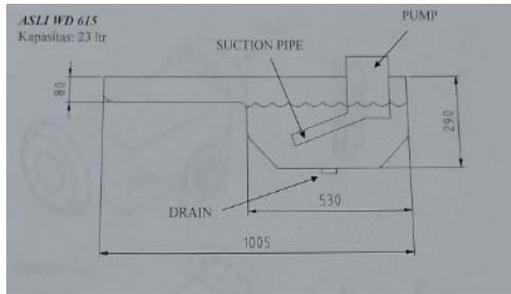
Gambar .8. Grafik power mesin

2. Modifikasi Engine Transmisi

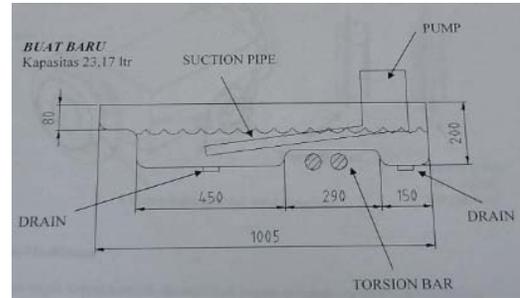


Gambar .9. Modifikasi

- a. Transmisi menggunakan komponen asli dari BTR-50 yang dibongkar dan direkonstruksi. Transmisi ZF tidak dapat digunakan karena dimensi keseluruhan bila digabung dengan engine Weichi relatif panjang dan tidak masuk ke dalam ruang mesin.
- b. Engine menggunakan Weichei WD 615 dengan modifikasi pada bagian engine karter untuk menyesuaikan terhadap posisi sentra dari transmisi dan gear yang menghubungkan ke sprocker penggerak.
- c. Untuk menghubungkan antara transmisi dan engine maka dibuat komponen baru *Connecting Shaft Assy* dimana dimensi komponen yang masuk ke dalam engine Weichei 615 menggunakan referensi dimensi poros pada transmisi ZF-5S-111GP.
- d. Susunan *Connecting Shaft Assy* dapat dilihat pada gambar susunan produk sebagai berikut



Gambar .10. *Connecting Shaft Assy* asli

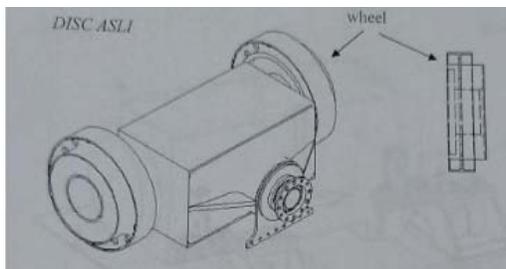


Gambar .11. *Connecting Shaft Assy* modifikasi

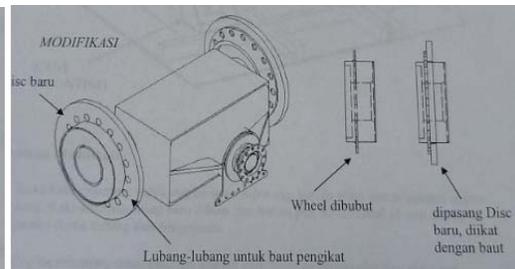
Engine karter dibuat baru dengan mempertahankan volume oli yang dibutuhkan sesuai spesifikasi mesin yaitu 23 liter. Volume dibawah pompa (1,9 liter) tidak diperhitungkan karena diasumsikan tidak tersedot pipa, volume yang dapat

disedot adalah 23,17 liter. Karena terhalang *torsion bar* maka bagian bawah harus diubah bentuk karena terdiri dari dua buah bagian yang rendah dan saling berpisah maka lubang *drain* dibuat dua buah.

e. Modifikasi *Brake Disc*



Gambar 12 Disc asli

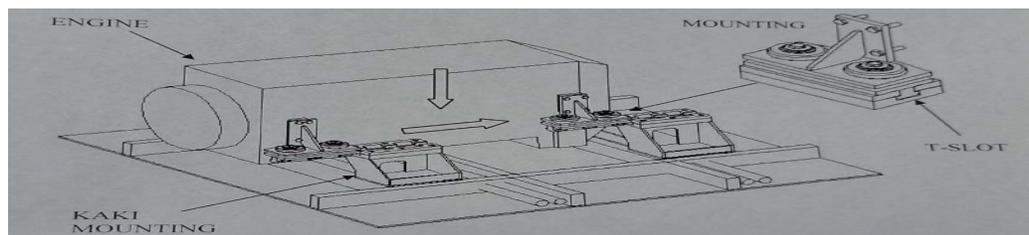


Gambar .13. *Disc* modifikasi

Modifikasi untuk sistem kendali memodifikasi bagian piringan melalui pembubutan sehingga dapat ditempel dengan *disc* baru. *Disc* baru diikat pada *wheel* dengan menggunakan baut sebanyak

16 buah. *Brake caliper* direncanakan menggunakan produk serupa yang digunakan pada panser VAB tetapi dengan modifikasi pada brake padnya yaitu diganti dengan bahan leih kuat

f. Modifikasi *Engine Mounting*



Gambar .13. *Brake caliper* asli dan modifikasi

Kaki-kaki *mounting* untuk *engine* lama dipotong karena tidak sesuai dengan engine baru,

kaki-kaki *mounting* baru dibuat dari bahan plat ST-37 tebal 10 mm dengan proses *flame cutting*

dan pengelasan. *Engine mouting* menggunakan konsep *slot* yaitu pasangan alur dan *slot* yang berbentuk T. Cara pemasangan yaitu *engine* dimasukan dari arah atas kemudian digeser kearah depan/belakang sehingga T-slot masuk kealurnya. Bila posisi *engine* sudah tepat maka *slot* dikunci dengan pat yang dibaut pada dudukan *mounting*.

3. *Track Link*.

Track link merupakan salah satu bagian dari rantai sebuah tank ranpur yang menapak pada tanah dengan berbagai kondisi medan dan karakteristik tanah yang berbeda-beda. Ko,ponen ini berhubungan langsung dengan mobilitas ranpur karena proses operasional ranpur dan bertambahnya usia komponen maka *track link* mengalami deformasi, keretakan dan kerusakan sehingga perlu dilakukan penggantian.

Kondisi selama ini *track link* BTR-50 masih menggunakan komponen dari rusia yang memerlukan waktu panjang dalam pengadaan serta kelangkaan *spare part* nya, oleh karena itu untuk meningkatkan proporsional komponen lokal dan mempercepat proses pengadaan *spare part track link* maka dalam proses modifikasi, *retrofitting* dan *repowering* ini telah dilakukan pembuatan *track link* baru. Dalam rangka pembuatan *track link* telah dilaksanakan analisa kimia dan mekanis terhadap *track link* bawaan asli sebagai perbandingan untuk pembuatan *track link*. Perbandingan *track link* buatan rusia dan hasil modifikasi antara lain :

Tabel. Analisa komposisi kimia *track link*

Unsur kimia (%)	Ex Rusia (%)	Dalam Negeri (%)	Keterangan
C	0,24	0,22	
Ni	1,03	0,8	
Mn	1,4	0,27	
Cr	0,82	0,80	
Mo	0,156	0,150	
Si	1,29	0,99	
Cu	0,12	0,35	

Sumber data: hasil pengolahan data penulis dan PT.Pindad

Tabel. Analisa komposisi kimia Pin

Unsur kimia (%)	Ex Rusia (%)	Dalam Negeri (%)	Keterangan
C	0,37	0,40	
Ni	1,40	1,30	
Mn	0,70	0,46	
Cr	1,40	1,22	
Mo	0,20	0,21	
Si	0,30	0,37	

Sumber data: hasil pengolahan data penulis dan PT.Pindad

Dari hasil tabel di atas diketahui bahwa *track link* dan *pin* buatan dalam negeri mendekati kompone kimia *track link* bawaan BTR-50 untuk melihat kekuatan *track link* tersebut maka telah dilakukan pula uji *hardness test* (kekerasan) dan *tensile test* (kekuatan) antara lain:

Tabel. *Hardness test track link*

Track Link	Hardness (HV)
Bawaanb (Rusia)	439-474
Dalam Negeri	320-323,5

Sumber data: hasil pengolahan data penulis dan PT.Pindad

Tabel. Tensil test

Parameter	Satuan	Hasil Test
Diameter	mm	14
Gauge Length	mm	50
0,2% Proof Stress	MPa	565,41
Tensile Streght	MPa	813,65
Elongation	%	7,4
Reduction	%	4,93

Sumber data: hasil pengolahan data penulis dan PT.Pindad

KESIMPULAN

1. a. Dari analisa bouyency dapat diketahui letak centre of Bouyency adalah diatas center of grafity sehingga bisa dikatakan baik.

2. Gaya bouyancy yang dihasilkan 14,38 bila dibandingkan dengan berat gaya kosong retrofit sebesar 9,2 ton dengan berat tempur sebesar 14 ton maka gaya apung yang dihasilkan adalah cukup.
3. Pengembangan tank medium dengan memanfaatkan peluang-peluang yang telah ada serta kemampuan dan fasilitas yang dimiliki industri pertahanan nasional menjadi alternatif terbaik bagi pemenuhan Satuan Kaveleri
4. Jika proses pengembangan tank medium tidak memanfaatkan peluang tersebut diatas dan tanpa melibatkan industri pertahanan nasional maka tingkat efektifitas dan efisiensi yang didapat akan kecil.

DAFTAR PUSTAKA.

1. Tri Hardjati, Analisa Styling hull dan performance Repowering dan Retrofitting BTR-50, PT.Pindad Persero, 2020.
2. Tri Hardjati, Analisa dan perhitungan baoyancy Repowering dan Retrofitting BTR-50, PT.Pindad Persero, 2020.
3.,Persyaratan operasional tank kelas sedang (Medium Tank) Kaveleri TNI AD. Bandung 2014
4.,Konsep pengembangan tank medium tank bagi pemenuhan kebutuhan Ranpur Satuan Kaveleri, Bandung 2013.

**PENTINGNYA MANAJEMEN BEBAN KERJA PERAWAT
SEBAGAI FAKTOR UTAMA YANG MEMENGARUHI BUDAYA
KESELAMATAN PASIEN**

**THE MATTERS OF WORKLOAD MANAGEMENT NURSE AS THE MAIN
FACTOR TO INFLUENCE PATIENT SAFETY**

Ratna Indrawati dan Putu Reza
Ditjen Kuathan
ratna.indrawati@esaunggul.ac.id
reza_sandhya@hotmail.com

ABSTRAK

Implementasi sasaran keselamatan pasien adalah perilaku kepatuhan para petugas kesehatan dalam melaksanakan standar dan sasaran yang telah ditetapkan oleh rumah sakit dengan mengacu kepada sasaran keselamatan pasien internasional untuk menjamin pelayanan yang aman bagi setiap pasien. Sasaran keselamatan pasien internasional yang diadopsi oleh komite akreditasi rumah sakit terdiri dari enam sasaran. Faktor-faktor yang memengaruhi implementasi sasaran keselamatan pasien antara lain pengetahuan, beban kerja, serta budaya keselamatan pasien. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh bukti empiris pengaruh pengetahuan dan beban kerja terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien, dimediasi oleh budaya keselamatan pasien. Penelitian ini merupakan penelitian analitik kuantitatif kausalitas dengan desain penelitian cross-sectional. Populasi sampel penelitian ini berjumlah 140 orang perawat dengan teknik pengambilan sampel menggunakan teknik sampel jenuh. Data primer diperoleh melalui kuesioner yang disebar dengan Google Form kepada 140 responden. Analisis dilakukan dengan menggunakan path analysis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien secara simultan berpengaruh positif dan signifikan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Temuan penelitian menunjukkan budaya keselamatan pasien mampu memediasi implementasi sasaran keselamatan pasien. Beban kerja tidak memiliki pengaruh langsung terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien.

Kata Kunci : pengetahuan, beban kerja, budaya keselamatan pasien, implementasi sasaran keselamatan pasien

ABSTRACT

The implementation of patient safety goals is the compliance behavior of health workers in implementing the standards and targets set by the hospital with reference to international patient safety goals to ensure safe services for every patient. The international patient safety goals adopted by the hospital accreditation committee have six goals. Factors that influence the implementation of patient safety goals include knowledge, workload, and patient safety culture. The purpose of the study was to obtain empirical evidence of the effect of knowledge and workload on the implementation of patient safety goals mediated by patient safety culture. This is a causative quantitative analytic study with a cross-sectional research design. The sample population of this study was 140 nurses with saturated sampling technique. The primary data was collected through questionnaire distributed by Google Form to 140 respondents. The analysis was carried

out using path analysis.

The results showed that knowledge, workload, and patient safety culture simultaneously had a positive and significant effect on the implementation of patient safety goals. The research findings show that patient safety culture is able to mediate the implementation of patient safety goals. The workload does not have a direct influence on the implementation of patient safety goals.

Keyword: knowledge, workload, safety culture, patient safety goals implementation.

PENDAHULUAN

Rumah sakit menjadi tujuan utama masyarakat ketika membutuhkan pelayanan kesehatan. Mereka yang datang ke rumah sakit berhak mendapatkan pelayanan yang bermutu dan aman. Namun demikian, kadang kala pasien mengalami kejadian yang dapat berdampak pada keselamatannya. Kejadian yang dimaksud biasa disebut dengan istilah Insiden Keselamatan Pasien (IKP). Insiden Keselamatan Pasien bervariasi, mulai dari Kondisi Potensial Cedera (KPC), Kejadian Nyaris Cedera (KNC), Kejadian Tidak Cedera (KTC), sampai Kejadian Tidak Diharapkan (KTD). Adapun KTD dengan dampak sangat berat hingga menyebabkan cacat atau bahkan kematian disebut dengan istilah *sentinel event*.

Keberhasilan pencegahan insiden keselamatan pasien sangat bergantung pada faktor manusia. Oleh karenanya, pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien adalah beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh pihak rumah sakit dalam upaya menjaga keselamatan pasien.

Kejadian atasan yang marah terhadap perawat yang melaporkan insiden keselamatan pasien terkadang masih ditemukan, seperti di Rumah Sakit X Kota Tangerang. Hal ini adalah indikasi dari rendahnya budaya keselamatan pasien. Adapun dari hasil investigasi sederhana maupun RCA (*Root Cause Analysis*) terhadap beberapa laporan insiden, masih ditemukan alasan lupa atau belum tahu, di mana hal ini membuktikan rendahnya pengetahuan perawat tentang keselamatan pasien. Alasan lain yang ditemukan adalah sibuk, sehingga perlu dilakukan analisis terhadap beban kerja perawat. Temuan ini diperkuat oleh hasil *Focus Group Discussion (FGD)* yang menjadi sumber pengumpulan data awal di Rumah Sakit X di Kota Tangerang, di mana 58% peserta menilai budaya keselamatan

pasien di antara para perawat fungsional di Rumah Sakit X masih rendah, 42% peserta menilai pengetahuan keselamatan pasien di antara para perawat fungsional masih rendah, dan 50% peserta menilai beban kerja perawat di Rumah Sakit X sudah dikelola dengan baik. Lebih dari 70% insiden di Rumah Sakit X Kota Tangerang yang dilaporkan, baik KPC, KNC, KTC, atau bahkan KTD, melibatkan perawat fungsional yang menangani pasien secara langsung. Hal ini tidak mengherankan mengingat perawat adalah sumber daya manusia yang paling banyak jumlahnya di rumah sakit. Berdasarkan data dari bulan Januari sampai Maret 2020, terdapat laporan sebanyak 1 KPC, 3 KNC, 2 KTC, dan 2 KTD, yang keseluruhannya melibatkan perawat. Jika dilihat dari hasil investigasi sederhana maupun analisis akar masalah (*Root Cause Analysis/RCA*), alasan yang paling sering muncul adalah beban kerja yang berlebih dan kurangnya pengetahuan tentang keselamatan pasien.

Banyaknya kasus yang terjadi merupakan akibat dari tingginya *turn over* perawat di Rumah Sakit X Kota Tangerang. Bagi perawat baru, yang belum memiliki cukup pengetahuan dan pengalaman bekerja di rumah sakit, pelaporan insiden adalah pengalaman baru yang membutuhkan pengulangan agar dapat menjadi suatu kebiasaan. Kebaruan dari penelitian ini adalah menempatkan budaya keselamatan pasien sebagai variabel mediasi, di samping penggunaan *path analysis* sebagai metode analisis data.

TINJAUAN PUSTAKA

Keselamatan pasien merupakan faktor penting dalam menilai mutu pelayanan rumah sakit. Keselamatan sebagai domain pertama dari kualitas pelayanan rumah sakit merujuk pada jargon

“bebas dari cedera yang tidak disengaja” (Kohn et al., 2008).

Sasaran Keselamatan Pasien (SKP) terdiri dari 6 sasaran, sebagai berikut:

Sasaran 1 : Mengidentifikasi pasien dengan benar

Sasaran 2 : Meningkatkan komunikasi yang efektif

Sasaran 3 : Meningkatkan keamanan obat-obatan yang harus diwaspadai (*High Alert Medications*)

Sasaran 4 : Memastikan lokasi pembedahan, disertai prosedur yang tepat, dan dilakukan pada pasien yang benar

Sasaran 5: Mengurangi risiko infeksi terkait pelayanan kesehatan

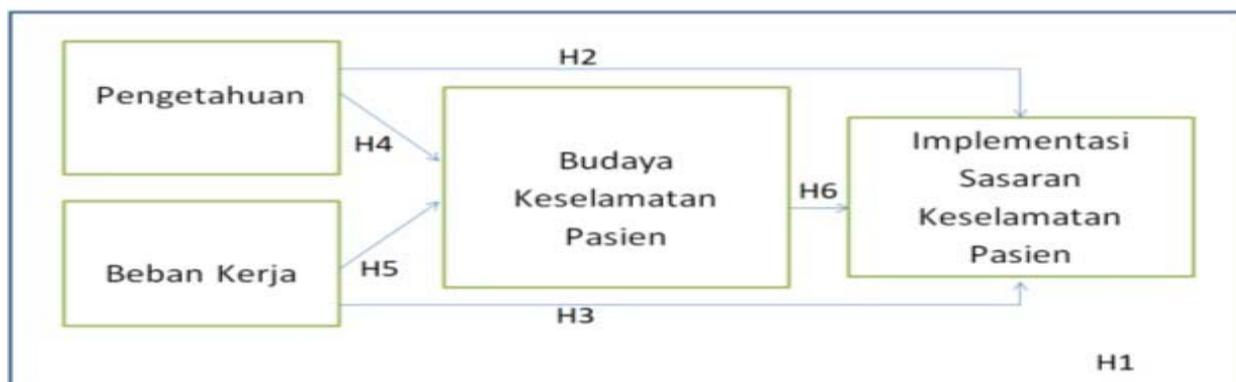
Sasaran 6: Mengurangi risiko cedera pasien akibat

terjatuh (Commission et al.)

Sesuai dengan kondisi yang ditemukan di Rumah Sakit X Kota Tangerang, maka penelitian ini hanya akan difokuskan pada sasaran 1 dan sasaran 5. Implementasi sasaran keselamatan pasien harus dilakukan secara terus-menerus dan berkelanjutan karena berfungsi sebagai lapisan pertahanan untuk mencegah terjadinya insiden.

Budaya keselamatan pasien terbangun dari sikap, kepercayaan, persepsi, dan nilai-nilai yang dimiliki oleh semua karyawan dalam konteks keamanan (Cox et al., 1998). Budaya keselamatan pasien mendefinisikan sistem kepercayaan kita yang akan mengatur bagaimana kita bersikap (Donaldson, 2021).

Model Penelitian



Hubungan Antar Variabel dan Hipotesis Penelitian

Menurut Wobeser (2007), hipotesis merupakan pernyataan yang bersifat tentatif tentang solusi masalah. Hipotesis menawarkan solusi dari masalah yang akan diverifikasi secara empiris berdasarkan beberapa alasan. Dalam penelitian ini, peneliti menyusun enam hipotesis berdasarkan identifikasi dan rumusan masalah, sebagai berikut:

H1 : Terdapat pengaruh positif pengetahuan dan beban kerja, yang secara bersamaan memengaruhi implementasi sasaran keselamatan pasien, di mana budaya keselamatan pasien menjadi variabel intervening di Rumah Sakit X Kota Tangerang.

H2 : Terdapat pengaruh positif pengetahuan

terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien di Rumah Sakit X Kota Tangerang.

H3 : Terdapat pengaruh beban kerja terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien di Rumah Sakit X Kota Tangerang.

H4 : Terdapat pengaruh pengetahuan terhadap budaya keselamatan pasien di Rumah Sakit X Kota Tangerang.

H5 : Terdapat pengaruh beban kerja terhadap budaya keselamatan pasien di Rumah Sakit X Kota Tangerang

H6 : Terdapat pengaruh budaya keselamatan pasien terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien di Rumah Sakit X Kota Tangerang.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kuantitatif kausalitas dengan pendekatan desain penelitian *cross-sectional*. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk melihat pengaruh pengetahuan dan beban kerja terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien dengan budaya keselamatan pasien sebagai mediator. Pengujian hipotesis dilakukan untuk melihat pengaruh antar variabel. Teknik analisis data yang akan digunakan adalah teknik *path analysis*, di mana pengolahan statistiknya menggunakan program *Analysis of Moment Structure (AMOS)*.

Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer. Pada variabel pengetahuan, beban kerja, budaya keselamatan pasien, dan implementasi sasaran keselamatan pasien, data akan dinilai melalui kuesioner tertutup, di mana pada setiap item pernyataan disediakan pilihan jawaban berupa *rating scale* dengan menggunakan skala *Likert*, dengan nilai terendah adalah satu dan nilai tertinggi adalah lima. Kuesioner akan disebar secara daring dalam bentuk *google form* kepada 140 responden. Uji validitas dilakukan menggunakan *Pearson Product Moment Correlation* terhadap data dari 30 responden yang diambil untuk pengujian. Data yang diuji akan dikatakan valid jika nilai r hitung $> r$ tabel, sedangkan item kuisisioner yang tidak

valid tidak akan diikutsertakan pada analisis lebih lanjut. Semua variabel penelitian sudah dinyatakan reliabel dan memenuhi syarat setelah melalui uji reliabilitas menggunakan uji *Cronbach Alpha* (α) $> 0,6$.

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Deskriptif

Penelitian ini dilakukan dengan membagikan kuesioner kepada 140 perawat fungsional di Rumah Sakit X Kota Tangerang, di mana kuesioner yang kembali berjumlah 140 (100%). Responden dalam penelitian ini dibagi dalam beberapa kategori, yaitu jenis kelamin, usia, unit kerja, dan pendidikan terakhir. Dari 140 responden yang diteliti di Rumah Sakit X Kota Tangerang, jumlah responden perempuan lebih banyak dari responden laki-laki, yaitu 114 orang (81%). Adapun usia sebagian besar responden adalah antara 26-35 tahun (72 orang atau 51%), dengan pendidikan terakhir D3 sebanyak 104 orang (74,3%). Unit kerja dengan perawat terbanyak adalah di ruang rawat inap isolasi, yakni 29 orang (20,7%). Hasil deskripsi jawaban responden mengenai sikap dalam berperilaku dapat dilihat dalam matriks perilaku pada Tabel 1.

Tabel 1 Matrix Tanggapan Responden RS X Kota Tangerang

No.	Variabel	Posisi Tanggapan Responden			
		Rendah	Sedang	Tinggi	Perilaku
1	Pengetahuan			*	Kompeten
2	Beban kerja			*	
3	Budaya keselamatan pasien			*	
4	Implementasi sasaran keselamatan pasien			*	

Uji Normalitas

Uji normalitas dengan program AMOS bertujuan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh berdistribusi normal atau tidak. Data

dikatakan berdistribusi normal bila nilai $c.r$ $\pm 2,58$ dan tidak ada yang menjadi *outlier* (p -value $< 0,001$) pada uji *outlier*.

Tabel 2 Data Uji Normalitas

Variable	min	max	skew	c.r.	kurtosis	c.r.
Beban Kerja	2.250	5.000	-.077	-.374	-.212	-.512
Pengetahuan	3.556	5.000	-.271	-1.309	-.986	-2.382

Budaya	2.524	5.000	-.078	-.376	-.140	.337
SKP	3.000	5.000	-.423	-2.045	-.769	-1.858
Multivariate					2.000	1.736

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai pada kolom c.r (*Skewness*) berada dalam rentang nilai $\pm 2,58$, yang artinya data penelitian yang didapat berdistribusi normal.

Tabel 3 Hasil Uji *Outlier*

Observation number	Mahalanobis d-squared	p1	p2
77	18.023	.001	.157
102	16.780	.002	.036
37	13.651	.008	.117
101	13.179	.010	.060
124	12.677	.013	.036
69	10.301	.036	.383
66	10.156	.038	.281
87	9.980	.041	.213
78	9.345	.053	.326
65	9.150	.057	.285

Tabel 3 menunjukkan hasil uji *outlier*, di mana tidak ada satu observasi pun yang memiliki *p-value* <0,001, yang berarti tidak

terjadi *outlier*. Hal ini juga menunjukkan bahwa data yang didapat berdistribusi normal.

Tabel 4 Hasil Uji *Goodness of Fit*

<i>Goodness of fit</i>	<i>Cut – off value</i>	Hasil Model	Keterangan
X ² - chi square	Diharapkan nilainya kecil dengan DF = 1 nilai tabelnya = 3.815	0,629	Baik
<i>Probability</i>	≥ 0,05	0,428	Baik
<i>Cmin/DF</i>	≤ 2	0,629	Baik
<i>GFI</i>	≥ 0,90	0,998	Baik
<i>RMSEA</i>	≤ 0,079	0,000	Baik
<i>AGFI</i>	≥ 0,90	0,978	Baik
<i>TLI</i>	≥ 0,90	1.010	Baik
<i>CFI</i>	≥ 0,90	1.000	Baik

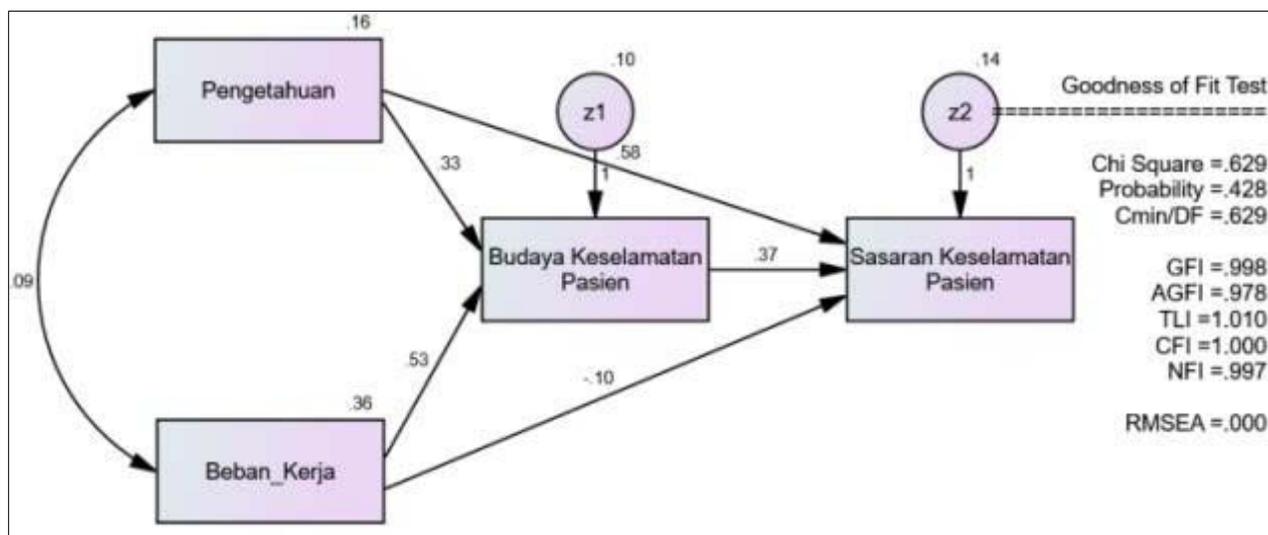
Tabel 4 menunjukkan bahwa nilai X² – *Chi Square* adalah 0.629 dengan probabilitas p=0.428. Tingkat probabilitas di atas 0,05 menunjukkan bahwa Ho yang menyatakan tidak terdapat perbedaan antara matrik kovarians sampel dengan matrik kovarians populasi yang diestimasi, dapat diterima. Jika matrik kovarians sampel dan matriks kovarians populasi yang diestimasi bernilai sama, maka model dapat dinyatakan

sebagai model yang baik (*fit*).

Pengujian Hipotesis

Hubungan antar variabel, baik langsung maupun tidak langsung, diuji menggunakan program AMOS, di mana hasilnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 1 Model Konstruk Penelitian



Tabel 5 Hasil Uji Hipotesis Pengaruh Langsung

Variabel	Standard Estimate	S.E.	C.R.	P	Ket
Pengetahuan terhadap Implementasi sasaran keselamatan pasien	0.456	0.095	6.061	0.000	(H2) Diterima
Beban kerja terhadap Implementasi sasaran keselamatan pasien	-0.121	0.079	-1.261	0.207	(H3) Ditolak
Pengetahuan terhadap Budaya keselamatan pasien	0.257	0.074	4.399	0.000	(H4) Diterima
Beban kerja terhadap Budaya keselamatan pasien	0.635	0.048	10.857	0.000	(H5) Diterima
Budaya keselamatan pasien terhadap Implementasi sasaran keselamatan pasien	0.367	0.102	3.588	0.000	(H6) Diterima

PEMBAHASAN

Uji hipotesis dengan *path analysis* dan bantuan program AMOS membuktikan adanya pengaruh yang signifikan (*p-value* 0.000 – 0.012) dari pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Nilai estimasi 11.9% dan 19.2% memberi gambaran bahwa budaya keselamatan pasien sebagai variabel intervening berpengaruh positif pada *outcome* pengetahuan dan beban kerja, meskipun nilainya kecil. Hal ini terjadi karena masih ada faktor lain yang memengaruhi hubungan variabel tersebut, yang tidak diteliti dalam penelitian ini.

Dari hasil analisis determinasi, tingkat pengaruh pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien adalah sebesar 41.8%, sedangkan sisanya dipengaruhi oleh faktor lain di luar penelitian ini.

Implementasi sasaran keselamatan pasien menjadi perilaku baru bagi petugas kesehatan, terlebih bagi perawat yang baru memulai karir di dunia rumah sakit. Oleh sebab itu, penerapan perilaku ini membutuhkan faktor-faktor yang mendukung dalam pelaksanaannya. Budaya keselamatan dan pengetahuan adalah faktor-faktor yang berpengaruh kuat terhadap perilaku seseorang (Tylor, 1871), (Geertz, 1973), (Hofstede, 2011). Menurut Tylor (1871), budaya adalah suatu kompleks yang terdiri dari

pengetahuan, kepercayaan, seni, hukum, moral, kebiasaan, dan kemampuan yang diperoleh seseorang sebagai bagian dari suatu komunitas, di mana dalam konteks penelitian ini adalah komunitas rumah sakit.

Pengaruh pengetahuan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien

Dari hasil uji hipotesis, didapatkan pengaruh positif pengetahuan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien (*p-value* <0,05) dengan nilai estimasi sebesar 0.456 (45.6%), sedangkan 54.4% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian ini. Adapun jika dimediasi oleh budaya keselamatan pasien, maka didapatkan nilai estimasi sebesar 0.119. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa budaya keselamatan pasien juga memiliki peran dalam meningkatkan implementasi sasaran keselamatan pasien.

Hasil analisis deskriptif menggunakan *three box method* pada variabel pengetahuan, menunjukkan nilai indeks tertinggi terdapat pada P7 indikator pengurangan risiko infeksi terkait pelayanan kesehatan, yaitu “saya dapat menjelaskan *five moments of hand hygiene*” dengan skor 93.43, sedangkan nilai terendah terdapat pada P1 indikator pelaporan insiden, yaitu “saya mengerti cara melaporkan insiden keselamatan pasien” dengan skor 82.86. Oleh sebab itu, pihak rumah sakit harus lebih memperhatikan pelaporan insiden keselamatan pasien demi meningkatkan implementasi sasaran keselamatan pasien.

Beberapa penelitian lain yang dilakukan di Indonesia juga mendukung pembahasan mengenai hubungan pengetahuan para perawat terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Sithi & Widyastuti (2019) melakukan penelitian tentang faktor-faktor yang berkontribusi saat terjadi insiden keselamatan pasien pada pasien rawat inap di sebuah rumah sakit di Kota Depok. Dalam penelitian ini, ditemukan bahwa faktor manusia dan pengetahuan merupakan faktor yang paling berkontribusi pada insiden keselamatan pasien. Penelitian yang dilakukan oleh Soeryo Koesoemo et al. (2018) menunjukkan adanya hubungan antara pengetahuan dan sikap perawat dengan penerapan sasaran keselamatan pasien di ruang rawat inap Rumah Sakit Aulia, Jakarta Selatan. Syarianingsih Syam & Kurnia Widi Hastuti

(2018) juga melakukan penelitian tentang hubungan pengetahuan dan sikap perawat terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien di RSUD Yogyakarta.

Pengaruh beban kerja terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien

Uji hipotesis yang dilakukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa ternyata tidak ada pengaruh beban kerja terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien, di mana *p-value* 0,207 (>0,05) dengan nilai estimasi -0.121.

Hasil analisis distribusi responden dengan *three box method* memberikan nilai indeks rata-rata sebesar 73,77 atau tergolong tinggi. Nilai indeks tertinggi (80,71) terdapat pada BK4 indikator level tugas, yaitu “Saya merasa setiap tugas saya dapat saya selesaikan”, sedangkan nilai indeks terendah (65,57) terdapat pada BK1 indikator level unit, yaitu “Saya merasa beban kerja unit saya seimbang antara jumlah pasien dengan jumlah perawat”. Namun demikian, sebanyak 40% karyawan menilai ragu-ragu bahwa ada keseimbangan antara jumlah pasien dengan jumlah perawat.

Penurunan pelayanan akan memengaruhi tingkat kepuasan pasien dan keluarga, yang pada akhirnya akan berdampak pada kredibilitas rumah sakit di mata masyarakat. Salah satu faktor yang memengaruhi risiko penurunan pelayanan adalah peningkatan beban kerja, yang dapat terjadi jika jumlah perawat tidak sesuai dengan tingkat kebutuhan rumah sakit (Gillies, 2009). Sebenarnya pihak rumah sakit dapat menggunakan berbagai metode untuk memperkirakan jumlah tenaga perawat yang sesuai dengan kondisi dan kebutuhan rumah sakit. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah formula hasil lokakarya Persatuan Perawat Nasional Indonesia (PPNI), di mana jumlah tenaga perawat yang dibutuhkan dihitung dengan mempertimbangkan jumlah kunjungan serta lama pasien dirawat. Metode ini juga dapat digunakan apabila kemampuan dan sumber daya untuk perencanaan personel terbatas. Dengan memperhitungkan daya tampung rawat inap *full* (total terpakai), maka jenis, tipe, dan volume pelayanan kesehatan akan relatif stabil dan lebih efektif. Dengan demikian, rumah sakit akan lebih siap jika sewaktu-waktu terjadi lonjakan kasus.

Hasil penelitian ini mendukung penelitian Sitanggang (2019), yang menyatakan bahwa

kekuatan hubungan antara variabel beban kerja perawat dan keselamatan pasien masih sangat lemah. Meskipun demikian, beban kerja tetap harus dipertimbangkan sebagai dasar untuk menentukan kapasitas kerja agar terjadi keseimbangan antara jumlah perawat dengan beban kerja. Dalam konteks ini, beban kerja dapat diartikan sebagai volume kerja perawat di sebuah unit rumah sakit, sedangkan kapasitas kerja merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menangani pasien per hari.

Pengaruh pengetahuan terhadap budaya keselamatan pasien

Dari hasil penghitungan statistik menggunakan Amos V21, dapat diketahui bahwa pengetahuan memiliki pengaruh yang positif dan signifikan terhadap budaya keselamatan pasien. Melalui uji koefisien determinasi (R^2), dapat diketahui bahwa variabel pengetahuan memengaruhi budaya keselamatan pasien dengan nilai estimasi sebesar 0.257 (25,7%), sedangkan 74,3% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian ini.

Levett-Jones et al. (2020) melakukan penelitian dengan mengeksplorasi pengetahuan para perawat tentang keselamatan pasien. Dari hasil penelitian tersebut, menurutnya persepsi atau kepercayaan diri perawat tentang tingkat pengetahuan mereka lebih berpengaruh terhadap pembentukan budaya keselamatan pasien daripada level pengetahuan yang aktual.

Hal ini sesuai dengan pendapat Waterson (2014) dalam bukunya, *Patient Safety Culture: Theory, Methods, and Application - 1st edition*, yang menyatakan bahwa budaya keselamatan pasien terbentuk dari proses belajar, oleh karenanya terdapat hubungan antara pengetahuan dan budaya.

Dengan demikian, semakin tinggi atau semakin dalam pengetahuan seseorang terhadap sesuatu, semakin mungkin pengetahuan tersebut berkembang menjadi budaya dalam dirinya. Penelitian-penelitian terdahulu yang mengaitkan pengetahuan dan proses belajar dengan budaya keselamatan pasien, yaitu (Levett-Jones et al., 2020), (Abu-El-Noor et al., 2019), (Akologo et al., 2019), (Sithi & Widyastuti, 2019), (Wu et al., 2019), (Cooper, 2018), (Buharia et al., 2018), (Danielsson et al., 2018), (Ammouri et al., 2015), (Waterson, 2014), (Ulrich & Kear, 2014), (Antonsen, 2009).

Pengaruh beban kerja terhadap budaya keselamatan pasien

Berdasarkan hasil pengujian statistik diketahui bahwa beban kerja berpengaruh positif dan signifikan terhadap budaya keselamatan pasien dengan nilai estimasi sebesar 63,5%, sedangkan 36,5% sisanya dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian. Variabel ini tampak sebagai variabel yang paling dominan dalam memengaruhi budaya keselamatan kerja.

Hasil analisis deskriptif dengan *three box methode*, memberikan nilai indeks rata-rata sebesar 73,77 atau tergolong tinggi. Nilai indeks tertinggi (80,71) terdapat pada BK4 indikator level tugas, yaitu “Saya merasa setiap tugas saya dapat saya selesaikan”, sedangkan nilai indeks pada BK9 indikator level pasien, yaitu “Saya merasa pembagian pasien cukup merata di antara semua petugas kesehatan”, memiliki nilai indeks sebesar 71.

Hasil penelitian ini sesuai dengan Flin et al. (2000) dalam bukunya *Measuring safety climate: identifying the common features*, yang mengemukakan bahwa salah satu faktor yang memengaruhi budaya keselamatan pasien adalah tekanan pekerjaan, dalam artian lingkungan tempat kerja dan beban kerja. Penelitian terdahulu juga telah menemukan hubungan antara beban kerja dengan budaya keselamatan pasien.

Waterson (2014), dalam buku *Patient Safety Culture: Theory, Methods, and Application - 1st edition*, mengemukakan bahwa pembentukan budaya keselamatan pasien dapat terhalang oleh hal-hal yang tidak disukai, seperti beban kerja yang berlebih, yang dapat menjadi faktor negatif bagi seseorang untuk mengadopsi budaya baru. Penelitian lain juga menunjukkan bahwa beban kerja berlebih atau organisasi yang terlalu menekankan efisiensi kerja, dapat menghambat proses belajar perawat dalam pembentukan budaya keselamatan pasien (Cho & Jang, 2020), (Aiken, 2019).

Pengaruh budaya keselamatan pasien terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien

Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa budaya keselamatan pasien berpengaruh positif dan signifikan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien, dengan nilai estimasi sebesar 36,7%, sedangkan 63,3% sisanya

dipengaruhi oleh variabel lain di luar penelitian. Nilai indeks rata-rata berdasarkan analisis deskriptif dengan *three box method*, menunjukkan nilai sebesar 78,33 atau tergolong tinggi. Nilai indeks tertinggi terdapat pada BPK4 indikator sistem keselamatan, yaitu "Saya merasa rumah sakit telah memiliki SPO yang baik dalam pelaksanaan keselamatan pasien" dengan nilai 82,86, sedangkan nilai indeks terendah (70,29) terdapat pada BPK8 indikator tekanan kerja, yaitu "Saya selalu dapat mengatasi tekanan kerja di rumah sakit ini". Namun demikian, ada 44% karyawan yang menjawab ragu-ragu dapat mengatasi masalah tekanan kerja di lingkungan rumah sakit.

Hasil penelitian yang mendukung hipotesis yang mengemukakan bahwa budaya adalah faktor kuat yang memengaruhi pelaksanaan implementasi sasaran keselamatan pasien, di antaranya adalah (Levett- Jones et al., 2020), (Abu-El-Noor et al., 2019), (Akologo et al., 2019), (Sithi & Widyastuti, 2019), (Wu et al., 2019), (Cooper, 2018), (Buharia et al., 2018), (Danielsson et al., 2018), (Ammouri et al., 2015), (Waterson, 2014), (Ulrich & Kear, 2014), (Antonsen, 2009).

Temuan Penelitian

Jika dilihat dari hasil penelitian, ditemukan bahwa beban kerja ternyata tidak berpengaruh secara signifikan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Hal ini juga menunjukkan hubungan yang lemah di antara kedua variabel, sebagaimana hasil penelitian Sitanggung (2019) yang mengungkapkan bahwa kekuatan hubungan antara beban kerja perawat dengan keselamatan pasien masih sangat lemah. Beban kerja perawat dapat diartikan sebagai volume kerja perawat di sebuah unit rumah sakit, sedangkan pekerjaan perawat merupakan waktu yang dibutuhkan untuk menangani pasien per hari.

Di sisi lain, beban kerja dapat menjadi variabel yang dominan dalam memengaruhi budaya keselamatan pasien. Beban kerja yang dikelola dengan baik akan menumbuhkan budaya keselamatan pasien yang baik pula. Tenaga keperawatan dan bidan ialah profesional yang menjadi bagian dari pelayanan kesehatan di sebuah rumah sakit. Oleh sebab itu, perhatian akan kondisi perawat sangat diperlukan agar pelayanan yang diberikan selalu mengutamakan

keselamatan pasien. Beban kerja berlebih yang tidak terkontrol dengan baik tentunya akan sangat berpengaruh dalam membentuk budaya keselamatan pasien. Untuk mengatasi hal tersebut, diperlukan adanya upaya pendistribusian tenaga perawat dengan lebih ideal agar program penerapan keselamatan pasien dapat selalu diimplementasikan secara optimal oleh perawat.

Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan yang timbul dalam penelitian ini dapat menjadi sumber referensi bagi penelitian yang akan datang. Keterbatasan tersebut terjadi karena penelitian ini dilakukan pada karyawan yang bekerja di bagian atau bidang yang berbeda-beda, di mana pengetahuan dan beban kerja yang dirasakan akan berbeda pula, misalnya pada karyawan bagian rawat inap dan poliklinik.

Implikasi

Penelitian ini membuktikan hipotesis tentang adanya pengaruh pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Rumah sakit, dalam hal ini pihak manajemen, harus dapat meningkatkan pengetahuan para perawat mengenai keselamatan pasien, di samping mengelola beban kerja para perawat dengan lebih baik, sehingga implementasi sasaran keselamatan pasien dapat dilaksanakan secara maksimal.

Perlu dilakukan evaluasi berkala terhadap para karyawan, terutama perawat fungsional, mengenai pengetahuan keselamatan pasien. Sosialisasi dan resosialisasi keselamatan pasien perlu dijadikan agenda rutin, baik sebagai bentuk laporan insiden maupun sasaran keselamatan pasien. Program ini akan dapat dilakukan secara efektif dan efisien melalui rapat daring secara berkala dan berkesinambungan, apalagi jika ditambah unsur-unsur yang menarik, seperti lomba atau kuis berhadiah untuk menghindari kebosanan. Manajemen beban kerja perawat perlu diperhatikan dengan mengelola jadwal kerja yang baik, sehingga menghilangkan anggapan ketidakseimbangan antara jumlah perawat dan jumlah pasien. Kompetensi perawat dalam menghadapi beban kerja perlu terus ditingkatkan melalui pelatihan dan pendidikan, sehingga beban kerja berlebih dapat dihindari tanpa harus menambah tenaga terlalu banyak. Kerjasama tim

juga perlu dibentuk dan dibangun melalui kegiatan-kegiatan *team building*.

Pimpinan rumah sakit harus terus memperhatikan faktor-faktor penunjang yang membentuk budaya keselamatan pasien, yang dimulai dari manajemen rumah sakit. Dengan demikian, tidak ada pihak yang saling menyalahkan jika terjadi insiden keselamatan pasien.

Apabila seluruh aspek tersebut dapat terpenuhi, diharapkan terbentuk pengetahuan, beban kerja, dan budaya keselamatan pasien, yang mendukung implementasi sasaran keselamatan pasien.

KESIMPULAN

Pengetahuan dan beban kerja, yang dimediasi oleh budaya keselamatan pasien, secara parsial berpengaruh positif dan signifikan terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien. Di samping itu, pengetahuan juga berpengaruh secara langsung terhadap implementasi sasaran keselamatan pasien, sedangkan beban kerja tidak memiliki pengaruh secara langsung.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abu-El-Noor. 2019. "Patient Safety Culture Among Nurses Working in Palestinian Governmental Hospital: A Pathway to a New Policy," *BMC Health Services Research*
2. Aiken. 2019. *Taking Action Against Clinician Burnout*. National Academy of Medicine.
3. Akologo, Alexander. 2019. "A Cross-Sectional Survey on Patient Safety Culture Among Healthcare Providers in the Upper East Region of Ghana," *PLoS ONE*.
4. Ammouri, A. A. 2015. "Patient Safety Culture among Nurses," *International Nursing Review*.
5. Antonsen, Stian. 2009. "Safety Culture and the Issue of Power," *Safety Science*.
6. Buharia, Basok. 2018. "Implementation of Patient Safety in Accredited Hospitals and Its Determining Factors in Jambi City, Indonesia," *Elevate: The International Journal of Nursing Education, Practice and Research*.
7. Cho, Mi Young. 2020. "Nurses' Knowledge, Attitude, and Fall Prevention Practices at South Korean Hospitals: A Cross-Sectional Survey," *BMC Nursing*.
8. Cooper, M. Dominic. 2018. *The Safety Culture Construct: Theory and Practice*. Springer Open
9. Danielsson, Marita. 2018. *Patient Safety: Cultural Perspectives*. LiU-Tryck, Linköping, Sweden
10. Flin, R. 2000. *Measuring Safety Climate: Identifying the Common Features*. Elsevier
11. Geertz, Clifford. 1973. "Thick Description: Toward an Interpretive Theory of Culture," *Interpretation of Cultures*.
12. Gillies, D. A. 2009. *Nursing Managements System Approach (Third edition)*. Philadelphia: WB Saunders.
13. Hofstede, Geert. 2011. "Dimensionalizing Cultures: The Hofstede Model in Context," *Online Readings in Psychology and Culture*.
14. Koesoemo, Soeryo. 2018. "Hubungan Antara Pengetahuan dan Sikap Terhadap Lama Bekerja Perawat dalam Penerapan Sasaran Keselamatan Pasien di Ruang Rawat Inap Rumah Sakit Aulia Jakarta Selatan 2018," *Seminar Nasional Pakar ke 2 Tahun 2019 Buku 1: Sains dan Teknologi*.
15. Kohn, Linda T. 2008. "Rapporteur's Report Session I: Origin of the Problem: Malcolm Ross," *Regulatory Toxicology and Pharmacology*
16. Levett-Jones, Tracy. 2020. A Cross-Sectional Survey of Nursing Students' Patient Safety Knowledge," *Nurse Education Today*.
17. Sitanggang, R. 2019. "Hubungan Beban Kerja Perawat dengan Penerapan Keselamatan Pasien di Rumah Sakit," *E-Journal Keperawatan*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/n9gcp>
18. Sithi, Desak Nyoman. 2019. "Contributing Factor to Incident of Patient Safety within Implementing Patient Safety Goal in Inpatient Depok

- City Hospital Indonesia,” *Annals of Tropical Medicine and Public Health*.
19. Syam, Syarianingsih. 2018. “Relationship Between Knowledge and Attitude with Implementation of Patient Safety Targets in RSUD Yogyakarta,” *Jurnal Medicoeticolegal dan Manajemen Rumah Sakit*
 20. Tylor, E. B. 1871. *Primitive Culture: Researches into the Development of Mythology, Philosophy, Religion, Art and Custom*. <https://books.google.co.id/>
 21. Ulrich, Beth. 2014. “Culture: Foundations of Excellent,” *Nephrology Nursing Journal*.
 22. Waterson. 2014. *Patient Safety Culture: Theory, Methods and Application (1st Edition)*. CRC Press
 23. Wu, Guosong. 2019. “The Association of Patient Safety Culture with Hospital Safety Performance: A Cross-sectional Survey,” *iMedPub Journals*.

STATELESSNESS DI PERBATASAN INDONESIA-FILIPINA DALAM MENDUKUNG STABILITAS PERTAHANAN NEGARA

STATELESSNESS IN THE INDONESIAN-PHILIPPINES BORDER TO SUPPORT THE STABILITY OF THE STATE DEFENSE

Misyanto

misyantoilyas21@yahoo.co.id

ABSTRAK

Statelessness tidak hanya masalah administrasi antarnegara, tapi menyentuh persoalan kemanusiaan. Tujuan penelitian untuk menganalisis eksistensi statelessness di perbatasan Indonesia-Filipina yang berimplikasi pada pertahanan negara, di samping masalah kemanusiaan. Tulisan ini menyimpulkan, karakteristik kehidupan sosial, ekonomi, dan lingkungan statelessness serta regulasi yang ada di Indonesia dan Filipina menyulitkan penyelesaian tuntas masalah statelessness. Namun demikian, dengan strategi paradiplomasi Pemda Sulawesi Utara dalam memberdayakan statelessness untuk mendukung pertahanan negara, maka dalam kehidupan berkelanjutan dapat mendukung percepatan penyelesaian masalah tersebut.

Kata kunci: *statelessnes*, paradiplomasi, kemanusiaan, pertahanan negara

ABSTRACT

Statelessness is not only an administrative problem between countries, but also a humanitarian issue. The purpose of this study is to analyze the existence of statelessness in the Indonesia-Philippines border which has implications for national defense besides humanitarian issues. This article concludes that social, economic and environmental characteristics of statelessness and the current regulations in Indonesia and Philippines make it difficult to completely solve the problem of statelessness. However, with the North Sulawesi Government's para-diplomacy strategy in empowering statelessness to support national defense, sustainable living would support the acceleration of statelessness resolution.

Keywords: *statelessness, paradiplomacy, humanity, national defense*

PENDAHULUAN

Pada tahun 1956 pemerintah Indonesia dan Filipina telah menyepakati *Border Crossing Agreement* (BCA) untuk beberapa pulau, yakni pulau Marore, Kawio, Kawaluso, Tinakareng, dan Bukide. Kesepakatan tersebut kemudian direvisi pada tahun 1975 untuk pos pengurusan kartu keluar-masuk *border-area* di wilayah Filipina, seperti di Mabila, pulau Balut, Tanjung San Agustin, Bongao dan Tawi-Tawi, sedangkan untuk wilayah Indonesia adalah pulau Marore, pulau Miangas, dan Tarakan

(Pristiwanto, 2016: 43). Dengan adanya kesepakatan tersebut, persoalan batas wilayah negara sudah dapat diatasi dengan baik. Akan tetapi pemasalahan lain, yakni adanya individu yang belum mendapatkan status kewarganegaraan (*statelessness*), sampai saat ini masih belum tuntas, di mana pada tahun 2011 terdapat 8.744 jiwa. Pemerintah Filipina telah memberikan 2.012 status kewarganegaraan tahun 2017 sebagai upaya untuk mengurangi permasalahan tersebut (*liputan6*, 17/11/2017), sementara pemerintah Indonesia baru memberikan 277 status kewarganegaraan pada tahun 2018 (<https://www.kemenkumham.go.id/>

03 Des 2018). Meskipun demikian, masih terdapat lebih dari 5.000 *statelessness* di wilayah Indonesia dan Filipina yang menjadikan wilayah tersebut rawan terhadap pelanggaran dan dapat berdampak pada stabilitas pertahanan negara, bahkan hubungan Indonesia-Filipina.

Di sisi lain, terjadi pelanggaran-pelanggaran, seperti adanya kerusakan patok atau pemindahan tanda batas negara, penyalahgunaan batas negara sebagai jalur distribusi narkoba, jalur penyelundupan barang atau hewan tertentu, jalur penyelundupan manusia secara ilegal, jalur pelarian kejahatan, dan lain sebagainya. Dengan beragam masalah yang dihadapi, pemerintah sebenarnya telah melakukan beberapa kebijakan, antara lain: Kebijakan Pengelolaan Batas Wilayah Negara, yang menjadi kewenangan pemerintah pusat dengan melibatkan peran pemerintah daerah melalui Sistem Pengamanan Perbatasan Terpadu (*Integrated Border Security Systems*); Pemerintah daerah harus bisa mengawasi dan melaporkan kondisi patok atau tanda batas negara; Pada level pemerintahan desa, penguatan peran serta fungsi pemerintah desa dalam menjaga pertahanan dan keamanan garis batas negara juga diperlukan; Peran Lembaga Kemasyarakatan Desa (LKD) dan Mitra Desa juga perlu dilibatkan; Dan yang tak kalah penting adalah peran serta masyarakat dalam pengelolaan batas wilayah negara dalam bentuk laporan terkait dengan pertahanan dan keamanan di wilayah perbatasan maupun dukungan lain sebagai warga negara. Di luar kebijakan-kebijakan yang telah diambil, Presiden Joko Widodo juga memiliki dua misi dalam menyelesaikan masalah perbatasan, yakni pembangunan yang merata dan pembangunan yang berkeadilan. Keduanya harus diwujudkan dengan berorientasi pada pembangunan di daerah perbatasan yang akan langsung difokuskan pada kebutuhan-kebutuhan desa terdepan, walaupun konsepsi pengelolaan perbatasan saat ini masih menggunakan pendekatan di level kecamatan (<https://www.bnpp.go.id>).

Pada perkembangannya, *statelessness* tidak hanya menjadi persoalan administrasi negara tapi juga menjadi persoalan kemanusiaan dan pertahanan negara, sebab penataan kewarganegaraan merupakan salah satu unsur penting yang mempengaruhi eksistensi suatu negara. Negara akan disebut gagal apabila lembaga publik yang mestinya mendukung kepentingan masyarakat malah cenderung

merusak legitimasi moral keberadaan negara itu sendiri. Identitas diri yang diberikan oleh negara merupakan barang politik yang paling penting dalam penyusunan data penduduk, status hukum, keamanan, ekonomi, komunikasi, kesejahteraan, dan peluang berpartisipasi dalam proses politik (Bogdandy et al., 2005: 580).

António Guterres, Komisaris Tinggi PBB untuk Pengungsi (2014), dalam pengantar buku *Global Action Plan 2014-2024*, menjelaskan bahwa *statelessness* adalah pelanggaran serius terhadap hak asasi manusia secara individu. Akan sangat tidak etis untuk mengabaikan persoalan ini ketika solusi yang sangat jelas untuk mengakhirinya sebenarnya sudah ada. UNHCR telah mengidentifikasi *statelessness* di seluruh dunia sebelum melakukan kerjasama dan diskusi dengan pemerintah berbagai negara. Hasil penting telah dicapai ketika kampanye UNHCR dimulai, di mana lebih dari 166.000 orang tanpa kewarganegaraan telah dikonfirmasi memperoleh atau memiliki kewarganegaraan. Sulitnya negara dalam menetapkan atau meningkatkan prosedur penentuan kewarganegaraan dapat diatasi dengan mereformasi undang-undang kebangsaan dan penghapusan diskriminasi gender yang mencegah perempuan untuk 'mewariskan' status kewarganegaraan kepada anak-anak mereka.

Ditopangnya tata kelola masyarakat global oleh kekuatan kapitalis yang menguasai arena sumber daya manusia dan alam, memerlukan pemikiran ulang terhadap masalah kewarganegaraan atas dasar hak asasi manusia dan keadilan sosial. Usaha untuk mengorganisir masyarakat secara eksklusif berdasarkan prinsip-prinsip pasar secara sosial harus diimbangi oleh kekuatan negara, ruang publik dan masyarakat sipil yang kuat. Melalui epistemologi sejarah dan naturalisme, narasi perebutan modal sosial dan rasial memperingatkan bahwa otoritas pasar yang semakin berkembang akan mendistorsi nonkontraktualisme kewarganegaraan, di mana hak, inklusi, dan nilai moral, semakin bergantung pada nilai pasar kontrak. Hak sebagai barang publik akan berakar pada aliansi kekuatan publik, keanggotaan politik, dan praktik sosial pengakuan moral, yang setara dengan istilah 'hak untuk memiliki hak'. 'Hak untuk memiliki hak', pada dasarnya, menggabungkan elemen yang diperlukan dari masing-masing teori dengan mengabaikan asumsi tambahan yang kurang menarik, seperti desakan liberalisme terhadap landasan kebebasan di dalam pasar dan hak-hak alami

yang diberikan oleh sebuah negara. Hasilnya merupakan konfigurasi yang bersifat familial, di mana hak keanggotaan dan inklusi melekat dalam 'hak untuk memiliki hak' menggabungkan aspek republikanisme dan komunitarianisme, sementara pada saat yang sama, ia juga menganut prinsip kebebasan individu, bukan dalam konteks alami tetapi dalam solidarisme dan keanggotaan masyarakat sipil. Sebagian aspek dari liberalisme, republikanisme, dan komunitarianisme menemukan jalan mereka masing-masing untuk masuk ke dalam kelompok hak kedua yang bersifat substantif. Pada prinsipnya, kelompok hak kedua dapat mencakup sebanyak mungkin teori prinsip, karena timbulnya masalah sosial dan klaim terkait kesetaraan, pengakuan, dan inklusi (Somers, 2008: i-28).

Persoalan lintas batas negara juga berdampak pada persoalan siklus ekonomi masyarakat nelayan di perbatasan, sebab negara harus membatasi ruang gerak mereka. Persoalannya adalah apakah kebijakan tersebut berdampak lebih baik atau malah sebaliknya? Dan bagaimanakah perbedaan pengelolaan kebijakan masing-masing negara beserta implikasinya di bidang politik, budaya, serta keamanan dan pertahanan negara. Sebagai catatan, banyak warga keturunan Indonesia yang tinggal di Filipina memilih menjadi warga negara Filipina, dan sebaliknya, hanya sedikit *statelessness* yang tinggal di wilayah Indonesia yang mendapatkan status kewarganegaraan. Apakah hal ini terjadi karena pertimbangan regulasi, alasan ekonomi, keamanan atau adakah faktor lain?

Dalam konteks NKRI, keterlibatan daerah menjadi faktor yang penting dalam memperkuat keutuhan wilayah, di mana masyarakat harus taat terhadap berbagai regulasi yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Oleh sebab itu, pemerintah daerah juga perlu untuk memperhatikan kepentingan masyarakat lokal sehingga tiap kebijakan dapat terlaksana dengan baik. Interaksi berbagai kepentingan dan penyelesaian masalah di kawasan regional seyogyanya memang ditentukan oleh negara-negara yang terlibat, seperti dalam persoalan *statelessness* antara Filipina-Sangihe (Pisang), di mana peran pemerintah daerah dalam pembinaan masyarakat dan penataan ekonomi riil masyarakat harus tetap dalam kerangka pertahanan negara.

Di luar wewenang yang diberikan UU Otonomi Daerah, Pemda Sulut dapat mengambil

peran sebagai unit negara yang mendukung keamanan regional dalam penyelesaian masalah *statelessness*. Peran tersebut dapat dilihat salah satunya melalui inisiatif Dandim Talaud dan Pemda Kabupaten Talaud untuk melakukan *sweeping* terhadap warga Filipina yang masuk ke kawasan Indonesia. Hal ini merupakan suatu tindakan paradiplomasi yang ditempuh tanpa menunggu instruksi dari pusat.

Statelessness pada satu sisi dapat merugikan masyarakat dan menjadi potensi *transnational crime*, jalur lintas teroris, penyeludupan senjata, narkoba, perdagangan manusia, dll. Adapun di sisi lain, persoalan ini menjadi kepentingan neokapitalis dan menjadi masalah kemanusiaan. Aturan hukum Indonesia seperti urusan keamanan, agama, fiskal/moneter, dan semacamnya, adalah urusan pemerintah pusat, sedangkan keadaan nyata di lapangan menjadi tanggung jawab pemerintah daerah. Bagaimana regulasi dan implementasinya kewarganegaraan oleh Filipina dan Indonesia. Sistem pemerintahan Indonesia yang bertingkat, mulai dari pemerintah pusat, provinsi, kabupaten, sampai ke tingkat desa, harus mengambil peran masing-masing dalam menerobos kepentingan regional, global, maupun kemanusiaan dalam rangka memperkokoh pertahanan negara. Penelitian ini akan difokuskan pada peran paradiplomasi Pemerintah Daerah Kabupaten Talaud untuk memberdayakan *statelessness* dalam konteks pertahanan negara.

TINJAUAN PUSTAKA

Regional Security Complexes (RSC)

Teori *Regional Security Complexes (RSC)* atau keamanan regional kompleks dipandang relevan untuk menangani masalah *statelessness* di perbatasan dua negara. Penekanan teori ini dikonstruksi oleh logika regionalisasi yang kuat pasca Perang Dingin. Perubahan-perubahan sifat dalam agenda keamanan ikut memeriksa bangkitnya keamanan ekonomi dan lingkungan, di mana terdapat jenis ancaman dan objek rujukan baru, yang diikuti oleh penurunan arti penting isu-isu keamanan militer-politik di antara kekuatan-kekuatan besar. Muncul tiga sektor keamanan 'baru', yakni ekonomi, lingkungan, dan sosial, yang mengandung logika regionalisasi dan mengintegrasikan analisis ketiganya. Dengan melihat manfaat dari ketiga

sektor secara terpisah atau menggabungkannya menjadi satu, teori ini dapat juga disebut sebagai teori kompleksitas keamanan multisektoral.

Sektor reintegrasi keamanan regional pasca Perang Dingin mengambil pertimbangan dari agenda keamanan yang lebih luas dan karakteristik khusus dinamika keamanan pada sektor-sektor baru, yang secara logika terlihat seperti keamanan regional model baru di dunia. Selanjutnya timbul pertanyaan, bagaimana cara sebuah pihak menjawab pertanyaan daerah ketika muncul potensi berbeda saat dinamika pembentuk wilayah bekerja di berbagai sektor? Salah satu cara untuk mendekati pertanyaan ini adalah dengan mengasumsikan bahwa sektor-sektor tersebut secara operasional memang berbeda. Dengan demikian, dunia RSC yang rumit dan tumpang tindih akan muncul bersamaan namun disertai batasan tradisional berbasis negara.

RSC militer-politik seseorang harus menempatkan formasi regional lainnya yang berasal dari logika ekonomi, sosial, dan lingkungan. Dalam beberapa kasus, hal ini akan didasarkan pada unit yang berbeda (negara, IGO, perusahaan) meskipun negara lebih sering menjadi pemain kunci. Sementara interaksi antar negara terus mendefinisikan kompleksitas militer-politik, unit dari sektor sosial akan menjadi bangsa atau kelompok identitas lain yang belum tentu terwakili. Di daerah, sektor lingkungan mungkin tidak berbasis unit sama sekali, tetapi tetap berasal dari pengoperasian sistem fisik yang kompleks. Sebagai contoh, seseorang di Asia Timur menemukan formasi konflik atau rezim keamanan yang lemah pada sektor militer-politik, tetapi hanya terlihat sebagai dinamika regional yang samar dari sektor ekonomi, sehingga perhatian semi-regional akan beroperasi pada logika yang sama sekali berbeda dari sektor lain. Hal ini menghasilkan pola dengan sedikit koneksi antara satu sektor dengan sektor lainnya. Dalam kasus yang luar biasa, beberapa atau bahkan semua pola tersebut entah bagaimana berbaris untuk memberikan semacam koherensi 'kue lapis', meskipun kecil kemungkinan untuk mengharapkan hal ini terjadi secara sistematis.

Definisi lain yang dapat digunakan untuk menjelaskan RSC, adalah pola interaksi keamanan di antara para pelaku yang sifatnya berbeda dan stabil. Perbedaan masing-masing pelaku didasarkan pada tingkat interaksi, di mana tingkat interaksi di antara anggota RSC yang sama akan bernilai tinggi, sedangkan untuk

anggota RSC yang berbeda, tingkat interaksinya akan relatif rendah. Pada dasarnya, kompleks keamanan regional merupakan teori yang bepajak pada aspek geografis, dengan keterlibatan antara negara bertetangga yang dibatasi satu sama lain oleh penghalang alami, seperti lautan, sungai, pegunungan, maupun bentuk geografis lainnya. Diharapkan ke depan, RSC dapat menjadi substruktur yang memiliki peran penting dalam mediasi dinamika global sebagaimana polaritas Great Power menguasai sistem internasional.

Barry Buzan and Ole Wæver, yang menulis buku berjudul *Regions and Powers The Structure of International*, menjelaskan pemikiran keamanan regional dalam konteks sebuah agenda keamanan yang lebih luas dengan pendekatan keamanan. Buku ini merupakan lanjutan dari buku berjudul *Security: A New Framework for Analysis* dengan pendekatan yang didasarkan pada pekerjaan lebih dari satu dekade dalam mempertanyakan keunggulan elemen militer dan negara terhadap konseptualisasi keamanan. Buku ini berusaha memberikan penjelasan tentang perdebatan keamanan 'baru', dengan memasukkan pendekatan sektoral ke dalam agenda keamanan yang lebih luas disertai pemahaman konstruktivis ('sekuritisasi') terhadap faktor yang memisahkan 'keamanan' dari politik rutin. Peneliti berhasil memecahkan beberapa masalah spesifik yang bersifat teoretis terkait konsep keamanan yang diperluas untuk memikirkan kembali karakter keamanan 'regional'. Peneliti membahas munculnya ketegangan antara *deterritorialising* dan proses teritorialisasi dalam sistem saat ini. Secara singkat, dinyatakan bahwa masalah muncul karena teori kompleks keamanan regional dikembangkan dalam konteks dinamika sektor politik dan militer, di mana ancaman dari sektor-sektor ini dalam jangka pendek terjadi dengan lebih mudah.

Ketika konsep keamanan diperluas ke sektor ekonomi, lingkungan, dan sosial (yang sebagian besar dari kita sebelumnya telah berkontribusi), maka keraguan yang muncul adalah tentang apakah saling ketergantungan keamanan di antara sektor-sektor nontradisional ini akan memerlukan sebuah bentuk regional? Apakah konsep tersebut akan menghasilkan wilayah yang sama untuk seluruh sektor, atau wilayah yang berbeda sesuai dengan masing-masing sektor? Oleh karena itu, diperlukan pembentukan aparatur yang konseptual, termasuk paradiplomasi yang terlibat, agar

mampu menangani konsep keamanan yang diperluas, untuk menghindari 'semuanya dipermudah' dengan konsep keamanan regional kompleks. Melalui kerangka kerja ini, persoalan akan lebih dipersempit dan menjadi bersifat pekerjaan teknis. Di samping itu, peneliti siap untuk menggambarkan dengan lengkap dalam teori umum keamanan regional (disertai tautan eksplisit menuju teori arus utama Hubungan Internasional) maupun penerapannya semua di wilayah di dunia.

Pentingnya kekuatan regional diperlukan dalam menarik kekuatan-kekuatan besar untuk ikut terlibat dalam dinamika *Regional Security Complex* (RSC). Peluang untuk menyelesaikan masalah ini akan meningkat jika negara memainkan peran yang lebih menonjol dalam mempengaruhi dinamika daerah mereka sendiri. Kekuatan regional yang demikian akan meningkatkan kesempatan untuk secara efektif mengejar kepentingan nasional di antara negara-negara tetangga. Selain memiliki kekuatan yang relatif, negara-negara tersebut juga memiliki pengaruh yang tidak proporsional terhadap sifat urutan yang berkembang di wilayah tersebut. Mereka juga memainkan peran khusus dalam hubungan antara sistem regional dan sistem internasional yang lebih luas.

Untuk mengidentifikasi kekuatan regional dan menentukan bagaimana kekuatan dan perilaku mereka mempengaruhi hasil, peneliti mengusulkan sebuah kerangka kerja yang menggabungkan tiga faktor. Kerangka kerja keseluruhan akan diilustrasikan pada gambar, yang menunjukkan bagaimana cara dari ketiga komponen ini bergabung untuk mempengaruhi kelima jenis urutan keamanan regional yang terdapat dalam RSC. Faktor yang pertama adalah struktur sistem RSC. Faktor ini menyiratkan dan mempertimbangkan kepemilikan yang cukup, dengan jumlah kemampuan yang relatif, sehingga suatu negara dapat memproyeksikan kekuatan di seluruh wilayahnya dalam rangka menjadi kekuatan nasional maupun regional.

Kewarganegaraan dan *Statelessness*

Kewarganegaraan memiliki dua makna dasar, yaitu kesetaraan seluruh anggota masyarakat dalam suatu negara dan keaktifan dalam berinteraksi untuk memperoleh hak hidup dan mencapai kesejahteraan. Status keanggotaan ini memberikan kesetaraan dan kebebasan mendapatkan hak di antara semua warga negara, di samping menjadi bentuk perilaku aktif

pemerintah terhadap masyarakatnya. Permulaan kewarganegaraan sebagai subjek sudah ada sejak zaman sejarah negara-kota Yunani yang ditandai oleh berbagai proses ekspansi. Hal ini kemudian berkembang dari status keanggotaan lokal menjadi keanggotaan pusat di negara-bangsa teritorial. Hak-hak untuk tiap individu diberikan dari tingkat negara-bangsa ke tingkat komunitas supranasional sebagai seperangkat hak yang berkembang dari hak politik dan sipil, untuk kemudian mencakup hak sosial dan ekonomi, serta budaya dan lingkungan. Konseptualisasi historis kewarganegaraan dapat diartikan sebagai klaim pengakuan yang setara dan perjuangan untuk mencapai inklusi. Konsep inti kewarganegaraan yang setara yang berdasarkan pada gagasan 'masyarakat sipil' akan berhadapan dengan hambatan kesenjangan nasional, gender, dan kelas dalam praktik politik. Setelah Perang Dunia Kedua, kewarganegaraan telah menjadi konsep global analisis sosial dan tatanan demokratis (Gosewinkel, 2001;18).

Hukum dan aspek terkait lainnya dari orang tanpa kewarganegaraan (*statelessness*). Orang yang tidak memiliki kewarganegaraan adalah individu yang tidak diakui oleh hukum di negara mana pun. *Statelessness* selalu dikaitkan dengan hukum nasional. Oleh sebab itu, studi ini akan membatasi regulasi yang ada di Indonesia dan Filipina, dan bukan secara hukum internasional. Hukum internasional umumnya menyetujui yurisdiksi eksklusif suatu negara untuk membuat undang-undang tentang pertanyaan kebangsaan. Kasus kewarganegaraan individu dapat timbul dari kurangnya koordinasi peraturan perundang-undangan nasional yang berkaitan dengan prinsip-prinsip dasar yang mengatur status kewarganegaraan, di mana orang yang tidak memiliki kewarganegaraan tentu saja tidak memperoleh semua hak seorang warga negara. Karena status kewarganegaraan dihasilkan dari hukum domestik, maka cara paling efektif untuk mengurangi atau menghilangkannya adalah melalui hukum kewarganegaraan domestik provinsi. Walaupun tidak ada langkah-langkah domestik dan internasional untuk menghilangkan status kewarganegaraan, namun setidaknya ada upaya untuk mengurangi konsekuensinya (Mangoldt, 1985;28).

Terlepas dari sifat dasarnya, kewarganegaraan dalam konteks kedaulatan, terus menjadi prinsip pengorganisasian spasial dan hukum utama dalam urusan politik di

sebagian besar negara di seluruh dunia. Geografer politik masih menggunakan konsep ini karena kompleksitasnya yang berlapis dan daya tahannya dalam organisasi politik ruang sejak abad ke-17. Dalam bagian ini, pertamanya penulis memberikan pengantar konsep kedaulatan dan survei perkembangan historisnya. Selanjutnya pembahasan akan beralih pada keadaan pengetahuan saat ini tentang kedaulatan, termasuk pertanyaan paling baru yang dipertimbangkan oleh ahli geografi politik dan sarjana serumpun yang menekankan kedaulatan sebagai prinsip hukum-yuridis dalam konteks urusan global kontemporer. Penulis juga mengeksplorasi penggunaan kedaulatan yang diperluas untuk melintasi garis disiplin dan keluar dari pemahaman berbasis negara yang lebih tradisional.

Kewarganegaraan adalah ide penting dalam geografi sebuah negara yang tak terpisahkan. Secara umum, kewarganegaraan mengacu pada hubungan seseorang dengan unit politik, yang pada perkembangannya mencerminkan sejarah, filosofi, dan tradisi budaya. Beberapa sarjana menganalisis kewarganegaraan secara normatif dalam konteks filsafat politik atau status hukum, beberapa yang lain lebih tertarik pada praktik kewarganegaraan, seperti bagaimana warga negara menerima dan melakukan tugas bersama, yang sebenarnya menghadirkan potensi untuk memperebutkan kewarganegaraan. Para ahli geografi telah mengontraskan perbedaan bentuk-bentuk kewarganegaraan komunal yang disetujui oleh negara dengan bentuk-bentuk aktivis kewarganegaraan yang menggunakan ruang protes. Adapun yang lain berpendapat bahwa perhatian yang lebih besar harus diberikan terhadap bentuk kewarganegaraan sehari-hari, seperti pengucilan dan inklusi *de facto* dan *de jure* dalam ruang lingkup di bawah tingkatan negara-bangsa. Beragamnya pemikiran di atas membuktikan bahwa para ahli geografi telah ikut andil dengan berbagai gagasan tentang kewarganegaraan dalam upaya mereka untuk menjelaskan bagaimana proses sosial, budaya, dan politik, saling berinteraksi membentuk wilayah tertentu. Namun demikian, masih ada perdebatan tentang bagaimana konsep kewarganegaraan harus digunakan dalam wilayah keamanan nasional, regional, maupun global.

Kewarganegaraan sudah umum digunakan di negara barat untuk mawadahi hubungan individu dengan negara-bangsa, khususnya

mengenai hak-hak dan tugas-tugas yang terkait dengannya. Pengertian ini juga mendefinisikan dan memberikan status hukum keanggotaan kepada negara-bangsa, sekaligus menjadi bentuk inklusi politik dan sosial. Fungsi kewarganegaraan selanjutnya adalah sebagai kesepakatan politik antara warga negara dan negara, di mana warga negara memberikan wewenang kepada negara untuk mengatur dan menyusun aturan yang ditetapkan. Di sisi lain, warga negara berhak atas berbagai hak yang ditetapkan secara hukum. Dengan demikian, perhatian pada pentingnya kebebasan individu, privasi, dan "hak atas hak", telah cukup diberikan dalam kerangka kerja kewarganegaraan nasional. Konsep kewarganegaraan yang semakin meningkat, 'ditantang' oleh beberapa ahli geografi karena munculnya literasi dan bentuk-bentuk baru kewarganegaraan yang diakui baik di atas, di bawah, maupun di luar ruang negara-bangsa. Dalam studi kewarganegaraan, peralihan dari "orientalisme menuju kewarganegaraan" telah memberikan pengaruh yang besar melalui silsilah dan praktik kewarganegaraan dalam masyarakat non-Barat, sehingga menantang pemikir Barat untuk merekonseptualisasi interpretasi mereka tentang konsep kewarganegaraan. Meskipun demikian, perdebatan yang terjadi tidak bermaksud untuk melemahkan konsep kewarganegaraan, namun mengarah pada hal yang baru, yang selaras secara spasial dengan konsep kewarganegaraan yang mengakui pentingnya wilayah keamanan.

Paradiplomasi

Paradiplomasi dimaksudkan agar kapasitas kebijakan luar negeri juga dapat dilakukan oleh entitas sub-negara, atau dalam hal ini pemerintah daerah, yang diharapkan dapat ikut berpartisipasi atau terlibat dalam kepentingan keamanan regional meskipun terkadang kebijakan yang diambil belum diatur oleh pemerintah pusat. Sebagai contoh, kebijakan pemerintah pusat melarang penangkapan ikan yang tidak dijalankan oleh pemerintah daerah karena terdesak oleh warganya. Kasus seperti ini akan menantang sejumlah teori disiplin hubungan internasional, yang biasanya tidak menganggap entitas sub-negara sebagai subjek hubungan internasional, karena bertabrakan dengan klaim tradisional negara atas kedaulatan. Fenomena paradiplomasi sebenarnya konsisten dengan teori hubungan internasional dan kedaulatan

negara jika dilihat melalui lensa resolusi konflik dan otonomi.

Kebijakan luar negeri adalah salah satu wewenang yang biasanya tidak diberikan pemerintah pusat kepada pemerintah daerah, di samping kebijakan pertahanan, agama, moneter, dan fiskal. Oleh sebab itu, bukan hal yang mengherankan jika beberapa negara dengan persoalan identitas masyarakat otonom, sering meningkatkan kecurigaan terhadap partisipasi daerah otonom di arena internasional. Mereka melihat hal ini berpotensi merusak kedaulatan negara dan terkadang bertentangan dengan pengejaran kepentingan nasional yang lebih luas. Kekhawatiran ini bukan tanpa alasan, terutama dalam situasi di mana tujuan akhir dari entitas otonom adalah kenegaraan yang independen. Akan tetapi, selama perbatasan negara tidak diperebutkan, ketakutan ini seringkali hanya menjadi isu yang dilebih-lebihkan dan tidak berdasar.

Partisipasi entitas otonom di arena internasional, dalam banyak kasus, sebenarnya tidak bertentangan dengan tujuan kebijakan luar negeri nasional dan pada kenyataannya, justru sering melengkapi dan memberikan manfaat. Karena hubungan internasional sudah menjadi bagian tak terpisahkan dari sebagian besar portofolio pemerintah individu, maka kebijakan luar negeri tidak lagi menjadi domain eksklusif Kementerian Luar Negeri. Tingkat otonomi kebijakan luar negeri yang ‘dinikmati’ oleh entitas otonom tetap harus diawasi pemerintah pusat dengan mempertahankan otoritas atas arah keseluruhan partisipasi entitas otonom di arena internasional, minimal dengan memastikan koherensi dalam kebijakan luar negeri. Pada saat yang sama, entitas otonom dapat memanfaatkan peluang untuk berpartisipasi dalam arena internasional dengan berbagai cara. Sebagai contoh, Pemda Sulawesi Utara dapat menyelesaikan masalah agama dalam kasus nikah cerai, melakukan transaksi keuangan, pengendalian ekspor impor, menjadi penyambung aspirasi masyarakat pada saat pemerintah melarang penangkapan ikan, dan lain sebagainya. Entitas otonom diharapkan dapat memanfaatkan peluang yang tersedia secara maksimal dalam mewujudkan kebijakan luar negeri mereka sendiri sekaligus ikut berpartisipasi dalam kebijakan luar negeri pemerintah pusat (Wolff, 2007).

Menurut André Lecours and Luis Moreno (ny;1), terminologi diplomasi jarang membahas keterlibatan pemerintah daerah dalam sebuah

kebijakan luar negeri maupun hubungan internasional, namun muncul suatu fenomena yang menarik, yakni ‘paradiplomasi’. Bagi masyarakat multinasional, isu ini memang tergolong agak unik, meskipun mereka sering melakukan kegiatan internasional daerah. Peneliti berpendapat hal ini terjadi karena paradiplomasi menjadi fungsi dari nasionalisme tanpa kewarganegaraan, yang membuktikan bahwa proses nasionalisme (konstruksi identitas, definisi minat/artikulasi, dan politik mobilisasi) secara logis mengarah pada pemerintah daerah yang berusaha mencari pengembangan kepribadian internasional dan menentukan tautan teoritis. Selain itu, peneliti juga berpendapat bahwa paradiplomasi dapat berfungsi sebagai sarana untuk pemantapan identitas dan pembangunan bangsa, yang menopang dan mempromosikan definisi minat khusus sebagai pelestarian budaya. Konflik antar pelaku yang terlibat akan menyediakan peluang untuk mobilisasi politik. Artikel tersebut juga merekomendasikan agar hubungan antara nasionalisme dan paradiplomasi dapat dikondisikan oleh peluang domestik dan internasional dari struktur yang tersedia, seperti kelembagaan dan konstitusi, pengaturan perwakilan nasional dan agenda kebijakan luar negeri, rezim kontinental, struktur sistem internasional, dan sebagainya.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan etnografi. Penelitian ini menekankan pada kesesuaian nilai etik dan emik antara realitas tradisi dan budaya masyarakat dengan regulasi yang berlaku secara nasional. Nilai emik dari pemberdayaan potensi ekonomi masyarakat dalam menjamin keberlangsungan hidup di kawasan Kabupaten Kepulauan Talaud perlu disesuaikan dengan nilai etik dari Undang-Undang tentang Kewarganegaraan beserta turunannya, agar proses pemberian status kewarganegaraan sesuai dengan norma dan keamanan regional maupun internasional.

Subjek penelitian adalah pelaku yang terlibat dalam proses *statelessness*, yakni Imigrasi, Kedutaan/Perwakilan Filipina, UNHCR, Pemerintah Daerah, Pemkab (Kesbangpol), tokoh masyarakat Kabupaten Talaud, Kodim 1312 Talaud dan Polres Talud.

Adapun penekanan pada Pemda Kabupaten difokuskan dalam melakukan pemberdayaan pasca proses pemberian status kewarganegaraan.

Faktor yang menjadi titik perhatian objek penelitian adalah kesesuaian norma lingkungan masyarakat *statelessness* dengan regulasi terkait strategi pemberdayaan *statelessness* oleh paradiplomasi Pemda Kabupaten Talaud.

Upaya untuk menemukan kesesuaian antara regulasi dan kebijakan nasional dengan kondisi riil masyarakat, dapat diatur oleh paradiplomasi Pemerintah Daerah Kabupaten Talaud. Data yang didapat kemudian diklasifikasi, mana perilaku masyarakat yang telah diatur dan mana yang belum. Selanjutnya, aturan dan wewenang apa saja yang dimiliki pemerintah pusat dan pemerintah daerah, dan jika masih ada yang belum diregulasi, manakah isu yang memungkinkan untuk diatur oleh pemerintah Kabupaten Talaud?

Konfigurasi hasil analisis dapat dilihat pada gambar di bawah, yang menyajikan hubungan antara pemerintah pusat dan daerah dalam menangani masalah *statelessness* dalam konteks keamanan regional. Fakta ditampilkan dalam bentuk kalimat-kalimat maupun gambar dan skema-skema agar dapat dipahami pembaca dengan mudah. Simpulan bertitik tolak dari pertanyaan penelitian yang diharapkan dapat dijawab secara komprehensif.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

UNHCR menghimbau seluruh negara di dunia untuk memberikan status kewarganegaraan bagi setiap individu yang ada di wilayahnya. Memang kewarganegaraan sering dianggap sebagai hak yang tidak dapat dicabut, namun munculnya terorisme telah mempertanyakan, apakah individu tertentu layak mendapatkan hak status kewarganegaraan. Berdasarkan perjanjian internasional, suatu negara tidak boleh membuat seseorang tidak memiliki kewarganegaraan. Meskipun aturan ini diperkuat dengan berbagai instrumen internasional hak asasi manusia yang secara eksplisit mengatur hak atas kewarganegaraan, namun aturan tersebut sayangnya tidak mengikat dan tidak menjelaskan cara pemberian kewarganegaraan oleh suatu negara pada tataran praktis. Lebih-lebih, negara justru memiliki diskresi untuk menentukan kriteria individu yang berhak mendapatkan status

kewarganegaraan berdasarkan hukum nasional masing-masing. Regulasi tersebut seharusnya ditinjau ulang walaupun harus dilakukan sesuai batasan yang berlaku agar tidak ada lagi individu tanpa kewarganegaraan. Pemerintah Indonesia sendiri sudah mengambil langkah dalam menangani permasalahan *statelessness* melalui dua kategori solusi, yakni solusi pencegahan (*preemptive remedies*) dan solusi naturalisasi (*naturalization remedies*).

Solusi pencegahan dilakukan Pemerintah Indonesia melalui pembuatan undang-undang (legislasi) dan penyusunan kebijakan nasional yang dapat diarahkan untuk memastikan tiap bayi yang lahir memiliki kewarganegaraan. Dalam legislasi nasional, Pemerintah Indonesia juga mengakui dan mengatur hak setiap individu untuk memperoleh nama dan status kewarganegaraan sejak ia lahir sebagai hak asasi manusia. Menurut konstitusi, orang-orang Indonesia asli (tanpa memandang bangsa, etnis, atau suku tertentu) dan orang-orang bangsa lain (apabila telah memenuhi persyaratan-persyaratan) yang disahkan dengan undang-undang sebagai warga negara, dapat diakui sebagai warga negara Indonesia. Dengan adanya ketentuan tersebut, masyarakat tanpa kewarganegaraan yang bermukim di Kabupaten Talaud tetap memiliki kesempatan untuk memperoleh kewarganegaraan walaupun mereka bukan bangsa Indonesia asli, selama memenuhi persyaratan berdasarkan undang-undang.

Dalam kondisi tertentu, seperti ketika seorang bayi lahir di Indonesia dari ayah dan ibu yang tidak memiliki kewarganegaraan, status kewarganegaraan masih dapat diberikan secara terbatas berdasarkan asas *ius soli*. Kebijakan ini diperkuat dengan adanya peraturan perundang-undangan yang menyatakan bahwa kewarganegaraan Indonesia dapat diberikan kepada individu yang lahir di wilayah Indonesia, walaupun ayah dan ibunya berstatus *statelessness* atau tidak diketahui keberadaannya. Walaupun belum diratifikasi, namun Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2006 tentang Kewarganegaraan sudah memuat ketentuan-ketentuan yang sesuai dengan Kovensi tahun 1961 tentang Pengurangan Keadaan Tanpa Kewarganegaraan. Dengan adanya dasar hukum tersebut, Pemerintah Indonesia memiliki wewenang dalam mengambil langkah-langkah untuk memastikan seseorang yang lahir di Indonesia memiliki kewarganegaraan. Salah satu dokumen yang dapat dijadikan bukti awal untuk

menentukan kewarganegaraan adalah akta kelahiran karena memberikan informasi terkait hubungan hukum. Oleh sebab itu, masyarakat yang tidak memiliki akta kelahiran akan lebih berisiko tanpa kewarganegaraan, apalagi bagi masyarakat seperti di Kabupaten Talaud yang rutin melakukan migrasi antar negara di wilayah perbatasan sebagai bagian dari kehidupan sehari-hari.

Peraturan Perundang-Undangan tentang Administrasi Kependudukan menetapkan batas akhir pelaporan, yakni paling lambat 60 (enam puluh) hari sejak kelahiran, bagi penduduk untuk melaporkan kelahiran baru kepada Instansi Pelaksana setempat. Selain itu, peraturan tersebut juga menyatakan bahwa akta kelahiran dapat diberikan kepada siapapun yang bertempat tinggal di Indonesia, terlepas yang bersangkutan orang Indonesia asli atau bukan. Perpu ini bahkan bisa mengakomodir pencatatan dan penerbitan akta kelahiran bagi seorang anak yang tidak diketahui asal-usulnya maupun tidak diketahui keberadaan orang tuanya. Namun di sisi lain, salah satu kelemahan Perpu ini adalah melihat pelaporan kelahiran sebagai bentuk kewajiban bagi setiap penduduk jika ingin memperoleh akta kelahiran.

Solusi naturalisasi ditempuh pemerintah melalui proses naturalisasi/pewarganegaraan dengan melakukan legislasi dan pengambilan kebijakan nasional yang tepat untuk memastikan pemberian hak atas kewarganegaraan jika seseorang berstatus. Pasal yang mengatur kebijakan ini adalah Pasal 9 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2006 tentang Kewarganegaraan, yang menyatakan bahwa permohonan proses naturalisasi dapat diajukan jika pemohon sudah memenuhi persyaratan.

Walaupun secara normatif dimungkinkan, namun permohonan pengajuan hak kewarganegaraan bagi masyarakat *statelessness* yang telah berusia 18 (delapan belas) tahun atau sudah kawin, pada tataran praktis, justru akan mempersulit mereka untuk memenuhi persyaratan-persyaratan yang ditetapkan. Tanpa kewarganegaraan, seseorang akan mengalami kesulitan dan hambatan untuk memperoleh hak-haknya sebagai bagian dari masyarakat suatu negara. Sebagai gambaran, anak tanpa kewarganegaraan belum tentu dapat memiliki tempat tinggal di wilayah Indonesia paling singkat 5 tahun berturut-turut atau 10 tahun tidak berturut-turut, ditambah akan sulit baginya

untuk memperoleh pekerjaan dan/atau penghasilan tetap.

Statelessness yang masuk ke wilayah Indonesia secara ilegal kemungkinan besar akan ditahan di Rumah Detensi Imigrasi untuk kemudian dideportasi. Untuk kasus lain, seperti masuknya pencari suaka atau pengungsi tanpa kewarganegaraan ke wilayah Indonesia, maka mereka akan ditempatkan di Rumah Detensi Imigrasi untuk selanjutnya dipulangkan secara sukarela, dideportasi, atau menjalani proses untuk penempatan di negara ketiga sesuai keputusan UNHCR.

Tidak adanya aturan yang secara khusus mengatur permohonan naturalisasi untuk masyarakat *statelessness*, merupakan salah satu kelemahan dari Undang-Undang tentang Kewarganegaraan. Dampak yang terjadi sebagaimana terlihat pada masyarakat tanpa kewarganegaraan yang berada di wilayah Kabupaten Talaud yang kurang merasakan manfaat dari solusi naturalisasi. Dari paparan di atas, dapat disimpulkan bahwa usaha pemerintah dalam memutus rantai persoalan *statelessness* melalui legislasi dan pengambilan kebijakan akan lebih berorientasi pada solusi pencegahan.

Di luar wewenang yang diberikan UU Otonomi Daerah, Pemda Sulut dapat mengambil peran sebagai unit negara, sehingga dapat ikut terlibat dalam menyelesaikan masalah *statelessness* dalam rangka memperkokoh pertahanan negara.

KESIMPULAN

Statelessness yang terjadi pada suatu bangsa akan melahirkan orang tanpa kewarganegaraan, yakni masyarakat yang tidak diakui oleh hukum sebagai warga negara di negara manapun. Meskipun kadang kala dianggap sebagai manusia tanpa identitas (sebutan yang terdengar diskriminatif), namun seorang *statelessness* tetap bisa berpengaruh bagi lingkungannya. Orang-orang tak akan mempermasalahkan status tanpa kewarganegaraan, selama para *statelessness* tidak mengganggu kepentingan atau kegiatan ekonomi masyarakat, bahkan jika mereka mampu menjadi penggerak perekonomian di wilayahnya.

Memiliki kewarganegaraan adalah bagian dari hak asasi manusia yang dijamin oleh konstitusi. Akan tetapi, ternyata ada beberapa

orang, yang karena satu atau lain hal, dicabut status kewarganegaraannya atau memang tidak memiliki sejak dilahirkan, seperti warga keturunan Indonesia yang tinggal di Filipina maupun sebaliknya. Persoalan ini menyebabkan orang tanpa kewarganegaraan kehilangan hak-hak dasar mereka, seperti hak kebebasan berpendapat, hak untuk pekerjaan yang layak, dan hak perlindungan dari negara. Di sisi lain, Indonesia dan Filipina harus menghadapi berbagai hambatan dalam menangani orang tanpa dokumen, seperti instrumen peraturan di Indonesia tentang kewarganegaraan yang terkesan ‘mempersulit’ pemberian status kewarganegaraan. Mengatasi situasi ini, Pemerintah Indonesia telah memberikan status kewarganegaraan kepada orang-orang tanpa kewarganegaraan, orang-orang yang dicabut status kewarganegaraannya dan warga keturunan Indonesia di Filipina melalui wewenang dan pengambilan kebijaksanaan berdasarkan prinsip anti-apatride dan perlindungan maksimum sebagaimana tertera dalam Pasal 28D (4) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945.

Jika dilihat dari sektor perekonomian, pengaruh *statelessness* yang berada di Kabupaten Talaud terlihat sangat dominan. Hal ini dikhawatirkan dapat mempengaruhi pertahanan negara.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bogdandy, Armin von, Stefan Häußler, Felix Hanschmann and Raphael Utz. 2005. “State-Building, Nation-Building, and Constitutional Politics in Post-Conflict Situations: Conceptual Clarifications and an Appraisal of Different Approaches,” in *Max Planck Yearbook of United Nations Law Online* 9(1): 579–613, <https://doi.org/10.1163/187574105X00138>.
2. Gosewinkel, D. 2001. “Citizenship, Historical Development of,” *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, Pp. 1852-1857, <https://doi.org/10.1016/B0-08-043076-7/02682-6>
3. Lecours, André & Luis Moreno. “Paradiplomacy and Stateless Nations: A Reference the Basque Country,” *Concordia University and Spanish National Research Council (CSIC) Unidad de Políticas Comparadas (CSIC)*
4. Mangoldt, Hansvon. 1985. “Stateless Persons,” *Digital Communications*: 490-494, <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-87911-0.50125-2>
5. Pristiwanto. 2016. “Dinamika Pisang (Filipina-Sangihe) di Perbatasan Indonesia-Filipina,” *Antropologi Indonesia*, 37(1).
6. Somers, Margaret R. 2008. *Genealogies of Citizenship: Markets, Statelessness, and the Right to Have Rights*. Cambridge: Cambridge University Press.
7. Wolff, S. 2007. “Paradiplomacy: Scope, Opportunities and Challenges,” *SAIS Journal*. Retrieved from <http://www.saisjournal.org/posts/paradiplomacy>.

STRATEGI PENANGANAN INFLASI DALAM NEGERI DARI SUDUT PANDANG PERTAHANAN NEGARA

THE HANDLING STRATEGY OF DOMESTIC INFLATION FROM THE STATE DEFENSE VIEW POINT

Tati Herlia

Balitbang Kemhan
tatiherlia68@gmail.com

ABSTRAK

Tulisan ini bertujuan untuk memberi gambaran hasil analisis tentang strategi penanganan inflasi dalam negeri dari sudut pandang pertahanan negara melalui strategi kebijakan belanja pertahanan negara untuk mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi dalam negeri. Indikator yang digunakan meliputi Ancaman, Tantangan, Hambatan dan Gangguan (ATHG). Indikator-indikator tersebut kemudian dianalisis dengan metode SWOT dan TOWS. Berdasarkan hasil analisis kelemahan dan ancaman terhadap belanja pertahanan, ditemukan formulasi rencana strategis, yaitu dengan mengurangi impor dan menambah ekspor hasil industri Pertahanan.

Kata kunci: industri pertahanan, inflasi dalam negeri, pertahanan negara.

ABSTRACT

This article aims to provide an overview of the results of the analysis of strategies for handling domestic inflation from the point of view of national defense through the strategy of national defense spending policies to optimize domestic economic growth. The indicators used include Threats, Challenges, Obstacles and Disorders (ATHG). These indicators are then analyzed using SWOT and TOWS methods. Based on the results of the analysis of weaknesses and threats to defense spending, a strategic plan formulation was found, namely by reducing imports and increasing exports of defense industry products.

Keywords: defense industry, domestic inflation, national defense.

PENDAHULUAN

Presiden Joko Widodo memberikan pengarahan kepada seluruh menteri, kepala lembaga, kepala daerah, pimpinan Badan Usaha Milik Negara (BUMN), panglima daerah militer, kepala kepolisian daerah, dan kepala kejaksaan tinggi, di Jakarta Convention Center (JCC), Jakarta, pada hari Kamis, 29 September 2022. Presiden mengajak semua pihak untuk kompak dan bersatu dalam menangani inflasi yang saat ini menjadi momok bagi setiap negara.

Kenaikan harga bahan pangan merupakan kontributor terbesar terjadinya inflasi hingga Agustus 2022. Meskipun bagi negara lain inflasi merupakan urusan satu pihak, yakni bank sentral, namun di Indonesia, inflasi menjadi tanggung jawab bersama. Presiden sendiri merasa senang karena otoritas fiskal dan moneter, yakni Bank Indonesia (BI) dan Kementerian Keuangan, dapat berjalan beriringan dan bekerja sama dengan baik. Selain itu, kedua otoritas keuangan tersebut lebih memprioritaskan penyelesaian persoalan yang

terjadi di hilir, seperti kenaikan harga barang dan jasa, daripada mengerem peredaran uang.

Inflasi adalah penurunan nilai mata uang secara umum dan berlangsung terus-menerus. Inflasi disebabkan oleh ketidakseimbangan beberapa faktor, seperti permintaan dan penawaran barang atau jasa, peredaran uang, serta kenaikan biaya produksi. Tingkat inflasi ringan sebenarnya membawa pengaruh positif dalam mendorong perekonomian nasional dengan membantu meningkatkan pendapatan nasional, mendorong masyarakat untuk menabung, berinvestasi, dan lebih giat bekerja. Untuk menangani inflasi dalam negeri dari sudut pandang pertahanan negara, kami mengangkat Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara untuk mengoptimalkan pertumbuhan ekonomi dalam negeri. Postulat menunjukkan bahwa belanja pertahanan adalah kebutuhan publik untuk menjamin keamanan sebagai prasyarat kedaulatan dan pembangunan, serta dapat berdampak negatif maupun positif terhadap pertumbuhan ekonomi. Di sisi lain, dampak inflasi karena penurunan nilai mata uang, tidak merugikan sebagian kelompok.

METODOLOGI

Karya tulis ini menggunakan metode penelitian dengan analisis SWOT dan studi literatur. SWOT, yang merupakan singkatan dari *Strengths* (S), *Weaknesses* (W), *Opportunities* (O), dan *Threats* (T), digunakan dalam menganalisis lingkungan internal dan eksternal yang merupakan bagian dari perencanaan strategis.

Strength (kekuatan) adalah sumber daya dan kemampuan yang dapat digunakan sebagai dasar untuk mengembangkan keunggulan kompetitif. *Weaknesses* merupakan kekurangan atau hal-hal yang tidak/belum dimiliki. *Opportunity* dianggap sebagai peluang baru untuk memperoleh keuntungan dan pertumbuhan (dari analisis lingkungan eksternal), *Threat* adalah halangan atau ancaman bagi organisasi dalam memperluas jaringan atau mendapatkan keuntungan (Indah, 2015).

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Sesuai Undang-Undang Nomor 23 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Sumber Daya Nasional untuk Pertahanan Negara dan Peraturan Pemerintah Nomor 3 Tahun 2021 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-undang Nomor 23 Tahun 2019 tentang Pengelolaan Sumber Daya Nasional untuk Pertahanan Negara, bentuk perwujudan Pengelolaan Sumber Daya Pertahanan terdiri dari sumber daya manusia, sumber daya alam, sumber daya buatan, dan sarana prasarana, sebagai bentuk kesiapan sumber daya pertahanan, yang secara langsung maupun tidak langsung, dapat digunakan untuk menangani inflasi dari sudut pandang pertahanan negara. Peneliti menganalisis “Strategi Penanganan Inflasi Dalam Negeri dari Sudut Pandang Pertahanan Negara” melalui indikator Ancaman, Tantangan, Hambatan dan Gangguan (ATHG), yang kemudian dianalisis dengan metode SWOT dan TOWS.

Indikator ATHG dapat dirincikan, sebagai berikut:

1. Ancaman

Dari sudut pandang pertahanan negara, penanganan inflasi dalam negeri akan difokuskan pada Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara, di mana kebijakan tersebut merupakan kebutuhan publik yang dapat berdampak negatif maupun positif terhadap pertumbuhan ekonomi nasional. Munculnya ancaman Belanja Pertahanan (BP) Global memaksa pemerintah untuk melakukan upaya *preventif* (pencegahan) dan *represif* (penindakan) terhadap gejala ancaman tersebut.

2. Tantangan

Meningkatnya Impor (M) barang dan jasa di bidang pertahanan menjadi tantangan tersendiri bagi Kementerian Pertahanan untuk mengurangi volume impor barang dan jasa sesuai amanah Undang-undang Industri Pertahanan. Selain itu, diperlukan keterlibatan BUMN dan BUMS dalam mendukung produksi industri pertahanan dalam negeri.

Sebagai catatan, negara-negara yang lebih mengandalkan impor untuk memenuhi kebutuhan barang dan jasa di

bidang pertahanan, seperti Timur tengah, akan sulit mengembangkan industri pertahanannya. Sebenarnya pada awal tahun 2000-an Indonesia mulai melakukan kemandirian industri pertahanan, seperti melakukan pengembangan *heavy fighter* dan *submarine*. Akan tetapi, pandemi Covid-19 yang melanda dunia memaksa pemerintah untuk mengalihkan sebagian besar anggaran pertahanan agar dapat digunakan untuk pemulihan ekonomi nasional.

3. Hambatan

Kurangnya Ekspor (X) barang dan jasa di bidang pertahanan merupakan hambatan bagi negara-negara di dunia dengan jumlah penduduk yang besar, seperti Cina, India

dan Indonesia, karena tingginya tingkat konsumsi publik. Namun di sisi lain, hal tersebut juga mendorong pertumbuhan investasi yang memiliki andil dalam perkembangan ekonomi.

4. Gangguan

BP masih didominasi oleh *supporting function* (penunjang fungsi pertahanan), padahal kesiapan militer merupakan unsur yang lebih penting dalam membentuk “*national power*” suatu negara, selain unsur-unsur lainnya, seperti geografi, sumber daya alam, kapasitas industri, populasi, karakter nasional, moral nasional, kualitas diplomasi, dan kualitas pemerintahan.

Analisis dengan metode SWOT dan TOWS dilakukan untuk mendapatkan alternatif-alternatif solusi.

Tabel 1. Analisis SWOT

<p><u>Strength (Kekuatan)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Regulasi BUMN-BUMS sudah jelas - Berkembangnya fungsi pertahanan 2017-2022 	<p><u>Weakness (Kelemahan)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Banyak Impor (M) - Kurang Ekspor (X) - BP masih didominasi <i>supporting function</i> (penunjang fungsi pertahanan) -
<p><u>Opportunity (Peluang)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Kolaborasi internasional - Konsep Menuju Industri Pertahanan 2045 	<p><u>Threat (Ancaman)</u></p> <p>Belanja Pertahanan (BP) Global:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BP Tiongkok - BP Korsel - BP Singapura

Dari hasil analisis SWOT, maka didapatkan Rencana Strategis, sebagaimana dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Rencana Strategi

	Lingstra Eksternal	
Lingstra Internal	<u>Opportunity (Peluang)</u>	<u>Threat (Ancaman)</u>
	<ul style="list-style-type: none"> - Kolaborasi internasional - Konsep menuju industri pertahanan 2045 	<p>Belanja Pertahanan (BP) Global:</p> <ul style="list-style-type: none"> - BP Tiongkok - BP Korsel - BP Singapura

<p><u>Strength (Kekuatan)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Regulasi BUMN-BUMS sudah jelas - Berkembangnya fungsi pertahanan 2017-2022 	<p>Kekuatan-Peluang</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regulasi BUMN-BUMS sudah jelas dan dapat berkolaborasi dengan mancanegara - Berkembangnya fungsi pertahanan 2017-2022 menuju industri pertahanan 2045 	<p>Kekuatan-Ancaman</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pelaksanaan regulasi Undang- Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan dan Pasal 74 UU Cipta Kerja - Perlu diwaspadai ancaman BP Global terhadap berkembangnya fungsi pertahanan Indonesia
<p><u>Weakness (Kelemahan)</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Banyak Impor (M) - Kurang Ekspor (X) - BP masih didominasi <i>supporting function</i> (penunjang fungsi pertahanan) 	<p>Kelemahan-Peluang</p> <p>Konsep Menuju Industri Pertahanan menjadi peluang namun harus diimbangi dengan pengurangan dominasi <i>supporting function</i></p>	<p>Kelemahan-Ancaman</p> <p>Ancaman BP Global dapat diminimalkan dengan mengurangi impor dan menambah ekspor hasil industri pertahanan</p>

Berdasarkan tabel di atas, didapatkan Rencana Strategis dari Kelemahan – Peluang, yakni formulasi Konsep Menuju Industri Pertahanan yang dapat menjadi peluang namun harus diimbangi dengan mengurangi dominasi *supporting function*, yaitu faktor pendukung yang akan dijelaskan pada poin 5 dan 6 di bawah ini.

5. Konsep Menuju Industri Pertahanan 2045

a. Tahun 2010-2014, pencapaian target postur Alutsista pada kekuatan pokok, yang meliputi revitalisasi industri pertahanan, program jangka panjang, penyiapan UU, regulasi, dan program nasional yang dapat memenuhi pasar dalam negeri (jangka pendek), serta bersaing dalam kancah internasional

sekaligus mendorong pertumbuhan ekonomi.

- b. Tahun 2015-2019, pencapaian target postur Alutsista transisi yang dapat mendukung postur pokok, peningkatan kemampuan dan kerja sama produksi, serta menggalakkan Litbang Alutsista baru. Tahun 2020-2024, pencapaian target postur Alutsista transisi yang dapat mendukung postur ideal, industri, dan kerja sama internasional.
- c. Tahun 2025-2045, pencapaian target postur Alutsista ideal yang dapat mendukung kemandirian industri pertahanan dengan signifikan, mampu berkolaborasi dengan dunia internasional dan terus konsisten dalam Litbang berkelanjutan.

Poin-poin di atas selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Konsep Menuju Industri Pertahanan Tahun 2045

- d. Hadirnya industri pertahanan negara merupakan jawaban atas ancaman di bidang pertahanan, yang menjamin keutuhan dan tetap tegaknya Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI).
6. **Alternatif solusi untuk Kelemahan-Peluang dan Kelemahan-Ancaman.**
- Alternatif solusi dari rencana solusi dapat dilakukan dengan cara, sebagai berikut:
- a. Strategi menuju industri pertahanan harus diimbangi dengan mengurangi dominasi *supporting function*, yang dapat dilakukan melalui beberapa upaya, yakni:
- 1) Alokasi belanja pertahanan ditujukan untuk mendukung pertumbuhan ekonomi
 - 2) Memberdayakan SDM sebagai investasi yang berpotensi mendukung industri pertahanan
 - 3) Menambah jumlah kapasitas industri pertahanan yang dihasilkan sebagai bentuk investasi
 - 4) Memanfaatkan lahan dan potensi kekayaan alam sebagai bentuk investasi bahan baku
- b. Strategi mengurangi impor industri pertahanan dapat dilakukan melalui upaya, sebagai berikut:
- 1) Meningkatkan potensi sumber daya pertahanan yang tersedia
 - 2) Melaksanakan *Training of Trainer* (ToT) teknologi industri pertahanan dengan pihak negara *expert*.
- c. Strategi menambah ekspor industri pertahanan dapat dilakukan melalui upaya, sebagai berikut:
- 1) Meningkatkan produksi industri pertahanan
 - 2) Mempererat kerja sama antara BUMN dan BUMS Industri Pertahanan
- 5) Mengembangkan teknologi industri pertahanan sebagai bentuk investasi masa depan
7. **Cara mengatasi inflasi dari sudut pandang Pertahanan Negara.**
- a. Pengelolaan anggaran pertahanan digunakan dengan tepat sasaran
 - b. Menggunakan lensa investasi pertahanan, berusaha memenuhi banyak kebutuhan secara bersamaan, dan memiliki *multiplier effect* yang positif, seperti:

- 1) Memenuhi kebutuhan Alutsista terbaru yang sesuai dengan perkembangan dunia kontemporer
- 2) Mendorong kemajuan industri strategis dalam negeri, dan berkontribusi pada peningkatan ekonomi nasional.
- 3) Menghemat pengeluaran pemerintah, dengan cara:
 - a) Membatasi pembelian maupun permintaan barang dan jasa.
 - b) Membatasi anggaran untuk berbagai keperluan yang tidak perlu, seperti melakukan studi banding.

KESIMPULAN

Presiden Joko Widodo memberikan arahan kepada seluruh menteri, kepala lembaga, kepala daerah, pimpinan Badan Usaha Milik Negara (BUMN), panglima daerah militer, kepala kepolisian daerah, dan kepala kejaksaan tinggi, agar semua pihak untuk kompak dan bersatu dalam menangani inflasi dalam negeri. Kami mencoba mengangkat kebijakan tersebut dari sudut pandang pertahanan negara ke dalam karya tulis yang berjudul “Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara untuk Mengoptimalkan Pertumbuhan Ekonomi Dalam Negeri”. Dari hasil analisis, maka dapat disimpulkan bahwa Konsep Menuju Industri Pertahanan dapat menjadi peluang namun harus diimbangi dengan mengurangi dominasi *supporting function* dan mengatasi ancaman Belanja Pertahanan Global. Kondisi itu dapat diminimalkan dengan mengurangi impor dan menambah ekspor di bidang industri pertahanan.

Cara mengatasi inflasi dari sudut pandang pertahanan negara, antara lain dengan pengelolaan anggaran pertahanan secara tepat sasaran, menggunakan lensa investasi pertahanan, memenuhi banyak kebutuhan, serta memiliki *multiplier effect* yang positif.

DAFTAR PUSTAKA

Artikel pada FGD Balitbang Kemhan tanggal 29 Juni 2022

1. Agung Pramono. Perkembangan dan Prospek Belanja Pertahanan dalam konteks Upaya Menjamin Kualitas Pertahanan (*unpublish*)
2. Jaleswari Pramodhawardani Pertumbuhan Ekonomi Nasional dan Komparasinya di Kawasan (*unpublish*)
3. M.Abdul Majid Karim,,Perekonomian Terkini dan Respons Kebijakan (*unpublish*)
4. Purnomo Yusgiantoro, Pertumbuhan ekonomi nasional dan visi Hanneg 2045 (*unpublish*)
5. Tim Balitbang Kemhan, Visi Indonesia 2045 dalam kaitan hubungan Belanja Pertahanan Pertumbuhan
6. Ekonomi Nasional (*unpublish*)

Pustaka dari Website

1. Administrator Indonesia.go.id, 2022, Strategi Menekan Inflasi, <https://Indonesia.go.id/kategori/editorial>. Accessed on 6 December 2022
2. Staf Balitbang Kemhan, 2022, Strategi Kebijakan Belanja Pertahanan Negara untuk Mengoptimalkan Pertumbuhan Ekonomi Nasional. <https://www.kemhan.go.id/balitbang.pdf>, accessed on 04 September 2022
3. Staf Setneg RI, 2022, Presiden Ajak Semua Kementeriang Lembaga Hingga Kepala Daerah Kompak Tangani Inflasi. <https://www.setneg.go.id/baca/index>. Accessed on 29 September 2022.
4. Staf Kabar Harian Kumparan, 2021, Mengenal 3 teori Inflasi dari para ahli ekonomi. <https://kumparan.com>. Accessed on 29 October 2022

PENGEMBANGAN DAN IMPLEMENTASI APLIKASI PERPUSTAKAAN BALITBANG KEMHAN BERBASIS WEB

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF THE MINISTRY OF DEFENCE'S WEB-BASED LIBRARY APPLICATION

Maharani Febriansari
Bag Datin Set Balitbang Kemhan
mranicz7@gmail.com

ABSTRAK

Perpustakaan Balitbang Kemhan menyediakan berbagai macam koleksi buku untuk melayani bukan hanya kebutuhan intern personel Balitbang Kemhan saja, tetapi juga melayani satker Kemhan lainnya. Oleh karena itu, diperlukan adanya teknologi untuk memudahkan pencarian koleksi buku yang ada di perpustakaan, seperti memudahkan pencarian buku berdasarkan kategori apakah tersedia atau tidak, letak buku yang dicari, dan merekam jejak peminjam buku baik dibaca di perpustakaan maupun dibawa pulang untuk jangka waktu yang telah ditentukan sesuai prosedur peminjaman buku. Dengan adanya aplikasi perpustakaan berbasis web, maka dapat memonitoring dan memudahkan pencarian buku dan mendukung pengarsipan koleksi buku-buku secara digital.

Kata kunci: perpustakaan, koleksi buku, pencarian, pengarsipan

ABSTRACT

Balitbang Kemhan Library provides a wide range of book collections to serve not only the internal needs of Balitbang Kemhan personnel, but also serve other Ministry of Defense work units. Therefore, technology is needed to facilitate the search for book collections in the library, such as facilitating book searches by category whether available or not, the location of the book being searched, and recording traces of book borrowers both read in the library and taken home for a predetermined period of time according to the book loan procedure. With the web-based library application, it can monitor and facilitate book searches and support the archiving of digital book collections.

Keywords: library, book collection, searching, archiving

PENDAHULUAN

Perpustakaan Balitbang Kemhan memiliki berbagai macam koleksi buku, dari buku-buku bertema umum sampai yang berhubungan dengan pertahanan negara. Tujuan utama didirikannya Perpustakaan Balitbang adalah untuk memenuhi kebutuhan sumber literatur bagi Subsater yang ada di Balitbang Kemhan, agar mampu bekerja sesuai dengan

tugas dan fungsinya, yaitu melakukan penelitian dan pengembangan di sektor pertahanan. Buku-buku yang tersedia disiapkan untuk menunjang kegiatan Subsater Balitbang Kemhan, yang salah satunya adalah pembuatan naskah kajian, di samping melayani peminjaman buku dari Satker Kemhan lainnya, sesuai dengan UU No. 43 Tahun 2007 tentang Perpustakaan Pasal 14 Ayat 3, yang berbunyi "Setiap perpustakaan mengembangkan layanan perpustakaan sesuai

dengan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi” [1].

Berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola perpustakaan Balitbang Kemhan, dapat diketahui beberapa kendala yang dihadapi perpustakaan Balitbang Kemhan, di antaranya sebagai berikut:

1. Dengan ribuan buku yang dikoleksi, petugas perpustakaan sering kali mengalami kesulitan dalam mencari buku sehingga pengunjung harus lama menunggu untuk mendapatkan buku yang diinginkan.
2. Sistem inventarisasi buku perpustakaan yang masih bersifat manual menyebabkan jumlah koleksi buku tidak dapat diketahui dengan pasti.
3. Terjadinya kasus kehilangan buku. Buku koleksi perpustakaan sering hilang karena data pencatatan peminjaman dan pengembalian belum terkelola dengan baik dan belum menggunakan sistem digital. Selain itu, keberadaan buku yang tidak terlacak dan ketidakjelasan waktu peminjaman juga sering terjadi karena tidak adanya pengingat waktu dalam sistem batas peminjaman buku yang berlaku.

Berkaca dari permasalahan yang ditemukan, perlu adanya perbaikan pengelolaan data terhadap buku koleksi, serta peningkatan pelayanan, efisiensi dan efektifitas kerja, agar memberikan kemudahan bagi pengunjung perpustakaan Balitbang Kemhan. Langkah-langkah untuk memperbaiki pengelolaan perpustakaan dapat ditempuh melalui pengembangan dan implementasi aplikasi perpustakaan berbasis internet, sebagaimana tercantum dalam UU No. 43 Tahun 2007 tentang Perpustakaan. Dengan demikian, diharapkan tidak lagi terjadi hambatan dan kendala dari permasalahan yang ditemukan. Selain itu, upaya pengembangan perpustakaan dengan menerapkan teknologi sistem informasi diharapkan dapat meningkatkan jumlah pengunjung dan memperbaiki monitoring data

buku koleksi yang dimiliki perpustakaan Balitbang Kemhan.

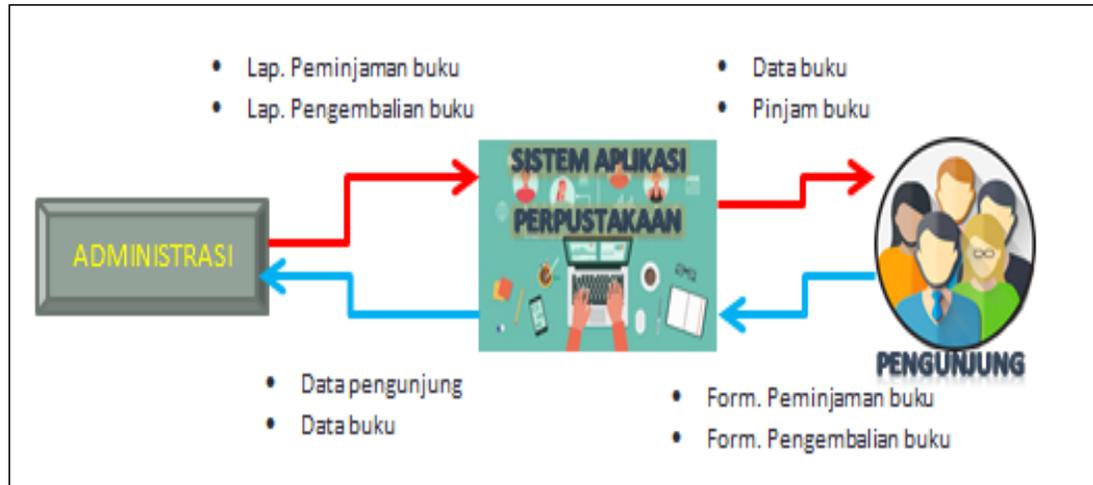
METODE PENELITIAN

Ada 2 (dua) metode yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu pengembangan perangkat lunak dan pengumpulan data.

1. Metode pengembangan perangkat lunak diawali dengan perancangan desain sistem yang akan dibuat sesuai kebutuhan perpustakaan Balitbang Kemhan dengan memanfaatkan model *waterfall*. Model ini dipilih karena setiap fase memiliki dua perancangan menuju fase berikutnya untuk kemudian kembali pada fase sebelumnya, sehingga dapat meningkatkan fleksibilitas dalam proses pengembangan perangkat [2].
2. Metode pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka. Observasi yang dilaksanakan di perpustakaan Balitbang Kemhan dimulai dari bulan Agustus sampai September 2022, sedangkan wawancara dilakukan kepada petugas perpustakaan dan Kasubag. Adapun studi pustaka yang bersumber dari teori-teori literatur dan buku-buku digunakan sebagai dasar referensi untuk perancangan yang diinginkan.

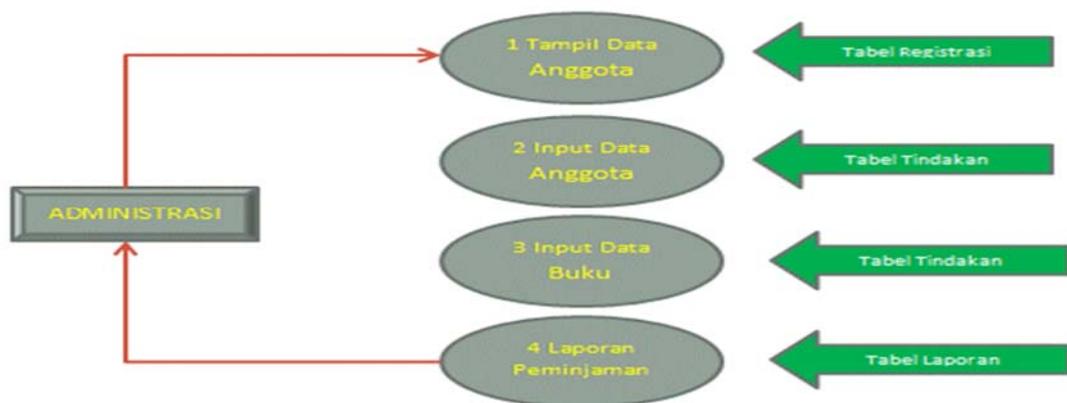
PERANCANGAN

1. *Contex Diagram* (CD)
CD digunakan untuk menggambarkan hubungan antar entitas yang terdapat pada sistem aplikasi perpustakaan, yaitu administrasi dan pengunjung [3]. Rancangan CD untuk sistem aplikasi perpustakaan dapat dilihat pada Gambar 1.

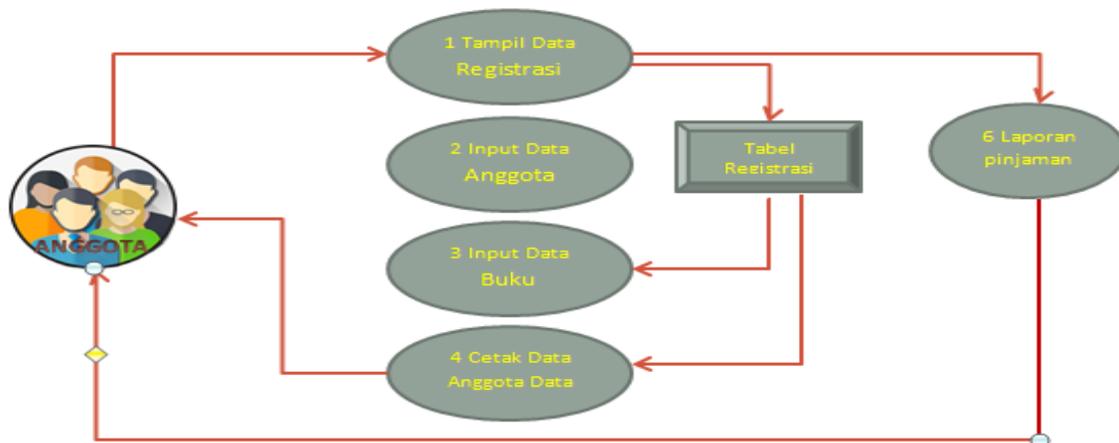


Gambar 1. Context Diagram (CD) Sistem Aplikasi Perpustakaan

2. Diagram Alir Data / *Data Flow Diagram (DFD)*
 Tujuan penggunaan DFD pada tahap perancangan adalah untuk menjelaskan dengan lebih rinci setiap kegiatan yang dapat dilakukan oleh kedua entitas di dalam sistem [4]. DFD dari kedua entitas dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. Data Flow Diagram (DFD) Administrasi

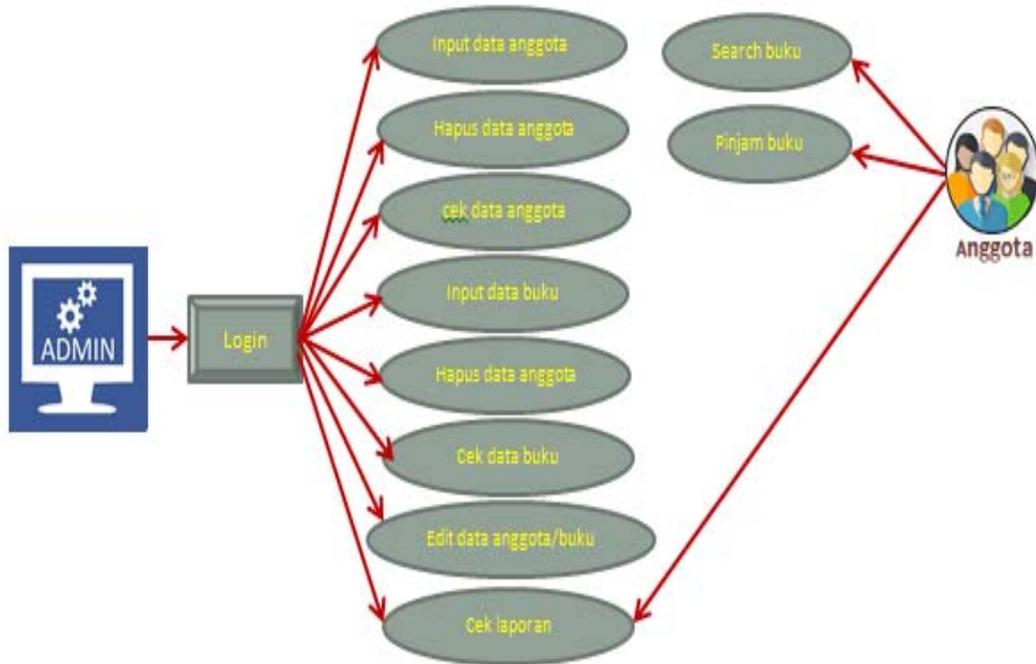


Gambar 3. Data Flow Diagram (DFD) Pengunjung

3. Pemodelan Sistem *Unified Modeling Language* (UML)

Fungsi pemodelan ini adalah untuk melihat secara jelas gambaran dari

sistem yang akan dibangun terkait layanan kepada pemakai (anggota) [5]. Adapun bagan penggunaan *use case* dapat dilihat pada Gambar. 4.



Gambar 4. Use Case

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan sistem yang sudah dibuat perlu diuji dan diimplementasikan terlebih dulu untuk melihat apakah sudah sesuai dengan keinginan pengguna atautkah belum. Selain itu,

dari pelaksanaan kedua proses tersebut maka akan terlihat kualitas sistem yang dirancang sebelumnya. Berikut adalah tampilan dan fungsi 6 program hasil uji yang akan dibahas.

1. Tampilan Form Login

Gambar 5. Tampilan Form Login

2. Tampilan Halaman Admin. Tampilan admin akan keluar setelah pengguna melakukan login, sebagaimana dapat dilihat pada

Gambar. 6.



Gambar 6. Tampilan Halaman Admin

3. Tampilan Form Tambah Data Anggota Admin dapat melakukan manajemen penambahan data peminjam pada form tambah data anggota, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar. 7.



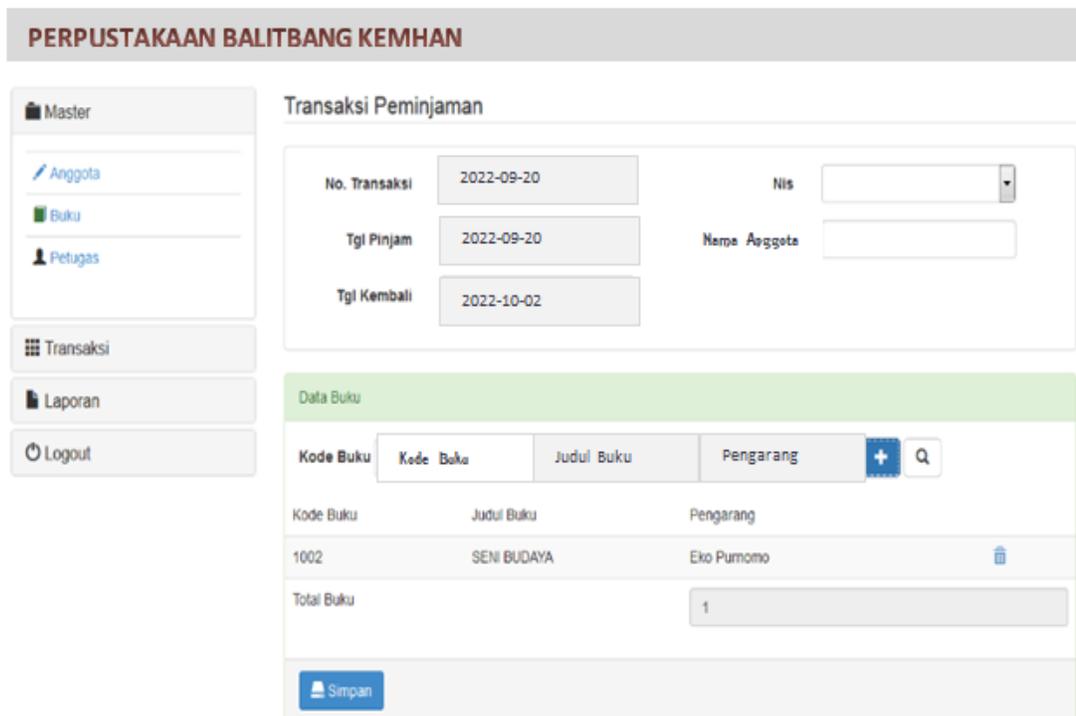
Gambar 7. Form Tambah Anggota

4. Tampilan Form Tambah Data Buku Admin dapat melakukan manajemen penambahan data buku pada form tambah data buku, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar. 8.



Gambar 8. Form Tambah Data Buku

5. Tampilan Form Transaksi Peminjaman Admin dapat melakukan manajemen penambahan peminjaman pada tampilan form transaksi peminjaman, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar. 9.



Gambar 9. Form Transaksi Peminjaman

6. Tampilan Form Laporan Peminjaman. Admin dapat melakukan manajemen penambahan laporan peminjaman buku, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar. 10.

PERPUSTAKAAN BALITBANG KEMHAN

Laporan Peminjaman

Tanggal Awal: 2022-09-20

Tanggal Selesai: 2022-10-02 Tampilkan

No.	ID Transaksi	Tanggal Pinjam	Tanggal Kembali	Nis
1	20200116001	2022-09-20	2022-10-02	11001770
2	20200116002	2022-09-15	2022-09-29	11001771

Master

Anggota

Buku

Petugas

Transaksi

Laporan

Logout

Gambar 10. Form Laporan Peminjaman

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian sistem, maka dapat disimpulkan bahwa web aplikasi Perpustakaan Balitbang Kemhan sudah dapat berjalan dengan baik dan sesuai rancangan. Dengan sistem yang sudah terkomputerisasi, manajemen perpustakaan dapat berjalan dengan lebih mudah dan lebih terorganisir. Sistem ini akan mempercepat proses administrasi pada saat pengunjung melakukan peminjaman atau pengembalian buku. Selain itu, pengelolaan data-data perpustakaan yang lain juga akan berjalan dengan lebih efektif dan lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat, Pemerintah, 2007. UU No. 43 Tahun 2007
- [2] Aini.N., Wicaksono.S.A., and Arwani. I, 2019. Pembangunan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web menggunakan Metode Rapid Application Development (RAD) (Studi pada : SMK Negeri 11 Malang). Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.

- [3] Rohmah.N., Aryadita.H., and Brata.A.H, 2019. Pengembangan Sistem Informasi Perpustakaan Berbasis Web Pada Perpustakaan Kecamatan Bungah. Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya.
- [4] Permatasari, R. D., Setyabuhi, A. L., & Anggra, F. (2019). ARSITEKTUR SISTEM INFORMASI OBJEK WISATA KOTA BATAM. JR: JURNAL RESPONSIVE Teknik Informatika, 2(2).
- [5] Fahmi.K., Haryono.A.T., Astuti.A.I, and Cahyadi.D, 2016. Perancangan Dan Implementasi Aplikasi Perpustakaan Berbasis Multitenant. Samarinda : Fakultas MIPA, Universitas Mulawarman.

IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PERTAHANAN NEGARA DI KALIMANTAN UTARA

THE IMPLEMENTATION OF POLICY IN NORTH KALIMANTAN

Alimisna

Analisis Muda Puslitbang Strahan Balitbang Kemhan
alimisna@gmail.com

ABSTRAK

Tulisan ini mendiskusikan implementasi kebijakan pertahanan negara di Kalimantan Utara. Penelitian ini merupakan penelitian sosial. Penelitian dilakukan di Kota Tarakan, Provinsi Kalimantan Utara. Informan yang dilibatkan dalam penelitian ini berasal dari berbagai instansi terkait yang berkedudukan di Kota Tarakan. Berdasarkan temuan penelitian, permasalahan terkait implementasi kebijakan pertahanan yang ada di Provinsi Kalimantan Utara di antaranya permasalahan-permasalahan menyangkut pembangunan pengamanan wilayah perbatasan, pengamanan perbatasan negara, pemberdayaan industri pertahanan, kualitas SDM belum memadai, kurang layaknya sarana dan prasarana, kurangnya jumlah aparat, terbatasnya pelayanan jasa transportasi, kurang meratanya persebaran penduduk (demografi) di daerah perbatasan, adanya ancaman nyata dan ancaman potensial.

Kata kunci: Implementasi, Kebijakan Pertahanan Negara, Kalimantan Utara

ABSTRACT

This paper discusses the implementation of national defense policy in North Kalimantan. This research is a social research. The research was conducted in Tarakan City, North Kalimantan Province. The informants involved in this research came from various related agencies based in Tarakan City. Based on the research findings, problems related to the implementation of defense policies in North Kalimantan Province include problems related to the development of border area security, state border security, empowerment of the defense industry, inadequate quality of human resources, lack of facilities and infrastructure, lack of apparatus, limited transportation services, uneven distribution of population (demographics) in border areas, the existence of real threats and potential threats.

Keywords: Implementation, Defense Policy, North Kalimantan

PENDAHULUAN

Kota Tarakan, yang secara administrasi berada di wilayah Provinsi Kalimantan Utara, merupakan kota terbesar di provinsi tersebut. Kota ini juga menjadi kota terkaya ketujuh se Indonesia, dengan jumlah Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) per kapita yang mencapai Rp 136 juta. Kota Tarakan memiliki wilayah seluas 250,80 km² dengan jumlah penduduk sekitar 239.787 jiwa. Secara

geografis, letak Kota Tarakan menjadi "halaman depan" Negara Kesatuan Republik Indonesia, sehingga seringkali dijadikan tolok ukur oleh negara tetangga dari aspek pertahanan negara dan ekonomi masyarakat.

Beberapa permasalahan utama yang terdapat di Kota Tarakan, adalah sebagai berikut: implementasi Pembangunan Pengamanan Wilayah Perbatasan (PPWP), penegasan batas negara, pengamanan perbatasan negara, pemberdayaan industri pertahanan, kualitas SDM yang belum

memadai, kesenjangan wilayah atau kurang layaknya sarana dan prasarana, kurangnya jumlah aparat, terbatasnya pelayanan jasa transportasi, kurang meratanya persebaran penduduk (demografi), adanya ancaman nyata di daerah perbatasan, dan pandemi Covid-19. Dengan berbagai permasalahan yang terjadi, diperlukan analisis pengaruh kebijakan pertahanan negara terhadap kualitas layanan pelaksana Instansi TNI dan Pemda di Kota Tarakan.

Penerapan Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara dilaksanakan melalui kebijakan dalam mengatur penganggaran, pengadaan, perekrutan, pengelolaan sumber daya nasional, serta pembinaan teknologi dan industri pertahanan yang diperlukan oleh TNI maupun komponen kekuatan pertahanan lainnya. Kebijakan pertahanan negara juga harus mampu menghadapi ancaman yang timbul dari dinamika perkembangan lingkungan strategis, baik nasional, regional, maupun global.

Acuan yang digunakan Kemhan dan TNI dalam menyelenggarakan pertahanan negara adalah kebijakan yang berlaku lima tahun. Berbagai upaya untuk mengelola sumber daya maupun sarana dan prasarana nasional merupakan penerapan kebijakan pertahanan negara dalam rangka menghadapi berbagai bentuk ancaman. Di sisi lain, pengembangan kebijakan pertahanan negara harus tetap berpedoman pada visi dan misi pemerintahan, yakni pembangunan nasional yang bertujuan untuk mewujudkan Indonesia yang berdaulat, mandiri, dan berkepribadian, berlandaskan gotong royong. Pembangunan nasional dapat dijabarkan melalui tujuh misi pembangunan, sebagai berikut:

1. Mewujudkan keamanan nasional yang mampu menjaga kedaulatan wilayah,
2. Menopang kemandirian ekonomi dengan sumber daya maritim dan mencerminkan kepribadian Indonesia sebagai negara kepulauan,
3. Mewujudkan masyarakat maju, berkeadilan, dan demokratis berlandaskan negara hukum,
4. Mewujudkan politik luar negeri bebas aktif dan memperkuat jati diri sebagai negara maritim yang mandiri, maju, kuat dan berbasiskan kepentingan nasional,
5. Mewujudkan kualitas hidup manusia Indonesia yang tinggi, maju, dan sejahtera,

6. Mewujudkan manusia yang berdaya saing
7. Mewujudkan masyarakat yang berkepribadian dalam kebudayaan.

Dalam membangun kekuatan bangsa, faktor militer dan ekonomi menjadi dua unsur fisik yang mendasari kuat-lemahnya pertahanan suatu negara. Naik-turunnya anggaran militer memang secara umum memiliki pengaruh terhadap perekonomian nasional, namun melindungi masyarakat harus lebih diutamakan. Terwujudnya pertahanan dan keamanan merupakan kewajiban negara yang harus diusahakan secara mutlak.

Keamanan nasional dan pertahanan merupakan barang publik yang mendasar atau penting, baik bagi pemerintah maupun masyarakat, sehingga diperlukan adanya departemen atau kementerian tertentu untuk mengelolanya. Pertahanan merupakan hak setiap warganegara yang penerapannya diselenggarakan oleh Kemhan dan TNI. Walaupun perwujudan layanan pertahanan tentunya lebih bersifat *intangibile* berupa perlindungan dan rasa aman sebagai hasil akhir, namun manfaatnya dapat dirasakan oleh seluruh lapisan masyarakat.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif, di mana yang menjadi subjek penelitian adalah Instansi TNI, Pemda, dan instansi terkait di wilayah Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung dengan narasumber serta mengadakan *Focus Group Discussion (FGD)*, yang dimulai dari bulan Januari hingga Mei 2022.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ancaman Pertahanan di Kalimantan Utara

Akhir-akhir ini muncul ancaman nyata yang sedang maupun pasti akan dihadapi, baik berupa ancaman militer, nonmiliter, maupun ancaman hibrida. Beberapa bentuk ancaman tersebut antara lain pelanggaran wilayah perbatasan, separatisme dan pemberontakan bersenjata, perompakan, pembajakan dan penyanderaan, terorisme dan radikalisme,

ancaman siber, ancaman intelijen atau spionase, ancaman perang psikologikal, serangan senjata biologis, bencana alam dan lingkungan, pencurian kekayaan alam, wabah penyakit, peredaran dan penyalahgunaan narkoba, serta dampak lahirnya revolusi industri dan masyarakat. Meskipun demikian, ada beberapa solusi yang dapat dilakukan, seperti dengan menambah ketersediaan Alutsista sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan pertahanan negara dalam menghadapi ancaman-ancaman, baik dari dalam maupun luar negeri; meningkatkan kesiapsiagaan dalam menghadapi bencana alam yang mungkin terjadi dengan mitigasi bencana; serta meningkatkan kewaspadaan terhadap peredaran narkoba, *illegal logging*, *illegal fishing*, maupun *human trafficking*, dengan melakukan pemantauan dan pengawasan.

Adapun ancaman belum nyata, seperti konflik terbuka (perang konvensional), ancaman senjata nuklir, krisis ekonomi, ancaman pandemi, dan imigran asing, tetap tidak dapat diabaikan meskipun kemungkinan terjadinya dalam beberapa tahun kedepan masih sangat kecil.

Pemerintah pusat melalui Badan Nasional Pengelola Perbatasan (BNPP) telah membangun fasilitas Pos Lintas Batas Negara (PLBN) dan terminal barang internasional atau "*dry port*", walaupun upaya tersebut dinilai belum menyentuh ketahanan ekonomi bagi masyarakat perbatasan. Sebagai akibatnya, untuk memenuhi kebutuhan sembako dan rumah tangga, serta aspek perekonomian lainnya, masyarakat di perbatasan masih harus mengandalkan perdagangan lintas batas Indonesia-Malaysia, apalagi setelah Pandemi Covid-19 melanda seluruh dunia termasuk Indonesia. Untuk menanggulangi permasalahan ini, pemerintah harus menjamin kelancaran pasokan sembako dan kebutuhan lainnya di daerah perbatasan.

Terdapat empat hal yang dapat menjadi indikator untuk memasukkan negara tetangga sebagai sebuah ancaman, yaitu: ekonomi *agregat* dan kemampuan militer dari negara lain, aspek geografi, keseimbangan antara *offense* dan *defense*, serta postur dan gaya militer sebuah negara. Ekonomi suatu negara akan kuat jika industrinya juga kuat, industri (terutama bidang pertahanan) akan kuat jika teknologi yang dimiliki juga kuat. Kuatnya industri akan meningkatkan kemampuan suatu negara dalam menjaga pertahanan, yang pada akhirnya akan memperkuat aspek ekonomi.

Permasalahan Pertahanan di Kalimantan Utara

Beberapa permasalahan dan tantangan yang akan dihadapi pada periode tahun 2020-2024, adalah sebagai berikut: (sumber : Renstra kemenhan 2020-2024) 1. Keutuhan wilayah NKRI dan keselamatan segenap bangsa dinilai masih rentan; 2. Belum optimalnya modernisasi dan integrasi sistem pertahanan negara; 3. Belum optimalnya tata kelola penyelenggaraan pertahanan negara, di mana penataan dan pemanfaatan sumber daya nasional dan wilayah, yang dapat digunakan untuk mendukung pertahanan negara, masih belum ditangani dengan optimal; 4. Belum optimalnya pengembangan profesionalisme SDM pertahanan; 5. Belum tercapainya keselarasan regulasi yang terkait dengan pertahanan negara; 6. Program dan anggaran yang belum sepenuhnya akuntabel, sehingga pelayanan prima yang diberikan masih belum optimal.

Menurut hasil pengumpulan data dan diskusi dengan beberapa narasumber di Bappeda Kota Tarakan, yakni Kepala Bappeda, Sekretaris Bappeda, dan Koordinator Litbangda Kota Tarakan, dapat diambil kesimpulan bahwa **implementasi Pembangunan Pengamanan Wilayah Perbatasan (PPWP) dan Pulau-Pulau Kecil Terluar/Terdepan (PPKT) masih belum maksimal dilaksanakan**. Meskipun demikian, untuk wilayah Kalimantan Utara, sejak tahun 2020 sudah mulai dilaksanakan pembangunan PLBN (Pos Lintas Batas Negara), termasuk jalan paralel perbatasan, jalan akses menuju pos lintas batas, serta pengembangan infrastruktur permukiman di kawasan perbatasan, seperti pembangunan jalan lingkungan, pembangunan drainase, pengelolaan sampah, dan penyediaan air bersih, termasuk pembangunan pasar sebagai sarana pendukung perekonomian masyarakat setempat. Adapun PLBN di wilayah Kalimantan Utara pembangunannya tersebar di 4 titik, yakni: PLBN Long Nawang (Kab. Malinau), PLBN Sei Pancang, PLBN Long Midang, dan PLBN Labang di Kab. Nunukan, yang direncanakan akan selesai pada tahun 2022. 4 PLBN ini merupakan bagian dari program pembangunan 11 PLBN yang diatur dalam Inpres No. 1 Tahun 2019 tentang Percepatan Pembangunan 11 Pos Lintas Batas Negara Terpadu dan Sarana Prasarana Penunjang di Kawasan Perbatasan.

Permasalahan yang kedua adalah **penegasan batas negara**. Pada tanggal 21

November 2019, Indonesia dan Malaysia telah menyelesaikan 2 segmen, yakni Segmen Sungai Simantipal dan Segmen C500–C600, dari 9 segmen batas darat yang menjadi sengketa (*Outstanding Boundary Problems/OBP*) melalui MoU yang ditandatangani kedua negara. Kesepakatan tersebut merupakan pencapaian yang cukup signifikan dan dapat menjadi momentum dalam upaya penyelesaian penegasan batas darat Indonesia-Malaysia. Adapun 7 OBP yang tersisa, yakni 3 OBP Sektor Timur (Segmen Pulau Sebatik, Sungai Sinapad, dan B2700–B3100) dan 4 OBP Sektor Barat (Segmen Batu Aum, Gunung Jagoi, Gunung Raya, dan D400), akan menjadi fokus penyelesaian selanjutnya. Upaya penyelesaian sengketa masih terus dilakukan namun mewabahnya Covid-19 menjadi tambahan kendala bagi kedua negara untuk melaksanakan poin-poin dalam kesepakatan.

Permasalahan ketiga adalah **pengamanan perbatasan negara**. Dalam rangka menjaga keutuhan wilayah dan kedaulatan negara, maka pengamanan perbatasan menjadi prioritas kebijakan pemerintah. Upaya ini sekaligus dapat menjadi stimulus untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Penggelaran kekuatan Satgas Pamtas TNI dan pemeriksaan aktifitas lintas batas melalui PLBN Terpadu Disepanjang perbatasan darat, merupakan usaha yang dilakukan pemerintah dalam menjaga keamanan perbatasan. Adapun di wilayah perbatasan laut, upaya pengamanan dilakukan melalui penggelaran kekuatan Satgas Pengamanan Pulau-Pulau Terluar TNI (Satgas Pamputer) dan pelaksanaan patrol laut dan udara oleh pihak-pihak terkait.

Berdasarkan keterangan narasumber dari Lantamal XIII/Tarakan, dapat disimpulkan bahwa potensi sengketa perbatasan maritim Indonesia-Malaysia masih akan terjadi. Sengketa Ambalat di ALKI II merupakan salah satu contoh sengketa perbatasan maritim yang belum selesai hingga saat ini. Hal ini dapat dilihat dari gesekan antara kapal perang Indonesia dengan Malaysia yang terjadi beberapa kali di perbatasan laut Karang Unarang, Ambalat. Sengketa ambalat berawal dari gangguan kapal perang negeri tetangga terhadap pembangunan tiang pancang mercusuar yang dilakukan di Karang Unarang, dimana kapal perang Malaysia berulang kali melakukan “teror” terhadap pekerja Indonesia di lokasi tersebut. TNI menanggapi upaya provokatif di Karang Unarang dengan

menerjunkan KRI Wiratno-879, KRI Rencong-622, dan KRI Tedong Naga-819. Selain itu, kapal partoli Malaysia beberapa kali memprovokasi Angkatan Laut Indonesia dengan melakukan manuver berkecepatan tinggi.

Kekhawatiran pemerintah saat ini adalah pembangunan resort di dekat Karang Unarang oleh pihak Malaysia. Kasus Sipadan dan Ligitan seharusnya menjadi pelajaran bagi bangsa Indonesia, dimana Mahkamah Internasional memberikan kemenangan kepada Malaysia berdasarkan penguasaan efektif, yaitu lebih banyak penduduk Malaysia yang bermukim di wilayah yang disengketakan. Oleh sebab itu, pembangunan resort di dekat Karang Unarang sudah barang tentu akan membahayakan kedaulatan jika terjadi okupasi maupunklaim sepihak oleh Malaysia. Di sisi lain, Blok Ambalat ditengarai memiliki kandungan minyak dan gas bumi yang berlimpah, potensi inilah yang menjadi tujuan Malaysia untuk menguasai Ambalat. Meskipun demikian, UNCLOS 1982 menjadi dasar hukum bagi Indonesia dalam mengklaim Ambalat, dimana Indonesia telah resmi diakui sebagai negara kepulauan.

Urgensi kehadiran negara di perbatasan mutlak diperlukan, dalam artian pemerintah pusat harus mulai membenahi wilayah perbatasan negara. Pembangunan zona inti Pos Lintas Batas Negara (PLBN), baik di darat maupun di laut, dapat menjadi permulaan. Dengan demikian, Indonesia tidak kalah langkah dari negara tetangga, di samping wilayah perbatasan setidaknya memiliki efek *deterrent* bagi negara lain.

Permasalahan ke empat adalah **belum adanya sinergi** antara Badan Usaha Milik Negara (BUMN) dengan Badan Usaha Milik Swasta (BUMS), yang bergerak di bidang industri pertahanan. Usaha untuk meningkatkan kapasitas dan kompetensi ekspor Alutsista dapat dilakukan melalui dua strategi, yakni strategi keunggulan komparatif (mengutamakan produk-produk yang memiliki kualitas sama dengan harga yang lebih murah), dan strategi keunggulan kompetitif (mengutamakan produk-produk yang memahangnya diproduksi oleh pabrik Alutsista di Indonesia).

Dalam rangka memenuhi kebutuhan Alutsista TNI, saat ini industri pertahanan baru dalam tahap “membangun diri” menuju kemandirian industri pertahanan. Sebagai contoh, PT Pindad (Persero) yang ditunjuk oleh Kementerian Pertahanan RI untuk

memproduksi Kendaraan Taktis (Rantis) Maung atas pesanan TNI AD. Industri pertahanan merupakan bagian dari industrinasional yang secara khusus bertanggung jawab untuk memproduksi system senjata, peralatan dan perlengkapan, dukungan administrasi/logistik, ataupun jasa-jasa, bagi kepentingan penyelenggaraan pertahanan negara. Namun demikian, dalam konteks permasalahan perbatasan, kontribusi industri pertahanan masih belum optimal dalam mendukung pelaksanaan pengamanan perbatasan di Kota Tarakan, apalagi dengan adanya keterbatasan penguasaan teknologi kunci dan/atau kemampuan integrasi sistem. Peran industri pertahanan dalam negeri dalam memenuhi kebutuhan Alutsista TNI yang memiliki daya saing internasional guna menjadi bagian dari *global supply chain* nampak masih jauh dari harapan. Adapun terkait dengan penguasaan teknologi, cara yang dapat ditempuh adalah dengan melaksanakan fungsi pendidikan melalui Penelitian, Pengembangan, dan Rekayasa (Litbangyasa), serta mengadakan kerjasama antara kementerian perindustrian dan TNI dengan melibatkan perguruan tinggi-perguruan tinggi di Indonesia.

Kerjasama difokuskan untuk mengembangkan industri substitusi impor guna mengurangi impor bahan baku dan barang setengah jadi sekaligus mendukung akselerasi hilirisasi industri. Selain itu, kerjasama dengan Kemenristek bertujuan untuk mewujudkan aktifitas Litbang yang terintegrasi dan mengorganisir pemakaian fasilitas yang ada di masing-masing lembaga agar dapat digunakan bersama, di samping pemberdayaan sumber daya penelitian. Dengan pelaksanaan kebijakan dari regulasi Indhan pemerintah yang diterapkan melalui Komite Kebijakan Indhan, maka banyak perusahaan pertahanan nasional telah mampu memenuhi kebutuhan pertahanan dan keamanan negara dengan banyaknya jenis produk Alutsista yang dihasilkan. Namun demikian, beberapa komponen dan bahan baku masih harus diimpor karena industri komponen pendukung dalam negeribelum mampu menyuplai semua kebutuhan bahan produksi Alutsista. Oleh sebab itu, dapat disimpulkan efektivitas regulasi Indhan masih belum maksimal diterapkan.

Sinkronisasi pertahanan negara antara pemerintah pusat dengan pemerintah daerah dilaksanakan melalui Musrembang Daerah. Kenyataandi lapangan, menunjukkan bahwa Pemda masih belumbisa memahami maupun

memberi pedoman sesuai dengan ketentuan Undang-Undang tentang RUTR Wilayah Pertahanan, sehingga dalam beberapa kegiatan Musrembang, Kesatuan TNI tidak dilibatkan dalam pembahasan wilayah yang menjadi hak bagi pertahanan dan keamanan. Idealnya, kepentingan ekonomi dan tujuan pertahanan di daerahharus ada keseimbangan.

Permasalahan kelima adalah **masalah pembangunan** sarana dan prasarana di daerah yang belum mampu mengakomodasi jika sewaktu-waktu digunakan satuan TNI untuk memobilisasi pasukan dalam keadaan darurat. Oleh sebabitu, diperlukan adanya sosialisasi untuk membangun kesepahaman dengan pihak swasta dan masyarakat umum, bahwa dalam keadaan darurat, aset yang dimiliki perorangan bisa digunakan negara untuk kepentingan pertahanan.

Guna membentuk personel TNI yang profesional, tangguh, dan berwawasan bela negara, maka diperlukan dukungan anggaran yang proporsional dan optimal. Selain itu, Alutsista dan infrastruktur pertahanan yang handal, memadai, dan mandiri, merupakan instrument utama dalam rangka menjaga stabilitas wilayah demi kepentingan nasional.

Implementasi Kebijakan Pertahanan di Kalimantan Utara

Percepatan pembangunan yang berfokus pada perencanaan struktur perekonomian yang kokoh berlandaskan keunggulan kompetitif diberbagai wilayah, merupakan sasaran RPJMN IV (2020-2024). Rencana ini harus didukung dengan pembangunan SDM yang berkualitas dan berdaya saing, perbaikan infrastruktur, penyederhanaan birokrasi, dan transformasi ekonomi yang harus dimulai pada periode 2020-2024 sehingga menjadi landasan yang kokoh menuju Indonesia maju.

Visi-misi dan arahan utama presiden dan wakil presiden dituangkan ke dalam 7 agenda pembangun RPJMN 2020-2024. Penjabaran aspek pertahanan negara, yaitu perlindungan bagi segenap bangsa dan memberikan rasa aman kepada seluruh warga, tercantum dalam visi-misi ke-7 serta agenda ke-7 yang memuat stabilitas politik, hukum, pertahanan, keamanan, dan transformasi pelayanan publik.

Visi dan misi pemerintah di tahun 2020-2024 dalam bidang pertahanan, berbunyi "Terwujudnya Indonesia maju yang berdaulat,

mandiri, dan berkepribadian, berlandaskan gotong-royong.”

Kebijakan dan kualitas layanan di bidang pertahanan diatur dalam Perpres No. 8 Tahun 2021 tentang Kebijakan Umum Pertahanan Negara Tahun 2020 - 2024 dengan melaksanakan ketentuan Pasal 13 ayat (2) Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara yang menjadi acuan bagi perencanaan, penyelenggaraan, dan pengawasan sistem pertahanan negara. Berdasarkan Pasal 4 ayat (1) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945, kualitas layanan di bidang pertahanan dapat dinilai dari beberapa indikator, sebagai berikut: bukti langsung (*tangibles*), keandalan (*reliability*), ketanggapan (*responsiveness*), jaminan (*assurance*), dan empati, yaitu kemampuan dalam memberikan perhatian secara tulus.

Terdapat dua faktor yang menghambat implementasi kebijakan pertahanan negara, yakni kualitas SDM yang belum memadai dan terbatasnya pelayanan kesehatan maupun pendidikan di daerah perbatasan. Kedua permasalahan ini menyebabkan penduduk setempat kurang mampu bersaing dengan para pendatang yang umumnya memiliki keterampilan. Oleh sebab itu, perlu dilakukan beberapa upaya, seperti meningkatkan kualitas SDM dengan memberikan pelatihan-pelatihan dan bimbingan teknis, membangun sarana dan prasarana kesehatan serta menambah tenaga medis, serta membangun sekolah dan tenaga pengajar. Kurangnya perhatian pemerintah terhadap sarana dan prasarana di wilayah perbatasan menyebabkan masyarakat setempat lebih condong untuk “memilih” negara tetangga karena akses yang lebih mudah dan kesejahteraan yang lebih terjamin.

Terbatasnya jumlah aparat yang ditempatkan di beberapa pos perbatasan bisa menjadi titik lemah pertahanan nasional. Permasalahan ini dapat ditangani dengan menambah jumlah aparat yang bertugas di daerah lintas batas. Minimnya jalur transportasi, seperti infrastruktur jalan maupun sarana dan prasarana perhubungan lainnya, baik jalur darat, laut, atau udara, menyebabkan terbatasnya layanan jasa transportasi sehingga penduduk di daerah perbatasan menjadi terisolir dari wilayah sekitar. Adapun solusi untuk permasalahan demografi (kurang meratanya persebaran penduduk di daerah perbatasan), adalah dengan program transmigrasi.

Dengan semakin sering diadakannya gelar latihan pasukan tiga matra (angkatan darat, laut, udara), maka dapat dilihat bahwa kebijakan pertahanan negara di Tarakan sudah mulai ada perkembangan sejak tahun 2010 diterapkan. Tarakan memiliki wilayah kepulauan dengan banyak pulau-pulau kecil terluar yang tidak berpenghuni. Bertambahnya jumlah satuan TNI, disamping meningkatkan keamanan, juga diharapkan dapat membantu perkembangan ekonomi, walaupun dilihat dari aspek sarana dan Alutsista belum dapat sepenuhnya mendukung tugas TNI.

Merujuk pada teori pakar pertahanan, yang mengatakan bahwa pertahanan negara dan ekonomi merupakan variabel mendukung untuk meningkatkan pendapatan negara dan pendapatan daerah. Kondusifnya pertahanan dan keamanan suatu negara akan menarik investor asing untuk menanamkan modal usaha, sehingga akan mengurangi pengangguran seiring bertambahnya lapangan pekerjaan. Negara-negara berkembang masih memiliki kendala untuk mencapai sasaran kebijakan pembangunan dengan postur militer yang kuat. Kendala tersebut adalah lemahnya perekonomian nasional yang biasanya terermin dari rendahnya pendapatan nasional (PDB). Dengan demikian, jika perekonomian yang dijadikan patokan dalam membangun kekuatan militer, maka negara tidak akan mampu membangun kekuatan militer yang tangguh.

Perubahan kondisi militer, kondisi ancaman, dan perkembangan teknologi, akan berdampak secara signifikan terhadap perubahan teknologi senjata yang semakin cepat, sehingga memengaruhi strategi dan pola serta taktik di dunia militer yang secara otomatis akan berakibat pada pembengkakan anggaran belanja Alutsista. Hasil analisis para pakar masih memberikan tingkat ketidakpastian yang cukup tinggi mengenai potensi ancaman saat ini dan ke depan.

Dalam menentukan dan merumuskan besaran anggaran militer, para pemangku kebijakan adakalanya tidak selalu berpikir rasional, tetapi sering kali mengedepankan posisi tawar-menawar secara politis. Perlu pertimbangan secara strategis dan dinamis dalam membedakan kebutuhan anggaran pertahanan di masa aman/damai dan pada kondisi perang, di samping mempertimbangkan tingkat masyarakat yang berbeda dan periode yang berbeda.

Hasil pengumpulan data di Lantamal XIII Tarakan digunakan untuk mengetahui

pengaruh kebijakan pertahanan negara terhadap pelaksanaan kualitas layanan pertahanan dan sejauh mana indikator capaian suatu layanan dipahami dan dirasakan manfaatnya oleh pengguna layanan. Ujung tombak layanan pertahanan berada di punggung satuan TNI yang berinteraksi langsung dengan masyarakat dan pihak-pihak terkait. Adapun validitas penelitian memiliki tantangan tersendiri, seperti tidak adanya kontinuitas komunikasi dan respon antara pembuat kebijakan dengan pemberi layanan serta wujud layanan yang “*intangible*” dihadapkan pada kinerja instansi yang harus diukur secara kuantitatif.

Terwujudnya sinergitas daya tanggap antar instansi terhadap implementasi kebijakan pertahanan negara yang dilakukan melalui fungsi koordinasi dan konsultasi, dapat dilihat dari terbentuknya Muspida (Musyawarah Pimpinan Daerah) di tingkat Provinsi dan Tingkat Kabupaten/Kota dalam rangka mewujudkan dan memelihara stabilitas dan pembangunan nasional. Adapun pimpinan daerah yang terlibat pada tingkat provinsi terdiri dari Gubernur, Pangdam, Kapolda, dan Kepala Kejaksaan Tinggi, sedangkan pada tingkat kabupaten/kota terdiri dari Bupati/Walikota, Kodim, Kapolres dan Kepala Kejaksaan Negeri. Selain itu, kabupaten/kota juga membentuk Forkopimda (Forum Koordinasi Pimpinan Daerah) yang diketuai oleh Bupati/Walikota dengan anggota yang terdiri atas Pimpinan DPRD, Pimpinan Kepolisian, Pimpinan Kejaksaan, dan Pimpinan Satuan Teritorial Tentara Nasional Indonesia. Forkopimda mempunyai tugas dan tanggungjawab untuk mewujudkan ketentraman dan ketertiban masyarakat, serta menjaga stabilitas daerah demikelandaran pembangunan daerah, di samping mengkoordinasikan dan mengkomunikasikan penyelenggaraan pemerintahan dan stabilitas daerah.

KESIMPULAN

Bahwa kebijakan pertahanan negara di Kota Tarakan, Kalimantan Utara, belum memiliki dampak yang signifikan terhadap kualitas layanan di bidang pertahanan, terlebih karena adanya faktor lain yang juga memengaruhi. Para pengambil kebijakan perlu untuk meninjau kembali kebijakan yang sudah dibuat agar lebih mudah diterapkan oleh

pelaksana, baik TNI maupun Kemhan di daerah.

Terdapat beberapa dimensi dan indikator yang merupakan isi dari kebijakan pertahanan yang belum dapat diimplementasikan oleh pelaksana TNI dan Kemhan karena kebijakan yang sudah dibuat belum dapat dipahami oleh masyarakat dan pemerintah daerah. Diperlukan sosialisasi kepada masyarakat dan pihak-pihak terkait mengenai kebijakan yang dinilai baru. Kebijakan pertahanan negara tahun 2022 yang memuat 4 (empat) tujuan strategis dan 16 (enam belas) sasaran strategis berdampak positif terhadap variabel Y (Kualitas Layanan Bidang Pertahanan) di Kota Tarakan Kalimantan Utara, dengan nilai 48%.

Hasil analisis data kualitatif terdapat 2 dimensi dan 8 indikator Kebijakan Pertahanan Negara Tahun 2022 yang belum berdampak secara signifikan terhadap kualitas layanan bidang pertahanan di Kota Tarakan, Kalimantan Utara.

Hasil analisis untuk variabel layanan terdapat satu dimensi yang belum optimal, yaitu dimensi empati dengan 2 indikator.

Dampak yang masih belum signifikan dari kebijakan pertahanan negara terhadap postur TNI, industri pertahanan, pertahanan pulau-pulau besar, depo-depo logistik pertahanan yang terdesentralisasi, penguatan pertahanan di wilayah-wilayah selat selat strategis dan sinergitas penataan wilayah pertahanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Pertahanan RI. 2015. *Buku Putih Pertahanan*. Jakarta: Kementerian Pertahanan RI.
Kebijakan Pertahanan Negara Tahun 2022

**PERANCANGAN APLIKASI INVENTARISASI ASET
BARANG MILIK NEGARA (BMN) BALITBANG KEMHAN
DENGAN SISTEM *QR CODE* DAN *DIGITAL SIGNATURE***

**ASSET INVENTORY APPLICATION DESIGN FOR THE R & D
OF THE MINISTRY OF DEFENSE'S STATE OWNED GOODS
WITH QR CODE AND DIGITAL SIGNATURE SYSTEM**

Puji Sandika dan Maharani Febriansari
Bag Datin Set Balitbang Kemhan
mraniez7@gmail.com

ABSTRAK

Pengelolaan inventarisasi aset barang milik negara (BMN) di Balitbang Kemhan saat ini masih dilakukan secara manual. Biasanya kendala yang sering ditemukan dalam pengelolaan inventarisasi aset BMN antara lain proses pendataan tidak efisien, label penomoran rusak, pudar, atau terlepas sehingga keberadaan aset tidak dapat terlacak lagi. Pemanfaatan teknologi aplikasi mobile berbasis Quick Response (QR) dapat meningkatkan tata kelola penata-usahaan inventarisasi aset BMN di Balitbang Kemhan. Aplikasi ini sangat memudahkan pengguna dalam mengakses secara daring dan menampilkan data dengan tepat, di mana pun. Perancangan aplikasi inventarisasi aset BMN untuk Balitbang Kemhan terdiri atas lima tahapan, yaitu 1) merancang proses bisnis kerja; 2) merancang sistem pada aplikasi Android; 3) merancang aplikasi inventarisasi aset BMN; 4) merancang QR Code; 5) merancang sistem keamanan untuk QR Code dengan sistem digital signature.

Kata kunci: *aplikasi inventarisasi aset BMN, QR, digital signature*

ABSTRACT

The management of the inventory of state property assets (BMN) at the R & D of the Ministry of Defense (Balitbang Kemhan) is currently still done manually. The common obstacles that are often found in managing the inventory of state property assets include inefficient data collection processes, damaged, faded, or detached numbering labels so that the existence of assets can no longer be traced. The utilization of mobile application technology based on Quick Response (QR) can improve the governance of state property asset inventory administration at Balitbang Kemhan. This application makes it very easy for users to access online and display data accurately, anywhere. The design of state property asset inventory application for Balitbang Kemhan consists of five stages, namely 1) designing work business processes; 2) designing systems on Android applications; 3) designing state property asset inventory applications; 4) designing QR Codes; 5) designing security systems for QR Codes with digital signature systems.

Keywords: *state property asset inventory application, QSR, digital signature*

PENDAHULUAN

Pengelolaan aset dan inventaris milik Balitbang Kemhan masih belum dilakukan dengan baik, jika dilihat dari proses yang saat ini masih bersifat manual, bahkan pencatatan dan pelabelan aset masih dikerjakan menggunakan Ms-Excell. Sistem tersebut tentu saja menimbulkan berbagai kendala bagi petugas SIMAK BMN, seperti:

1. Kurang lengkapnya catatan informasi inventaris aset BMN sebab pelabelan hanya menggunakan stiker yang ditempel. Informasi lain, seperti spesifikasi, tanggal pengadaan, harga pembelian, asal dana, kondisi aset, dan nilai aset, tidak bisa ditampilkan.
2. Kurangnya efektivitas waktu dan tenaga ketika ingin melakukan pendataan dan pencarian aset yang dibutuhkan .
3. Kurangnya fleksibilitas sebab pihak-pihak yang berkepentingan tidak dapat terhubung ketika ingin mengecek informasi aset BMN dengan pendataan yang masih bersifat manual.
4. Kurangnya keamanan aset ketika stiker pelabelan nomor copot/pudar/robek dan data yang disimpan hilang sehingga menyebabkan aset sulit terlacak keberadaan dan informasinya.

Berdasarkan PP No. 27 Tahun 2014, permasalahan yang menyangkut pengelolaan aset dan inventaris sebagaimana dijelaskan pada poin-poin di atas dapat dicegah apabila prosesnya didukung oleh suatu sistem pengelolaan aset dan inventaris yang terintegrasi dan terstruktur. Salah satu sistem yang dapat diterapkan yakni dengan memanfaatkan *QR Code* (salah satu hasil perkembangan teknologi berbentuk kode yang berisi *array* berupa kotak hitam dan putih yang dapat dibaca kamera *smartphone*). *QR Code* merupakan bagian dari kemajuan teknologi yang sudah banyak dimanfaatkan untuk transaksi dan pendataan barang, dengan memberikan informasi barang melalui label. Merujuk pada PP No. 27 Tahun 2014, maka pemanfaatan *QR Code* menjadi sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam proses pengelolaan aset BMN, seperti proses pelabelan dan penyimpanan data inventaris aset.

Keamanan aset BMN merupakan faktor penting yang harus diperhatikan agar data tidak berubah karena suatu hal. Oleh karena itu, dibutuhkan

penambahan sistem keamanan *digital signature* melalui program hash Algoritma MD5. Sistem pengamanan untuk QR Code BMN akan menggunakan dua kunci, yaitu kunci pribadi dan kunci publik. Pada pengamanan kunci publik, data diberi hash menggunakan algoritma MD5 sampai menghasilkan *message digest*. *Message digest* inilah yang akan menjadi pendeteksi ketika terjadi perubahan terhadap data inventaris aset. Selain itu, diperlukan adanya rancangan aplikasi inventarisasi aset BMN untuk Balitbang Kemhan yang terdiri dari 5 tahapan, yaitu: 1) Merancang proses bisnis kerja; 2) Merancang sistem untuk aplikasi android; 3) Merancang aplikasi inventarisasi aset BMN ; 4) Merancang Qr Code; dan 5) Merancang sistem keamanan untuk Qr Code dengan sistem *digital signature*.

LANDASAN TEORI

Dalam melakukan penelitian, penulis akan menggunakan dasar teori, sebagai berikut:

1. PP No. 27 Tahun 2014 mengatur tentang semua barang yang dibeli atau diperoleh atas beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara atau berasal dari perolehan lainnya yang sah [1]. Barang sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b, meliputi: barang yang diperoleh dari hibah/sumbangan atau yang sejenis; barang yang diperoleh sebagai pelaksanaan dari perjanjian/kontrak; barang yang diperoleh sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan; atau barang yang diperoleh berdasarkan putusan pengadilan yang telah berkekuatan hukum tetap. Kewenangan dan tanggung jawab pengelola BMN adalah melakukan pembinaan, pengawasan, dan pengendalian, atas pengelolaan Barang Milik Negara.
2. Manajemen Aset
Manajemen merupakan proses aturan dalam pengorganisasian, perencanaan, dan pengawasan terhadap pembelian, penggunaan, perawatan, perbaikan, dan penghapusan aset fisik untuk mengoptimalkan potensi pelayanan dan meminimalkan biaya, sehingga sumber daya lainnya dapat dimanfaatkan secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu tujuan. Sedangkan aset adalah benda

bergerak dan tidak bergerak, baik dalam bentuk fisik maupun nonfisik. Aset juga dapat dikatakan sebagai kekayaan yang secara terpisah tercakup dalam aktiva atau harta kekayaan suatu instansi/organisasi/badan usaha/perorangan [2].

3. *QR Code*

Quick Response (QR) Code merupakan kode matriks dalam bentuk dua dimensi yang dikembangkan oleh perusahaan Jepang Denso-Wave pada tahun 1994. *QR Code* dapat menampilkan data berupa teks dengan informasi yang dapat diakses lebih cepat. Fungsi utama *QR Code* adalah untuk menyimpan data selain sebagai sistem keamanan yang dapat diakses orang tertentu. *QR Code* dapat menampung banyak informasi dengan 7.089 karakter numerik dan 4.296 karakter alfanumerik [3][4].

4. *Digital Signature*

Digital signature adalah teknologi yang dapat digunakan untuk meningkatkan keamanan data aset dan inventaris. *Digital signature* dapat digunakan untuk memastikan informasi dengan memanfaatkan sistem dua buah kunci, yaitu kunci publik dan kunci pribadi. Kunci

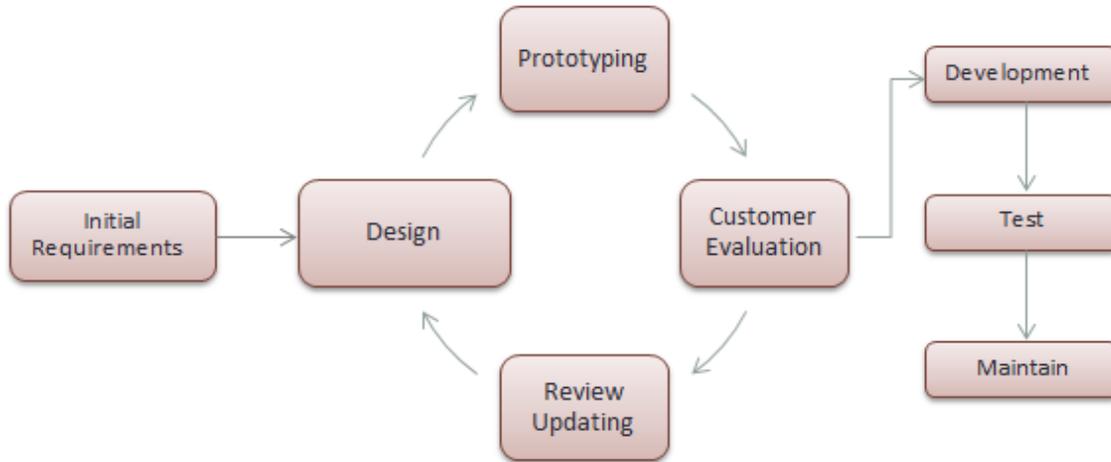
publik digunakan untuk mengenkripsi data, sedangkan kunci pribadi untuk mendeskripsikan data [5].

5. Algoritma MD5

Algoritma MD5 merupakan fungsi hash satu arah yang dibuat oleh Ron Rivest. MD5, yang merupakan penyempurnaan dari MD4, memiliki algoritma yang sangat peka akan adanya perubahan pesan. Penggunaan algoritma MD5 dapat menghasilkan 4 blok, dengan total 128 bit [6].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang akan digunakan adalah metode *prototyping* untuk membangun aplikasi pendataan inventarisasi aset di Balitbang Kemhan. Metode ini merupakan pengembangan dari suatu sistem yang akan dibangun, diuji, dan dibangun kembali, dengan hasil akhir berupa *QR Code*. Penggunaan *QR Code* diharapkan dapat menjadi sebuah alat untuk mengakses informasi aset-aset milik BMN di Balitbang Kemhan.



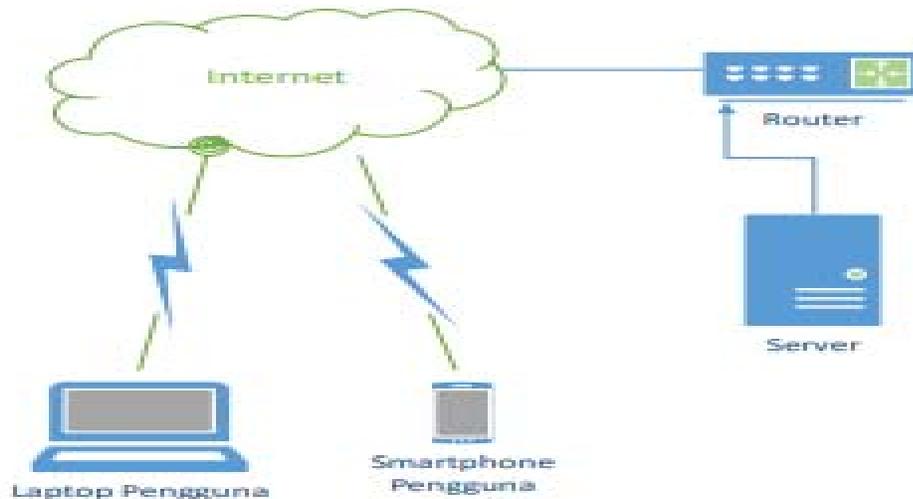
Gambar 1. Prototyping

Berikut adalah tahapan penelitian yang harus dilakukan.

1. Analisis Kebutuhan : Analisis kebutuhan sistem dilakukan dengan tiga tahapan, yaitu:

- Studi literatur : Mengumpulkan sumber-sumber dari literatur jurnal ilmiah dan situs internet yang membahas tentang pembuatan sistem *QR Code* dan keamanan.

- Wawancara : Penulis mewawancarai petugas BMN Balitbang Kemhan dan menggali informasi permasalahan yang berhubungan dengan penataan dan pengelolaan data inventaris aset BMN di Balitbang Kemhan,
 - Analisis Data : Penulis melakukan analisis informasi yang didapat dari hasil wawancara, kemudian memberikan ide dan masukan dalam pembuatan sistem QR Code dan perencanaan sistem keamanan inventaris aset di Balitbang Kemhan
2. Merancang Prototipe
- Merancang QR Code aset BMN berbasis android menggunakan QR Reader Generator
 - Merancang sistem keamanan QR Code yang sudah terbentuk, dilanjutkan perancangan keamanan dengan sistem *digital signature*. Pada proses hash, digunakan *library angular MD5*, sedangkan proses enkripsi dan dekripsi menggunakan *library JSEncrypt*.
 - Merancang aplikasi manajemen aset untuk *smartphone* android.
3. Merancang Sistem Jaringan
- Setelah sistem *QR Code* dan keamanan terbentuk, langkah selanjutnya adalah merancang jaringan yang akan menghubungkan aplikasi BMN *mobile* dengan *smartphone* android. Sistem diuji menggunakan *black box* untuk melihat apakah aplikasi *mobile* dapat membaca *QR Code* dan menampilkan informasi aset yang sudah didata. Berikut adalah rancangan jaringan untuk mendukung sistem yang telah dibangun pada *smartphone*.



Gambar 2. Skema Sistem Jaringan

HASIL DAN PEMBAHASAN

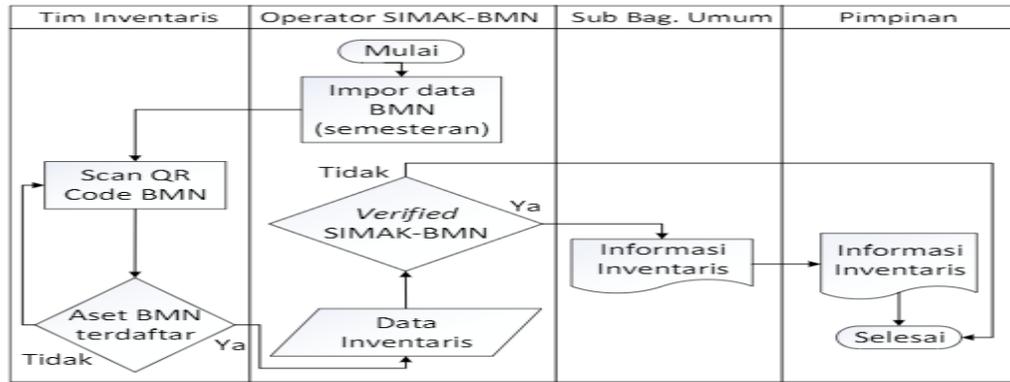
A. Perancangan Prototipe

Pada tahap ini, metode yang digunakan adalah *waterfall*, yaitu sebuah metode berurutan dan terstruktur.

1. Perancangan Proses Bisnis Kerja

Pelaku terdiri dari empat pihak yang akan mengelola sistem manajemen aset BMN, yakni:

- Tim inventaris
- Operator SIMAK BMN
- Kasubbag SIMAK BMN
- Pimpinan (Kabag Datin)



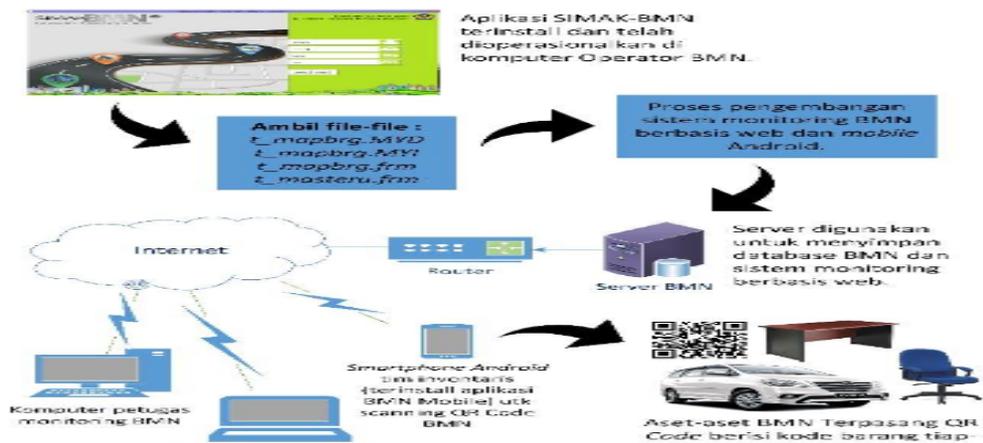
Gambar 3. Flowmap aliran bisnis sistem

Penjelasan:

- Data barang yang diinput akan di-scanning oleh tim inventaris menggunakan QR Code melalui aplikasi BMN.
- Hasil scanning kemudian diverifikasi oleh operator BMN sesuai data yang sudah dimasukkan sebelumnya.
- Jika hasil inventarisasi dinyatakan valid, maka informasi tersebut diteruskan kepada Kasubbag SIMAK BMN dan pimpinan.

Terdapat empat file database yang terinstal secara *stand alone* pada komputer operator BMN, yaitu *t_mapbrg.MYD*, *t_mapbrg.MYI*, *t_mapbrg.frm*, dan *t_masteru.frm*. File-file tersebut kemudian diimpor ke dalam aplikasi Sistem Informasi Monitoring BMN yang disimpan secara online pada server dengan URL <http://imonev.pnm.ac.id>. Server tersebut dapat diakses menggunakan perangkat *smartphone* yang telah terinstal dan terdaftar. Dengan demikian, petugas inventarisasi BMN dapat melakukan *scanning* aset-aset BMN yang telah ditemplei QR Code.

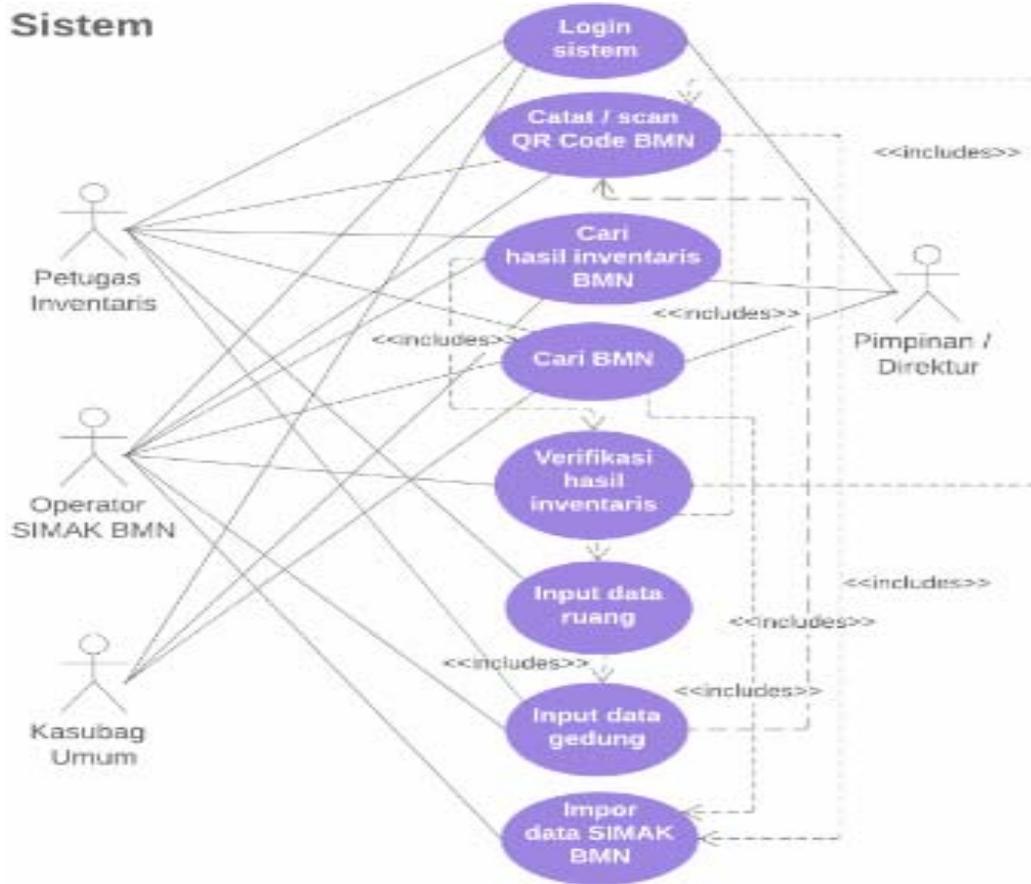
2. Perancangan Sistem pada Aplikasi Android



Gambar 4. Diagram Alur Sistem

Adapun perancangan sistem untuk interaksi antara pengguna dengan

fungsi yang ada pada sistem aplikasi, dapat dijelaskan seperti gambar berikut.

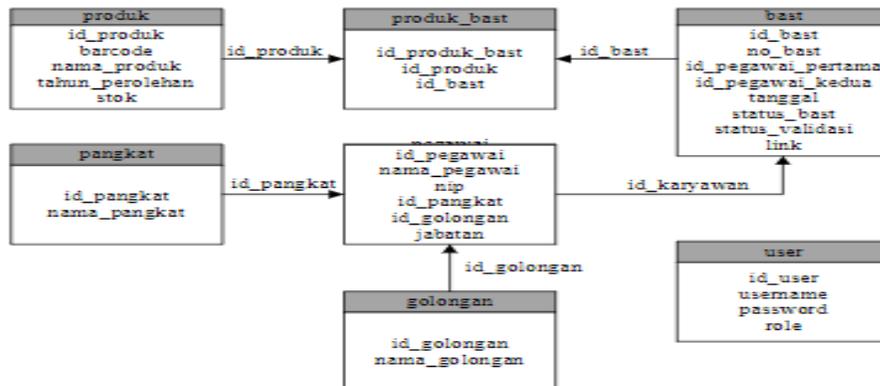


Gambar 5. Sistem Jaringan pada Aplikasi Android

3. Perancangan Aplikasi Inventarisasi Aset BMN

a. Perancangan Database Metode *Unified Modelling Language* (UML) digunakan untuk merancang database dengan

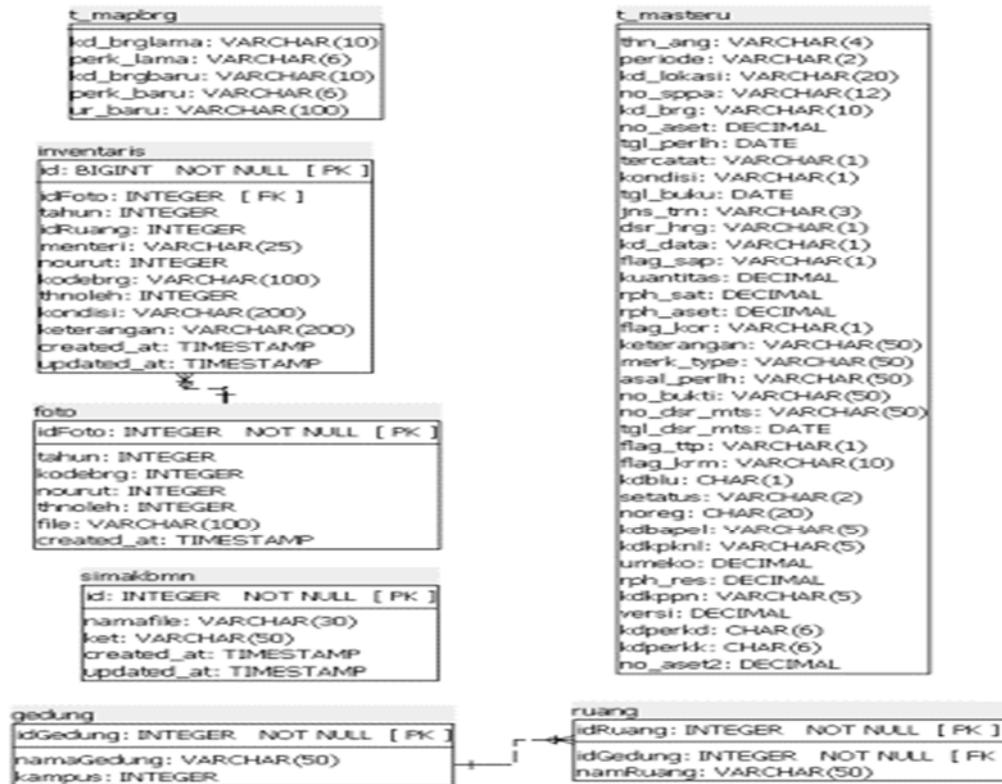
menghubungkan relasi antar data di dalamnya menggunakan *Entity Relationship Diagram* (ERD) dan *Logical Record Structure* (LRS).



Gambar 6. LRS Aplikasi Inventaris

Relasi dibuat antara database sistem aplikasi BMN pada tabel gedung, tabel ruang, tabel inventaris, dengan tabel foto. Pada gambar 3 terlihat bahwa tabel t_mapbrg dan t_masteru tidak dapat direlasikan, karena kedua

tabel tersebut berasal dari database impor aplikasi SIMAK BMN. Adapun tabel yang berfungsi untuk merekam data histori periodisasi *update* impor database adalah tabel simakbmn.



Gambar 7. Pemodelan Data

- b. Perancangan Model Tampilan Aplikasi
- Perancangan model aplikasi dilakukan dengan pemrograman yang digunakan untuk membuat model tampilan aplikasi manajemen inventarisasi BMN pada android, yakni aplikasi Invertor.

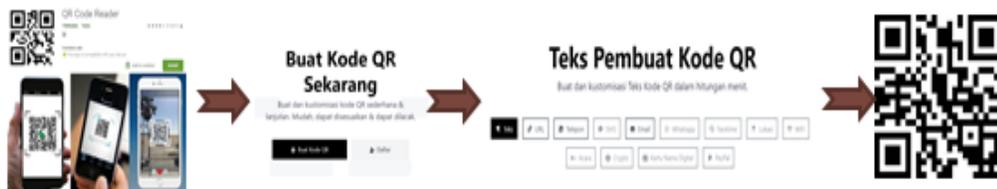
Penggunaan aplikasi inventar pada sistem Qr Code dapat dilakukan dengan metode pemrograman blok seperti *puzzle* dan dapat diinstal pada smartphone yang mempunyai kemampuan NFC dan kamera, dengan konsep, sebagai berikut:



Gambar 8. Konsep Pemodelan Laman Aplikasi Pada Android

4. **Perancangan QR Code BMN**
 Cara pembuatan Qr Code pada android menggunakan

aplikasi QR Reader Generator adalah dengan memilih ‘buat kode QR’ kemudian ‘Crypto’.



Gambar 9. Tahapan Pembuatan QR Code BMN

5. **Perancangan Sistem Keamanan Qr Code dengan Sistem Digital Signature**

Sistem keamanan QR Code saat pembuatan QR pada aplikasi QR Code Generator memiliki 3 proses, yaitu sebagai berikut:

- Key Generator

Pembuatan kunci 2 arah berupa kunci publik dan kunci pribadi, dimaksudkan untuk melakukan enkripsi dan deskripsi sebagaimana terlihat pada gambar 4 dan 5

```
MIICXQIBAAKBgQDObZtjxfpIZYRgo6TKZM9E6b3RVQpXTpKTOiqefTKEp
T9//ru1x0rHgqpsjew1BoXFX3SuYRPN3ijCM/C9WHnc2PDjEgGu0KezIxvqE7n
CjbHed7pff6fov6ZajFsiwcf2r3oOwCjWMW1ChHP0ZYF2Ai1HmInarJutHTwE+
Elb3QIDAQABAoGAHLkVmRFwIPG6NLQwdtUGHiGj/t+IW7acII5EZd8ny1s
u9cFdHxMG7bHZwtcMJgitTmRU2Pq7CVVZOIR/p+kKs5cPE6gH5UGiYi0MT
ZV3sD4hSWMRs+baNiRkaWLECOxk0o4Xe80StheoL89K2dIwFrc28BAowdvr
HHjeqvYRsgECQQDymDTCXjoHGahGT77gnAVmOY9QsB00mIeVxC06LH
wC1TfM51k8QgalUDIp/pxaCZp5F0I4Uy2Tzg+Bphr2+OVdAkEA2dXIh0rSJM8
zw312MJT5YFwNkDpgmMN/aN1FPAVHtLVomn8d7p8pw7DUEQ5sl+S5Xw
WWa9AEckkG3SRW3BogQJBAL5Flwvj78tklAjhvypX9PwqpTd6Ck4YXC+hQ
H/iKBnote1mftz+REwgzFeXtXYBFkFnfF59jr/g3NSpPXj72pkCQCanLZ78Is/PS
IMexxMVzC5SB0IZabyRrBECel+NHE0vh162eaw25+VGgkrIgxJuaughnaGqX
DcLtvF8PLK5/oECQQDkQl/IAPBbI5QXLMfiseu7duRtZ9px/7HYDOEDTjiasOy
BGW2M17FYxYTPJX6ulhxflpX1Bt1Kdtue3Wu3OMRC
```

Gambar 10. Kunci Publik

```
MIGfMA0GCSqGSIb3DQEBAQUAA4GNADCBiQKBgQDObZtjxfpIZYRgo6T
KZM9E6b3RVQpXTpKTOiqefTKEpT9//ru1x0rHgqpsjew1BoXFX3SuYRPN3ij
CM/C9WHnc2PDjEgGu0KezIxvqE7nCjbHed7pff6fov6ZajFsiwcf2r3oOwCjWM
W1ChHP0ZYF2Ai1HmInarJutHTwE+Elb3QIDAQAB
```

Gambar 11. Kunci Pribadi

- *Digital Signature*
Digital Signature adalah sistem pengamanan dengan pemberitahuan berupa pesan. Adapun cara yang digunakan dapat dijelaskan, sebagai berikut:
 - 1) Kunci pribadi dibentuk menggunakan algoritma *asymmetric*, sedangkan
 - 2) Pada kunci publik, data diberi hash terlebih dahulu menggunakan algoritma MD5 sampai menghasilkan *message digest*. *Message digest* inilah yang akan digunakan sebagai pendeteksi ketika terjadi perubahan pada data inventaris aset.
- *Verify*
 Biasanya QR Code yang sudah dipindai akan memunculkan informasi dari kode data. Informasi kode tersebut akan di-hash dengan MD-5, data enkripsi kemudian akan dideskripsi menggunakan kunci publik sehingga menghasilkan H(M). Apabila nilai hash sama, maka informasi yang didapat dari QR Code adalah benar dan aplikasi *mobile* akan menampilkan identitas barang dengan lebih detail, dan sebaliknya.
- Pengujian Sistem Keamanan

No	Skenario Pengujian	Test Case	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian
Autentikasi pengguna				
1	Melakukan autentikasi tanpa mengisi username dan password	Username : kosong Password: kosong	Sistem menolak proses autentikasi	Valid
2	Melakukan autentikasi dengan user yang tidak terdaftar	Username : ad Password: ad	Sistem menolak proses autentikasi	Valid
3	Melakukan autentikasi dengan user yang terdaftar	Username: bmn@polibat am Password: user	User masuk ke sistem dan menampilkan halaman utama	Valid
Menu Utama				
1	Menampilkan home yang berisi daftar barang milik negara	Klik menu home	Sistem menampilkan daftar barang milik negara	Valid
2	Memilih barang milik negara	Klik salah satu item barang	Sistem menampilkan detail barang	Valid
3	Mengubah data barang	Klik edit barang, input perubahan	Data barang berubah	valid
4	Merubah posisi barang	Scan QR Barang, edit lokasi	Data barang terdeteksi, lokasi berubah	Valid
5	Menghasilkan QR	Pilih menu tambah barang	QR Code dibuat	valid
6	Menambah data barang	QR Code sudah dibuat, data barang diisi	Data barang tersimpan, QR dikirim ke mesin pencetak	Valid
7	Scan barang	Klik menu scan	Aplikasi membuka kamera	Valid
8	Scan barang	Aplikasi membuka kamera diarahkan ke QR	Aplikasi mendeteksi dan verifikasi QR dan menampilkan data barang yang relevan	Valid

Gambar 12. Tabel Uji Fungsi

Berdasarkan tabel di atas, maka dapat disimpulkan bahwa aplikasi dapat berfungsi sesuai kebutuhan setelah melewati pengujian dengan metode *black box testing*.

KESIMPULAN

Pemanfaatan perkembangan teknologi *mobile* seperti penggunaan aplikasi inventarisasi aset berbasis QR Code, yang dilengkapi dengan sistem keamanan, tentunya akan mempermudah pekerjaan petugas SIMAK BMN di Balitbang Kemhan. Aplikasi inventarisasi aset dapat dirancang dengan 5 (lima) tahapan, yaitu merancang proses bisnis kerja; merancang sistem pada aplikasi android; merancang aplikasi inventarisasi aset BMN; merancang QR Code; dan merancang sistem keamanan untuk QR Code dengan sistem *digital signature*.

Pada tahapan pertama, sebuah aplikasi tentunya tidak akan dapat berjalan tanpa adanya pelaku dalam pengelolaan inventarisasi aset SIMAK BMN di Balitbang Kemhan, maka harus dibuat perancangan proses bisnis kerja terlebih dahulu. Untuk tahapan kedua, penulis membuat cara agar sistem aplikasi inventarisasi aset berjalan pada *smartphone* android. Tahapan ketiga adalah membangun tampilan aplikasi pada *smartphone* dan memilih menu-menu toolbar yang akan digunakan untuk pengelolaan inventarisasi aset Balitbang Kemhan.

Tahapan keempat adalah membuat QR Code untuk pelabelan aset-aset inventarisasi Balitbang Kemhan. Tahapan terakhir adalah Merancang sistem keamanan QR Code dengan sistem *digital signature*. Dengan penggunaan sistem keamanan ini, maka data inventarisasi SIMAK BMN akan terlindungi dari hal-hal yang tidak diinginkan dengan adanya pemberitahuan ketika data yang terekam di aplikasi tiba-tiba berubah, selain itu sistem keamanan ini hanya akan mengizinkan orang-orang tertentu yang dapat masuk ke dalam aplikasi inventarisasi aset Balitbang Kemhan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pusat, Pemerintah, 2007. UU No. 43 Tahun 2007
- [2] A. P. Atmaja and F. Susanto, "Optimasi Aplikasi SIMAK-BMN untuk Inventarisasi Barang Milik Negara Berbasis Aplikasi Mobile Android," Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer, vol. 6, pp. 201-210, 2019
- [3] D. E. Kurniawan, I. Muslim, M. Raihan, A. P. Putra, and P. A. Yusuf, Mobile Programming: Praktik Membuat Aplikasi Berbasis QR Code dan NFC. Media Sains Indonesia, 2020.
- [4] M. Pramihapsari and M. P. Kaldera, "Perancangan Labelling pada Dokumen Menggunakan QR Code," Jurnal Teknik Komputer, vol. 20, pp. 59 -67, 2012.
- [5] K. Yusuf, "Penerapan Algoritma MD5 sebagai Pengaman Akun pada Aplikasi Web Emusrenbang Kota Binjai", Jurnal Tekni Informatika Kaputama, vol 4, 2020
- [6] Rusdianto, A.Qhoslim "Implementasi Algoritma MD5 untuk KeamananDokumen", Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer, vol 2,2016-

INDEKS PENULIS

A

Alimisna	104
Andhika Aji Sastra	20

E

Eko Misrianto	35
---------------	----

M

Misyanto	80
Maharani Febriansari	96

P

Priyo Budi Sungkowo	58
Puji Sandika	110

R

Ratna Indrawati	69
-----------------	----

S

Sadono	1
--------	---

T

Tati Herlia	90
-------------	----

PEDOMAN UNTUK MENULIS

Judul

Judul artikel harus ditulis dalam huruf besar dengan huruf Times new Roman 14 pt, kapital bold posisi 3 Cm di atas dan diletakkan pada bagian tengah atas dari halaman pertama dan tidak lebih dari 20 kata (merupakan kalimat efektif dan menarik, bukan metoda dan nama kegiatan).

Sub Judul

Setiap sub judul harus ditulis di tengah, menggunakan huruf Times New Roman 12 pt, kapital bold, ditulis dengan huruf besar dengan jarak 2 spasi atas dan bawah seperti : Pendahuluan, Metodologi (Bahan dan Metoda), Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih, dan Daftar Pustaka.

Nama

Nama Penulis tanpa gelar dan alamat atau lembaga tempat bekerja ditulis lengkap dan jelas, beserta e-mail. Nama penulis diletakkan dengan jarak 1,5 spasi di bawah judul, di tengah dalam huruf Times new Roman 11 pt. Apabila artikel ditulis lebih dari satu penulis, maka kata “dan” antara 2 penulis terakhir harus ditulis dengan huruf kecil. Nama penulis diikuti dengan alamat institusi dari penulis di mana penulisan dilakukan. Masing-masing nama penulis yang digunakan untuk alamat surat menyurat di beri nomor urut (super script, angka arab)

Abstrak

Judul abstrak ditulis di tengah dengan huruf besar dan tebal menggunakan huruf Times New Roman 10 pt, jarak 1 spasi. Abstrak memuat garis besar penelitian, obyek penelitian, teknik atau metoda yang digunakan, hasil dan kesimpulan secara singkat. Abstrak harus mencerminkan isi artikel, tetapi tidak lebih dari 200 kata. Abstrak hendaknya ditulis dalam 2 bahasa yaitu Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Dalam Abstrak, hindari penggunaan singkatan. Di bawah abstrak dicantumkan kata kunci maksimal 5 buah kata kunci.

Pendahuluan

Pendahuluan berisi sekurang-kurangnya memuat uraian dari obyek yang diteliti, latar belakang berisi alasan ilmiah, dan fenomena aktual yang penting diteliti. Pengantar tentang profil wilayah kajian/riset beserta penjelasan mengenai alasan pemilihannya. Masalah aktual apa yang perlu solusi. Tujuan penelitian dan metoda penelitian secara umum.

Metodologi

Metodologi percobaan harus diberikan secara jelas, Bahan, Peralatan dan Metoda diterangkan cukup rinci sehingga memungkinkan peneliti lain dapat menggunakan prosedur tersebut dengan hasil yang sama. Bahan kimia dan senyawa standar yang digunakan harus dicantumkan dan juga harus ditulis petunjuk preparasi contoh secara sederhana. Hanya teknik baru yang perlu ditulis secara rinci, sedangkan keterangan dari teknik yang cukup dikenal (umum digunakan) tidak perlu ditulis, tetapi cukup disebutkan acuan pustakanya.

Hasil Pembahasan

Bagian ini membahas cakupan metode dan keabsahannya, diikuti dengan interpretasi hasil-hasil penelitian. Hasil percobaan disarankan ditulis/ditampilkan dalam bentuk ilustrasi. Ilustrasi yang menyertai artikel dan berupa tabel, gambar foto dan grafik.

PEDOMAN UNTUK MENULIS

Tabel

Bentuk tabel harus konsisten, harus diberi nomor secara beruntun dengan judul tabel diletakkan di atasnya dan satuan pengukuran dicantumkan dalam kurung. Tabel harus menggunakan garis tepi di kanan dan kirinya. Apabila tabel hanya berisi dua kolom, maka kolom tersebut sebaiknya dituliskan secara mendatar. Contoh:

Senyawa yang ditambahkan (ug)	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Perolehan kembali (%)	95,0	88,8	99,5	96,8	98,9

Gambar, grafik, tabel dan foto :

Gambar, grafik, tabel dan foto dimasukkan dalam teks, persyaratan yang harus dipenuhi untuk pembuatan gambar adalah sebagai berikut :

- Gambar dibuat cukup besar dan harus relevan dengan naskah dan menempati seluruh halaman kertas quarto, folio atau pun A4.
- Keterangan dari absis dan ordinat, demikian pula halnya angka-angka pada absis dan ordinat harus dibuat dengan ukuran tinggi huruf/angka 3 mm. Keterangan untuk absis dan ordinat ditulis dengan huruf besar. Gambar harus diberi nomor secara berurutan dan judul gambar diletakkan di bawah gambar. Untuk foto dicetak hitam-putih/berwarna dan mengkilat.

Persamaan dan Formula

Persamaan-persamaan hendaknya diberi nomor, secara berurutan. Letakkan superskrip dan subskrip secara tepat. Paling sedikit diberi renggang 2 spasi pada atas dan bawah setiap persamaan.

Tata nama dan satuan

Tata nama untuk senyawa kimia dituliskan menurut aturan dari I.U.P.A.C sedangkan satuan ditulis menurut S.I.

Kesimpulan

Kesimpulan hendaknya dinyatakan secara singkat, tepat dan jelas.

Daftar pustaka

Semua daftar pustaka hendaknya diletakkan pada bagian akhir naskah. Cara penulisan situasi dalam artikel ditulis dengan angka dalam tanda kurung sebagai superskrip, sesuai urutan pemunculan dalam artikel. Contoh : (4)atau...(5,6)atau...(1,2,-5). Sebaiknya pustaka yang digunakan disarankan terbaru dan 80 persen berasal dari jurnal ilmiah minimal 10 tahun terakhir.

Tidak dibenarkan menulis kepustakaan yang tidak disinggung sama sekali dalam naskah. Penulisan pustaka dalam daftar pustaka mengikuti sistem Vancouver.

Contoh-contoh penulisan kepustakaan diberikan di bawah ini :

Jurnal

Penulisan dimulai dengan huruf-huruf nama kecil pengarang utama, diikuti dengan nama akhirnya. Nama pengarang utama diikuti kemudian dengan nama pengarang lainnya. Urutan nama pengarang ditulis sebagaimana tercantum di dalam artikel aslinya, judul artikel ditulis tanpa tanda petik, tetapi huruf pertama ditulis miring atau digaris bawahi, angka volum yang diikuti dengan tanda titik dua (:), permulaan dan akhir angka halaman yang dipisahkan dengan tanda kurung, dan tahun penerbitan didalam kurung.

Contoh :

11.E.N. Fuller, G.T. Porter, L.B. Roof, On-line process LC applied to production of styrene butadene copolymers.J.Chromatogr.Sci.17:661-65(1979)

PEDOMAN UNTUK MENULIS

Prosiding Seminar

Huruf-huruf awal nama pengarang utama atau editor diikuti dengan nama akhirnya, nama pengarang atau editor lainnya, judul, nama prosiding, tempat berlangsungnya konferensi, tahun nomor-nomor halaman. Contoh :

9.A.K. mato, V.V. Modi. Biochemical aspect of ripening and chilling injury in mango fruit. Proceeding of the conference on tropical and subtropical fruits, London, 1969, 1969, pp. 111-15.

Buku

Huruf-huruf awal nama pengarang utama atau editor diikuti dengan nama akhirnya, nama pengarang atau editor lainnya, judul buku yang ditulis miring atau digaris bawah, volum dan atau nomor edisi, penerbit, kota dan nama negara penerbit, tahun penerbitan, nomor halaman atau chapter.

Contoh :

22.L.R. Snyder and J.J. Krickland. *Introduction to Modern Liquid Chromatography*, 2nd ed. Jhon Wiley 7 Sons, New York, 1980, pp 143-44

Artikel yang sedang dalam proses penerbitan

Artikel-artikel tersebut dinyatakan dengan keterangan **in press**.

Contoh :

9. W.J Levy and J.C. Walker. Model molecular thermometer : A standardization method. Part II. *J. Chromatogr Sci.*(1987).in press.

Artikel-artikel yang tidak diterbitkan

Artikel-artikel yang termasuk dalam kategori tersebut dituliskan sebagai berikut :

5. P. Wimalasiri and R.B.H. Wills. Simultaneous analysis of ascorbic acid and dehydroascorbic acid in fruit and vegetables by high performance liquid chromatography (unpublished)

Tesis

Apabila kepastian yang diacu adalah sebuah tesis, judul tesis tidak perlu ditulis.

Contoh :

19.R.E. Arus. Ph.D. Thesis, University of Queensland. (1986)

Paten

Huruf-huruf awal nama orang yang memperoleh hak paten diikuti dengan nama akhirnya, Negara yang memberikan hak paten tersebut, nomor paten, tahun dalam kurung.

Contoh :

I.S.T. Preston. U.S Patent 123456(1987)

Pustaka dari website

Pengarang, Tahun, Judul Karangan, Nama Website, Keterangan diakses

Contoh :

5. Bernaert, H.2007, Fermentation How does it effect the Polyphenol

[Http://www.Worldcocoafoundation.org/about/documents/Bernaert/Fermentation.pdf](http://www.Worldcocoafoundation.org/about/documents/Bernaert/Fermentation.pdf), accessed on 01 September 2010