



ISSN : 2442-5346

JURNAL

# INOVASI PERTAHANAN

Vol. 1 No. 1, Juni 2015

*Transfer of Technology (ToT) dan Integrasi Kesiapan Uji Tembak Roket R-Han 122B di Pandanwangi Lumajang*

*Fasa Barium Hexaferrite Sebagai Coating Anti-Radar Pada Alutsista*

*Tingkat Kemampuan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Kemhan dan TNI Dalam Menghadapi Ancaman Siber*

*Cat Anti Fouling Untuk Kapal Perang Republik Indonesia (KRI)*

*Pengembangan Sistem Komunikasi Dan Radar Serta Instalasi Senjata Combat Boat 16 Meter*

*Kepedulian Masyarakat terhadap Ketahanan Energi ( Kasus PLTMH di Pekon Airbakoman Kecamatan Pulau Pangung Kabupaten Tanggamus Lampung )*

*Penelitian Performa Komposit Glassfiber Reinforce Polyester (GRP) Untuk Menahan Laju Proyektil Senapan FNC dan Pistol FN*

*Pengukuran Kecepatan Pelor Munisi Kaliber Kecil dengan Sistem Konversi Tekanan*

*Pengujian Aerodinamika Pada Kanopi Payung Udara Freefall Menggunakan Software Berbasis Computational Fluid Dynamics (CFD)*

*Eksekusi Mati Warga Negara Asing Terpidana Narkoba Dalam Hukum Positif RI*

KEMENTERIAN PERTAHANAN RI  
BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN

Jurnal Inovasi Pertahanan	Vol. 1	No. 1	Hal. 1 – 106	Jakarta Juni 2015	ISSN 2442-5346
------------------------------	--------	-------	--------------	----------------------	-------------------



---

**SUSUNAN REDAKSI**

- Penasehat** : Kabalitbang Kemhan
- Penanggung jawab** : Ses Balitbang Kemhan
- Pimpinan Redaksi** : Dra. Ernalem Bangun, M.A.
- Wakil Pimpinan Redaksi** : Dr. Nina Ruslinawati, S.Sos, M.M.
- Dewan Redaksi** : Kapuslitbang Strahan Balitbang  
Kapuslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan  
Kapuslitbang Alpalhan Balitbang Kemhan  
Kapuslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan
- Sekretaris** : Letkol Caj Misyanto, S.Kom., M.Si.
- Tim Redaksi** : Maulana Randa, S.T., M.Sc.  
Daryono, S.Pd., M.M.  
Sigit Permana, S.T.  
Indah Kastiyowati, S.T.  
Dwijo H. S., S.Sos.  
Yurviany, S.Si.  
Ari Afianti, S.Psi.  
Heriana, S.T.
- Mitra Bestari** : Prof. Dr. Ir. Dadang Gunawan, M.Eng. (Kemhan)  
Dr. Timbul Siahaan (Kemhan)  
Prof. Dr. Ir. Eddy S. Siradj, M.Sc. (UPN )  
Prof. Dr. Yasmine Zaki Shahab, M.A., Ph.D. (UI)  
Dr. Ir. Mirna Ariati, M.Si. (UI)  
Dr. Ir. Priyono, M.Si. (Undip)  
Prof. Dr. Ahmat Fetyani Syaefudin (Unhan)  
Dr. F. Harry Sampurno, Ph.D. (PT.Dahana)  
Dr. Ade Bagdja (PT. Pindad)  
Ir. Andi Alisjahbana, M.SAe. (PT.DI)  
Dr. Rika Andiarti (LAPAN)
- Design Grafis & Fotografer** : Eko Joko M., S.Kom., M.Si.  
Priyo Budi S.  
Serka Retno Susilo
- Editor** : Rudy Wahyudy, S.Kom.  
Edy Sunardy, Amd.
- Sekretariat** : Sri Haryati, S.T.  
Eko Suhendar  
Sulastri  
Dewi Hartati
- 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](mailto:balitbang@kemhan.go.id)  
website: <http://www.balitbang.kemhan.go.id>



---

**DAFTAR ISI****Hasil Litbang**

<i>Transfer of Technology (ToT)</i> dan Integrasi Kesiapan Uji Tembak Roket R_Han 122B di Pandanwangi Lumajang ..... R. Andhika Ajiesastra	1 – 10
Fasa Barium Hexaferrite Sebagai Coating Anti-Radar Pada Alutsista ..... Maulanda Randa	11- 17
Tingkat Kemampuan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Kemhan dan TNI dalam Menghadapi Ancaman <i>Syber</i> ..... Nina Ruslinawati	18 - 31
Cat Anti <i>Fouling</i> Untuk Kapal Perang Republik Indonesia (KRI) ..... Herlambang Effendy	32 – 40
Pengembangan Sistem Komunikasi Dan Radar Serta Instalasi Senjata Combat Boat 16 Meter ..... Rosihan Ramin	41 – 56
Kepedulian Masyarakat terhadap Ketahanan Energi (Kasus PLTMH di Pekon Airbakoman Kecamatan Pulau Panggung Kabupaten Tanggamus Lampung) ..... Ari Fianti	57 – 64

**Artikel Ilmiah**

Penelitian Performa Komposit <i>Glasfiber Reinforce Polyester (GRP)</i> Untuk Menahan Laju Proyektil Senapan FNC” dan Pistol FN ..... Nazarudin	65 - 75
Pengukuran Kecepatan Pelor Munisi Kaliber Kecil dengan Sistem Konversi Tekanan ..... Alim Senina Sinamo	76 – 89
Pengujian <i>Aerodinamika</i> Pada Kanopi Payung Udara <i>Freefall</i> Menggunakan <i>Software</i> Berbasis <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> .. Heriana	90– 94
Eksekusi Mati Warga Negara Asing Terpidana Narkoba Dalam Hukum Positif RI..... Gerald Theodorus L. Toruan	95 - 104

## KATA PENGANTAR

Para pembaca Jurnal Inovasi Pertahanan, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatnya, sehingga Jurnal Inovasi Pertahanan Volume I Nomor 1, Juni 2015 telah terbit dan hadir ditangan para pembaca.

Pada edisi pertama ini, Jurnal Inovasi Pertahanan membahas berbagai bidang seperti radar, roket, munisi, cat kapal, coating, energi, kanopi dan eksekusi mati. Adapun judul yang terpilih yaitu: 1. *Transfer of Technology* (ToT) dan Integrasi Kesiapan Uji Tembak Roket R-Han 122B di Pandanwangi Lumajang; 2. Fasa Barium Hexaferrite Sebagai *Coating* Anti-Radar Pada Alutsista; 3. Tingkat Kemampuan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) Kemhan dan TNI dalam Menghadapi Ancaman *Cyber*; 4. Cat Anti *Fouling* untuk Kapal Perang Republik Indonesia (KRI); 5. Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Senjata Combat Boat 16 Meter; 6. Kepedulian Masyarakat terhadap Ketahanan Energi (kasus PLTMH di Pekon Airbakoman Kecamatan Pulau Panggung Kabupaten Tanggamus Lampung); 7. Performa Komposit *Glassfiber Reinforced Polyester* (GRP) untuk menahan Laju Proyektil Senapan FNC dan Pistol FN; 8. Pengukuran Kecepatan pelor Munisi Kaliber Kecil dengan sistem Konversi Tekanan; 9. Pengujian Aerodinamika pada Kanopi Payung Udara *Freefall* menggunakan *Software* berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD); 10. Eksekusi Mati warga Negara Asing Terpidana narkoba dalam Hukum Positif Indonesia; diharapkan topik bahasan tersebut dapat bermanfaat sebagai sumber informasi yang mampu memberikan motivasi dalam melakukan penelitian untuk mengatasi beberapa masalah yang kita hadapi.

Tim redaksi pada kesempatan ini, mengucapkan terima kasih dan penghargaan kepada seluruh Mitra Bestari Jurnal Inovasi Pertahanan atas bantuan dan kerjasamanya, serta kepada para penulis yang mempercayakan artikelnya untuk diterbitkan pada Jurnal Inovasi Pertahanan.

Sebagai penutup kami tim redaksi Jurnal Inovasi Pertahanan mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca untuk meningkatkan kualitas Jurnal Inovasi Pertahanan dan mohon maaf bila ada hal yang tidak berkenan dalam proses penerbitan ini. Selamat membaca, semoga memberikan wawasan dan manfaat untuk kemajuan Jurnal Inovasi Pertahanan.

Salam,

Tim Redaksi Jurnal Inovasi Pertahanan

R. Andhika Ajiesastra (Puslitbang Iptekhan, Balitbang Kemhan)  
*Transfer of Technology (ToT) dan Integrasi Kesiapan Uji Tembak Roket R-Han 122B*  
 di Pandanwangi Lumajang  
 Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 1- 10

*Roket merupakan wahana luar angkasa, atau kendaraan terbang yang mendapatkan dorongan melalui reaksi pembakaran dan mendapat gaya dorong atau thrust terhadap keluarnya secara cepat yang mampu membuat gas mengalir dengan kecepatan hipersonik sehingga menimbulkan dorongan reaktif sebanding dengan reaksi balasan sesuai dengan hukum pergerakan Newton ke tiga. Oleh karena itu, sebagai suatu bangsa yang besar, Indonesia sangat memerlukan penguasaan dan kemandirian di bidang teknologi peroketan. Pada kenyataannya, penguasaan teknologi peroketan saat ini masih didominasi oleh negara-negara tertentu, karena penyebarannya memang sangat dibatasi dengan aturan-aturan, antara lain Missile Technology Control Regime (MTCR) dan Center for Information on Security Trade Control (CISTEC). Untuk itu perlu pengembangan Roket untuk kepentingan sipil menjadi kegiatan kepentingan pertahanan dengan memberi bahan explove dan fuze dibagian depan roket yang dikenal dengan R-Han 122 kaliber 122 mm dan R-Han 122 B kaliber 122 mm. Kegiatan Transfer of Technology (ToT) merupakan peningkatan penyerapan teknologi dibidang peroketan mulai dari pembuatan warhead, fuze, motor roket, cap, nozzle dan rupture disk yang dilakukan di PT. Pindad Persero Bandung, Jawa Barat. Dari pelaksanaan pembuatan bagian-bagian roket secara parsial dilakukan integrasi secara simultan atau secara keseluruhan dan selanjutnya dilakukan penimbangan untuk menentukan Central of Gravity (CG) sebuah roket, agar tidak mengalami sudut angguk, sudut geleng, serta diharapkan selalu berada pada posisi cord line. Kegiatan Transfer of Technology (ToT) ini juga bertujuan untuk persiapan uji tembak sebanyak 124 buah yang akan dilaksanakan di Pandanwangi Lumajang Jawa Timur dalam rangka menentukan karakteristik dan tabel tembak yang sesuai atau mendekati Spesifikasi Standar Teknik (SST) roket Grad RM-70 Cekoslovakia. Dari beberapa kegiatan Transfer of Technology (ToT) dan uji statis serta sliding roket siap untuk dilaksanakan uji tembak. Dari pengujian peluncuran tahap awal dengan menggunakan peluncur Roket Grad RM-70 milik TNI AL, masih ada ditemukan beberapa kelemahan sehingga roket tidak berjalan sesuai dengan lintasannya yang diakibatkan oleh perubahan posisi fin, terlepasnya nozzle dari motor roket serta terlepasnya warhead dari motor roket. Dari beberapa kegiatan penguatan dan perbaikan kelemahan yang ditemukan dan dilakukan peluncuran roket, maka roket meluncur sesuai dengan lintasan yang diharapkan.*

**Kata kunci :** *Transfer of Technology (ToT), Roket R-Han 122B, Grad RM-70, Peluncuran*

Maulana Randa (Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan)  
*Fasa Barium Hexaferrite Sebagai Coating Anti-Radar Pada Alutsista*  
 Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 11- 17

*Pengetahuan teknologi coating anti radar merupakan hal yang harus dimiliki oleh komponen pertahanan negara. Hal ini dikarenakan oleh semakin berkembang pesatnya teknologi radar saat ini, dimana dengan adanya radar maka kedudukan dari alutsista dapat diketahui dari jarak yang jauh. Oleh karena itu, untuk mendukung pertahanan negara, terutama misi-misi pengintaian, dibutuhkan suatu usaha untuk dapat menyamarkan alutsista sehingga tidak terdeteksi oleh radar musuh. Salah satu usaha yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan coating Radar Absorbing Material (RAM) pada badan ranpur. Dalam penelitian ini dilakukan rekayasa nanostruktur material ferrite menggunakan paduan fasa ferrite  $BaFe(MnCo)_{1,5}Ti_{1,5}O_{19}$  untuk mereduksi gelombang radar. Pengujian material tersebut dilakukan dengan dua metoda, yaitu metoda ruang terbuka dan menggunakan bumbung gelombang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui parameter-S material, serta reflektivitas yang dimilikinya. Dari hasil pengujian diketahui bahwa untuk gelombang pada*

rentang frekuensi X-band (8 - 12 GHz) material yang dibuat memiliki redaman hingga -16 dB, sedangkan untuk material yang dicampur dengan elastomer redamannya menurun menjadi -5,3dB.

**Kata Kunci:** Radar Cross Section, Coating, permitivitas material, Radar Absorbing Material.

Nina Ruslinawati (Puslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan)  
Tingkat Kemampuan Teknologi Informasi Dan Komunikasi (TIK) Kemhan Dan TNI Dalam Menghadapi Ancaman Siber  
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 18- 31

*Kemhan dan TNI sebagai leading sector dalam hal pertahanan, tidak terkecuali dalam bidang siber perlu melakukan langkah langkah terkait pertahanan siber. Langkah awal yang perlu dilakukan terkait pengamanan terhadap ancaman siber adalah mengetahui kesiapan TIK Kemhan dan TNI dalam rangka mendukung pertahanan siber. Untuk mengidentifikasi permasalahan penyiapan pertahanan siber dapat dimulai dengan melihat statistik TIK di Indonesia.*

*Dari hasil penelitian diperoleh formulasi model yang sesuai untuk pengukuran kesiapan TIK di Kemhan dan TNI berbasis Technology Acceptance Model dengan kerangka Technology-Organization- Environment. Terdapat Lima variabel dominan dalam model kesiapan TIK Kemhan dan TNI, yaitu: minat (Behavioural Intention), manfaat sistem (Perceived Usefulness), kemudahan sistem (Perceived Ease of Use), tekanan kompetisi (Competitive Pressure), dan kualitas sistem (Perceived Service Quality). Dari hasil penelitian terhadap kesiapan TIK di Kemhan dan TNI dapat disimpulkan bahwa terdapat permasalahan yang meliputi rendahnya kesiapan TIK untuk pertahanan siber dan kurangnya minat adopsi TIK.*

*Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan masukan kepada Pimpinan Kemhan dan TNI terkait perencanaan kegiatan pertahan siber dan diharapkan pula menjadi acuan bagi penelitian dan kajian lanjutannya.*

**Kata kunci :** Pertahanan Siber, Ancaman Siber, Tingkat kemampuan TIK, Kemhan dan TNI

Herlambang Effendy (Puslitbang Alpalhan Balitbang Kemhan)  
Cat Anti-Fouling untuk Kapal Perang Republik Indonesia  
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 32- 40

*Efek fouling pada kapal logam maupun kapal kayu dapat menyebabkan kerusakan pada struktur kapal tersebut. Untuk mengatasi efek dari fouling tersebut diperlukan cat yang dapat mengatasi efek fouling. Efek fouling terjadi pada bagian bawah garis air kapal yang diakibatkan oleh biota laut, sehingga efek fouling dapat terjadi dengan cepat apabila kapal tersebut jarang berlayar atau hanya bersandar saja. Dengan adanya permasalahan diatas, diadakan penelitian cat anti fouling yang digunakan Kapal Perang Republik Indonesia. Dengan mengadakan penelitian cat anti fouling diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan kapal perang Republik Indonesia. Selain itu akan diteliti cat anti fouling yang ramah lingkungan, sehingga tidak merusak biota laut yang ada di sekitar kapal. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah 16 merk cat anti fouling yang digunakan untuk melindungi bagian bawah garis air kapal. Metode yang digunakan adalah pengujian di laboratorium dan di lapangan untuk mengetahui kualitas cat anti fouling. Berdasarkan hasil penelitian dari 16 merk cat anti fouling yang mempunyai nilai baik ada 6 merk.*

**Kata Kunci :** Cat anti fouling, Ramah lingkungan, KRI

Rosihan Ramin (Puslitbang Alpalhan Balitbang Kemhan)  
Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar Serta Instalasi Senjata *Combat Boat* 16 Meter  
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 41- 56

*Radio yang dikembangkan berfungsi untuk melakukan komunikasi taktis dengan KRI lain maupun dengan markas. Ditambah dengan adanya fitur enkripsi sebagai pengamanan dalam berkomunikasi baik voice maupun data. Kontrol operasional radio ini dapat dilakukan secara manual maupun secara langsung dari Mission Management System, sehingga mempermudah dalam mengoperasikannya. Radar yang dikembangkan untuk melakukan fungsi intercept (pencegatan) maupun navigasi, memiliki resolusi yang lebih tinggi dibanding dengan radar komersial sehingga mampu mendeteksi 2 buah atau lebih obyek yang berdekatan. Data processing dan display radar ini terintegrasi dalam Mission Management System, sehingga semua fungsi dan fitur yang ada di radar ini sangat bermanfaat untuk mendukung misi intercept combat boat. Untuk meningkatkan kemampuan dari pengindraan combat boat 16 meter ditambahkan sistem kamera surveillance. Kamera yang terpasang di combat boat memiliki kemampuan untuk pengintaian jarak dekat dan pengintaian dimalam hari. Kontrol dan pengolahan gambar dilakukan di Mission Management System (MMS). Mission Management System merupakan otak dari Integrated Intercept Mission System. Di mana di dalam console akan terjadi pemrosesan data digital, Sehingga memiliki beberapa kelebihan antara lain melindungi penembak dari potensi ancaman ditembak balik, fitur locking target dan stabilized platform RWS akan meningkatkan akurasi penembakan senjata, optronik di RWS dapat meningkatkan jarak pandang user hingga 2 Km ke depan baik siang maupun malam dan RWS dapat merekam apapun yang dilihat, sehingga ketika user harus menembakkan senjata, bukti adanya kondisi terdesak tersebut akan selalu terekam.*

**Kata Kunci:** Enkripsi, Radar, MMS.

Ari Fianti (Puslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan)  
Kepedulian Masyarakat Terhadap Ketahanan Energi (Kasus PLTMH di Pekon Airbakoman, Kecamatan Pulau Panggung Kabupaten Tanggamus, Lampung).  
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 57- 64

*PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (head) dengan debit air. Pada daerah terpencil PLTMH memberikan manfaat yang besar bagi pemenuhan kebutuhan listrik. Pada penelitian ini peneliti ingin mengetahui bagaimana kepedulian masyarakat, kendala-kendala apa saja yang dialami dan bagaimana cara mengatasinya. Subjek penelitian adalah masyarakat di Pekon Airbakoman Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan teknik wawancara dan observasi. Hasil penelitian ini bahwa kepedulian masyarakat berada pada taraf tinggi, sedang dan rendah. Masyarakat sekitar dirasakan masih memiliki kurangnya pengetahuan akan birokrasi, sosialisasi mengenai manfaat dan dampak dari kurangnya tingkat kepedulian masyarakat oleh pihak-pihak terkait serta kurangnya transfer of technology dapat merugikan masyarakat. Oleh karena itu perlu adanya pendekatan yang dilakukan kepada masyarakat melalui psikososial kultural agar lebih mengena dalam penyampaian informasi mengenai PLTMH dan keterlibatan dari pihak terkait harus semakin ditingkatkan. Dengan kebutuhan energi terpenuhi maka secara psikologis akan terbentuk kekompakan sesama karena adanya perasaan senasib dan sepenanggungan. Ketahanan masyarakat ini merupakan langkah awal terciptanya pertahanan negara yang tangguh.*

**Kata Kunci:** Kepedulian, Masyarakat, Ketahanan Energi, PLTMH

Nazarudin (Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan)  
 Penelitian Performa Komposit *Glassfiber Reinforced Polyester* (GRP) Untuk Menahan Laju  
 Proyektil Senapan FNC dan Pistol FN  
 Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 65- 75

*Komposit ini dirancang untuk dapat menahan laju proyektil peluru Pistol FN dan senjata laras panjang FNC. Komposisi terdiri dari Glassfiber-S woven roving, Unsaturated Polyester Resin dan katalis MEKPO. Eksperimen dilakukan dengan uji balistik dan didapatkan hasil kemampuan panel mengabsorpsi energi impact proyektil peluru sebesar 577,6 Joule dari pistol FN dan 1956 Joule dari senapan FNC. Ditemukan perbedaan kemampuan komposit panel tunggal dengan panel gabungan. Dimana panel tunggal 16 lapis belum mampu menahan laju proyektil, namun pada panel gabungan total 16 lapis yang terdiri dari penggabungan empat buah panel masing-masing 5, 4, 4, dan 3 lapis, ternyata sanggup menahan laju proyektil pada kondisi yang sama. Terdapat mekanisme impact dalam panel gabungan dalam menahan laju proyektil peluru, sehingga dengan ketebalan dan jumlah lapis sama, ternyata menunjukkan kinerja panel cukup bagus menahan laju proyektil.*

**Kata kunci :** *fiberglass, polyester, impact*

Alim Senina Sinamo (Puslitbang Iptekhan, Balitbang Kemhan)  
 Pengukuran Kecepatan Peluru Munisi Kaliber Kecil dengan Sistem Konversi Tekanan.  
 Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 76- 89

*Pengukuran kecepatan peluru Munisi Kaliber Kecil (MKK) sangat dibutuhkan untuk mengetahui kecepatan peluru dari suatu munisi kaliber kecil karena tanpa mengetahui kecepatannya kita tidak dapat menghitung jarak capainya dan waktu tempuhnya ke sasaran. Alat pengukur kecepatan peluru yang menggunakan sensor dapat mengetahui kecepatan suatu peluru hanya berdasarkan perhitungan waktu tempuh suatu peluru pada jarak antara kedua sensor dari mulut laras senjata. Pada perencanaan pengukuran kecepatan peluru tersebut untuk mengetahui kecepatan suatu peluru penulis memanfaatkan lendutan pegas pada suatu plat penahan apabila terjadi tekanan oleh peluru yang menumbuknya. Dari tingginya nilai lendutan pegas maka dapat diketahui bahwa gaya peluru untuk menekan plat penahan juga tinggi. Dengan menggunakan persamaan bernoulli dapat kita ketahui bahwa pada suatu benda/fluida yang mengalir dengan kecepatan yang tinggi maka pada benda atau fluida tersebut terdapat gaya yang besar pula yang juga dipengaruhi oleh luasan penampang dan rapat jenis benda tersebut. Dengan perhitungan-perhitungan pada perencanaan maka tekanan yang diterima oleh plat penahan akan menjadi beban yang diterima oleh pegas yang memiliki konstanta, sehingga dari lendutan pegas ulir tekan kita dapat menghitung gaya dan kecepatan peluru yang menekan plat penahan. Pengukuran kecepatan peluru munisi kaliber kecil (MKK) dengan sistem konversi tekanan yang direncanakan ini bermanfaat untuk penelitian-penelitian kecepatan peluru munisi kaliber kecil ditinjau dari gaya dan tekanan.*

**Kata kunci:** *Kecepatan Peluru, Munisi Kaliber Kecil, Konversi Tekanan*

Heriana (Puslitbang Alpalhan, Balitbang Kemhan)  
Pengujian Aerodinamika Pada Kanopi Payung Udara *Freefall* menggunakan *software*  
Berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD)  
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 90-94

*Analisis aerodinamika merupakan hal yang sangat penting untuk merancang benda yang menggunakan media udara untuk menghasilkan bentuk aerodinamis. Penelitian karakteristik aerodinamika ini dilakukan pada kanopi payung udara free fall. Dalam penelitian ini, analisis karakteristik aerodinamika dilakukan dengan cara mendistribusikan aliran pusaran (vortex) di sepanjang kontur kanopi untuk mendapatkan simulasi distribusi tekanan pada kontur kanopi tersebut. Tujuan dari analisis ini adalah simulasi perubahan tekanan pada kanopi dan mencari nilai koefisien gaya angkat (Coefficient of lift) dan Koefisien gaya hambat (coefficient of drag) dalam berbagai variasi sudut serang (Angle of Attack) yang dituangkan dalam bentuk grafik.*

**Kata kunci :** ram air, tekanan, kanopi, Coefficient of lift, coefficient of drag, cfd

Gerald Theodorus L.Toruan (Puslitbang Alpalhan, Balitbang Kemhan)  
Eksekusi Mati Warga Negara Asing Terpidana Narkoba Dalam Hukum Positif Republik  
Indonesia.  
Jurnal Inovasi Pertahanan Vol. 1 No.1 Juni 2015 Halaman 95-104

Wilayah Indonesia yang luas terdiri dari 17.000 pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke dan jumlah populasi Indonesia yang besar sekitar 250 juta orang, bagi para pengedar narkoba adalah pasar yang luar biasa menjanjikan. Selain itu posisi strategis Indonesia yang diapit oleh 2 benua dan 2 samudera merupakan pasar yang menjanjikan bagi peredaran narkoba. Filosofi hukuman mati pada pelaku kejahatan perdagangan narkotika perlu diterapkan untuk memberikan efek psikologis kepada masyarakat agar tidak melakukan tindak pidana narkotika. Kejahatan narkotika merupakan kejahatan dengan *extremely grave consequences*, akibat buruk yang dahsyat. Hukuman mati merupakan salah satu bentuk hukuman (pidana) terberat yang diberikan kepada pelaku tindak pidana dan dijatuhkan terhadap mereka yang dianggap telah melakukan tindakan pidana yang amat berat. Adanya ancaman hukuman mati terhadap tindak pidana menimbulkan efek "jera" bagi orang lain serta memberikan ketenangan terhadap korban ataupun keluarga korban.

**Kata Kunci :** Hukuman Mati, Narkoba, Efek Jera

**TRANSFER OF TEKNOLOGY DAN INTEGRASI  
KESIAPAN UJI TEMBAK ROKET R-HAN 122B  
DI PANDANWANGI LUMAJANG**

**TRANSFER OF TECHNOLOGY AND INTEGRATION  
OF READINESS TEST SHOOT ROCKET R-HAN 122B  
IN PANDANWANGI LUMAJANG**

R. Andhika Ajiesastra  
Puslitbang Iptekhan, Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu, Jakarta  
rd.andhika@gmail.com

**ABSTRAK**

Roket merupakan wahana luar angkasa, atau kendaraan terbang yang mendapatkan dorongan melalui reaksi pembakaran dan mendapat gaya dorong atau thrust terhadap keluarnya secara cepat yang mampu membuat gas mengalir dengan kecepatan hipersonik sehingga menimbulkan dorongan reaktif sebanding dengan reaksi balasan sesuai dengan hukum pergerakan Newton ke tiga. Oleh karena itu, sebagai suatu bangsa yang besar, Indonesia sangat memerlukan penguasaan dan kemandirian di bidang teknologi peroketan. Pada kenyataannya, penguasaan teknologi peroketan saat ini masih didominasi oleh negara-negara tertentu, karena penyebarannya memang sangat dibatasi dengan aturan-aturan, antara lain *Missile Technology Control Regime (MTCR)* dan *Center for Information on Security Trade Control (CISTEC)*. Untuk itu perlu pengembangan Roket untuk kepentingan sipil menjadi kegiatan kepentingan pertahanan dengan memberi bahan *explode* dan *fuze* dibagian depan roket yang dikenal dengan R-Han 122 kaliber 122 mm dan R-Han 122 B kaliber 122 mm. Kegiatan *Transfer of Technology (ToT)* merupakan peningkatan penyerapan teknologi dibidang peroketan mulai dari pembuatan *warhead*, *fuze*, motor roket, *cap*, *nozzle* dan *rupture disk* yang dilakukan di PT. Pindad Persero Bandung. Jawa Barat. Dari pelaksanaan pembuatan bagian-bagian roket secara parsial dilakukan integrasi secara simultan atau secara keseluruhan dan selanjutnya dilakukan penimbangan untuk menentukan *Central of Gravity (CG)* sebuah roket, agar tidak mengalami sudut angguk, sudut geleng, serta diharapkan selalu berada pada posisi *cord line*. Kegiatan *Transfer of Technology (ToT)* ini juga bertujuan untuk persiapan uji tembak sebanyak 124 buah yang akan dilaksanakan di Pandanwangi Lumajang Jawa Timur dalam rangka menentukan karakteristik dan tabel tembak yang sesuai atau mendekati Spesifikasi Standar Teknik (SST) roket Grad RM-70 Cekoslovakia. Dari beberapa kegiatan *Transfer of Technology (ToT)* dan uji statis serta *sliding* roket siap untuk dilaksanakan uji tembak. Dari pengujian peluncuran tahap awal dengan menggunakan peluncur Roket Grad RM-70 milik TNI AL, masih ada ditemukan beberapa kelemahan sehingga roket tidak berjalan sesuai dengan lintasannya yang diakibatkan oleh perubahan posisi *fin*, terlepasnya *nozzle* dari motor roket serta terlepasnya *warhead* dari motor roket, Dari beberapa kegiatan penguatan dan perbaikan kelemahan yang ditemukan dan dilakukan peluncuran roket, maka roket meluncur sesuai dengan lintasan yang diharapkan.

**Kata kunci :** *Transfer of Technology (ToT)*, Roket R-Han 122B, Grad RM-70, Peluncuran

## ABSTRAK

*rocket is a vehicle spacecraft, or flying vehicles spacecraft that get a boost through the combustion reaction and gets thrust or trusts to discharge quickly that can make the gas flow at hypersonic speeds, causing reactive impulse is proportional to the backlash in accordance with Newton's third law of movement. Therefore, as a great nation, Indonesia is in need of mastery and self-reliance in the field of rocketry technology. In fact, the mastery of rocket technology is still dominated by certain countries, because its spread is very limited by the rules, among others, the Missile Technology Control Regime (MTCR) and the Center for Information on Security Trade Control (CISTEC). It is necessary for the development of rockets for civilian purposes into the activities of defense interests by providing material on the front explode and rocket fuze known as R-Han 122 caliber 122 mm and R-Han 122 B caliber 122 mm. Activities Transfer of Technology (ToT) is increased absorption of technology in the field of rocketry ranging from making warhead, fuze, rocket motors, cap, nozzle and rupture disks made in PT.PINDAD Persero Bandung. West Java. From the implementation of parts manufacture rocket partially performed simultaneously or integration as a whole and then weighed to determine the Central of Gravity (CG) of a rocket, so as not to nod angle, angle of his head, and is expected to always be in the position of the line cord. Activities Transfer of Technology (ToT) is also aimed at the preparation of test firing as many as 124 pieces that will be implemented in Pandanwangi Lumajang East Java in order to determine the characteristics and corresponding firing tables or approaching Standard Specification Technique (SST) RM-70 Grad rockets Czechoslovakia. Of some activities Transfer of Technology (ToT) and static and sliding test rocket ready for test firing implemented. From the early stages of the launch testing using Grad rockets launchers RM-70 belonging to the Navy, there are still found some weaknesses so that the rocket did not go according to the trajectory that is attributable to changes in the position of the fin, the release nozzle of the rocket motor and warhead release of the rocket motor, of some strengthening and improvement activities flaws found and carried rocket launch, the rocket blasted off in accordance with the expected trajectory.*

**Keywords:** *Transfer of Technology (ToT), Rocket R-Han 122B, Grad RM-70, Launch*

## PENDAHULUAN

Kemandirian alutsista suatu negara merupakan suatu keharusan yang tidak bisa ditawar, apabila bangsa tersebut ingin meningkatkan pertahanan wilayahnya. Oleh karena itu, sebagai suatu bangsa yang besar, Indonesia sangat memerlukan penguasaan dan kemandirian di bidang teknologi peroketan. Penguasaan teknologi peroketan saat ini masih didominasi oleh negara-negara tertentu, karena penyebarannya memang sangat dibatasi dengan aturan-aturan negara maju. Penguasaan teknologi peroketan di Indonesia saat ini masih ketinggalan dibandingkan dengan negara-negara lain di Asia, seperti India, China, Korea Selatan, dan Korea Utara. Oleh karena itu, diperlukan upaya-upaya untuk memacu bangsa Indonesia agar memiliki kemandirian dan menguasai

teknologi dibidang peroketan secara bertahap dan berkelanjutan.

Untuk mengetahui kemampuan teknologi roket serta kesiapan uji tembak Roket R-Han 122 B perlu penguasaan teknologi secara maksimal. Penguasaan teknologi dibidang roket R-Han dilakukan kegiatan *Transfer of Technology (ToT)*, integrasi beberapa komponen seperti *Rupture Disc, Rudder/Fin, Motor Roket, Propellan, Warhead, dan Fuze*. Pemahaman penguasaan komponen utama dan pendukung roket dalam pengujian mampu diserap oleh anggota ToT dan mampu menjelaskan kembali serta mampu meng-aplikasikan pengetahuannya, apabila ada permasalahan dibidang peroketan di Indonesia. Adapun *Transfer of Technology (ToT)* dan Integrasi difokuskan pada Roket R-Han 122 B kaliber 122 mm, dengan jarak jangkauan 25 km

di PT. Pindad Persero Turen Malang bertujuan untuk :

1. Pemahaman dan penguasaan beberapa komponen beserta fungsi Roket R-Han 122 B dan *launcher* yang sesuai dengan spesifikasi RM-70 Grad dari Cekoslovakia yang sampai saat ini masih milik Artelery Korps Marinir TNI AL
2. Pemahaman dan penguasaan data karakteristik Spesifikasi Standar Teknis (SST) R-Han 122 B dengan *Launcher* 122 B dari negara Cekoslovakia, sehingga Roket R-Han 122 B ini dapat digunakan oleh Artelery Korps Marinir TNI AL sebagai alutsista utamanya.
3. Pemahaman dan penguasaan data Roket R-Han secara keseluruhan yang dilanjutkan dengan uji statis *sliding* dalam rangka kesiapan uji tembak terhadap presisi sasaran serta jarak jangkauannya.

## METODOLOGI

### Maksud dan Tujuan

Laporan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran pelaksanaan *Transfer of Technology* (ToT) dan integrasi komponen Roket R-Han 122 B 122 mm, dengan tujuan untuk dijadikan bahan pertimbangan pimpinan dalam menentukan kebijaksanaan pemahaman, penguasaan teknologi Roket R-Han 122 B lebih lanjut.

### Persiapan data dan alat

Dari hasil *Transfer of Technology* (ToT). Integrasi Roket R-Han 122 B kaliber 122 mm dalam pengujian *sliding* serta kesiapan uji lintasan dan presisi, ada beberapa hal yang disampaikan antara lain :

1. Kunjungan ke Divisi Munisi. Tim *Transfer of Technology* (ToT) Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan berkunjung ke Divisi Munisi. Perkembangan teknologi peroketan di luar negeri saat ini berkembang pesat, kemampuan tersebut diikuti oleh kemajuan peroketan yang ada di Indonesia. Inovasi dan rekayasa roket yang semula untuk kepentingan penelitian dan sipil dirubah menjadi roket pertahanan dengan cara pemberian *warhead* dan *fuze* bagian depan

2. Motor roket R-Han 122B sudah datang dari Lapan Rumpin Bogor dan sekarang dilakukan pemasangan *nozzle/fin* yang dilanjutkan dengan pengecatan, diharapkan dalam waktu dekat kesiapan integrasi roket sudah dapat dilaksanakan, sehingga pelaksanaan uji tembak tidak ada kendala dan hambatan.
3. Dari hasil kerjasama Kemhan dengan PT.Pindad melalui konsorsium dapat diwujudkan Roket R-Han 122 B yang nantinya dapat diproduksi massal serta dapat memenuhi munisi Roket RM-7-Grad Artelery Korps Marinir.
4. Pembuatan Roket R-Han 122 B merupakan kelanjutan dari pengembangan roket R-Han 122 kaliber 122 mm yang telah di uji tembak di Batu Raja Palembang Sumatera Selatan pada tahun 2010 yang kemampuan trajektorinya sekitar 14 km, karena motor roketnya hanya 1 (satu) meter. Untuk Roket R-Han 122 B ini pengembangan yang dilakukan dengan menambah panjang motor roket menjadi 2 (dua) meter sehingga *trajectory* bisa mencapai 25 km, yang sesuai dengan keinginan TNI Al dengan jarak jangkau minimum 20 km.
5. Kegiatan uji tembak Roket R-Han 122 B ini hanya menitik beratkan pada pembuatan tabel tembak, yaitu pengambilan data parameter, validasi data sasaran, dan jarak jangkau atau *trajectory*, serta karakteristik yang dimiliki dapat diketahui secara pasti, sebelum diproduksi massal dan di gunakan oleh Artelery Marinir TNI AL.
6. Dalam pengujian Roket R-Han 122 B perlu dilakukan koordinasi dengan pihak terkait, baik dari Kodam, Korem, Polres serta Gubernur, berupa perijinan yang akan dilakukan oleh PT. Pindad dengan Kemhan.
7. Dalam uji Tembak Roket R-Han 122 B pihak PT. Pindad sebaiknya melibatkan Tim demolisi, untuk menyapu bersih atau *clear area* pada saat peledakan telah dilakukan.
8. Kesiapan bahan material motor Roket R-Han 122 B sudah didatangkan dari Lapan Rumpin Bogor beserta *Nozzel, Rudder/Fin*

nya, sudah terpasang yang dilanjutkan dengan kegiatan pengecatan. Selanjutnya dilakukan integrasi antara motor roket dengan *warhead* dan *fuze*. *Warhead* yang akan dipasang pada ujung motor roket juga telah diisi dengan bahan material Tri Nitro Toluena (TNT).

9. Untuk kegiatan ToT akan difokuskan pada teknis *Filling* TNT pada *warhead*, integrasi komponen Roket R-Han 122 B, uji *sliding* serta pengambilan data karakteristik seperti *Central Gravitasi* (CG).
10. Kegiatan kunjungan ke fasilitas pembuatan *warhead* dan integrasi Roket R-Han 122 B kaliber 122 mm, antara lain sebagai berikut :

Pengisian *warhead* untuk material Roket R-Han 122 B diawali dengan kegiatan volumetri water yang bertujuan untuk mengukur volume bahan TNT yang akan digunakan. Kapasitas dan jumlah kebutuhan material TNT berbanding lurus dengan banyaknya volume air yang digunakan/terisi. Pengisian *warhead* atau yang dikenal *filling*, *warhead* diawali dengan kesiapan wahana/*shell body* yang terdiri dari bahan eksplosif seperti TNT dan *non explosive* seperti bahan asap/*smoke* atau titanium tri tetraclorida. Adapun Proses *filling* sebagai berikut.

- a. *Shell body warhead* diisi dengan bubuk TNT sesuai dengan kapasitas volumetri. Kesiapan dilakukan dengan pengisian *shell body*, *warhead* dengan bubuk TNT, selanjutnya *shell body warhead* dimasukkan pada *Chamber Revolving Point Post* yang bertujuan bahan TNT yang terdapat dalam *shell body* dipanaskan sampai 80° C, agar dapat meleleh menjadi bubur TNT yang dapat mengisi volume *shell body warhead*. Akibat penambahan suhu mengakibatkan terjadinya perbedaan suhu antara bubuk TNT dengan *shell body*. Untuk menyamakan perbedaan suhu bubuk TNT dengan *shell body warhead* agar tidak terlalu besar dimasukkan pada *chamber cooling system*. Selanjutnya *shell body warhead* dimasukan pada *treatment heating* yang bagian bawahnya kedap air. Tujuan

*treatment heating* agar bubur TNT yang padat menjadi homogen dan terhindar dari bentukan *cavity*/rongga. Dengan adanya *cavity* perlu dilakukan pengisian cairan TNT agar dapat mengisi rongga-rongga akibat adanya udara yang masuk kedalam bahan TNT pada saat proses pendinginan yang tidak sempurna. Akibat *cavity* berisi udara menyebabkan kapasitas bahan TNT menjadi berkurang sehingga daya ledaknya tidak maksimal, begitu juga apabila ada *cavity* udara disela-sela bahan TNT menyebabkan gesekan udara dengan bahan TNT yang dikhawatirkan akan memicu ledakan, apabila mengalami pergeseran-pergeseran lokasi *warhead* dari satu tempat ketempat lain.

- b. Pembuatan *shell body warhead* yang terbuat dari aluminium 670 mempunyai kekerasan seperti baja, namun sifat karakteristik yang ringan dapat membantu peluncuran yang dimiliki oleh sifat aluminium tersebut. Setelah proses pembuatan motor roket yang diisi dengan bahan composite *Hydroxy Terminated Poly Butadiene* (HTPB) berbentuk *star* dan *hollow*. *Propellant* berbentuk *star* bersifat progresif karena permukaan bakar yang, digunakan untuk percepatan pembakaran. Sedang fungsi *hollow* digunakan untuk kestabilan pembakaran agar tidak cepat habis dalam proses pembakaran, sehingga pembakaran lebih lama mengakibatkan jarak lintasan akan lebih panjang.
- c. Setelah dilakukan pemasangan *nozzle, rudder/fin* bagian belakang roket dipasang juga pengunci atau *Bolt Guidance* yang berfungsi sebagai penahan roket agar berada pada posisinya, serta pengait roket akan terlepas apabila titik bakar *propellant* sudah mencapai titik *trush* yang dibutuhkan untuk peluncuran.
- d. Pengisian bahan TNT pada *filling warhead* dilakukan sangat hati-hati, mengingat bahan TNT ini merupakan bahan *high explosive*, walaupun bahan

ini tidak dapat meledak tanpa pemicu *fuze* atau dibakar, hal ini dapat dibuktikan dengan pemanasan  $80^{\circ}\text{C}$  bahan tersebut hanya dapat meleleh tidak meledak. Bahan TNT hanya dapat meledak apabila terjadi pemicu ledakan apabila melalui titik nyala dan dilanjutkan dengan titik peledakan, tanpa kedua proses tersebut bahan TNT masih bersifat pasif.

- e. Penambahan bahan *Booster* berupa Tetril pada *warhead* bertujuan untuk penguat ledakan saat terjadi proses pembakaran yang terjadi pada titik bakar atau titik peledakan.

PT. Pindad Persero sudah mampu membuat beberapa komponen utama khususnya *rupture disc*, *warhead*, *nozzle* dan *rudder/fin*, *fuze* dengan menggunakan *local content* produk dalam negeri. Sampai sekarang PT. Pindad mampu memproduksi Munisi Kaliber Kecil (MKK) dan Munisi Kaliber Besar (MKB), PT. Pindad juga sudah mampu membuat Bom Tajam Nasional (BTN) 125 kg, 250 kg, 500 kg sampai 1000 kg untuk *area destroyed*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemaparan struktur dan spesifikasi Roket R-Han 122 B. Perbedaan Roket R-Han 122 mm kaliber 122 mm, R-Han 122 B kaliber 122 mm dan RX 1220 kaliber 122 mm.

Perbedaan R-Han 122 dengan R-Han 122 B terletak pada motor roket yaitu 1 (satu) meter dengan jarak jangkau 14 km. Sedangkan Roket R-Han 122 B motor roket 2 (dua) meter dengan jarak jangkau 25 km

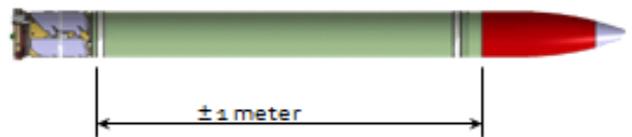
### 1. Spesifikasi Teknis R-Han 122

#### a. Motor Roket

Tipe Roket : Balistik, Darat ke Darat  
 Tipe Fin : *Wrapped Around*  
 Tipe Propelan : Propelan Komposit  
 Tipe Pemicu : *Piro Igniter*  
 Kaliber : 122 mm  
 Panjang Propelan : 1000 mm  
 Panjang Tabung Motor: 1290 mm  
 Panjang Roket : 1762 mm  
 Rasio Ap / At : 1,34  
 Berat Propelan : 10,33 kg  
 Berat Motor Roket :  $24 \pm 0.20$  kg

Berat Roket : 38 kg  
 Kecepatan Maksimum: 1,8 mach  
 Percepatan Maksimum: 60 g  
 Jarak Jangkau (el  $50^{\circ}$ ): 10-14 km  
 Waktu Terbang : 63 detik

- b. Tipe Hulu Ledak R-Han 122 Tipe Inert/ dummy, Asap/ smoke, Tajam/ Aktif (Ledak) / live  
 Panjang Hulu Ledak : 475 mm  
 Berat Hulu Ledak : 15 kg



Gambar 1. Roket 122 mm

### 2. Spesifikasi Teknis R-Han 122 B

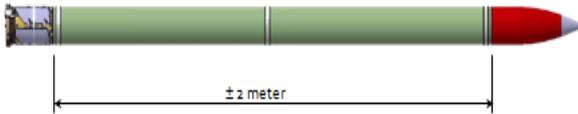
#### a. Motor Roket

Tipe Roket : Balistik, darat ke darat  
 Tipe Fin : *Wrapped Around*  
 Tipe Propelan : Propelan Komposit  
 Tipe Pemicu : *Piro Igniter*  
 Kaliber : 122 mm  
 Panjang Propelan : 2000 mm  
 Propelan star : 400 mm  
 Propelan Hollow : 1600 mm  
 Panjang Tabung Motor : 2093 mm  
 Panjang Roket : 2750 mm  
 Rasio Ap / At : 1,34  
 Berat Propelan : 23,20 kg  
 Berat Motor Roket :  $44 \pm 65$  kg  
 Berat Roket : 59,60 kg  
 Thrust maksimum : 1130 daN  
 Thrust rata-rata : 1000 daN  
 Kecepatan Maksimum : 1,8 mach  
 Percepatan Maksimum : 20,81 g  
 Jarak Jangkau (el  $50^{\circ}$ ) : 25 km  
 Waktu Terbang : 80 detik

#### b. Hulu ledak R-Han 122 B

Tipe Hulu Ledak: *Inert/ dummy*,  
*Asap/ smoke*, dan Tajam/ Aktif  
 (Ledak) / live  
 Panjang Hulu Ledak : 475 mm  
 Berat Hulu Ledak : 15 kg  
 Tipe Fuze : Impak  
 Life Setting on : 16 g

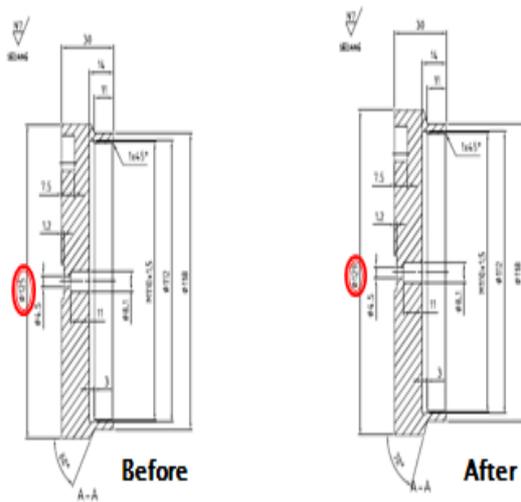
Pengamanan : Bertingkat  
 Radius Efektif : 25 km



Gambar 2. Roket R-Han 122 B

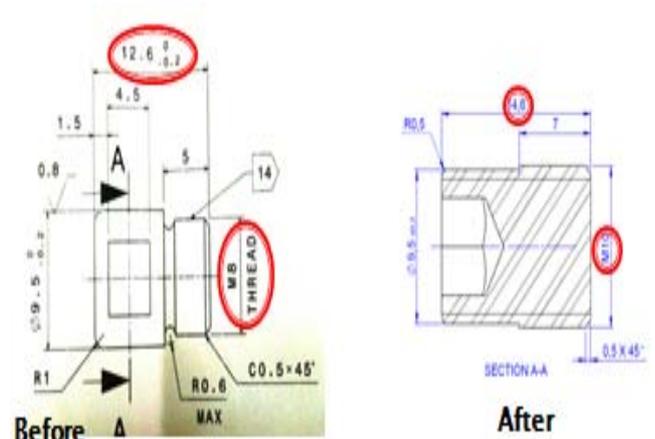
Perbedaan Roket R-Han 122 B kaliber 122 mm, dengan RX 1220 kaliber 122 mm. Pada dasarnya untuk spesifikasi dan karakteristiknya tidak berbeda nyata atau sama, namun untuk RX 1220 kaliber 122 mm masih berupa roket penelitian yang belum di buat *prototipenya*, sehingga masih bersifat pengembangan, sedangkan untuk Roket R-Han 122 B kaliber 122 mm merupakan Roket *prototipe* yang sudah siap diuji terbang, dan produksi masal.

3. Ada beberapa perubahan akibat penyesuaian yang semula desain untuk R-Han 122 menjadi 122 B yang disesuaikan dengan karakteristik RM-70 Grad asal negara Cekoslovakia antara lain Diameter
  - a. *Rupture disc* yang semula 125 mm menjadi 129 mm.



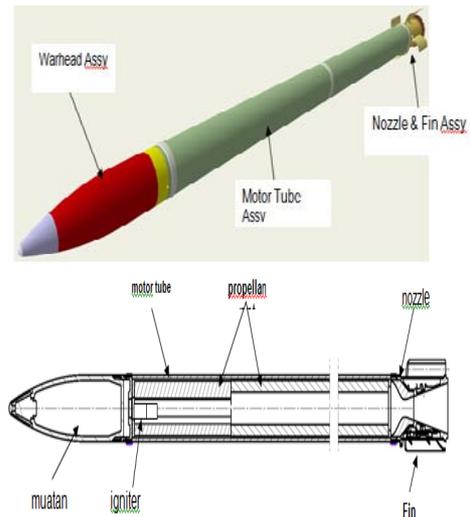
Gambar 4. Perubahan *Rupture Disc* Roket 122B

- b. *Bold Guidance* yang semula M 8 dengan panjang 12,6 mm menjadi M 10 dengan panjang 114,6 mm.



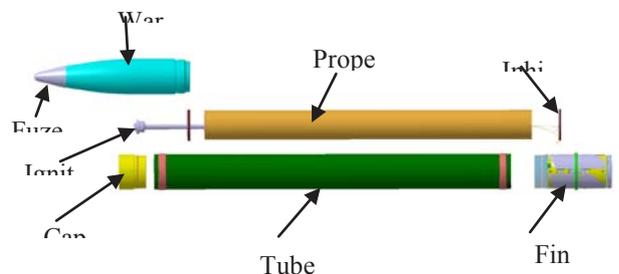
Gambar 5. Perubahan *Bold Guidance* Roket 122 B

- c. Bagian-bagian desain untuk R-Han 122 menjadi 122 B sebagai berikut :



Gambar 6. Struktur Roket 122 B

Integrasi bagian komponen roket R-Han 122 B antara lain, motor roket. *Warhead* dan *nozzle*, secara rinci sebagai berikut.



Gambar 7. Struktur bagian Roket 122 B

- d. Integrasi *Nozzle/Rudder/fin assy* dengan *Rupture Disc*



Gambar 8 . Integrasi *Nozzle* dengan *Fin* Roket 122 B

e. Pengisian motor roket dengan *propellant*. Roket ini akan menggunakan *booster* roket berdiameter 200 mm, berkonfigurasi propelan bintang, dengan komposisi propelan *Hydroxy Terminated Poly Butadiene* (HTPB) sebagai fuel-binder, *Amonium Perklorat* (AP) dan *Aluminium* (Al).



Gambar 9. Integrasi Motor Roket 122 B

f. Integrasi *Nozzle/rudder* dengan motor roket



Gambar 10 Integrasi *Rudder/fin* dengan Motor Roket R-Han 122 B

g. Integrasi motor roket dengan *Warhead* dan *fuze*



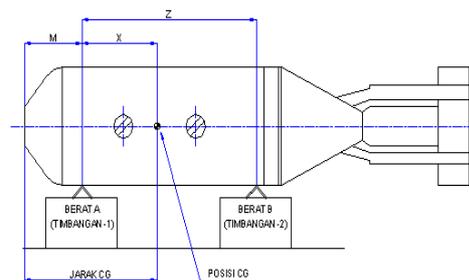
Gambar 11. Integrasi motor roket dengan *warhead* Roket 122 B

h. Integrasi secara keseluruhan



Gambar 12. Integrasi keseluruhan Roket 122B

i. Pengukuran material Roket R-Han 122 B. Pengukuran material roket dilakukan untuk melihat data hasil integrasi terhadap massa yang dimiliki serta *Central Grafitasinya* (CG). Menghitung Kestabilan Gaya dari *canard* CG dimana jumlah moment di titik "o" sama dengan  $\sum M_o = 0$  sebagai berikut :



Gambar. 13 . Pengukuran CG Roket 122 B

Rumus *Central Gravity* (CG) adalah :

$$CG : x + m$$

$$x : \frac{b \cdot x \cdot z}{a + b}$$

$$CG : \frac{b \cdot x \cdot z}{a + b} + m$$

Data Karakteristik roket hasil uji statis

j. Pengujian *sliding* Roket R-Han 122 B dengan *Launcher* kaliber 122 mm. Setelah data-data karakteristik terhadap berat total dan sentral gravitasinya diketahui dilanjutkan dengan pengujian statis *sliding*, untuk mengetahui kelancaran peluncuran saat roket ditembakkan serta untuk mengetahui kedudukan bolt *guidance* roket apakah sudah sesuai dengan kedudukan pengunci yang ada pada *launcher*. Ada 10 data roket yang digunakan untuk uji *sliding* sebagai berikut.

k. Persamaan gerak sebuah benda terbang. Persamaan benda terbang dari sebuah Roket R-Han 122 B dipengaruhi oleh beberapa notasi sebagai berikut.

Table 1. Data *Variabel indicator* Roket R-Han 122 B

Variabel	Roll axis	Pitch axis	Yaw Axis
Arah sumbu positif	Ke depan	Ke kanan	Ke Bawah
Sudut orientasi	$\phi$	$\theta$	$\psi$
Kecepatan Sudut	p	q	r
Komponen kecepatan	u	v	w
Komponen gaya	X	Y	Z
Komponen Momen	L	M	N
Momen inersia	$I_x$	$I_y$	$I_z$

Persamaan Gerak Roket

$$\sum \Delta F_x = m(\dot{U} + WQ - VR)$$

$$\sum \Delta F_y = m(\dot{V} + UR - WP)$$

$$\sum \Delta F_z = m(\dot{W} + VP - UQ)$$

$$\sum \Delta L = \dot{P}I_x - \dot{R}I_{xz} + QR(I_z - I_y) - PQI_{xz}$$

$$\sum \Delta M = \dot{Q}I_y + PR(I_x - I_z) + (P^2 - R^2)I_{xz}$$

$$\sum \Delta N = \dot{R}I_z - \dot{P}I_{xz} + PQ(I_y - I_x) + QR_{xz}$$

Persamaan Gaya Aerodinamika

$$C_L = C_{L0} + C_L^\alpha \cdot \alpha + C_L^{\delta_f} \cdot \delta_f + C_L^{\delta_e} \cdot \delta_e + \frac{c}{2V_a} (C_L^\alpha \cdot \dot{\alpha} + C_L^q \cdot q) + C_L^M \cdot M$$

$$C_D = C_{D0} + \frac{(C_L - C_{L0})^2}{\pi e AR} + C_D^{\delta_f} \cdot \delta_f + C_D^{\delta_e} \cdot \delta_e + C_D^{\delta_a} \cdot \delta_a + C_D^{\delta_r} \cdot \delta_r + C_D^M \cdot M$$

$$C_Y = C_Y^\beta \cdot \beta + C_Y^{\delta_a} \cdot \delta_a + C_Y^{\delta_r} \cdot \delta_r + \frac{b}{2V_a} (C_Y^p \cdot p + C_Y^r \cdot r)$$

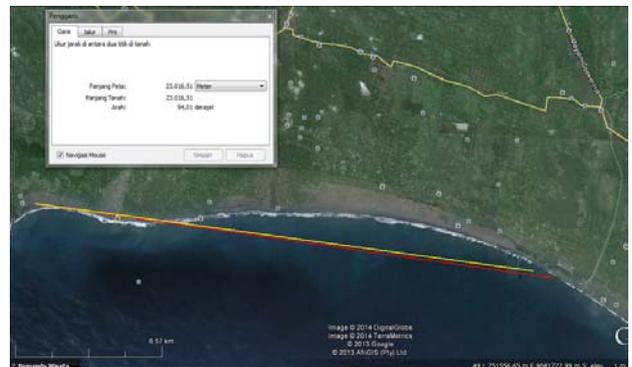
Persamaan Momen Aerodinamika

$$C_m = C_{m0} + C_m^\alpha \cdot \alpha + C_m^{\delta_f} \cdot \delta_f + C_m^{\delta_e} \cdot \delta_e + \frac{c}{2V_a} (C_m^\alpha \cdot \dot{\alpha} + C_m^q \cdot q) + C_m^M \cdot M$$

$$C_l = C_l^\beta \cdot \beta + C_l^{\delta_a} \cdot \delta_a + C_l^{\delta_r} \cdot \delta_r + \frac{b}{2V_a} (C_l^p \cdot p + C_l^r \cdot r)$$

$$C_n = C_n^\beta \cdot \beta + C_n^{\delta_a} \cdot \delta_a + C_n^{\delta_r} \cdot \delta_r + \frac{b}{2V_a} (C_n^p \cdot p + C_n^r \cdot r)$$

1. Rencana lokasi dan penembakan Roket R-Han 122 B pada sudut *elevasi* 10°-70° dengan berat 59,4 kg sebagai beriku.



Gambar 15. Jarak tempuh Roket R-Han 122 B

- m. Persiapan penembakan Roket R-Han 122 B. Dalam persiapan uji tembak roket 122B yang digunakan untuk mengetahui lintasan dan presisi jatuhnya roket pada sasaran digunakan roket RX 1220 sebagai berikut :

- 1) Alat dan peralatan uji :
  - (a) *Launcher* RM-70 Grad buatan Cekoslovakia dan Roket RX 1220 sebanyak 10 (sepuluh) buah

- dengan muatan *Dummy*, Asap serta telemetri.
- (b) Telemetri. Berisikan *Ground Position System* (GPS) , *Inersia Measurement Unit* (IMU) yang fungsinya untuk mengukur Jarak lintasan, kecepatan dan *altitude* dari sebuah roket.
  - (c) *Automatic Waither Station* (AWS) yang fungsinya untuk mengukur indikator secara otomatis seperti suhu (T), kelembaban (RH), Tekanan (P), Arah angin (DD), Kecepatan angin (FF), Waktu (Time).
- 2) Pengumpulan data. Pada saat uji tembak roket RX 1220 diluncurkan diperoleh data sebagai berikut :
- (a) Nomor roket yang diluncurkan antara lain.
    - (1) Tanggal 12 Juli 2014 dua roket dengan nomor 55 dan nomor 69 dengan isian asap atau *dummy*
    - (2) Tanggal 13 Juli 2014, tujuh roket dengan nomor 72, 39 dengan isian *dummy*. Nomor roket 26 dan 08 dengan isian Asap. Sedangkan roket nomor 19, 59 dan 74 berisikan telemetri.
  - (b) Data *Automatic Waither Station* (AWS) saat diluncurkan antara lain.
  - (c) Hasil uji tembak roket RX 1220 saat diluncurkan diperoleh data sebagaimana tabel 4.
  - (d) Penembakan Roket dengan sudut *elevasi* 40° dengan lobang *launcher* 28. Penembakan ke 1 - 4 yaitu *warhead* 3 (tiga) asap dan 1 (satu) telemetri lintasan mengalami *tumbling* akibatnya roket tidak berada pada lintasannya dan berbelok ke kiri dan kanan yang disebabkan oleh lemahnya *rudder fin* serta lemahnya *drat* motor roket dengan *warhead* terlepas.
  - (e) Penembakan roket dengan sudut *elevasi* 40° dengan lubang *launcher* 28, Penembakan ke 5-9 yaitu 2 (dua) asap, lintasan normal. Begitu juga dengan sudut *elevasi* 50° yaitu 1 (satu) asap dan 2 (dua) telemetri memiliki lintasan normal. Hal ini disebabkan dengan penguatan mur dan baut di bagian *rudder/fin* serta sambungan antara motor roket dengan sebelum peluncuran ditembakkan.

Tabel.4. Data Kondisi Cuaca di Pandanwangi

Tembak ke	Waktu	Suhu (C°)	Kelembaban	Tekanan	Arah Angin	Kecepatan angin	Kondisi Cuaca
1	10.36	28,0	79	1011,5	TG	2,3	Cerah
2	12.45	28,8	76	1000,7	T.TG	1,7	Cerah
3	08.14	26,8	80	1011,2	BL	2,2	Cerah
4	09.45	24,7	92	1011,1	BL	3,0	Hujan Ringan
5	11.18	24,9	92	1010,9	TL	0,9	Hujan Ringan
6	11.32	25,5	90	1010,5	T	1.9	Hujan Ringan
7	11.58	26,8	80	1011,2	T	3,0	Hujan Ringan
8	12.25	24,7	92	1011,1	T	0,9	Hujan Ringan
9	12.35	24,9	92	1010,9	T	1.9	Hujan Ringan
10	08.23	25,5	90	1010,5	T	6,6	Cerah

- (f) Penembakan roket dengan sudut *elevasi*  $30^\circ$  dan *azimuth*  $88,16$  dengan lubang *launcher* 28, Penembakan ke 10 dengan isian Asap, lintasan mengalami *tumbling*. Hal ini dikarenakan waktu peluncuran yang dipersyaratkan sekitar 10 *knot* atau 5 m/s, sedangkan peluncuran roket R-Han dilakukan pada kondisi kecepatan angin 6,6 m/s

#### KESIMPULAN

Kegiatan *Transfer of Technology* (ToT) untuk memahami struktur dan komponen Roket R-Han 122 B; keselarasan Roket R-Han 122 B; integrasi beberapa komponen menjadi kesatuan Roket R-Han 122 B yang utuh; uji statis terhadap *sliding* Roket R-Han 122 B dengan *launcher*; kesiapan dan uji tembak Roket RX 1220 untuk menentukan lintasan dan presisi sebelum pengujian R-Han 122 B oleh Tim ToT Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan sesuai Spesifikasi Standar Teknis (SST).

#### DAFTAR PUSTAKA

1. George P. Sutton, Rocket Propulsion Elements, Department of Aeronautics and Astronautics, Naval Postgraduate School, Seventh Edition, tahun 2007.
2. Wiweko Hernadi, Bahan Laporan Pengembangan Roket R-Han 122 B, PT. Pindad Persero, Tahun 2013.
3. Wiweko Hernandi, Bahan Paparan Roket R-Han 122 B, Pindad Persero Bandung, Tahun 2013.
4. Balitbang Kemhan, Laporan Pembuatan Roket R-Han 122, Tahun 2010.
5. Balitbang Kemhan, Laporan Kegiatan Roket R-Han 200 mm, Tahun 2012.
6. Balitbang Kemhan, Laporan Pembuatan Roket R-Han 122 B Tahun 2013.

## FASA BARIUM HEXAFERRITE SEBAGAI COATING ANTI-RADAR PADA ALUTSISTA

### BARIUM HEXAFERRITE PHASE AS ANTI-RADAR COATING FOR MILITARY VEHICLE AND WEAPONRY

Maulana Randa  
Puslitbang Ipetkhan Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu, Jakarta  
maulana.randa@kemhan.go.id

#### ABSTRAK

Pengetahuan teknologi coating anti radar merupakan hal yang harus dimiliki oleh komponen pertahanan negara. Hal ini dikarenakan oleh semakin berkembang pesatnya teknologi radar saat ini, dimana dengan adanya radar maka kedudukan dari alutsista dapat diketahui dari jarak yang jauh. Oleh karena itu, untuk mendukung pertahanan negara, terutama misi-misi pengintaian, dibutuhkan suatu usaha untuk dapat menyamarkan alutsista sehingga tidak terdeteksi oleh radar musuh. Salah satu usaha yang bisa dilakukan adalah dengan menggunakan coating *Radar Absorbing Material* (RAM) pada badan ranpur. Dalam penelitian ini dilakukan rekayasa nanostruktur material ferrite menggunakan paduan fasa ferrite  $BaFe(MnCo)_{1,5}Ti_{1,5}O_{19}$  untuk mereduksi gelombang radar. Pengujian material tersebut dilakukan dengan dua metoda, yaitu metoda ruang terbuka dan menggunakan bumbung gelombang. Pengujian dilakukan untuk mengetahui parameter-S material, serta reflektivitas yang dimilikinya. Dari hasil pengujian diketahui bahwa untuk gelombang pada rentang frekuensi X-band (8 - 12 GHz) material yang dibuat memiliki redaman hingga -16 dB, sedangkan untuk material yang dicampur dengan elastomer redamannya menurun menjadi -5,3dB.

**Kata kunci:** *Radar Cross Section, Coating, permitivitas material, Radar Absorbing Material.*

#### ABSTRACT

*Knowledge in anti-radar coating technology is something that have to be mastered by Indonesian military. That's because with the fast growing of radar technology, the position of military vehicle and weaponry can be known from the distance. Because of that, to support the national defence, especially in surveillance missions, it is required a technology to camouflage military vehicle and weponary so that it cannot be detected by enemy's radar. One of the technology to camouflage military vehicle and weaponry is by coating them using Radar Absorbing Material (RAM). In this paper nanostructure engineering of ferrite material has been done using ferrite phase alloy of  $BaFe(MnCo)_{1,5}Ti_{1,5}O_{19}$  to reduce radar electromagnetic wave. The material was tested using two method, free-space measurement and waveguide measurement. The measurement was done to know the S-parameter of the material and its reflectivity. From the test, it is known that for X-Band frequency range, the material in powder shape has an absorbtion of -16dB, and when the material was mixed with elastomer the absorbtion is dropped to -5,3dB.*

**Keywords:** *Radar Cross Section, Coating, Material Permittivity, Radar Absorbing Material.*

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi radar secara umum di dunia semakin pesat. Hal ini mengharuskan Indonesia juga memiliki teknologi yang sama, khususnya dengan negara-negara tetangga sehingga dapat menjaga kedaulatan negara, terutama di daerah perbatasan. Radar di wilayah perbatasan berguna untuk menjaga wilayah negara agar tidak disusupi oleh pihak asing dengan berbagai macam tujuan, seperti penyelundupan warga asing dan pencurian sumber daya laut, dan pengintaian lewat udara. Pesawat dan kapal asing tersebut dilengkapi juga dilengkapi radar sehingga jika ada pesawat atau kapal Indonesia yang mendekat, maka kapal atau pesawat tersebut akan segera mengetahuinya, dan kemudian melarikan diri.

Dari permasalahan tersebut, muncul gagasan untuk melakukan penelitian tentang cara menghindari pantauan radar. Secara umum ada dua cara yang dapat digunakan untuk menghindari pantauan radar, yang pertama adalah dengan membentuk badan ranpur sedemikian rupa sehingga sinyal radar yang sampai pada ranpur diteruskan, atau tidak kembali ke *receiver* radar musuh. Yang kedua adalah dengan melapisi ranpur dengan material yang dapat menyerap sinyal radar sehingga ranpur tersebut tidak terdeteksi radar musuh. Dalam penelitian ini dilakukan rekayasa nanostruktur material ferrite menggunakan paduan fasa ferrite  $\text{BaFe}(\text{MnCo})_{1,5}\text{Ti}_{1,5}\text{O}_{19}$  untuk mereduksi gelombang radar. Metoda yang digunakan untuk sintesis material adalah sintesis sol-gel dan dicampurkan dengan bahan elastomer yang diperoleh di pasaran. Material tersebut kemudian diuji dengan metoda *free-space* untuk mengukur nilai permitivitas dan permeabilitas dari material tersebut, serta nilai  $S_{11}$  dan  $S_{21}$ .

Hasil yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah material penyerap sinyal radar yang dapat bekerja pada rentang frekuensi X-Band dan memiliki ketahanan terhadap perubahan cuaca, zat kimia, perubahan temperatur, dan kelembapan yang ekstrim.

## SINTESA MATERIAL

Tahap awal sintesis dilakukan dengan mencampurkan serbuk  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnCO}_3$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ , dan  $\text{TiO}_2$  secara mekanikal dan kemudian

dipadatkan. Tahap ini menghasilkan senyawa oksida  $(\text{FeMnCoTi})_2\text{O}_3$ . Tahap selanjutnya mencampurkan serbuk yang dihasilkan pada tahap awal dengan serbuk  $\text{BaCO}_3$ , dan kemudian dipadatkan.

Proses sol-gel dilakukan dengan mencampurkan *Ferrite Nitrate Nanohydrate* ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ), *Barium Nitrate* ( $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ), *Manganese (II) Nitrate Manganese (II) Tetrahydrate* ( $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), dan *Titanium Nitrate* ( $\text{Ti}(\text{NO}_3)_4$ ). Material tersebut dicampurkan dengan *Asam Sitrat Monohidrat* ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Pencampuran tersebut kemudian dikompres sehingga menjadi pellet berdiameter 2.54 cm. Pellet tersebut kemudian dibakar untuk mendapatkan material  $\text{BaFe}_{12-2x}(\text{MnCo})_x\text{Ti}_x\text{O}_{19}$ .

## METODA PENELITIAN

Material yang dihasilkan diuji dengan metoda *free-space*. Metoda pengujian ini mensimulasikan *material test* dalam lingkungan yang sebenarnya, metoda ini memang memiliki kelebihan-kelebihan yang menjadi dasar pengujian *Radar Cross Section* (RCS). Metoda ini langsung diberikan sinyal radio frekuensi, namun demikian sangat dibutuhkan sebuah *anechoic chamber*.

Perangkat yang di butuhkan antara lain

1. *Vector Network Analyzer*
2. *Test cable* dan *Adapter*.
3. *Automatic calibration Kit* (atau *manual OSTL*)
4. *2 unit Horn antenna X-Band*
5. *Anechoic Test Chamber*
6. *PC Controller* dan *RAM Processing Software*

Pada penelitian ini digunakan dua buah metoda masing-masing untuk pengukuran penyerapan material sudah dalam bentuk cat yang menempel pada lempengan metal dan material dalam bentuk serbuk yang sudah terkemas. Untuk karakterisasi elektromagnetik cat, pengukuran refleksi/ penyerapan dalam rentang frekuensi 8-12 GHz dilakukan menggunakan metoda *arch/lengkungan Naval Research Laboratory* (NRL). Lengkungan NRL terdiri dari struktur kayu berbentuk lengkungan setengah lingkaran. Bentuk ini memungkinkan posisi yang tepat untuk memancarkan dan menerima gelombang ke arah sampel yang diuji. Sampel ditempatkan di

pusat kelengkungan. Pertama, antena diposisikan pada posisi tertinggi dilengkungkan, dan kemudian setiap antena digerakkan  $10^\circ$  untuk setiap sisi posisi ini. Antena selalu menunjuk ke pusat sampel. Sebuah plat aluminium datar digunakan sebagai acuan untuk refleksi/penyerapan pengukuran. Reflektivitas dan absorbtivitas dianggap 100% dan 0%. Keuntungan utama dari metoda NRL dibandingkan dengan metoda yang lain seperti metoda *Waveguide* adalah memungkinkan untuk melakukan pengukuran sampel yang relatif besar dalam kondisi ruang bebas.

Sedangkan untuk metodologi kedua yaitu teknik saluran transmisi menggunakan *waveguide* dilakukan untuk mengukur permitivitas listrik kompleks dan permeabilitas magnetik dari *coating* pada rentang frekuensi 8-12 GHz (X-band). Sebuah *Waveguide* tertutup digabungkan ke *vector network analyzer* yang beroperasi pada rentang frekuensi 300 kHz – 20 GHz. Kemudian dilakukan pengukuran S-parameter material, koefisien transmisi, dan refleksi.

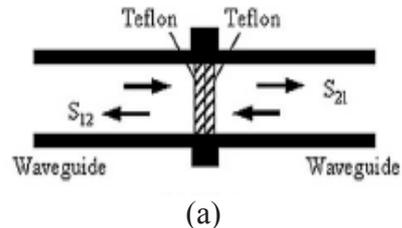
**HASIL DAN ANALISIS**

Pada pengukuran menggunakan *waveguide* dilakukan pengukuran *Thru the line* dengan diagram sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1 (a).

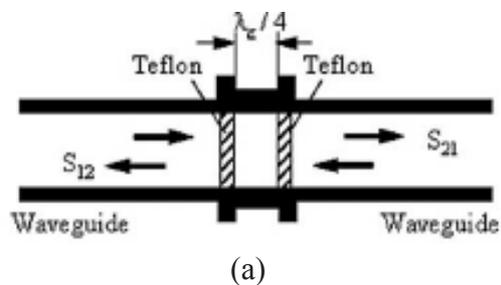
Model yang dikembangkan dalam gambar 1 (a) adalah bentuk kalibrasi *thru* yang menggambarkan semua radiasi dari *wave guide port 1* dan *port 2* dibatasi pada keadaan tanpa sampel atau menggunakan sampel standard Teflon untuk mengurangi tingginya faktor tranmisi pada *receiver*. Pada keadaan ini dapat diketahui daerah operasi dari *waveguide* X-band. Hasil pengukuran pada gambar 1 (b) menunjukkan bahwa dari 8 GHz sampai dengan 15 GHz meskipun dapat dilihat kondisi pengukuran optimum dilakukan pada kisaran frekuensi 8.4 GHz sampai dengan 14.5 GHz. Besarnya intensitas maksimum yang dapat dideteksi oleh perangkat *waveguide* hanya sekitar 21 dB. Hal ini menandakan bahwa perangkat uji *network analyzer* memiliki kemampuan untuk menangkap faktor refleksi maksimum pada nilai tersebut.

Sedangkan apabila *Teflon* dipisahkan pada nilai  $\frac{1}{4}\lambda$  dipe roleh hasil seperti ditunjukkan pada gambar 2. Meskipun keadaan pengukuran

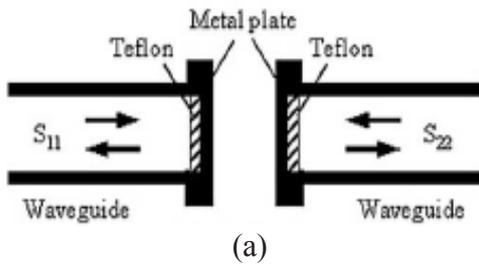
dibuat hal yang sedikit berubah dengan memisahkan jarak kedua Teflon tetapi menghasilkan pola refleksi yang menandakan daerah kerja *waveguide* yang sama tetapi terdapat perbedaan pola refleksi  $S_{11}$ .



(b) Gambar 1. Spektrum dari *wave guide* untuk menentukan frekuensi *cut-off* dari *Waveguide* X-Band pada posisi *open* (terbuka)



(b) Gambar 2. Spektrum dari *wave guide* untuk menentukan frekuensi *cut-off* dari *Waveguide* X Band pada posisi terbuka dengan jarak  $\frac{1}{4}\lambda$



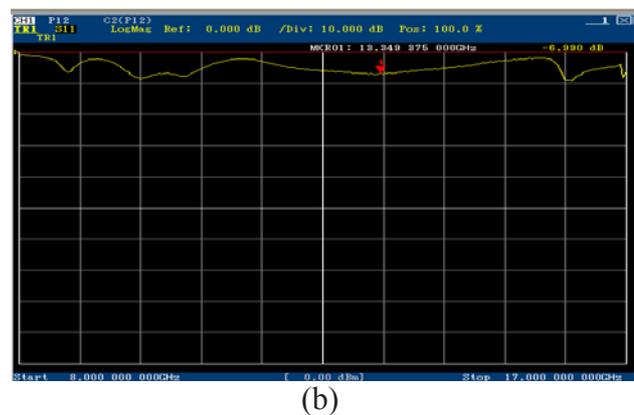
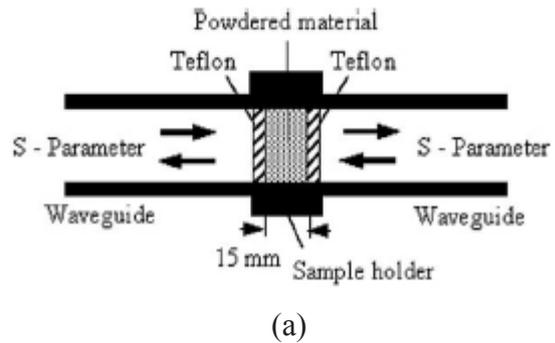
Gambar 3. Spekturm refleksi  $S_{11}$  dari Waveguide X-Band pada posisi *short* (tertutup) menggunakan PEC aluminium

Pada pengukuran reflektivitas dengan plat aluminium sebagai PEC dengan diagram yang ditunjukkan pada gambar 3 menandakan bahwa semua radiasi dari sumber radar terpantulkan secara sempurna dan sangat kecil radiasi radar diserap dan ditransmisikan oleh plat disebabkan oleh sifat dari PEC. Pada gambar tersebut menunjukkan parameter transmisi  $S_{11}$  dan  $S_{22}$  yang menggambarkan besarnya reflektansi dari sumber pada *port 1* dan sumber pada *port 2* dari perangkat *network analyzer*. Apabila *port 1* dan *port 2* dari perangkat VNA memiliki intensitas radiasi pada plat yang sama maka dapat dipastikan bahwa kuantitas  $S_{11}$  dan  $S_{22}$  sama dan sebanding pula.

Hasil pengukuran parameter refleksi menggunakan waveguide X-band ditunjukkan pada gambar 3 (b). Besarnya intensitas refleksi menggunakan plat aluminium berada pada kisaran -0.546 dB sampai -0.119 dB yang menunjukkan bahwa PEC mampu memantulkan kembali gelombang radar yang ditransmisikan pada sudut  $180^{\circ}$ . Hal ini memiliki arti bahwa jumlah transmisi dan absorpsi Aluminium sebagai PEC sangat efektif sebagai pemantul gelombang radar pada frekuensi 8 GHz sampai dengan 14 GHz sesuai dengan *cutoff* dari waveguide nya.

Selanjutnya dilakukan pengukuran S-Parameter pada Sampel berbentuk serbuk. Metoda yang digunakan adalah dengan

menggunakan waveguide dimana serbuk diletakkan didalam waveguide dan ditahan menggunakan material teflon sebagaimana pada gambar 4 (a) berikut



Gambar 4. Spekturm refleksi  $S_{11}$  dari Waveguide X-Band pada *powder material* menggunakan jenis ferrite dipadu dengan 10% polimer.

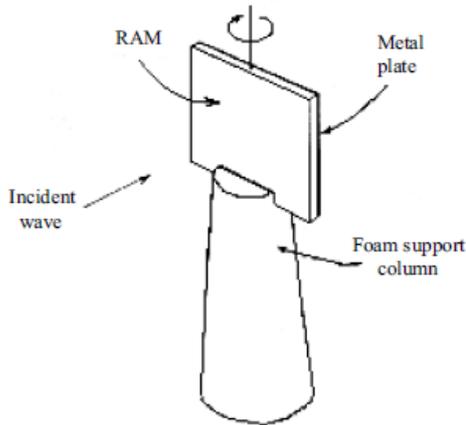
Pada gambar 4 menunjukkan hasil pengukuran parameter refleksi  $S_{11}$  pada material paduan ferrite dan polimer menggunakan waveguide yang beroperasi pada X-Band. Pada gambar terlihat bahwa refleksi terendah terdapat pada frekuensi 13,34 GHz, yang artinya bahwa material tersebut sangat buruk untuk memantulkan gelombang elektromagnetik pada frekuensi tersebut. Adapun pada frekuensi lainnya pada rentang X-Band, koefisien refleksi yang dimiliki oleh material tersebut juga cukup rendah. Dengan kata lain material tersebut dapat menjadi *material coating* anti radar yang baik untuk rentang frekuensi X-Band.

### HASIL PENGUKURAN RCS

Gambar 5 menunjukkan skema pengukuran Radar Cross Section dengan menggunakan perangkat *vector network analyzer*. Material yang diuji merupakan material *body* ranpur yang telah dilapisi oleh *coating*. Material tersebut memiliki ketebalan 1.5 mm, dengan

ukuran dimensi 0,5 x 0,5 meter. Jarak sampel dengan antenna pemancar adalah 1.5 meter, dengan sudut 0° terhadap sumber radiasi. Pengukuran dilakukan pada frekuensi 0 – 18 GHz untuk melihat redaman yang dihasilkan oleh material tersebut.

Gambar 6 menunjukkan hasil pengukuran yang dilakukan. Dari hasil pengukuran diketahui bahwa sembilan koefisien refleksi terendah terdapat pada frekuensi-frekuensi sebagaimana tabel 1.



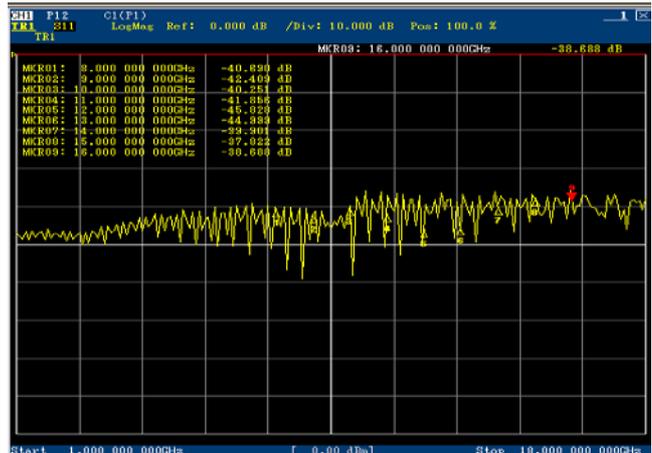
Gambar 5. Skema pengukuran RCS

Tabel 1. Hasil pengukuran koefisien redaman

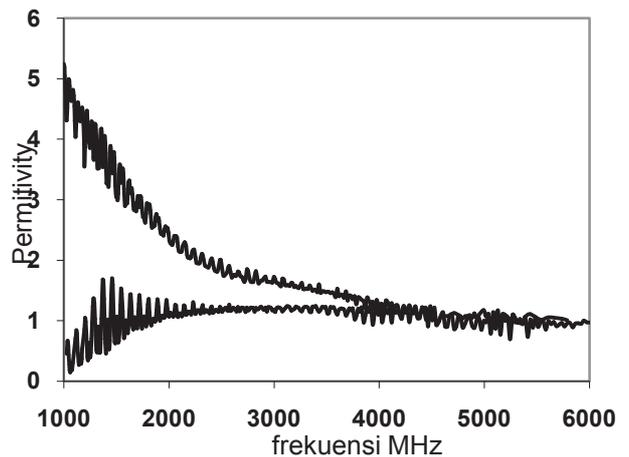
Frekuensi (GHz)	Log Magnituda (dB)
8	-40.690
9	-42.4
10	-40.251
11	-41.858
12	-45.828
13	-44.992
14	-39.901
15	-37.822
16	-38.888

Hasil simulasi perhitungan besarnya permitivitas ditunjukkan dalam gambar 7 – gambar 8, sedangkan hasil simulasi permeabilitas digambarkan pada gambar 9 – gambar 10. Keseluruhan gambar memperlihatkan bahwa pada frekuensi semakin tinggi terjadi peningkatan nilai permitivitas imaginernya. Hal ini menandakan bahwa semakin besar frekuensi akan berakibat *loss tangen* yang semakin besar. Pada sampel standard tidak terjadi serapan gelombang dalam bentuk resonansi dipole listrik sedangkan pada material tersubstitusi terjadi serapan pada

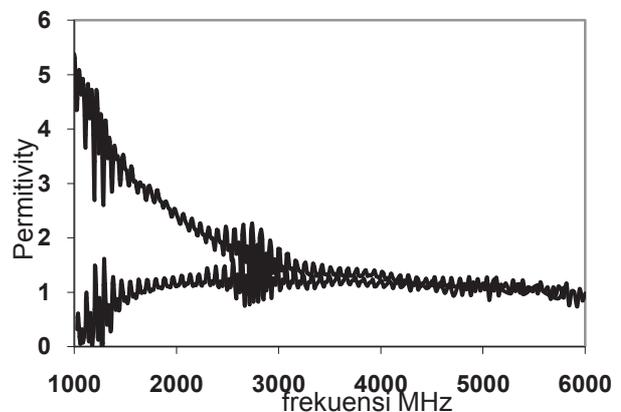
daerah frekuensi ~ 2700 MHz sampai dengan ~ 3000MHz.



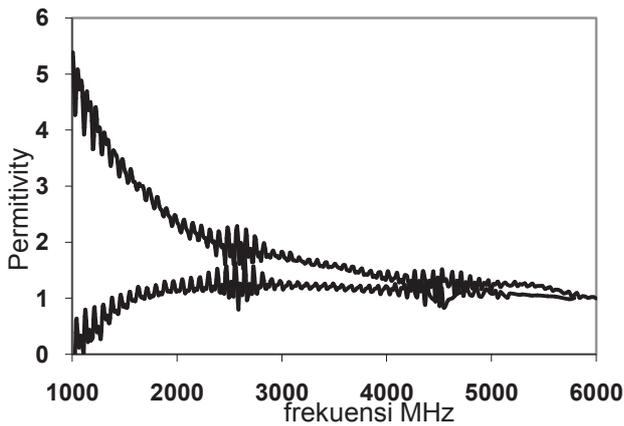
Gambar 6. Hasil pengukuran RCS pada beberapa sumber frekuensi radiasi dari 1 GHz hingga 18 GHz pada plat absorber dengan ketebalan 1.5 mm pada jarak 1.5 m dari sumber radiasi dengan sudut 0°



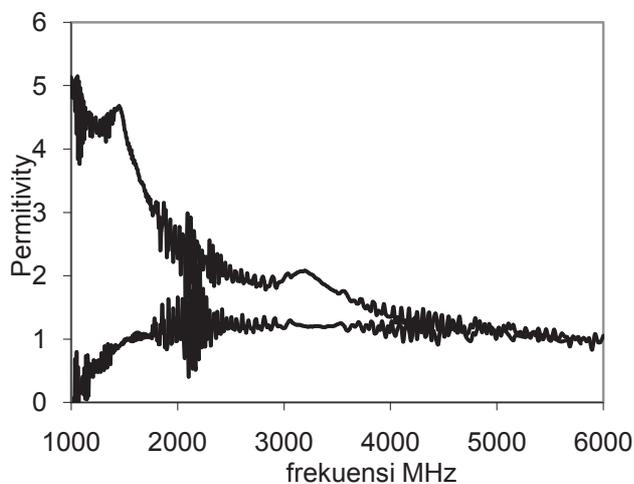
Gambar 7. Hasil simulasi nilai *permittivity ferrite* tanpa substitusi pada frekuensi 1 GHz sampai dengan 6 GHz



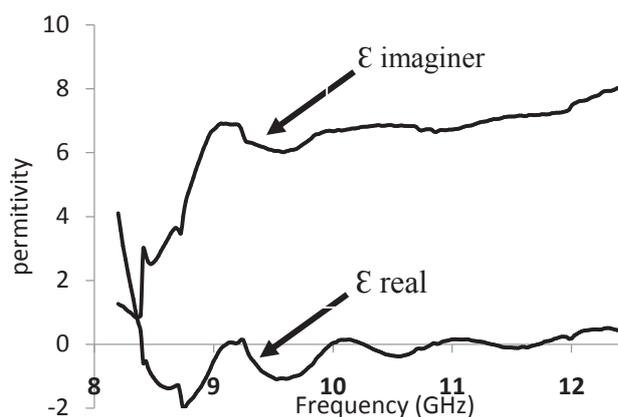
Gambar 8. Hasil simulasi nilai *permittivity ferrite* dengan substitusi pada frekuensi 1 GHz sampai dengan 6 GHz



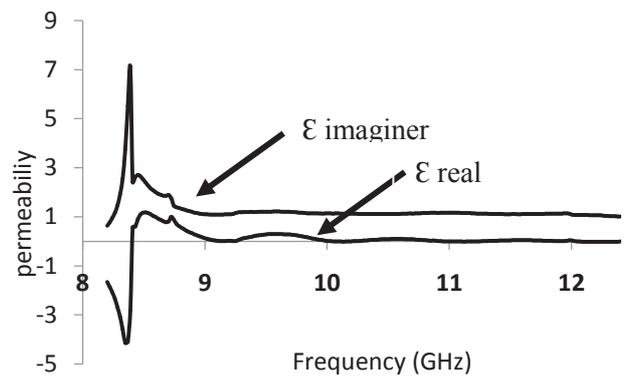
Gambar 9. Hasil simulasi nilai permeability ferrite tanpa substitusi pada frekuensi 1 GHz sampai dengan 6 GHz



Gambar 10. Hasil simulasi nilai permeability ferrite dengan substitusi pada frekuensi 1 GHz sampai dengan 6 GHz

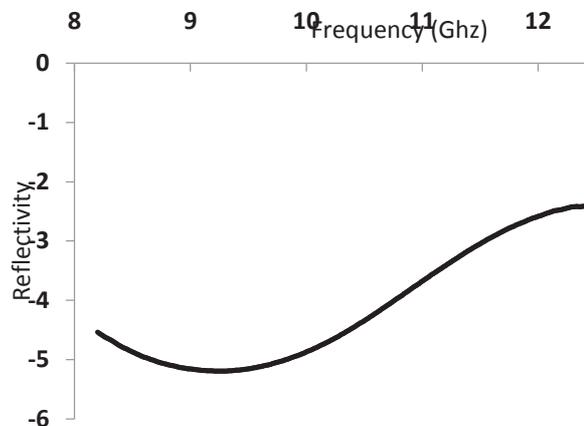


Gambar 11. Hasil simulasi nilai permittivity ferrite dengan substitusi pada frekuensi 8 GHz sampai dengan 12 GHz



Gambar 12. Hasil simulasi nilai permeabilitas ferrite dengan substitusi pada frekuensi 8 GHz sampai dengan 12 GHz

Dari hasil pengukuran nilai permitivitas dan permeabilitas untuk frekuensi 8 GHz sampai dengan 12 GHz ( X- band) menunjukkan bahwa pada daerah tertentu antara 8 GHz sampai dengan 9 GHz serta daerah 9,5 GHz berharga negatif. Hal ini menunjukkan bahwa material berperilaku seperti metamaterial yang mampu meresonansikan gelombang elektromagnet yang mengenai material tersebut sedemikian sehingga energi dari gelombang elektromagnet akan digunakan untuk memutar polarisasi elektrik dan spin magnetik.



Gambar 13. Hasil pengukuran reflektivitas absorber pada BaF dengan coating elastomic paint pada plat dengan ukuran 25 cm x 25 cm pada frekuensi 8 GHz sampai dengan 12 GHz

Dua masalah yang perlu diperhatikan dalam pengukuran free space termasuk Radar cross saction adalah nilai reflectivity absorbers dan insertion loss absorbers. Reflectivity absorbers merupakan ukuran dari level reduksi dari material dibandingkan dengan nilai refleksi dari konduktor murni yang mampu merefleksikan radiasi secara penuh seperti metal aluminium, sedangkan Insertion loss menggambarkan

reduksi sinyal gelombang yang mengenai *absorber*. Material yang memiliki nilai reflektivitas yang tinggi (negatif) memiliki potensi yang cukup besar untuk mereduksi *Radar Cross Section* (RCS) dari satu identifikasi target benda. Artinya material yang mampu mereduksi level refleksi sangat berpotensi untuk menurunkan *Radar Cross Section*.

Hasil pengujian reflektivitas *absorber* pada BaF dengan *coating elastomeric paint* pada plat dengan ukuran 25 cm x 25 cm pada frekuensi 8 GHz sampai dengan 12 GHz menunjukkan terjadi penurunan reflektivitas hingga ~ 5 dB yang memiliki arti bahwa material *absorber* tersebut dapat mereduksi hingga lebih dari 25 % terhadap obyek.

### KESIMPULAN

Telah berhasil dilakukan pengukuran parameter  $S_{11}$ ,  $S_{22}$ ,  $S_{12}$ , dan  $S_{21}$  terhadap *Radar Absorbing Material* menggunakan *waveguide*, di mana digunakan plat aluminium sebagai PEC yang dilapisi menggunakan material *ferrite*. Diketahui bahwa parameter transmisi  $S_{11}$  dan  $S_{22}$  memiliki intensitas radiasi yang sama. Maka dapat dipastikan bahwa kuantitas  $S_{11}$  dan  $S_{22}$  sama dan sebanding pula. Besarnya intensitas refleksi menggunakan plat aluminium berada pada kisaran -0.546 dB sampai -0.119 dB. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah transmisi dan absorpsi aluminium sebagai PEC sangat efektif sebagai pemantul gelombang radar pada frekuensi 8 GHz sampai dengan 14 GHz sesuai dengan *cut-off* dari *waveguidenya*.

Hasil uji reflektivitas untuk plat *absorber* dengan komposisi 25% polimer elastomik bahwa pantulan terendah pada kisaran frekuensi ~9 GHz dengan nilai -5,3 dB. Pada pengukuran sebelumnya hasil simulasi pada *absorber* tanpa adanya polimer terjadi *reflection loss* hingga -16 dB atau terjadi kenaikan reflektivitas hingga 10,7 dB.

Penelitian yang dilakukan saat ini masih terbatas pada pengukuran medan dekat. Hal ini dikarenakan belum tersedianya fasilitas yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran medan jauh. Untuk lebih dapat memperdalam pengetahuan mengenai pengukuran RCS, maka dibutuhkan pengukuran medan jauh yang bisa dilakukan di ruang *anechoic*.

### DAFTAR PUSTAKA

1. Braun, P.B., 1962, Phillips Res. Rep 12 491-548, *The Crystals Structure of New Group of Ferrimagnetic Compounds*.
2. Doo W.K, Yeo H.G., ( 2005). *Preparation and Properties of Polyorganosiloxane rubber Nanocomposite containing Ultra fine manganese Zinc Ferrite Powder*, Journal of Ind. Eng. Chem. Vol. 11 No. 4, 567-572
3. Priyono, A. Manaf, "Substitusi Mn dan Ti Pada Struktur Fasa  $Fe_2O_3$  Melalui Teknik Mechanical Alloying", Proc. Ketinggian physics forum 4<sup>th</sup>, pp 25-30
4. Priyono, A. Manaf, "Kontribusi ion Mn dan Ti dalam pembentukan fasa  $Ba(MnTi)_xFe_{12-2x}O_{19}$ : Tinjauan pada struktur dan metallografi" Proc. SP MIPA 2006.
5. Sivakumar, A. Gedanken, W. Zhong, Y.W. Du, D. Bhattacharya, Y. Yeshurun, I. Felner, "Nanophase formation of Strontium hexaferrite fine powder by The Sonochemical method using  $Fe(Co)_5$ ", 2004, Journal of magnetism and magnetic materials Sudakar, G.N. Subbanna, T R N. Kutty, J. Magn. Materials, 263 (2003) 253-268

## ANALISIS TINGKAT KEMAMPUAN TEKNOLOGI INFORMASI DAN KOMUNIKASI (TIK) KEMHAN DAN TNI DALAM MENGHADAPI ANCAMAN SIBER

### *ABILITY LEVEL ANALYSIS OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICT) OF MINISTRY OF DEFENSE AND TNI TO DEVELOPMENT AND THREATS IN MILITARY CYBER*

Nina Ruslinawati  
Puslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu  
ninaruslinawaty@yahoo.co.id

#### ABSTRAK

Kemhan dan TNI sebagai *leading sector* dalam hal pertahanan, tidak terkecuali dalam bidang siber perlu melakukan langkah langkah terkait pertahanan siber. Langkah awal yang perlu dilakukan terkait pengamanan terhadap ancaman siber adalah mengetahui kesiapan TIK Kemhan dan TNI dalam rangka mendukung pertahanan siber. Untuk mengidentifikasi permasalahan penyiapan pertahanan siber dapat dimulai dengan melihat statistik TIK di Indonesia. Dari identifikasi masalah menghasilkan beberapa pertanyaan pokok yang harus dijawab yang meliputi bagaimanakah kondisi TIK di Kemhan dan TNI saat ini, Faktor apa sajakah yang dapat memprediksikan kesiapan TIK di Kemhan dan TNI, seperti apakah model kesiapan TIK di Kemhan dan TNI, apa saja variabel yang dominan dalam penyiapan TIK di Kemhan dan TNI dalam mendukung pertahanan siber. Dari hasil penelitian diperoleh formulasi model yang sesuai untuk pengukuran kesiapan TIK di Kemhan dan TNI berbasis *Technology Acceptance Model* dengan kerangka *Technology-Organization-Environment*. Terdapat Lima variabel dominan dalam model kesiapan TIK Kemhan dan TNI, yaitu: minat (*Behavioural Intention*), manfaat sistem (*Perceived Usefulness*), kemudahan sistem (*Perceived Ease of Use*), tekanan kompetisi (*Competitive Pressure*), dan kualitas sistem (*Perceived Service Quality*). Dari hasil penelitian terhadap kesiapan TIK di Kemhan dan TNI dapat disimpulkan bahwa terdapat permasalahan yang meliputi Rendahnya kesiapan TIK untuk pertahanan siber dan kurangnya minat adopsi TIK. Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan masukan kepada Pimpinan Kemhan dan TNI terkait perencanaan kegiatan pertahan siber dan diharapkan pula menjadi acuan bagi penelitian dan kajian lanjutannya.

Kata kunci : Pertahanan Siber, Ancaman Siber, Tingkat kemampuan TIK, Kemhan dan TNI

#### ABSTRACT

*Ministry of Defense and Armed Forces as a leading sector in terms of defense, not least in the field of cyber need to perform the steps related to cyber defense. The first step that needs to be done about the security against cyber threats is aware of ICT readiness of the Ministry of Defense and Armed Forces in support of cyber defense. To identify the problems of cyber defense preparation can begin by looking at the statistics of ICT in Indonesia. Of the identification problem generating some basic questions that must be answered include: how is the condition of ICT in the Ministry of Defense and Armed Forces today, what are the factors that can predict the readiness of ICT in the Ministry of Defense and Armed forces, as to whether the model of ICT readiness in the Ministry of Defense and Armed Forces, what are the dominant variable in the preparation of ICT in the Ministry of Defense and Armed forces in support of cyber defense. The results were obtained formulations suitable model for the measurement of ICT readiness in the Ministry of Defense and Armed Forces based on the Technology Acceptance Model with frame-Organization- Technology Environment. There are five dominant variables in the model of ICT readiness of the Ministry of Defense and Armed Forces, namely: interest (Behavioural Intention), the benefits of the system (Perceived Usefulness), ease of system (Perceived Ease of Use), the pressure of competition (Competitive Pressure), and the quality of the system (Perceived Service Quality). From the results of research on ICT readiness in the Ministry of Defense and Armed Forces can be concluded that there are problems include low ICT readiness for cyber defense and lack of interest in the adoption of ICT. The results of this research can be used as input to the Ministry of Defense and Armed*

*Forces Chief-related planning and cyber defense activities are also expected to be a reference for research and subsequent studies.*

*Keywords : Cyber Defense, Cyber Threat, ICT skill level, the Ministry of Defense and Armed Forces.*

## PENDAHULUAN.

### Latar Belakang dan Permasalahan.

Miskinnya pertahanan siber pada sektor swasta juga mungkin karena kurang perhatian pemerintah di bidang regulasi pasar digital. Kasus *surveilans online, bullying online*, penyebaran berita palsu dan pembentukan opini menyimpang, juga merupakan kasus yang marak. Dan ketika sektor swasta penyedia layanan internet mengabaikan ancaman penaklukan komputer pelanggannya (*compromised*) dalam skala besar, itu dapat memberi ancaman nyata “kelumpuhan” koneksi internet nasional, yang dapat dimaknai sebagai penaklukan kedaulatan negara di ruang siber.

Di sektor pemerintahan, anggaran TIK yang dialokasikan dari tahun ke tahun diyakini berakumulasi sangat besar. Namun diduga bahwa aspek keamanan internet atau komputer memperoleh alokasi anggaran yang belum memadai.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Deskripsi Obyek Penelitian/ Unit Analisis.

Objek penelitian atau unit analisis penelitian ini adalah UO Kemhan, dan beberapa Kotama di lingkungan Kodam, Lantamal/Lanal, Lanud dari lima lokus yang dipilih untuk penelitian ini yaitu: Pontianak, Yogyakarta, Denpasar, Surabaya dan Medan.

### Metode Penelitian.

Sesuai dengan tujuan penelitian yang ingin dicapai, maka digunakan tiga jenis penelitian yaitu penelitian deskriptif, penelitian eksploratif dan penelitian verifikatif.

Karakteristik variabel dengan meneliti sejumlah sampel.

### Teknik Pengumpulan Data.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui *survey* dan wawancara kepada para pimpinan yang berada di Kodam, Lantamal, Lanal, Lanud yang ditujukan untuk

mengetahui kesiapan TIK (*e-readiness*) pada tingkat organisasi. Data sekunder didapatkan dari penyebaran kuesioner kepada anggota/personil TNI dan PNS yang bertugas di satuan serta dokumen pendukung lainnya dari lokus penelitian.

### Teknik Analisis Data

Data penelitian yang diperoleh dari lapangan selanjutnya diolah dan dianalisis dengan metode *Descriptive Statistic, DEMATEL, dan SEM (Structural Equation Modeling)*

*DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory)* Metode *DEMATEL* yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menganalisa bentuk hubungan sebab dan akibat antar konstruk yang dievaluasi (Yang et al., 2008) atau untuk memperoleh keterkaitan antara faktor-faktor (Lin dan Tzeng, 2009). Ketika menerapkan metode *DEMATEL*

*SEM* digunakan dalam penelitian ini karena dapat menguji teori yang berkaitan dengan model variabel laten yang memungkinkan penyimpulan dari hubungan yang kompleks antar variabel yang tidak dapat diamati secara langsung. *SEM* adalah metodologi statistik multivariat, yang mengambil pendekatan konfirmasi untuk analisis model struktural. *SEM* menyediakan peneliti dengan kemampuan untuk mengakomodasi beberapa hubungan ketergantungan yang saling terkait dalam satu model. (Hair et al., 2010). Hubungan kausalitas dihasilkan dari aspek teori dan pengalaman empirik yang dalam penelitian ini menggunakan teknik *DEMATEL*. Adanya kausalitas yang dihasilkan oleh *DEMATEL* inilah yang akan diuji menggunakan *SEM*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Analisis

#### 1. Penelitian Deskriptif.

Penelitian ini didukung data deskriptif personil TNI per 30 September 2014, sebagaimana uraian berikut ini:

Populasi personil TNI: 414.919 orang, TNI AD: 314.623 orang, TNI AL: 66.568 orang, dan TNI AU: 33.728 orang. Tersebar di unit organisasi (UO) TNI AD: 304.887 orang, UO TNI AL: 64.198 orang, UO TNI AU: 32.206 orang, Mabes TNI: 10.927 orang, dan UO Luar struktur: 2.701 orang. Populasi pria: 406.877 orang dan wanita: 8.042 orang.

Tabel 1. Matrik Total Pengaruh Adopter Drivers: Teknologi

	PU	PEOU	BI	PBC	PSQ
PU	1.559	1.653*	1.826*	1.524	1.497
PEOU	1.790*	1.501	1.849*	1.561	1.501
BI	1.603	1.524	1.482	1.424	1.366
PBC	1.728*	1.641*	1.759*	1.342	1.466
PSQ	1.917*	1.814*	1.982*	1.662*	1.444

2. Penelitian Eksploratif.

a. Teknologi

Hasil analisis menunjukkan nilai ambang adopter teknologi sebesar 1.617, dengan demikian nilai yang lebih besar dari nilai ambang pada tabel 5.9 yang bertanda (\*) adalah persepsi kualitas layanan atau kualitas sistem informasi yang mempengaruhi seluruh adopter teknologi.

b. Organisasi

Hasil analisis menunjukkan nilai ambang adopter Organisasi sebesar 1.49, dengan demikian nilai yang lebih besar dari nilai ambang pada tabel 5.12 yang bertanda (\*) adalah persepsi kualitas layanan atau kualitas sistem informasi yang mempengaruhi seluruh adopter teknologi.

Tabel 2. Matrik Total Pengaruh Adopter Drivers: Organisasi

	PU	PEOU	BI	PPJ	POS	POC	ER	C
PU	1.487	1.613*	1.766*	1.352	1.558*	1.610*	1.802*	11.188
PEOU	1.632*	1.459	1.746*	1.336	1.542*	1.578*	1.779*	11.071
BI	1.422	1.409	1.387	1.171	1.343	1.372	1.598*	9.702
PPJ	1.380	1.375	1.490	1.069	1.341	1.390	1.554*	9.599
POS	1.699*	1.698*	1.824*	1.438	1.487	1.685*	1.896*	11.727
POC	1.655*	1.634*	1.761*	1.390	1.577*	1.479	1.823*	11.319
ER	1.235	1.231	1.333	1.051	1.185	1.223	1.261	8.520
R	10.510	10.419	11.307	8.807	10.032	10.338	11.714	73.127

Tabel 3. Kekuatan Pengaruh dan Efek Konstruk (Organisasi)

KONSTRUK	r+c	r-c
PU*	21.698*	0.678
PEOU	21.490	0.653
BI	21.009	-1.605
PPJ	18.407	0.792
POS*	21.760*	1.695
POC*	21.656*	0.981
ER	20.234	-3.194

c. Lingkungan.

Hasil analisis menunjukkan nilai ambang adopter Lingkungan sebesar 0.92, dengan demikian nilai yang lebih besar dari nilai ambang pada tabel 5.15 yang bertanda (\*) adalah persepsi kualitas layanan atau kualitas sistem informasi yang mempengaruhi seluruh adopter teknologi.

Tabel 4. Matrik Total Pengaruh Adopter Drivers: Lingkungan

	PU	PEOU	BI	PT	CP	r
PU	0.919	0.982*	1.187*	0.873	0.919*	4.880
PEOU	1.208*	0.868	1.287*	0.897	0.964*	5.224
BI	1.026*	0.897	0.865	0.721	0.776	4.284
PT	0.881	0.803	0.997*	0.580	0.779	4.041
CP	1.035*	0.914	1.085*	0.816	0.697	4.546
c	5.069	4.464	5.420	3.886	4.135	22.974

Dari penelitian eksploratif ini diketahui bahwa beberapa hipotesis telah diketahui tidak memiliki hubungan kausal yang

kuat, selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Penerimaan/ Penolakan Hipotesis menurut Analisis Dematel

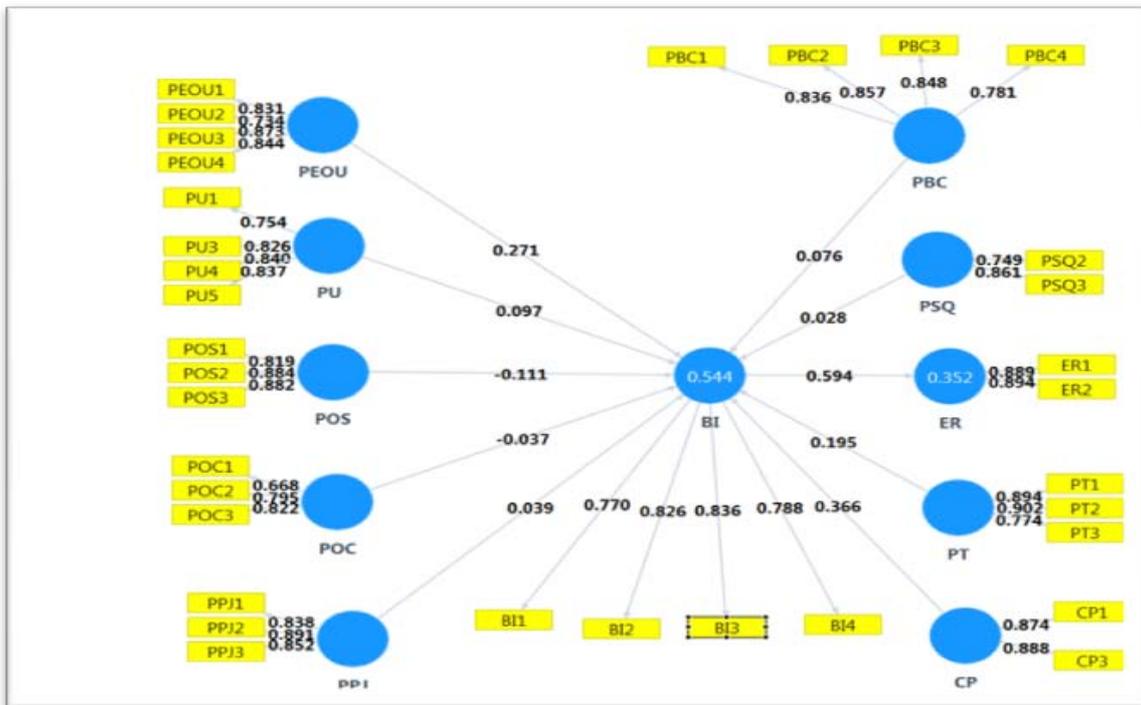
Kode	HIPOTESIS	Diterima	Keterangan
H1	Minat pegawai berkorelasi terhadap <i>e-readiness</i>	Ya	BI menjadi <i>mediating variable</i> terhadap kesiapan TIK
H2	Persepsi pegawai terhadap kegunaan TIK berkorelasi terhadap minat pegawai	Tidak	Merupakan variabel yang dominan terhadap kesiapan TIK
H3	Persepsi pegawai terhadap kemudahan penggunaan TIK berkorelasi terhadap minat pegawai	Ya	
H4	Persepsi pegawai terhadap kemampuan dan pengetahuan yang ada pada dirinya berkorelasi terhadap minat pegawai	Tidak	
H5	Persepsi pegawai terhadap kualitas layanan <i>online</i> berkorelasi terhadap minat pegawai	Tidak	
H6	Persepsi pegawai terhadap adanya dukungan organisasi berkorelasi terhadap minat pegawai	Tidak	POS berkorelasi dengan PEOU
H7	Persepsi pegawai terhadap adanya komitmen dalam organisasi di bidang TIK berkorelasi terhadap minat pegawai	Tidak	POC berkorelasi langsung terhadap kesiapan TIK (ER) dan ke PEOU
H8	Persepsi pegawai terhadap perlakuan adil dalam penerapan TIK dalam organisasi berkorelasi terhadap minat pegawai	Tidak	PPJ berkorelasi langsung ER dan PU
H9	Persepsi pegawai terhadap tekanan kompetitif atau <i>benchmark e-government</i> berkorelasi terhadap minat pegawai	Ya	
H10	Persepsi kepercayaan pegawai bahwa layanan TIK aman dan nyaman berkorelasi terhadap minat pegawai	Ya	

3. Penelitian Konfirmatori.  
 a. Analisis terhadap Model Awal.

Tabel 6. Path Coefficient

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	T Statistics ( O/STERR )	P Values
BI -> ER	0.594	0.596	0.036	16.718	0.000*
CP -> BI	0.366	0.368	0.049	7.539	0.000*
PBC -> BI	0.076	0.080	0.074	1.017	0.310
PEOU -> BI	0.271	0.273	0.052	5.172	0.000*
POC -> BI	-0.037	-0.029	0.053	0.688	0.492
POS -> BI	-0.111	-0.111	0.054	2.043	0.042*
PPJ -> BI	0.039	0.036	0.062	0.634	0.526
PSQ -> BI	0.028	0.023	0.057	0.489	0.625
PT -> BI	0.195	0.192	0.059	3.281	0.001*
PU -> BI	0.097	0.095	0.062	1.554	0.121

Terlihat nilai p-values >0.05 dan T-stat <1.98 ini menunjukkan data tidak mensupport hipotesis adanya hubungan.



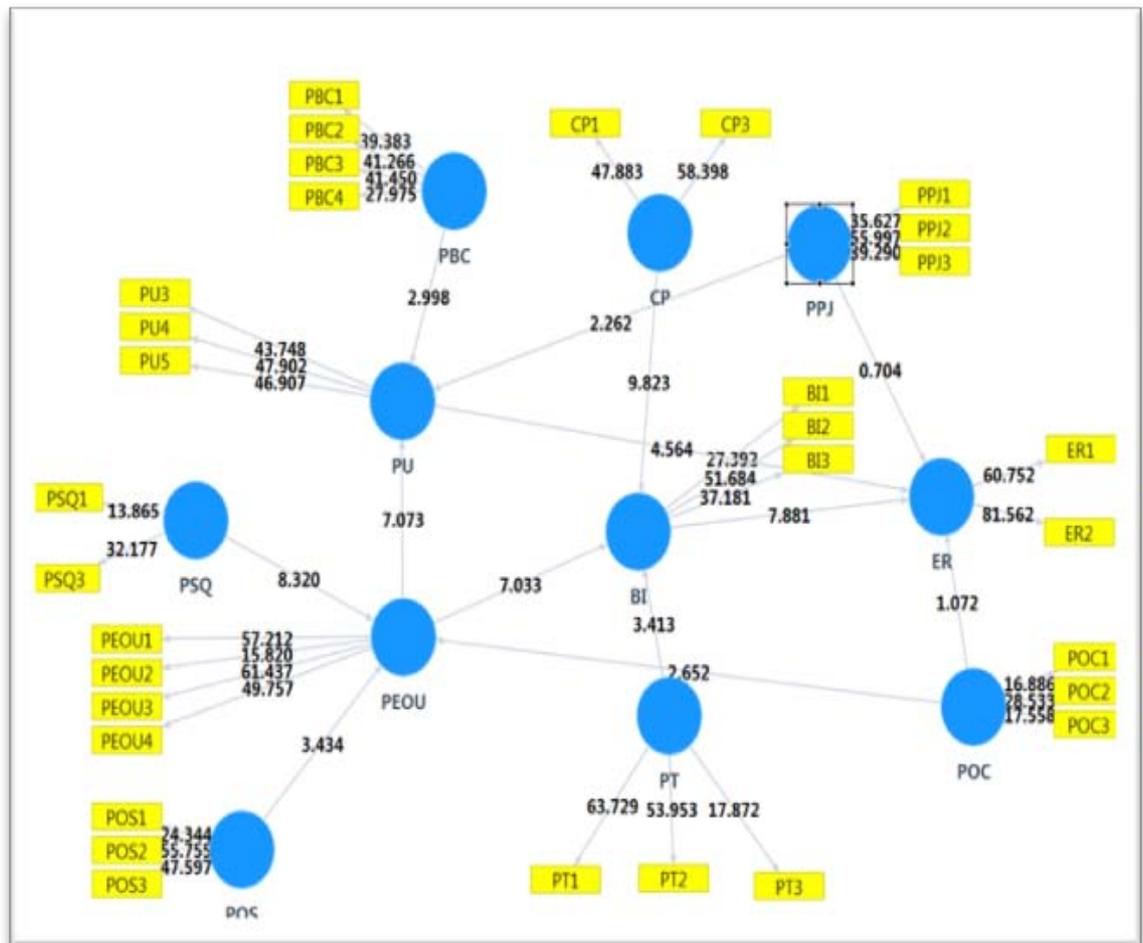
Gambar 1. Koefisien Hubungan pada Model Awal Penelitian

b. Analisis terhadap Model yang dihasilkan Dematel

1) Koefisien Jalur

Koefisien determinasi akan diperoleh yaitu R<sup>2</sup> yang akan menunjukkan

berapa persen variabel laten endogen dapat dijelaskan oleh variabel laten yang menjadi kausalnya. Hasilnya dapat terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Koefisien Determination Kesiapan TIK

Koefisien determinasi tertera di dalam lingkaran konstruk. Kriteria kuat-lemahnya hubungan dapat dinilai sebagai berikut (Sarwono:2006):

- |              |                         |
|--------------|-------------------------|
| 0            | : Tak ada korelasi      |
| >0 – 0,25    | : Korelasi sangat lemah |
| >0,25 – 0,5  | : Korelasi cukup        |
| >0,5 – 0,75  | : Korelasi kuat         |
| >0,75 – 0,99 | : Korelasi sangat kuat  |
| 1            | : Korelasi sempurna     |

## 2) Koefisien Jalur dan Signifikansi Variabel pada *Full Model*.

Ada 2 variabel yang menunjukkan kekuatan pengaruhnya tidak signifikan yaitu persepsi komitmen organisasi (POC) terhadap Kesiapan TIK (ER), persepsi fairness (PPJ) terhadap Kesiapan TIK (ER). Dengan demikian model perlu dimodifikasi dengan menghilangkan hubungan PPJ-ER dan POC-ER. Hasilnya terlihat pada Gambar 3 dan tabel 7.

## 3) *Outer model loadings and significance*.

Untuk melihat korelasi antara variabel laten dan indikatornya dapat dilihat pada hasil *Outer Loadings*. Lihat Tabel 9 dan Gambar 4.

Sesuai pedoman pada Tabel 9, model menunjukkan *reliabilitas variabel* yang memenuhi kriteria yaitu >0.70.

## 4) *Indicator Reliability*.

Indikator ini sangat penting untuk menunjukkan reliabilitas dan validitas dari variabel laten. Sedangkan *summary*-nya harus meliputi seluruh variabel pada *outer model*: *Loadings*, *Indicator Reliability*, *Composite Reliability*, dan AVE. Nilai batasannya sesuai yang ditunjukkan pada tabel 10. Dari tabel 11 Nilai AVE pada semua variabel memenuhi kriteria validitas konvergen. Sesuai pedoman tabel 12, Reliabilitas konsistensi internal pada variabel seluruhnya memenuhi kriteria.

5) Multikolinearitas pada Variabel Laten Sebagai acuan untuk memahami ukuran pada tabel 5.27 diberikan oleh Hair (2013), yaitu: “As a relative measure of predictive relevance, values of 0.02, 0.15, and 0.35 indicate

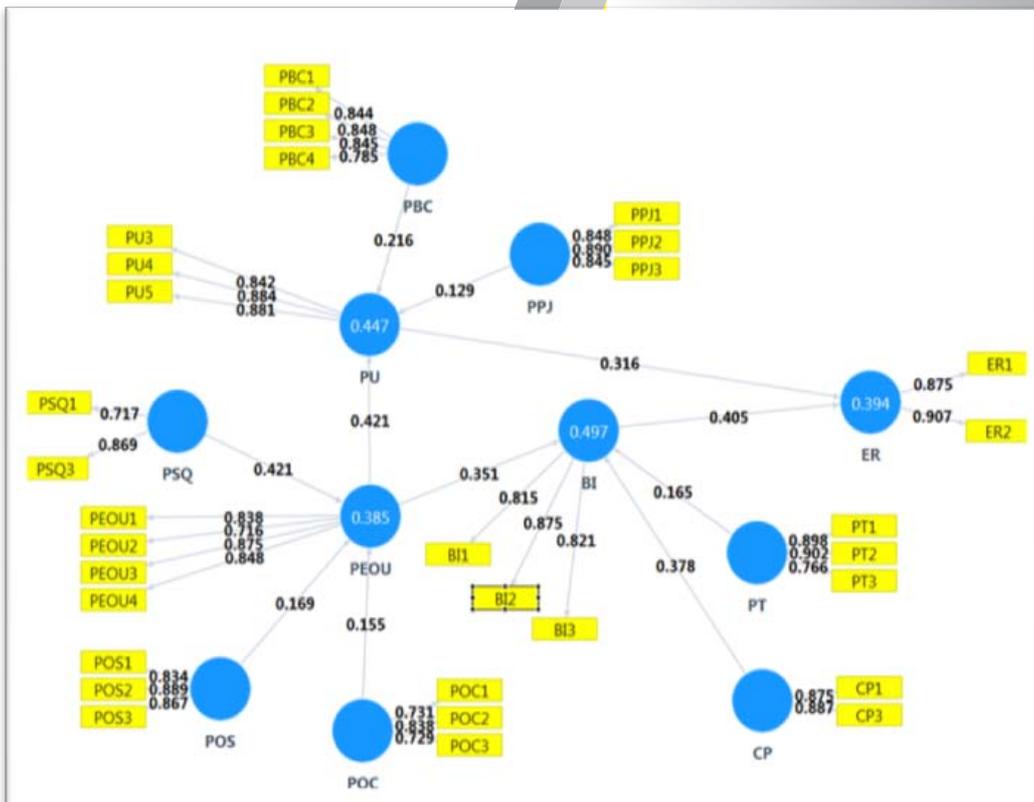
that an exogenous construct has a small, medium, or large predictive relevance for a selected endogenous construct.”

Tabel 7. Hubungan antar variabel (Path Coefficient)

	Koefisien	T Statistics ( O/STERR )	P Values	Keterangan
<b>BI -&gt; ER</b>	0.391	7.881	0.000	Signifikan
<b>CP -&gt; BI</b>	0.378	9.823	0.000	Signifikan
<b>PBC -&gt; PU</b>	0.215	2.998	0.003	Signifikan
<b>PEOU -&gt; BI</b>	0.351	7.033	0.000	Signifikan
<b>PEOU -&gt; PU</b>	0.420	7.073	0.000	Signifikan
<b>POC -&gt; ER</b>	0.055	1.072	0.284	Tidak
<b>POC -&gt; PEOU</b>	0.153	2.652	0.008	Signifikan
<b>POS -&gt; PEOU</b>	0.170	3.434	0.001	Signifikan
<b>PPJ -&gt; ER</b>	0.037	0.704	0.482	Tidak
<b>PPJ -&gt; PU</b>	0.130	2.262	0.024	Signifikan
<b>PSQ -&gt; PEOU</b>	0.422	8.320	0.000	Signifikan
<b>PT -&gt; BI</b>	0.165	3.413	0.001	Signifikan
<b>PU -&gt; ER</b>	0.282	4.564	0.000	Signifikan

Tabel 8. Koefisien Jalur dan Signifikansinya pada Model yang Dimodifikasi

	Koefisien	T Statistics ( O/STERR )	P Values	Keterangan
<b>BI -&gt; ER</b>	0.405	8.554	0.000	Signifikan
<b>CP -&gt; BI</b>	0.378	9.499	0.000	Signifikan
<b>PBC -&gt; PU</b>	0.216	2.994	0.003	Signifikan
<b>PEOU -&gt; BI</b>	0.351	7.345	0.000	Signifikan
<b>PEOU -&gt; PU</b>	0.421	6.898	0.000	Signifikan
<b>POC -&gt; PEOU</b>	0.155	2.515	0.012	Signifikan
<b>POS -&gt; PEOU</b>	0.169	3.341	0.001	Signifikan
<b>PPJ -&gt; PU</b>	0.129	2.234	0.026	Signifikan
<b>PSQ -&gt; PEOU</b>	0.421	8.364	0.000	Signifikan
<b>PT -&gt; BI</b>	0.165	3.646	0.000	Signifikan
<b>PU -&gt; ER</b>	0.316	5.905	0.000	Signifikan

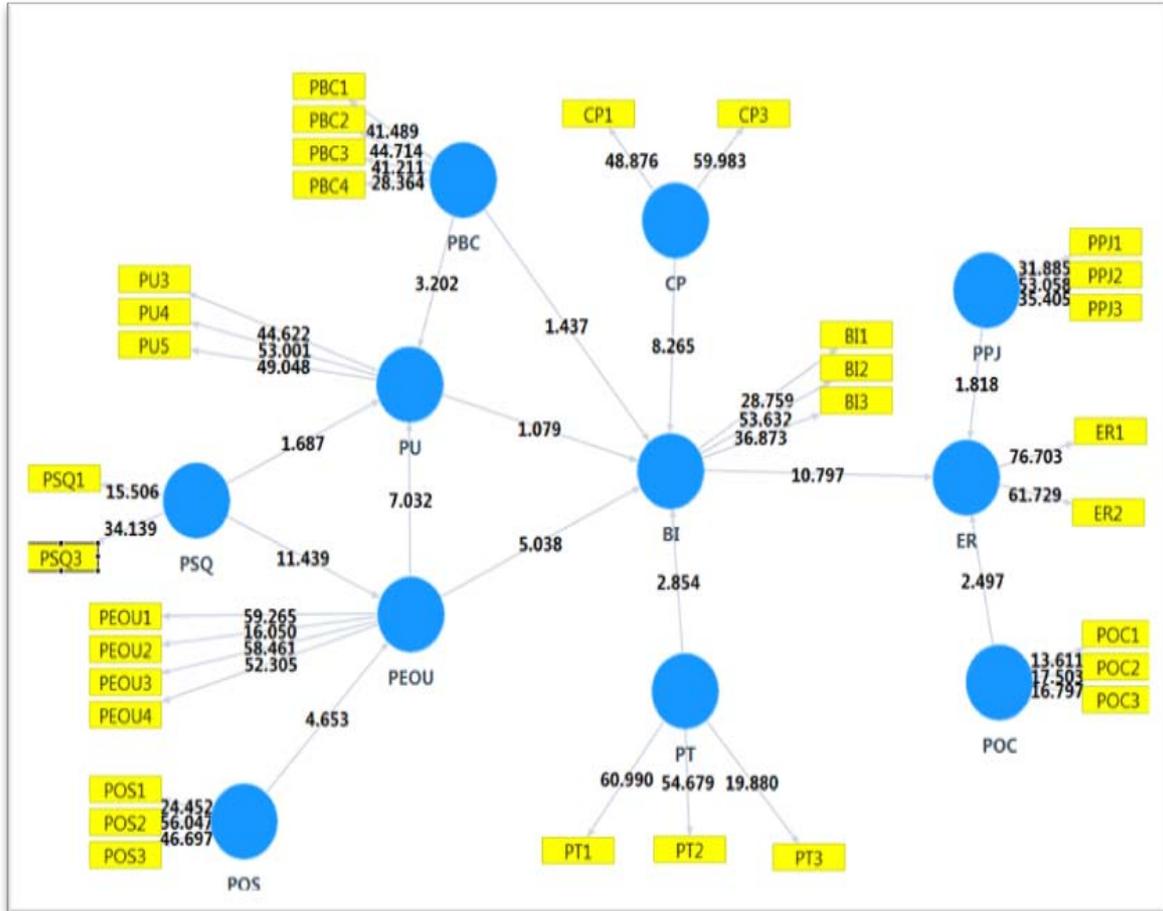


Gambar 3. Hasil Modifikasi Model Kesiapan TIK

Tabel 9. Outer Loading

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	T Statistics ( O/STERR )	P Values
BI1 <- BI	0.816	0.817	0.027	30.225	0.000
BI2 <- BI	0.875	0.874	0.018	49.357	0.000
BI3 <- BI	0.820	0.822	0.022	37.245	0.000
CP1 <- CP	0.875	0.875	0.020	44.835	0.000
CP3 <- CP	0.887	0.886	0.014	61.710	0.000
ER1 <- ER	0.890	0.890	0.012	74.918	0.000
ER2 <- ER	0.893	0.891	0.015	58.238	0.000
PBC1 <- PBC	0.840	0.840	0.020	42.454	0.000
PBC2 <- PBC	0.854	0.853	0.018	47.954	0.000
PBC3 <- PBC	0.848	0.848	0.020	42.933	0.000
PBC4 <- PBC	0.780	0.779	0.027	28.599	0.000
PEOU1 <- PEOU	0.839	0.839	0.015	57.342	0.000
PEOU2 <- PEOU	0.716	0.715	0.044	16.201	0.000
PEOU3 <- PEOU	0.875	0.874	0.015	58.181	0.000
PEOU4 <- PEOU	0.848	0.847	0.017	48.594	0.000
POC1 <- POC	0.730	0.728	0.050	14.523	0.000
POC2 <- POC	0.776	0.766	0.049	15.698	0.000
POC3 <- POC	0.789	0.786	0.046	17.278	0.000
POS1 <- POS	0.834	0.831	0.033	25.225	0.000
POS2 <- POS	0.889	0.888	0.015	57.946	0.000
POS3 <- POS	0.867	0.867	0.018	48.280	0.000
PPJ1 <- PPJ	0.830	0.827	0.027	30.392	0.000
PPJ2 <- PPJ	0.887	0.885	0.016	53.868	0.000
PPJ3 <- PPJ	0.861	0.860	0.025	34.986	0.000
PSQ1 <- PSQ	0.724	0.721	0.046	15.904	0.000

PSQ3 <- PSQ	0.864	0.863	0.025	34.454	0.000
PT1 <- PT	0.898	0.900	0.014	62.918	0.000
PT2 <- PT	0.902	0.901	0.017	51.718	0.000
PT3 <- PT	0.766	0.761	0.038	20.008	0.000
PU3 <- PU	0.844	0.843	0.019	43.425	0.000
PU4 <- PU	0.886	0.886	0.016	54.451	0.000
PU5 <- PU	0.877	0.877	0.020	43.701	0.000



Gambar 4. Outer Loading

Tabel 10. R-Square variable

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	T Statistics (O/STERR)	P Values
BI	0.497	0.503	0.047	10.687	0.000
ER	0.394	0.396	0.046	8.550	0.000
PEOU	0.385	0.396	0.043	9.031	0.000
PU	0.447	0.458	0.048	9.328	0.000

Tabel 11. *Average Variance Extracted (AVE)*

	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	T Statistics ( O/STERR )	P Values
BI	0.702	0.700	0.025	27.929	0.000
CP	0.776	0.776	0.024	32.040	0.000
ER	0.794	0.794	0.019	41.069	0.000
PBC	0.690	0.691	0.023	30.451	0.000
PEOU	0.675	0.675	0.022	30.384	0.000
POC	0.589	0.587	0.028	21.374	0.000
POS	0.746	0.745	0.025	29.904	0.000
PPJ	0.742	0.742	0.023	31.910	0.000
PSQ	0.634	0.634	0.028	22.464	0.000
PT	0.736	0.734	0.025	29.696	0.000
PU	0.756	0.758	0.025	30.768	0.000

Tabel 12. *Composite Reliability*

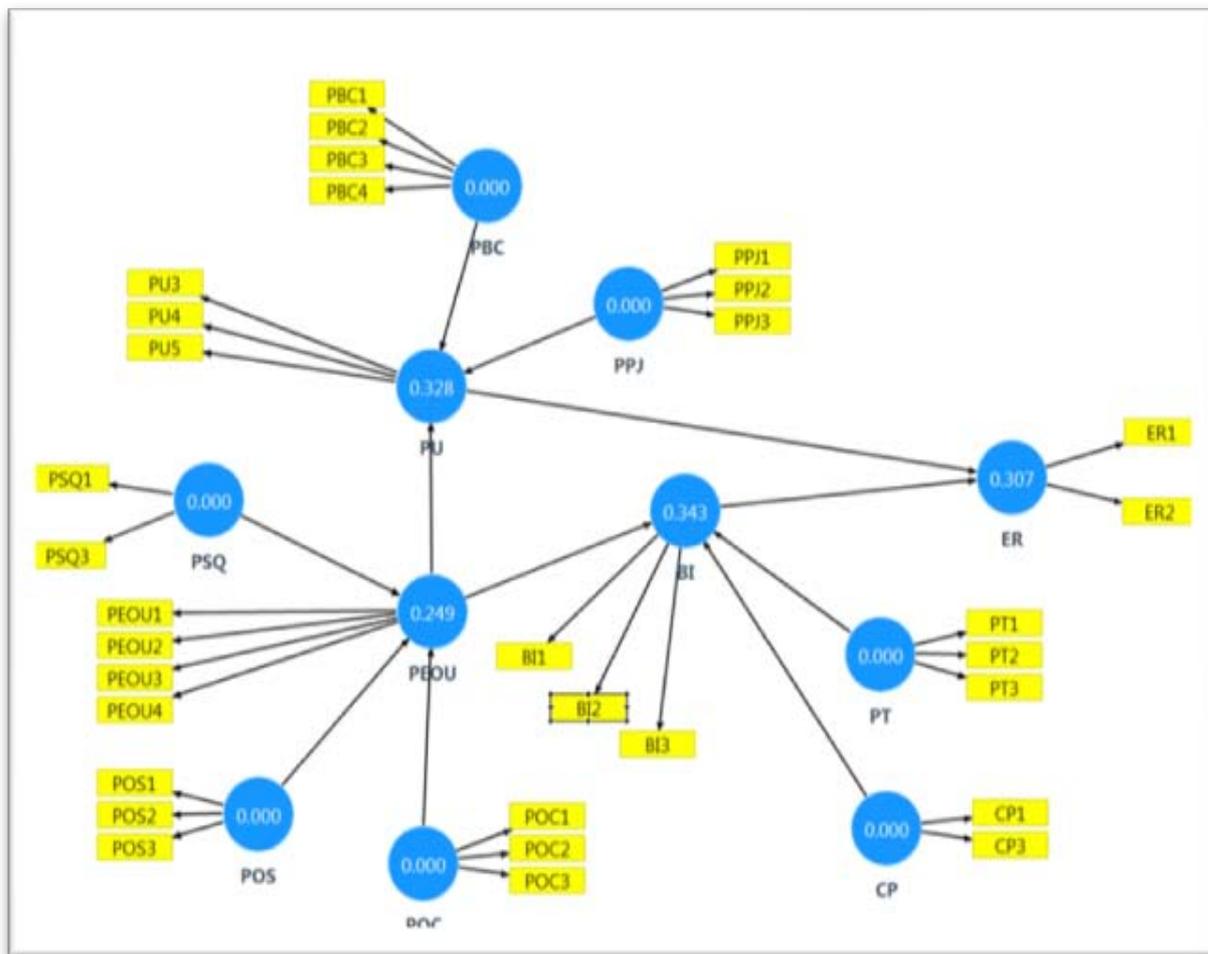
	Original Sample (O)	Sample Mean (M)	Standard Error (STERR)	Error T Statistics ( O/STERR )	P Values
BI	0.876	0.874	0.013	66.460	0.000
CP	0.874	0.874	0.015	56.750	0.000
ER	0.885	0.885	0.012	73.363	0.000
PBC	0.899	0.899	0.010	92.861	0.000
PEOU	0.892	0.892	0.010	88.305	0.000
POC	0.811	0.809	0.018	45.366	0.000
POS	0.898	0.897	0.012	73.431	0.000
PPJ	0.896	0.896	0.011	78.582	0.000
PSQ	0.775	0.774	0.023	34.143	0.000
PT	0.892	0.891	0.013	70.860	0.000
PU	0.903	0.903	0.012	76.493	0.000

Tabel 13. *Construct Crossvalidated Redundancy*

	SSO	SSE	1-SSE/SSO
BI	1.200.000	788.571	0.343
CP	800.000	800.000	
ER	800.000	554.255	0.307
PBC	1.600.000	1.600.000	
PEOU	1.600.000	1.201.004	0.249
POC	1.200.000	1.200.000	
POS	1.200.000	1.200.000	
PPJ	1.200.000	1.200.000	
PSQ	800.000	800.000	
PT	1.200.000	1.200.000	
PU	1.200.000	806.305	0.328

Tabel 14. Indicator Crossvalidated Redundancy

	SSO	SSE	1-SSE/SSO		SSO	SSE	1-SSE/SSO
BI1	400.000	277.260	0.307	POC2	400.000	400.000	
BI2	400.000	251.257	0.372	POC3	400.000	400.000	
BI3	400.000	260.053	0.350	POS1	400.000	400.000	
CP1	400.000	400.000		POS2	400.000	400.000	
CP3	400.000	400.000		POS3	400.000	400.000	
ER1	400.000	294.169	0.265	PPJ1	400.000	400.000	
ER2	400.000	260.087	0.350	PPJ2	400.000	400.000	
PBC1	400.000	400.000		PPJ3	400.000	400.000	
PBC2	400.000	400.000		PSQ1	400.000	400.000	
PBC3	400.000	400.000		PSQ3	400.000	400.000	
PBC4	400.000	400.000		PT1	400.000	400.000	
PEOU1	400.000	279.065	0.302	PT2	400.000	400.000	
PEOU2	400.000	376.438	0.059	PT3	400.000	400.000	
PEOU3	400.000	264.209	0.339	PU3	400.000	245.126	0.387
PEOU4	400.000	281.292	0.297	PU4	400.000	285.245	0.287
POC1	400.000	400.000		PU5	400.000	275.933	0.310



Gambar 5. Cross Validated Redundancy

Tabel 15. *Indicator Crossvalidated Redundancy*

	SSO	SSE	1-SSE/SSO		SSO	SSE	1-SSE/SSO
<b>BI1</b>	400.000	273.844	0.315	<b>POC2</b>	400.000	400.000	
<b>BI2</b>	400.000	250.700	0.373	<b>POC3</b>	400.000	400.000	
<b>BI3</b>	400.000	260.121	0.350	<b>POS1</b>	400.000	400.000	
<b>CP1</b>	400.000	400.000		<b>POS2</b>	400.000	400.000	
<b>CP3</b>	400.000	400.000		<b>POS3</b>	400.000	400.000	
<b>ER1</b>	400.000	294.400	0.264	<b>PPJ1</b>	400.000	400.000	
<b>ER2</b>	400.000	291.870	0.270	<b>PPJ2</b>	400.000	400.000	
<b>PBC1</b>	400.000	400.000		<b>PPJ3</b>	400.000	400.000	
<b>PBC2</b>	400.000	400.000		<b>PSQ1</b>	400.000	400.000	
<b>PBC3</b>	400.000	400.000		<b>PSQ3</b>	400.000	400.000	
<b>PBC4</b>	400.000	400.000		<b>PT1</b>	400.000	400.000	
<b>PEOU1</b>	400.000	281.835	0.295	<b>PT2</b>	400.000	400.000	
<b>PEOU2</b>	400.000	376.836	0.058	<b>PT3</b>	400.000	400.000	
<b>PEOU3</b>	400.000	270.981	0.323	<b>PU3</b>	400.000	245.733	0.386
<b>PEOU4</b>	400.000	286.280	0.284	<b>PU4</b>	400.000	287.621	0.281
<b>POC1</b>	400.000	400.000		<b>PU5</b>	400.000	278.531	0.304

Tabel 16. Pengujian menggunakan T-Statistik terhadap Model Awal

Hipotesis	Relasi	Koefisien	T-Statistic	P-value	Kesimpulan	
					DEMATEL	SEM-PLS
H1	<b>BI -&gt; ER</b>	0.594	16.718	0.000	DIDUKUNG	DIDUKUNG
H2	<b>PU -&gt; BI</b>	0.097	1.554	0.121	DIDUKUNG	TIDAK
H3	<b>PEOU -&gt; BI</b>	0.271	5.172	0.000	DIDUKUNG	DIDUKUNG
H4	<b>PBC -&gt; BI</b>	0.076	1.017	0.310	DIDUKUNG	TIDAK
H5	<b>PSQ -&gt; BI</b>	0.028	0.489	0.625	DIDUKUNG	TIDAK
H6	<b>POS -&gt; BI</b>	-0.111	2.043	0.042	TIDAK	TIDAK
H7	<b>POC -&gt; BI</b>	-0.037	0.688	0.492	TIDAK	TIDAK
H8	<b>PPJ -&gt; BI</b>	0.039	0.634	0.526	TIDAK	TIDAK
H9	<b>CP -&gt; BI</b>	0.366	7.539	0.000	DIDUKUNG	DIDUKUNG
H10	<b>PT -&gt; BI</b>	0.195	3.281	0.001	DIDUKUNG	DIDUKUNG

Tabel 17. Pengujian menggunakan T-Statistik terhadap Model Hasil Analisis Dematel

	Koefisien	T Statistics ( O/STERR )	P Values	Kesimpulan
<b>BI -&gt; ER</b>	<b>0.489</b>	<b>10.283</b>	<b>0.000</b>	<b>DIDUKUNG</b>
<b>CP -&gt; BI</b>	0.346	8.171	0.000	DIDUKUNG
<b>PBC -&gt; BI</b>	0.102	1.407	0.160	TIDAK
<b>PBC -&gt; PU</b>	0.227	3.215	0.001	DIDUKUNG
<b>PEOU -&gt; BI</b>	0.266	4.917	0.000	DIDUKUNG
<b>PEOU -&gt; PU</b>	0.429	7.137	0.000	DIDUKUNG
<b>POC -&gt; ER</b>	0.124	2.592	0.010	DIDUKUNG
<b>POS -&gt; PEOU</b>	0.232	4.603	0.000	DIDUKUNG
<b>PPJ -&gt; ER</b>	0.095	1.781	0.076	DIDUKUNG
<b>PSQ -&gt; PEOU</b>	0.463	11.206	0.000	DIDUKUNG
<b>PSQ -&gt; PU</b>	0.089	1.750	0.081	TIDAK
<b>PT -&gt; BI</b>	0.138	2.776	0.006	DIDUKUNG
<b>PU -&gt; BI</b>	0.068	1.126	0.261	TIDAK

## Pembahasan

### 1. Model Awal

Dari hasil uji terhadap model awal penelitian ini, baik menggunakan analisis Dematel maupun SEM-PLS tidak memberikan model yang sesuai untuk dijadikan alat ukur kesiapan TIK Kemhan dan TNI. Dengan analisis Dematel terdapat tiga konstruk model awal yang ditolak. Dan pada SEM-PLS terdapat 6 konstruk yang ditolak. Dengan demikian disimpulkan bahwa model awal yang ditawarkan oleh Awa et al 2010 tidak sesuai untuk pengukuran *e-readiness* di Kemhan dan TNI.

### 2. Model yang dihasilkan dari Analisis Dematel

Hasil model yang dikonstruksi dengan analisis Dematel mendekati kesesuaian, seluruh konstruk signifikan. Namun hubungan hubungan PPJ-ER, Hubungan POC-ER dan hubungan PU-BI tidak didukung. Ini juga menunjukkan apa yang dipikirkan oleh para pakar bahwa kondisi *fairness* akan meningkatkan kesiapan TIK di organisasinya ternyata tidak didukung oleh data dari personil pengguna TIK di Kemhan dan TNI, begitu juga dengan persepsi komitmen organisasi Kegunaan

### 3. Hubungan antar Variabel pada Model Akhir.

Untuk memperoleh model akhir, hubungan (PPJ-ER), (POC-ER) dan (PU-BI) pada model hasil Dematel dieliminasi. Hasilnya *reliabilitas* dan *validitas* model memuaskan.

### 4. Implementasi Model Kesiapan TIK untuk mendukung Pertahanan Siber.

#### a. Formulasi Masalah dari model kesiapan TIK di Kemhan dan TNI.

Dengan fokus pada variabel atau prediktor dominan pada model akhir kesiapan TIK yang dihasilkan penelitian ini, yaitu: BI, PSQ, PEOU, CP, PEOU, PU, PBC, POS, PT, POC, dan PPJ, maka berbasis model akhir hasil penelitian ini, memunculkan dua masalah yang dapat diformulasikan dari penelitian ini, yaitu:

- 1) Rendahnya kesiapan TIK di Kemhan dan TNI untuk pertahanan siber.
  - 2) Kurangnya minat adopsi TIK.
- b. Rancangan Pemecahan Masalah.

Untuk mengatasi masalah tersebut diatas, dengan berbasis pada model kesiapan TIK, setiap konstruk yang berpengaruh perlu dijabarkan ke dalam dimensi-dimensinya, untuk selanjutnya ditawarkan alternatif inisiatif atau program terkait dimensi-dimensi variabel tersebut.

### 5. Perumusan Strategi.

Sesuai dengan perumusan masalah dan tujuan penelitian, tujuan pemecahan masalah ini adalah untuk menjawab seperti apa model kesiapan TIK di Kemhan dan TNI, apa saja variabel yang dominan. Dari hasil analisis penelitian ini terhadap model dan variabel yang dominan, selanjutnya dapat direkomendasikan strategi yang sesuai.

Ada tiga strategi untuk meningkatkan kesiapan TIK (*E-Readiness*) dalam rangka pertahanan siber yang dihasilkan oleh penelitian ini, yaitu:

- a. Strategi-1: Meningkatkan Minat Personil
- b. Strategi-2: Meningkatkan Kegunaan Sistem
- c. Strategi-3: Meningkatkan Kemudahan Sistem

### 6. Pemetaan & Operasionalisasi Strategi Penyiapan TIK.

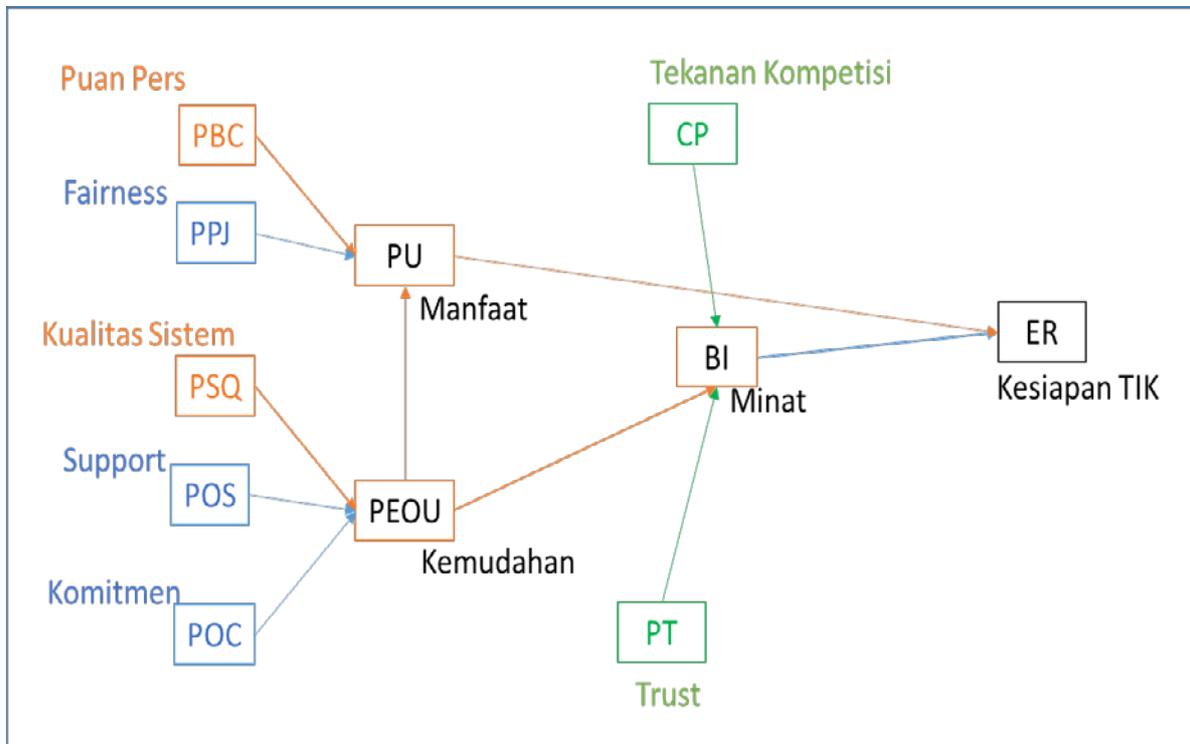
Dalam tahap ini akan diidentifikasi terlebih dahulu variabel solusi (variabel-variabel independen yang signifikan) berdasarkan hasil analisis. Pemetaan strategi dimulai dari penentuan variabel dari model, kemudian disusun operasionalisasi variabel solusi atau merinci indikator variabel solusi sehingga menjadi dimensi dan indikator atau saran yang konkrit.

## KESIMPULAN

Telah diformulasikan model yang sesuai dengan pengukuran kesiapan TIK di Kemhan dan TNI berbasis *Technology Acceptance Model* dengan kerangka *Technology-Organization-Environment*. Lima variabel dominan dalam model kesiapan TIK Kemhan dan TNI, yaitu: minat (*Behavioural Intention*), manfaat sistem (*Perceived Usefulness*),

kemudahan sistem (*Perceived Ease of Use*), tekanan kompetisi (*Competitive Pressure*), dan kualitas sistem (*Perceived Service Quality*). Permasalahan kesiapan TIK berbasis model

karena rendahnya kesiapan TIK di Kemhan dan TNI untuk pertahanan siber dan kurangnya minat adopsi TIK.



Gambar 6. kerangka *Technology-Organization- Environment*

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Davis (1989); Davis, Bagozzi & Warshaw (1989); Sang, et al (2009),Hussein et al. (2011), Dwivedi et al. (2010) *Perceived Usefulness*
2. Kim (2012); Williams, Slade & Dwivedi (2014) *Perceived Ease of Use*
3. Trafimow, et al (2002); Kraft et al (2005) *Perceived Behavioral Control*
4. Parasuraman & Grewal (2000); Buckley (2003); Yoo & Park (2007); Takele & Zeleke (2013) *Perceived Service Quality*
5. Colquitt (2002); Chao-Min et al (2009); Workman, Bommer & Straub (2009) *Procedural Justice*
6. Alvi,Abbasi &Haider(2014); Jin & Zhong (2014); Lo &Riemenschneider (2011) *Perceived Organizational Support*
7. Allen (2007); Chen, Yung & Sun (2012); Khan, Awang & Ghouri (2014) *Organizational Commitment*
8. Azadegan & Teich (2010; Kretschmer Miravete & Pernías (2012) *Competitive Pressure*
9. Davis (1989); Hu, Al-Gahtani & Hu (2014); Gefen et al.(2003), *Trust*
10. Davis (1989);Venkatesh et al (2003) *Behavioural Intention (Intention to use)*
11. Gay (2012); Rehman, Esichaikul, & Kamal (2012);Potnis & Pardo (2011);Karunasena et al. (2011) *e-Readiness*

## CAT ANTI-FOULING UNTUK KAPAL PERANG REPUBLIK INDONESIA

### *ANTI-FOULING PAINTS FOR INDONESIAN REPUBLIC WARSHIP*

Herlambang Effendy  
Puslitbang Alpalhan Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No. 1, Pondok Labu, Jakarta  
herlambang@yahoo.com

#### ABSTRAK

Efek *fouling* pada kapal logam maupun kapal kayu dapat menyebabkan kerusakan pada Struktur kapal tersebut. Untuk mengatasi efek dari *fouling* tersebut diperlukan cat yang dapat mengatasi efek *fouling*. Efek *fouling* terjadi pada bagian bawah garis air kapal yang diakibatkan oleh biota laut, sehingga efek *fouling* dapat terjadi dengan cepat apabila kapal tersebut jarang berlayar atau hanya bersandar saja. Dengan adanya permasalahan diatas, diadakan penelitian cat *anti fouling* yang digunakan Kapal Perang Republik Indonesia. Dengan mengadakan penelitian cat *anti fouling* diharapkan dapat mengurangi biaya perawatan kapal perang Republik Indonesia. Selain itu akan diteliti cat *anti fuouling* yang ramah lingkungan, sehingga tidak merusak biota laut yang ada di sekitar kapal. Bahan yang digunakan dalam pengujian adalah 16 merk cat *anti fouling* yang digunakan untuk melindungi bagian bawah garis air kapal. Metode yang digunakan adalah pengujian di laboratorium dan di lapangan untuk mengetahui kualitas cat *anti fouling*. Berdasarkan hasil penelitian dari 16 merk cat *anti fouling* yang mempunyai nilai baik ada 6 merk.

**Kata Kunci** : Cat *anti fouling*, Ramah lingkungan, KRI

#### ABSTRACT

*Fouling effect on metal vessel or timber ships will result in damage to the structure of objects / materials. To overcome the effects of fouling paint is needed the paint that can overcome the anti-fouling. Fouling effect occurs at the bottom of the ship's water line caused by marine life, so that the effects of fouling can occur quickly if the ship rarely sailing or just lean alone. With the above problems, we will conduct research anti-fouling paints used Indonesian republic warships. By conducting research anti-fouling paints is expected to reduce maintenance costs Indonesian republic warships. Otherwise we will examine anti-fouling paint that is environmentally friendly, so it does not damage marine lives that exist around the ship. Materials used in this research are 16 anti-fouling paints used to protect parts of the ship at the bottom of the ship's water line of Indonesian republic. The method used is research in the laboratory and field testing to determine the quality of anti-fouling paints. There are 6 brands of the paint that have good value based on the results of the research of 16 anti-fouling paints.*

**Keywords** : *anti-fouling paints, environmentally friendly, Indonesian Republic Warship*

## PENDAHULUAN

*Fouling* adalah penempelan organisme laut pada permukaan kayu atau logam pada kapal di bawah garis air. Organisme laut tersebut berasal dari hewan seperti tiram, kijing, remis, kerang atau dapat berasal dari tumbuhan seperti ganggang, gulma. Proses *fouling* dapat berasal dari lendir. Lendir tersebut merupakan lapisan kental bakteriologi terdiri dari organisme bersel tunggal. Setelah lapisan bakteri ini menempel dan berkembang biak, permukaan bakteri tersebut menjadi lebih nyaman bagi organisme yang lebih besar untuk tempat bersarang / menempel.

Cat anti *fouling* merupakan cat yang dilapiskan pada lambung garis bawah air kapal logam ataupun kapal kayu. *Fouling* pada umumnya terjadi pada permukaan bawah air seperti kapal laut (kapal logam, kapal kayu atau perahu), pelampung, struktur lepas pantai dan material lainnya yang terendam dalam air laut. *Fouling* dapat terjadi di air garam maupun air tawar.

Efek *fouling* pada kapal besi maupun kapal kayu dapat menyebabkan kerusakan pada struktur benda/material itu sendiri. Untuk kapal besi, kapal kayu atau *fiber glass*, pengotoran yang tebal dapat menyebabkan kerusakan pada lambung bawah air dan akhirnya dapat menyebabkan kebocoran dan menyebabkan kapal tidak seimbang.

*Fouling* juga dapat menyebabkan kapal menjadi berat, sehingga permukaan kapal akan lebih rendah dari biasanya. *Drag fouling* itu sendiri menyebabkan tarikan beban sehingga mengurangi kecepatan kapal serta meningkatkan konsumsi bahan bakar.

*Fouling* terjadi saat struktur kapal terendam secara terus menerus dalam kurun waktu yang tidak terlalu lama. *Fouling* umumnya terjadi ketika kapal dalam kondisi stasioner, sehingga untuk struktur atau bangunan yang terendam air secara terus menerus dengan tidak bergerak akan membuat tempat berkembang biak bagi organisme air laut maupun air tawar.

## PERUMUSAN MASALAH

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan cat yang dapat mencegah *fouling* pada garis bawah kapal. Cat anti *fouling* yang

ada di pasaran banyak sekali yang dikeluarkan dari berbagai pabrik cat yang ada di dalam negeri maupun di luar negeri. Cat anti *fouling* tersebut kemungkinan ada yang tidak ramah lingkungan, sehingga diperlukan penelitian material cat anti *fouling* yang tidak mengganggu ekosistem laut. Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian untuk mengetahui cat anti *fouling* yang efektif dan ramah lingkungan.

## RUANG LINGKUP PENELITIAN

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Menguji daya lekat, fleksibilitas, daya gores, daya bentur beberapa cat anti *fouling* yang digunakan Kapal Perang Republik Indonesia.
2. Menguji di laboratorium Labin Kimat TNI AL untuk mengetahui kandungan kimia cat anti *fouling*.
3. Menguji cat anti *fouling* yang ramah lingkungan.
4. Menguji cat anti *fouling* dengan cara mengecat plat/spesimen kemudian direndam di air laut dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh cat anti *fouling* tersebut dengan *fouling* (organisme hewan laut seperti kijing, tiram, remis).

## METODOLOGI PENELITIAN

Untuk keperluan dalam menganalisis data, maka peneliti memerlukan sejumlah data pendukung yang berasal dari dalam dan luar Balitbang Kemhan. Dalam pengumpulan data menggunakan dua sumber yaitu:

1. Data Primer. Data primer dalam penelitian ini dikumpulkan dengan cara sebagai berikut :
  - a. Observasi/pengamatan yaitu melihat langsung fakta-fakta yang ada di lokasi penelitian.
  - b. Mengamati spesimen plat baja dengan ukuran yang telah ditentukan, dengan tujuan untuk mengetahui kualitas cat anti *fouling* dan pengaruhnya terhadap lingkungannya.
  - c. Mengamati spesimen plat dengan ukuran yang telah ditentukan, dengan cara pengujian kimia di laboratorium

dengan tujuan untuk mengetahui kualitas cat anti *fouling* tersebut.

- d. Mengamati gelas kaca yang terisi ikan cupang dan spesimen yang dilapisi cat anti *fouling* dengan ukuran 3 x 7 x 0,3 cm dengan tujuan untuk mengetahui apakah cat anti *fouling* tersebut ramah lingkungan atau tidak.
- e. Wawancara yaitu mengadakan tanya jawab secara langsung dengan narasumber yang mempunyai kepakaran di bidang pengecatan kapal.

## 2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari buku referensi serta tulisan dari internet yang membahas cat anti *fouling*. Data sekunder ini digunakan untuk bahan acuan dalam Penelitian cat anti *fouling* yang digunakan Kapal Perang Republik Indonesia.

Dengan masukan data primer maupun sekunder akan dapat memberikan masukan dalam Penelitian Cat Anti *Fouling* Yang Digunakan Kapal Perang Republik Indonesia.

Dalam penelitian ini yang menjadi populasi penelitian adalah proses pengecatan specimen dengan bahan cat *anti fouling* yang berasal dari 16 perusahaan, sedangkan sampel penelitian adalah :

1. 16 Spesimen dari plat baja ukuran 30 cm x 20 cm x 1,0 cm yang telah dicat anti *fouling* yang dicelup ke dalam air laut.
2. 16 Spesimen dari plat ukuran 5 cm x 15 cm x 0,3 cm yang telah dicat anti *fouling* untuk diuji di laboratorium.
3. 16 spesimen dari bahan seng yang dicat anti *fouling* dengan ukuran 3 cm x 7 cm x 0,3 cm kemudian dimasukkan dalam gelas kaca yang terisi ikan cupang.

Dari data yang terkumpul, langkah-langkah teknik analisa rancangan sistem sebagai berikut:

1. Data dari penelitian cat anti *fouling* yang ada di lapangan yaitu berupa spesimen dari plat baja yang telah dicelup dalam air laut dalam waktu beberapa bulan, kemudian diamati dan dicatat perubahan spesimen dan lingkungan tempat spesimen tersebut.
2. Data hasil pengujian laboratorium spesimen plat yang dicat anti *fouling* dibandingkan satu sama lain, sehingga diperoleh karakteristik masing-masing kualitas catnya.

3. Data penelitian spesimen cat anti *fouling* yang di masukan ke gelas kaca yang berisi ikan cupang untuk mengetahui ramah lingkungan atau tidak.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Data pengujian laboratorium daya lekat, fleksibilitas, daya gores, daya bentur beberapa cat anti *fouling* yang digunakan Kapal Perang Republik Indonesia adalah sebagai berikut :

1. Penyiapan plat-plat uji
2. Pengamatan secara visual keadaan contoh cat.
3. Pembersihan plat uji
4. Pengecatan plat uji
5. Pengeringan hasil cat
6. Pengujian sifat-sifat fisik
7. Analisa kimia cat
8. Pengujian kemampuan cat
9. Evaluasi cat

Penilaian dalam uji laboratorium tersebut adalah sebagai berikut:

- a. Daya Lekat
  - 5B = 0% rusak
  - 4B = 5% rusak
  - 3B = 5 – 20 % rusak
  - 2B = 15-35% rusak
  - 1B = 35-65% rusak
  - 0B = rusak
- b. Fleksibilitas
  - A = tidak retak
  - B = 5 – 20 % retak halus
  - C = 20 – 40 % retak kasar
  - D = 40 – 80 % retak berat
  - E = 80 % > rusak
- c. Daya Gores (beban 10 kg)
  - A = tidak tergores
  - B = 5 – 20 % retak halus
  - C = 20 – 40 % retak kasar
  - D = 40 – 80 % retak berat
  - E = 80 % > rusak
- d. Daya bentur

Pengujian laboratorium dilaksanakan dengan sampel 16 merk cat dengan Kode A sampai dengan Kode P. Tabel di bawah merupakan contoh salah satu hasil pengujian sampel cat dengan kode A.

Tabel 1. Sampel Cat Dengan kode A

NO	PARAMETER	METODE	SPEKTEK	HASIL PEMERIKSAAN		
				A-1	A-2	A-3
1	Kondisi dalam kaleng	AS.1580-103.1	-	Baik, tertutup tanpa segel Normal Tidak ada Lap yang mengulit tidak ada bahan asing Tidak ada endapan pigmen keras	sama	Sama
2	Daya Lekat	ASTM D 3359-93	5B=0% rsk 4B=5% rsk 3B=5-15% rsk 2B=15-35% rsk 1B=35-65% rsk 0B=rsk total	5B	5B	3B
3	Fleksibilitas	AS-1580-402.1		A	B	A
4	Daya tahan terhadap goresan	AS-1580-403.1	Min 0.8 Kg	B	B	B
5	Daya tahan terhadap benturan (kgm)	As D 2794-84	0,45-0,72	0,54	0,63	0,45

Data pengujian laboratorium di Labinkimat TNI AL Surabaya untuk mengetahui komposisi sifat racun terhadap lingkungan (logam berat).

ICP adalah metode pengujian komposisi unsur logam. Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kadar unsur penyusun sampel zink anode dan aluminium anode, unsur penyusunnya antara lain Al, Cd, Cu, Fe, Pb, Si, Zn. Prinsip kerja metode pengujian ICP adalah cuplikan sampel cair dikabutkan dan dilewatkan dalam suatu induksi listrik tegangan tinggi dan didorong oleh gas argon membentuk plasma sehingga dihasilkan sinar/cahaya dari energi atom *ground/state*. Cahaya gabungan dari berbagai panjang gelombang dispektrumkan atau dipendarkan dengan prisma menjadi beberapa panjang

gelombang cahaya yang masing-masing intensitasnya menunjukkan *prosentase transmittan / absorban* dari unsur-unsur yang teranalisa. Hasil uji komposisi unsur logam pada cat *anti fouling* dengan metode ICP adalah seperti pada tabel 2.

Dalam Pengujian untuk mengetahui cat *anti fouling* ramah lingkungan atau tidak, digunakan salah satu jenis ikan yang dimasuki oleh lembaran seng yang dicat dengan *anti fouling*. Dengan demikian setiap merk cat dapat diketahui ramah lingkungan atau tidak. Cara pengujian adalah menggunakan ikan cupang dalam botol, setiap botol terdiri dari 1 ikan cupang. Botol yang berisi ikan cupang tersebut dimasuki 1 lembar plat ukuran 3 x 7 x 0,3 cm yang sudah dicat *anti fouling*.

Tabel 2. Komposisi sifat racun terhadap lingkungan (Logam Berat).

KODE	Cat	METODE	PARAMETER				
			Cu	Mg	Cd	Ni	Pb
	<b>Anti Fouling</b>						
A		ICP	173,110	207,802	0,0443	0,0474	0,3874
B		ICP	153,125	3,4469	0,0329	0,1138	0,0231
C1		ICP	0,3608	0,7980	0,0148	Trace	0,3371
C2		ICP	0,0495	1,0281	0,0140	Trace	0,0471
D		ICP	229,068	55,9944	0,0399	0,1109	0,0274
E		ICP	209,460	24,1968	0,0294	0,1657	0,1192
F		ICP	115,866	5,3925	0,0205	0,0249	0,0334
G		ICP	235,770	0,8973	0,0342	0,2455	Trace
H		ICP	188,652	2,5656	0,0341	0,1529	0,2095
I		ICP	238,777	1,0738	0,0364	0,2045	0,0072
J		ICP	262,633	0,1935	0,0352	0,2143	0,0042
K		ICP	219,323	4,5679	0,0577	0,1545	0,3958
L		ICP	189,822	0,3539	0,0459	0,1196	0,0318
M		ICP	232,564	12,5829	0,0362	0,1412	0,0362
N		ICP	195,799	108,073	0,0256	0,1575	0,0220
O		ICP	2,5936	1,9635	0,0211	0,0778	0,0507
P		ICP	0,7237	2,5869	0,0714	Trace	1,0997

Data pengujian cat *anti fouling* dengan cara mengecat plat/ *specimen* kemudian direndam di air laut dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh cat *anti fouling* tersebut dengan *fouling* (*organisme* hewan laut seperti kijing, tiram).

1) Pembuatan *specimen* ukuran 20 x 30 x 0,8 cm

Pembuatan *specimen* ini digunakan untuk menguji berbagai merk cat *anti fouling*. Ukuran *specimen* yang digunakan adalah ukuran 20 x 30 x 0,8 cm dan 20 x 30 x 1 cm. *Specimen* yang kita buat adalah besi baja yang standar digunakan untuk pembuatan kapal, sehingga kualitas dan jenis bajanya adalah sama seperti bahan yang digunakan untuk pembuatan kapal.

2) Pengecatan *specimen*

Setelah *specimen* dibersihkan kemudian di cat sesuai dengan aturan yang telah ditetapkan yaitu :

Lapisan Pertama adalah lapisan primer sebagai dasar dari cat, Lapisan kedua adalah cat anti korosi sebagai penahan terhadap proses korosi, dan lapisan ketiga adalah cat *anti fouling*. Dalam penelitian ini kami mengambil sampel 16 merk cat *anti fouling* yang ramah lingkungan.

3) Pengukuran ketebalan cat pada *specimen*

Setelah *specimen* di cat 3 (tiga) lapis kemudian *specimen* tersebut diukur ketebalan cat tersebut. Setiap *specimen* diukur 3 titik ketebalannya dengan alat ukur ketebalan digital.

Tabel 3. Pengaruh bahan kimia yang ada dalam cat *anti fouling* terhadap lingkungan hidup ikan

NO	CAT ANTI FOULING KODE MERK	Percobaan I Tanggal 23 s.d 25 sep 2014	Percobaan II Tanggal 25 s.d 29 sep 2014	Percobaan III Tanggal 29 s.d 8 okt 2014	Percobaan IV Tanggal 8 s.d 16 okt 2014	Percobaan V Tanggal 16 s.d 20 Okt 2014
1	A	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	<b>3 hari Mati</b>	Tidak mati
2	B	<b>24 jam mati</b>	<b>24 jam mati</b>	<b>24 jam mati</b>	<b>24 jam mati</b>	<b>24 jam mati</b>
3	C	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
4	D	<b>5 hari mati</b>	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
5	E	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	<b>24 jam mati</b>	<b>24 jam mati</b>
6	F	Tidak mati	Tidak mati	<b>2 hari mati</b>	<b>24 jam mati</b>	Tidak mati
7	G	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
8	H	<b>28 jam mati</b>	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
9	I	<b>5 hari mati</b>	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
10	J	Tidak mati	<b>3 hari mati</b>	<b>2 hari mati</b>	<b>40 jam mati</b>	Tidak mati
11	K	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
12	L	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	<b>28 jam mati</b>
13	M	<b>28 jam mati</b>	Tidak mati	Tidak mati	<b>6 hari Mati</b>	Tidak mati
14	N	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
15	O	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati
16	P	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati	Tidak mati

Tabel 4. Ukuran ketebalan cat pada *Specimen* dari berbagai merek cat

NO	KODE MERK CAT	KETEBALAN CAT (micron)		
		I	II	III
1	A	460	482	516
2	B1	708	662	740
	B2	650	640	694
3	C1	810	746	838
	C2	882	882	856
4	D	456	334	292
5	E	694	612	718
6	F	194	236	272
7	G1	390	322	408
	G2	348	378	348
8	H1	618	644	690
	H2	684	682	758
9	I	398	416	380
10	J	414	538	656
11	K	348	388	286
12	L	441	456	480

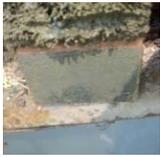
13	M	538	458	556
14	N	1278	1288	1290
15	O	512	534	560
16	P	446	530	678

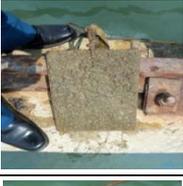
4) Pencelupan specimen

Pencelupan *specimen* dilaksanakan di Dermaga Pondok dayung Jakarta Utara. Pencelupan *specimen* ini direncanakan dengan menggunakan 2 (dua) buah tong, agar posisi *specimen* selalu tercelup air laut. Dengan adanya fasilitas tempat pencelupan di Pondok Dayung, mengakibatkan tidak memerlukan tong

untuk tempat penambatan *specimen*. Plat *specimen* masing-masing di tali dan ditambatkan di beton yang ada di dermaga Pondok Dayung. Panjang tali untuk menambatkan *specimen* tersebut kurang lebih 1,5 meter, sehingga apabila permukaan air laut surut atau pasang *specimen* tetap tercelup dalam air laut.

Tabel 5. Data hasil pencelupan *specimen* di laut selama 90 hari (Dari tanggal 13 Agustus 2014 sampai dengan 13 November 2014)

NO	KODE	Gambar plat	JUMLAH FOULING	NO	KODE	Gambar plat	JUMLAH FOULING
1	A		Tdk ada fouling	5	E1		Tdk ada fouling
2	B1		Tidak ada fouling		E2		Tdk ada fouling
	B2		Tidak ada fouling	6	F		Banyak fouling
3	C1		Banyak fouling	7	G1		Tdk ada fouling
	C2		Banyak fouling		G2		Tdk ada fouling
4	D		fouling 80%	8	H1		Tdk ada fouling

NO	KODE	Gambar plat	JUMLAH FOULING	NO	KODE	Gambar plat	JUMLAH FOULING
8	H2		Tdk ada fouling	14	N1		Tdk ada fouling
9	I		Tdk ada fouling		N2		Tdk ada fouling
10	J		Tdk ada fouling	15	O1		Tdk ada fouling
11	K		Banyak fouling		O2		Tdk ada fouling
12	L1		Banyak fouling	16	P		Banyak fouling
	L2		Banyak fouling	17	Tanpa cat anti fouling		Banyak fouling
13	M		Tdk ada fouling		Tanpa cat anti fouling		Banyak fouling

### PEMBAHASAN

Data pengujian laboratorium daya lekat, fleksibilitas, daya gores, daya bentur beberapa cat anti *fouling* yang digunakan Kapal Perang Republik Indonesia adalah sebagai berikut : Dari hasil pengujian laboratorium rata-rata baik untuk uji daya lekat, fleksibilitas, daya gores sedangkan untuk pengujian daya bentur banyak yang kurang memenuhi standar. Data kode cat yang mempunyai hasil pengujian baik untuk daya lekat, fleksibilitas, daya gores dan daya bentur adalah sebagai berikut: Kode

A,B,C,H,I,J,L,,N,O. Sedangkan yang kurang untuk pengujian daya bentur adalah : D,F,G,K,M dan P.

1. Data pengujian laboratorium di Labinkimat TNI AL Surabaya untuk mengetahui komposisi sifat racun terhadap lingkungan (logam berat). Berdasarkan pengujian di Labinkimat dari berbagai logam berat. Bahwa data pengujian tersebut masih normal dan tidak melebihi ambang batas. yang dipersyaratkan.

2. Dalam Pengujian untuk mengetahui cat *anti fouling* ramah lingkungan atau tidak, kami menggunakan gelas kaca yang diisi ikan dan lembaran seng yang dicat dengan *anti fouling*. Gelas kaca tersebut diberi kode A sampai dengan P dengan plat yang di cat anti fouling dari berbagai merk.

Dari hasil pengujian tersebut, terdapat gelas kaca kode B dalam waktu kurang lebih 24 jam ikan tersebut mati, dan ini diulang sampai 5x ikan tersebut mati terus. Dengan demikian dari hasil pengujian cat *anti fouling* yang tidak ramah lingkungan adalah kode B. Dari hasil pengujian logam berat kode B masih dalam ambang batas normal, sehingga perlu di tindak lanjuti, untuk mengetahui jenis racun yang dapat mematikan ikan dalam waktu 24 jam.

3. Data pengujian cat *anti fouling* dengan cara mengecat plat/ specimen kemudian direndam di air laut dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh cat anti fouling tersebut dengan fouling (organisme hewan laut seperti kijing, tiram, remis). Berdasarkan pengujian di lapangan dari berbagai merk cat yang *anti fouling* maupun yang tidak *anti fouling*. Dari hasil pengujian selama 3 bulan merk cat yang *anti fouling* adalah : cat dengan kode : A,B,E,G,H,I,J,M,N,O, hal ini dibuktikan dengan tidak adanya berbagai jenis hewan laut yang menempel pada *specimen* tersebut selama perendaman di Laut. Sedangkan cat yang tidak *anti fouling* adalah kode : C,D,F,K,L,P dibuktikan dengan banyaknya jenis hewan laut yang menempel pada *specimen* yang direndam di laut.

#### KESIMPULAN

1. Berdasarkan data hasil pengujian untuk daya lekat, fleksibilitas, daya gores dan daya bentur yang mempunyai hasil baik adalah sebagai berikut : Kode A,B,C,H,I,J,L,,N,O. Sedangkan yang kurang untuk pengujian daya benturnya adalah : D,F,G,K,M dan P.
2. Data pengujian komposisi racun cat anti fouling di laboratorium Labinkimat TNI - AL Surabaya terhadap lingkungan masih dalam ambang normal.
3. Dari hasil pengujian cat *anti fouling* yang tidak ramah lingkungan adalah kode B hal ini berdasarkan pengujian bahwa ikan yang di

masuk ke dalam air yang ada platnya, ikan tersebut dalam 24 jam akan mati.

4. Berdasarkan pengujian di lapangan dari berbagai merk cat yang *anti fouling* maupun yang tidak *anti fouling*. Dari hasil pengujian selama 3 bulan merk cat yang *anti fouling* adalah : cat dengan kode : A, B,E,G,H,I,J,M,N,O, sedangkan cat yang tidak *anti fouling* adalah kode : C,D,F,K,L,P.
5. Berdasarkan data di atas cat *anti fouling* yang mempunyai nilai baik berdasarkan pengujian : daya lekat, daya gores, daya bentur, fleksibilitas, ramah lingkungan, komposisi racun, *anti fouling* adalah cat *anti fouling* dengan kode : A,H,I,J,N,O.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. M. Iqbal Hasan, *Metode Penelitian dan aplikasinya*, Ghalia Indonesia, Jakarta 2002
2. Burhan Bungin, *Metode penelitian Kuantitatif*, Kencana prenada media group, Edisi Kedua, Surabaya, 2011
3. Keenen, Kleinfelter, Wood, *Ilmu Kimia Untuk Universitas*, Erlangga, Jakarta, 1992.
4. Malcolm P. Steven, *Kimia Polimer*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2007.
5. <http://indonetwork.co.id/catkapal/group+140963/change?view=list+jum%27at+tanggal+14+Juni+2013>
6. [http://agathapaint.com/?Industrial:Anti Fouling Coating %7C Cat Anti Fouling jum%27at tanggal 14 Juni 2013](http://agathapaint.com/?Industrial:Anti+Fouling+Coating+%7C+Cat+Anti+Fouling+jum%27at+tanggal+14+Juni+2013).
7. <http://antifouling.wordpress.com/tag/cat-anti-fouling-untuk-kapal-besi/> jum%27at tanggal 14 Juni 2013.
8. [http://agathapaints.blogspot.com/2012/05/c at-anti-fouling.html](http://agathapaints.blogspot.com/2012/05/c-at-anti-fouling.html) Jum%27at tanggal 14 Juni 2013.
9. TNI AL, *Surat Edaran Kepala Dismatal tentang Standarisasi Spesifikasi dan Rincian Satuan Harga Cat dan Thinner serta Alokasi KRI Periode Tahun Anggaran 2014-2015*, Jakarta, 2013.
10. TNI AL, *Bahan Ajar tentang Prosedur Pengecatan dan standar Warna C at KRI*.
11. TNI AL, *Buku petunjuk Pengujian di laboratorium Uji Material*, Oktober 2014.
12. TNI AL, *Buku petunjuk Pengujian di laboratorium Kimia*, Oktober 2014.

**PENGEMBANGAN SISTEM KOMUNIKASI DAN RADAR  
SERTA INSTALASI SENJATA *COMBAT BOAT 16 METER***

***COMMUNICATION SYSTEMS AND RADAR DEVELOPMENT  
AND WEAPON INSTALLATION ON COMBAT BOAT 16 METER***

Rosihan Ramin  
Puslitbang Alpalhan Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu, Jakarta  
ian\_tiger2000@yahoo.com

**ABSTRAK**

Radio yang dikembangkan berfungsi untuk melakukan komunikasi taktis dengan KRI lain maupun dengan markas. Ditambah dengan adanya fitur enkripsi sebagai pengamanan dalam berkomunikasi baik *voice* maupun data. Kontrol operasional radio ini dapat dilakukan secara manual maupun secara langsung dari *Mission Management System*, sehingga mempermudah dalam mengoperasikannya. Radar yang dikembangkan untuk melakukan fungsi *intercept* (pencegatan) maupun navigasi, memiliki resolusi yang lebih tinggi dibanding dengan radar komersial sehingga mampu mendeteksi 2 buah atau lebih obyek yang berdekatan. *Data processing* dan *display* radar ini terintegrasi dalam *Mission Management System*, sehingga semua fungsi dan fitur yang ada di radar ini sangat bermanfaat untuk mendukung misi *intercept combat boat*. Untuk meningkatkan kemampuan dari pengindraan *combat boat 16 meter* ditambahkan sistem kamera *surveillance*. Kamera yang terpasang di *combat boat* memiliki kemampuan untuk pengintaian jarak dekat dan pengintaian di malam hari. Kontrol dan pengolahan gambar dilakukan di *Mission Management System* (MMS). *Mission Management System* merupakan otak dari *Integrated Intercept Mission System*. Di mana di dalam *console* akan terjadi pemrosesan data digital, Sehingga memiliki beberapa kelebihan antara lain melindungi penembak dari potensi ancaman ditembak balik, fitur *locking target* dan *stabilized platform* RWS akan meningkatkan akurasi penembakan senjata, optronik di RWS dapat meningkatkan jarak pandang *user* hingga 2 Km ke depan baik siang maupun malam dan RWS dapat merekam apapun yang dilihat, sehingga ketika *user* harus menembakkan senjata, bukti adanya kondisi terdesak tersebut akan selalu terekam.

**Kata Kunci:** Enkripsi, Radar, MMS.

**ABSTRACT**

*Radio developed be functioning to perform tactical communication with others and with headquarters KRI. Coupled with encryption as a security feature in both voice and data communication. Radio operational control can be done manually or directly from the Mission Management System, making it easier to operate. Radar developed to perform the function of intercept (interception) and navigation, has a higher resolution than the commercial radar that is capable of detecting 2 pieces or more adjacent objects. Data processing and radar display are integrated in the Mission Management System, so that all the functions and features in this radar is very useful to support combat missions intercept boat. To improve the capability of sensing combat boat 16 meters added surveillance camera system. The camera is mounted in combat boat has the ability to close the distance reconnaissance and surveillance at night. Control and image processing are done in the Mission Management System (MMS). Mission Management System is the brain of Intercept Integrated Mission System. Where in the console will happen processing digital data, so having several advantages, among others, to protect the shooter from the potential threat of being shot behind, locking features RWS targets and stabilized platform will improve the accuracy of firing a weapon, optronics RWS can increase the visibility of the user up to 2 Km ahead*

both day and night and RWS can record whatever is seen, so that when a user had to fire a weapon, evidence of the desperate condition will always be recorded.

**Keywords:** Encryption, Radar, MMS.

## PENDAHULUAN

Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Senjata *Combat Boat 16 Meter* merupakan lanjutan litbang dari Pembuatan *Prototipe Combat Boat 16 Meter* Tahun 2012. Litbang TA. 2012 lebih difokuskan pada *platform* kapal dan sistem propulsi kapal. Keunggulan dari *combat boat 16 Meter* yang akan dilanjutkan dengan Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Senjata pada *Combat Boat 16 Meter* adalah desain kapal 100% hasil pikiran dan karya anak bangsa yang disesuaikan dengan kondisi medan Indonesia serta dirancang khusus untuk memenuhi kebutuhan TNI Angkatan Laut. Demikian juga dengan kemampuan teknis kapal dalam melakukan manuver sudah memiliki standar sebagai kapal *intercept*.

Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Senjata pada *Combat Boat 16 Meter* ini diharapkan akan memaksimalkan kinerja dan fungsi penggunaan kapal tersebut sebagai kapal *intercept* yang mempunyai kecepatan 50 Knot, dengan bahan material aluminium sehingga mempunyai kemampuan tahan korosi tinggi, efisiensi, kecepatan dan manuver baik serta kenyamanan pada semua kondisi operasi dan didukung dengan sistem senjata sehingga dapat digunakan untuk kepentingan SAR (*Search And Rescue*) maupun evakuasi medis, serta untuk mengantisipasi jika terjadi berbagai ancaman di laut seperti pembajakan, perompakan, terorisme, *illegal logging/ fishing/minning/imigrant*, pencemaran dan penyelundupan. *Combat Boat 16 Meter* ini digunakan untuk mendukung tugas-tugas di pangkalan TNI-AL dalam rangka melaksanakan tugas patroli keamanan laut.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Langkah Penelitian

Pada program Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Sistem Senjata *Combat Boat 16 Meter* diawali dengan pengumpulan data dengan metode survei

dokumentasi dan perbandingan literatur tentang teknologi, pemrograman, material, komponen persyaratan teknis dan persyaratan khusus (*military specification*) yang akan digunakan. Berdasarkan data dan informasi yang didapat dan dikumpulkan akan ditentukan langkah-langkah pembuatan desain awal. Kemudian dilakukan pula pengujian-pengujian untuk mendapatkan kemampuan yang diharapkan.

Untuk melaksanakan penelitian Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Sistem Senjata *Combat Boat 16 Meter* diawali dengan pengumpulan data dengan metode survei dan studi literatur, setelah data terkumpul, maka dilaksanakan pengolahan data selanjutnya dianalisis dengan metode analitis diskriptis untuk mendapatkan kesimpulan.

Tempat dan Waktu.

1. Waktu. Waktu pembuatan dilaksanakan selama 10 bulan kalender yang dimulai pada bulan Februari 2013 dan selesai pada bulan November 2013.
2. Tempat. Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Sistem Senjata pada *Combat Boat 16 Meter* dilaksanakan bersama dengan Balitbang Kemhan, PT Palindo Marine, PT Len Industri (Persero), Diskomlekal, Disenlekal dan Dislitbangal.

### Teknik Pengumpulan Data.

Tahapan-tahapan dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi variabel data terdiri dari operasional *requirement, specific requirement, general requirement*, Syarat-Syarat Tipe (SST), alat komunikasi dan radar produk luar negeri serta industri elektronika dalam negeri.
2. Sumber data terdiri dari Dislitbangal, Diskomlekal, PT Len Industri (Persero), PT Palindo Marine, Disenlekal, internet dan *handbook* (Literature).
3. Teknik mendapatkan data melalui kunjungan kerja pada instansi terkait serta mengumpulkan data-data alat komunikasi

dan radar buatan luar negeri milik TNI dan sample-sampel alkom dan radar yang telah terpasang pada kapal milik TNI AL serta buku-buku literatur dan internet.

### Teknik Analisa Data

Dari data yang terkumpul, langkah-langkah teknik analisa sebagai berikut:

1. Ruang lingkup kegiatan. Data dari beberapa alat komunikasi, radar, kamera *surveillance*, *Mission Management System* (MMS) dan *Remote Weapon System* (RWS) produksi beberapa negara dianalisa secara teknis, untuk mendapatkan rancangan model alat komunikasi dan radar yang akan dikembangkan meliputi desain sistem, pembuatan *sub unit front display*, pembuatan *main processing*, pembuatan alat komunikasi dan radar, pembuatan mekanik *casing* perangkat, pembuatan prototipe alat komunikasi dan radar, integrasi serta *factory setup*.
2. Keluaran.
 

Dari kegiatan ini akan dihasilkan :

  - a. 2 (dua) Unit radio HF enkripsi dengan spesifikasi sebagai berikut :
    - b. 1 (satu) *Intercept radar*
    - c. 1 (satu) unit *surveillance camera*.
    - d. 1 (satu) Unit *mission management system*.
3. Penerapan teknologi. Teknologi yang diterapkan dalam pengembangan sistem komunikasi dan Radar serta Instalasi Senjata *Combat Boat* 16 Meter adalah :
  - a. Pengembangan sistem komunikasi dan radar yang dibuat diharapkan tidak mudah disadap atau di *jamming*
  - b. Sistem senjata menggunakan hidrolik dan RWS (*Remote Weapon System*).
  - c. Pengintegrasian pada MMS dengan RWS.
4. Rancangan Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar serta Instalasi Senjata *Combat Boat* 16 Meter yang telah dilaksanakan dihadapkan pada SST, akan didapatkan kesimpulan apakah pengembangan tersebut memenuhi persyaratan atau tidak.
5. Perbedaan-perbedaan desain sistem komunikasi dan radar buatan luar negeri, akan dianalisis sehingga didapatkan kesimpulan sesuai/tidak untuk menjadi acuan sitem komunikasi dan radar buatan dalam negeri.

6. Dari rangkuman tersebut diatas, pada akhir analisa disusun kesimpulan dan saran.
7. Instrumen penelitian.
 

Pada pengembangan sistem komunikasi dan radar serta instalasi senjata *combat boat* ini dipergunakan instrumen/peralatan pendukung yang berupa peralatan pengukuran yang terdiri dari *osiloskop*, *spectrum analyzer*, *signal generator*, SWR meter, *power meter*, *digital multimeter*, *standard horn*, *attenuator*, *dummy load*, *vector impedance analyzer* dll.
8. Proses Pengembangan Sistem Komunikasi dan Radar Serta Instalasi Senjata *Combat Boat* 16 Meter. Setelah dilakukan uji di laboratorium kemudian dilanjutkan dengan proses persiapan untuk pembuatan prototipe *Combat Boat*. Persiapan yang dilakukan antara lain :
  - a. Persiapan awal.
    - 1) Desain
    - 2) Pengadaan radar
    - 3) Pengadaan *camera surveillance system*
    - 4) Pengadaan *Mission Management System* (MMS)
    - 5) *Radio communication system*
  - b. Proses *engineering*.
    - 1) *Engineering* radar.
      - (1) *Development antenna*.
      - (2) *Development software processing*.
      - (3) *Camera surveillance system*.
      - (4) *Development software surveillance*.
    - 2) *Mission Management System* (MMS).
      - (1) *Development display unit*.
      - (2) Integrasi radar-radio-kamera.
      - (3) *Development software intercept*
    - 3) *Radio communication system*.
 *Development transceiver (TX/RX)*.
      - (1) *Development front panel*
      - (2) *Development casing*
      - (3) *Development power amplifier*
      - (4) *Development software surveillance*
      - (5) *Development encryption modem*
  - c. Proses Produksi
    - 1) Produksi dan perakitan radar
    - 2) Produksi dan perakitan kamera
    - 3) Produksi dan perakitan MMS
    - 4) Produksi dan perakitan radio
    - 5) *Factory test*

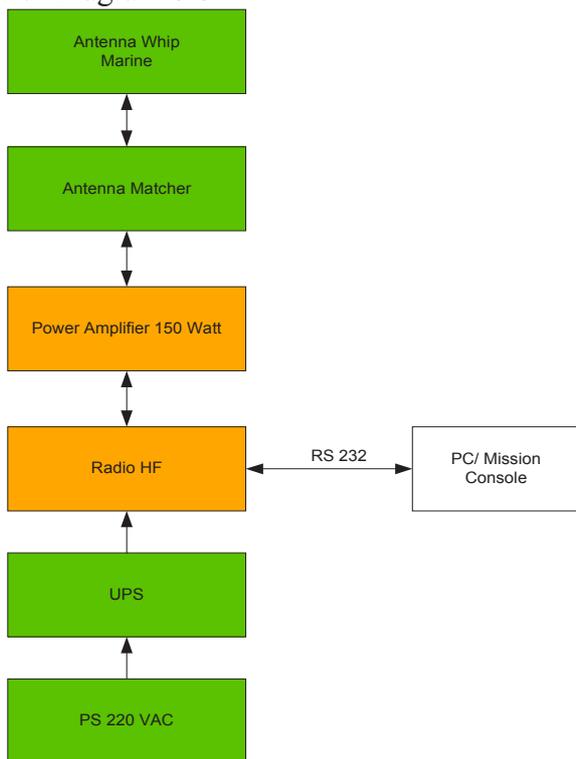
- 6) *Supervisi instalasi*
- 7) Integrasi dengan *own ship data*
- d. Uji Fungsi
  - 1) Pemeriksaan dan uji fungsi.
  - 2) *Harbour Acceptance Test (HAT)* dan *Sea Acceptance Test (SAT)*.

**HASIL PENELITIAN**

**Radio Communication System**

Radio ini berfungsi untuk melakukan komunikasi taktis dengan KRI lain maupun dengan markas. Ditambah dengan adanya fitur enkripsi dalam sebagai pengamanan dalam berkomunikasi baik *voice* maupun data. Kontrol operasional radio ini dapat dilakukan secara manual maupun secara remote langsung dari *Mission Management System*, sehingga mempermudah dalam mengoperasikannya. Berikut gambar diagram blok dari *Radio Communication System*.

1. Diagram blok



Gambar 1. Diagram blok *Radio Communication System*

Dari diagram blok di atas, dapat diuraikan ruang lingkup pengembangan pada radio komunikasi adalah sebagai berikut.

- a. Pengembangan/*Development* Radio HF SSB

- b. Pengembangan/*Development power amplifier* 150 Watt
- c. Pengadaan *power supply*
- d. Pengadaan UPS
- e. Pengadaan *antenna matcher*
- f. Pengadaan *antenna whip marine*
- 2. Desain *schematic*
  - a. *Main board*  
Review dan revisi desain dilakukan mengikuti perkembangan *development* yang dilakukan untuk mengantisipasi adanya kendala teknis yang terjadi selama proses *development*.
  - b. *Development*
    - 1) *Development Human Interface (HMI) board*
      - a) *Development processor board*  
*Development processor board* dilaksanakan dengan cara PCB dirakit kemudian dilakukan pengetesan, dimana *processor board* terdiri dari beberapa bagian, diantaranya adalah *mainboard /Processor Unit, DDS/Oscillator, Tx Rx Mixer dan RX AGC*.
      - b) *Development RF board*  
Setelah pengembangan *RF board*, PCB di pesan kemudian tinggal melakukan langkah perakitan dan pengetesan. Dimana *processor board* terdiri dari beberapa bagian, diantaranya adalah *RF power amplifier 20 Watt, polyphase filter, band pass filter dan low pass filter*.
      - c) *Development power amplifier 150 Watt*  
*Development power amplifier 150 Watt* dilakukan di laboratorium kemudian dengan PCB tersebut kemudian dilaksanakan perakitan dan pengetesan. Setelah dilaksanakan perakitan dan pengetesan kemudian langkah berikutnya adalah *development low pass filter* untuk keluaran PA 150 Watt, agar tidak ada *harmonic* yang dipancarkan.
    - 2) *Development software*  
*Development software* sedang dilakukan, *software* yang dikembangkan diantaranya adalah

- a) *Software interface* radio :  
Yaitu *software* yang digunakan untuk melakukan *setting* terhadap parameter-parameter radio, di antaranya adalah *setting hopping rate*, frekwensi ALE, *baudrate* Data, dll
  - b) *Software* enkripsi radio :  
Yaitu *software* yang digunakan untuk sistem komunikasi data melalui enkripsi modem, juga berfungsi untuk melakukan perubahan terhadap *key* enkripsi.
  - c) *Development modem enkripsi*.  
*Development kit encryption* modul dan *software* enkripsi diintegrasikan dengan radio.
  - d) *Development casing*  
Desain *front panel* untuk radio HF SSB, tipe ini yang akan dipasang di *combat boat*
- 3) Radio untuk pangkalan  
*Type radio base station* rak 19” dipasang di pangkalan, sebagai pasangan radio yang dipasang pada *combat boat*.
- 4) *Development material*
- a) Komponen elektronika radio *communication system* sebagian besar berasal dari luar negeri.
  - b) PCB  
PCB Radio sebagian besar berasal dari luar negeri, hal tersebut dikarenakan desain PCB 4 layer yang digunakan membutuhkan teknologi yang tinggi agar presisi, di antaranya adalah *processor board*, *RF Board*, dan *front panel radio*. Untuk yang 2 layer ke bawah sebagian dapat dibuat di dalam negeri, di antaranya PCB *low pass filter*.
  - c) *Handset* dan *antenna*  
*Handset* dan *antenna* masih berasal dari luar negeri, karena *antenna* yang digunakan di *Combat boat* adalah *antenna whip marine*, di mana memiliki spesifikasi yang cocok untuk *fast boat*. Untuk *antenna* menggunakan *shakespeare type 393*.
  - d) *Tuner/Matcher*

- Untuk keperluan *matching impedance* antara radio dan *antenna*, perlu dipasang *tuner/matcher*.
- e) *Power supply*  
Power supply radio menggunakan *switching power supply* yang memiliki nilai ampere yang tinggi dan *noise* yang sangat kecil.
- f) Komputer  
PC untuk radio HF SSB yang dipangkalan (*home base*) berasal dari luar negeri dan diintegrasikan dengan radio yang dipasangkan pada *combat boat*.



Gambar 3. Komputer Home Base.

3. Produksi dan perakitan radio  
Radio HF SSB yang diproduksi ada dua jenis, yaitu sebagai berikut :
- a. Radio *Base Station* 150 Watt : Radio ini untuk ditempatkan di pangkalan untuk komunikasi ke *combat boat*, di mana radio ini dilengkapi dengan fitur enkripsi. Radio ditempatkan di rak standar 19” yang dilengkapi dengan komputer untuk pengiriman data digital berupa *text* dan gambar.
  - b. Radio HF SSB 150 Watt untuk *combat boat* : Ditempatkan di *combat boat*, sebagai sarana komunikasi jarak jauh dengan pangkalan. Terintegrasi dengan MMS, berfungsi untuk melakukan pengiriman data berupa *text* dan gambar.
4. Proses instalasi  
Instalasi radio komunikasi HF SSB untuk pangkalan dilakukan di kantor galangan kapal PT Palindo Marine – Batam.  
Berikut adalah daftar material yang diinstal,

Tabel 1. Daftar material komunikasi HF SSB untuk pangkalan yang diinstal

No	Equipment	Merk	Fungsi
1.	Rak 19” Standard	Nirax	Penempatan Equipment
2.	Komputer/PC	Superlogic	Menjalankan Aplikasi

3.	Monitor&keyboard	Austin Hughes	Human Interface
4.	Radio HF Transiver	Len	Komunikasi Radio
5.	PA 150 Watt	Len	Amplifier
6.	Antenna Matcher	MN-100	Antenna



Gambar 4. *Wiring* diagram Radio HF BS

5. Hasil instalasi



Gambar 5. Radio base station

Tabel 2. Daftar material radio komunikasi HF SSB untuk kapal yang *diinstall*

No	Equipment	Merk	Fungsi
1.	Radio HF Transciever	Len	Komunikasi Radio
2.	PA 150 Watt	Len	Amplifier
3.	Antenna Tunner	SGC	Automatic tunner unit
4.	Antenna	Shakespeare	Antenna



Gambar 6. *Wiring* Radio HF Naval

a. Hasil instalasi



Gambar 7. Radio HF Naval dan Antenna Tunner SGC & Antenna Whip Marine Shakespeare

Tabel 3. Spesifikasi Radio HF SSB

No	Spesifikasi	Deskripsi
1.	Technology base	Software based radio
2.	Frequency range	2-30 Mhz
3.	Channel capacity	100 Programmable Channel
4.	Modulation mode	LSB; USB ; CW
5.	Tuning step	100 Hz
6.	Clarify step	10 Hz
7.	RF Output power	100 W PEP
8.	Sensitivity	-110 dBm for 10 dB S/N
9.	Receiver selectivity	2.4kHz @-6dB; 4kHz @-60dB
10.	Supply voltage	12-16.8 VDC
11.	Temperature range	-10°C s.d 50°C
12.	Support ALE	Ya
13.	Kirim Data	Ya
14.	Enkripsi	Ya
15.	Operating modes	Voice & Data (Plain/Cryptho)
16.	Key length	16 Character
17.	Crypto algorithm	AES 128
18.	Voice processing	CVSD 16000 bps , MELP 2400 bps
19.	Antena	Whip marine dengan tuner/matcher

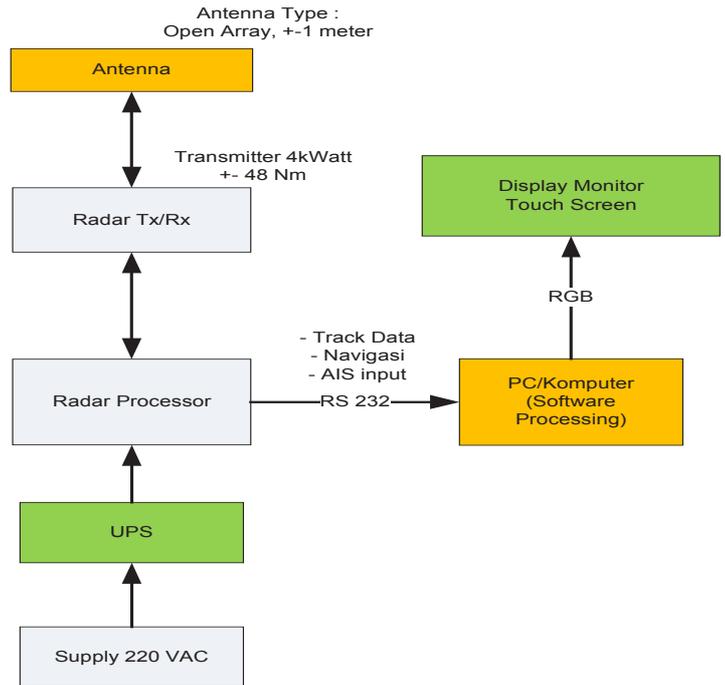
**Radar**

Radar merupakan yang berfungsi untuk melakukan fungsi *intercept* (pencegatan) maupun navigasi, memiliki resolusi yang lebih tinggi dibanding dengan radar komersial sehingga mampu mendeteksi dua buah atau lebih obyek yang berdekatan. Data processing dan display radar ini terintegrasi dalam *Mission Management System*, sehingga semua fungsi dan fitur yang ada di radar ini sangat bermanfaat untuk mendukung misi *intercept combat boat*.

1. Ruang lingkup pengembangan

Dari gambar 8 dapat diuraikan ruang lingkup pengembangan dalam radar, yaitu sebagai berikut.

- a. Pengembangan/Development antena radar
- b. Pengembangan/Development software processing di PC/Komputer
- c. Pengadaan UPS
- d. Pengadaan *display monitor touchscreen*

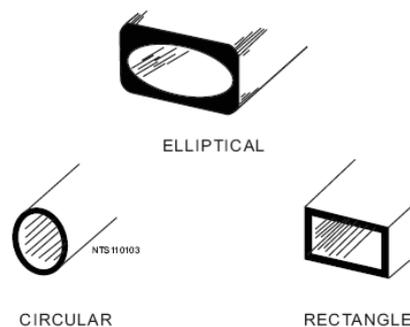


Gambar 8. Diagram blok ruang lingkup pengembangan Radar

2. Pengembangan *Antenna open array*.

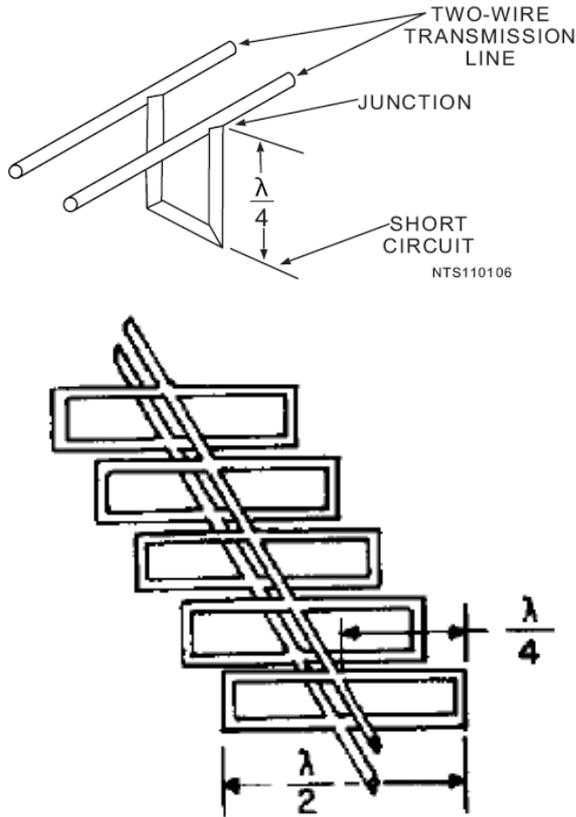
Dalam pengembangan antena Radar tipe antena yang dikembangkan adalah antena *open array* dengan panjang sekitar 1 m, dengan *beamwidth* mendekati 1.8°.

*Antenna open array* menggunakan *waveguide* sebagai bahan dasar pembuatan antena, yaitu dengan cara membuat pola-pola kebocoran *waveguide* sehingga mendapatkan pola pancaran dengan *beamwidth* dan SWR yang memenuhi syarat. Konstruksi mekanik yang presisi sangat diperlukan untuk membuat antena jenis ini. Berikut ada beberapa jenis *waveguide*,



Gambar 9. Jenis *waveguide*

Dalam pembuatan antena menggunakan *rectangle waveguide* sebagai bahan dasar, dengan pertimbangan lebih mudah untuk membuat konstruksi mekaniknya dengan *circular* atau *elliptical waveguide*.



Gambar 10. Jenis *circular* dan *elliptical waveguide*

*Waveguide* pada dasarnya adalah transmisi 2 *wire*, di mana bekerja pada frekwensi resonan yang sudah ditentukan, dalam hal ini kita menggunakan frekwensi X-band pada 9.4 GHz.

Produksi *antenna* radar menggunakan bahan baku aluminium *waveguide* dengan *type* WR90, di mana bahan baku ini memang didesain khusus untuk melewati gelombang dengan frekwensi X-band, yaitu 9.4 GHz. Proses produksi dilakukan dengan CNC, sehingga memiliki tingkat akurasi tinggi untuk membuat slot/lubang pada *waveguide*. Berikut adalah hasil produksi antena radar



Gambar 13. Gimbal *antenna* radar



Gambar 14. *Antenna open array*

### 3. RF Transceiver

Dalam *development* radar, saat ini masih di fokuskan pada *development Antenna Radar* dan *Display Unit*, untuk itu *radar transceiver* masih menggunakan teknologi dari luar negeri dan *radar control unit* merupakan satu paket dengan pembelian *radar transceiver*.

#### a. Signal generator X-band

Untuk melakukan pengujian terhadap desain *antenna* radar, maka diperlukan *signal generator* X-band, berikut ini adalah gambar *signal generator* yang digunakan untuk keperluan tersebut.



Gambar 15. Signal generator X-band

- b. *Spectrum analyzer* untuk X-band  
*Spectrum analyzer* digunakan untuk melakukan pengukuran sinyal radar yang akan dipancarkan melalui antenna.



Gambar 16. Spectrum analyzer untuk X-band

- c. *Dummy load X-band*  
*Dummy load X-band* digunakan untuk melakukan pengujian di dalam lab, *dummy load* tersebut digunakan sebagai beban.



Gambar 17. Dummy load X-band

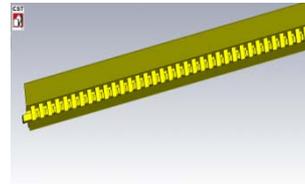
- d. *Waveguide* untuk bahan antenna  
*Waveguide* untuk bahan antenna adalah bahan dasar pembuatan antenna *open array*.



Gambar 18. Waveguide untuk bahan antenna

4. Proses *engineering*.  
*Development antenna* radar dimulai dari proses simulasi, menggunakan *software* CST. Radar yang sedang dikembangkan merupakan Radar X-band, yaitu frekwensi 9.4 Ghz. *Antenna* menggunakan sistem *open array*, yaitu menggunakan *rectangular wave guide* sebagai bahan *antenna* pemancar. Berikut di bawah ini adalah simulasi untuk *antenna* dengan panjang sekitar 1 meter. Di mana dapat dilihat desain mekanik dan pancaran sinyal yang didapatkan. Untuk penerapan di *combat boat*, akan disesuaikan panjangnya mendekati 1 meter.

- a. Desain mekanik *antenna open array*



Gambar 19. Desain mekanik *antenna open array*



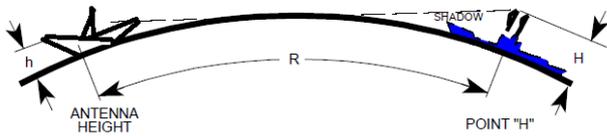
Gambar 20. Drawing 3D *antenna open array*

b. Bahan untuk pembuatan *antenna* radar

Bahan dasar untuk membuat antenna radar adalah *waveguide*/bambung gelombang *rectangular*, berikut adalah bahan untuk membuat *antenna* Radar

5. Instalasi Radar

Instalasi radar ditempatkan pada tiang agung *combat boat*, dengan ketinggian di atas permukaan laut sekitar 5 meter. Radar memiliki spesifikasi jangkauan maksimal sampai 36 Nm, dengan penempatan ketinggian *antenna* yang optimal, sedangkan untuk *combat boat*, penempatan antenna radar tidak bisa tinggi, sehingga jangkauan radar terbatas horizon laut, perhitungannya adalah sebagai berikut.



Gambar 21. Jangkauan maksimal Radar

Horizon Radar =

$$\begin{aligned}
 (2 \cdot (4/3) \cdot \text{Jari-jari bumi} \cdot \text{Ketinggian antenna radar})^{0.5} &= (2 \cdot (4/3) \cdot 6378155 \text{ m} \cdot 5 \text{ m})^{0.5} \\
 &= 9.222 \text{ Km} \\
 &= 9.222 / 1.85 \text{ Nm} \\
 &= 4.98 \text{ Nm} \\
 \text{Jangkauan Max} &= 2 \cdot 4.98 \text{ Nm} \\
 &= 9.96 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Berikut di bawah ini adalah spesifikasi radar yang akan dikembangkan,

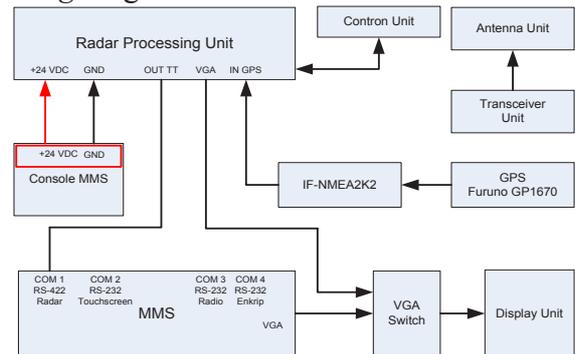
- a) *Antenna length* : 120 cm
- b) *Output power* : 4 kW
- c) *Output frequency* : 9410 +/- 30 Mhz
- d) *Horizontal beamwidth*: 1.8 degree
- e) *Vertical beamwidth* : 25 degree
- f) *Rotation* : 24 rpm / 48 rpm
- g) *IF center frequency* : 60 Mhz
- h) *Range accuracy* : approx. 8m
- i) *Pulse width* : 0.1 us, 0.15 us, 0.3 us, 0.5 us, 1 us
- j) *Range* : 48 NM

Berikut adalah daftar material yang diinstall:

Tabel 3. Material Radar yang diinstall

No	Equipment	Merk	Fungsi
1.	Radar Antena	Len	Antenna
2.	Radar Transiver	N/A	Transmitter / receiver
3.	Radar Processing unit	N/A	Pemrosesan sinyal radar
4.	Radar Control Unit	N/A	Human Interface

a) *Wiring diagram*



Gambar 22. *Wiring diagram* Radar

b) Hasil Instalasi

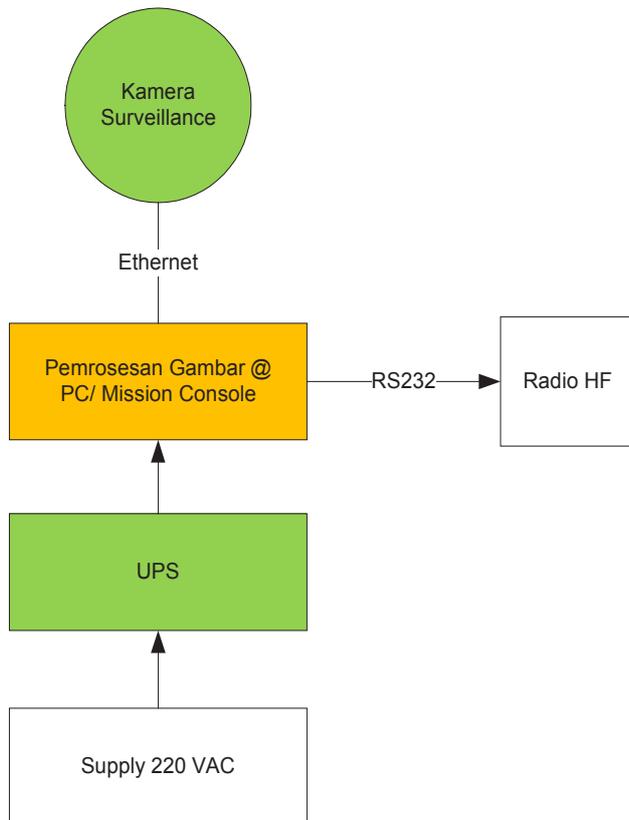


Gambar 23. *Antena Radar dan Display Radar & control unit*

### Camera Surveillance System

#### 1. Desain sistem

Untuk meningkatkan kemampuan dari pengindraan *combat boat* 16 meter ditambahkan sistem kamera *surveillance*. Kamera yang terpasang di *combat boat* ini akan memiliki kemampuan untuk pengintaian jarak dekat dan pengintaian di malam hari. Kontrol dan pengolahan gambar dilakukan di *Mission Management System* (MMS), sehingga dapat dengan mudah diproses untuk keperluan misi dari *combat boat* tersebut.



Gambar 24. Diagram blok *camera surveillance*

Dari diagram blok di atas, ruang lingkup pekerjaan dalam pengembangan kamera *surveillance* adalah sebagai berikut.

- Pengadaan Kamera
- Pengembangan / *development software* pemrosesan gambar
- Pengadaan UPS

#### 2. Development material.

*Camera surveillance* yang dipasangkan pada *combat boat* 16 meter masih import dari luar negeri sehingga belum dapat *didevelopment* atau dibuat di dalam negeri. Akan tetapi masih perlu dilakukan instalasi dan integrasi

dengan sistem lain yang juga akan dipasangkan pada *combat boat* 16 meter.

*Development software surveillance* dilakukan menggunakan kamera yang tersedia di laboratorium, fitur yang dikembangkan diantaranya adalah sebagai berikut,

- Pemantauan objek pada siang dan malam hari
- Capture* objek
- Pemrosesan gambar untuk pengiriman melalui radio HF

#### 3. Produksi dan perakitan kamera *surveillance*

Kamera *surveillance* yang digunakan dalam sistem ini menggunakan merk Axis, dimana memiliki tingkat ketajaman gambar yang tinggi, *wheather proff* dan memiliki sensitivitas tinggi pada siang dan malam hari. Kamera dilengkapi dengan sistem *joystick* sebagai alat kontrol *Pan-Tilt-Zoom*, tetapi kamera juga bisa dikontrol melalui *mission console*. Untuk dapat dioperasikan melalui MMS, perlu dilakukan pengembangan *software* yang basis *linux Ubuntu*.



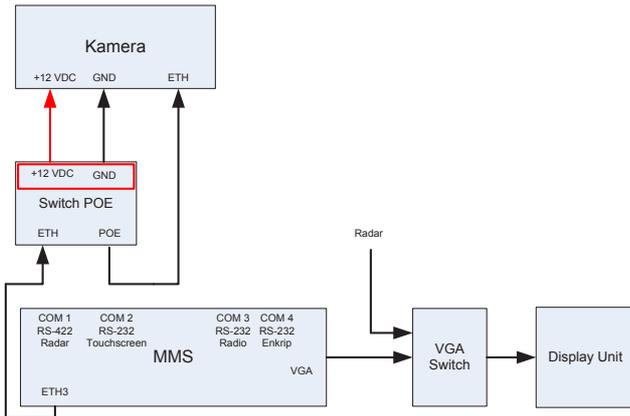
Gambar 25. *Camera surveillance system*

Proses instalasi kamera PTZ di pasang di atas tiang agung, sebagai alat untuk pemantauan jarak dekat secara visual objek yang ada di depan kapal.

Tabel 4. Daftar material kamera yang diinstall

No	Equipment	Merk	Fungsi
1.	Kamera PTZ	Axis	Sensor kamera
2.	Wall Mounting	Axis	Bracket Instalasi Ke tiang
3.	Switch POE	Axis	Distribusi jaringan LAN

a) Wiring diagram



Gambar 26. Wiring diagram kamera

b) Hasil Instalasi



Gambar 27. Kamera & switch POE

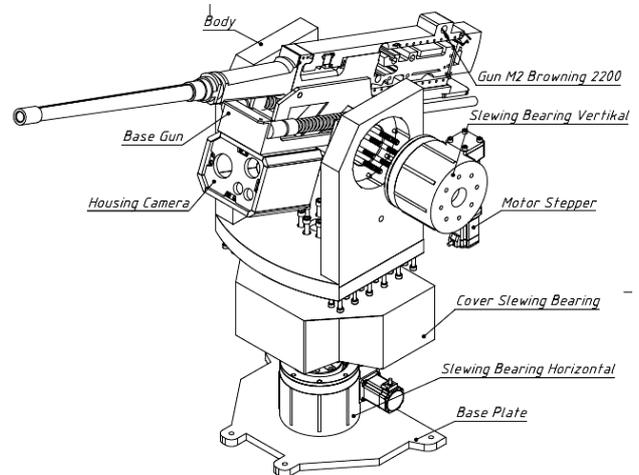
Mission Management System

1. Desain sistem

Mission Management System (MMS) merupakan otak dari *integrated intercept mission system*. Di mana di dalam *console* ini akan terjadi pemrosesan data digital yang selanjutnya diolah.

Kelebihan penggunaan *Remote Weapon System* (RWS) untuk *combat boat*, adalah sebagai berikut:

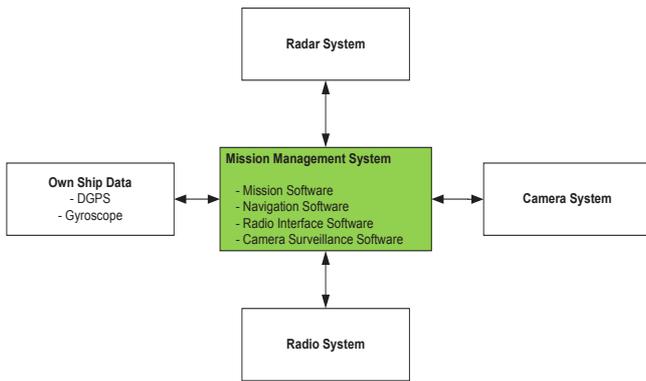
- Dalam pengejaran, RWS melindungi penembak dari potensi ancaman ditembak balik.
- Fitur *locking target* dan *stabilized platform* RWS akan meningkatkan akurasi penembakan senjata.
- Optronik di RCWS dapat meningkatkan jarak pandang *user* hingga 2 Km ke depan, baik siang maupun malam.
- RWS dapat merekam apapun yang dilihat, sehingga ketika *user* harus menembakkan senjata, bukti adanya kondisi terdesak tersebut akan selalu terekam.



Gambar 28. Desain RWS

4. Spesifikasi perangkat

Color	: Yes
Day/Night function	: Yes
Imager type	: CCD
IR Sensitive	: No
Lines	: 480
Lux	: 0.01
Zoom: Optical	: 27
Dimensions: Height (in)	: 7
Dimensions: Width (in)	: 6
Outdoor	: Yes
Weather rating	: IP67
Volts DC input	: 12



Gambar 29. Diagram blok *Mission Management System*

Dari gambar 29, pengembangan yang dilakukan pada *mission management system* adalah sebagai berikut,

- a. Integrasi *own ship data*
- b. Integrasi radio
- c. Integrasi radar
- d. Integrasi kamera *surveillance*

Dari integrasi tersebut maka didapatkan fitur-fitur sebagai berikut :

- a. Menampilkan data dari *Intercept Radar*, yaitu data-data taktikal untuk keperluan operasi laut seperti, CPA, *stationing*, *open close distance*, *man overboard* dan juga data navigasi yang sudah terintegrasi dengan GPS, *gyro*, dan *speed log*.
- b. Melakukan monitor dan mengendalikan *surveillance camera system* melakukan kontrol dan komunikasi data dengan Radio HF *Enkripsi*.

## 2. *Development Mission Management System (MMS)*

*Development MMS* di antaranya adalah sebagai berikut:

- a. *Development sistem tracking target*
- b. *Development sistem intercept target*
- c. *Development integrasi dengan own ship data (gyro compass, GPS, speed log)*
- d. *Development integrasi dengan kamera surveillance*
- e. *Development integrasi dengan radio komunikasi*

*Development material MMS* adalah sebagai berikut :

- a. Komputer  
Komputer yang digunakan adalah komputer yang memiliki spek industrial,

yaitu tahan terhadap guncangan dan suhu panas.

- b. Monitor  
Monitor yang digunakan adalah monitor *marine spec* dengan ukuran layar 15 inch, hal ini disesuaikan dengan ketersediaan tempat di *combat boat*.
- c. *Voltage Stabilizer*  
Befungsi untuk menstabilkan tegangan yang masuk ke sistem, sehingga tidak merusak peralatan.
- d. *Produksi dan perakitan MMS*  
MMS terdiri dari beberapa bagian sebagai berikut:

- 1) *Console panel* : Berisi industrial PC yang berfungsi untuk melakukan pemrosesan *mission software*, dan juga berisi Radar *Blax Box* yang terintegrasi dengan MMS.
- 2) *Monitor touchscreen* : Berfungsi sebagai display MMS dan juga display radar, dimana nantinya akan dilengkapi dengan VGA switch untuk memilih display yang ditampilkan pada monitor.

## 3. *Instalasi Mission Management System (MMS)*

*Instalasi MMS* dilakukan di dalam ruang kemudi/anjungan kapal, di mana alat ini merupakan pusat dari sistem alkom dan radar yang dibangun.

Tabel 5. Daftar material MMS yang diinstall

No	Equipment	Merk	Fungsi
1.	Monitor LCD 15"	Len	Display
2.	Console MMS	Len	Tempat Equipment
3.	VGA Switch	N/A	Switch VGA
4.	AVR	Matsunaga	Regulator
5.	Software MMS	Len	Integrasi sistem

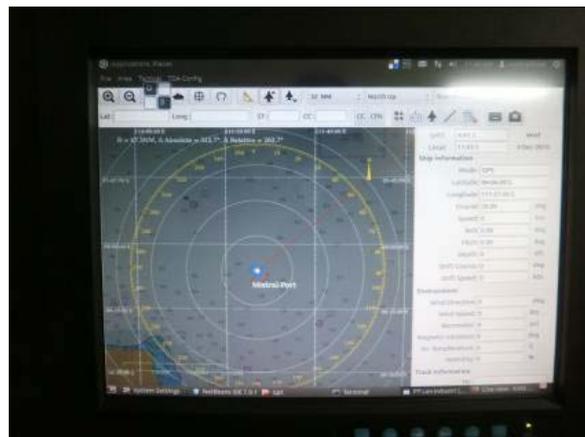
Berikut ini adalah hasil instalasi MMS pada *combat boat*.



Gambar 31. *Mission Management System (MMS)* dan *Panel console MMS*



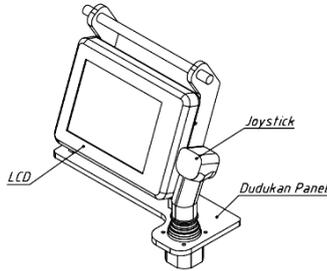
Gambar 32. *Display touchscreen* untuk *MMS*



Gambar 33. *Tampilan software MMS*

4. Proses instalasi RWS
  - a. *Remote Weapon System (RWS)* ini terdiri atas lima bagian utama, yaitu :
    - 1) Konstruksi badan
    - 2) Dudukan senjata
    - 3) Optronik
    - 4) Perkabelan
    - 5) Kontrol
  - b. Tahap pertama adalah merangkai komponen konstruksi badan RWS. Badan RWS terdiri atas tiga plat tebal, dua *slewing bearing* beserta motornya. Satukan ketiga plat tebal terlebih dahulu dengan menggunakan baut M8, M10 dan M12. Satukan *slewing bearing* dengan motornya. Satukan plat-plat tebal yang telah menyatu, dengan *slewing bearing* pada masing-masing sumbu.
  - c. Tahap kedua adalah merangkai dudukan senjata dengan konstruksi badan RWS. Dudukan senjata terdiri atas tiga bagian, yaitu as kiri, as kanan dan dudukan senjata. Pasang as kiri dan as kanan, lalu tempatkan dudukan senjata di antara kedua as tersebut. Kencangkan semua baut agar dudukan ini kokoh.
  - d. Tahap ketiga adalah merangkai rumah optronik ke bawah dudukan senjata. Dekatkan rumah optronik di bawah dudukan senjata. Ada empat baut yang telah disiapkan dan tinggal dikencangkan.
  - e. Tahap keempat adalah memasang dudukan dan *cover* badan RWS. Dudukan dipasangkan di atas landasan RWS, dengan cara dibor. Tempatkan RWS yang telah dirangkai di atas dudukan tersebut. Pasang *cover* bawah dan *cover* samping RWS.

f. Tahap kelima adalah merangkai panel kontrol RWS. Pada dasarnya panel kontrol ini terdiri atas LCD dan *joystick*, dan kedua komponen tersebut bisa langsung dirangkaikan pada dudukan panel yang telah tersedia.



Gambar 34. Panel kontrol RWS

g. Tahap terakhir adalah merangkai perkabelan RWS. Ada lebih dari 40 cabang kabel yang menyambungkan antara konstruksi badan RWS dengan panel kontrol. Semua kabel bisa langsung disambungkan ke *connector* masing-masing, dengan menyesuaikan nomer pin masing-masing.

Tabel 6. Spesifikasi prototipe *Remote Weapon System (RWS) combat boat*.

No	Spesifikasi	Deskripsi
1.	Ukuran senjata	12.7mm
2.	Dimensi (PxLxT)	40 x 57 x 77 cm
3.	Bahan	Alumunium 7075
4.	Kecepatan gerak vertikal	90 derajat per detik
5.	Kecepatan gerak horisontal	90 derajat per detik
6.	Sumber Tenaga	24 VDC
7.	Back up manual	Ya
8.	Stabilized platform	Tidak
9.	Controller	a. PC, komunikasi menggunakan RS 232
10.	Motor	Servo Motor DC
11.	Display	MIL-STD LCD, 12 inch
12.	Joystick	MIL-STD joystick
13.	Kamera siang	5000m
14.	Kamera malam	1000m
15.	Laser range finder	1000m
16.	Digital compass	Ya
17.	Crosshair target	Ya

## KESIMPULAN

1. Pengembangan sistem komunikasi Radio HF meliputi *voice-plan*, *voice-enkripsi*, *data-chat* dan data-kirim file berfungsi dengan baik, hal ini didapat dari hasil uji coba yang telah dilaksanakan. Adapun hasil pelaksanaan uji coba tersebut antara lain :
  - a. Radar dapat dioperasikan dengan baik, mampu mendeteksi kapal bergerak, mampu mendeteksi jembatan Bareleng, jarak jangkau sudah sesuai dengan perhitungan ketinggian antena, yaitu sekitar 9.96 Nm
  - b. Pengujian *radio* dilakukan oleh personel Lanal Batam, hasilnya jernih 4/4 penerimaan komunikasi antara kapal dan pangkalan baik saat kapal diam maupun bergerak.
  - c. Radio mampu mengirimkan data berupa gambar, sesuai dengan kapasitas yang memenuhi syarat, yaitu maksimum sebesar 10 Kbyte
  - d. Kamera sudah diuji menggunakan *joystick*, bisa dioperasikan fungsi *pan*, *tilt*, *zoom* sesuai dengan arah yang diharapkan.
  - e. MMS sudah dilakukan pengujian, hasilnya *software intercept* sudah terintegrasi dengan baik dengan radar dan GPS, dan mampu memberikan jalur *intercept* yang akurat.
2. Pemasangan sistem instalasi senjata *combat boat* 16 meter yang terintegrasi dengan MMS berfungsi dengan baik, masih diperlukan kalibrasi antara kedudukan ujung laras senjata dengan monitor display di MMS.
3. Penambahan kamera *surveillance* meliputi kontrol *pan* (kanan-kiri), kontrol *tilt* (atas-bawah), kontrol *zoom* (masuk-keluar) dan *capture* objek berfungsi dengan baik.
4. Integrasi sistem radar, sistem senjata, kamera *surveillance* dapat terintegrasi dengan

## DAFTAR PUSTAKA

1. Skolnik, M.. *Radar Handbook*. Third Edition. 2008.
2. Vachtsevanos, G, Lewis, F., Roemer, M., Hess, A., Wu, B. *Intelligent Fault Diagnosis And Prognosis For Engineering System*. John Wiley & Son. 2006
3. Haykin, S. *Adaptive Radar Signal Processing*. John Wiley & Son. 2007.
4. Brigjen Tni H. Koestomo. Msc, Peperangan Elektronika (Pernika), Jakarta, Majalah Getaran Edisi I Tahun 2005.
5. Clay Later, *The Beginners ' Handbook Of Amateur Radio*. St. Indianapolis Indiana Usa. Howard W. Sams & Co., Inc. 1979.
6. Dennie Roddy, Kamal Idris, John Coolen, *Komunikasi Elektronika*, Jakarta, Penerbit Erlangga. 1990
7. Department Of Defense, *Test Methode Standard For Anvironmental Engineering Conciderations And Laboratory Test : Mil-Std-810 F 1 January 2000*.
8. Department Of Defense Interface Standard, *Requeremens For The Controls Of Elktromagnetic Interference Characteristics Of Subsystem And Equipment : Mil-Std -461 E. 20 August 1999*
9. Wasito S, *Vademekum Elektronika*, Jakarta. Pt. Gramedia Pustaka Utama. 2004.
10. John D. Kraus, *Electromagnetics*, Singapore Mcgraw-Hill, Inc. 1984.
11. Jacob Millman And Christos C. *Singapore Halkias, Integrated Electronics*, Mcgraw-Hill International Editions, 1971.
12. Milton Kaufman And Arthur H. Seidman, *Handbook Of Electronics Calculations*, Mcgraw-Hill Book Company, Ny
13. Robert. L. Shrader, *Komunikasi Elektronika I Jakarta*, Penerbit Erlangga. 1989.

**KEPEDULIAN MASYARAKAT TERHADAP KETAHANAN ENERGI  
(KASUS PLTMH DI PEKON AIRBAKOMAN KECAMATAN PULAU PANGGUNG  
KABUPATEN TANGGAMUS LAMPUNG)**

***PUBLIC AWARENESS OF DEFENCE OF ENERGY  
(CASE PLTMH THE PEKON AIRBAKOMAN ISLAND DISTRICT STAGE TANGGAMUS  
LAMPUNG)***

Ari Fianti  
Puslitbang Sumdahan Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu, Jakarta  
afianti1309@gmail.com

**ABSTRAK**

PLTMH (Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro) adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dengan debit air. Pada daerah terpencil PLTMH memberikan manfaat yang besar bagi pemenuhan kebutuhan listrik. Pada penelitian ini peneliti ingin mengetahui bagaimana kepedulian masyarakat, kendala-kendala apa saja yang dialami dan bagaimana cara mengatasinya. Subjek penelitian adalah masyarakat di Pekon Airbakoman Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan teknik wawancara dan observasi. Hasil penelitian ini bahwa kepedulian masyarakat berada pada taraf tinggi, sedang dan rendah. Masyarakat sekitar dirasakan masih memiliki kurangnya pengetahuan akan birokrasi, sosialisasi mengenai manfaat dan dampak dari kurangnya tingkat kepedulian masyarakat oleh pihak-pihak terkait serta kurangnya *transfer of technology* dapat merugikan masyarakat. Oleh karena itu perlu adanya pendekatan yang dilakukan kepada masyarakat melalui psikososial kultural agar lebih mengena dalam penyampaian informasi mengenai PLTMH dan keterlibatan dari pihak terkait harus semakin ditingkatkan. Dengan kebutuhan energi terpenuhi maka secara psikologis akan terbentuk kekompakan sesama karena adanya perasaan senasib dan sepenanggungan. Ketahanan masyarakat ini merupakan langkah awal terciptanya pertahanan negara yang tangguh.

**Kata Kunci** : Kepedulian, Masyarakat, Ketahanan Energi, PLTMH

***ABSTRACT***

*MHP (micro hydro power plant) is a small-scale power plants that use water power as a driving force such as irrigation canals, rivers or waterfalls nature by utilizing high waterfall (head) with water discharge. In remote areas of MHP provides great benefits to meet the needs of electricity. In this study, researchers wanted to know how the community care, constraints experienced anything and how to overcome them. Subjects were Pekon Airbakoman community in Lampung. The research was conducted by interview and observation. The results of this study that the level of public awareness is high, medium and low. Communities around the perceived still have a lack of knowledge of the bureaucracy, socialization about the benefits and impact of the lack of public awareness level by the parties as well as the lack of transfer of technology can be detrimental to the public. Hence the need for the approach taken to the community through cultural psychosocial be more striking in the delivery of information on the MHP and the involvement of stakeholders should be improved. With energy needs are met then psychologically be formed compactness fellow because of feelings of kinship and shared causes. Community resilience is the first step the creation of a strong national defense*

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan memiliki beraneka ragam sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan warga negaranya sehari-hari. Hal ini sesuai dengan amanat Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945 Pasal 33 Ayat 3 berbunyi : “Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung di dalamnya dikuasai oleh negara dan dipergunakan untuk sebesar-besar kemakmuran rakyat”. Kekayaan alam yang dimaksud dalam Undang-Undang tersebut salah satunya adalah sumber daya energi. Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi, bahwa “Sumber daya energi merupakan kekayaan alam yang memiliki peranan sangat penting bagi peningkatan kegiatan ekonomi dan ketahanan nasional, sehingga pengelolaan energi yang meliputi penyediaan, pemanfaatan dan pengolahannya harus dilaksanakan secara berkeadilan, berkelanjutan, rasional, optimal dan terpadu”. Dalam pasal 1 disebutkan, Sumber daya energi adalah sumber daya alam yang dapat dimanfaatkan, baik sebagai sumber energi maupun sebagai energi dan ayat 1 menyebutkan bahwa setiap orang berhak memperoleh energi.

Disayangkan pemanfaatan sumber daya alam tersebut dapat dikatakan belum optimal. Banyak masyarakat yang tidak peduli dengan lingkungan sekitarnya, tetapi ada beberapa orang yang memiliki kepedulian yang tinggi untuk memanfaatkan sumber daya alam tersebut baik untuk kepentingannya sendiri maupun untuk masyarakat di sekitarnya. Namun banyak kendala-kendala yang dihadapinya, seperti kurangnya pemahaman dan pengetahuan masyarakat mengenai betapa pentingnya hubungan antara manusia dengan lingkungan, kurangnya pemahaman tentang pemanfaatan sumber daya alam yang baik, kepedulian yang rendah serta Pemerintah yang sulit dalam proses birokrasi.

Disinilah peneliti tertarik untuk mengetahui bagaimana gambaran kepedulian masyarakat setempat terutama yang berada di daerah terpencil terhadap pemanfaatan sumber daya alam dalam memenuhi kebutuhan (listrik) khususnya sumber daya energi, kendala-kendala

apa saja yang dihadapi dan bagaimana cara mengatasinya.

### Definisi

**Kepedulian.** Menurut Meliseh (2002), bahwa peduli adalah salah satu hasil perhatian dari suatu peristiwa atau proses belajar yang terjadi secara alami. Sedangkan menurut Riwayadi dan Anisyah (dalam Siregar 2010) kepedulian adalah perasaan, pikiran dan tindakan yang menghiraukan sekitarnya. Masyarakat adalah sejumlah orang dalam kelompok tertentu yang membentuk perikehidupan berbudaya. Kepedulian masyarakat dapat diartikan sebagai sikap dan tindakan sekelompok orang yang berbudaya yang saling menghiraukan atau mengindahkan sekitarnya.

Kepedulian merujuk kepada sikap dan perilaku menempatkan diri sendiri dalam konteks kepentingan yang lebih luas, berusaha untuk memperhatikan kepentingan pihak lain berdasarkan rasa memiliki dan tanggung jawab (Wirutomo dalam Siregar 2010). Kepedulian masyarakat bersifat sistemik artinya secara sadar paham bahwa tindakan seseorang/suatu kelompok akan berdampak negatif pada kelompok lain, kesadaran tersebut mampu menimbulkan rasa senasib sepenanggungan dan saling kerjasama, dengan kata lain kepedulian masyarakat adalah suatu proses psikologis sekelompok orang berupa sikap dan perilaku yang bertanggung jawab .

**Masyarakat.** Menurut Sumadiningrat dan Nugroho (2005), masyarakat terdiri atas individu-individu manusia yang membentuk dan dibentuk (oleh) organisasi. Sedangkan masyarakat adalah bentuk paling modern dari peradaban manusia hingga saat ini, dari bentuk awalnya komunitas (homogen) berkembang menjadi massa (heterogen tak teratur).

Menurut Ahmadi (2003), terdapat beberapa pengertian masyarakat diantaranya R. Linton mengemukakan masyarakat adalah setiap kelompok manusia yang telah cukup lama hidup dan bekerja sama, sehingga mereka itu dapat mengorganisasikan dirinya dan berpikir tentang dirinya sebagai satu kesatuan sosial dengan batas-batas tertentu. M.J Herkovits menulis bahwa masyarakat adalah kelompok individu yang diorganisasikan dan mengikuti satu cara hidup tertentu. J.L Gillin dan J.P Gillin

mengatakan bahwa masyarakat adalah kelompok manusia yang terbesar dan mempunyai kebiasaan, tradisi, sikap dan perasaan persatuan yang sama. Masyarakat itu meliputi pengelompokan-pengelompokan yang lebih kecil. S.R. Steinmetz mengatakan bahwa masyarakat adalah kelompok manusia yang terbesar, yang meliputi pengelompokan-pengelompokan manusia yang lebih kecil, yang mempunyai perhubungan yang erat dan teratur. Hasan Shadily mendefinisikan masyarakat adalah golongan besar atau kecil dari beberapa manusia dengan atau karena sendirinya, bertalian secara golongan dan mempunyai pengaruh kebatinan satu sama lain.

**Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).** Menurut wikipedia, PLTMH adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerakannya seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dengan debit air. Mikrohidro memiliki tiga komponen utama yaitu air (sebagai sumber energi), turbin (berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis) dan generator (berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis). Perbedaan antara PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dengan PLTMH terutama pada besarnya tenaga listrik yang dihasilkan, PLTA di bawah ukuran 200 KW digolongkan sebagai mikrohidro. Dengan demikian mikrohidro cocok untuk menjangkau ketersediaan jaringan energi listrik di daerah-daerah terpencil dan pedesaan.

Beberapa keuntungan yang terdapat pada pembangkit listrik tenaga mikrohidro adalah : Dibandingkan dengan pembangkit listrik jenis yang lain, PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil dengan tenaga terampil penduduk daerah setempat dengan sedikit latihan. Tidak menimbulkan pencemaran. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

**Energi Baru dan Terbarukan.** Menurut Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi pasal 1 ayat 1. Energi adalah

kemampuan untuk melakukan kerja yang dapat berupa panas, cahaya, mekanika, kimia dan elektromagnetika. Pasal 5, energi baru adalah energi yang berasal dari sumber energi baru (sumber energi baru adalah sumber energi yang dapat dihasilkan oleh teknologi baru baik yang berasal dari sumber energi terbarukan maupun sumber energi tak terbarukan antara lain nuklir, hidrogen, gas metana batu bara (*coal bed methane*), batu bara tercairkan (*liquified coal*) dan batu bara tergaskan (*gasified coal*). Ayat 7, energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi terbarukan (sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Ayat 9, energi tak terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber energi tak terbarukan (sumber energi tak terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang akan habis jika dieksploitasi secara terus menerus, antara lain minyak bumi, gas bumi, batu bara, gambut dan serpih bitumen).

**Ketahanan Energi.** Dalam Visi, Misi dan Program Aksi Jokowi-Jusuf Kalla 2014 untuk berdikari dalam bidang ekonomi, diantara sejumlah permasalahan yang dihadapi Indonesia, kami memandang penting penekanan pada pemecahan tiga masalah utama yakni pembangunan manusia, kedaulatan energi dan kedaulatan pangan. Kami meyakini bahwa pemecahan terhadap tiga permasalahan utama itu merupakan tiga langkah strategis awal untuk membuka jalan bagi Indonesia untuk menuju kemandirian ekonomi. Kami akan mendedikasikan program untuk membangun daulat energi berbasis kepentingan nasional melalui : berkomitmen untuk menyusun strategi yang cerdas energi baru dan terbarukan. Pembangunan energi baru dan terbarukan melalui pengembangan strategi jangka panjang dengan merubah sistem harga beli energi terbarukan sehingga sesuai dengan nilai keekonomian atau sesuai dengan resiko investasi dalam sektor ini.

**Pekon.** Sesuai dengan sumber dari Wikipedia, Pekon adalah pembagian wilayah administratif pada beberapa Kabupaten di Provinsi Lampung.

Pekon atau yang disebut dengan desa yakni pembagian administratif di bawah Kecamatan. Desa/*Village* merupakan suatu kelompok hidup kecil yang menetap dalam suatu wilayah yang tetap (Prabowo, 1996). Sutardjo Kartohadikusuma (dalam Ahmadi, 2003) desa adalah suatu kesatuan hukum dimana bertempat tinggal suatu masyarakat pemerintahan sendiri.

Ahmadi mengatakan, desa merupakan perwujudan/kesatuan geografi, sosial, ekonomi, politik dan kultural yang terdapat disitu (suatu daerah) dalam hubungannya dan pengaruhnya secara timbal balik dengan daerah lain. Paul H. Landis (dalam Ahmadi, 2003) desa adalah penduduknya kurang dari 2.500 jiwa dengan ciri-ciri sebagai berikut : Mempunyai pergaulan hidup yang saling kenal mengenal antara ribuan jiwa; Ada pertalian perasaan yang sama tentang kesukaan terhadap kebiasaan; Cara berusaha (ekonomi) adalah agraris yang paling umum yang sangat dipengaruhi alam seperti : iklim, keadaan alam, kekayaan alam, sedangkan pekerjaan yang bukan agraris adalah bersifat sambilan.

#### METODE PENELITIAN

Penelitian ini bersifat deskriptif dengan menggunakan metode kualitatif. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan dengan teknik wawancara secara mendalam dan observasi. Informan yang diambil adalah penduduk di Pekon Airbakoman Kecamatan Pulau Panggung Kabupaten Tanggamus Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh informasi tentang gambaran kepedulian masyarakat, kendala-kendala yang dihadapi dan bagaimana cara mengatasinya. Sedangkan data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur atau kepustakaan. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan November 2014.

Analisis data pada penelitian ini adalah seluruh hasil wawancara yang diperoleh kemudian dirangkum dan dijabarkan secara deskriptif.

#### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan di Pekon Airbakoman Kecamatan Pulau Panggung Kabupaten

Tanggamus Lampung. Warga Pekon Airbakoman merupakan transmigran bedol desa dari Bandung pada tahun 1950-an.

Data Monografi Pekon Airbakoman Kecamatan Pulau Panggung Kabupaten Tanggamus Lampung.

1. Luas wilayah kurang lebih 1.735 Ha
2. Jarak dengan ibu kota kecamatan 12 Km
3. Jumlah 4 Dusun
  - a. Dusun Airputih I dengan jumlah penduduk 526 jiwa
  - b. Dusun Airputih II dengan jumlah penduduk 485 jiwa
  - c. Dusun Airputih III dengan jumlah penduduk 561 jiwa
  - d. Dusun Talang Bunut dengan jumlah penduduk 143 jiwa
4. Jumlah penduduk jumlah 2.242 jiwa
5. Mata pencaharian utama petani/pekebun lainnya pedagang.
6. Luas wilayah menurut kegunaan :
  - a. Luas pemukiman kurang lebih 8,33 Ha
  - b. Luas persawahan kurang lebih 24 Ha
  - c. Luas perkebunan kurang lebih 53,55 Ha
  - d. Luas pekarangan kurang lebih 16,11 Ha
  - e. Luas pemakaman umum kurang lebih 0,75 Ha
  - f. Lainnya kurang lebih 1.632,76 Ha
7. Batas wilayah :
  - a. Barat: Pekon Karang Rejo Kecamatan Airnaningan
  - b. Timur: Pekon Srimenganten Kecamatan Pulaupanggung
  - c. Utara: Pekon Karang Sari Kecamatan Airnaningan
  - d. Selatan: Pekon Datarajan Kecamatan Ulu Belu.
8. Jenjang pendidikan :
 

a. Pra sekolah	: 191 orang
b. Tidak tamat SD	: 125 orang
c. Tamat SD	: 896 orang
d. SLTP	: 672 orang
e. SLTA	: 336 orang
f. Diploma 1	: 2 orang
g. Diploma 2	: 5 orang
h. Diploma 3	: 4 orang
i. Sarjana	: 11 orang
9. Data penduduk berdasarkan golongan umur:
 

a. 0-5 tahun	: 298 orang
b. 6-12 tahun	: 351 orang
c. 13-20 tahun	: 320 orang

- d. 21-30 tahun : 431 orang
- e. 31-40 tahun : 313 orang
- f. 41-50 tahun : 227 orang
- g. 51-59 : 161 orang
- h. Lebih dari 60 tahun : 141 orang

Gambaran kepedulian masyarakat terhadap PLTMH berdasarkan hasil di lapangan sebagai berikut : Di Pekon Airbakoman terdapat PLTMH yang merupakan ide ciptaan sendiri dari Bapak “X”. PLTMH ini dipergunakan beliau untuk menghasilkan listrik bagi keperluan penerangan/lampu selain untuk kepentingannya sendiri tetapi juga didistribusikan ke warga di sekitar rumahnya tanpa memungut bayaran. Beliau memanfaatkan aliran air sungai yang berada di dekat rumahnya. Ia merasa sayang aliran sungai di daerahnya yang cukup baik jika tidak dipergunakan secara maksimal dan dapat memproduksi listrik sendiri. PLTMH menggunakan turbin penggerak dengan tipe horizontal dengan berbagai ukuran, dapat menggerakkan genset (dinamo) dengan kapasitas 3.000 Watt sampai dengan 7.500 Watt. Turbin penggerak menggunakan tenaga kinetik aliran sungai. Turbin sudah dipasarkan dalam skala kecil melalui Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Lampung. Namun turbin ini belum dipatenkan. PLTMH ini dikembangkan sejak tahun 2008 dengan kapasitas 7,5 Kwatt (7.500 Watt).

Karyanya berbeda dengan buatan orang lain karena sebelum membuat PLTMH dia melakukan survei terlebih dahulu sehingga hasilnya maksimal. Sampai saat ini PLTMH buatan beliaulah yang masih bertahan sedangkan orang-orang lain yang mengikuti beliau dengan membuat PLTMH tergerus oleh waktu. Namun yang disayangkan karya cipta ini belum didaftarkan sebagai Hak Kekayaan Intelektual anak bangsa. Bapak “X” memiliki keinginan agar karyanya tidak hanya sebatas sebagai penerangan/lampu saja tetapi juga bisa digunakan untuk mesin penggiling padi maupun pengering, mengingat hasil perkebunan yang berlimpah seperti pisang dan coklat. Selama ini diolah dengan mengandalkan sinar matahari (alam) yang sering terhambat oleh faktor cuaca. Jika ada alat pengering tersebut maka hasil perkebunan seperti pisang bisa dibuat menjadi pisang sale sehingga pisang tidak menjadi busuk

dan terbuang percuma sedangkan untuk proses pembuatan coklat menjadi bubuk coklat juga membutuhkan mesin pengering jika dimusim penghujan. Selain itu beliau juga menginginkan jika diberikan kepercayaan oleh Pemerintah, ingin memanfaatkan air terjun yang terletak tidak jauh dari rumahnya sehingga dapat menghasilkan energi listrik yang lebih besar untuk warga desa di Pekon Airbakoman. Namun beliau belum mengetahui masalah birokrasi perijinannya.

Anak dan istri Bapak “X” pun turut serta dalam pembuatan PLTMH ini. Anak Bapak “X” (Bapak “Y”) lulusan ITB jurusan Teknik mesin membantu dalam hal pembuatan dan merupakan penghubung dengan Distamben Provinsi Lampung sehingga alat ciptaannya dapat dijual. Sejauh ini sudah hampir 100 buah yang telah terjual dengan berbagai ukuran bahkan sampai ke luar Lampung. Sedangkan istrinya membantu dalam membersihkan aliran sungai terutama pada saat hujan tiba. Karena biasanya setelah hujan banyak sampah-sampah sehingga ditakutkan dapat menghambat kerja PLTMH karena tertutup sampah. Tetapi menurut istri bapak “X”, penduduk di sekitar kurang memiliki kepedulian untuk membersihkan sampah tersebut. Mereka tetap tidak peduli walaupun beliau sudah mengajak warga untuk membersihkannya. Padahal berkat PLTMH tersebut mereka memperoleh penerangan di rumahnya. Sudah berbagai upaya dan pendekatan dilakukan oleh ibu “X” kepada warga sekitar untuk menjaga kebersihan PLTMH bersama, karena jika terjadi kerusakan ataupun kemacetan dengan mesin tersebut warga juga yang akan menanggungnya. Tetapi usaha bu “X” sampai saat belum juga berhasil.

Masyarakat sekitar yang dijumpai oleh peneliti menyatakan bahwa ada anggota masyarakat yang bernama “Z” ia ikut serta dalam membangun PLTMH tersebut secara bergotong-royong dengan warga lainnya. Ia bersyukur dengan adanya PLTMH tersebut maka keperluan listrik di rumahnya dapat terjamin. Tetapi untuk keperluan yang lain seperti seterika maupun menyalakan penanak nasi harus bergantian. Mengenai PLTMH yang ada beliau tidak memiliki ketertarikan untuk mempelajarinya karena alasan ia cuma orang kampung tidak mengerti hal-hal seperti itu, bisa dapat listrik gratis saja sudah cukup.

Warga yang bernama “A” mengatakan ia senang dengan adanya PLTMH tersebut namun malas kalau hujan datang untuk membersihkannya. Ia mengetahui dampak apa yang akan terjadi jika tidak segera dibersihkan yakni akan merusak PLTMH tersebut, alasannya capek dan nanti istri bapak “X” juga yang akan membersihkannya, jadi pura-pura tidak tahu saja.

Warga yang bernama “B” pun menyatakan senang dengan manfaat yang diperoleh dari PLTMH tersebut, namun ia kurang mengerti mengenai bagaimana pembuatan dan pengoperasian alat tersebut. Ia ingin sekali belajar mengenai alat tersebut namun sampai sekarang belum ada yang mengajarkan. Mungkin dikarenakan keterbatasan pengetahuannya. Untuk membersihkan aliran sungai saat hujan pun dirasa malas sekali, dengan alasan nanti istri bapak “X” juga yang akan membersihkannya.

Warga yang lain pun merasa malas untuk membersihkan aliran sungai saat hujan walaupun tahu dampaknya.

### ANALISIS

Berdasarkan hasil penelitian di atas diketahui bahwa Bapak “X” tergolong memiliki tingkat kepedulian yang tinggi hal ini sesuai dengan pendapat (dalam Ubaedy, 2008) dimana beliau tergerak untuk memanfaatkan aliran sungai yang ada untuk keperluan listrik keluarganya maupun masyarakat di sekitarnya tanpa harus membayar dengan membuat PLTMH. Beliau juga memiliki keinginan untuk mengembangkan PLTMH nya bukan hanya memanfaatkan aliran sungai yang ada tetapi juga ingin memanfaatkan air terjun yang berada di daerahnya sehingga dapat menghasilkan listrik dengan kapasitas yang lebih besar. Jika dilihat Bapak “X” memiliki kepedulian pada tahap *Refocusing* menurut Hall, George dan Rutherford (dalam Padmo dan Julaha 2007).

Anak bapak “X” dapat dikatakan memiliki tingkat kepedulian yang tinggi pula yaitu pada tahap *Refocusing*, dimana dia belajar dari awal pembuatan sampai sekarang terus mengembangkan bersama orangtuanya untuk mendapatkan hasil yang semakin baik. Beliau juga berkoordinasi dengan Distamben untuk menjual produknya tersebut bahkan sampai ke luar kota.

Istri bapak “X” memiliki tingkat kepedulian pada tahap *awareness* ditunjukkan dengan beliau mengetahui adanya PLTMH tersebut tetapi tidak untuk mempelajarinya hanya ingin membantu dalam menjaga kebersihan aliran sungai agar PLTMH dapat bekerja dengan baik dan tidak lekas rusak.

Subjek bernama “Z” dapat dikategorikan memiliki kepedulian pada tahap *awareness*, dimana ia mengetahui adanya PLTMH buatan bapak “X”, ikut menikmati hasil dari PLTMH tersebut untuk keperluan listrik di rumahnya namun tidak memiliki ketertarikan untuk mempelajarinya karena alasan ia cuma orang kampung tidak mengerti hal-hal seperti itu, bisa dapat listrik gratis saja sudah cukup.

Warga yang bernama “A” memiliki tingkat kepedulian pada tahap *awareness* dimana ia mengetahui keuntungan dari PLTMH tersebut dan mengetahui akibat yang terjadi jika ia tidak menjaga kebersihan aliran sungai namun ia malas membersihkannya dengan alasan capek dan nanti istri bapak “X” yang akan membersihkannya jadi pura-pura tidak tahu saja.

Warga yang bernama “B” memiliki tingkat kepedulian pada tahap *informational* ditunjukkan bahwa individu tersebut memiliki ketertarikan untuk mempelajari mengenai PLTMH tersebut namun sampai sekarang belum ada yang mengajarkannya sedangkan untuk membersihkan aliran sungai setelah hujan masih dirasa malas sekali karena nanti istri bapak “X” yang akan membersihkannya.

Warga yang lain pun memiliki tingkat kepedulian yang rendah pada tahap *awareness* dimana mereka mengetahui keuntungan dan kerugian jika PLTMH tersebut rusak atau tidak, namun tetap merasa malas untuk membersihkan aliran sungai saat hujan walaupun tahu dampaknya. Walaupun ibu “X” sudah menjelaskan kerugiannya jika tidak menjaga kebersihan aliran sungai tetap mereka tidak bergeming. Tetapi jika Kepala Desa mengajak bergotong-royong membersihkan lingkungan mereka ikut serta.

Berdasarkan keterangan di atas subjek bernama Bapak “X” dan anak bapak “X” memiliki kepedulian pada tahap *Refocusing* dimana ada keinginan untuk memanfaatkan sumber daya alam yang ada (aliran sungai) di wilayahnya digunakan untuk memenuhi

kebutuhan dalam hal ini listrik untuk kebutuhan hidup sehari-hari baik untuk keluarganya maupun untuk masyarakat sekitarnya tanpa pamrih. Kemudian alat tersebut dikembangkan dengan bekerja sama dengan dinas terkait untuk menjualnya sampai ke luar pulau Jawa. Namun untuk pemanfaatan sumber alam lainnya (air terjun) mengalami hambatan seperti minimnya pengetahuan mengenai masalah birokrasi.

Sedangkan istri bapak "X", subjek bernama "Z", "A" dan beberapa warga lainnya memiliki kepedulian pada tahap *awareness*, dimana mereka mengetahui adanya inovasi/PLTMH tersebut baik keuntungan maupun kerugiannya<sup>3</sup>. namun dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan kurangnya rasa memiliki sehingga kurang aktif dalam merawat.

Subjek yang bernama "B" memiliki kepedulian pada tahap *informational* dimana beliau memiliki keinginan untuk mendapatkan pengetahuan dan pelajaran dari bapak "X" mengenai PLTMH tersebut namun warga merasa kurangnya *transfer of technology* dari bapak "X" sehingga tidak memiliki keinginan untuk ikut mengembangkan PLTMH tersebut lebih lanjut.

Untuk menjaga kebersihan aliran sungai hampir semua warga merasa malas walaupun tahu dampak apa yang akan terjadi. Namun jika Kepala Desa yang menggerakkan warga untuk bergotong-royong mereka tidak akan menolak.

Menurut Bandura (teori *social learning*) kepedulian masyarakat dapat ditingkatkan dengan cara tokoh-tokoh panutan yang berada di masyarakat memberikan contoh kepada masyarakat dengan melakukan gotong-royong secara rutin sehingga diharapkan kepeduliannya akan meningkat dalam menjaga kebersihan aliran sungai. Sedangkan menurut Skinner (teori *operant conditioning*), kepedulian masyarakat dapat ditingkatkan dengan memberikan *reward* dan *punishment* kepada masyarakat. Selain itu pemberian informasi yang jelas dan mengena secara verbal maupun tindakan mengenai keuntungan dan kerugian yang didampakkan jika aliran sungai kotor (dapat diberikan sosialisasi dari pihak-pihak terkait).

Dari semua permasalahan-permasalahan yang ada perlu dilakukan beberapa cara untuk mengatasinya :

1. Sebaiknya dinas terkait melakukan sosialisasi dengan mengandalkan pendekatan

psikososial kultural untuk meningkatkan kepedulian masyarakat setempat dalam menjaga kebersihan aliran sungai terutama ketika hujan tiba. Pendekatan secara psikososial kultural dirasa penting karena disesuaikan dengan psikologi sosial, agama dan budaya masyarakat setempat.

2. Distamben sebaiknya memberikan informasi yang akurat mengenai masalah birokrasi kepada Bapak "B" yang memiliki keinginan untuk memanfaatkan air terjun yang ada sebagai sumber energi baru dan terbarukan dapat terealisasi.

Untuk keluarga Bapak "B" sebaiknya dalam pembuatan PLTMH tersebut melibatkan masyarakat sekitar secara langsung sehingga terjadi *transfer of technology*. Selain itu juga memberikan penghasilan tambahan bagi masyarakat sekitar.

Jika kebutuhan energi masyarakat dapat terpenuhi maka secara psikologis akan terbentuk kekompakan sesama masyarakat dikarenakan adanya perasaan senasib dan sepenanggungan. Ketahanan masyarakat ini merupakan langkah awal terciptanya pertahanan negara yang tangguh. Dan jika semakin terpenuhinya kebutuhan energi terutama listrik dalam Pekon tersebut maka akan memberikan dampak yang positif terhadap pertahanan di bidang energi.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik suatu kesimpulan sebagai berikut :

1. Gambaran kepedulian masyarakat setempat terutama yang berada di daerah terpencil terhadap pemanfaatan sumber daya alam dalam memenuhi kebutuhan (listrik) khususnya sumber daya energi ada yang tergolong tinggi, sedang dan rendah.
2. Kendala-kendala apa saja yang dihadapi meliputi warga yang sudah memiliki kepedulian yang tinggi masih terbentur dengan kurangnya informasi tentang birokrasi yang ada. Sedangkan warga yang memiliki kepedulian pada tingkat sedang merasa tidak ada yang membantu terutama dalam menjaga kebersihan aliran sungai, dan warga yang memiliki kepedulian yang rendah merasa tidak peduli dengan kebersihan aliran sungai hanya ingin

menggunakan hasil yang telah diberikan dari PLTMH meskipun tahu dampak yang akan terjadi jika aliran sungai tidak dibersihkan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. <http://id.wikipedia.org/wiki/Mikrohidro> diunduh pada tanggal 14 Januari 2015 pukul 13.00.
2. <http://id.wikipedia.org/wiki/Pekon> diunduh pada tanggal 14 Januari 2015 pukul 13.00.
3. Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945
4. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 30 Tahun 2007 Tentang Energi.
5. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 79 Tahun 2014 Tentang Kebijakan Energi Nasional
6. Meliseh. Kepedulian Lingkungan Hidup. Bandung : Bumi Aksara. 2002. Halaman 22.
7. Ahmadi, Abu. Ilmu Sosial Dasar. Jakarta : Penerbit Rineka Cipta. 2003.
8. Prabowo, Hendro. Pengantar Antropologi (Untuk Mahasiswa Psikologi). Depok: Gunadarma. 1996.
9. Siregar, Tety Juliany. Kepedulian Masyarakat Dalam Perbaikan Sanitasi Lingkungan Pemukiman Kumuh di Kelurahan Matahalasan Kota Tanjungbalai. Tesis. Semarang : Universitas Diponegoro. 2010.
10. Sumodiningrat, Gunawan dan Nugroho, Riant. Membangun Indonesia Emas (Model Pembangunan Indonesia Baru Menuju Negara-Bangsa Yang Unggul Dalam Persaingan Global). Jakarta: PT. Elex Media Komputindo. 2005.
11. Ubaedy, AN. Berkarier di Era Global. Jakarta: Penerbit PT. Elex Media Komputindo. 2008. Halaman 145.
12. Padmo, Dewi dan Julaeha, Siti. Tingkat Kepedulian dan *Self Efficacy* Mahasiswa Universitas Terbuka Terhadap E-Learning. Halaman 41-42.
13. Visi, Misi dan Program Aksi Jokowi-Jusuf Kalla 2014.

## PENELITIAN PERFORMA KOMPOSIT *GLASSFIBER REINFORCED POLYESTER (GRP)* UNTUK MENAHAN LAJU PROYEKTIL SENAPAN FNC DAN PISTOL FN

### *PERFORMANCE OF GLASSFIBER REINFORCED POLYESTER (GRP) STUDY FOR ARREST PROJECTILE FROM FNC RIFLE AND FN PISTOL*

Nazarudin  
Puslitbang Iptekhan Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No. 1, Pondok Labu, Jakarta  
email: nazar\_els@yahoo.com

#### ABSTRAK

Komposit ini dirancang untuk dapat menahan laju proyektil peluru Pistol FN dan senjata laras panjang FNC. Komposisi terdiri dari *Glassfiber-S woven roving*, *Unsaturated Polyester Resin* dan katalis MEKPO. Eksperimen dilakukan dengan uji balistik dan didapatkan hasil kemampuan panel mengabsorpsi energi impact proyektil peluru sebesar 577,6 Joule dari pistol FN dan 1956 Joule dari senapan FNC. Ditemukan perbedaan kemampuan komposit panel tunggal dengan panel gabungan. Dimana panel tunggal 16 lapis belum mampu menahan laju proyektil, namun pada panel gabungan total 16 lapis yang terdiri dari penggabungan empat buah panel masing-masing 5, 4, 4, dan 3 lapis, ternyata sanggup menahan laju proyektil pada kondisi yang sama. Terdapat mekanisme impact dalam panel gabungan dalam menahan laju proyektil peluru, sehingga dengan ketebalan dan jumlah lapis sama, ternyata menunjukkan kinerja panel cukup bagus menahan laju proyektil.

**Kata kunci :** *fiberglass, polyester, impact*

#### ABSTRACT

*This composite was designed to be able to put a halt to a bullet pistol and rifle FN FNC. The composition consists of Glassfiber-S woven rovings, Unsaturated Polyester Resin and catalyst MEKPO. Experiments performed with ballistic test and showed the ability of the panel absorbs the impact energy of 577.6 Joules bullet from a gun FN and 1956 Joules of FNC rifle. Found differences in the ability of a single composite panels with composite panels. Where a single panel 16 layers have not been able to put a halt projectile, but the combined total of 16 layers panel consisting of the merger of four panels each 5, 4, 4, and 3 layers, it could put a halt to the projectile at the same conditions. There is a mechanism in the panel joint impact in curbing a bullet, so that the thickness and number of layers together, it shows good performance enough panels curb projectile.*

**Keywords:** *fiberglass, polyester, impact*

#### PENDAHULUAN

Ketahanan material komposit laminasi terhadap impact merupakan hal yang sangat penting untuk diketahui guna menghasilkan suatu desain pelapisan yang optimal pada aplikasi di industri militer. Pemahaman aspek kinerja struktur panel komposit terhadap impact partikel tumpul berkecepatan tinggi yang

dipengaruhi oleh struktur geometri panel, serta resistansi terhadap impact. Komposit ini dibatasi hanya pada *glassfiber reinforced* polimer.

Keunggulan dari segi ringan merupakan faktor yang sangat menentukan bagi aplikasi komposit pada benda benda yang bergerak. Untuk benda yang bergerak, semakin berat benda tersebut maka semakin besar energi yang

diperlukan untuk bergerak atau bermanuver. Bagi anggota militer yang mempertaruhkan jiwa pada situasi yang berbahaya, dimana potensi kemungkinan terkena dampak partikel yang berkecepatan tinggi semakin besar, maka alat perlengkapan perlindungan dari dampak seperti rompi, helm serta pelapisan perlindungan pada kendaraan menjadi sebuah keniscayaan akibat keadaan. Pemilihan material untuk komponen peralatan perlengkapan perlindungan ini tentunya harus memperhitungkan faktor kepraktisan, kekuatan dan ketahanannya terhadap dampak dari proyektil yang berkecepatan tinggi [1].

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan material alternatif bodi proteksi tahan dampak peluru, meneliti kinerja lapisan komposit dalam menahan proyektil peluru, dan menemukan desain yang optimal untuk manufaktur komposit yang handal terhadap dampak berkecepatan tinggi

Dalam penelitian ini dicoba mengembangkan hipotesa adanya penurunan kekuatan serat apabila dicor dengan matrik resin, dan hipotesa adanya penambahan kekuatan dampak karena penggabungan panel komposit terdiri dari beberapa panel terpisah yang dijadikan satu kesatuan.

## METODE PENELITIAN

### Bahan

Material dasar untuk pembuatan komposit pada penelitian ini terdiri dari: *Unsaturated Polyester Resin* dengan merek *Yukalac*<sup>®</sup> 157 BQTN - EX Series produksi PT Justus Sakti Raya Corp, Jakarta, Indonesia. *Yukalac*<sup>®</sup> 157 BQTN - EX merupakan polyester dari jenis Orthophthalic. Polyester resin juga diperlukan katalis agar terjadi proses polimerisasi pembentukan *network crosslinked polymer*. Katalis yang ditambahkan adalah MEKPO (Methyl Ethyl Keton Peroxide). Prosentase katalis yang ditambahkan sebanyak 1 %. Serat (fiber) yang dipakai untuk pembuatan komposit laminasi adalah *glassfiber*, Aramid (Kevlar), dan serat lainnya. *Type* serat yang digunakan

adalah Fiber *Type Woven Roving* 600, 850 denir, dan *Type Chopped Strand Mat* 300.

### Pembuatan Komposit Laminasi

Preparasi sampel uji untuk pembuatan komposit laminasi dilakukan secara *hand lay-up* dengan tahap sebagai berikut:

1. Resin dicampur dengan katalis/*hardener* dengan ukuran yang telah ditentukan dan diaduk hingga menjadi rata, kemudian disebut resin remix.
2. Setelah itu penggabungan resin dengan *fiberglass* yang telah dipotong sesuai ukuran yang dikehendaki dengan cara mengoleskan resin pada setiap lembaran fiber.
3. Kemudian dilanjutkan dengan lapisan fiber berikutnya hingga dicapai ketebalan yang telah ditetapkan.
4. Untuk mencapai hasil yang bagus dilakukan pengroling sampai rata dan ditunggu hingga terjadi proses *curing*.

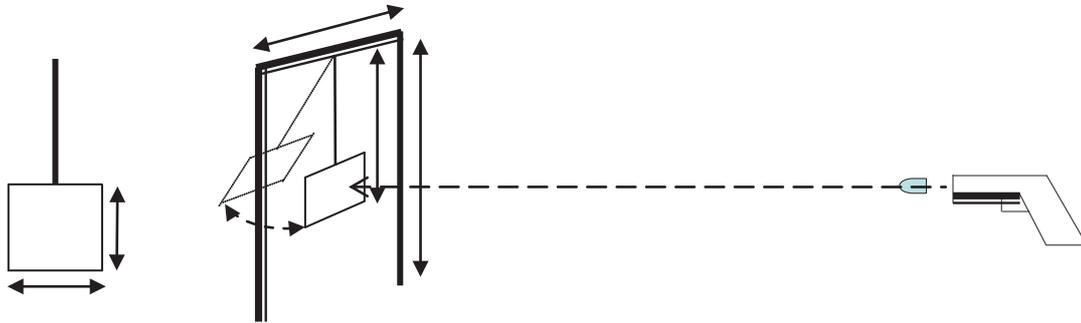
### Alat Uji Balistik

Alat uji balistik ini menggunakan bahan yang terbuat dari besi batangan diameter 5 mm dengan bagian bawahnya membentuk bingkai bujursangkar luas (20 x 20) cm sebagai pemegang spesimen dan ujung atasnya sebagai ayunan bebas dipasangkan klakar (roda) yang menyatu dengan gawang terbuat dari kayu balok ukuran (3 x 3 x 200) cm. Gawang tersebut terdiri dua tiang dengan lebar 60 cm. Pendulum berada ditengah gawang dengan panjang pendulum keseluruhan 80 cm dan berat beserta beban bervariasi.

Untuk mendapatkan hasil pengujian dampak perlu dibuat alat tes untuk menempatkan spesimen pada jarak tertentu untuk melakukan penembakan. Spesimen digantung pada pendulum yang bergerak bebas dan pendulum tersebut berayun terhadap gantungan seperti gawang. Pendulum dilengkapi dengan benang guna mengetahui seberapa jauh ayunan dan sudut yang dibentuk oleh pendulum (lihat gambar 1).

Untuk uji balistik dapat dilihat pada gambar 1. Pada uji ini akan didapatkan parameter yang berkaitan dengan balistik proyektil peluru

(energi kinetik beban impact, kekuatan impact, strain energi dan lain-lain).

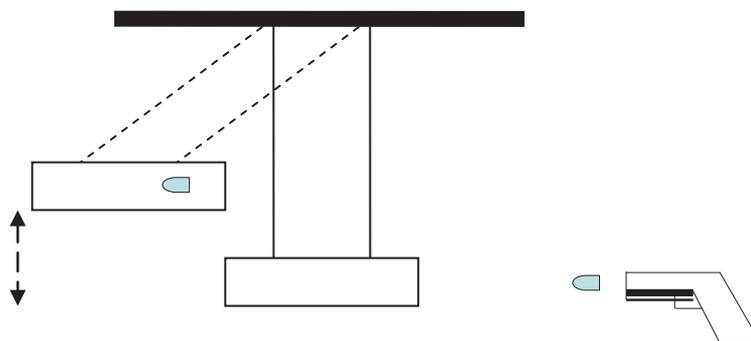


Gambar 1. Susunan Alat Tes Balistik

Dalam eksperimen dilakukan pengukuran kecepatan proyektil peluru dengan menggunakan sistem bandul balistik. Bandul balistik adalah salah satu alat untuk mengukur kecepatan proyektil peluru. Proyektil peluru melakukan tumbukan tak elastik sempurna dengan bandul yang massanya jauh lebih besar. Maka momentum sistem segera setelah tumbukan adalah sama dengan momentum awal peluru itu (3-5) tetapi karena kecepatan jauh lebih kecil, maka kecepatan proyektil peluru tersebut lebih mudah dapat ditentukan, walaupun dewasa ini sudah dikalahkan oleh alat-alat lainnya, bandul balistik masih tetap

dipakai dalam laboratorium untuk menjelaskan konsep momentum dan konsep energi.

Pada gambar 2 dijelaskan konsep dasar sistem bandul balistik yang terdiri dari balok kayu besar bermassa  $M$  tergantung vertikal pada dua tali. Sebuah proyektil peluru bermassa  $m$  yang bergerak dengan kecepatan  $v$  menabrak bandul balistik dan terbenam di dalamnya. Jika waktu impact sangat pendek dibanding dengan waktu ayunan bandul itu, maka tali penggantung praktis akan tetap vertikal, artinya selama impact tidak ada gaya luar horizontal yang bekerja terhadap bandul dan momentum horizontal terkekalkan.



Gambar 2. Bandul uji balistik

Untuk menghitung kecepatan proyektil peluru  $v$  dan balok segera setelah impact adalah sebagai persamaan (1) [4]

$$E_k = \frac{1}{2}(m + M)V^2 \quad (1)$$

Lalu bandul itu mengayun ke kiri dan ke atas sehingga energi kinetiknya berubah menjadi energi potensial gravitasi (efek gesekan kecil dapat diabaikan). Maka didapatkan kecepatan proyektil peluru sebagai berikut:

$$v = \frac{(m + M)}{m} \sqrt{2gh} \quad (2)$$

Dengan mengukur  $m$ ,  $M$  dan  $h$ , kecepatan awal proyektil peluru pada persamaan (3) di atas dapat dihitung, hasil selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1.

Untuk menentukan besar sudut ayunan bandul balistik pada gambar 2, jika  $\theta$  menyatakan suatu sudut yang dibuat oleh busur panjang  $s$  pada keliling lingkaran berjari-jari  $R$ , maka  $\theta$  (dalam radian) adalah sebagai persamaan (3)<sup>5</sup>.

$$\theta = \frac{s}{R} \quad (3)$$

Sudut  $\theta$  didefinisikan sebagai perbandingan busur  $s$  terhadap radian  $R$ . Satu radian (1 rad) ialah besar sudut di pusat lingkaran yang panjang busurnya sama dengan panjang jari-jari lingkaran itu. Jadi 1 radian sama dengan 360 atau 57,3 derajat.

### Pengukuran Absorpsi Energi

Pengukuran absorpsi energi kinetik proyektil peluru dilakukan dengan uji balistik menggunakan pistol FN kaliber 9 mm dengan amunisi buatan PT. Pindad (proyektil massa 8 gram, V50 adalah 380 m/det.). Metode pengukuran seperti pada gambar 2. Jarak tembak adalah 5 m untuk pistol FN dan jarak 100 m untuk senapan laras panjang FNC dan G3. Spesimen diikatkan pada bandul yang

berayun membentuk sudut  $\theta$  simpangan ketika menerima energi impact dari proyektil.

Hasil pengukuran yang didapatkan adalah sudut simpangan bandul energi yang terabsorpsi dengan menggunakan persamaan (2 dan 3). Untuk menghitung besar energi kinetik proyektil peluru dapat digunakan persamaan (1 dan 2).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk pengujian dengan pistol FN didapatkan data pada tabel 1. Uji balistik yang dilakukan terhadap panel komposit didapatkan beberapa hal yang menarik. Sewaktu pengujian pada sampel panel tunggal dengan jumlah laminasi 6, 8 dan 16 lapis ternyata tidak satupun bisa menahan laju proyektil peluru pistol FN. Begitu juga pada panel tunggal dengan jumlah laminasi ditambahkan sampai 24 lapis juga tidak bisa menahan laju proyektil peluru tersebut.

Tabel 1. Pengujian panel Glassfiber/polyester dengan peluru pistol FN untuk panel tunggal jarak pengujian 5 m<sup>4</sup>.

No	Jumlah laminasi tiap panel	Kecepatan proyektil sebelum impact m/det	Kecepatan proyektil setelah impact m/det	kecepatan
1	6	356,4	215,7	140,7
2	8	356,4	199,1	157,3
3	16	356,4	178,2	178,2
4	24	356,4	82,4	273,98
5	5+4+4+3	356,4	0	356,4

Komposit panel tunggal pada tabel 1 ternyata tidak mampu mengabsorpsi energi kinetik proyektil pistol FN secara keseluruhan dan tembus oleh proyektil peluru. Ketika jumlah laminasi 16 yang terdiri dari penggabungan panel masing-masing 5 lapis, 4 lapis, 4 lapis dan 3 lapis sampel no. 5 pada tabel 1 terdapat suatu fenomena, di mana panel gabungan tersebut sanggup menahan laju proyektil peluru pada kondisi yang sama.

Pada gambar 3a visualisasi hasil penembakan dengan pistol FN terhadap komposit panel

gabungan lapis tampak depan dengan lubang peluru berhasil menembus hingga panel pertama. Selanjutnya proyektil peluru tertahan pada panel kedua dan tidak tembus. Namun untuk panel keempat hanya terjadi pembengkakan dengan kedalaman 5 mm. Pada gambar 3b adalah visualisasi tampak belakang dengan pembengkakan akibat peluru yang tertahan. Pada gambar 3 adalah visualisasi tiap-tiap panel setelah penembakkan, di mana panel pertama tertembus proyektil peluru dan tertahan pada panel kedua.



a



b

Gambar 3. Hasil pengujian dengan pistol FN pada jarak 5m. a). Bagian depan panel pertama. b). Bagian belakang panel kedua<sup>4</sup>

Selanjutnya dilakukan pengulangan untuk panel tunggal dengan menambahkan jumlah lapisan dari 24 sampai 32 lapis pada tabel 2, namun masih tembus dengan proyektil peluru pistol FN.



a



b

Gambar 4. Hasil pengujian dengan pistol FN pada jarak 5m. panel tunggal 32 lapis. a) Bagian depan panel . b). Bagian belakang panel.

Tabel 2. Hasil perhitungan energi impact dan absorpsi energi terhadap panel tunggal *Glassfiber*/polyester dengan energi impact proyektil peluru sebelum impact 890,2 Joule

No	Jumlah laminasi	S, jarak ayun bandul balistik (m)	Ayunan Balistik (rad)	h tinggi ayun Bandul (m)	Setelah tumbukan(m/s)	Energi kinetic Proyektil setelah Impact (Joule)	Absorpsi Energi(Joule)
1	24	0,16	11.46	0,01	216.8	188.0	673.4
2	26	0.18	12.89	0.02	199.1	158.6	691.1
3	28	0.18	12.89	0.02	195.9	153.5	694.3
4	32	0.23	16.47	0.03	155.9	97.2	734.3
5	32	0.25	17.90	0.04	127.8	65.3	762.4

Untuk pengujian material dengan senapan G3 dan FNC didapatkan data pada tabel 3 di bawah. Jarak tembak pengujian ini adalah 100 m, kecepatan proyektil 989 m/det. Panel komposit Glassfiber/polyester dengan massa 270 gram dan ketebalan 7 mm. Pada tabel 3 panel tunggal 45 lapis hanya bisa mengabsorpsi energi 1597,5 Joule. Ketika dibandingkan dengan panel gabungan 15 lapis dengan 15 lapis panel tunggal (sampel no 2), ternyata daya absorpsi energi

meningkat menjadi 1716,3 Joule. Begitu juga dengan penambahan 15 lapis panel ketiga (3 buah panel tunggal 15 lapis, sampel no 3), malah dapat menahan laju proyektil peluru. Dengan jumlah panel 45 lapis hasil penggabungan 3 buah panel tunggal 15 lapis dapat mengabsorpsi keseluruhan energi kinetik sebesar 1770,4 Joule dan panel gabungan tidak tembus proyektil senapan G3 dan FNC.

Tabel 3. Hasil pengujian dan perhitungan panel tunggal dan panel gabungan Glassfiber/polyester dengan senapan FNC pada jarak 100 meter dan velocity sebelum tumbukan adalah 989 m/det<sup>4</sup>.

No	Jumlah lapisan	S (m) jrk ayun bandul balistik	ayunan Balistik	h tinggi ayun Bandul (m)	v (m/s) proyektil Setelah tumbukan	Energi kinetic Proyektil setelah	Absorpsi Energi
1	45	0,20	14,32	0,02	309,1	172,9	1597,5
2	15+15	0,28	20,05	0,05	172,9	54,1	1716,3
3	15+15+15	0,41	29,36	0,103	0	0	1770,4

Untuk analisa kegagalan dilakukan uji tarik dengan menggunakan peralatan uji tarik

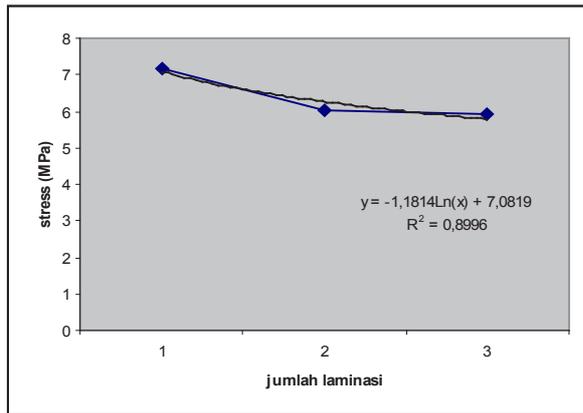
Schenker RME 100 di Laboratorium Uji Konstruksi (LUK) BPPT Serpong.

Tabel 4. Hasil pengamatan uji tarik terhadap panel dari *Glassfiber/polyester*<sup>4</sup>

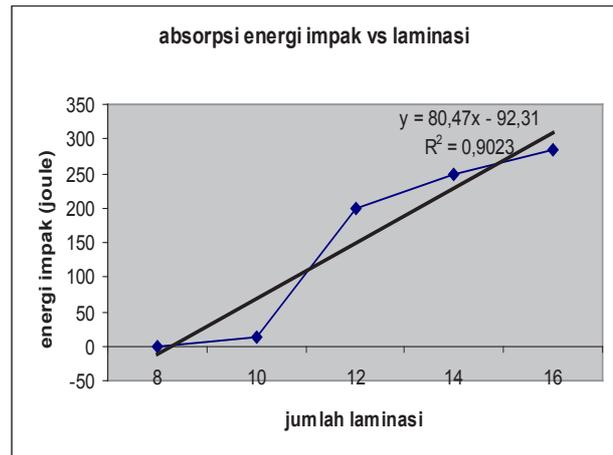
No.	Jumlah Laminasi	Dimensi panel		F (kN/mm <sup>2</sup> )	Panjang (mm)	stress	strain
		lebar (mm)	tebal (mm)				
1	12	19,81	3,46	24,5	1,5	0,268	7,748
2	12	20,94	3,25	23	1,7	0,253	7,799
3	12	21,07	3,62	22	2,3	0,216	5,976
4	14	20,99	3,77	27	1,6	0,256	6,788
5	14	20,14	3,58	19	1,3	0,198	5,521
6	14	21,15	4,2	28,5	1,5	0,241	5,729
7	16	21	4,41	42,5	1,5	0,344	7,805
8	16	20,55	4,3	32	2,5	0,272	6,316
9	16	21,05	4,44	20,5	1,4	0,165	3,705

Dilihat dari hubungan kekuatan *stress* terhadap pertambahan jumlah laminasi pada gambar 5 adalah persamaan logaritma dengan korelasi adalah 0,9.

Kemampuan panel tunggal komposit glassfiber/polyester dalam mengabsorpsi energi impak proyektil peluru FN mulai 8 lapis sampai 16 lapis secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5.



Gambar 5. Pengaruh uji tarik antara stress dengan penambahan jumlah laminasi<sup>4</sup>



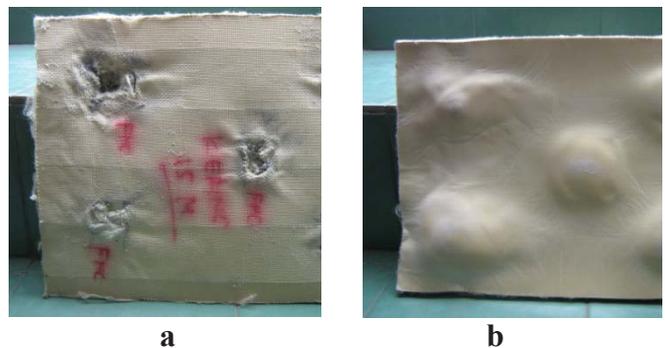
Gambar 6. Pengaruh absorpsi energi impact terhadap penambahan jumlah laminasi<sup>4</sup>

Tabel 5. Hasil perhitungan energi impact dan absorpsi energi terhadap panel Glassfiber/polyester<sup>4</sup>

No	Jumlah laminasi	energi kinetik sebelum impact	energi kinetik setelah impact	absorpsi energi
1	8	890,2	890,2	0
2	10	890,2	878,2	12
3	12	890,2	689,2	201
4	12	890,2	689,4	200,8
5	12	890,2	689,7	200,5
6	12	890,2	689,1	201,1
7	12	890,2	689,6	200,6
8	14	890,2	641,8	248,4
9	14	890,2	644,9	245,3
10	14	890,2	619,5	270,7
11	14	890,2	640,2	250
12	16	890,2	605,9	284,3
13	16	890,2	612,2	278
14	16	890,2	587,2	303

Terdapat kecenderungan linear antara kemampuan mengabsorpsi energi impact kecepatan proyektil peluru dengan penambahan jumlah laminasi dengan faktor korelasi adalah 0,9 pada gambar 6.

Visualisasi hasil pengujian pada panel *Glassfiber/polyester* pada jarak 100 meter dengan senapan FNC dan G3 dengan kecepatan proyektil peluru 989 m/det. Pada 5 titik sasaran pada gambar 7. Untuk hasil penembakan dengan senjata G3 mengakibatkan lubang yang terbentuk mempunyai diameter lebih besar dibandingkan dengan hasil penembakan senjata FNC pada gambar 7a.



Gambar 7. Hasil pengujian dengan senapan FNC pada tiga titik sasaran dan G3 pada 2 titik sasaran jarak 100 m. a) Bagian depan panel *fiberglass/polyester* ketebalan 10 mm. b) Bagian belakang panel *glassfiber/polyester*<sup>4</sup>

Panel komposit ini berhasil menahan laju proyektil dan mengakibatkan bagian belakang bengkak dengan ukuran penembakan senjata G3 juga lebih besar dibandingkan dengan hasil penembakan senjata FNC, gambar 7b. Kalau dilihat akibat yang ditimbulkan ternyata tidak

membentuk efek yang sama pada 5 titik penembakkan tersebut. Jadi energi yang diterima oleh panel komposit ini terdistribusi kesemua arah, namun kemampuan serat (kekuatan strain) adalah tidak sama antara kelima titik sasaran tembak tersebut.

Kemampuan panel komposit ditentukan pada proses pembuatan (manufaktur) yang merupakan salah satu parameter yang cukup berperan dalam menentukan keberhasilan dari disain yang dikehendaki. Begitu juga bentuk (konfigurasi) struktur serat yang akan mendistribusikan *strain* energi yang diterimanya akibat impact adalah cukup dominan dalam kontribusinya pada kekuatan komposit yang diinginkan.

Pada beban dinamis didapatkan parameter energi impact yang menunjukkan sejauh mana kemampuan komposit tersebut dalam menahan dan menjaga sampai terjadinya kegagalan. Secara teori untuk mendapatkan kemampuan komposit yang maksimal harus mempunyai energi berlawanan yang sama dengan energi kinetik yang ditimbulkan dari beban dinamis, atau kemampuannya bisa mendistribusikan semua energi yang diterimanya tanpa mengalami kegagalan permanen. Dalam hal ini proses manufaktur adalah tahap yang sangat menentukan dari kelanjutan proses disain sebelumnya. Artinya, kekuatan komposit tidak semata-mata tergantung dari pemilihan material.

Sekalipun dari serat yang lemah, jika bisa menciptakan desain manufaktur yang optimal pada masing-masing komponen penyusun komposit tersebut tentu akan menghasilkan kemampuan yang luar biasa. Kemampuan serat dan matriks secara individu belum tentu sama setelah menjadi komposit, masing-masing mempunyai kontribusi searah maupun berlawanan arah dengan kemampuan komposit tersebut. Maka disini akan ditemukan titik optimal dari kemampuan masing-masing komponen penyusun tersebut. Analisa respon dinamis diharapkan dapat menganalisa semua parameter yang menentukan terhadap impact partikel berkecepatan tinggi.

Secara umum kerusakan akibat impact balistik meliputi kombinasi penggungtingan

serat, pertumbuhan retak matriks, delaminasi dan kegagalan *tensile* serat. Setelah benturan pada lapis pertama, energi proyektil cukup untuk memutuskan serat secara gungting. Proses gungting ini berlanjut pada lapisan berikutnya hingga energi benturan dari proyektil diturunkan hingga serat dapat bertahan terhadap gungtingan. Saat ini terjadi serat yang kontak dengan proyektil akan tertekan hingga menggelembung. Hal ini menyebabkan segaris matriks pecah pada lapisan tersebut yang akan mengawali pertumbuhan retak matriks pada lapisan berikutnya.

Akumulasi kerusakan bergantung juga pada kecepatan proyektil dan pada beberapa parameter lainnya seperti bentuk ujung proyektil dan massa dari proyektil sehingga tidak dapat memastikan hanya dari satu faktor. Karena energi dari impact balistik hanya berkisar di area yang kecil, maka terjadi mekanisme kerusakan tambahan yang dikenal dengan pengeboran. Hal ini disebabkan karena saat *stress* yang tinggi terjadi di titik benturan, material di sekeliling proyektil mengalami pergeseran dan terdorong maju yang menjadikan semacam lubang atau plug yang lebih besar daripada diameter proyektil tersebut dan akan semakin bertambah besar saat penetrasi terjadi lebih dalam pada komposit.

Efek yang mempengaruhi kegagalan panel komposit dalam uji impact antara lain: proses perpaduan antara polyester dengan katalis tidak merata dan prosentase perbandingannya yang tidak konsisten dan terukur secara detail, sehingga matriks yang terbentuk tidak beraksi dengan benar. Waktu dan temperatur tidak terpantau secara optimum selama *curing* antara satu laminasi dengan lapisan lainnya, di mana proses pembasahan resin terhadap serat yang tidak merata sehingga tidak semua serat dapat terikat. Ketika menerima energi distribusi *stress* dan *strain* pada resin sebagai matriks tidak merata.

### **Review Kriteria *Failure* dari Impact Partikel Berkecepatan Tinggi**

Beban impact biasanya dialami oleh struktur komposit baik dalam bentuk beban tekanan/*pressure transient* maupun beban terkonsentrasi pada satu titik seperti pada tabrakan atau beban benda jatuh. Kekuatan impact dari laminasi FRP biasanya dikarakterisasi dengan data eksperimental Izod atau Charpi pada spesimen kecil yang dibebani baik secara *in-plane* atau pada arah ketebalan.

Keterkaitan yang kuat antara kekuatan impact dengan jenis atau *type of reinforcement* harus dipahami. Secara sama juga diamati terjadi pada komposit lembaran yang diperkuat secara *bidirectionally*. Perlu dicatat bahwa GRP mempunyai kekuatan impact yang lebih tinggi dari CFRP, dikarenakan *strain* untuk *failure* pada GRP lebih tinggi dari pada CFRP sehingga menyerap lebih banyak energi. Aramid FRP laminates mempunyai modulus elastis dan *strain* untuk *failure* berada ditengah GRP dan CFRP sehingga mempunyai kekuatan impact yang medium.

Alternatif lain untuk melihat kekuatan dari komposit adalah dengan test beban. Beban impact normal pada permukaan laminasi akan menghasilkan gelombang *stress* pada *z-direction* yang kemudian direfleksikan sebagai tegangan tarik (*tensile stresses*), akan menyebabkan *delamination* (mengelupas) dan *debonding* (lepas ikatan).

Delaminasi adalah fungsi dari *interlaminar tensile* dan *shear strength* yang tergantung secara utama pada karakteristik matriks. Resin Vinylester dan Epoxy memberikan kinerja yang lebih baik dari pada polyesters.

Beberapa peningkatan pada kekuatan impact dapat dikerjakan dengan menambahkan *agen 'flexibilising'* seperti karet pada matriks material. Kekuatan impact transversal juga dapat ditingkatkan dengan resiko pengurangan kekuatan dan kekakuan pada arah *in-plane* dengan menggunakan *knitted* atau *'textured'* fiber yang mempunyai penguatan *z-direction*. Ikatan serat-matriks merupakan faktor penting dalam peningkatan penyerapan energi (melalui *delamination and fibre pull-out*) oleh karena itu peningkatan kekuatan impact dapat diasosiasikan pada beberapa kasus dengan kadar

yang rendah pada *fiber-matrix interface strength*.

Pada laminasi yang tebal, semua kekuatan impact merujuk pada beban lateral yang direaksikan oleh *bending* dan *shearing*. Pada *shell* yang tipis, yang dapat berkembang sejauh jarak beberapa kali ketebalan, beban lateral direaksikan sebagian besar oleh tegangan *tensile* membran.

### Analisis Manufaktur

Proses pembuatan (*manufaktur*) merupakan salah satu parameter yang cukup berperan dalam menentukan keberhasilan dari disain yang dikehendaki. Begitu juga bentuk (konfigurasi) struktur serat yang akan mendistribusikan *strain* energi yang diterimanya akibat impact adalah cukup dominan dalam kontribusinya pada kekuatan komposit yang diinginkan.

Pada beban dinamis didapatkan parameter energi impact yang menunjukkan sejauh mana kemampuan komposit tersebut dalam menahan dan menjaga sampai terjadinya *failure*. Secara teori untuk mendapatkan kemampuan komposit yang maksimal harus mempunyai energi berlawanan yang sama dengan energi kinetik yang ditimbulkan dari beban dinamis, atau kemampuannya bisa mendistribusikan semua energi yang diterimanya tanpa mengalami *failure* permanen. Dalam hal ini proses manufaktur adalah tahap yang sangat menentukan dari kelanjutan proses disain sebelumnya. Artinya, kekuatan komposit tidak semata-mata tergantung dari pemilihan material (*selection of material*).

Sekalipun dari serat yang lemah, jika bisa menciptakan desain *manufaktur* yang optimal pada masing-masing komponen penyusun komposit tersebut tentu akan menghasilkan kemampuan yang luar biasa. Kemampuan serat dan matriks secara individu belum tentu sama setelah menjadi komposit, masing-masing mempunyai kontribusi searah maupun berlawanan arah dengan kemampuan komposit tersebut. Maka disini akan ditemukan titik optimal dari kemampuan masing-masing komponen penyusun tersebut. Analisis respon dinamis diharapkan dapat menganalisa semua

parameter yang menentukan terhadap dampak partikel berkecepatan tinggi.

Disain iterasi tiga unsur dasar analisis respon dinamis adalah :

- 1) Deskripsi beban pada struktur
- 2) Penentuan sifat material di bawah beban dinamis
- 3) Kalkulasi respon struktur pada penggunaan beban

### Analisis Beban Dinamis dan Karakteristik Senjata

Seperti telah dibahas sebelumnya bahwa jarak penembakan sampel dengan senjata FN 46 adalah 5m sesuai standar NIJ (level III). Selanjutnya untuk level VI-A diuji dengan senapan laras panjang M16 pada jarak 100 m. Untuk senjata laras pendek alat uji penembakan adalah FN46 buatan Belgia dengan amunisi buatan PT. PINDAD jenis peluru tajam 9 mm Parabellum – 1TJ dan senjata laras panjang M16 buatan USA dengan amunisi buatan PT PINDAD jenis peluru tajam 5.56 mm MU – 4TJ (M193) lihat tabel 7.

Tabel 7. Spesifikasi amunisi yang dipakai pada eksperimen ini<sup>4</sup>

SPESIFIKASI	Peluru tajam 9mm Parabellum MU-1TJ	Peluru tajam 5.56mm MU-4TJ (M 193)
<b>PENGUNAAN</b>	Pistol dan Pistol mitraliur kaliber 9mm.	Senapan dan senapan mesin ringan kaliber 5.56mm, kisar laras 304.8 mm (12")
<b>DATA TEKNIK</b>		
Peluru lengkap.		
- Panjang max.	29.70 mm	57.40 mm
- Berat lengkap	12.33 gram	11.70 gram
<b>KOMPONEN</b>		
Pelor :		
- Berat	8 gram	3.62 gram
- Panjang max.	15.70 mm	19.17 mm
- Diameter max.	9.02 mm	5.70 mm
- Luas penampang	63.9 mm <sup>2</sup>	25.5 mm <sup>2</sup>
- Bentuk	"Bound nose", beralur, berse-lubung	"Boat-tail", beralur, berse-lubung
- Inti pelor	Load antimoon	Load antimoon
- Selubung pelor	Ms. 72	Ms. 72
- Bahan pendorong	"Smokeless powder".	"Smokeless powder".
- Longsong :	Ms. 72	Ms. 72
- Bahan	19.10 mm	44.70 mm
- Panjang max.	9.68 mm	9 mm
- Diameter leher.	10 mm	9.60 mm
- Diameter dasar.	Tipe Berdan. Non corrosive", non mercuric"	Tipe Berdan. Non corrosive", non mercuric"
- Penggalak		
<b>KARAKTERISTIK</b>		
- kecepatan V	V <sub>12.5</sub> = 380 m/s (panjang laras 200 mm)	V <sub>12.5</sub> = 989 m/s (panjang laras 560 mm)
- Tekanan gas max.	4070 kg/cm <sup>2</sup>	4070 kg/cm <sup>2</sup>
	3000 kg/cm <sup>2</sup>	jarak 100 m Max. φ 14 cm

---

Hamburan pada jarak 50 m Max.  $\phi$  14  
cm

---

### Analisis Karakteristik

Karakteristik yang akan dilakukan adalah mengukur seberapa sanggup material komposit tersebut bertahan dari kerusakan yang ditimbulkan oleh proses impak. Parameter yang didapat adalah besarnya energi impak, kekuatan lapisan komposit, kerusakan-kerusakan yang ditimbulkan dan diameter lobang penembusan proyektil serta rambatan retak pada komposit berupa foto visualisasi. Dari data tersebut dituangkan dalam bentuk grafik dan perbandingan jenis kerusakan dari hasil penembakan senjata FN46 dengan M16 dan pengaruh jarak tembak terhadap kerusakan komposit.

menunjukkan kinerja panel cukup bagus menahan laju proyektil peluru.

### KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen terhadap komposit laminasi yang terdiri dari *Glassfiber/polyester* dengan uji balistik menggunakan pistol FN pada jarak 5 m dan massa proyektil 8 gram dengan kecepatan proyektil 380 m/det. dan senapan FNC dengan kecepatan proyektil peluru 989 m/det dengan massanya 3,62 g, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- a. Panel tunggal komposit *glassfiber* hingga 32 lapis yang dipilih ternyata masih kurang dapat menahan atau menyerap energi proyektil dari uji balistik.
- b. Ternyata dengan jumlah total 16 lapis untuk panel ganda/multi (hasil penggabungan 4 buah panel tunggal 5 lapis, 4 lapis, 4 lapis, dan 3 lapis) dapat menahan laju proyektil peluru.
- c. Terdapat mekanisme impak dalam panel gabungan dalam menahan laju proyektil peluru, sehingga dengan ketebalan dan jumlah lapis relatif sama, ternyata

### DAFTAR PUSTAKA

1. J. Wang And R. Bartholomeusz<sup>1</sup>, *Journal Of Battlefield Technology*, 7, (2004)
2. B. M. Liaw, G. Zeichner And Y. X. Liu, "Impact Delamination And Fracture In Aluminum/Acrylic Sandwich Plates," *Proceedings Of The Sem Ix International Congress On Experimental Mechanics*, Orlando, Fl, (2000) 515
3. B. M. Liaw, Y. X. Liu And E. A. Villars, "Impact Damage Mechanisms In Fiber-Metal Laminates," *Proceedings Of The Sem*

## PENGUKURAN KECEPATAN PELURU MUNISI KALIBER KECIL DENGAN SISTEM KONVERSI TEKANAN

### *MEASUREMENT OF SMALL CALIBER AMMUNITION BULLET SPEED WITH CONVERTING SYSTEM PRESSURE*

Alim Senina Sinamo  
Puslitbang Iptekhan, Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No. 1, Pondok Labu, Jakarta  
dliems@yahoo.com

#### ABSTRAK

Pengukuran kecepatan peluru Munisi Kaliber Kecil (MKK) sangat dibutuhkan untuk mengetahui kecepatan peluru dari suatu munisi kaliber kecil karena tanpa mengetahui kecepatannya kita tidak dapat menghitung jarak capainya dan waktu tempuhnya ke sasaran. Alat pengukur kecepatan peluru yang menggunakan sensor dapat mengetahui kecepatan suatu peluru hanya berdasarkan perhitungan waktu tempuh suatu peluru pada jarak antara kedua sensor dari mulut laras senjata. Pada perencanaan pengukuran kecepatan peluru tersebut untuk mengetahui kecepatan suatu peluru penulis memanfaatkan lendutan pegas pada suatu plat penahan apabila terjadi tekanan oleh peluru yang menembuknya. Dari tingginya nilai lendutan pegas maka dapat diketahui bahwa gaya peluru untuk menekan plat penahan juga tinggi. Dengan menggunakan persamaan bernoulli dapat kita ketahui bahwa pada suatu benda/fluida yang mengalir dengan kecepatan yang tinggi maka pada benda atau fluida tersebut terdapat gaya yang besar pula yang juga dipengaruhi oleh luasan penampang dan rapat jenis benda tersebut. Dengan perhitungan-perhitungan pada perencanaan maka tekanan yang diterima oleh plat penahan akan menjadi beban yang diterima oleh pegas yang memiliki konstanta, sehingga dari lendutan pegas ulir tekan kita dapat menghitung gaya dan kecepatan peluru yang menekan plat penahan. Pengukuran kecepatan peluru munisi kaliber kecil (MKK) dengan sistem konversi tekanan yang direncanakan ini bermanfaat untuk penelitian-penelitian kecepatan peluru munisi kaliber kecil ditinjau dari gaya dan tekanan.

**Kata kunci:** Kecepatan Peluru, Munisi Kaliber Kecil, Konversi Tekanan

#### ABSTRACT

*Measurement speed bullet caliber munitions (MKK) is required to determine the speed of a bullet from a small caliber ammunition because without knowing the speed we can not calculate reach and latency to targets. Gauge speed bullet that uses sensors to determine the speed of a bullet is based on the travel time of a bullet in the distance between the sensor from the mouth of the barrel of a gun. In planning the measurement of the speed of the bullet to determine the speed of a bullet authors utilize spring deflection on a retainer plate when the pressure by a bullet that hit him. The high value of the deflection of the spring, it is known that the bullet to hit the retaining plate is also high. By using the Bernoulli equation can we know that in an object / fluid flowing at high speed on the object or the fluid is a great style which is also influenced by the extent of the cross and the density of the object. By his calculations on the planning of the pressure received by the retaining plate will be accepted by the load spring that has a constant, so that the deflection of the spring screw press we can calculate the force and speed of a bullet that hit the retaining plate. Measurement speed bullet caliber ammunition (MKK) with*

*conversion system pressure is planned to be beneficial to research speed bullet caliber ammunition in terms of force and pressure.*

**Keywords:** *Free Chlorine, Small Caliber Munitions, Pressure Conversion*

## PENDAHULUAN

Munisi tidak dapat dipisahkan dari kehidupan prajurit yang merupakan bagian perlengkapan untuk bertempur, senjata tanpa munisi seorang prajurit tidak dapat berbuat banyak, karena fungsi utama munisi sebagai alat penghancur musuh. Dilihat dari sejarah perkembangan dan kemajuan teknologi munisi yang semula berfungsi sebagai alat pelumpuh lawan dikembangkan fungsinya menjadi alat penghancur musuh. Dengan adanya peningkatan fungsi sebagai alat penghancur, seorang prajurit akan merasa lebih siap dalam pelaksanaan tugas operasi di lapangan. Kebutuhan akan kualitas munisi yang baik sangat dominan, terutama dihadapkan pada pesatnya alih teknologi.

Untuk itu pemilihan dan penggunaan perlu mendapatkan perhatian utama. Pemilihan yang salah atas penggunaan munisi berkualitas rendah tanpa memperhatikan spesifikasi standar teknis, dan kurangnya pengetahuan keberadaan kualitas amunisi pihak musuh, juga sangat menentukan. Apabila prajurit menggunakan munisi yang kualitasnya di bawah pihak musuh akan mempengaruhi psikologis seorang prajurit.

Amunisi merupakan alat yang berfungsi untuk merusakkan atau menghancurkan sasaran. Berdasarkan ukuran kalibernya, ukuran diameter dari amunisi dibedakan menjadi 3 yaitu amunisi kaliber kecil, sedang, dan besar. Munisi ringan/kaliber kecil (MKK) yang dapat dipakai pada senjata berdiameter lubang laras maksimal 12,7 mm dan munisi berat/munisi kaliber besar (MKB) yang dipakai pada senjata berdiameter lubang laras di atas 12,7 mm, sedangkan menurut kaliber (diameter) munisi dibagi menjadi 9 mm, 7,62 mm dan 5,56 mm. Menurut jenis/tipenya antara lain FMJ (*Full Metal Jacket*), LRN (*Long Round Nose*), JSP (*Jacketet Soft Point*), JHP (*Jacketet Holloe Point*) dan AP (*Amour Piercing*). Berdasarkan strukturnya munisi dapat dibagi menjadi peluru (Proyektil), kelongsong (*Cartridge Case*), isian dorong (*Propellant*) dan penggalak (*Primer*

*Ignier*). Namun demikian munisi yang digunakan harus memiliki persyaratan baku yaitu daya hancur tinggi, tidak peka terhadap pukulan atau tumbukan, tidak mudah terbakar, dapat disimpan dengan stabil, tidak menyerap air, dan tidak reaktif terhadap logam.

Secara teori balistik sebuah peluru dapat dihitung kecepatannya dengan menggunakan persamaan-persamaan, baik yang ada di teori balistik dalam, balistik luar dan balistik akhir. Pengukuran kecepatan peluru munisi kaliber kecil (MKK) ini dapat dipergunakan tanpa menggunakan listrik sehingga tidak mempersulit aktivitas prajurit di lapangan karena kendala.

## MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui cara pengukuran kecepatan peluru munisi kaliber kecil dengan sistem konversi tekanan sehingga pengukuran dapat digunakan dengan energi listrik dan tanpa energi listrik.

## METODA PENELITIAN

### Menghitung berat udara ( $\Delta$ )

Perjalanan peluru dihambat oleh antara lain udara yang punya berat. Makin tinggi kepadatan udara makin berkurang. Kepadatan dasar (permukaan laut) yang mempunyai suhu 15<sup>0</sup>C (59 F) tekanan 760 mmHg adalah sebesar 1,2255 kg/m<sup>3</sup>.

Besarnya tahanan udara (retardasi) tergantung Sin  $\theta$  (sudut penembakan), Kecepatan, Bentuk, Tempat, Temperatur, Kepadatan udara atau berat udara dihitung dengan persamaan (1).

$$\Delta = \frac{H - \frac{3}{8} \cdot f \cdot p}{R \cdot T} \quad (1)$$

### Koefisien Proyektil (i)

Untuk menghitung koefisien bentuk peluru (i) sebelumnya harus diketahui besarnya radius

ogive atau kelengkungan peluru (R). Untuk menghitungnya menggunakan persamaan (2).

$$N_r = \frac{R}{d} \quad (2)$$

### Koefisien Balistik (C')

Setelah nilai koefisien bentuk peluru sudah diketahui maka koefisien balistik peluru tersebut sudah dapat dihitung, adapun menghitung koefisien balistik berguna untuk mengetahui kecepatan yang hilang peluru selama dilintasannya yang dapat dipengaruhi oleh koefisien bentuk, massa peluru, diameter peluru, berat udara normal dan berat udara terukur dengan persamaan (3).

$$C' = \frac{G_p}{1000 \cdot i \cdot d^2 \cdot \frac{\Delta}{\Delta n}} \quad (3)$$

### Kecepatan Awal

Kecepatan awal ( $v_0$ ) dibutuhkan untuk mengetahui kecepatan tertinggi dari masing-masing peluru. Apabila kecepatan tertinggi tersebut diketahui maka kita akan dapat menghitung gaya terbesar yang akan diterima oleh pegas, sehingga kita dapat merencanakan pegas yang sesuai. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagaimana persamaan (4).

$$v_h = \frac{x}{C'} \cdot \frac{f(v)}{v} \quad \text{dan} \quad v_0 = v_x + v_h \quad (4)$$

Nilai  $f(v)$  dari masing-masing kecepatan dapat dihitung dengan menggunakan tabel fungsi kecepatan.

### Persamaan Bernoulli

Bila fluida yang tak dapat dimampatkan mengalir sepanjang pembuluh aliran yang penampang lintangnya tidak sama besar maka kecepatannya akan berubah yaitu dapat bertambah atau berkurang. Karena itu tentu ada gaya resultan yang bekerja terhadapnya dan ini berarti bahwa tekanan sepanjang pembuluh aliran itu berubah, walaupun ketinggiannya tidak berubah. Untuk itu titik yang ketinggiannya berbeda, perbedaan tekanan tidak hanya bergantung pada perbedaan tinggi permukaan, tetapi juga pada perbedaan antara kecepatan di masing-masing titik tersebut.

$$P_{p1} + \rho_p \cdot g \cdot y_{p1} + \frac{1}{2} \rho_{p1} \cdot v_{p1}^2 = P_{p2} + \rho_p \cdot g \cdot y_{p2} + \frac{1}{2} \rho_{p1} \cdot v_{p2}^2$$

$$P_{p1} - P_{p2} = \frac{1}{2} \rho_{p2} \cdot v_{p2}^2$$

$$P = \frac{1}{2} \rho_p \cdot v_{p2}^2 \quad (5)$$

dimana :

$$P = \frac{F_p}{A} \quad F_p = P \cdot A \quad (6)$$

Maka :

$$F_p = \frac{v_{p2}^2 \cdot \rho_{p2}}{2} \cdot A \quad \text{dan} \quad v_{p2} = \sqrt{\frac{2 \cdot F_p}{\rho_{p2} \cdot A}} \quad (7)$$

### Hidrostatika

Rapat massa suatu bahan yang homogen didefinisikan sebagai massanya per satuan volume dengan persamaan

$$\rho_p = \frac{m}{V} \quad (8)$$

### Kekekalan Momentum Linier

Apabila antara dua benda ada gaya interaksi, maka momentum tiap gaya akan berubah sebagai akibat gaya yang dikerjakan benda yang satu terhadap yang satu lagi. Selain itu, karena berdasarkan hukum ketiga Newton, yaitu gaya terhadap benda yang satu selalu sama besarnya dan berlawanan arahnya dengan gaya terhadap benda yang satu lagi, maka impuls gaya-gaya itu sama besarnya dan berlawanan arahnya. Oleh karena itu, perubahan vektor momentum salah satu benda, dalam sembarang selang waktu, sama besarnya dan berlawanan arahnya dengan perubahan vektor momentum benda yang lainnya. Jadi, perubahan netto momentum sistemnya (kedua partikel bersama-sama) sama dengan nol.

Pasangan gaya aksi-reaksi tersebut merupakan gaya dakhil sistemnya dan kita simpulkan bahwa momentum total suatu sistem yang terjadi dari sejumlah benda tidak dapat diubah oleh gaya-gaya dakhil antara benda-benda itu. Jadi, jika gaya yang bekerja terhadap benda-benda sebuah sistem hanyalah gaya dakhil (artinya, jika tidak ada gaya luar), maka besar dan arah momentum total sistem itu tetap konstan. Inilah yang disebut asas kekekalan momentum linier. Apabila tidak ada gaya luar bekerja terhadap suatu sistem, besar dan arah momentum total sistem itu akan tetap konstan. Asas kekekalan momentum merupakan salah satu asas paling dasar dalam mekanika.

Ingatlah bahwa asas ini lebih umum sifatnya daripada asas kekekalan energi mekanik, energi mekanik kekal hanya apabila gaya dakhil konservatif (kekal). Asas kekekalan momentum tetap berlaku bagaimanapun sifat gaya dakhil.

### Tumbukan tak elastis

Khusus dalam hal tumbukan tak elastik sempurna antara dua benda A dan B, berdasarkan definisi tumbukan semacam itu, maka

$$v_p 2 = v_{plat} 2 = v_2 \quad (9)$$

Apabila ini digabungkan dengan asas kekekalan momentum, didapatkan :

$$m_p \cdot v_{p1} + m_{plat} \cdot v_{plat 1} = (m_p + m_{plat}) \cdot v_2 \quad (10)$$

Dan kecepatan akhir dapat dihitung jika kecepatan awal dan massa diketahui, energi kinetik sistem sebelum tumbukan ialah :

$$E_{K1} = \frac{1}{2} m_p \cdot v_{p1}^2 + \frac{1}{2} m_{plat} \cdot v_{plat 1}^2 \quad (11)$$

Energi kinetik akhir adalah :

$$E_{K2} = \frac{1}{2} (m_p + m_{plat}) \cdot v_2^2 \quad (12)$$

Untuk kejadian khusus dalam mana benda B mula-mula diam,  $v_{B1} = 0$  dan perbandingan energi kinetik akhir terhadap energi kinetik awal ialah :

$$\frac{E_{K2}}{E_{K1}} = \frac{(m_p + m_{plat}) \cdot v_2^2}{m_p \cdot v_{p1}^2} \quad (13)$$

Masukkan rumusan untuk  $v_2$  dari persamaan di atas, maka perbandingan ini menjadi :

$$\frac{E_{K2}}{E_{K1}} = \frac{m_p}{m_p + m_{plat}} \quad (14)$$

### Pegas Ulir

Terdapat beberapa faktor yang perlu diketahui pada saat perencanaan pegas ulir berkaitan dengan penggunaannya, antara lain (a) Berapa besar lendutan yang diizinkan, (b) Berapa besar energi yang akan diserap, (c) Apakah kekerasan pegas akan dibuat tetap atau

bertambah dengan membesarnya beban, (d) Bagaimana corak beban, apakah berat, sedang atau ringan dan dengan kejutan atau tidak, (e) Bagaimana lingkungan kerjanya, korosif atau temperatur tinggi.

Dengan menaksir suatu ukuran kasar besarnya tegangan dan lendutan dapat diperiksa. Jika ternyata kekuatannya kurang atau berlebihan, maka perhitungan harus diulangi dengan mengambil ukuran lain yang diperkirakan akan mendekati ukuran yang sesuai.

Beberapa pegas mempunyai lendutan yang besarnya sebanding dengan beban. Dalam hal ini, jika ( $\delta$ ) lendutan yang terjadi pada beban ( $W_L$ ) maka akan terjadi hubungan  $W_L = k \cdot \delta$  ( $k$  adalah konstanta pegas (N/mm)).

Bila tarikan atau kompresi bekerja pada pegas ulir, besarnya momen puntir adalah tetap untuk seluruh penampang kawat yang bekerja. Untuk diameter lilitan rata-rata, besar momen puntir tersebut adalah :

$$T = \left( \frac{D_p}{2} \right) \cdot W_L \quad (15)$$

Besar momen puntir kawat adalah :

$$Z_p = \left( \frac{\pi}{16} \right) \cdot d^3 \quad (16)$$

Sehingga tegangan gesernya dapat diketahui dengan persamaan :

$$\tau = \left( \frac{T}{Z_p} \right) = \frac{16}{\pi \cdot d^3} \times \frac{D_p \cdot W_L}{2} \quad (17)$$

$$\sim \tau = \frac{8 \cdot D_p \cdot W_L}{\pi \cdot d^3} \quad (18)$$

Tegangan maksimum yang terjadi di permukaan dalam lilitan pegas ulir adalah :

$$T_a = K \cdot \frac{8 \cdot D_p \cdot W_L}{\pi \cdot d^3} \sim W_L = \frac{\pi \cdot \tau \cdot d^3}{8 \cdot K \cdot D_p} \quad (19)$$

$K$  disebut faktor tegangan dari Wahl, yang merupakan fungsi indeks pegas  $c = D_p/d$ , menurut persamaan :

$$K = \frac{4 \cdot c - 1}{4 \cdot c - 4} + \frac{0,615}{c} \quad (20)$$

Lendutan yang dapat dilakukan oleh suatu pegas dapat diketahui dengan persamaan :

$$\delta = \frac{8n.D_p^3 W_L}{d^4.G} \quad (21)$$

dengan konstanta pegas, yaitu :

$$k = \frac{G.d^4}{8n.D_p^3} \quad (22)$$

Suatu pegas apabila mendapatkan beban, maka pegas tersebut akan mengalami lendutan, lendutan tersebut dapat diketahui dengan persamaan : (Sumber : Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin, Sularso. Kiyokatsu Suga)

$$H_f - H_s = \delta_0 = \frac{W_0}{k} \quad (23)$$

Apabila pegas mengalami lendutan maka akan terdapat suatu lendutan efektif yang dapat diketahui pada beban maksimumnya dengan persamaan : (Sumber : Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin, Sularso. Kiyokatsu Suga)

$$\begin{aligned} \delta &= H_f - H_L = h + \delta_0 = \frac{W_L}{k} \\ W_L &= W_0 + k . \delta \\ \sim H_s &= H_L + \delta = H_L + \frac{(W_L - W_0)}{k} \end{aligned} \quad (24)$$

Jika pegas dimampatkan hingga menjadi padat maka panjang padat pegas, untuk jumlah lilitan mati (untuk dudukan) pada ujung-ujungnya sebanyak 1 atau 1,5 lilitan, yaitu :

$$H_c = (n + 1,5).d \quad (25)$$

Jika jumlah lilitan mati sebanyak 1, maka kelonggaran kawat untuk keadaan awal terpasang pada lendutan maksimum dapat diketahui dengan persamaan, sebagai berikut : (Sumber : Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin, Sularso. Kiyokatsu Suga)

$$C_s = \frac{H_s - H_c}{n + 1,5} \quad \sim \quad C_L = \frac{H_L - H_c}{n + 1,5} \quad (27)$$

Pegas tekan pada dasarnya merupakan kolom yang sangat lunak, jika pegas cukup

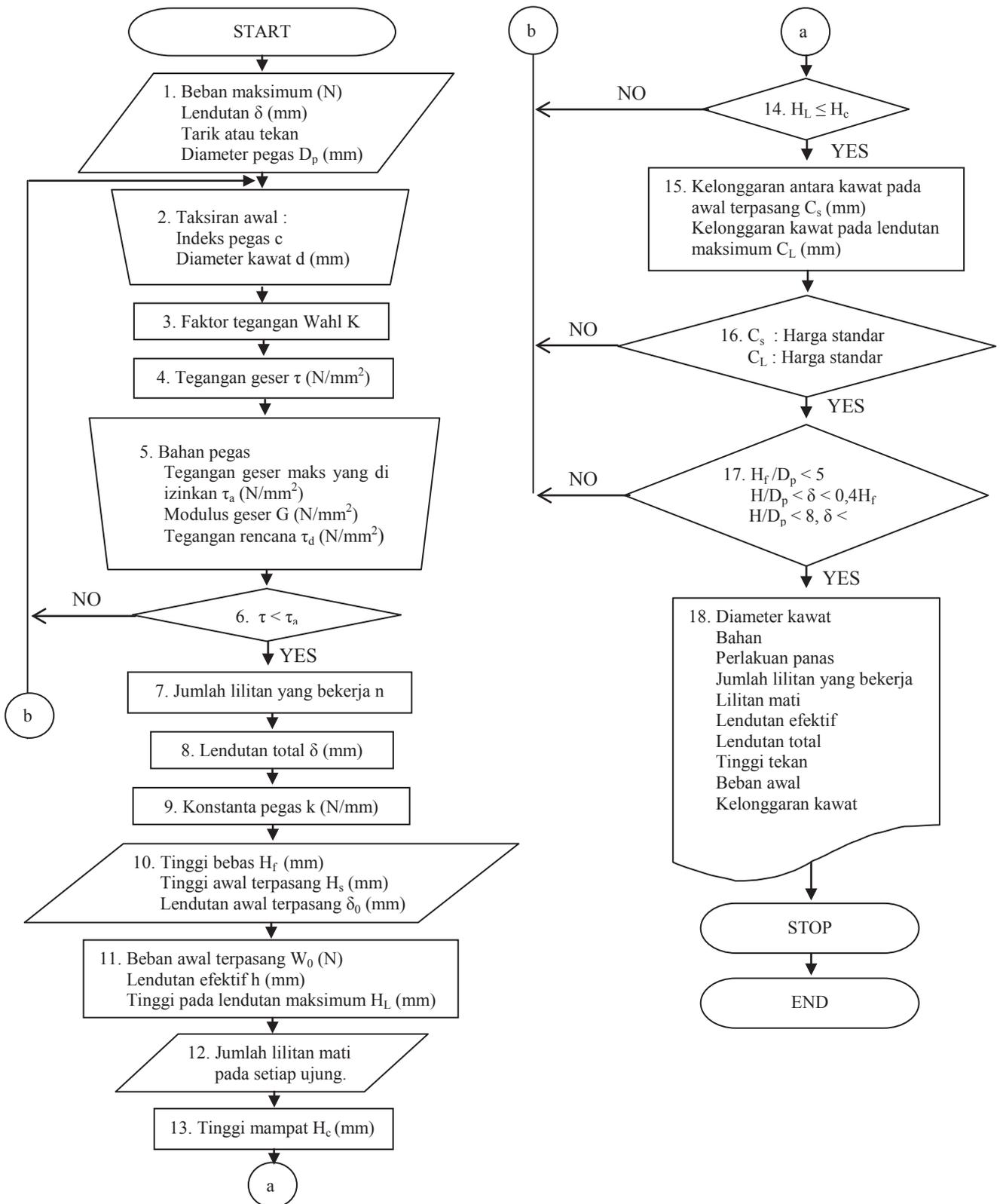
ramping, maka akan mudah terjadi tekukan. Hal ini tidak akan terjadi jika panjang bebasnya tidak lebih dari 6 kali diameter lilitan rata-ratanya dan lendutannya tidak lebih dari 40 % panjang bebasnya atau jika panjang adalah 8 kali diameter lilitan rata-ratanya dan lendutannya tidak lebih dari 20 % panjang bebasnya.

Untuk mendapatkan suatu pegas sesuai dengan kebutuhan memerlukan sistematis penggunaan rumus yang menjadi tuntunan perencanaan, maka digunakan suatu diagram alir seperti gambar 1.

Bila permukaan sebuah benda meluncur di atas permukaan benda lain, masing-masing akan saling melakukan gaya gesekan, sejajar dengan permukaan-permukaan itu. Gaya gesekan terhadap tiap benda berlawanan arahnya dengan arah gerakannya, relatif terhadap benda "lawan"nya.

Besar gaya gesekan kurang dari atau sama dengan  $\mu_s N$  bila tidak ada gerak relatif, atau sama dengan  $\mu_k N$  bila ada gerak. Untuk sepasang permukaan yang tertentu, harga maksimum  $f_s$  hampir berbanding lurus dengan gaya normal  $N$ . Jadi gaya gesekan statik sesungguhnya dapat mempunyai semua harga maksimum yang berbanding lurus dengan  $N$  atau sama dengan  $\mu_s N$ . Faktor  $\mu_s$  disebut koefisien gesekan statik, jadi :

$$N = m . g \quad \sim \quad F_s \leq \mu_s N \quad (28)$$



Gambar 1. Diagram alir kegiatan penelitian

Jadi kalau balok bergerak gaya gesekan luncur atau gesekan kinetik itu ditentukan berdasarkan  $F_k = \mu_k N$

Koefisien gesekan statik dan koefisien gesekan luncur terutama bergantung pada sifat kedua permukaan yang bersinggungan, menjadi relatif besar jika permukaan-permukaannya kasar dan kecil jika halus. Koefisien gesekan luncur sedikit berubah-ubah, tergantung dari kecepatan relatifnya.

Tabel 1. Koefisien gesekan

Bahan	Statik ( $\mu_s$ )	Kinetik ( $\mu_k$ )
Baja di atas baja	0,74	0,57
Aluminium di atas baja	0,61	0,47
Tembaga di atas baja	0,53	0,36
Kuningan di atas baja	0,51	0,44
Seng di atas besi tuang	0,85	0,21
Tembaga di atas besi tuang	1,05	0,29
Gelas di atas gelas	0,94	0,4
Tembaga di atas gelas	0,68	0,53
Teflon di atas teflon	0,04	0,04
Teflon di atas baja	0,04	0,04

Pada penelitian ini penulis menggunakan jenis penelitian non eksperimental, yaitu penelitian yang subjeknya tidak dikenai perlakuan (treatment) tetapi diukur sifat-sifatnya (variabel) tertentu. Adapun objek yang digunakan yaitu (a) Munisi kaliber 9 x 19 mm Tajam (MU-1TJ), (b) Munisi kaliber 7,62 x 51 mm Tajam (MU-2TJ)(c) Munisi kaliber 12,7 x 99 mm Tajam (MU-3TJ), (d) Munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-4TJ), (e) Munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-5TJ).

Adapun variabel yang akan diteliti terdiri dari (a) Variabel terikat, meliputi lendutan pegas ( $\delta$ ) dan kecepatan peluru ( $v$ ); (b) variabel bebas, meliputi gaya oleh peluru ( $Fp$ ), Rapat jenis peluru ( $\rho$ ), luas penampang peluru ( $A$ ), gaya gesekan gelindingan terhadap rel ( $Fs$ ), Gaya gravitasi bumi ( $g$ ), Plat baja penahan yang tidak ditembus peluru munisi kaliber kecil.

Untuk mengetahui variabel penelitian seperti yang telah disebutkan di atas, perlu melakukan pengukuran dan perhitungan dengan menggunakan *Electronica Pressure Velocity Action Time* (EPVAT).

Untuk mendapatkan variabel penelitian dilakukan beberapa prosedur, yaitu :

- Mengambil sampel peluru dari masing-masing kaliber yang dibutuhkan sebanyak 10 butir tiap jenisnya.
- Dari masing-masing peluru tersebut penulis melakukan penelitian terhadap radius jari-jari girasinya dengan menggunakan mal ukur radius girasi, setelah didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan koefisien bentuk dari peluru.
- Setelah mengetahui nilai koefisien peluru, maka penulis melakukan penimbangan massa peluru dengan menggunakan timbangan elektrik.
- Untuk mengetahui rapat jenis peluru, penulis menggunakan gelas ukur yang diisi dengan air dengan volume tertentu. Setelah diisi air maka peluru dimasukkan ke dalam gelas ukur untuk mengetahui volume peluru. Volume peluru dapat diketahui dengan adanya penambahan volume air di dalam gelas ukur tersebut, sehingga penambahan volume air tersebut adalah volume dari peluru yang telah dimasukkan ke dalam gelas ukur. Dengan persamaan Archimedes maka rapat jenis peluru dapat diketahui setelah volumenya diketahui.
- Dengan menggunakan data barometer, lembab nisbi, tekanan uap air jenuh, ketetapan gas universal dan temperatur maka kita dapat menghitung berat udara ( $\Delta$ ).
- Setelah seluruh data tersebut diketahui maka kita sudah dapat menghitung koefisien balistik dari suatu peluru.
- Dengan persamaan untuk mencari luas suatu lingkaran, maka kita dapat mengetahui luas penampang peluru karena luasan penampang peluru yang akan menumbuk plat penahan adalah luasan penampang depan yang searah dengan lintasan peluru ke sasaran.

Dalam penelitian ini digunakan beberapa peralatan sebagai berikut:

- Plat baja yang dilapisi karet. Pada pengukuran kecepatan peluru ini, dibantu dengan menggunakan plat baja yang digunakan pada kendaraan tempur tank dan dilapisi dengan karet yang diharapkan akan mencegah rekoset dan penembusan peluru sebagai sasaran dari penembakan munisi.
- Gelindingan. Untuk mengurangi gesekan yang dialami oleh plat penahan tumbukan peluru maka digunakan gelindingan pada

- tiap sudut dari plat penahan sehingga ada empat buah gelindingan.
- c. Pegas tarik. Plat baja yang dilapisi dengan plat kayu akan dikaitkan/ditahan oleh pegas tarik sebanyak empat buah pada tiap sudutnya dan pegas tersebut akan direncanakan spesifikasinya agar mampu menerima gaya tarik yang sangat besar sehingga tekanan yang diberikan peluru terhadap plat dapat ditahan oleh pegas dan masih dapat kembali pada panjangnya semula.
  - d. Tiang penyangga. Pegas yang mengaitkan karet akan dikaitkan pada tiang penyangga sebanyak empat batang dengan tinggi satu meter terbuat dari baja tahan karat dan memiliki ketangguhan tinggi yang akan menjadi pondasi terhadap bidang datar/tanah

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan gaya dorong peluru munisi terhadap pegas ulir tekan lebih perlu dilakukan daripada gaya dorong munisi kaliber lainnya karena apabila kita menentukan nilai kecepatan yang sama dari lima kaliber munisi kaliber kecil maka gaya yang paling besar dihasilkan munisi. Hal ini dilaksanakan untuk menentukan batas maksimum gaya yang akan diterima oleh pegas karena suatu pegas akan patah apabila mendapatkan gaya melebihi kemampuannya. Gaya yang diberikan peluru terhadap pegas tidak langsung diterima oleh pegas karena gaya tersebut akan lebih dahulu berkurang karena adanya tumbukan dengan sebuah plat baja yang memiliki gaya normal dan 4 buah gelindingan yang mempunyai koefisien gesek. Oleh sebab itu maka perlu dilakukan perhitungan terhadap :

- a. Gaya normal sistem penahan (plat baja, karet sintetis dan gelindingan ditambah massa peluru).
- b. Gaya gesek sistem penahan
  - Gaya peluru pada kecepatan 1010 m/det
  - Gaya yang akan diterima oleh pegas.
  - Oleh sebab itu maka perlu dilakukan perhitungan, sebagai berikut :
    - a. Perhitungan gaya normal sistem penahan (plat baja, karet sintetis dan gelindingan ditambah massa peluru).
    - b. Perhitungan gaya gesek sistem penahan.

- c. Perhitungan gaya peluru pada kecepatan 1010 m/det.
- d. Perhitungan gaya yang akan diterima oleh pegas.

Gaya total akan ditahan oleh pegas ulir tekan yang akan direncanakan, sehingga didapatkan konstanta pegas untuk alat pengukur kecepatan peluru munisi kaliber kecil (MKK). Karena gaya total yang akan diterima oleh pegas sangat besar maka pegas yang akan digunakan akan banyak pula agar mampu menerima gaya total tersebut. Adapun perhitungan yang dilakukan adalah Pegas tekan ( $D_p$ ) dan  $d$ ; Faktor tegangan Wahl ( $K$ ); Tegangan maksimum ( $\tau_a$ ); Bahan pegas baja kelas C; Jumlah lilitan yang bekerja; Lendutan total; Konstanta pegas; Jumlah lilitan mati; Tinggi mampat; Kelonggaran kawat awal terpasang dan kelonggaran kawat pada lendutan maksimum

Dari perhitungan kecepatan peluru munisi ditinjau dari lendutan pegas ulir tekan didapatkan data sebagaimana tabel 2.

Dari gambar 2 dapat diketahui lendutan pegas yang akan terjadi yaitu di antara 8,78727 mm dengan 7,78727 mm bila alat pengukur kecepatan peluru yang direncanakan pada jarak sesuai dengan data spesifikasi munisi yaitu 25 meter. Maka lendutan pegas yang terjadi untuk kecepatan pada jarak 25 meter hingga 0 meter (diujung mulut laras), sebagaimana tabel 3.

Dari gambar 4 dapat diketahui lendutan pegas yang akan terjadi yaitu diantara 1,78727 mm dengan 0,78727 mm bila alat pengukur kecepatan peluru yang direncanakan pada jarak sesuai dengan data spesifikasi munisi yaitu 25 meter. Maka lendutan pegas yang terjadi untuk kecepatan pada jarak 25 meter hingga 0 meter (diujung mulut laras) sebagaimana tabel 8.

Dari gambar 3 dapat diketahui lendutan pegas yang akan terjadi yaitu di antara 3,78727 mm dengan 2,78727 mm bila alat pengukur kecepatan peluru yang direncanakan pada jarak sesuai dengan data spesifikasi munisi yaitu 10 meter, maka lendutan pegas yang terjadi untuk kecepatan pada jarak 10 meter hingga 0 meter (di ujung mulut laras), sebagaimana tabel 6.

Dari gambar 5 dapat diketahui lendutan pegas yang akan terjadi yaitu di antara 1,78727 mm dengan 0,78727 mm bila alat pengukur kecepatan peluru yang direncanakan pada jarak

sesuai dengan data spesifikasi munisi yaitu 10 meter. Maka lendutan pegas yang terjadi untuk kecepatan pada jarak 10 meter hingga 0 meter (di ujung mulut laras), sebagaimana tabel 11.

Dari gambar 6 dapat diketahui lendutan pegas yang akan terjadi yaitu di antara 1,78727 mm dengan 0,78727 mm bila alat pengukur kecepatan peluru yang direncanakan pada jarak sesuai dengan data spesifikasi munisi yaitu 12,5 meter. Maka lendutan pegas yang terjadi untuk kecepatan pada jarak 12,5 meter hingga 0 meter (diujung mulut laras), sebagaimana tabel 14.

### KESIMPULAN

1. Dari 5 jenis munisi kaliber kecil yang akan diukur kecepatan pelurunya dengan menggunakan alat pengukur kecepatan peluru yang telah direncanakan maka munisi kaliber kaliber 12,7 x 99 mm Tajam (MU-3TJ) yang akan memberikan lendutan pegas terbesar yaitu 8,23073 mm dan munisi kaliber 9 x 19 mm Tajam (MU-1TJ) akan memberikan lendutan pegas terkecil yaitu 1,50142 mm.
2. Kecepatan peluru munisi kaliber kecil dapat diketahui dengan menggunakan alat pengukur kecepatan peluru munisi kaliber kecil (MKK) dengan sistem konversi tekanan sesuai perencanaan yang telah dilaksanakan berdasarkan perhitungan maupun secara teori.
3. Dari tiap perubahan lendutan pegas yang sangat kecil sekalipun atau dalam ukuran mikrometer akan diketahui kecepatan peluru.

### DAFTAR PUSTAKA

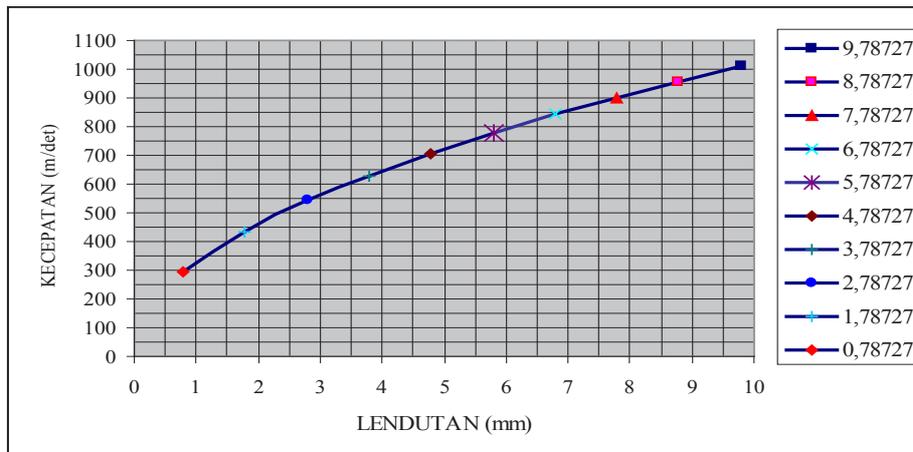
1. M. Hirt "Elemen Mesin", Cetakan Kedua, Erlangga, Jakarta, Tahun 1986.
2. Richard Vincent "Textbook Of Ballistic And Gunnery", Her Majesty's Stationary Office, London, 1987.
3. Sears. Zemansky "Fisika 1", Cetakan Pertama, Binacipta, Bandung, Tahun 1982.
4. Sularso. Kiyokatsu Suga "Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin", Cetakan Keenam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, Tahun 1978.

Tabel 2. Hasil pengujian Munisi kaliber 12,7 x 99 mm Tajam (MU-3TJ)

No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	9,78727	13981,81108	503345,199	505637,1581	1010
2	8,78727	12553,23997	451916,6389	454208,5972	957,25933
3	7,78727	11124,66887	400488,0793	402780,0377	901,43807
4	6,78727	9696,09777	349059,5197	351351,478	841,92387
5	5,78727	8267,52667	297630,9601	299922,9185	777,8695
6	4,78727	6838,95557	246202,4005	248494,3589	708,04392
7	3,78727	5410,38447	194773,8409	197065,7993	630,532621
8	2,78727	3981,81337	143345,2813	145637,2397	542,0485
9	1,78727	2553,24227	91916,72172	94208,68006	435,96075
10	0,78727	1124,67117	40488,16212	42780,12046	293,78048

Tabel 3. kecepatan peluru berdasarkan spesifikasi

No	Jarak (meter)	Kecepatan (m/det)
1	25	915
2	20	917,3166
3	15	919,63639
4	10	921,95773
5	5	924,28141
6	0	926,6074



Gambar 2. Grafik kecepatan peluru munisi kaliber 12,7 x 99 mm Tajam (MU-3TJ) Ditinjau dari lendutan pegas ulir tekan.

Tabel 4. lendutan pegas yangditembakkan dengan kecepatan sesuai spek munisi

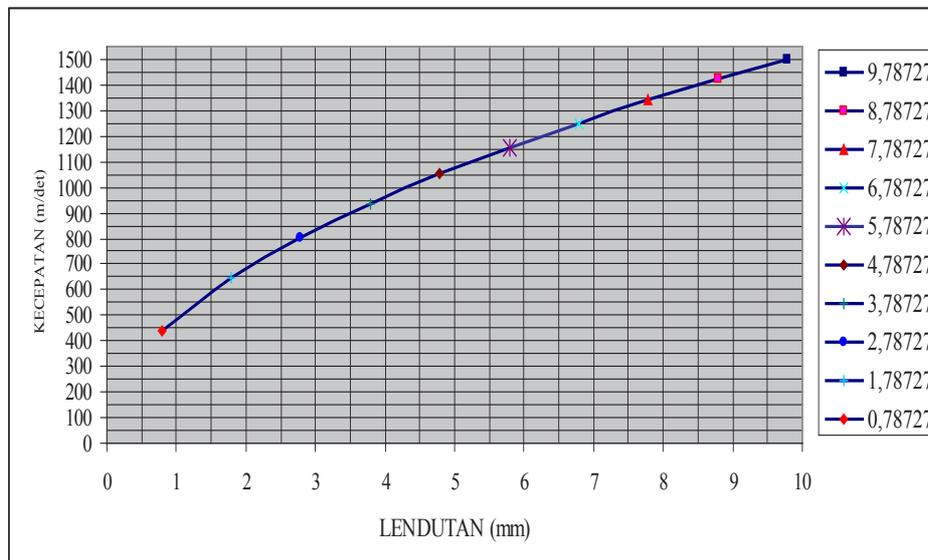
No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	8,02470	11463,85548	412698,79715	414990,75549	915
2	8,06561	11522,3002	414802,80716	417094,76550	917,3166
3	8,10668	11580,97349	416915,04563	419207,00397	919,63639
4	8,14789	11639,83432	419034,03564	421325,99398	921,95773
5	8,18923	11698,9031	421160,51175	423452,47009	924,28141
6	8,23073	11758,17952	423294,46258	425586,42092	926,6074

Tabel 5. Hasil uji Munisi kaliber 7,62 x 51 mm Tajam (MU-2TJ)

No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	9,78727	13981,81108	503345,199	505636,8994	1501,45356
2	8,78727	12553,23997	451916,6389	454208,3393	1423,04973
3	7,78727	11124,66887	400488,0793	402779,7797	1340,06651
4	6,78727	9696,09777	349059,5197	351351,2201	1251,59338
5	5,78727	8267,52667	297630,9601	299922,6605	1156,37093
6	4,78727	6838,95557	246202,4005	248494,1009	1052,56898
7	3,78727	5410,38447	194773,8409	197065,5413	937,34155
8	2,78727	3981,81337	143345,2813	145636,9817	805,80203
9	1,78727	2553,24227	91916,72172	94208,42216	648,09309
10	0,78727	1124,67117	40488,16212	42779,86256	436,72919

Tabel 6. Kecepatan peluru berdasarkan spesifikasi

No	Jarak (meter)	Kecepatan (m/det)
1	10	837
2	5	841,27009
3	0	845,55009



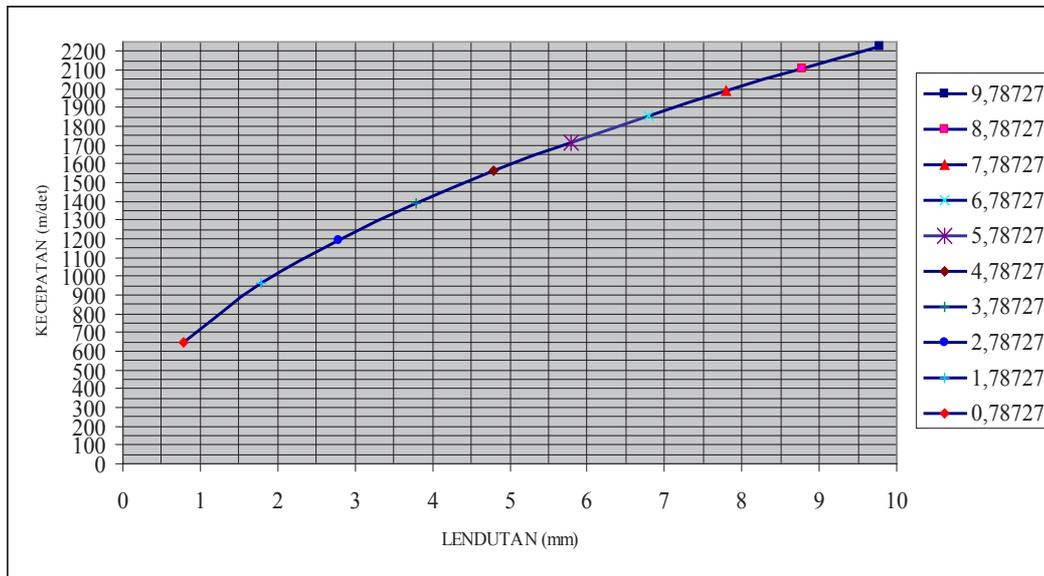
Gambar 3. Grafik kecepatan peluru munisi kaliber 7,62 x 51 mm Tajam (MU-2TJ) di tinjau dari lendutan pegas ulir tekan

Tabel 7. Hasil uji Munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-5TJ)

No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	9,78727	13981,81108	503345,199	505636,8994	1501,45356
2	8,78727	12553,23997	451916,6389	454208,3393	1423,04973
3	7,78727	11124,66887	400488,0793	402779,7797	1340,06651
4	6,78727	9696,09777	349059,5197	351351,2201	1251,59338
5	5,78727	8267,52667	297630,9601	299922,6605	1156,37093
6	4,78727	6838,95557	246202,4005	248494,1009	1052,56898
7	3,78727	5410,38447	194773,8409	197065,5413	937,34155
8	2,78727	3981,81337	143345,2813	145636,9817	805,80203
9	1,78727	2553,24227	91916,72172	94208,42216	648,09309
10	0,78727	1124,67117	40488,16212	42779,86256	436,72919

Tabel 8. kecepatan peluru berdasarkan spesifikasi

No	Jarak (meter)	Kecepatan (m/det)
1	25	915
2	20	920,55654
3	15	926,12659
4	10	931,71002
5	5	937,30669
6	0	942,91649



Gambar 4. Grafik kecepatan peluru munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-5TJ) ditinjau dari lendutan pegas ulir tekan.

Tabel 9. Lendutan pegas bila ditembakkan dengan kecepatan sesuai spek munisi

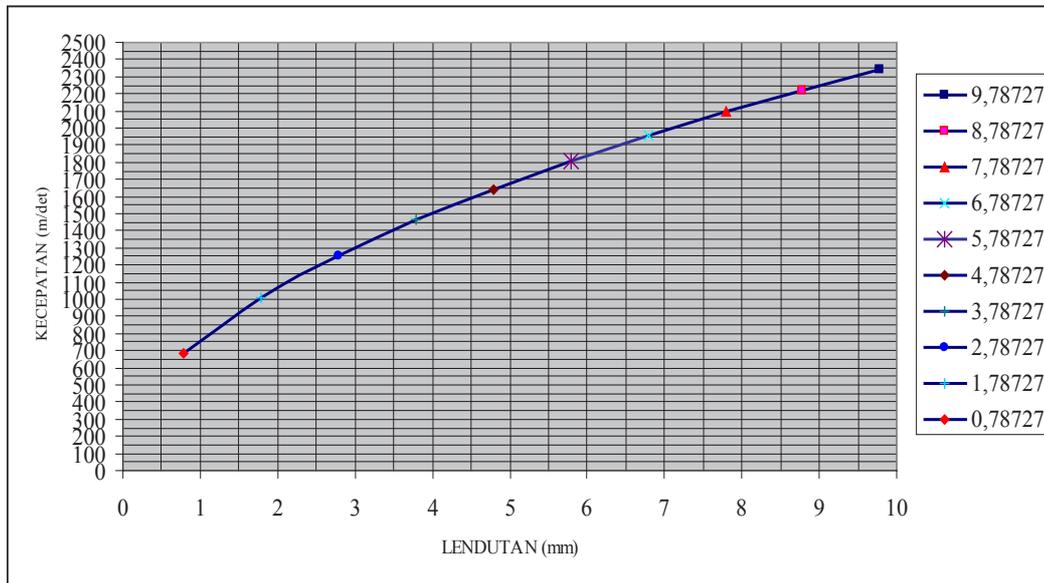
No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	1,61451	2306,444166	83031,98998	85323,65095	915
2	1,63472	2335,317501	84071,43005	86363,09102	920,55654
3	1,65511	2364,436485	85119,71347	87411,37444	926,12659
4	1,67566	2393,80171	86176,86157	88468,52254	931,71002
5	1,69639	2423,413702	87242,89329	89534,55426	937,30669
6	1,71729	2453,273133	88317,83279	90609,49376	942,91649

Tabel 10. Hasil uji Munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-4TJ)

No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	9,78727	13981,81108	503345,199	505636,8572	2344,09446
2	8,78727	12553,23997	451916,6389	454208,2971	2221,68907
3	7,78727	11124,66887	400488,0793	402779,7375	2092,13427
4	6,78727	9696,09777	349059,5197	351351,1779	1954,00852
5	5,78727	8267,52667	297630,9601	299922,6183	1805,34562
6	4,78727	6838,95557	246202,4005	248494,0587	1643,28826
7	3,78727	5410,38447	194773,8409	197065,4991	1463,39324
8	2,78727	3981,81337	143345,2813	145636,9395	1258,03151
9	1,78727	2553,24227	91916,72172	94208,3799	1011,81360
10	0,78727	1124,67117	40488,16212	42779,8203	681,82862

Tabel 11. kecepatan peluru berdasarkan spesifikasi

No	Jarak (meter)	Kecepatan (m/det)
1	10	989
2	5	995,86725
3	0	1002,75163



Gambar 5. Grafik kecepatan peluru munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-4TJ) ditinjau dari lendutan pegas ulir tekan.

Tabel 12. lendutan pegas bila ditembakkan dengan kecepatan sesuai spek munisi

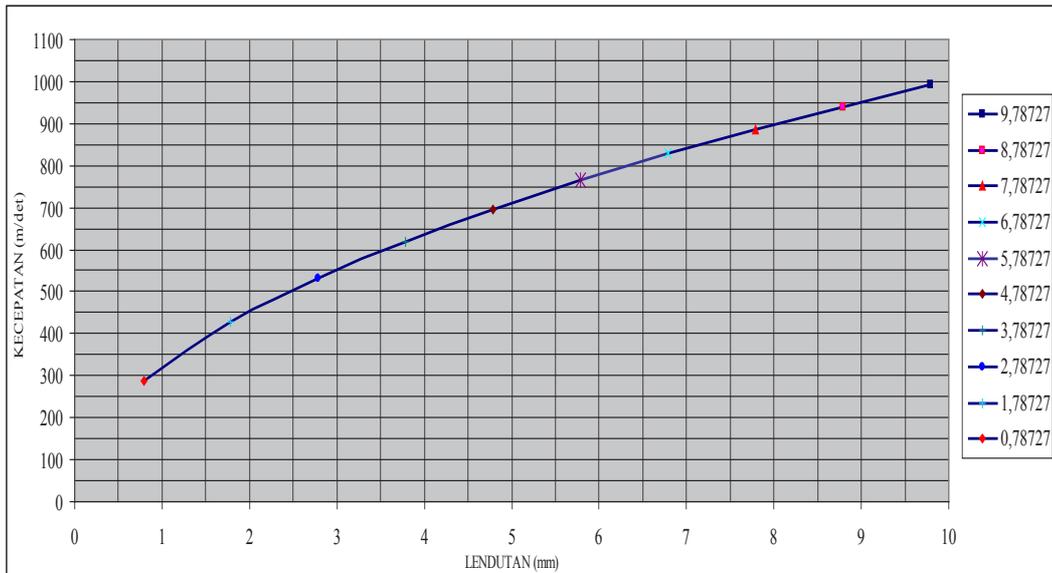
No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	1,70560	2436,564925	87716,33729	90007,99547	989
2	1,72999	2471,406704	88970,64136	91262,29954	995,86725
3	1,75460	2506,577389	90236,78601	92528,44419	1002,75163

Tabel 13. Hasil uji Munisi kaliber 5,56 x 45 mm Tajam (MU-4TJ)

No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	9,78727	13981,81108	503345,199	505636,8885	992,78527
2	8,78727	12553,23997	451916,6389	454208,3289	940,94339
3	7,78727	11124,66887	400488,0793	402779,7693	886,07355
4	6,78727	9696,09777	349059,5197	351351,2079	827,57369
5	5,78727	8267,52667	297630,9601	299922,6501	764,61107
6	4,78727	6838,95557	246202,4005	248494,0905	695,97555
7	3,78727	5410,38447	194773,8409	197065,5309	619,78532
8	2,78727	3981,81337	143345,2813	145636,9713	532,80926
9	1,78727	2553,24227	91916,72172	94208,41174	428,52956
10	0,78727	1124,67117	40488,16212	42779,85214	288,77234

Tabel 14. kecepatan peluru berdasarkan spesifikasi

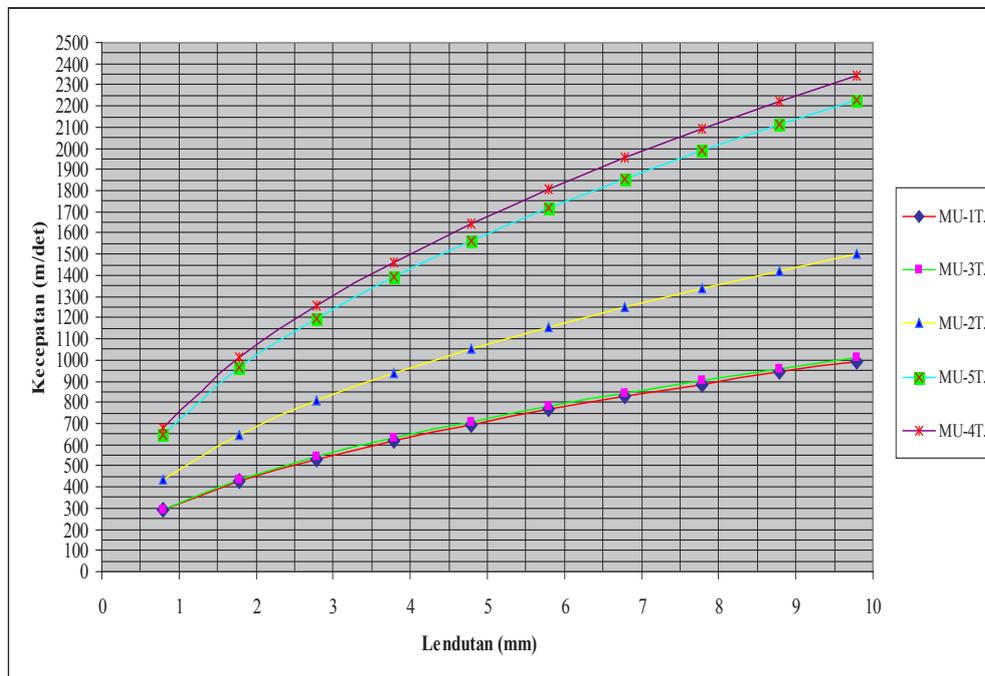
No	Jarak (meter)	Kecepatan (m/det)
1	12,5	380
2	6,25	386,71571
3	0	393,67678



Gambar 6. Grafik kecepatan peluru munisi kaliber 9 x 19 mm Tajam (MU-1TJ) di tinjau dari lendutan pegas ulir tekan

Tabel 15. Lendutan pegas bila ditembakkan dengan kecepatan sesuai spek munisi

No	$\delta$ (mm)	$W_L$ (Newton)	$F_{total}$ (Newton)	$F_p$ (Newton)	$v$ (m/det)
1	1,39587	1994,092823	71787,34163	74079,03164	380
2	1,44723	2067,468462	74428,86465	76720,55466	386,71571
3	1,50142	2144,881603	77215,73770	79507,42771	393,67678



Gambar 7. Grafik kecepatan peluru MU-3TJ, MU-2TJ, MU-5TJ, MU-4TJ dan MU-1TJ ditinjau dari lendutan pegas ulir tekan.

## PENGUJIAN *AERODINAMIKA* PADA KANOPI PAYUNG UDARA *FREE FALL* MENGUNAKAN *SOFTWARE* BERBASIS *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

### *AERODYNAMIC TESTING IN CANOPY UMBRELLA FREE FALL AIR USING SOFTWARE BASED COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS*

Heriana  
Puslitbang Alpalhan, Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu, Jakarta  
Hery\_Kemhan@yahoo.co.id

#### ABSTRAK

Analisis aerodinamika merupakan hal yang sangat penting untuk merancang benda yang menggunakan media udara untuk menghasilkan bentuk aerodinamis. Penelitian karakteristik aerodinamika ini dilakukan pada kanopi payung udara *free fall*. Dalam penelitian ini, analisis karakteristik aerodinamika dilakukan dengan cara mendistribusikan aliran pusaran (*vortex*) di sepanjang kontur kanopi untuk mendapatkan simulasi distribusi tekanan pada kontur kanopi tersebut. Tujuan dari analisis ini adalah simulasi perubahan tekanan pada kanopi dan mencari nilai koefisien gaya angkat (*Coefficient of lift*) dan Koefisien gaya hambat (*coefficient of drag*) dalam berbagai variasi sudut serang (*Angle of Attack*) yang dituangkan dalam bentuk grafik.

**Kata kunci :** ram air, tekanan, kanopi, *Coefficient of lift*, *coefficient of drag*, *cfD*

#### ABSTRACT

*Aerodynamics analysis is a very important thing to design an object that uses the medium of air to produce an aerodynamic shape. The research was conducted on the aerodynamic characteristics of the umbrella canopy air free fall. In this study, analysis of aerodynamic characteristics is done by distributing the vortex flow along the contour of the canopy to get the simulated pressure distribution on the contour of the canopy. The purpose of this analysis is the simulation of pressure changes in the canopy and look for the value of the coefficient of lift (cl) and the coefficient of drag (cd) in a variety of angle of attack (AoA) as outlined in the form of graphs.*

**Keywords:** ram air, tekanan, kanopi, *Coefficient of lift*, *coefficient of drag*, *cfD*

#### PENDAHULUAN

Payung udara *free fall* yang digunakan TNI dalam melakukan penerjunan merupakan payung udara dengan tipe *ram air parachute*. *Ram air parachute* adalah payung udara dengan kanopi berbentuk menyerupai sayap pesawat (*wing*).

Gambar 1. menunjukkan bagian bagian dari kanopi payung *free fall*. Bagian utama dari kanopi

payung *free fall* terdiri dari panel bawah (*lower surface*), panel atas (*upper surface*), *rib* (sebagai sekat) dan *stabilizer* (untuk kestabilan). Berbeda dengan sayap pesawat, kanopi *ram air* tidak memiliki tutup pada bagian depannya (*leading edge*), lubang tersebut berfungsi sebagai *inlet* (tempat masuknya udara).

### DASAR TEORI

Pada gambar 2 berlaku persamaan Bernoulli sebagai berikut:

$$p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2$$

$$p_0 = p_\infty + \frac{1}{2} \rho_\infty v_\infty^2 = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2$$

Ketika kecepatan udara mengalami stagnasi pada point B maka  $v_B = 0$  Sehingga

$$p_B + \frac{1}{2} \rho(0)^2 = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2$$

$$p_B = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2$$

Pada saat tekanan internal ( $p_{int}$ ) sama dengan tekanan di titik stagnasi maka :

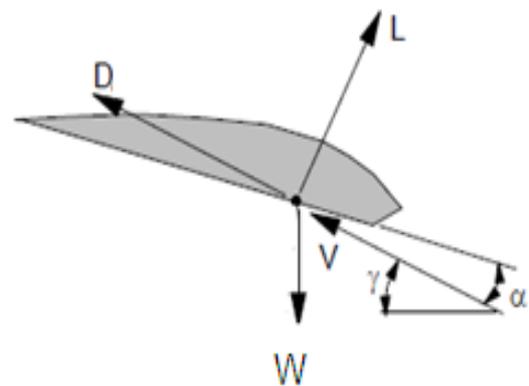
$$p_{ext} = p_0 - \frac{1}{2} \rho v_{ext}^2$$

Tetapi,

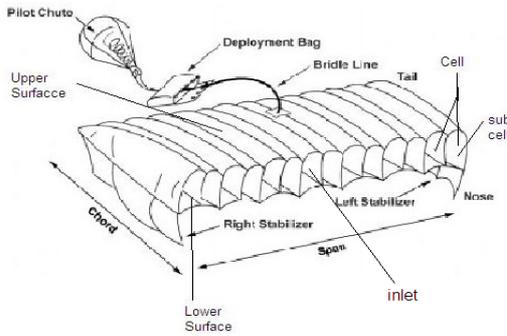
$$p_{int} = p_0$$

$$p_{ext} + \frac{1}{2} \rho v_{ext}^2 = p_0$$

Gaya yang bekerja pada kanopi terlihat pada gambar 3

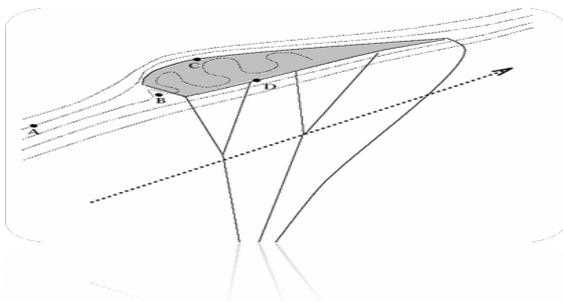


Gambar 3. Gaya-gaya yang bekerja pada kanopi payung *free fall*



Gambar 1. bagian utama kanopi payung *free fall*.

Seperti dijelaskan pada gambar 1, pada saat penerjunan, kanopi akan terbuka sehingga udara masuk melalui *inlet* mengisi ruang kosong didalam kanopi (*cell* dan *sub cell*) sehingga kanopi mengembang (*inflate*), Aliran udara yang terjebak didalam membuat kanopi seakan menjadi benda *rigid* sehingga pada waktu kanopi bergerak akan ada aliran udara yang terpisah pada bagian *leading edge* (lihat gambar 2) masing-masing mengalir pada bawah dan bagian atas. Udara yang mengalir di bawah kanopi akan memiliki kecepatan yang lebih rendah sehingga menurut hukum Bernoulli akan mengakibatkan perbedaan tekanan, di mana tekanan pada bagian bawah lebih besar daripada bagian atas. Tekanan yang lebih besar tersebut akan menghasilkan gaya angkat pada kanopi. Seperti sayap pesawat terbang, bentuk kanopi yang mengembang sempurna menghasilkan gaya aerodinamik berupa gaya angkat dan gaya hambat. Resultan dari gaya-gaya aerodinamik tersebut menimbulkan gerak arah horisontal (meluncur ke depan) dan gerak arah vertikal, berbeda dengan parasut *flat circular* (payung terjun orang *static*) yang bergerak arah vertikal saja.



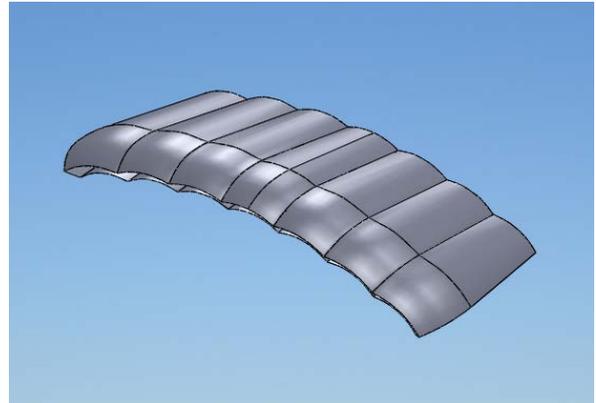
Gambar 2. Penampang melintang Payung *free fall*

## METODA PENELITIAN

Metoda elemen hingga merupakan salah satu metoda komputasi yang banyak digunakan untuk analisis struktur. Pada metode ini, prosedur perhitungan dilakukan dengan membagi suatu struktur kontinu menjadi elemen-elemen kecil. Elemen-elemen ini saling berhubungan pada titik modal membentuk suatu rangkaian yang secara keseluruhan merupakan model kontinu semula. Kesetimbangan gaya antara elemen tersebut diwakili dengan kesetimbangan gaya antara nodal yang saling berhubungan. Pendekatan klasik dalam menganalisis suatu benda solid adalah mencari fungsi tegangan dan perpindahan yang memenuhi persamaan diferensial kesetimbangan, hubungan tegangan-regangan, dan kesesuaian kondisi di setiap titik pada bidang kontinu, termasuk di daerah batas. Penyelesaiannya menghasilkan seluruh perpindahan titik nodal, yang nantinya dipakai untuk menentukan semua tegangan dalam. Tujuan utama dari analisis metode elemen hingga adalah menghitung secara akurat tegangan dan perpindahan pada suatu struktur. Metode elemen hingga pertama kali diterapkan pada masalah tegangan bidang dengan menggunakan elemen segitiga dan segiempat. Ruang lingkup penerapannya juga telah diperluas ke masalah lain seperti stabilitas dan vibrasi. Untuk pengujian aerodinamika pada kanopi payung udara *free fall*, proses pengembangan rancang bangun aerodinamika pada kanopi payung udara *free fall* dilanjutkan dengan disain awal konfigurasi payung, perhitungan awal trayektori aerodinamika payung *free fall*, simulasi sistim gaya aerodinamika berupa disain kanopi payung yang akan dimodelkan, profil *thrust* dan tekanan aerodinamika, disain komponen muatan serta simulasi distribusi tegangan dan pembuatan gambar teknik. Setelah semua persiapan selesai, proses pembuatan model dengan menggunakan software CFD sehingga mendapatkan hasil gaya aerodinamika yang terjadi pada payung udara *free fall*.

## HASIL DAN ANALISIS

Dalam analisis ini dibuat gambar dari kanopi yaitu gambar 3-dimensi dengan menggunakan *software solidwork*, sebagaimana pada gambar 4. Pada gambar 4, kanopi diasumsikan dalam keadaan mengembang (*inflatable*) gambar dari kanopi tersebut sebagai berikut .



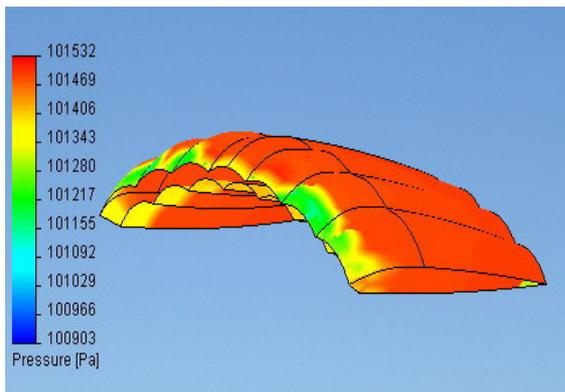
Gambar 4. Model kanopi yang akan dianalisa

Dimensi dari kanopi payung *free fall* yaitu:

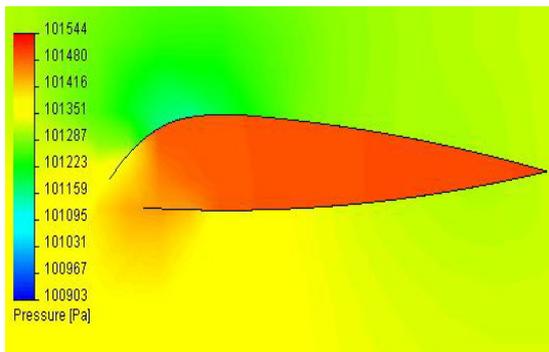
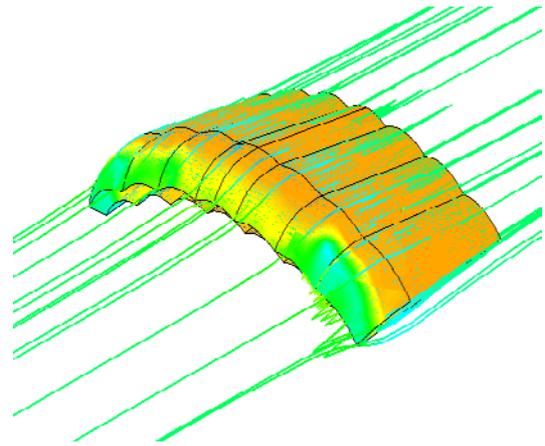
Panjang	: 7,11 m
Lebar	: 3,4 m
Luas	: 24,174 m <sup>2</sup>
Aspek rasio	: 2,09

Analisis aerodinamika menggunakan *software Solid Work, Flows Simulation* yaitu program komputasi yang berbasis CFD (*Computation Fluid Dinamyc*) untuk menganalisis aliran fluida yang mengalir pada permukaan benda sehingga dapat diketahui karakteristik aerodinamikanya apabila di beri zat alir. Pada kasus ini dilakukan beberapa *running* dengan variasi AoA yang berbeda dengan kecepatan  $V_{\text{horisontal}} = 15 \text{ m/s}$ , dan  $V_{\text{vertikal}} = 5 \text{ m/s}$ . Satu kali *running* memerlukan 75 menit, tergantung dari spesifikasi komputer yang digunakan.

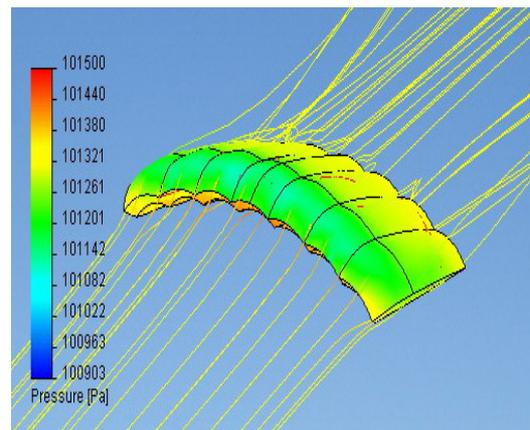
Setelah dilakukan *running* didapat hasil berupa distribusi tekanan pada kanopi yang digambarkan dengan perbedaan warna permukaan yang menggambarkan perbedaan tekanan, serta *color bars* yang merupakan harga dari tekanan.



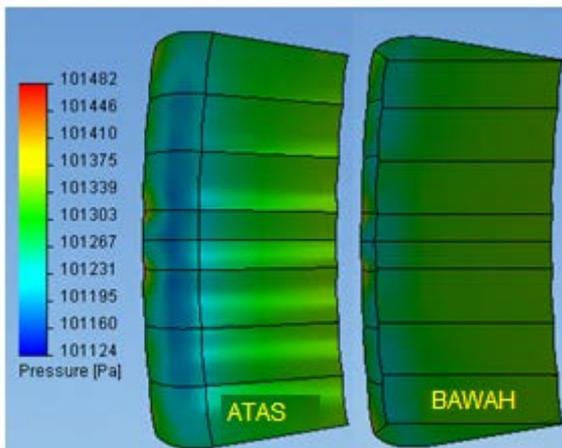
Gambar 5. kontur tekanan yang terjadi di permukaan bagian dalam kanopi



Gambar 6. Kontur tekanan pada bidang simetris dengan AoA 0°



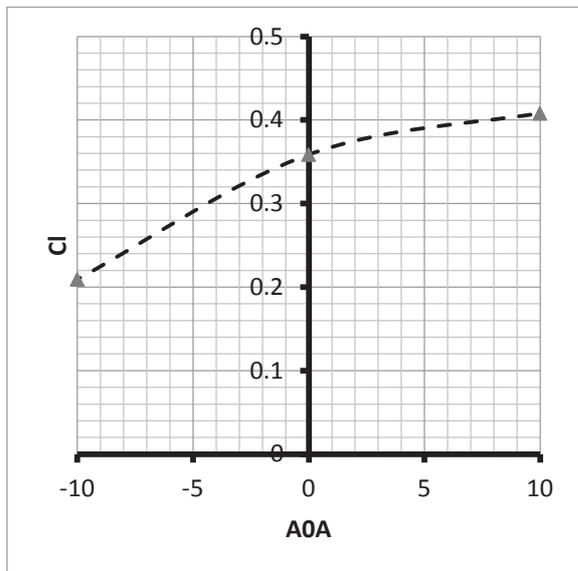
Gambar 8. Jejak aliran udara di sekitar kanopi



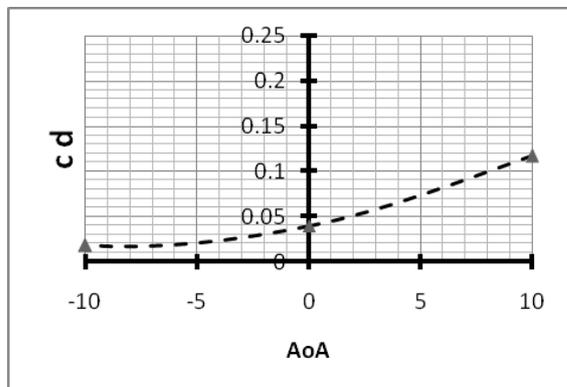
Gambar 7. kontur tekanan yang terjadi di permukaan luar atas dan bawah

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 5 dan 6 Tekanan udara yang terjadi pada permukaan bagian dalam kanopi jauh lebih besar dari pada permukaan luar kanopi hal tersebut membuat kanopi mengembang (*inflate*) sehingga membuat kanopi *rigid* seakan seperti sayap pesawat terbang. Pada gambar 7 Tekanan di permukaan luar bawah lebih besar dari pada permukaan luar atas, perbedaan tekanan tersebut menimbulkan *lift*. Pada gambar 8 terlihat adanya aliran udara yang terpisah (*separation*) pada bagian *leading edge*. Hasil dari program dapat digambarkan pada gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Grafik 1 Cl vs AoA



Gambar 10. Grafik 2 Cd vs AoA

## KESIMPULAN

Dari hasil analisa diatas dapat didapat simulasi perubahan tekanan pada bagian kanopi payung *free fall* beserta perubahan besar  $c_l$  dan  $c_d$  dalam berbagai sudut serang (AoA). Adanya perbedaan tekanan pada permukaan luar atas dan bawah tersebut mensimulasikan bagaimana cara bisa melayang-layang di angkasa.

## DAFTAR PUSTAKA

1. *Simulation and Control of Guided Ram Air Parafoils 2006*, Brent Edward Tweddle, Waterloo, Ontario, Canada,
2. *Precision aerial delivery seminar ram air parachute desigh*, J.Stephen Lingard
3. *Computational Analysis of Ram Air Parachute Canopy*, Yogesh Babbar, Aeronautical Engineering Department, Punjab Engineering College, Chandigar

**EKSEKUSI MATI WARGA NEGARA ASING TERPIDANA NARKOBA  
DALAM HUKUM POSITIF REPUBLIK INDONESIA**

***FOREIGN DRUG PRISONERS DEATH PENALTY BASE ON REPUBLIC OF  
INDONESIAN  
POSITIVE LAW***

Gerald Theodorus L.Toruan  
Puslitbang Strahan, Balitbang Kemhan  
Jl. Jati No.1, Pondok Labu, Jakarta  
theodorus\_recht@yahoo.com

**ABSTRAK**

Wilayah Indonesia yang luas terdiri dari 17.000 pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke dan jumlah populasi Indonesia yang besar sekitar 250 juta orang, bagi para peredaran narkoba adalah pasar yang luar biasa menjanjikan. Selain itu posisi strategis Indonesia yang diapit oleh 2 benua dan 2 samudera merupakan pasar yang menjanjikan bagi peredaran narkoba. Filosofi hukuman mati pada pelaku kejahatan perdagangan narkotika perlu diterapkan untuk memberikan efek psikologis kepada masyarakat agar tidak melakukan tindak pidana narkotika. Kejahatan narkotika merupakan kejahatan dengan *extremely grave consequences*, akibat buruk yang dahsyat. Hukuman mati merupakan salah satu bentuk hukuman (pidana) terberat yang diberikan kepada pelaku tindak pidana dan dijatuhkan terhadap mereka yang dianggap telah melakukan tindakan pidana yang amat berat. Adanya ancaman hukuman mati terhadap tindak pidana menimbulkan efek "jera" bagi orang lain serta memberikan ketenangan terhadap korban ataupun keluarga korban .

*Kata Kunci* : Hukuman Mati, Narkoba, Efek Jera

**ABSTRACT**

*Indonesia's Territory which wide has 17.000 islands which spread from Sabang to Merauke and Indonesia's population around 250 million peoples, for drugs dealers that's promising market. Beside that, Indonesia's strategic position which hemmed in two oceans and two continents are promising market for selling drugs. Death penalty philosophy for drugs traders is needed to implemented for gives psychological effect to society not to do drugs criminality. Drug crimes are criminal with extremely grave consequences, totally bad effect for life. Death penalty is one of the heaviest sentence which given to the criminal caster and applied for those who had been done the heaviest crimes action. A death penalty thread for the criminal has appeared wary effect for the others and also gives a calm either the victim or the family victim.*

*Keywords* : Death Penalty, Drug, Wary Effect

**PENDAHULUAN**

18 Januari 2015 yang lalu 6 orang terpidana mati menjalani eksekusi matinya di Lembaga Pemasyarakatan (Lapas) Nusa Kambangan Cilacap dan Boyolali Jawa Tengah, 5 orang

dieksekusi di Nusa Kambangan dan 1 orang di Boyolali. Keenam orang tersebut berasal dari negara Brasil, Belanda, Vietnam, Indonesia, Malawi dan Nigeria. Lima dari enam orang yang akan dieksekusi mati adalah warga negara

asing. Identitas rinci mereka adalah Marco Archer Cardoso Moreira (Brasil), Namaona Denis (Malawi), Daniel Enemuo alias Diarrassouba Mamadou (Nigeria), Ang Kiem Soei alias Kim Ho alias Ance Tahir alias Tommi Wijaya (Belanda), Tran Thi Bich Hanh (Vietnam) dan Rani Andriani alias Melisa Aprilia (WNI). Selain negara yang telah disebutkan di atas ada 8 orang terpidana mati yang sudah dieksekusi pada tanggal 29 April 2015 dan 2 orang yang masih dalam proses hukum. Mereka berasal dari negara Perancis, Ghana, Nigeria, Brasil, Filipina, Australia dan Indonesia. Mereka adalah Andrew Chan dan Myuran Sukumaran (Australia), Raheem Agbaje Salami, Silvester Obiekwe Nwaolise dan Okwudili Oyatanze (Nigeria), Zainal Abidin (Indonesia), Rodrigo Gulate (Brasil) dan Martin Anderson (Ghana) sementara itu Mary Jane Fiesta Veloso (Filipina) serta Serge Areski Atlaoui (Perancis) masih menunggu untuk dieksekusi karena masih dalam proses hukum tahap akhir.

Keempat belas narapidana tersebut telah melalui proses hukum yang panjang dan beberapa telah menghasilkan putusan hukum yang tetap (*inkracht*). Sementara itu Mary Jane Fiesta Veloso masih ditunda karena menunggu persidangan dugaan kasus perdagangan manusia di Filipina yang mengakibatkan Mary Jane menjadi korban perdagangan manusia. Selain itu Serge Areski Atlaoui saat ini masih mengajukan gugatan ke PTUN. Penerapan hukuman mati bagi terdakwa kasus narkoba, dinilai sudah sesuai dengan Undang-Undang No.35 tahun 2009 tentang narkotika. Penerapan hukuman mati bagi para terdakwa kasus narkoba, tidak bisa dikatakan melanggar HAM, sebab berdasarkan undang-undang narkotika, jelas tercantum bahwa hukuman maksimal adalah hukuman mati.

Hukuman mati di Indonesia ditentang oleh berbagai LSM pegiat HAM. Hukuman mati dianggap melanggar ketentuan hukum HAM. Hal ini karena hukuman mati dianggap telah membatasi hak untuk hidup seseorang, sedangkan hak untuk hidup merupakan hak yang tidak boleh dibatasi dalam keadaan apapun. Penjatuhan hukuman mati telah dianggap merampas hak hidup seseorang. Banyak pihak yang pro dan kontra akan perlunya hukuman mati diterapkan di Indonesia.

Pidana mati (*death penalty* atau *capital punishment*) dipahami sebagai “*the lawful infliction of death as punishment*”. Sebagai suatu bentuk hukuman, pidana mati merupakan bagian dari sistem hukum pidana (*criminal law system*) yang juga terkait dengan teori-teori pemidanaan pada umumnya (Siswanto, 2009).

Perdebatan mengenai pidana mati juga terkait dengan hak hidup yang dalam instrumen hukum internasional maupun dalam UUD 1945 masuk ke dalam kategori hak yang tidak dapat dikurangi dalam keadaan apapun (*non derogable rights*). Namun demikian, instrumen hukum internasional, khususnya ICCPR (*International Convention on Civil and Political Rights*) tidak sama sekali melarang pidana mati melainkan membatasi penerapannya.

Hal itu dalam konteks Indonesia dikukuhkan dalam putusan MK No 2-3/PUU-V/2007 yang menyatakan bahwa di masa yang akan datang perumusan, penerapan, maupun pelaksanaan pidana mati hendaklah memperhatikan empat hal penting. Pertama, pidana mati bukan lagi merupakan pidana pokok, melainkan sebagai pidana yang bersifat khusus dan alternatif. Kedua, pidana mati dapat dijatuhkan dengan masa percobaan selama sepuluh tahun yang apabila terpidana berkelakuan terpuji dapat diubah dengan pidana penjara seumur hidup atau selama 20 tahun. Ketiga, pidana mati tidak dapat dijatuhkan terhadap anak-anak yang belum dewasa. Keempat, eksekusi pidana mati terhadap perempuan hamil dan seseorang yang sakit jiwa ditangguhkan sampai perempuan hamil tersebut melahirkan dan terpidana yang sakit jiwa tersebut sembuh.

Walaupun gerakan penghapusan pidana mati sangat gencar dilakukan, masih banyak negara-negara yang mengakui dan menerapkan pidana mati. Saat ini terdapat 68 negara yang masih menerapkan praktik pidana mati, termasuk Indonesia. Sedangkan negara yang menghapuskan pidana mati untuk seluruh jenis kejahatan adalah sebanyak 75 negara. Selain itu, terdapat 14 negara yang menghapuskan pidana mati untuk kategori kejahatan pidana biasa, 34 negara yang secara *de facto* tidak menerapkan walaupun terdapat ketentuan pidana mati (Hood, 2002).

Dalam konteks Indonesia, perdebatan pidana mati memiliki makna tersendiri mengingat posisi Indonesia sebagai negara demokrasi

muslim terbesar di dunia. Perubahan hukum yang terjadi di Indonesia akan memengaruhi negara-negara berpenduduk muslim lainnya. Jika saja Mahkamah Konstitusi memutuskan bahwa pidana mati bertentangan dengan konstitusi, yang berarti penghapusan pidana mati, hal itu akan menjadi momentum penting (*turning point*) bagi penghapusan pidana mati di negara-negara berpenduduk muslim lainnya yang pada umumnya masih menerapkan pidana mati.

Namun demikian, hukum sebagai salah satu bentuk norma masyarakat serta hukum dalam arti keputusan hakim harus dipahami dalam konteks perkembangan kesadaran masyarakat. Von Savigny menyatakan bahwa hukum adalah bagian dari budaya masyarakat. Hukum tidak lahir dari suatu tindakan bebas (*arbitrary act of a legislator*), tetapi dibangun dan dapat ditemukan di dalam jiwa masyarakat. Hukum secara hipotesis dapat dikatakan berasal dari kebiasaan dan selanjutnya dibuat melalui suatu aktivitas hukum (*juristic activity*). Budaya dan kebiasaan produk dari kesadaran sejarah masyarakatnya.

Hukuman mati ialah suatu hukuman atau vonis yang dijatuhkan oleh lembaga penegak hukum kepada pelanggar yang telah melakukan pelanggaran berat. Hukuman mati merupakan hukuman terberat, karena mengeksekusi mati sang pelaku dinilai sejumlah kalangan masyarakat merupakan tindakan "keji", sebab ini sangat bertentangan dengan prinsip dasar manusia bahwa semua orang memiliki hak hidup yang sama. Hal itulah yang kemudian menjadi kontroversi di mata dunia dengan lebih melihat kepada sisi kemanusiaan serta pandangan bahwa hukuman mati melanggar HAM yang banyak dikampanyekan oleh negara-negara maju.

Berdasarkan penjelasan yang telah dijelaskan di atas maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut :

“ Bagaimanakah sikap pemerintah Indonesia terhadap negara asing yang memprotes kebijakan hukuman mati di Indonesia? “

## METODE PENELITIAN

### Tipe Penelitian

Tipe penelitian hukum ini adalah penelitian hukum normatif-empiris (Mahmud, 2006).

Penelitian hukum normatif yaitu berupa penelitian kepustakaan (*library research*) untuk memperoleh data-data berupa dokumen hukum baik yang berupa peraturan perundang-undangan, Peraturan Pemerintah, Jurnal, hasil penelitian sebelumnya, buku-buku dan tulisan-tulisan yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diteliti. Salah satu ciri dari penggunaan pendekatan normatif, yaitu melalui analisis dan kajian terhadap norma-norma terkait yang berlaku (*“existing laws and regulations”*). Pendekatan normatif ini dipandang relevan guna menilai sejauhmana norma-norma yang berlaku masih mampu mengakomodasikan perkembangan dan kecenderungan yang terjadi.

### Sifat Penelitian

Sifat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif – analitis. Penelitian yang bersifat deskriptif, pada umumnya memiliki ciri-ciri yaitu: (a) memusatkan diri pada pemecahan masalah-masalah yang ada pada masa sekarang, pada masalah-masalah yang aktual, serta (b) data yang dikumpulkan mula-mula disusun, dijelaskan kemudian dianalisa (Soekanto, 1984). Sedangkan yang dimaksud analitis adalah menggambarkan fakta-fakta yang diteliti dihubungkan dan dianalisa secara yuridis dengan menggunakan pisau analisa berupa peraturan perundang-undangan, teori ilmu hukum serta pendapat para ahli hukum sehingga dapat menuntaskan dan menjawab pokok permasalahan sebagaimana dikemukakan pada masalah penelitian.

### Tahapan Penelitian

Penelitian hukum ini dilakukan dalam 2 (dua) tahap, yaitu:

1. Penelitian Kepustakaan (*library research*)  
Penelitian kepustakaan ini dimaksudkan untuk mendapatkan data sekunder, berupa bahan-bahan hukum, yang meliputi :
  - a. Bahan hukum primer yakni : “Bahan hukum primer merupakan bahan hukum yang mengikat atau yang membuat orang taat pada hukum, seperti :
    - 1) Peraturan perundang-undangan;
    - 2) Yurisprudensi;

- 3) Traktat, konvensi yang sudah diratifikasi;
- 4) Perjanjian-perjanjian keperdataan para pihak;

b. Bahan hukum sekunder :

Bahan hukum sekunder itu diartikan sebagai bahan hukum yang tidak mengikat tetapi menjelaskan mengenai bahan hukum primer yang merupakan hasil olahan pendapat atau pikiran para pakar atau ahli yang mempelajari suatu bidang tertentu secara khusus yang akan memberikan petunjuk ke mana peneliti akan mengarah, yang dimaksud bahan hukum sekunder adalah :

- 1) Buku-buku ilmu hukum;
- 2) Jurnal ilmu hukum;
- 3) Laporan penelitian ilmu hukum;
- 4) Artikel ilmiah hukum;
- 5) Bahan seminar, lokakarya

c. Bahan hukum tersier :

Bahan hukum tersier adalah bahan hukum yang mendukung bahan hukum primer dan bahan hukum sekunder dengan memberikan pemahaman dan pengertian atas bahan hukum lainnya. Bahan hukum yang dipergunakan oleh penulis adalah Kamus Besar Bahasa Indonesia dan Kamus Hukum.

2. Penelitian Lapangan (*Field Research*)

Penelitian lapangan ini dimaksudkan untuk menunjang data sekunder yaitu dengan cara mengumpulkan, meneliti dan menyeleksi data apabila bahan yang dibutuhkan dianggap masih kurang.

### ANALISIS DATA

Dalam penelitian hukum ini, metode analisis data yang digunakan adalah analisis kualitatif. Penerapan metodologi ini bersifat luwes, tidak terlalu rinci, tidak harus mendefinisikan konsep, memberi kemungkinan bagi perubahan-perubahan manakala ditemukan fakta yang lebih mendasar, menarik, unik dan bermakna di lapangan. Metode dalam penelitian kualitatif memiliki ciri-ciri yang unik berkenaan dengan permasalahan penelitian (bermula dari pernyataan luas dan umum), pengumpulan data (fleksibel, terbuka dan kualitatif), penyimpulan temuan (induktif dan tidak digeneralisasikan).

Metode kualitatif digunakan untuk mendapatkan data yang mendalam, suatu data yang mengandung makna. Makna adalah data yang sebenarnya, data yang pasti dan suatu nilai di balik data yang tampak. Oleh karena itu, penelitian kualitatif tidak menekankan pada generalisasi, tetapi lebih menekankan pada makna. Generalisasi dalam penelitian kualitatif dinamakan *transferability*, yaitu hasil penelitian tersebut dapat digunakan di tempat lain, apabila tempat tersebut memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda (Afifuddin dan Saebani .....).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Teori Negara Hukum

Indonesia adalah negara yang berdasar atas hukum (*rechtstaat*) bukan berdasar atas kekuasaan belaka (*machtsstaat*). Hal tersebut secara tegas disebutkan dalam Pasal 1 ayat (3) Undang-Undang Dasar Negara Republik Indonesia 1945 amandemen ketiga yang menyatakan : “Negara Indonesia adalah Negara Hukum”.

Lawrence M. Friedman melihat bahwa keberhasilan penegakan hukum selalu mensyaratkan berfungsinya semua komponen sistem hukum. Sistem hukum dalam pandangan Friedman terdiri dari tiga komponen, yakni komponen struktur hukum (*legal structure*) merupakan kerangka, bagian yang tetap bertahan, bagian yang memberikan semacam bentuk dan batasan terhadap keseluruhan instansi-instansi penegak hukum (Friedman, 2012).

Menurut Friedman, agar hukum dapat bekerja, harus dipenuhi tiga syarat, yaitu pertama, aturan itu harus dapat dikomunikasikan kepada subjek yang diaturnya; kedua, subjek yang diaturnya mempunyai kemampuan untuk melaksanakan aturan itu; ketiga, subjek itu harus mempunyai motivasi untuk melaksanakan aturan itu. Berdasarkan pandangan tersebut dapat dikemukakan bahwa pembentukan ketentuan hukum atau pembaruan hukum bukan sekedar pembaruan substansi hukumnya, melainkan pembaruan orientasi dan nilai-nilai yang melandasi aturan hukum tersebut (Marzuki, 1975).

Komponen substansi hukum (*legal substance*) merupakan aturan-aturan, norma-norma dan pola perilaku nyata manusia yang berada dalam sistem itu termasuk produk yang

dihasilkan oleh orang yang berada di dalam sistem hukum itu, mencakup keputusan yang mereka keluarkan atau aturan baru yang mereka susun dan komponen budaya hukum (*legal culture*) merupakan gagasan-gagasan, sikap-sikap, keyakinan-keyakinan, harapan-harapan dan pendapat tentang hukum.

Substansi hukum dalam wujudnya sebagai peraturan perundang-undangan, telah diterima sebagai instrumen resmi yang memperoleh aspirasi untuk dikembangkan yang diorientasikan secara pragmatis untuk menghadapi masalah-masalah sosial yang kontemporer. Dalam kaitan tersebut, maka ditetapkan Undang-Undang No 35 tahun 2009 tentang Narkotika. Pasal 4 Undang-Undang tersebut bertujuan untuk :

1. Menjamin ketersediaan narkotika untuk kepentingan pelayanan kesehatan dan/atau pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.
2. Mencegah, melindungi dan menyelamatkan bangsa Indonesia dari penyalahgunaan narkotika.
3. Memberantas peredaran gelap narkotika dan prekursor narkotika dan;
4. Menjamin pengaturan upaya rehabilitasi medis dan sosial bagi penyalah guna dan pecandu narkotika.

Seperti yang sudah disebutkan di atas bahwa Indonesia adalah negara hukum, oleh karena itu penegakan hukum harus terus berjalan. Penegakan hukum terhadap peredaran narkoba di Indonesia diatur di dalam hukum positif Indonesia.

Penegakan hukum adalah proses dilakukannya upaya untuk tegaknya atau berfungsinya norma-norma hukum secara nyata sebagai pedoman perilaku dalam lalu lintas atau hubungan-hubungan hukum dalam kehidupan bermasyarakat dan bernegara. Ditinjau dari sudut subjeknya, penegakan hukum itu dapat dilakukan oleh subjek dalam arti yang terbatas atau sempit. Dalam arti luas, proses penegakan hukum itu melibatkan semua subjek hukum dalam setiap hubungan hukum.

Pengertian penegakan hukum itu dapat pula ditinjau dari sudut obyeknya, yaitu dari segi hukumnya. Dalam hal ini, pengertiannya juga mencakup makna yang luas dan sempit. Dalam arti luas, penegakan hukum itu mencakup pula

nilai-nilai keadilan yang terkandung di dalamnya bunyi aturan formal maupun nilai-nilai keadilan yang hidup dalam masyarakat.

## Hukum Positif Indonesia

Dalam hukum pidana Indonesia dikenal ada bermacam-macam penjatuhan sanksi pidana. Salah satu sanksi yang paling berat adalah pidana mati. Pidana mati diberikan dalam rangka untuk menghukum pelaku kejahatan yang dianggap tidak bisa kembali ke masyarakat karena kejahatan yang mereka lakukan termasuk dalam kualifikasi *serious crimes*. Pidana mati di samping sebagai hukuman yang paling berat juga merupakan hukuman yang sangat menakutkan bagi terpidana yang sedang menanti eksekusi.

Indonesia adalah salah satu negara yang masih memberlakukan hukuman mati sebagai salah satu cara untuk menghukum seseorang yang terbukti melakukan sebuah tindak pidana. Dalam hukum Indonesia, ancaman hukuman mati diatur dalam :

1. Kitab Undang Undang Hukum Pidana pasal 340 (untuk tindakan pembunuhan berencana)
2. Pasal 59 (2) UU No 5 tahun 1997 tentang Psikotropika
3. Pasal 2, UU No. 31 tahun 1999 tentang Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi
4. PERPU No. 1 tahun 2002 yang disahkan menjadi UU melalui UU No. 15 tahun 2003 tentang Pemberantasan Tindak Pidana Terorisme pasal 6 dan 9,
5. Pasal 36 dan 37 UU No. 26 tahun 2000 tentang Pengadilan HAM
6. Pasal 113, 114, 116, 118, 121 UU No. 35 tahun 2009 tentang Narkotika,

Hukuman mati merupakan salah satu bentuk hukuman (pidana) terberat yang diberikan kepada pelaku tindak pidana dan dijatuhkan terhadap mereka yang dianggap telah melakukan tindakan pidana yang amat berat. Adanya ancaman hukuman mati terhadap tindak pidana menimbulkan efek “jera” bagi orang lain serta memberikan ketenangan terhadap korban ataupun keluarga korban .

Undang-undang Nomor 35 Tahun 2009, tidak hanya mengatur pemberantasan sanksi pidana bagi penyalahgunaan narkotika saja,

tetapi juga bagi penyalahgunaan precursor narkotika untuk pembuatan narkotika. Pengaturan sanksi pidana ini diwujudkan dalam bentuk pidana minimum khusus, pidana penjara 20 tahun, pidana penjara seumur hidup, maupun pidana mati yang didasarkan pada golongan, jenis, ukuran dan jumlah narkotika, dengan harapan adanya pemberatan sanksi pidana ini maka pemberantasan tindak pidana narkotika menjadi efektif.

Hukuman mati diberikan dalam rangka untuk menghukum pelaku kejahatan yang dianggap tidak bisa kembali ke masyarakat karena kejahatan yang mereka lakukan termasuk ke dalam kualifikasi kejahatan yang sangat serius (*extraordinary crimes*).

Penegakan hukum terhadap tindak pidana narkotika, telah banyak dilakukan oleh aparat penegak hukum dan telah banyak mendapat putusan hakim di sidang pengadilan. Penegakan hukum ini diharapkan mampu sebagai faktor penangkal terhadap merebaknya peredaran perdagangan narkotika, tetapi dalam kenyataannya justru semakin intensif dilakukan penegakan hukum, semakin meningkat pula peredaran perdagangan narkotika tersebut.

Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP) yang masih berlaku di Indonesia, merupakan warisan Belanda. Sampai saat ini ketentuan pidana mati masih berlaku karena ketentuan Pasal 10 KUHP belum dilakukan perubahan. Dalam Pasal 10 KUHP, jenis pidana dibedakan menjadi 2, yaitu pidana pokok dan pidana tambahan. Pidana pokok terdiri dari pidana mati, pidana penjara, pidana kurungan dan pidana denda. Sedangkan pidana tambahan terdiri dari; pencabutan beberapa hak yang tertentu; perampasan barang yang tertentu; dan pengumuman putusan hakim.

Pidana mati di dalam hukum positif Indonesia merupakan pidana pokok. Setidaknya terdapat 10 (sepuluh) tindak pidana dalam KUHP yang diancam dengan pidana mati. Tindak pidana tersebut terdapat dalam pasal 104, pasal 111 ayat (2), pasal 124 ayat (3), pasal 140 ayat (4), pasal 340, pasal 365 ayat (4), pasal 444, pasal 124, pasal 127, pasal 129 dan pasal 368 ayat (2).

### **Indonesia Darurat Narkotika**

Wilayah Indonesia yang luas yang terdiri dari 17.000 pulau yang tersebar dari Sabang sampai

Merauke dan jumlah populasi Indonesia yang besar sekitar 250 juta orang bagi pasar narkoba adalah pasar yang luar biasa menjanjikan. Selain itu posisi strategis Indonesia yang diapit oleh 2 benua dan 2 samudera merupakan pasar yang menjanjikan bagi peredaran narkoba.

Ribuan pulau yang tersebar yang dimiliki Indonesia dimanfaatkan menjadi titik masuk yang strategis bagi pengedar narkoba untuk memasukkan barang haram tersebut ke dalam wilayah Indonesia. Setelah banyak digagalkan melalui bandara-bandara yang ada oleh para penegak hukum Indonesia, para pengedar itu saat ini mengalihkan rute pasokan barang melalui daerah perbatasan baik itu darat maupun laut.

Para pengedar narkoba itu tak masuk ke dalam wilayah Indonesia begitu saja. Sebelum memasok anggota mereka terlebih dahulu mempelajari dan menyelidiki situasi baik keamanan, personal, hukum dan perundang-undangan negara Indonesia, bahkan peralatan yang dimiliki oleh aparat penegak hukum Indonesia.

Modus yang mereka lakukan adalah dengan cara menyamar dan berbaur dengan masyarakat sekitar, misalnya sebagai nelayan yang rutin melaut untuk memancing dan menangkap ikan, dan sebagainya. Tindakan yang paling sering dilakukan adalah dengan cara menikahi wanita-wanita setempat agar tidak dicurigai dan bisa berbaur secara sosial. Dari anggotanya yang menyamar itulah para pengedar itu mendapatkan pasokan informasi yang penting untuk membuat strategi pemasaran barang haram ke Indonesia. Aktivitas penyamaran dan peredaran ini dilakukan selama bertahun-tahun, sehingga para pengedar itu berhasil “panen raya” dari hasil kerja keras itu dalam waktu beberapa tahun belakangan ini ([www.kompasiana.com](http://www.kompasiana.com), 2015).

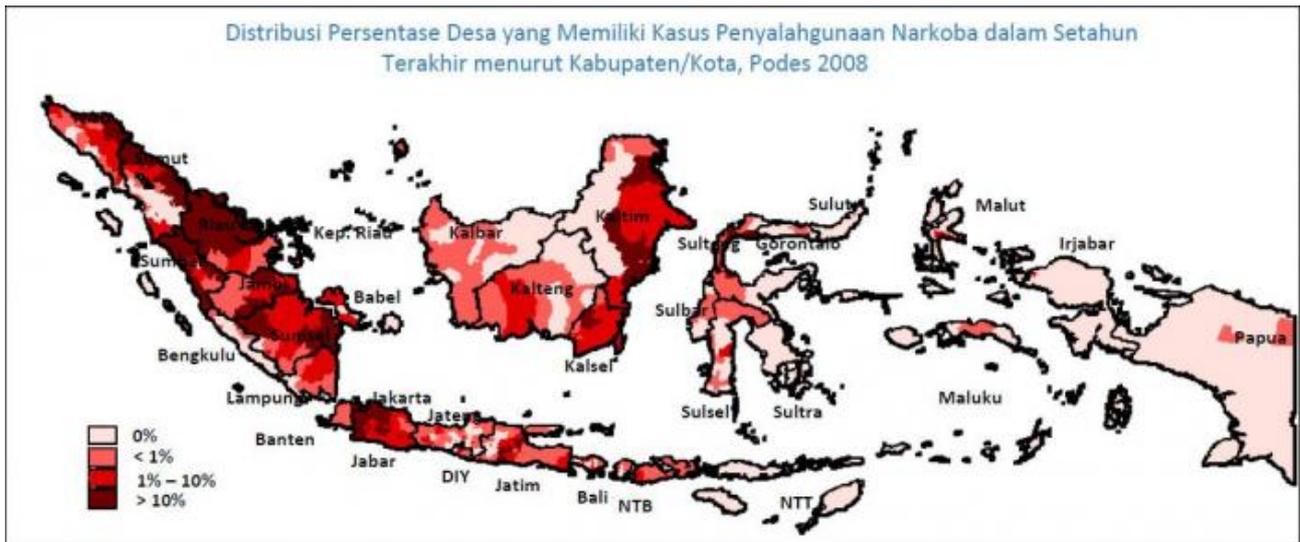
Menurut Kabag Humas BNN Sumirat Dwiyanto pada 19 Januari 2015 dalam acara Primetime Talk di Berita satu TV, serbuan mafia narkoba ke wilayah Indonesia mencatat transaksi barang haram itu sekitar total 48 triliun. Transaksi yang fantastis. Bandingkan dengan keseluruhan transaksi yang terjadi di ASEAN yang sejumlah 160 triliun. Para mafia narkoba yang berasal dari Indonesia sendiri, juga Malaysia, Australia, Iran, Perancis, Taiwan, Nigeria dan lain-lain. Para mafia

tersebut berpesta pora dengan total peredaran sebesar 30% hanya ada di Indonesia.

Menurut penjelasan pangamat hukum Asep Iwan Iriawan, para mafia itu berpikir bahwa vonis hukuman di Indonesia adalah hukuman yang ringan dan seumur hidup, hukuman mati di Indonesia hanya di atas kertas. Hukuman mati hanya berlaku untuk kejahatan teroris dan pembunuhan berencana. Bahkan di dalam penjara pun para mafia yang tertangkap dan

diputus hukuman mati pun masih bisa mengendalikan dan menjalankan bisnis narkoba. Tak ada eksekusi mati di Indonesia. Itu pikiran mafia terhadap hukum yang berlaku di Indonesia.

Berikut ini ditampilkan grafik dan peta penyebaran narkoba serta kasus-kasus narkoba yang pernah ada di Indonesia:

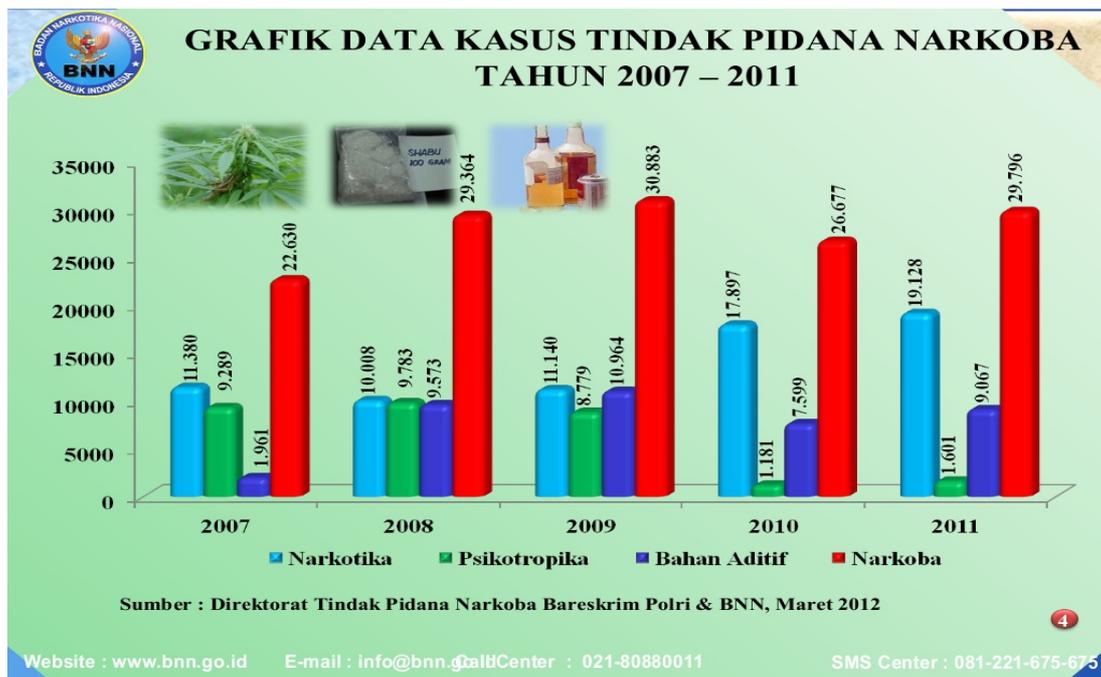


Gambar 1. Peta Penyebaran Kasus Narkoba dalam Setahun (Sumber: <http://asutrisna.files.wordpress.com>)

Tabel 1. Tersangka Narkoba Berdasarkan Jenis Kelamin dan Kewarganegaraan

No	Kewarga negara	Jenis kelamin	Tahun									
			2008		2009		2010		2011		2012	
			Abs	%								
1.	WNI	LK	41,257	92,48	35,193	91,90	30,503	91,50	32,892	89,94	32,255	90,8
		PR	3,356	7,52	3,102	8,1	2,835	8,5	3,679	10,06	3,269	9,2
2.	WNA	LK	88	89,8	93	84,55	132	83,02	138	85,71	103	88,79
		PR	10	10,20	17	15,45	27	16,98	23	14,29	13	11,21

Sumber: Badan Narkotika Nasional dan Polri, 2013



Gambar 2. Data kasus tindak pidana narkoba tahun 2007 - 2011

Berdasarkan dari data di atas bisa dilihat bahwa dari tahun ke tahun kasus peredaran narkoba di Indonesia menunjukkan adanya peningkatan. Badan Narkotika Nasional (BNN), melansir data bahwa perkiraan pengguna narkoba pada tahun 2015 ini akan meningkat tajam. Diperkirakan pengguna narkoba di 2015 akan mencapai 5,1 juta orang. Pada 2014 sendiri, BNN mencatat pengguna narkoba di Indonesia sebanyak 4,7 juta orang.

Berkaitan dengan penegakan hukum terhadap tindak pidana narkoba, eksekusi terhadap 6 terpidana mati yang telah dilakukan pada tanggal 18 Januari 2015 yang lalu, merupakan bagian dari politik hukum nasional yang berkaitan dengan penerapan hukum positif. Keputusan Presiden Joko Widodo untuk menolak permohonan Grasi 6 (enam) terpidana mati tindak pidana narkoba, menyelesaikan proses peradilan sehingga putusan pengadilan memiliki kekuatan hukum tetap dan menjadi landasan dari proses hukum eksekusi pidana mati.

### Hubungan Diplomatik Indonesia dengan Negara Terpidana Mati

Australia, Brasil, Perancis, dan Belanda bereaksi keras terhadap eksekusi hukuman mati warganegaraanya terpidana mati narkoba. Reaksinya berskala, mulai dari bahasa himbauan diplomatik ke bahasa yang sudah bernada “ancaman”, yang intinya memberi

pengaruh agar Indonesia mengurungkan niatnya mengeksekusi warganya. Indonesia sampai saat ini bergeming dan tetap melanjutkan proses hukum ini, baik Presiden maupun Menlu RI telah tegas menyatakan ketegasannya bahwa hukum positif Indonesia harus ditegakkan.

Ketegasan Presiden Jokowi yang ditunjukkannya beberapa bulan sejak menjabat sebagai Presiden. Presiden menolak grasi pelaku kejahatan narkoba, bahkan hukuman mati segera diterapkan begitu grasi diputuskan. Permohonan ampun dengan alasan kemanusiaan telah diajukan oleh Presiden Brasil Dilma Rousseff terhadap warga negaranya, namun ditolak oleh Presiden Jokowi. Eksekusi mati terpidanan mati narkoba warga negara Brasil Marcho Archer Cardoso Moreira tetap dilaksanakan, karena seluruh proses hukum sudah dilalui oleh Marco ([www.kompasiana.com](http://www.kompasiana.com) 2015).

Demikian juga halnya upaya permohonan Raja Belanda untuk warganya, Ang Kiem Soei, Presiden Jokowi tetap tidak mengindahkan permintaan Raja Belanda tersebut. Presiden Jokowi lebih memilih untuk menjalankan undang-undang dalam menghukum mati pelaku kejahatan narkoba, kejahatan luar biasa yang mempunyai konsekuensi dan dampak yang dahsyat pada 4.5 juta rakyat Indonesia. Kedua negara itu pun pada akhirnya menarik Dubesnya dari Jakarta.

Filosofi hukuman mati pada pelaku kejahatan perdagangan narkoba perlu diterapkan untuk memberikan efek psikologis kepada masyarakat agar tidak melakukan tindak pidana narkoba. Kejahatan narkoba merupakan kejahatan dengan *extremely grave consequences*, akibat buruk yang dahsyat.

Protes yang dilakukan oleh negara Australia, Brasil dan Belanda adalah suatu hal yang wajar, mereka melakukan hal tersebut karena melindungi warga negaranya. Menjadi tidak wajar apa yang dilakukan mereka dengan menarik duta besarnya kembali ke negara asal dan menolak untuk menerima surat kepercayaan (*credential letter*) dari negara pengirim.

Presiden Dilma Rousseff berhak menolak surat kepercayaan Duta Besar RI, namun cara penolakan sarat dengan "itikad buruk". Permasalahannya adalah Duta Besar RI sudah direncanakan untuk diacarakan dan diatur oleh protokol negara untuk penyerahan surat kepercayaan dan telah berada di Istana Presiden bersama para Duta Besar asing lainnya. Sampai pada akhirnya Presiden Rousseff "tiba-tiba" menolaknya.

Menlu Indonesia mengatakan bahwa tindakan Brasil telah melanggar Konvensi Wina 1961 tentang Hubungan Diplomatik. Pasal 29 Konvensi ini mewajibkan setiap negara penerima untuk memperlakukan setiap Duta Besar secara terhormat dan mencegah adanya serangan terhadap kehormatannya. Menjaga kehormatan korps diplomatik adalah kewajiban negara setempat sesuai pasal 29 Konvensi dan lingkungannya, termasuk larangan untuk mempermalukan diplomat (*embarrassing or offending*; Brownlies Principle of Public International Law).

Ekpresi kekecewaan negara atas kebijakan negara lain sebenarnya sudah menjadi hal yang biasa dalam hubungan internasional. Semua negara pasti akan mengambil langkah perlindungan terhadap warganegaranya yang mengalami persoalan hukum di luar negeri.

Menlu RI secara sistematis telah memaparkan posisi tegas negara Indonesia. Pertama, hukum internasional masih membuka ruang untuk adanya hukuman mati (Pasal 6 ICCPR). Kedua, UU nasional yang dikuatkan oleh Mahkamah Konstitusi masih menjustifikasi hukuman ini. Ketiga, proses hukuman mati WN Australia sudah melalui proses hukum yang

lengkap dalam arti, kedua WN ini menikmati semua jalur hukum yang disediakan oleh hukum Indonesia. Keempat, dan ini yang terpenting, Indonesia sedang dalam krisis narkoba. *Survival*-nya sedang terancam akibat narkoba. Debat lain, soal sifatnya yang barbar, moralitas, keberadaban dan lain-lain, tentu juga sah namun tidak menjadikan Indonesia salah di mata internasional (tidak *internationally wrongful act*).

Beda halnya dengan aksi yang dilakukan oleh Australia, lewat berbagai macam cara Australia berusaha untuk menggagalkan eksekusi mati warga negaranya. Mulai dari protes langsung, kemudian melalui bantuan Sekjen PBB, mengungkit bantuan kemanusiaan saat Tsunami, hingga yang terakhir adalah ancaman pembongkaran kecurangan saat Pemilu.

Aksi-aksi yang dilakukan oleh pihak Australia adalah sudah tidak wajar, mereka melakukan segala cara yang dianggap sudah melampaui batas. Intervensi negara Australia ke hukum Indonesia sudah tidak dapat diterima. Menurut ketentuan hukum yang ada di Indonesia, seorang warga negara yang sudah divonis oleh pengadilan masih dapat melakukan tindakan hukum lanjutan mulai dari banding, kasasi, peninjauan kembali hingga permintaan grasi (pengampunan) kepada kepala negara sudah dilakukan dan semuanya itu sudah berketentuan hukum tetap.

Dalam kasus Andrew Chan dan Myuran Sukumaran, Australia melalui perwakilannya sudah mendampingi dan memberikan bantuan hukum kepada warga negaranya yang terlibat kasus narkoba. Perlindungan konsuler diberikan oleh perwakilan negara melalui pejabat konsulernya. Pejabat konsuler ini akan melakukan advokasi terhadap warga negaranya serta memastikan bahwa warga negaranya memperoleh hak-hak hukum serta menjalani proses hukum sesuai hukum acara yang ada di Indonesia.

## KESIMPULAN

1. Hukuman mati di Indonesia terhadap terpidana mati kasus narkoba merupakan sesuatu yang sah menurut hukum positif yang berlaku di Indonesia dan juga menurut ketentuan hukum internasional.

2. Mengupayakan pembebasan dari hukuman mati merupakan upaya yang sah menurut hukum, Indonesia mengatur tentang upaya hukum yang dapat dilakukan oleh seorang terpidana untuk meminimalisir hukuman.
  3. Indonesia tidak melarang upaya Australia untuk melakukan upaya terbaik mereka dalam rangka membebaskan para warga negaranya dari hukuman mati di Indonesia, tetapi upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Australia sudah di luar batas dan sudah tidak sesuai lagi dengan hukum diplomatik.
  4. Tindakan Presiden Brasil menolak surat kepercayaan Dubes Indonesia untuk Brasil merupakan tindakan yang melecehkan harga diri bangsa dan merupakan suatu pelanggaran akan hukum diplomatik dan konsuler.
  5. Pemerintah Indonesia harus tetap menjalankan hukuman mati kepada para terpidana mati
10. Deklarasi Universal Hak Asasi Manusia (Universal Declaration of Human Right) 1948
  11. Peter Mahmud Marzuki, *Penelitian Hukum*, Ed. 1, Cet. 1, Prenada Media Group, Jakarta, 2006
  12. Purba, Nelvitia S.H.,M.Hum, *Konstitusionalitas Hukuman Mati*
  13. Roger Hood, *The Death Penalty: A Worldwide Perspective*, Third Edition, (New York:Oxford Universities Press, 2002
  14. Soerjono Soekanto, *Pengantar Penelitian Hukum*, Cet ke-3, Jakarta, Universitas Indonesia Press, 1984.
  15. Undang-Undang No. 1 tahun 1946 tentang Kitab Undang-Undang Hukum Pidana
  16. Undang-Undang No 5 tahun 1997 tentang Psicotropika
  17. Undang-Undang No. 31 tahun 1999 tentang Pemberantasan Tindak Pidana Korupsi
  18. Undang-Undang No. 26 tahun 2000 tentang pengadilan HAM
  19. Undang-Undang No. 35 tahun 2009 tentang Narkotika
  20. PERPU No. 1 tahun 2002 yang disahkan menjadi UU melalui UU No. 15 tahun 2003 tentang pemberantasan tindak pidana terorisme
  21. Putusan Mahkamah Konstitusi terhadap Judicial Review Undang-Undang No 22 tahun 1997 tentang Narkotika terhadap UUD 1945
  22. Rancangan Kitab Undang-Undang Hukum Pidana 2012

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Siswanto, Arie. *Pidana Mati Dalam Perspektif Hukum Internasional*, Jurnal Ilmu Hukum. April 2009.
2. H. Afifuddin dan Saebani, Beni Ahmad. *Metodologi Penelitian Kualitatif*. CV Pustaka Setia. Bandung
3. Agusman Damos Dumoli DR, *Bagaimana Membaca Reaksi Australia terhadap Hukuman Mati Narkoba*. Kompasiana 20 Februari 2015
4. *Brasil Tabrak Hukum Diplomatik*, Antara News. Selasa 24 Februari 2015
5. Fuady, Munir 2009, *Teori Negara Hukum Modern (Rechtstaat)*, Refika Aditama Bandung
6. Gautama Sudargo, 1983, *Pengertian Tentang Negara Hukum*, Alumni. Bandung
7. Lawrence W. Friedman, *The Legal System*, (New York : Russel Sage Foundation, 1975)
8. Mahfud M.D.2006, *Membangun Politik Hukum, Menegakkan konstitusi*. LP3ES, Jakarta
9. Perserikatan Bangsa-Bangsa, Kovenan Internasional Tentang Hak-Hak Sipil dan