



KARTIKA SARI

Jl. Puncak Borobudur No. 1 Malang
Telp. (0341) 479000



PT . EMKA



Jl. Puncak Borobudur No. 1 Malang
Telp. (0341) 479000

ISSN : 2085-4218



Proceedings

SENIATI 2016

GREEN TECHNOLOGY INNOVATION

6 Februari 2016

Proceedings

SENIATI 2016

GREEN TECHNOLOGY INNOVATION



**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**



FIFTEEN STUDIO
by Sonny Prasetto Photography

SUSUNAN PANITIA

Pelindung : H. Siswo Atmowidjojo

Penanggung Jawab : Dr. Ir. Lalu Mulyadi, MT
Dr. Ir. Kustamar, MT
Dr. Ir. Julianus Hutabarat, MSIE
Dr. Eng. Ir. I Made Wartana, MT

Pengarah : Ir. Anang Subardi, MT
Ir. Harimbi Setyawati, MT
Dra. Sri Indriani, MM
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT

Ketua Pelaksana : Dr. F. Yudi Limpraptono, ST.,MT

Sekretaris : Emmalia Adriantantri, ST.,MM

Bendahara : Sujianto, S.Pd.,MM
Dr. Prima Vitasari, SIP.,M.Pd

Sie. Kesekretariatan

Koordinator : Sanny Andjar Sari, ST., MT
F. Endah Kusumarastini, SSi., MKes
Faidliyah Nilna Minah, ST.,MT
Febriana Santi W, S.Kom.,M.Kom
Titik Rembati, SE
Arif Subasir, A.Md
Singgih Wahyudi, S.Kom
Bima Aulia Firmandani, ST.,MT
Harjayandiro S. Novandiono, ST
Solichin
Rudi Hartono

Yajid Abdullah

Reviewer

Koordinator : Prof. Dr. Eng. Ir. Abraham Lomi, MSEE
Prof. Dr. Ir. Tri Poespowati, MT
Prof. Dr. Sutriyono, M.Pd
Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT
Fourry Handoko, ST.,SS.,MT.,Ph.D
Dr. Eng. I Komang Somawirata, ST.,MT
Dr. Ellysa Nursanti, ST., MT
Dr. Ir. Dayal Gustopo, MT
Dr. Nanik Astuti Rahman, ST.,MT
Dra. Siswi Astuti, M.Pd
Ali Mahmudi B. Eng. Ph.D

Sie. Publikasi, Dekorasi dan Dokumentasi

Koordinator : Bambang Prio Hartono, ST., MT
Ir. Sidik Noertjahjono, MT
Sonny Prasetio, ST.,MT
Karina Auliasari, ST.,MT
Elizabeth Catur Yulia, SH
M. Yanuar Fachrudin

Sie. Sponsorship

Koordinator : M. Istnaeny Hudha, ST.,MT
Ir. Choirul Saleh, MT
Ir. Muyassaroh, MT
Komang Astana Widi, ST.,MT

Lauhil Machfudz Hayusman, ST.,MT

Suryo Adi Wibowo, ST.,MT

Sie. Acara : Ir. Taufik Hidayat, MT

Rini Kartika Dewi, ST., MT

Sie. Perlengkapan

Koordinator : Ir. Basuki Widodo, MT

Edi Danardono

Diglam

Sarmidi

Suparno

M. Sholeh

Sie. Konsumsi

Koordinator : Dwi Ana Anggorowati, ST.,MT

Nuning Irawati, A.Md

Iis Sumarni, A.Md

Puji Handayani

Nurlaila Antonius, A.Md

Sie. Transportasi

Koordinator : M. Daim

Imam Supardi

Budi Hariadi

Dedi Kristiono

KATA PENGANTAR

Puji syukur pada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Berkat dan Rahmat-Nya *proceedings* Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri (SENIATI) 2016, dapat selesai dan diterbitkan. Seminar Nasional dengan tema “*Green Technology Innovation*” diselenggarakan pada tanggal 6 Pebruari 2016, di ruang Amphi lantai 3 Gedung Kuliah Teknik Elektro, Kampus 2 Institut Teknologi Nasional Jl. Raya Karanglo Km.2 Malang.

Seminar Nasional (SENIATI) 2016 ini bertujuan sebagai sarana para akademisi, praktisi, masyarakat pemerhati di bidang teknologi industri, pemerintah dan industri dalam menyampaikan hasil penelitian dan pengabdian masyarakat di bidang teknologi industri. Selain itu juga sebagai sarana pengembangan riset dan penerapannya di bidang teknologi industri dalam upaya pengembangan teknologi yang ramah lingkungan.

Di dalam *proceeding* ini, berisi artikel ilmiah yang dipresentasikan oleh peserta Seminar Nasional (SENIATI) 2016, yang berasal dari berbagai daerah di Indonesia. Artikel ilmiah tersebut merupakan hasil penelitian dan pengabdian masyarakat para peserta Seminar Nasional (SENIATI) 2016.

Akhir kata, kami sangat berterimakasih kepada semua sponsor, para peserta Seminar Nasional (SENIATI) 2016, dan semua pihak yang telah berpartisipasi dan membantu kami. Semoga *proceedings* ini dapat memberikan manfaat bagi perkembangan *Green Technology* di Indonesia.

Hormat Kami.

Panitia SENIATI 2016

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI A; B; C	ii

A. JURUSAN TEKNIK MESIN

A. JURUSAN MESIN

No	Nama	Judul	HALAMAN
1	Abdul Rohman, Harus Laksana Guntur	Pengaruh Perubahan Posisi Sumber Eksitasi dan Massa DVA dari Titik Berat Massa <i>Beam</i> terhadap Karakteristik Getaran Translasi dan Rotasi	A.1
2	L. Mustiadi, Abi Dwi Hastono	Tumbukan Droplet Nira Tebu Pada Plat Aluminium Panas	A.2
3	Achmad Taufik, Pratikto, Agus Suprpto, Ahmad As'ad Sonief	Pengaruh Radius Bending Terhadap Perubahan Struktur Mikro	A.3
4	Agung Nugroho, Burhan Fazzry	Analisis Emisi Gas Rumah Kaca (CO ₂) Angkutan Antar Kota Dalam Propinsi (AKDP) di Jawa Timur	A.4
5	Agus Sudibyso	Pengaruh Besarnya Medan Magnet Dalam Aliran Fluida Bahan Bakar Terhadap Performance Pembakaran	A.5
6	Andi Rahmadiansah, Ridho Hantoro, Prabowo, Anton Dimas	Perancangan Kontribusi Sumber Hybrid Power Menggunakan Photo Voltaic Skala Kecil Untuk Charging Station	A.6
7	Aprillita Putri, Nur Aini Masrurroh	Pengukuran Produktivitas Perusahaan dengan Metode <i>Data Envelopment Analysis</i> Berbasis <i>Performance Prism</i>	A.7
8	Arif Kurniawan	Studi Eksperimen Pemanfaatan Panas Buang Kondensor untuk Pemanas Air	A.8
9	Asroful Anam	Pengaruh Variasi Ketinggian Aliran Sungai Terhadap Kinerja Turbin Kinetik Bersudu Mangkok Dengan Sudut Input 10°	A.9
10	Basuki Widodo, Anang Subardi, Gede Sesrawan Yasa	Analisa Hasil Lasan Stud Welding Pada BAJA AISI 304 DAN BAJA XW 42 TERHADAP Kekuatan Tarik Dan Kekerasan	A.10
11	Boedijanto	Pelatihan Pengolahan Limbah Kertas Dengan Menggunakan Alat Penghancur Di Desa Merjosari Kecamatan Lowokwaru Kota Malang	A.11

12	Budi Luwar Sanjoto, Imam Syafril, Sri Murwanti, Agung Subyakto, Nur Husodo, Agus Surono, Miftahul Ahzabuddin, Muhammad Luqman Hakim	Penerapan Mesin Pewarnaan Kain Batik Tulis Pada Industri Kecil “Peri Kecil” Batik Bangkalan Madura	A.12
13	Burhan Fazzry, Agung Nugroho	Pengaruh Temperatur Pada Campuran Minyak Kelapa dan Bahan Bakar Solar Terhadap Sudut Injeksi	A.13
14	Denny M.E. Soedjono, Arino Anzip, Giri Nugroho, Rini Ulfaida	Kaji Eksperimental Pengaruh Kecepatan Udara Masuk terhadap Distribusi Temperatur pada Lorong Udara Model dengan Panjang Lorong Udara Tetap	A.14
15	Deni Ferdian, Derry Rahma Yoda, Yus Prasetyo, Teguh Prasetyo, Bambang Suharno	Pengaruh Cu terhadap fasa intermetalik β -Al ₉ Fe ₂ Si ₂ pada sistem quaternary Al-Si-Fe-Cu	A.15
16	Duddy Arisandi	Menyiapkan Adaptasi Teknologi Terkini Melalui Upaya Pemahaman Proses dan Penyiapan Sumberdaya Manusia (Studi Kasus 3D Printing-Rapid Prototyping)	A.16
17	Eko Edy Susanto, Anang Subardi, Daniel Setiawan	Optimalisasi Kualitas Pemotongan Sudut Optimalisasi Kualitas Pemotongan Sudut Machining (EDM)	A.17
18	Ferdiansyah Iqbal Rafandi, Muhammad Bahtiyar Firdaus, Rizqi Ilmal Yaqin, Budi Agung Kurniawan, Mas Irfan P. Hidayat	Pemodelan dan Fabrikasi Komposit Bermatriks Logam dengan Penguat Kalsit (CaCO ₃) dari Kulit Kerang untuk Sprocket Motor Komersial	A.18
19	Galih Damar Pandulu, Esti Widodo	Efisiensi Pemanenan Air Hujan Pada Perumahan (Real Estate) Melalui Pembangunan Danau Dalam Rangka Mengurangi Eksploitasi Air Tanah Dan Limpasan Air Ke Drainase di Kota Malang	A.19
20	Gerald Adityo Pohan, Suyitno, dan Budi Arifvianto	Pemanfaatan Limbah <i>Slag</i> sebagai Partikel untuk Proses <i>Sandblasting</i> Baja 316LVM	A.20
21	Halim Widya Kusuma, Rengga Dwi Cahya Hidayat, Muh Hamdani, Mochamad Faisal Abda’u	Prestasi Kincir Angin Savonius dengan Penambahan <i>Buffle</i>	A.21
22	Hari Subiyanto, Subowo, Gathot DW, Syamsul Hadi	Studi Experimen Pengaruh Durasi Gesek dan Tekanan Tempa Pengelasan Gesek (FW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Impact Pada Baja AISI 1045	A.22
23	Helmy Purwanto, Rudy Soenoko, Anindito Purnowidodo, Agus Suprpto	Pengembangan Material Tahan Balistik Sebagai Bahan Kendaraan Tempur di Indonesia	A.23
24	Heru Harsono, I.N.G.Wardana, A.A.Sonief, Darminto	Efek Konsentrasi Doping Mangan (Mn) Terhadap Ukuran Butir dan Struktur Kristal Partikel Nano Zn(1-x)Mnx (x=0; 0,02; 0,03)	A.24
25	Hesti Istiqlalayah, Kustriwi Ratnaning H., Mohammad Baihaqi	Pengaruh Variasi Media Karburasi Terhadap Kekerasan Dan Kedalaman Difusi Karbon Pada Baja ST 42	A.25
26	I Made Suarta, I.N.G. Wardana, Nurkholis Hamidi, Widya Wijayanti	Pengaruh Ikatan Hydrogen Pada Hydrous Ethanol Terhadap Komposisi Azeotropik dan Kecepatan Pembakaran Laminar	A.26

27	L. Mustiadi., ING Wardana., Nurkholis Hamidi., Mega Nur Sasongko	Rambatan Diameter Tumbukan Droplet Minyak Jarak Pagar Pada Permukaan Aluminium Panas	A.27
28	Mastiadi Tamjidillah, Pratikto, Purnomo Budi Santoso, Sugiono	Studi Performansi Air Bersih Pada Peta Kendali Untuk Minimasi Fungsi Kerugian Waste	A.28
29	Perwira Silalahi , M Trisno	Pelatihan Pembuatan Es Krim Untuk Peningkatan Kualitas Dan Produksi Ukm Pkk Kelurahan Cipto MulyaKecamatan Sukun Kota Malang	A.29
30	Peniel Immanuel Gultom, Suhardjono	<i>Proses Bubut Slender Bar</i> Tuning Mass-Spring <i>Damper</i> Pada Rekeyasa <i>Follower Rest</i> Untuk Meningkatkan Batas Stabilitas	A.30
31	Putu Hadi Setyarini, Rudy Soenoko, Agus Suprpto, Yudy Surya Irawan	Penggunaan Konsentrasi Molaritas Tinggi Pada <i>Hard Anodizing</i> Untuk Perbaikan Sifat Mekanik Aluminium 6061	A.31
32	Rudi Hariyanto , Sudjito Soeparman , Denny W. , Mega Nur S	Studi Simulasi Dan Eksperimental Pengaruh Pemasangan Plat Bersudut Pada Punggung Sudu Terhadap Unjuk Kerja Kincir Angin Savonius	A.32
33	Soeparno Djiwo ,Aladin Eko Purkuncoro	Penerapan Mesin Pengaduk Es Krim Untuk Peningkatan Kualitas Dan Produksi UKM PPK Kelurahan Ciptomulyo Kecamatan Sukun Kota Malang	A.33
34	Sudarno, Fadelan	Unjuk Kerja Reflektor Radiasi Panas Bersirip Terhadap Peningkatan Efisiensi Kompor LPG	A.34
35	Sudjtmiko, Rudy Soenoko, Agus Suprpto,Moch.Agus Choiron	Pengaruh Radius Pojok Terhadap Kualitas Produk Ditinjau Dari Domain Sound Signal Pada Proses Bubut	A.35
36	Sugiarto, Rudy Soenoko, Anindito Purnowidodo, Yudy Surya Irawan	Perubahan Laju Perambatan Retak Dissimilar Welding Akibat Penambahan Fluks Magnet	A.36
37	Talifatim Machfuroh, Harus Laksana Guntur	Studi Pengaruh Penambahan <i>Dual Dynamic Vibration Absorber (DDVA)-Dependent</i> terhadap Respon Getaran Translasi dan Rotasi pada Sistem Utama 2-DOF	A.37
38	Totok Sugiarto, Julianus Hutabarat, Siswi Astuti	IbM Pengembangan Potensi Sumber Daya Kelurahan Bakalan Krajan Berbasis Pengembangan iklim usaha dan ekonomi kerakyatan	A.38
39	Tungga Bhimadi , Agus Sudibyo	Mekanisme Torak Engkol dan Penggunaan Persamaan Relatif untuk Analisa Kincir Air Garam	A.39
40	Wawan Trisnadi Putra, Fadelan, Munaji	Analisa Hasil Penyimpanan Energi Biogas ke dalam Tabung Bekas	A.40
41	W. Sujana, K.A. Widi, L. D. Ekasari	Studi Analisa Kelayakan Material Sebagai Produk Silinder Hidrolik Bucket Excavator	A.41
42	Moh. Hartono, Pratikto, Purnomo B. Santoso, Sugiono	Optimization of the L36 mixed-level controllable factors of Taguchi parameter design on the plastic injection molding process for minimizing defects	A.42
43	Rachmat Subagyo, I.N.G. Wardana, Agung S.W., Eko Siswanto	Pengaruh Diameter Gelembung Hidrogen Terhadap Penurunan Tekanan (Pressure Drop) Pada Saluran Tertutup Segi-Empat	A.43

44	Sutriyono, M. Trisno	Pembangkit Listrik Untuk Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Curah Hujan (Rancang Bangun dan Uji Spesifikasi Turbin Air Type CS900)	A.44
45	Zahratul Jannah AR	Efek Atmosfer Udara dan Oksigen Terhadap Struktur Kristal dan Kristalografi Material Superkonduktor (Bi _{0,40} Pb _{0,45})Sr ₂ (Ca _{0,40} Y _{0,70})Cu ₂ O _z	A.45
46	I.P.G. Sopan Rahtika, I.N.G. Wardana, A.A. Sonief, E. Siswanto	Analisa Perbandingan Getaran Plat Antara Metode Asumsi Beam dengan Metode Elemen Hingga Tiga Dimensi	A.46
47	Baso, ING Wardana, Nurkholis Hamidi, Lilis Yuliaty	Analisis Sinyal Ionisasi Untuk Mendeteksi Ignition Timing Pada Mesin SI	A.47

PRODI KIMIA

No	Pemakalah	Judul	HALAMAN
1	Daril Ridho Zuchrillah	Optimisasi Teknologi Proses Geothermal Sistem Flash Steam pada Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi di Indonesia	B-1
2	Dwi Ana A	Pemanfaatan Limbah Hasil Panen Jagung Untuk Pembuatan Energi Alternatif Yang Ramah Lingkungan	B-2
3		Perancangan dan Pembuatan Mesin Perontok Padi Untuk Peningkatan Produksi Kelompok Tani Desa Ngadirejo Kromengan Kabupaten Malang	B-3
4	Emas Agus Prastyo Wibowo	JONPHOSY : Alat Penjernih Limbah Batik Cair Berbasis Fotokatalis N-TiO ₂ -Kitosan Sebagai Metode Dalam Mengatasi Permasalahan Limbah Batik Cair	B-4
5	Faidliyah Nilna Minah	“Ekstraksi Gelatin dari Hidrolisa Kolagen Limbah Tulang Ikan Tuna dengan Variasi Jenis Asam dan Waktu Ekstraksi	B-5
6	Fa Wiyan	Konversi Biomassa Berselulosa Menjadi Bioetanol Dengan Menggunakan Enzim β -Glukoamilase dan <i>Trichoderma</i> Pada <i>Ulva Lactuca</i>	B-6
7	Harimbi Setyawati	Kajian Lanjut Penggunaan Magnesol Dan Zeloit Alam Sebagai Adsorben Pada Pemurnian Biodiesel	B-7
8	Lia Laila	Pemanfaatan Sistem Pengondisian Udara Pasif dalam Penghematan Energi	B-8
9	Ruslan Kalla	Degradasi Gliserol Katalitik Menggunakan Tanduk Getar	B-9
10	Siswi Astuti	Peningkatan Nilai Gizi Umbi Talas Melalui Proses Fermentasi Menggunakan Starter <i>Bimo CF</i> dan Pegagan (<i>Centella Asiatica Linn Urban</i>)	B-10
11	Triyani Fajriutami	Produksi Etanol dari Ampas Tebu Terdelignifikasi Alkali melalui Proses Sakarifikasi dan Fermentasi Serentak	B-11
12	Triyani Fajriutami	Pembuatan Sodium Lignosulfonat dari Lindi Hitam Ampas Tebu dengan Perlakuan Alkali	B-12

C. FTSP dan UMUM

No	Pemakalah	Judul	Halaman
1	Andrianus Agus Santosa, Tiong Iskandar, Deviany Kartika	Pendampingan Perencanaan Penyediaan Air Bersih Dan Pembangunan Water Tank Untuk Memenuhi Kebutuhan Air Warga Dalam Rangka Peningkatan Kenyamanan Dan Kualitas Hidup Desa Tirtomoyo Kabupaten Malang	C-1
2	Adolfince Anita Mozes, Azis Nur Bambang, Dian Wijayanto	Kajian Persepsi Masyarakat Kuanheun Terhadap Pengelolaan Sumberdaya Pesisir Berbasis Kearifan Lokal	C-2
3	Candra Aditya, Abdul Halim, Silviana	Pemanfaatan Limbah Marmer Dan Serbuk Silika Pada Industri Bata Beton Pejal Dan Berlubang	C-3
4	Dedy Kurnia Sunaryo	Pembuatan Dan Pengembangan SIG Untuk Penentuan dan Optimalisasi Rute Jaringan Distribusi dan Transportasi LPG	C-4
5	Didik Purwanto, N. Luktinia Firial	Pengaruh pH Surface Conditioning dan Konsentrasi Phosphating Terhadap Berat Lapisan dan Ukuran Partikel	C-5
	Didik Purwanto, Pranakusuma Sudhana	Penggunaan Aspal Busa (Foamed Bitumen) Untuk Konstruksi Jalan	C-6
6	Ertin Lestari, Adhi Widyarthara, Didiiek Suharjanto	Evaluasi Panti Rehabilitasi Cacat Netra Berwawasan Lingkungan Perilaku di Panti Budi Mulya Janti Malang	C-7
7	Endro yuwono, Hery Setyobudiarso	Sinkronisasi Status Mutu Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Air Sungai Metro	C-8
8	Hery Setyobudiarso, Nusa Sebayang, Bambang Wedyantadji	Ibm Pemberdayaan Wanita Gkjjw Tulangbawang Malang	C-9
9	Jahved Feriyanto Maro, Agus Hartoko, Ign.Boedi. Hendarto	Biomassa Karbon Vegetasi Mangrove berdasarkan Citra Satelit Alos_Avnir_2 Di Kelurahan Welai Timur dan Welai Barat Kecamatan Teluk Mutiara Kabupaten Alor	C-10
10	Jasmani	Pendayagunaan Android dalam Perancangan dan Implementasi Aplikasi Tour Guidance Berbasis Teknologi Location Based Service	C-11
11	La Ode Muhammad Junaidin Sirza, Agus Hartoko, aSuminto	Analisis Kesesuaian Lokasi dan Data Spasial Budidaya Laut berdasarkan Parameter Kualitas Perairan di Teluk Lasongko Kabupaten Buton Tengah	C-12
12	Nadia Adlina, Herry Boesono, Aristi Dian Purnama Fitri	Aspek Biologi Ikan Kembung Lelaki (<i>Rastrelliger kanagurta</i>) Sebagai Landasan Pengelolaan Teknologi Penangkapan Ikan di Kabupaten Kendal	C-13
13	Nurul Eka Wijayanti Risa, Indah Susilowati, Dian Wijayanto	Adaptasi Nelayan <i>Pattorani</i> Terhadap Degradasi Stok Ikan Terbang (<i>Hirundichthys oxycephalus</i>) di Kabupaten Takalar	C-14

SEMINAR NASIONAL INOVASI DAN APLIKASI
TEKNOLOGI DI INDUSTRI (SENIATI) 2016

ISSN: 2058-4218

14	Shiffa Febyarandika Shalichaty, Indah Susilowati, Dian Wijayanto	Analisis Finansial Usaha Penangkapan Rajungan (<i>Portunus pelagicus</i>) di Kecamatan Suradadi Kabupaten Tegal	C-15
15	Silvester Sari Sai	Pemanfatan Perangkat Lunak Berbasiskan Mobile Untuk Visualisasi Peta Digital Kelurahan Tasikmadu-Kota Malang	C-16
16	Togi H. Nainggolan	Studi Pengaruh Simpang Bersinyal Terhadap Kemacetan Lalu Lintas di Ruas Jalan Bendungan Sigura-gura Kota Malang	C-17

Pengembangan Material Tahan Balistik Sebagai Bahan Kendaraan Tempur di Indonesia: Review

Helmy Purwanto^{1,*}, Rudy Soenoko², Anindito Purnowidodo², Agus Suprpto³

1 Mahasiswa Program Doktor Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya,
Dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang
Jl. Menoreh Tengah X/22, Sampangan, Semarang 50236.

2 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang
Jl. Mayjend. Haryono No. 167 Malang, 65145 Indonesia

3 Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Merdeka Malang
Jl. Terusan Raya Dieng 62-64 Malang

*Email : helmypurwanto@unwahas.ac.id

Abstrak. Indonesia dengan wilayah territorial yang sangat luas dengan potensi sumber daya alam melimpah serta dinamika regional dan dunia yang dinamis perlu dijaga dengan mempertahankan kedaulatannya. Upaya mempertahankan negara perlu didukung dengan sarana salah satunya adalah kendaraan tempur. Bahan utama kendaraan tempur adalah plat baja tahan peluru. Plat baja tahan peluru adalah bahan yang mampu menahan serangan balistik berupa proyektil yang ditembakkan dari laras senjata. Plat baja tahan peluru harus mempunyai karakteristik dari kombinasi kekerasan, kekuatan dan ketangguhan. Penelitian dan pengembangan telah dilakukan sehingga industri strategis nasional telah mampu membuat plat baja tahan peluru. Industri manufaktur nasional juga telah mampu membuat kendaraan tempur dengan bahan plat baja produk nasional dan kendaraan tempur tersebut telah digunakan di dalam negeri serta telah diekspor.

Kata Kunci: baja tahan balistik, industri strategis nasional

1. Pendahuluan

Pertahanan merupakan salah satu bidang yang perlu diperhatikan dalam sebuah negara untuk menjaga kedaulatan dari ancaman khususnya ancaman dari luar. Pertahanan negara adalah segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan keselamatan segenap bangsa dari ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara [1]. Indonesia sebagai negara yang berdaulat dengan luas wilayah daratan menurut provinsi lebih 1,9 juta km² [2] dan luas laut 5,8 juta [3] dengan potensi alam yang berlimpah harus dijaga keutuhannya. Perkembangan kawasan regional dan internasional yang sangat dinamis serta kemajuan dunia dalam teknologi pertahanan, maka pengembangan sistem pertahanan nasional terus dilakukan dalam upaya meningkatkan kemampuan dan meningkatkan harga diri bangsa.

Indonesia pada tahun 2015 menganggarkan 96,8 triliun atau 7 % dari Belanja Pemerintah Pusat (BPP) pada Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN) 2015. Belanja pertahanan yang dipisah dari belanja keamanan tersebut meliputi komponen-komponen : 1). pengadaan barang dan jasa militer, 2). produksi Alat Utama Sistem Senjata (Alutsista) dalam negeri, 3). pengembangan industri pertahanan, 4). penyelenggaraan perawatan personel Matra Darat, Laut dan Udara [4]. Dengan adanya peningkatan anggaran belanja pertahanan tersebut, maka kebutuhan sarana dan pengembangan pertahanan dalam negeri secara otomatis juga meningkat.

Peningkatan prosentase penggunaan kadungan lokal dalam produksi alat pertahanan juga merupakan persyaratan seperti yang dituangkan dalam Undang Undang Nomor 16 Tahun 2012 tentang Industri Pertahanan, yang dijabarkan dalam Peraturan Pemerintah Nomor 76 Tahun 2014 tentang Mekanisme Imbal Dagang dan Pengadaan Alat Peralatan Pertahanan Keamanan dari Luar Negeri. Sehingga pengembangan industri pertahanan menjadi wajib dilaksanakan dan ditingkatkan salah satunya melalui penelitian dan pengembangan material yang digunakan untuk kendaraan tempur (ranpur) atau *Infantry Fighting Vehicle (IFV)*.

Pengembangan material tahan peluru (armor, armour) telah banyak dilakukan melalui penemuan material baru, pemaduan komposisi, perlakuan panas, pelapisan permukaan dan pembuatan komposit baik dari bahan logam maupun non-logam. Membandingkan material baja baru diantaranya [5], paduan aluminium seri 7075 dan 5083 [6], pemaduan komposisi pada baja [7], melapisi plat baja dengan menggunakan logam las [8], melapisi plat baja dengan elastomer [9], perlakuan panas dengan temper pada baja [10, 11, 12], quench temper pada baja bainitik [13, 14], komposit laminasi aluminium/alumina [15], komposit baru carbon nanotube dengan epoksi [16] dan masih banyak lagi pengembangan armor lainnya. Walaupun telah banyak dikembangkan material baru non baja sebagai bahan tahan balistik, tapi baja masih menjadi material utama dalam pengembangan kendaraan militer tahan balistik [17].

Indonesia dengan potensi alam yang melimpah harus secara mandiri mempertahankan kedaulatannya dari berbagai ancaman. Salah satu sarana alat pertahanan adalah kendaraan tempur. Kemandirian dalam bahan baku material dan perancangan terus ditingkatkan. Tulisan ini bertujuan merangkum dan mengulas material baja tahan peluru sebagai bahan manufaktur kendaraan tempur di Indonesia dan penelitian pengembangan kualitas dalam upaya kemandirian di bidang sarana pertahanan.

2. Baja Tahan Peluru

Material tahan peluru atau armor adalah material yang mampu menahan laju balistik yang dikeluarkan dari sebuah senapan. Material ini digunakan untuk melindungi dari serangan balistik yang biasanya diaplikasikan khususnya untuk militer [18], material yang diaplikasikan sebagai material tahan peluru seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Material yang diaplikasikan sebagai material tahan peluru [18].

Steel	- RHA (Rolled Homogeneous Armor) (HB 380) - High Hardness Steel (HB 550) - Two-times hardened (HB 440-600)
Aluminium	- 5083 alloy - 7039 alloy - 2519 alloy
Ceramics	- Aluminium oxide - Aluminium oxide + Al - Boron carbide - Boron carbide + Al - Titanium diboronide
Glass Reinforced	- E glass - S glass
Composites (multi layer with ceramic surface)	- Al + RHA - Steel + RHA - E glass + RHA

Bahan utama dari ranpur adalah plat baja dan performa ranpur meliputi kemampuan pegejarian, penyerangan maupun pertahanan [19]. Penggunaan material armour dalam bentuk plat harus mempunyai dua fungsi utama yaitu fungsi proteksi dan fungsi kontruksi [20]. Semakin tebal plat baja yang digunakan dalam ranpur maka semakin taha terhadap serangan balistik tetapi kelincahan pada medan dan efisiensi berkurang [21].

Ketahanan balistik dari baja merupakan kombinasi yang optimal dari kekuatan, kekerasan dan ketangguhan [22]. Karakteristik material tahan ballistik dapat diidentifikasi terhadap mekanisme penyebaran retak akibat tumbukan peluru dan baja tahan balistik biasanya mengandung unsur Nickel (Ni), Chrome (Cr) dan Molibdenum (Mo) [23]. Baja armor khas mengandung karbida membentuk elemen, biasanya molybdenum, kromium dan austenit membentuk elemen, misalnya mangan dan nikel dengan beberapa karbon, baja dengan ketangguhan tinggi dapat menahan impak balistik [24]. Baja sebagai bahan tahan peluru masih menjadi pilihan utama untuk dikembangkan karena mudah diproses, dilas dan dapat digunakan sebagai struktur utama serta sekaligus sebagai pelindung tahan peluru [25].

3. Balistik

Balistik adalah ilmu yang mempelajari percepatan benda yang bergerak, dalam ilmu modern balistik selanjutnya didefinisikan ilmu yang mempelajari gaya, gerak dan impak dari dari sebuah proyektil yang ditembakkan dari sebuah senjata [26]. Beban balistik merupakan beban tumbukan dengan kecepatan sangat tinggi (*hypervelocity impact*) yang diberikan terhadap sebuah material sehingga menghasilkan laju regangan yang sangat tinggi [27]. Ilmu balistik dibagi menjadi tiga yaitu balistik dalam (*interior ballistic*) yaitu gerakan peluru didalam laras, balistik luar (*exterior ballistic*) yaitu gerakan peluru di udara, dan balistik akhir (*terminal ballistic*) yaitu ketika peluru mengenai arget dan dampak pada target [28].

Pada balistik akhir, akibat benturan proyektil dengan sasaran atau target menyebabkan regangan yang sangat tinggi pada daerah yang sempit [29], sehingga muncul pita geser adiabatik (*adiabatic shear band : ASB*). Pita geser adiabatik adalah perwujudan dari ketidakstabilan termomekanikal yang menghasilkan deformasi regangan geser yang besar pada daerah yang sempit, pergeseran akibat regangan antara dua bidang tersebut terjadi dengan sangat cepat sehingga tidak sempat terjadi perubahan suhu [30]. Semakin lunak plat jumlah ASB dan ASB karena retak menurun dan panjang ASB yang terbentuk juga menurun seiring dengan ketebalan dan bentuk plat [12].

Spesifikasi militer untuk *armor plate, steel, wrought, high-hardness* memberikan batasan bahwa plat armor kekerasan pada permukaan berada pada kisaran 477 HB – 534 HB dengan selisih variasi dari setiap pengukuran diameter bekas injakan sampel tidak melebihi 0,15 mm [31]. Ketahanan balistik pada baja secara umum meningkat dengan semakin tingginya nilai kekerasan, hingga pada nilai kekerasan tertentu ketahanan balistik tersebut akan menurun karena terjadi proses kegagalan akibat pergeseran dan retak hingga berlubang akibat tumbukan peluru [32]. Sehingga sifat kekerasan saja belum dapat digunakan sebagai acuan dalam menentukan ketahanan terhadap balistik.

4. Industri Pertahanan Indonesia

Penyediaan dan Pemenuhan alat utama sistem senjata (*alutsista*) Tentara Nasional Indonesia (TNI) tergantung dari produk impor. Import langsung ranpur dalam bentuk jadi (*Completely Build Up : CBU*) dari negara produsen seperti Jerman, Inggris, Prancis dan Rusia, disamping juga mengimpor bahan baku berupa plat tahan peluru. Sesuai dengan arah kebijakan anggaran belanja, pengembangan industri pertahanan Indonesia telah ditingkatkan. Arah kebijakan tersebut juga secara lebih detail dituangkan dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJMN) 2015-2025 bidang pertahanan. Dalam RPJMN bidang pertahanan diantaranya adalah penyediaan dan terpenuhinya alutsista TNI dengan meningkatkan peran industri nasional dalam negeri, meningkatkan kolaborasi penelitian dan pengembangan serta perekayasaan antara Lembaga Penelitian dan Pengembangan Pemerintah – Perguruan Tinggi – Industri [33].

Indonesia mempunyai Badan Usaha Negara (BUMN) strategis yang mampu mendukung industri pertahanan, diantaranya PT. Krakatau Steel sebagai produsen baja, PT. Pindad sebagai industri manufaktur khususnya manufaktur persenjataan dan perlengkapannya. Krakatau Steel sebagai produsen baja telah mampu memproduksi plat lembaran baja tahan peluru KSW 500 *Armor Steel* [34]. KSW 500 merupakan plat tahan peluru (*armor steel*) yang dibuat melalui proses *quench temper* dari lembaran plat canai panas (*hot roll plate*). KSW 500 telah diuji kemampuan balistiknya dan memenuhi

persyaratan MIL-A-46100D-2007 [23]. Penelitian dan pengembangan baja KSW ini terus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan balistiknya dan menurunkan densitasnya. Penelitian dan pengembangan dilakukan melalui pemaduan komposisi maupun proses dan perlakuan produksinya.

PT. Pindad sebagai industri strategis pertahanan, disamping telah berhasil membuat senjata dan amunisi yang telah diakui kehandalannya juga telah mampu membuat kendaraan khusus militer. Pengembangan kendaraan khusus dimulai dari proyek mobil nasional pada tahun 1993. Penelitian dan pengembangan dilakukan hingga sekarang telah berhasil membuat kendaraan khusus seperti APC (*Armoured Personnel Carri*e) dan kendaraan taktis lainnya dengan merek Komodo dan Anoa dengan berbagai varian [35]. Varian yang telah dibuat diantaranya komodo APC dan intai, anoa ambulance, anoa recovery, anoa logistic anoa RCWS (*Remote Control Weapon System*) dan lain sebagainya yang dapat disesuaikan dengan penggunaan dan pemesannya. Disamping digunakan di dalam negeri untuk peralatan Polisi Republik Indonesia (Polri) dan TNI, produk PT. Pindad juga telah diekspor ke beberapa negara seperti Malaysia [36] dan telah digunakan dalam misi perdamaian Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB) [37].

Sinergi PT. Krakatau Steel dan PT. Pindad dilakukan dalam pemasokan bahan baku plat baja tahan peluru. Sebelumnya PT. Pindad menggunakan menggunakan plat export dari Amerika, Prancis dan Australia [23], kini telah menggunakan plat dari PT. Krakatau Steel. Penelitian dan pengembangan terus dilakukan untuk meningkatkan ketahanan balistik dan penurunan densitas pada bahan baku plat baja tahan peluru. Penelitian dan pengembangan disain manufaktur juga terus dilakukan untuk meningkatkan performa kendaraan yang lincah efisien dan tahan balistik. Disain dan manufaktur kendaraan khusus juga berpengaruh terhadap ketahanan balistik seperti sudut atau lengkung dan sambungan pada badan kendaraan lapis baja.

5. Kesimpulan

Dari ulasan ini maka dapat disimpulkan bahwa daerah teritorial Indonesia yang sangat luas dengan potensi sumber daya manusia dan alam yang kaya perlu dijaga dan dipertahankan dari gangguan baik dari dalam maupun dari luar. Perkembangan kawasan regional dan dunia yang dinamis, diperlukan peralatan pendukung bagi TNI untuk mempertahankan diri dari dan menjaga keutuhan negara. Peralatan pendukung berupa kendaraan tempur jumlah dan performanya harus memadai. Ketergantungan bahan pembuat kendaraan tempur yaitu plat baja tahan peluru telah dikembangkan di dalam negeri. Untuk meningkatkan kemampuan plat baja tahan peluru terus dilakukan penelitian baik dari sisi komposisi maupun proses perlakuan produksinya. Disamping telah mampu membuat bahan tahan peluru industri nasional juga telah mampu memmanufaktur kendaraan khusus tahan peluru, sehingga sinergi dari industri bahan baku dan industri manufaktur ini kedepan mampu mewujudkan cita-cita sesuai dengan rencana pembangunan Indonesia khususnya dalam bidang pertahanan. Pengembangan dan penelitian harus terus dilakukan untuk lebih meningkatkan ketahanan balistik dan penurunan densitas pada material tahan peluru dan pengembangan disain manufaktur kendaraan tahan peluru untuk meningkatkan efisiensi dan ketahanan balistiknya.

6. Daftar Referensi

- [1] Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 3 Tahun 2002 Tentang Pertahanan Negara.
- [2] Badan Pusat Statistik Republik Indonesia tahun 2014.
- [3] Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 18 tahun 2011 tentang Pedoman Umum Minapolitan.
- [4] Direktorat Jenderal Anggaran. 2015. Budget In Brief APBN 2015. Jakarta: Kementerian Keuangan Republik Indonesia.
- [5] Bernetič, J., Vuherer, T., Marčetič, M. & Vuruna, M. 2012. Experimental Research on New Grade of Steel Protective Material for Light Armored Vehicles. *Journal of Mechanical Engineering*. 58 (6): 416-421.
- [6] Demir, T., Übeyli, M. & Yildirim, R.O. 2008. Investigation on The Ballistic Impact Behavior of Various Alloys Against 7.62 mm Armor Piercing Projectile. *Materials and Design*. 29: 2009–2016.

- [7] Maweja, K., & Stumpf, W. 2006. Fracture and Ballistic-Induced Phase Transformation In Tempered Martensite Low-Carbon Armour Steels. *Material Science Engginering A*. 432: 158-169.
- [8] Klimpel, A., Luksa, K. & Burda, M. 2010. Structure and Properties of GMA Surfaced Armour Plates. *Archives of Material Science and Engineering*. 43 (2): 109-116.
- [9] Roland, C.M., Fragiadakis, D., Gamache R.M. 2010. Elastomer–steel laminate armor. *Composite Structures*. 92: 1059–1064.
- [10] Maweja, K., Stumpf, W. & van der Berg, N. 2009. Characteristics of Martensite As A Function of The Ms Temperature In Low-Carbon Armour Steel Plates. *Materials Science and Engineering*. 519: 121–127.
- [11] Jena, P.K, Mishra, B.I, Siva Kumar, K. & Bhat, T.B. 2010b. An Experimental Study On The Ballistic Behavior of Some Metallic Armour Materials Against 7.62 mm Deformable Projectile. *Materials and Design*. 31: 3308–3316
- [12] Mishra, B., Jena, P.K., Ramakrishna, B., Madhu, V., Bhat, T.B. & Gupta, N.K. 2012. Effect of Tempering Temperature, Plate Thickness And Presence Of Holes On Ballistic Impact Behavior And ASB Formation Of A High Strength Steel. *International Journal of Impact Engineering*. 44: 17-28.
- [13] Atapek, S.H. & Karagoz, S. 2011. Ballistic Impact Behaviour of a Tempered Bainitic Steel Against 7.62 mm Armour Piercing Projectile. *Defence Science Journal*. 61 (1): 81-87
- [14] Martis, C.J., Putatunda, S.K., Boileau, B. & Spray, J.G. 2014. The Static And Dynamic Mechanical Properties of A New Low-Carbon, Low-Alloy Austempered Steel. *Materials Science & Engineering A*. 589: 280–287.
- [15] Ubeyli, M., Yıldırım, O. dan Ogel, B. 2007. On The Comparison Of The Ballistic Performance Of Steel And Laminated Composite Armors. *Materials and Design*. 28: 1257–1262.
- [16] Wan Hanif, W.Y., Risbya, M.S. & Noor, M.M. 2015. Influence of Carbon Nanotube Inclusion on the Fracture Toughness and Ballistic Resistance of Twaron/Epoxy Composite Panels. *Procedia Engineering*. 114: 118 – 123.
- [17] Kılıç, N. & Ekici, B. 2013. Ballistic Resistance Of High Hardness Armor Steels Against 7.62 Mm Armor Piercing Ammunition. *Materials and Design*. 44: 35–48.
- [18] Karagoz, S., Atapek, H. & Yilmaz, A. 2008b. A Microstructural Characterization And Effects On Mechanical Properties Of Boron Adde Armour Steel. *13th International Conference On Applied mechanics And Mechanical Engineering*. Cairo.
- [19] Brinson, L.C, Allison, J., Julie Chen, Clarke, D.R., Cowles, B., George, T., Greene, E., Harris, W.L. , Mehta, M., Olson, G.B., Saff, C., Tenney, D.R., Zok, F.W., (Committee On Benchmarking The Technology And Application of Lightweighting). 2012. *Application of Lightweighting Technology to Military Aircraft, Vessels, And Vehicle*. Washington DC: National Academy Press : 93
- [20] Rahmalina, D.. 2012. Pengembangan Komposit Matrik Aluminium Sebagai Material Armour dengan Keunggulan Karakteristik Balistik. *Disertasi Program Doktor* (tidak dipublikasikan) Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik. Jakarta : Universitas Indonesia.
- [21] Montgomery, S. & Chin, E. 2004. Protecting a Future Force- A New Generation of Metallic Armors Leads The Way. *AMPTIAC Quarterly*. 6.
- [22] Jena, P.K., Mishra B.I., Ramesh. B.M., Babu, A., Singh, A.K. & Siva Kumar, K. 2010a. Effect Of Heat Treatment on Mechanical And Ballistic Properties Of A High Strength Armour Steel. *International Journal of Impact Engineering*. 37: 242–249.
- [23] Siradj, E.S. , Priyono, E., Mulyono, Ahyani, M. & Rakhmawati, D. 2010. Pengaruh Manufaktur Terhadap Performance Material Armour untuk Ranpur. *Laporan Akhir Program Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa*. Kementerian Riset dan Teknologi. Jakarta. diakses melalui <http://km.ristek.go.id/index.php/klasifikasi/detail/21505/> . diakses tanggal 12 Februari 2014.
- [24] Karagoz, S., Atapek, H. & Yilmaz, A. 2008a. A Fractographical Study On Boron Added Armor Steel Developed By Alloying And Heat Treatment To Understand Its Ballistic

- Performance, *13th International Conference On Applied mechanics And Mechanical Engineering*. Cairo.
- [25] Dimeski, D. & Srebrenkoska, V. 2014. The Role Of Contemporary Ferrous And Nonferrous Materials In Ballistic Protection Of Military Vehicles. *Procciding VIth International Metallurgical Congress*. Ohrid.
- [26] Borvik, K. 2000. Ballistic Penetration and Perforation of Steel Plates. *Dr. Ing Thesis*. Noewegia: Departement of Structural Engineering Norwegian University of Science and Technology Norway.
- [27] Bandanadjaja, B., Basuki, A. & Siswosuwarno, M. 2008. Perilaku Balistik Baja Komersial SCr 440 dengan Kekerasan Berlapis (dual hardness) dalam Simulasi dan Eksperimen, *Prosiding Seminar Nasional Teknoin Bidang Teknik Mesin*. A 31 – A 36. Yogyakarta : UII
- [28] Stone, G. 1994. Projectile Penetration into Representative Targets. *Sandia National Laboratories Sandia Report SAND94-1490*. USA.
- [29] Zukas, J.A. 1980. *Impact Dynamics: Theory And Experiment*. US Army Armament Research and Development Command Ballistic Research Laboratory Technical Report. ARBRL-TR-02271. Maryland : US Army.
- [30] Molinari, A., Musquar, C. & Sutter, G. 2002. Adiabatic Shear Banding In High Speed Machining of Ti-6Al-4V: Experiments and Modeling. *International Journal of Plasticity*. 18: 443-459
- [31] MIL-A-46100D (MR) w/INT Amendment 2. 13 July 2007. *Military Specification: Armor Plate, Steel, Wrought, High-Hardness*. USA.
- [32] Dikshit, S.N., Kutumba Rao, V.V. & Sundararajan G. 1995. The influence of plate hardness on the ballistic penetration of thick steel plates. *Int J Impact Eng*;16: 293-320.
- [33] Darwanto, H. 2015. RPJMN 2015-2019 Bidang Pertahanan. melalui <http://www.kemhan.go.id/kemhan/?pg=73&id=1625>. diakses 20 Nopember 2015.
- [34] <http://www.krakatasteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1627> dan <http://www.krakatasteel.com/?page=viewnews&action=view&id=928>. diakses tanggal 20 Nopember 2015.
- [35] <http://www.pindad.com/special-vehicles>. diakses tanggal 21 Nopember 2015.
- [36] <http://www.beritasatu.com/ekonomi/15631-pt-pindad-ekspor-kendaraan-militer-ke-malaysia.html>. diakses 16 Januari 2016.
- [37] www.pindad.com. diakses 16 Januari 2016.