

**STUDI KELAYAKAN MEKANIK KOMPOSIT
SERAT RAMI ACAK-POLYESTER SEBAGAI BAHAN
HELM STANDAR SNI**

Alaya Fadllu Hadi Mukhammad¹ dan Bambang Setyoko²

Abstrak

Helm SNI pada umumnya terbuat dari polimer polypropelene. Peningkatan kepedulian masyarakat terhadap isu lingkungan ditambah biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan komposit yang diperkuat dengan serat sintetis menyebabkan biokomposit yang diperkuat serat alam (natural fiber) menjadi perhatian utama sebagai material baru yang ramah lingkungan (biodegradable). Penelitian ini bertujuan mengetahui kelayakan biokomposit UPRs yang diperkuat serat rami acak sebagai bahan alternatif helm SNI yang lebih ramah terhadap lingkungan. Biokomposit dibuat menggunakan metode hand lay up dan mesin cetak tekandengan variasi fraksi volume 0%, 30%, 45%, dan 60%. Sebagai pembanding (control) bahan helm SNI juga dilakukan pengujian. Selanjutnya material-material tersebut diuji tarik dan impak. Hasil pengujian menunjukkan penambahan serat rami acak pada biokomposit UPRs memberikan dampak positif yaitu memperkuat kekuatan tarik dan kekuatan impak. Hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik dan impak tertinggi diperoleh pada Biokomposit UPRs yang diperkuat serat rami acak dengan $v_f \approx 60\%$ yaitu sebesar 48,41 MPa dan 42,55 kJ/m² jauh lebih tinggi dibandingkan kekuatantarik bahan helm SNI yang hanya sebesar 33,93 MPa. Biokomposit UPRs yang diperkuat serat rami acak layak menjadi material alternative dalam pembuatan helm SNI jika ditinjau dari kekuatan tarik dan impak.

Kata Kunci: Helm SNI, Uji Tarik, Uji Impak.

PENDAHULUAN

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 1992 pasal 23 mewajibkan pengendara sepeda motor dan penumpangsepeda motor serta kendaraan lain yang

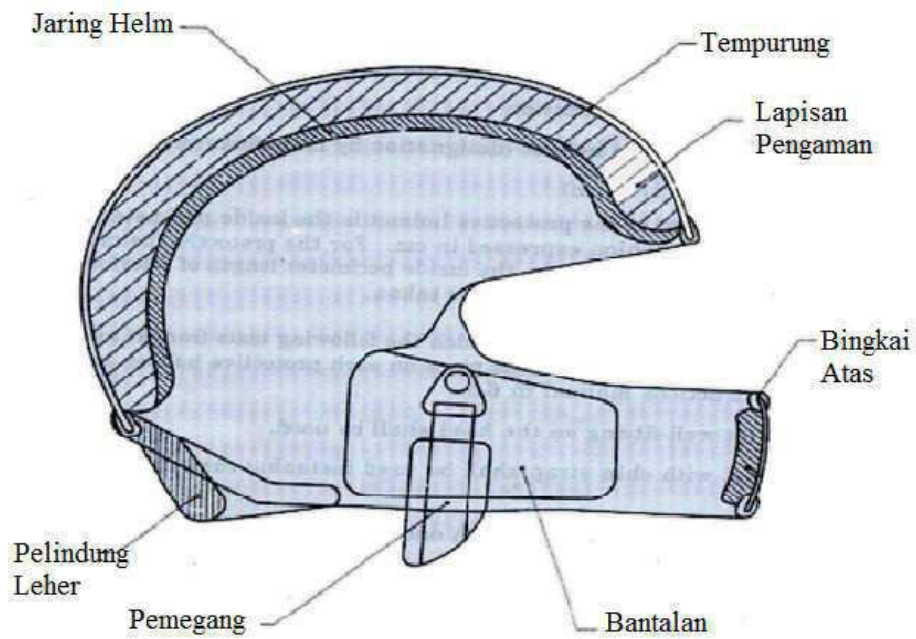
¹ Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

² Program Studi Diploma Teknik Mesin Universitas Diponegoro Semarang

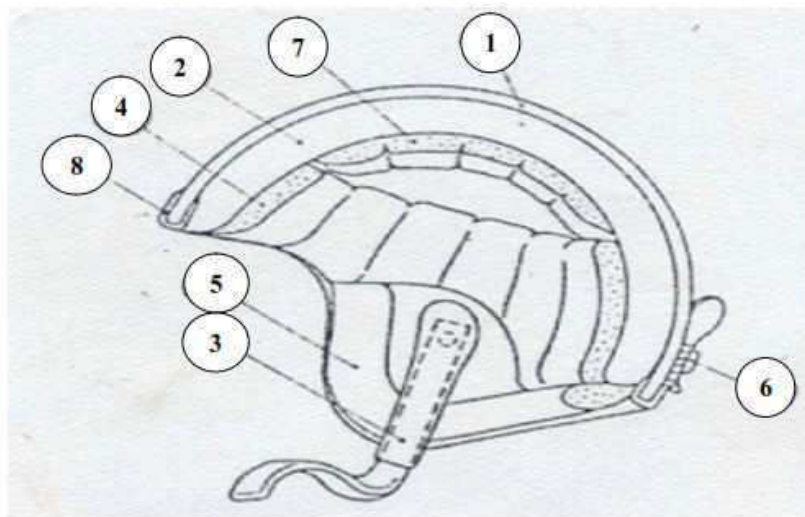
tidak memakai rumah-rumah untuk memakai helm. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2009 pasal 57 menetapkan bahwa perlengkapan kendaraan bermotor bagi sepeda motor adalah helmet Standar Nasional Indonesia (SNI) (Gambar 1). Helm pelindung adalah bagian dari perlengkapan kendaraan bermotor berbentuk topi pelindung kepala yang berfungsi melindungi kepala pemakainya apabila terjadi benturan (SNI, 2007). Helm berfungsi untuk melindungi kepala pengendara dari benturan serius saat terjadi kecelakaan. Selain itu helm juga dapat berfungsi untuk melindungi wajah dan mata dari debu, pasir dan objek lainnya. Selain memilih helm yang telah lulus standar keselamatan berkendara, para pengendara juga harus bijak dalam menentukan helm yang baik. Karena jika helm tidak nyaman dipakai, justru akan mengganggu konsentrasi ketika berkendara dan menjadi masalah bagi pemakainya (Simanjutak, 2010).

Helm SNI pada umumnya terbuat dari polimer polypropelene. Peningkatan kepedulian masyarakat terhadap isu lingkungan ditambah biaya produksi yang lebih rendah dibandingkan komposit yang diperkuat dengan serat sintesis menyebabkan biokomposit yang diperkuat serat alam (natural fiber) menjadi perhatian utama sebagai material baru yang ramah lingkungan (biodegradable) (Low dkk, 2008). Pohon rami saat ini sudah berhasil dibudidayakan oleh koperasi pondok pesantren Darussalam, Garut, Jawa barat seluas hampir 300 hektar. Pemanfaatan utama serat rami pada saat ini masih terbatas untuk membuat kain, tas dan tikar (Musaddad, 2007), sedangkan pemanfaatan untuk material struktural belum dikembangkan. Hasil penelitian tentang serat rami oleh Munawar dkk (2007) menunjukkan kekuatan tarik yang relatif tinggi 849 MPa, sedangkan hasil pengujian Diharjo (2006) menunjukkan komposit polyester yang diperkuat serat rami kontinyu satu arah dengan perlakuan 5% wt NaOH selama 2 jam memiliki kekuatan tarik dan regangan terbesar, yaitu $\sigma = 190.27$ MPa dan $\varepsilon = 0.44\%$.

Potensi yang tinggi dari komposit polyester yang diperkuat serat rami dan pemanfaatan utama serat rami pada saat ini masih terbatas untuk membuat kain, tas dan tikar merupakan tujuan utama penelitian ini dilakukan.



(a)



Keterangan gambar:

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1. sungkup | 5. Pelindung telinga |
| 2. Lapisan pelindung | 6. Kaitan kaca |
| 3. Tali pemegang | 7. Jaring helm |
| 4. Lapisan kenyamanan | 8. rim |

(b)

(a) Konstruksi Helm SNI Full Face (b) Konstruksi Helm SNI Open Face

Gambar 1. Konstruksi Helm SNI (SNI, 2007)

TINJAUAN PUSTAKA

Biokomposit

Biokomposit adalah jenis komposit yang salah satu penyusunnya, yaitu reinforcement atau matriksnya, terbuat dari bahan alam (**Mohanty dkk, 2005**). Material komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi serta tidak saling melarutkan (**Schwartz, 1984**).

Material komposit pada dasarnya terdiri dari dua penyusun yaitu penguat (reinforced) dan matriks (binder). Material penguat (reinforced) komposit dapat berupa serat atau partikel sedangkan matriksnya dapat berupa polimer, logam dan sebagainya (**Mukhammad, 2010**).

Matriks yang baik memiliki beberapa persyaratan diantaranya adalah mempunyai elongation break lebih tinggi dibandingkan dengan serat, harus dapat mentransmisikan beban ke serat melalui perubahan bentuk atau deformasi, dan matriks harus dapat membungkus (encapsulate) serat tanpa terjadi shrinkage yang dapat menyebabkan regangan internal dari serat dengan indikatornya adalah mempunyai wettability, kompatibilitas dan bonding yang baik (**Schwartz, 1984**), sedangkan menurut **Feldman (1989)** serat yang baik adalah modulus elastisitas tinggi, ultimate strength lebih tinggi dari matriks, masing-masing serat mempunyai kekuatan setaraf, serat stabil dan tetap kuat selama proses manufaktur dan ukuran serat misalnya luas dan diameter seragam.

Saat ini beberapa komponen terbuat dari biokomposit antara lain interior dan eksterior mobil (Gambar 2.) Menurut **Kavelin(2005)**, komponen yang terbuat dari serat alam lebih ringan 15 % dibandingkan dengan fiber glass.

Serat Rami

Serat rami (*Boehmeria nivea*) yang sumber tersedianya tidak terbatas dan diyakini merupakan serat alam berbasis selulosa paling kuat dari merupakan alternatif untuk menghasilkan panel komposit tahan peluru (**Marsyahyo dkk, 2005**). Serat rami (*Boehmeria Nivea*) tergolong kedalam serat alam yang berasal dari kulit batang (bast). Tabel 1 menunjukkan beberapa sifat serat rami.



(a)

(b)

(a)Berbagai komponen interior mobil Mercedes E Class (Suddell dan Evans, 2005)

(b) Bumper mobil dengan penguat serat kenaf (www.jecomposites.com)

Gambar 2. Aplikasi biokomposit serat alam dalam bidang otomotif

Tabel 1. Karakteristik Serat Rami

Karakter serat	Schuh dan Gayer (1997)	Marsyahyo (2006)
Density (gr/cm ³)	1,4-1,5	1,3 – 1,7
Diameter (μm)	-	25-40
Kekuatan Tarik (MPa)	393-870	786-1586
Elongation (%)	-	1,2-2,1
Modulus Young (GPa)	7,3	64-112

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan penelitian yang digunakan untuk membuat material biokomposit adalah serat rami acak (Gambar 3a) sebagai penguat dan Unsaturated Polyester Resin (UPRs) (Gambar 3b) sebagai matriks.

Serat rami diambil dari perkebunan rami KOPONTREN DARUSSALAM, Garut, Jawa Barat. Batang pohon rami dipanen setelah 6 bulan, diambil kulitnyadan diproses menjadi serat rami seperti terlihat pada Gambar 9. Serat rami dipotong-potong dengan panjang 10 cm dan digunakan sebagai penguat biokomposit. Serat rami yang masih mengandung lignin dan kotoran tersebut dibersihkan dengan menggunakan air dan kemudian direndam di dalam larutan alkali (5% wt NaOH) selama 2 jam. Selanjutnya serat dinetralkan dari efek NaOH dengan pembilasan menggunakan air bersih. Setelah PH netral, serat ditiriskan hingga kering tanpa sinar matahari. Pembuatan biokomposit dilakukan dengan

menggunakan cetakan bertekanan (*press moulding*). Variabel-variabel penting yang harus di formulasikan untuk menghasilkan material biokomposit yang optimal antara lain tekanan cetakan (MPa) dan fraksi volume serat. Biokomposit dari serat rami acak dengan matriks UPRs dibuat melalui proses cetakan bertekanan dengan variasi fraksi volume serat (vf) 30%, 45%, dan 60%.



(a)

(b)

(a) Serat Rami (b) Unsaturated Polyester Resin (Uprs)

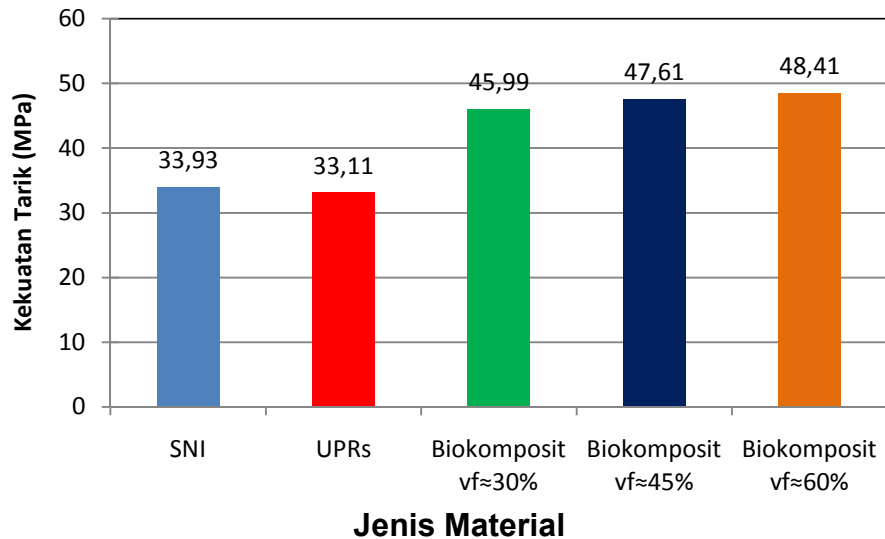
Gambar 3. Bahan Penelitian

Biokomposit kemudian diuji kelayakan sifat fisiknya melalui uji densitas dan kekuatan mekanisnya melalui uji tarik dan impak. Uji densitas menggunakan metode piknometer sedangkan Pengujian tarik mengacu pada standar ASTM D 638-02 dan uji impak mengacu pada standar ASTM D 5942-96 dengan model flatwise impak. Jumlah specimen yang digunakan pada penelitian ini setiap variable adalah sebanyak 4 buah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik pada material helm SNI menunjukkan kekuatan sebesar 33,11 MPa, nilai tersebut tidak jauh beda dengan material UPRs yaitu sebesar 33,11 MPa. Kekuatan tarik tertinggi diperoleh pada material Biokomposit UPRs-serat acak rami $vf \approx 60\%$ yaitu sebesar 48,41 MPa, diikuti material Biokomposit $vf \approx 45\%$ sebesar 47,61 MPa dan Biokomposit $vf \approx 30\%$ yaitu sebesar 45,99 MPa (Gambar 4).



Gambar 4. Kekuatan Tarik Berbagai Jenis Material

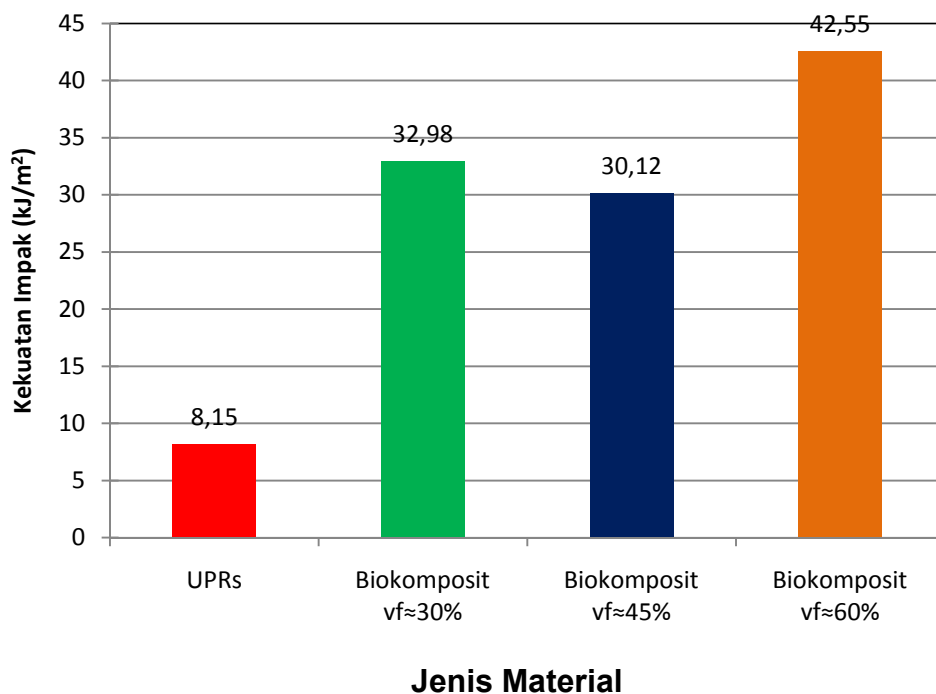
Kekuatan tarik pada material biokomposit meningkat seiring dengan penambahan fraksi volume serat rami, hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat memberikan pengaruh positif terhadap kekuatan tarik biokomposit, akan tetapi nilai tersebut memiliki nilai yang jauh lebih rendah dari nilai analisa teoritis (ROM). Fenomena yang sama juga diperoleh dari penelitian **Diharjo dan Nuri (2006)**, yang menunjukkan kekuatan tarik komposit serat rami-poliester memiliki hasil eksperimen lebih rendah dibandingkan dengan kekuatan minimal hasil analisis teoritis (ROM).

Nilai kekuatan tarik biokomposit yang dihasilkan pada penelitian ini jauh lebih rendah dibandingkan penelitian **Diharjo dan Nuri (2006)** yang memiliki kekuatan tarik komposit hasil eksperimen tertinggi adalah 205.36 MPa pada $V_f = 54.10\%$. Modulus elastisitas komposit serat rami- poliester memiliki harga tertinggi (47.88 GPa) pada $V_f = 54.10\%$, hal itu dikarenakan factor orientasi serat. **Mukhammad (2010)** melakukan penelitian mengenai pengaruh orientasi serat terhadap kekuatan tarik komposit epoksi serat rami searah kontinu. Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa komposit dengan penguat 1 lamina anyaman serat rami yang ditarik dengan arah gaya longitudinal terhadap orientasi serat memiliki kekuatan tarik sebesar $(72,72 \pm 9,30)$ MPa, sedangkan jika ditarik dengan arah gaya transversal terhadap orientasi serat memiliki kekuatan tarik yang jauh lebih rendah yaitu sebesar $(21,37 \pm 1,04)$ MPa. Kekuatan tarik biomposit yang ditarik kearah transversal lebih rendah daripada

kekuatan epoksi yaitu $(42,02 \pm 4,8)$ MPa (Umar, 2009) dikarenakan penguat serat berfungsi sebagai konsentrasi tegangan sehingga menurunkan kekuatan tarik komposit (Gibson, 1994).

Pengujian Impak

Hasil pengujian impak material UPRs dan biokomposit menunjukkan *trendline* kenaikan kekuatan impak. Kekuatan impak tertinggi diperoleh pada material biokomposit dengan $vf \approx 60\%$ yaitu sebesar $42,55 \text{ kJ/m}^2$, yang berarti terjadi kenaikan sebesar 522% dibandingkan UPRs yaitu sebesar $8,15 \text{ kJ/m}^2$. Material biokomposit $vf \approx 30\%$ dan $vf \approx 45\%$ menunjukkan kekuatan impak secara berturut-turut $32,98 \text{ kJ/m}^2$ dan $30,12 \text{ kJ/m}^2$. Material helm SNI tidak dapat diuji impak karena selalu lepas dari dudukan ketika diuji.



Gambar 5. Kekuatan Impak Bergai Jenis Material

Trendline peningkatan kekuatan impak seiring dengan penambahan fraksi volume serat ini sama dengan penelitian Adistya (2013) yang menunjukkan bahwa penambahan serat rami pada material biokomposit cenderung meningkatkan kekuatan bahan. Pada penelitian tersebut serat rami dengan diameter $150 \mu\text{m}$ menghasilkan kekuatan impak $5,315 \text{ kJ/m}^2$ pada konsentrasi 5% dan $8,024 \text{ kJ/m}^2$ pada konsentrasi 10%.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan serat rami acak pada biokomposit UPRs memberikan dampak positif yaitu memperkuat kekuatan tarik dan kekuatan impak.
2. Hasil pengujian menunjukkan kekuatan tarik dan impak tertinggi diperoleh pada Biokomposit UPRs yang diperkuat serat rami acak dengan $v_f \approx 60\%$ yaitu sebesar 48,41 MPa dan 42,55 kJ/m² jauh lebih tinggi dibandingkan kekuatantarik bahan helm SNI yang hanya sebesar 33,93 MPa.
3. Ditinjau dari kekuatan tarik dan impak bahwa Biokomposit UPRs yang diperkuat serat rami acak layak menjadi material alternative dalam pembuatan helm SNI.

SARAN

1. Perlu dilakukan studi lanjut mengenai kekuatan tembus pada material biokomposit
2. Pengembangan biokomposit dengan penguat serat alam memiliki peluang untuk dikembangkan sebagai material alternative komponen lainnya.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim penulis mengucapkan terimakasih kepada Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi (DIKTI) atas pendanaan penelitian ini melalui skema Hibah Pembinaan dana PNPB DIPA Universitas Diponegoro Semarang dengan Nomor: 279-4/UN7.5.1/PG/2014, tanggal 1 April 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisty, R. 2013. Sifat Mekanik Biokomposit Serat Rami (*Boehmeria Nivea L*) Dengan Matriks Polipropillen. Skripsi. Departemen Fisika. Institut Pertanian Bogor.
- ASTM D 638, 2002, Standard Test Method for Tensile Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
- ASTM D 256, 2000, Standard Test Method for Impact Properties of Plastic. American Society for Testing Materials, Philadelphia, PA.
- Diharjo K. dan Nuri S.H.2006, Studi Sifat Tarik Bahan Komposit Berpenguat Serat Rami Dengan Matrik Unsaturated Poliester, Proseding Seminar Nasional, Teknik Mesin FT Univ.Petra-Surabaya.

- Feldman, D., 1989. *Polymeric Building Materials*. Published :Routledge; 1 edition, ISBN-13: 978-1851662692, Taylor & Francis Group.
- Gibson, R.F., 1994, *Principles of Composite Material Mechanics*, Mc Graw Hill : Singapore.
- Kavelin, K.G., 2005. *Investigation of Natural Fiber Composites heterogeneity with respect to automotive structure*. Thesis for degree of doctor. Delfi University of Tecnology, Netherland.
- Low, I.M., Somers, J., Kho, H.S., Davies, I.J., Latella, B. A., 2008, *Fabrication and properties of recycled cellulose fibre-reinforced epoxy composites*, *Composite Interfaces*.
- Marsyahyo, E., Jamasri, Soekrisno, R., Rochardjo, H.S.B., 2006, *Investigation of Chemical Surface Treatment of Ramie Fiber (Boehmeria nivea) on Surface Topography, Tensile Strength and Single Fiber Fracture Modes*, *Proceeding of International Seminar on Product Design and Development: Material Development*, Gadjah Mada University
- Mohanty, A.K., Misra, M., Dzral, L.T., Selke, S.E., Harte, B.R. and Hinrichsen, G. 2005. ” *Natural Fibers, Biopolymers And Biocomposite: An Introduction.*” Chapter 1 in *Natural Fibers, Biopolymers, and biocomposite*, edited by Mohanty, A.K., Misra, M., Dzral, L.T., CRC Press, Taylor and Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, USA.
- Mukhammad, A. F. H., 2010, *Studi Kelayakan Komposit Hybrid Epoksi-Anyaman Serat Rami Dan SS304L Screen Mesh Sebagai Panel Peluru Level II Standar NIJ*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Munawar, S.S., Umemura, K., Tanaka, F., Kawai, S. 2007. *Effect of Alkali, Mild Steam, and Chitosan Treatments on The properties of Pineapple, Ramie, and Sansevieria Fiber Bundles*. *Journal Wood Science*, volume 54, Number 1, pp. 28-35. The Japan Wood Research Sociaty.
- Musaddad, M.A., 2007. *Agribisnis Tanaman Rami, Penebar Swadaya*, Depok, Jakarta, Indonesia.
- Schuh, T., Gayer, U., 1997, *Lignocellulosic-Plastics Composites*, Botucatu. Brazil
- Schwartz, M.M., 1984. *Composite Materials Handbook*, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
- Simanjutak, K.R, 2010. *Uji Eksperimental Kekuatan Helmet SNI Sepeda Motor SNI Akibat Dampak Benda Jatuh Bebas*. Digilib UMSU.

SNI 1811-2007, 2007, Helm Pengendara Kendaraan Bermotor Beroda Dua. Badan Standardisasi Nasional

Suddell, B.C., dan Evans, W.J., 2005, Natural Fiber Composites in Automotive Applications, dalam Mohanty, A.K., Misra, Manjusri, Drzal, L.T. Natural fibers, biopolymers, and biocomposites. Chapter 7. CRC Press Taylor & Francis Group Broken Sound Parkway NW, Suite 300

Umar, K., 2009, Pengaruh Perlakuan Permukaan Serat dan Perendaman Air Laut Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Komposit Serat Kulit Batang Melinjo (*Gnetum Gnemon*) Dengan Resin Epoksi, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

www.jeccomposites.com diakses 24 Oktober 2013

PENULIS:

ALAYA FADLLU HADI MUKHAMMAD, S.T., M.Eng.

Dosen Program Studi Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl. Prof H. Sudharto, SH, Tembalang, Semarang

E-mail : alayad3tm@undip.ac.id