

Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap Sifat-sifat Tarik Komposit Diperkuat *Unidirectional* Serat Tebu dengan Matrik Poliester

(The Effect of Fiber Volume Fraction on Tensile Strength of Unidirectional Sugar Cane Fiber-Reinforced Polyester Matrix Composites)

M. BUDI NUR RAHMAN, BERLI P. KAMIEL

ABSTRACT

Sugar cane fiber has not optimally been used as reinforcement of composite material. So far, bagasse has been used as firewood-substitute, raw material for papers, and brake lining. The purpose of this study is to investigate the effect of fiber volume fraction, V_f , on tensile strength of unidirectional sugar cane fiber/polyester composites. The material being used was sugar cane fiber, 268 SHCP BQTN polyester resin and catalyst. Fibers were soaked in alkali (NaOH) 5% for 2 hours in order to remove their impurities. Composite panels were made with a printing press and the volume fractions of the fiber were 0%, 10%, 20%, 30% and 40%. Prior to being cut into specimens, the panels were subsequently post-cured at a temperature of 60 °C for 4 hours. Tensile testing was carried out according to the ASTM D638 standard, and fracture area photo macrographs of selected samples were analysed in order to find out the characteristics of fracture. It was found out that increasing the fiber volume fraction resulted in the decrease of tensile strength and strain, but increase of the modulus of elasticity. The highest average tensile strength and strain was obtained at $V_f = 0\%$ (31.44 MPa and 9,11%), and a tensile modulus of elasticity was at $V_f = 20\%$ of 426.92 MPa. The observations on the photo macrographs showed that composite fracture predominantly occurred specimens with $V_f = 30\%$, and single fracture combined with fiber pull-out was identified for those of $V_f = 0\%$, 10%, 20% and 40%.

Keywords: unidirectional sugar cane fiber, polyester, , tensile properties

PENDAHULUAN

Pengaruh perkembangan teknologi yang semakin maju menyebabkan kebutuhan material komposit semakin meningkat di bidang industri seperti penerbangan, perkapalan, militer, alat olah raga, kedokteran otomotif bahkan alat rumah tangga. Material komposit dipilih pada bidang tersebut karena memiliki sifat ketahanan korosi yang lebih baik, karakteristik yang dapat dikontrol serta berat yang lebih ringan dan biaya produksi yang murah.

Komposit adalah suatu bahan hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya, baik sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat jenisnya rendah kekuatan

yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah.

Serat secara umum terdiri dari dua jenis, yaitu serat sintetis dan serat alam. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan, yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, Kevlar, nylon, dan lain-lain. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam, biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia antara lain kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas, knaf dan goni. Serat alam memiliki kelemahan, yaitu ukuran serat yang

tidak seragam, kekuatan serat sangat dipengaruhi oleh usia (Schwartz, 1984).

Salah satu jenis serat alam yang sangat potensial adalah serat tebu. Ampas tebu merupakan limbah dari proses pengolahan gula yang pemanfaatannya belum optimal. Berdasarkan data dari Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) ampas tebu yang dihasilkan sebanyak 32% dari berat tebu giling. Sebanyak 60% dari ampas tebu tersebut dimanfaatkan oleh pabrik gula sebagai bahan bakar, bahan baku untuk kertas, bahan baku industri kanvas rem, industri jamur dan lain-lain. Sehingga diperkirakan sebanyak 40 % dari ampas tebu tersebut belum dimanfaatkan.

Pemanfaatan serat tebu sebagai bahan penguat material komposit belum maksimal. Selama ini ampas tebu hanya digunakan sebagai bahan bakar pengganti kayu bakar. Melihat dari potensi tersedianya bahan baku, maka penelitian ini diarahkan untuk memanfaatkan serat tebu dari limbah ampas tebu sebagai serat penguat material komposit.

Penelitian kekuatan tarik mengacu pada standar ASTM D 638 yang dilakukan oleh Hariyanto (2009) tentang pengaruh fraksi volume komposit serat kenaf dan rayon yang disusun secara lurus kontinyu dengan bermatrik polyester terhadap kekuatan tarik dan dampak. Kekuatan tarik serat kenaf/polyester pada V_f 10% sebesar 22,04 MPa, V_f 15% sebesar 28,35 MPa dan V_f 20% sebesar 38,32 MPa nilai tertinggi terletak pada V_f 20% dan terendah pada V_f 10%. Untuk kekuatan tarik serat rayon/polyester pada V_f 10% sebesar 22,81 MPa, V_f 15% sebesar 51,23 MPa dan V_f 20% sebesar 50,46 MPa, nilai tertinggi terletak pada V_f 15% dan terendah pada V_f 10%.

Adi (2006) meneliti kekuatan bending serat kenaf acak dengan resin poliester yang mengacu pada standar ASTM D-790. Dengan variabel fraksi volume serat 20%, 30%, 40% dan 50% diperoleh kekuatan bending tertinggi pada fraksi volume 20% dengan nilai 7,73 MPa. Penelitian tersebut sebanding dengan penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono (2006) mengenai komposit serat kenaf acak yang menggunakan standar ASTM D-790 dihasilkan kekuatan tertinggi pada fraksi volume 40% dengan nilai 105,38 MPa.

Dari beberapa penelitian tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa semakin besar fraksi volume serat maka semakin tinggi pula

tegangan tarik, modulus elastisitas dan kekuatan bendingnya. Untuk perlakuan alkali, semakin lama perendaman alkali dapat meningkatkan kekuatan tarik, bending dan modulus elastisitasnya sampai batas tertentu kemudian menurun. Akan tetapi semakin lama dilakukan perendaman alkali akan menurunkan regangan bending dan kekuatan tariknya.

Pengujian material komposit hybrid bambu dan serat E-glass bermatrik polyester 157 BQTN yang dilakukan Junaedi (2008), diperoleh kekuatan bending rata-rata tertinggi pada fraksi volume 30% sebesar 85,899 MPa dan terendah pada fraksi volume 50% sebesar 73,649 MPa. Untuk pengujian tarik diperoleh kekuatan tarik rata-rata tertinggi pada fraksi volume 50% sebesar 110,294 MPa dan terendah pada fraksi volume 30% sebesar 73,52 MPa.

Pengujian yang berkaitan dengan pengaruh alkali pada kekuatan tarik dan bending pada fraksi volume serat rami bermatrik polyester BTQN 157 yang dilaporkan oleh Hartanto (2009), bahwa dengan perlakuan alkali 2,4,6 dan 8 jam pada ketebalan 1mm sampai 5mm. diperoleh hasil optimal rata-rata pada v_f 40% dengan ketebalan 3mm dan paling optimal pada perlakuan alkali 2 jam, pada pengujian tarik optimal pada v_f 50% ketebalan 5mm dan paling optimal pada perlakuan alkali 2 jam. Pada pengamatan struktur makro didapatkan jenis patahan broken fiber. Pengujian tersebut juga diperkuat oleh hasil pengujian Wahono (2008), bahwa komposit yang mengalami perlakuan NaOH selama 2,4,6 dan 8 jam, komposit dengan perlakuan NaOH pada serat selama 2 jam yang paling baik. Semakin lama serat direndam dengan NaOH dapat menghilangkan lapisan lignin dan pengotor lainnya, dapat mengakibatkan ikatan *interface* antara serat dan resin semakin kuat akan tetapi dapat mengakibatkan serat semakin rapuh karena semakin banyak lignin dan pengotor lainnya yang hilang pada serat, sehingga kemampuan untuk menahan beban menurun.

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki pengaruh fraksi volume serat terhadap kekuatan tarik komposit *unidireksional* serat tebu/polyester.

METODE PENELITIAN

Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan adalah serat tebu, resin polyester SHCP 268 BQTN stirene monomer dan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*). Serat diambil dengan cara menggiling batang tebu terlebih dahulu selama lima kali penggilingan kemudian direndam dan dicuci dari kotoran dengan air. Serat diangin-anginkan sampai kering di tempat teduh. Serat yang telah dibersihkan dari kotoran lalu direndam dalam larutan alkali NaOH 5% selama 2 jam. Perendaman dilakukan untuk menghilangkan lignin yang menempel pada serat. Setelah perendaman selesai, dilakukan netralisasi serat dengan perendaman air selama 3 hari, kemudian serat dikeringkan secara alami. Bahan matrik yang digunakan adalah *unsaturated polyester SHCP 268 BQTN* stirene monomer yang disuplai oleh PT. Justus Kimia Raya Jakarta dan katalis MEKPO (*metil etil keton peroksida*) yang digunakan adalah 1% dari volume poliester.

Pembuatan Komposit

Panel komposit dibuat dengan metode press mould dengan variasi fraksi volume 0%, 10%, 20%, 30% dan 40%. Persamaan untuk mengetahui volume komposit menjelaskan bahwa volume komposit adalah perpaduan antara volume serat dan volume matrik yang dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$v_c = v_f + v_m = \frac{m_f}{\rho_f} + \frac{m_m}{\rho_m} \dots\dots\dots(1)$$

Fraksi volume serat sebagai bahan kontrol dalam penelitian diperoleh melalui Persamaan 2 dan Persamaan 3.

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

$$W_f = \frac{m_f}{m_c} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

dengan: v_c = volume komposit (cm^3), v_f = volume serat (cm^3), v_m = volume matrik (cm^3), m_f = massa serat kenaf acak (g), ρ_f =

berat jenis serat kenaf (g/cm^3), m_m = massa matrik (g), ρ_m = berat jenis matrik (g/cm^3), V_f = fraksi volume serat (%), W_f = fraksi berat serat (%).

Pengujian Tarik Komposit

Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Jurusan Teknik Mesin dan Industri UGM. Pembuatan specimen dan proses pengujian menggunakan dengan standar ASTM D-638.

Kekuatan tarik adalah tegangan maksimum yang bisa ditahan struktur pada kondisi tarik. Pada kurva σ - ϵ setelah titik luluh tegangan terus naik dengan berlanjutnya deformasi plastis sampai titik maksimum dan kemudian menurun sampai akhirnya patah.

Parameter-parameter yang digunakan untuk menggambarkan kurva tegangan-regangan material yaitu:

- Kekuatan tarik, adalah beban maksimum dibagi luas penampang lintang awal benda uji. Kekuatan ini berguna untuk keperluan spesifikasi dan kontrol kualitas bahan.
- Tegangan luluh adalah tegangan yang dibutuhkan untuk menghasilkan kecil deformasi plastis yang ditetapkan. Tegangan luluh yang diperoleh dengan metode *offset* biasanya dipergunakan untuk perancangan dan keperluan spesifikasi.
- Perpanjangan diperoleh dengan cara membagi perpanjangan panjang ukur dengan panjang awal dan dinyatakan dalam persen.

Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu material dapat dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Tegangan tarik terbesar dapat diterima akibat adanya pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar. Besarnya kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 4.

$$\sigma = \frac{P}{t \cdot l} \dots\dots\dots(4)$$

dengan: σ = tegangan tarik (MPa), t = tebal spesimen benda uji (mm), l = lebar spesimen benda uji (mm), P = beban tarik maksimum (N)

Regangan tarik dapat dihitung dengan Persamaan 5.

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(5)$$

dengan: ε = regangan (%), ΔL = pertambahan panjang (mm), L = panjang awal (mm).

Modulus elastisitas adalah sifat material yang menunjukkan kekakuan material saat menerima beban. Besarnya modulus elastisitas dapat dihitung dengan Persamaan 6.

$$E = \frac{\Delta\sigma}{\Delta\varepsilon} \dots\dots\dots(6)$$

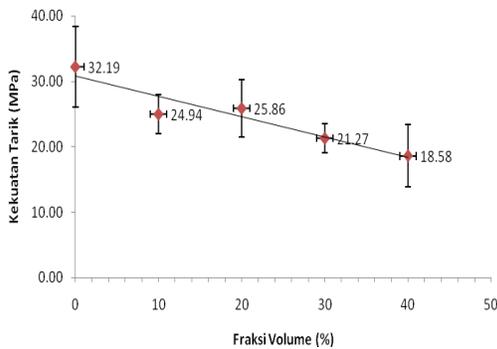
dengan: E = modulus elastisitas (GPa), σ = tegangan tarik (MPa), ε = regangan (%).

HASIL DAN PEMBAHASAN

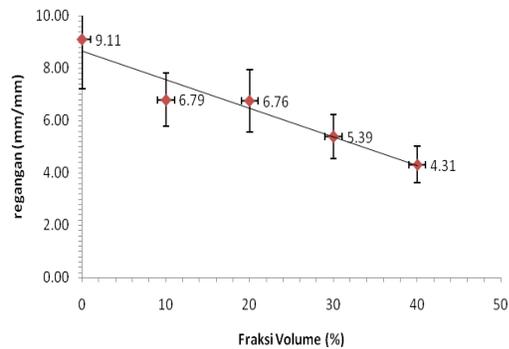
Hasil pengujian serat tunggal menurut ASTM D 3379 diperoleh kekuatan tarik serat tebu sebesar 47,76 MPa, regangan tarik 26% dan modulus elastisitasnya 184,04 MPa. Resin polyester *SHCP 268 BQTN* memiliki kekuatan tarik 29,4 MPa, perpanjangan 3,2% dan modulus 5257.3 MPa (*Singapore Hingpolymer Chemical Products Pte Ltd*). Peningkatan fraksi volume akan menurunkan kandungan resin dalam komposit. Hasil pengujian kekuatan tarik dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1.

TABEL 1. Hasil pengujian kekuatan tarik komposit serat tebu-polyester

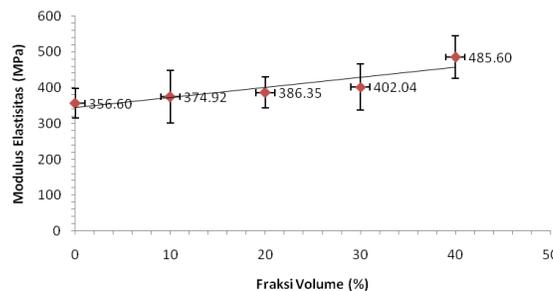
Fraksi Volume (%)	Kekuatan Tarik Rata-rata (MPa)	Standar Deviasi (MPa)	Regangan Tarik Rata-Rata (%)	Standar Deviasi (%)	Modulus Elastisitas Rata-Rata (MPa)	Standar Deviasi (%)
0	32.19	6.18	9.11	1.91	356.60	41.86
10	24.94	3.00	6.79	1.01	374.92	74.24
20	25.86	4.37	6.76	1.20	386.35	43.26
30	21.27	2.25	5.39	0.85	402.04	64.91
40	18.58	4.78	4.31	0.70	485.60	58.55



(a) Pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik



(b) Pengaruh fraksi volume terhadap regangan tarik



(c) Pengaruh fraksi volume terhadap modulus elastisitas

GAMBAR 1. Grafik hubungan fraksi volume serat komposit serat tebu-polyester terhadap kekuatan tarik

Data hasil pengujian tarik komposit serat tebu menunjukkan nilai kekuatan tarik komposit mengalami penurunan dengan peningkatan fraksi volume serat komposit (Gambar 1.a). Kekuatan tarik pada fraksi volume 0% sebesar 32,19 MPa, pada 10% sebesar 24,94 MPa, pada 20% sebesar 25,86 MPa, pada 30% sebesar 21,27 MPa dan pada 40% sebesar 18,56 MPa. Penurunan ini tidak sesuai dengan *rule of mixture* dari komposit, dengan kekuatan tarik serat tunggal lebih tinggi dari kekuatan matrik seharusnya kekuatan komposit meningkat dengan bertambahnya fraksi volume serat. Gaya yang diterima matrik akan didistribusikan secara merata pada serat penguatnya, namun kenyataannya kekuatan tarik komposit mengalami penurunan.

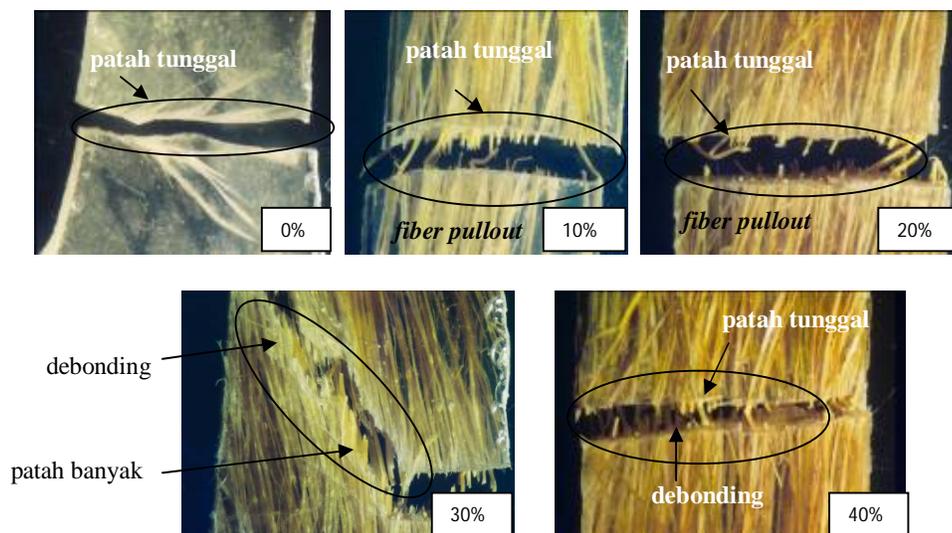
Gambar 1.b. menunjukkan regangan tarik komposit mengalami penurunan dengan peningkatan fraksi volume serat komposit. Nilai regangan tarik pada fraksi volume 0% sebesar 9,11%, pada V_f 10% sebesar 6,79%, pada V_f 20% sebesar 6,76%, pada V_f 30% sebesar 5,39% dan pada V_f 40% sebesar 4,31%. Besarnya regangan tarik menunjukkan kemampuan benda untuk berubah bentuk. Penurunan regangan tarik disebabkan kuatnya ikatan antara matrik dengan serat penguat. Semakin kuat ikatannya, regangan yang terjadi akan semakin kecil mendekati regangan tarik resin yang lebih kecil dari regangan serat tebu.

Gambar 1.c. menunjukkan modulus elastisitas akan meningkat dengan peningkatan fraksi volume serat. Nilai modulus elastis pada fraksi volume 0% sebesar 356,60 MPa, pada V_f 10%

sebesar 374,92 MPa, pada V_f 20% sebesar 386,35 MPa, pada V_f 30% sebesar 402,04 MPa dan pada V_f 40% sebesar 385,60 MPa. Penurunan regangan tarik komposit menunjukkan komposit semakin kaku. Peningkatan modulus elastisitas akibat penurunan regangan tarik lebih besar dari penurunan kekuatan tarik.

Penurunan kekuatan tarik dan regangan tarik disebabkan oleh berbagai hal, diantaranya: proses pengambilan serat, perlakuan alkali untuk pembersihan serat. Proses pengambilan serat yang dilakukan dengan penggilingan yang berulang-ulang untuk pemerasan kandungan gula dan penghancuran pohon tebu. Perlakuan mekanik ini dapat merusak serat sehingga kekuatannya akan berkurang. Perlakuan alkali bertujuan untuk membersihkan serat dari lapisan lignin yang membungkus serat atau kotoran menempel pada serat sehingga ikatan antara matrik dan serat lebih kuat. Jika terlalu lama atau konsentrasi larutan terlalu tinggi akan merusak sel-sel serat utamanya sehingga serat menjadi rapuh dan kekuatannya akan berkurang.

Hasil pengujian tarik diperkuat dengan pengamatan patahan yang dapat dilihat seperti pada Gambar 2. Pada material komposit serat tebu/polyester untuk V_f 0% terjadi patah tunggal, pada V_f 10% dan V_f 20% terjadi patah tunggal dan mengalami *fiber pullout*, yang terjadi pada V_f 30% patah banyak dengan mengalami *debonding* dan *fiber pullout*, sedangkan pada V_f 40% mengalami patah tunggal dan juga mengalami *debonding*.



GAMBAR 2. Penampang patahan hasil pengujian tarik.

KESIMPULAN

Hasil pengujian tarik komposit serat tebu unidireksional/poliester menunjukkan bahwa dengan bertambahnya fraksi volume mengakibatkan penurunan kekuatan tarik dan regangan tarik namun meningkatkan modulus elastisitasnya. Kekuatan tarik tertinggi pada $V_f = 0\%$ sebesar 32,19 MPa dan terendah pada $V_f = 40\%$ sebesar 18,58 MPa dan. Regangan tarik mengalami penurunan dengan nilai tertinggi pada $V_f = 0\%$ sebesar 9,11% dan terendah pada $V_f = 40\%$ sebesar 4,31%. Modulus elastisitas mengalami kenaikan dengan harga terendah pada $V_f = 0\%$ yaitu 356,60 MPa dan tertinggi pada $V_f = 40\%$ sebesar 485,60 MPa. Hasil pengamatan patahan menunjukkan patah tunggal pada fraksi volumen 0%, 10%, 20% dan 40%, sedangkan pada fraksi volume 30% terjadi patah banyak.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada kepada **Muhammad Abrar, ST** yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adi, G.T. (2006). *Pengaruh Fraksi Volume Serat terhadap kekuatan Bening Komposit Kenaf Acak/polyester*, Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Anonim (1998). *Annual Book ASTM Standard*, USA.
- Hariyanto, A. (2009). *Pengaruh fraksi volume Komposit Serat Kenaf dan Serat Rayon Bermatrik Ploiester terhadap Kekuatan Tarik dan Impak*, Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hartanto, L. (2009). *Study Perlakuan Alkali dan Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Bending, Tarik, dan Impak Komposit Berpenguat Serat Rami-Polyester BQTN-157*, Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Junaedi, F. (2008). *Pengaruh fraksi volume terhadap kekuatan tarik dan bending komposit serat hybrid bambu dan serat E-glass/polyester*, Tugas Akhir,

Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

<http://www.SingaporeHingpolymerChemicalProductsPteLtd/html/files/datasheets/SHCPs268.pdf> pada tanggal 1 Maret 2011.

Schwartz, M.M. (1984). *Composite Material Handbook*, Singapura: Mc Graw-Hill.

Wahono, B. (2008). *Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) terhadap Karakteristik Komposit Serat Buah Kelapa Sawit/Poliester*, Berita Teknologi Bahan dan Barang Teknik No.22/2008.

Wicaksono, A. (2006). *Karakterisasi Kekuatan Bending Komposit Berpenguat Kombinasi Serat Kenaf Acak dan Anyam*, Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Semarang.

PENULIS:

M. Budi Nur Rahman[✉], Berli P. Kamiel

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Jalan Lingkar Selatan, Bantul 55183, Yogyakarta.

[✉]Email: nurrahman_umy@yahoo.co.id