

PENGARUH DAYA TERHADAP KEDALAMAN KERF PADA PEMOTONGAN KOMPOSIT ALF-UPR DENGAN LASER CUTTING

Autha Rachman¹, Gesang Nugroho², Heryoga Winarbawa³

^{1,2,3} Department of Mechanical and Industrial Engineering, Gadjah Mada University
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, 55281, Indonesia
E-mail: rachman.autha@gmail.com, autha.rachman@ugm.ac.id

Abstrak – Komposit serat daun agel dengan matriks unsaturated polieseter resin atau ALF-UPR merupakan bio komposit sebagai alternatif komposit serat buatan yang lebih ramah lingkungan. Pemotongan menjadi hal mendasar dalam produksi masal. Laser cutting menjadi solusi dalam hal presisi, baik dalam pengulangan, pemotongan tanpa ada pengekaman, serta tidak ada kontak dengan benda kerja. Namun untuk mendapatkan pemotongan yang efektif, diperlukan parameter yang sesuai dengan karakteristik bahan yang akan dipotong. Paper ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh besar daya laser cutting terhadap kedalaman kerf hasil pemotongan. Pemotongan menggunakan mesin laser cutting CO₂ CW 80 Watt. Komposit dipotong lurus 30 mm ALF-UPR dengan tebal 4mm. menggunakan daya laser 40, 48, 56, 64, dan 72 Watt dengan cutting speed 1mm/s dan tekanan gas 2 psi. Hasil pemotongan difoto makro perbesaran 9x, dan Pengukuran kedalaman Kerf menggunakan software imageJ. Hasil Pengukuran menunjukkan besarnya daya berbanding lurus dengan kedalaman kerf. Pada pemotongan dengan daya 72 watt menghasilkan hasil terbaik dengan lebar kerf 2,73 mm dengan sekali potong. Dengan mengetahui parameter terbaik dapat dijadikan referensi dalam pemotongan dengan ketebalan berbeda pada bahan komposit ALF-UPR sehingga pemotongan dapat efisien.

Kata Kunci — Daya, Komposit ALF-UPR, CO₂ Laser Cutting, Kedalaman Kerf

Abstract – Unsaturated polieseter ALF UPR is a bio-composites as an alternative to

artificial fiber composite. it is more environmentally friendly. Cutting process to be fundamental to mass production. Laser cutting into the solution in terms of precision, repetition, cutting without clamping, and no contact with the workpiece. However, to obtain effective cutting, required parameters in accordance with the characteristics of the material to be cut. This paper aims to determine the effect of the power laser to a depth of kerf cutting results. Cutting using CO₂ laser cutting machine CW 80 Watt. Composites ALF-UPR cut straight 30 mm with 4mm thick. Using a laser power of 40, 48, 56, 64, and 72 Watt with a cutting speed of 1mm / s and the gas pressure 2 psi. Results cutting photographed with 9x magnification and dept measurements using the software ImageJ. The results of measurements indicate the amount of power is directly proportional to the depth of kerf. Reviewed by cutting power 72 watts produces the best results with a kerf width 2, 73 mm with a single cut. By knowing the best parameters can be referenced in cuts of varying thickness on composite materials ALF-UPR so that cuts can be efficient.

Keywords — ALF-UPR Composite, CO₂ laser Cutting, Power, Depth of Kerf.

1. PENDAHULUAN

Pada Oktober 2000, di negara-negara Uni-Eropa telah ditetapkan peraturan "End-of-Life Vehicles (ELV) directive

(2000/53/EC)”, yang menargetkan minimum 85% berat ELV harus dapat diperbaharui pada tahun 2006 dan minimum 95% berat ELV juga harus dapat diperbaharui pada tahun 2015. Serta pada deklarasi pada *International Year of Natural Fibres 2009* (YINF 2009) oleh *Food and Agriculture Organization* (FAO) menganjurkan pada dunia industri dengan adanya yang menganjurkan agar mulai tahun 2009 sudah menggunakan bahan baku yang ramah lingkungan dan mudah terdegradasi.

Pada material komposit matrik polimer, fungsi utama serat penguat adalah menaikkan kekuatan dan kekakuan komposit sehingga didapatkan material yang kuat dan ringan. Beberapa jenis serat yang umum digunakan adalah serat glass, serat karbon dan serat Kevlar. Akan tetapi, komposit yang diperkuat dengan serat buatan ini memiliki sifat tidak ramah lingkungan karena tidak mampu diurai oleh mikro organisme dan sumber yang tidak dapat diperbaharui [1].

Serat alam merupakan alternatif *filler* komposit polimer karena keunggulannya dibanding serat sintetis. Serat alam mudah didapatkan dengan harga yang murah, mudah diproses, densitasnya rendah, ramah lingkungan, dan dapat diuraikan secara biologi [2]. Komposit serat alam dengan matriks termoplastik dan termoset telah dianut oleh produsen dan pemasok mobil Eropa untuk pintu, panel, punggung kursi, *headliners*, package tray, dashboard, dan bagian interior. Serat alami yang dipakai seperti kenaf, falx, jute, dan sisal telah memberikan manfaat seperti mengurangi berat dan dapat didaur ulang [3].

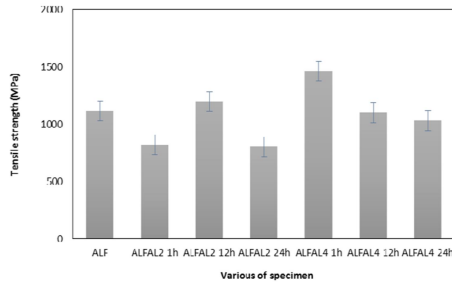
Penggunaan serat alam sebagai penguat pada komposit telah mendapat perhatian peneliti dan industri. Serat alam seperti rami, sisal, rosella, pisang, coir palm dan kayu merupakan sumber terbarukan yang banyak dikembangkan denegara berkembang seperti Indonesia. Pengembangan teknologi komposit serat alam sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk meng-*explore* potensi lokal. Dengan suksesnya pengembangan komposit serat alam, akan meningkatkan nilai ekonomi serat alam tersebut [4].

Tabel 1. Perbandingan serat alami dan serat buatan [3].

Fiber	Density (g/cm ³)	Elongation (%)	Tensile Strength (MPa)	Elastic Modulus (GPa)	Reference
Cotton	1.5-1.6	7.0-8.0	400	5.5-12.6	6,7
Jute	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5	6
Flax	1.5	2.7-3.2	500-1,500	27.6	4
Hemp	1.47	2-4	690	70	4
Kenaf	1.45	1.6	930	53	4
Ramie	—	3.6-3.8	400-938	61.4-128	8
Sisal	1.5	2.0-2.5	511-635	9.4-22	8
Coir	1.2	30.0	593	4.0-6.0	9
Softwood Kraft Pulp	1.5	4.4	1,000	40.0	9
E-glass	2.5	0.5	2,000-3,500	70.0	9
S-glass	2.5	2.8	4,570	86.0	9
Aramid (Std.)	1.4	3.3-3.7	3,000-3,150	63.0-67.0	9
Carbon (Std. PAN-based)	1.4	1.4-1.8	4,000	230-240	9

Serat daun agel (*Corypha gebanga*) telah dikenal oleh masyarakat sejak puluhan tahun yang lalu khususnya masyarakat Kulon Progo Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Dahulu masa kolonial Jepang, masyarakat menggunakan daun agel sebagai pakaian. Saat ini serat daun agel dimanfaatkan sebagai bahan tali dan bahan pembuatan karung dan telah dimanfaatkan untuk bahan baku pembuatan aneka kerajinan dengan diambil serat daunnya[5]. Perlakuan perendaman serat daun agel dengan Alkali NaOH telah dilakukan Hestiawan dkk, dari penelitian tersebut menyebutkan bahwa kekuatan Tarik terbesar (1464 MPa) diperoleh dengan perendaman NaOH 4% dalam 1 jam. Karena treatment perendaman selama 1 jam dengan NaOH 4% dapat menghilangkan pengotor pada permukaan serat, hemiselulosa dan lignin dapat dihilangkan. Akibat hal tersebut maka kekasaran permukaan meningkat dan tegangan tarik meningkat pula [4]. Dari tabel 2 hasil uji tarik ALF yang direndam NaOH dibandingkan dengan tabel 1, ALF menunjukkan kekuatan tarik terbesar diantara serat alam yang lain. Maka dapat dijadikan pertimbangan untuk dijadikan alternatif serat sintetis.

Tabel 2. Efek perendaman dengan Alkali tanah NaOH terhadap kekuatan tarik ALF [4].



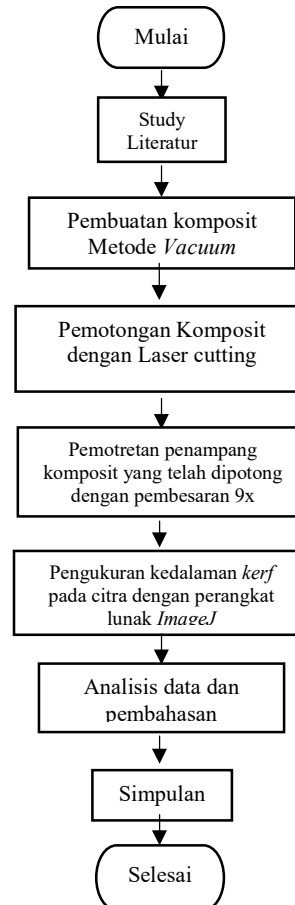
Pemotongan komposit adalah langkah produksi dasar dalam produksi part, Sifat komposit yang *brittleness*, *anisotropy* dan *non-homogeneity* sulit dilakukan pemotongan dengan metode konvensional [6]. Pemotongan komposit dengan teknik pemotongan konvensional seperti milling, dan pemotongan abrasive water jet, memiliki kekurangan seperti gaya yang digunakan, pengekaman dan keausan pahat. Pemotongan komposit dengan laser tanpa adanya kontak dengan benda kerja menjadi alternatif. Menurut [7] Kualitas pemotongan dengan laser seperti keakurasian ukuran, keakurasian bentuk, struktur *Heat affected zone* (HAZ), *surface Roughness* (Ra), dipengaruhi oleh variabel input meliputi: sinar laser (*Laser Beam*), benda kerja (*Work Piece*), penempatan benda kerja (*Work Piece Install*), sistem control, *Assist gas* (AG) dan material tambahan (*AM*).

Penelitian [8], [9] melakukan pemotongan pada bahan termoplastik PMMA, PC, dan PP menggunakan Laser cutting CO2 dengan variasi daya, kecepatan potong, jenis lensa. Dimensi kerf dan kekasaran permukaan potong diteliti, dan hasilnya daya laser memberikan efek dominan terhadap dimensi *kerf* dan HAZ pada semua bahan termoplastik.

Belum adanya penelitian tentang bagaimana pemotongan panel komposit serat daun agel dengan laser mendorong penulis untuk melakukan penelitian tentang bagaimana kemampuan *machineability* komposit serat daun agel dengan pemotongan menggunakan mesin *laser cutting*.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan komposit ALF-UPR dan pengujian pemotongan komposit, Untuk pembuatan dilakukan di laboratorium Bahan, dan Pemotongan di laboratorium Manufaktur Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Pembuatan Komposit

Ada beberapa macam teknik pembuatan komposit diantaranya *Hand lay-up*, *Vacuum Bagging*, *Vacuum Infusion*, *Resin transfer moulding*, *Preasure Bagging*. Pada pembuatan komposit kali ini menggunakan metode *vacuum bagging*. Dengan teknik ini akan menaikkan fraksi volume sehingga komposit akan lebih ringan.

2.1.1. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan komposit ALF-UPR diantaranya adalah: Serat daun agel jenis anyam (*woven*) dengan tipe *woven roving* dari pengrajin di Sentra Kerajinan Sentolo, Kulon Progo, DIY. Serat daun agel digunakan sebagai penguat. Matriks yang digunakan adalah UP (*Unsaturated Poliester*) (Yukalac Tipe 157 BQTN-EX) dipesan dari PT. Justus Kimiaraya, Semarang, Indonesia. Dengan berat jenis UP dan Viskositas 1.10 ± 0.02 dan $4,5-5,0$ Poise (25°C). Pengeras (*hardener*) menggunakan *Methyl ethyl ketone peroxide* tipe A (MEPOXE) sebagai katalis dari PT. Justus Kimia Raya, Semarang, Gelas ukur, Gunting, Alat pengaduk (*mixer*), Pompa vacuum (*hampa*), *Sealant Tape*, Plastic Cover, Resin Filter, Lembaran nylon, Selang PVC, Clamp Selang, Timbangan digital, wax mirror glass dan konektor.

2.1.2. Cara Pembuatan

Metode yang digunakan adalah metode *Vacuum Bag*. Langkah-langkah pembuatan material komposit adalah sebagai berikut. Mempersiapkan cetakan yang datar dan halus, dan mengoleskannya dengan wax mirror glaze, kemudian daerah sisi cetakan ditempelkan dengan *sealant tape* (penyekat udara) khusus, yang ditunjukkan oleh gambar 2.

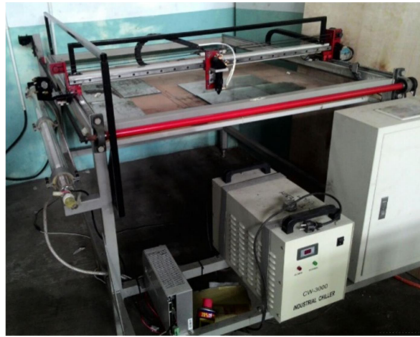


Gambar 2. *Vacuum Bagging*

Timbang Serat daun agel sebagai acuan dalam penentuan berapa banyak Matriks yang digunakan. Tebal serat daun agel adalah 0,8 mm. Timbang UP, campurkan UP dengan *hardener* dengan perbandingan 1: 1 lalu aduk dengan rata. Lalu laburkan dengan UP dengan teknik *hand lay-up*, Letakkan serat daun agel, kemudian lapis dengan UP kembali. Lakukan pelaburan UP di setiap lapisan serat daun agel. Setelah semua lapisan selesai, maka permukaan ditutupi dengan kain nilon, lalu ditutupi kaos atau blacu, dibungkus dengan "plastic bagging" dan direkatkan dengan *sealant tape* pada pinggiran mold. Melakukan proses vakum dengan kapasitas pompa vakum $\frac{1}{4}$ HP (air dissipation 1, 5 CFM, tekanan 5 Pa). Tunggu hingga mengeras.

2.2. Pemotongan Dengan Laser

Pemotongan menggunakan Mesin laser CO_2 dengan kapasitas 80 Watt, area kerja 1500×1240 mm. Menggunakan Chiler seri CW-3000 kapasitas tangka 6 liter untuk mendinginkan tabung laser, Kompresor udara bertekanan yang digunakan untuk mendinginkan daerah pemotongan, membersihkan material dan melindungi lensa dari asap yang dihasilkan pada saat pemotongan material. Seperti ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 3. Mesin Laser Cutting

Pemotongan komposit ALF UP dilakukan dengan variasi daya 40, 48, 56, 64, dan 72 watt. Dengan Jarak nozzle dengan benda kerja adalah 30mm, kecepatan pemotongan 1 mm/s. Kedalaman pemotongan t dapat ditunjukkan dalam rumus [10].

$$t \propto \frac{P}{vd} \quad (1)$$

P = Daya Input,
 v = Kecepatan potong, dan
 d = Diameter spot laser.

2.2.1. Pengukuran kedalaman Pemotongan

Kedalaman *kerf* hasil pemotongan dengan laser difoto dengan pembesaran 9x menggunakan Zoom Stereo Microscopetipe SZ4045TR. Sebagai pembanding diletakkan penggaris dengan ketelitian 0,5 mm disamping spesimen hasil pemotongan. Seperti ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 4 Penampang melintang Komposit

Pengukuran menggunakan perangkat lunak ImageJ, terlebih dahulu dilakukan kalibrasi dengan membandingkan jarak pengukuran antar 1 strip adalah 0,5 mm. setelah

itu dilakukan pengukuran dengan menarik garis dari pemotongan terdalam ke tepi terluar yang ditandai dengan penggaris.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemotongan komposit ALF-UPR dengan laser cutting dengan variasi daya ditunjukkan pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 3 Data hasil pengujian

No	Daya (Watt)	D1 (mm)	D2 (mm)	D3 (mm)	Mean (mm)
1	72	2.73	2.67	2.61	2.67
2	64	2.40	2.39	2.43	2.41
3	56	2.41	2.37	2.4	2.39
4	48	1.93	1.90	1.87	1.90
5	40	1.54	1.57	1.57	1.56

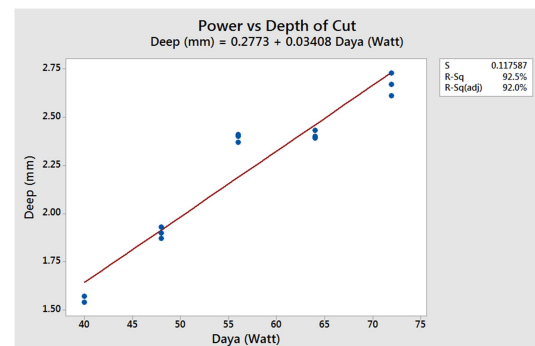
Data hasil pengukuran *depth of cut* dianalisa menggunakan metode ANOVA melalui software Minitab 17 untuk menghitung pengaruh daya. Regresi hubungan antara besar daya laser terhadap kedalaman pemakanan ditunjukkan dengan rumus.

$$\text{Deep} = 0.2773 + 0.03408 \text{ Daya}$$

$$S = 0.117587 \quad R\text{-Sq} = 92.5\% \\ R\text{-Sq(adj)} = 92.0\%$$

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	2.23041	2.23041	161.31	0
Error	13	0.17975	0.01383		
Total	14	2.41016			



Gambar 5. Hubungan besar daya terhadap kedalaman pemotongan

4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran kedalaman *kerf*, maka dapat disimpulkan semakin besar daya maka nilai kedalaman akan semakin dalam. Kedalaman *kerf* terbesar 2, 73 mm.

5. SARAN

Saran untuk penelitian lebih lanjut. kualitas pemotongan tidak hanya dilihat seberapa dalam pemakanan laser akan tetapi apabila lebar *kerf* yang dihasilkan besar maka pemotongan menjadi tidak presisi. Perlu diteliti lebih lanjut terhadap factor lain seperti jarak lensa fokus dengan benda kerja dan kecepatan pemotongan. Sehingga didapat hasil pemotongan dengan lebar *kerf* seminimal mungkin dan kedalaman *kerf* yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Manalo, A., Aravinthan, T., Karunasena, W. dan Ticoalu, A. 2010. *A review of alternative materials for replacing existing timber sleepers. Compos. Struct.*, vol. 92, no. 3, pp. 603–611.
- [2] Kusumastuti, A. 2009. *Aplikasi Serat Sisal sebagai Komposit Polimer*. vol. 1, no. 1, pp. 27–32.
- [3] Holbery, J. dan Houston, D. 2006. *Natural-Fiber-Reinforced Polymer Composites in Automotive Applications*, November.
- [4] Hestiawan, H., Jamasri, dan Kusmono, 2016. *A Preliminary Study : Influence of Alkali Treatment on Physical And Mechanical Properties of Agel Leaf Fiber (Corypha ..., Appl. Mech. Mater.*
- [5] Paryanto, Marwati, S. dan Rahmawaty, P., 2011. *Peningkatan Produktivitas Kelompok Pengrajin Berbahan Baku Serat Alami Di Sentolo Kabupaten Kulon Progo*.
- [6] Patel, P., Modi, B. S., Sheth, S. dan Patel, T. 2015. *Experimental Investigation , Modelling and Experimental Investigation , Modelling and Comparison of Kerfwidth in Laser Cutting of GFRP, Bonfring Int. J. Ind. Eng. Manag. Sci.*, vol. 5, p. 2.
- [7] Han, A., Gubencu, D., dan Pillon, G., A., 2005. *Generalized structure based on systemic principles of the characteristic variables of material laser processing, Opt. Laser Technol.*, vol. 37, no. 7, pp. 577–581,
- [8] Caiazzo, F., Curcio, F., Daurelio, G. dan Minutolo, F. M. C. 2005. *Laser cutting of different polymeric plastics (PE, PP and PC) by a CO 2 laser beam, J. Mater. Process. Technol.*, vol. 159, no. 3, pp. 279–285.
- [9] Tamrin, K. F., Nukman, Y., Choudhury, I. A. and S. Shirley, 2015. *Multiple-objective optimization in precision laser cutting of different thermoplastics. Opt. Lasers Eng.*, vol. 67, pp. 57–65.
- [10] Kalpakjian, S dan Schmid, S. R. 2002. *Manufacturing processes for engineering materials, 4th ed.* New Jersey, US: Prentice Hall.