

DAFTAR ISI

Prakata.....	i
Daftar Isi	ii
ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KACA LEMBARAN JENIS SODA-LIME GLASS	
Eko Julianto, Doddy Irawan, Bagus Rahardian	1-8
KAJIAN PARTIKEL ARANG DAUN BAMBUTUTUL HASIL TUMBUKAN HIGH ENERGY BALL MILLING TIPE SHAKER MILL.	
Yoyo Saputro, Supriyono, Agus Dwi Anggono	9-16
ANALISIS TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN PADA HASIL PEMESINAN MESIN MILLING DENGAN VARIASI TINGGI PENCEKAMAN BENDA KERJA DAN TINGGI PEMASANGAN ENDMILL CUTTER	
Zainuddin	17-24
PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AIR SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP KARAKTERISTIK CORAN ALUMINIUM DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR CO2	
Masyrukan.....	25-31
ANALISA PENGARUH SERAT RAMI DAN FIBERGLASS DENGAN VARIASI BUTIRAN KUNINGAN (Cu-Zn) MESH 40,50,60 TERHADAP NILAI KEKERASAN, KEAUSAN, DAN KOEFISIEN GESEK KAMPAS REM	
Pramuko Ilmu Purboputro, Bayu Aji Prabowo	32-40
CHARACTERIZATION OF BAMBOO TUTUL CHARCOAL PARTICLE PRODUCED BY HIGH ENERGY BALL MILLING SHAKER TYPE	
Supriyono, B. Susilo	41-46

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Waborakatuh

Ba'da salam, alhamdulillahirobbil'alamiin puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga Jurnal Media Mesin Nomor 20 Volume 2, Juli 2019 ini bisa diselesaikan dan diterbitkan. Penerbit berharap Jurnal Media Mesin dapat terus berkembang dan menjadi rujukan keilmuan di bidang Teknik Mesin di Indonesia.

Pada terbitan ini disajikan 6 tulisan yang merata pada bidang konstruksi mesin dan bahan dan bidang konversi energi. Penerbit mengucapkan terimakasih banyak kepada penulis baik dari dalam maupun dari luar Jurusan Teknik Mesin UMS yang telah berkenan menerbitkan jurnal ilmiahnya di jurnal ini. Semoga kedepannya semakin banyak penerbitan artikel-artikel dari luar Jurusan Teknik Mesin UMS.

Sebagai penutup, semoga jurnal edisi ini dapat bermanfaat dan menjadi informasi atau rujukan keilmuan di Bidang Teknik Mesin. Penerbit tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada rektor UMS melalui bidang Lembaga Pengembangan Publikasi Ilmiah (LPPI-UMS) yang telah mendukung secara moril dan materiil sehingga jurnal ini dapat diterbitkan.

Wassalamu'alaikum Warohmatullohi Wabarokatuh

Surakarta, Juli 2019

Redaksi

ANALISIS PERPINDAHAN PANAS PADA KACA LEMBARAN JENIS *SODA-LIME GLASS*

Eko Julianto^{1*}, Doddy Irawan², Bagus Rahardian³

^{1,2}Jurusan Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak
Jl. Ahmad Yani 1, Kota Pontianak

³Magister Teknik Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Pabelan, Kartasura, Kota Surakarta

Email: eko.julianto@unmuhpnk.ac.id

ABSTRAK

Kaca adalah produk yang mengalami verifikasi sempurna, kaca juga merupakan gabungan oksida anorganik yang tidak mudah menguap, yang dihasilkan dari dekomposisi dan peleburan senyawa alkali dan pasir serta berbagai penyusutan lainnya sehingga menghasilkan produk yang menghasilkan struktur atom yang acak. Hasil analisa yang telah dilakukan pada proses pelengkungan kaca lembaran jenis soda lime glass menjadi kaca lengkung dengan ketebalan 5mm, didapat perubahan lengkungan kaca sebesar 11,2°, proses perubahan defleksi kaca dihitung setiap 5 menit dalam waktu 60 menit. Sedangkan nilai aliran konduksi senilai 309,6 joule dan konveksi 636,6 joule. Adapun suhu yang didapat dalam pelengkungan kaca di dalam dapur tinggi atau ruang pembakaran yaitu kurang lebih 500°-600°C untuk perubahan temperatur awal kaca yaitu suhu dalam ruang pembakaran 34°C atau di asumsikan 0°C menjadi 380,7°C pada waktu 60 menit kaca sudah mengalami perubahan defleksi Pada proses ini hasil analisa juga akan dibahas pada batas besaran temperatur konduksi dan konveksi untuk mempermudah pengolahan data dan perhitungan laju aliran panas yang didapat pada eksperimen untuk dicoba pada kendaraan minibus.

Kata kunci: Temperatur, Soda Lime Glass, Defleksi, Konduksi, Konveksi

PENDAHULUAN

Kaca merupakan materi bening dan transparan (tembus pandang) yang biasanya di hasilkan dari campuran silikon atau bahan silikon dioksida (SiO_2), yang secara kimia sama dengan kuarsa, dibuat dari pasir dengan Suhu lelehnya adalah 2000 Derajat Celsius. Penggunaan kaca dibatasi oleh kerapuhan dan kekuatannya yang tinggi, oleh karna itu penting untuk mengetahui studi tentang fraktur kaca di bawah beban statis dan dinamis.[1]

Variasi *indeks bias* di atas kaca *float* yang tidak dikeraskan dan kaca yang dikeraskan, lembaran kaca *float* di potong 150,5 cm x 50 cm kotak. Pemodelan statis dari hasil penelitian menunjukkan bahwa kaca yang tidak dikeraskan kaca *float* meningkatkan *variabelitas* dengan faktor 1,29 – 1,58 dengan rata-rata 1,43 (dengan 95% kemungkinan) dan untuk kaca apung yang keras berkurang *variabilitasnya* dengan faktor 0,63 – 0,76 dengan rata-rata 0,69 (dengan probabilitas 95%).[2] Kaca adalah bahan organik non logam yang disiapkan oleh kristalisasi terkontrol dari kaca melalui metode pemrosesan yang berbeda, kaca setidaknya mengandung satu jenis fase kristal fungsional dan mengandung residu kaca. *Fraksi volume yang terkristalisasi* dapat bervariasi dari ppm hingga hampir 100%. [3]

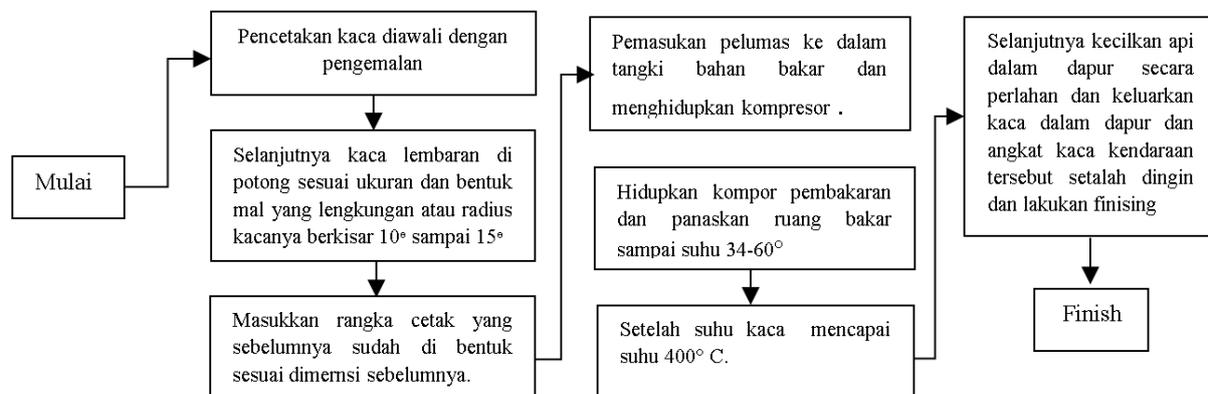
Peningkatan ketebalan antar lapisan dari 0,38 mm menjadi 0,76 mm meningkatkan *delaminasi* (DS) secara signifikan, sedangkan peningkatan lebih lanjut dalam ketebalan antara lapisan ke nilai yang lebih tinggi memiliki efek yang lebih rendah.[4]

Industri kaca mengonsumsi energi *substansial* dalam proses peleburan suhu tinggi yaitu 1500°C sampai 1600°C.[5]

Untuk itu pada kesempatan ini akan dicoba pengujian dan analisa tentang kaca yang berupa kaca kristal dan kaca bening atau dalam bahasa tekniknya kaca soda gamping (*soda-lime glass*), yaitu dengan menguji dan menganalisis pelengkungan kaca mobil dengan harga yang terjangkau dan terjangkau untuk masyarakat Indonesia yang mayoritas menggunakan kendaraan bermotor seperti mobil dan lain sebagainya. Oleh karena itu dengan pertumbuhan teknologi pada saat ini yang didominasi alat canggih dan modern, dibuatlah dapur tinggi pemanas untuk memanaskan kaca lembaran menjadi kaca lengkung seperti contohnya kaca mobil.

METODE PENELITIAN

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Juni sampai Juli 2018 dan dilakukan di bengkel kaca mobil Java Motor dan bengkel Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Pontianak.



Gambar 1. Bagan Alir Prosedur Pelengkungan Kaca Lembaran.

Bahan baku dalam penelitian ini adalah kaca gamping (*soda lime glass*) yang di beli dalam bentuk lembaran di PT. Asahimas di Jawa Tengah dengan ukuran 2000 mm x 2000 mm x 5 mm. Bahan tambahan dalam pembuatan kaca *soda lime glass* antara lain pasir *zip*, pasir silika, pasir sungai, oli bekas dan solar[6],[7].

Sedangkan alat yang digunakan dalam pelengkungan kaca ini antara lain adalah dapur pembakaran, kompresor, tangki bahan bakar, kompor, cetakan kaca, *Termokopel*, busur derajat, gerinda tangan, bor tangan, penggaris baja, pisau pemotong kaca, tang, dan pengayak pasir

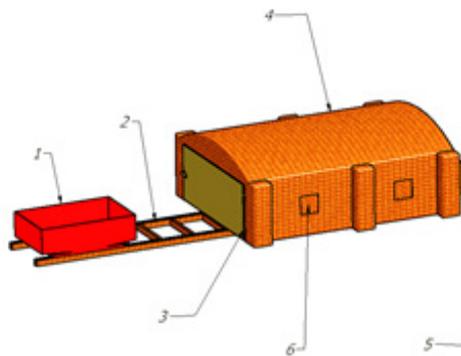
Rancangan Percobaan

Penelitian pelengkungan kaca minibus selanjutnya dilakukan analisis kelayakan teknis serta perhitungan analisis ragam data dengan rancangan percobaan. Dalam kelayakan teknis, dilakukan pengujian variasi temperatur proses pelengkungan kaca untuk mengetahui batas maksimal suhu pelengkungan dan lengkungan kaca yang telah ditentukan. Pada tahap ini dilakukan pemasukan bahan bakar ke dalam tangki bahan bakar serta menyalakan api dan mengatur udara pada tekanan kompresor dan nosel kompor pembakaran. Semburan bahan bakar diatur sesuai komposisi, termasuk oli dan campuran lain yang diperlukan seperti bensin atau zat-zat lain untuk menghasilkan api yang sempurna untuk produk kaca yang dikehendaki. Pembakaran campuran bahan bakar dalam suatu dapur pembakaran dilakukan agar api yang dihasilkan menjadi api yang bersuhu ideal sebelum dan sesudah pelengkungan.

Pelengkungan

Pada tahap ini dilakukan pemasukan bahan bakar ke dalam tangki bahan bakar serta menyalakan api dan mengatur udara pada tekanan kompresor dan nosel kompor pembakaran. Semburan bahan bakar diatur sesuai komposisi, termasuk oli dan campuran lain yang diperlukan seperti bensin atau zat-zat lain untuk menghasilkan api yang sempurna untuk produk kaca yang dikehendaki. Pembakaran campuran bahan bakar dalam suatu dapur pembakaran dilakukan agar api yang dihasilkan menjadi api yang bersuhu ideal sebelum dan sesudah pelengkungan.

Bahan bakar yang sudah sempurna pada sistim pembakaran bahan bakar disaring dahulu sebelum dimasukkan ke dalam tangki dan tungku (*furnace*) bersuhu sekitar 600°C sehingga kaca akan melengkung[8]. Selama proses pelengkungan, masing-masing bahan bakar dan kaca yang terbakar akan saling berinteraksi membentuk reaksi-reaksi kimia.

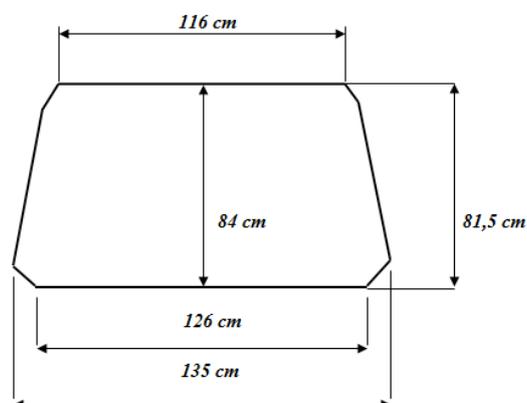


Gambar 2. Dapur Pemanas Kaca

Annealing

Fungsi tahapan ini adalah untuk mencegah timbulnya tegangan-tegangan antar molekul pada kaca yang tidak merata sehingga dapat menimbulkan kepecahan. Proses *annealing* kaca terdiri dari 2 aktivitas, yaitu :

1. Menahan kaca dengan waktu yang cukup di atas temperatur kritik tertentu untuk menurunkan regangan internal.
2. Mendinginkan kaca sampai temperatur ruang secara perlahan-lahan untuk menahan regangan sampai titik maksimumnya. Proses ini berlangsung di dalam "*annealing lehr*". Untuk jenis kaca lembaran, *annealing lehr* ini dilewati oleh kaca-kaca yang bergerak di atas roda berjalan.



Gambar 3. Dimensi kaca

Laju Perpindahan Kalor

Proses perpindahan kalor dapat di gambarkan dengan jaringan tahanan . Perpindahan kalor gabungan dihitung dengan jalan membagi beda suhu menyeluruh dengan jumlah tahanan termal :

$$q = U . A . \Delta T \quad (1)$$

Di mana A adalah luas bidang aliran kalor, *Koefisien* perpindahan kalor menyeluruh. Rumus perpindahan panas yang dibaca pada kaca adalah di bawah ini:

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad (2)$$

ΔT mendeskripsikan perbedaan suhu antara pusat dari sisi yang memaparkan api dan daerah naungan ambiens.

Kualitas Lengkungan Kaca

Kualitas lengkung dari hasil analisa dan pengujian dapat disimpulkan bahwa jenis kaca gamping atau *soda lime glass* lebih dominan kuat dari radiasi panas matahari dan benturan atau getaran yang ditimbulkan akibat kendaraan berjalan di jalan raya yang rusak, kaca *soda lime glass* dapat menahan radiasi panas matahari lebih kurang 40° sampai 50 °C bahkan mungkin lebih[9],[6],[7] . kekurangan kaca ini dari kaca lengkung *Tempered* dan *laminated* adalah kaca ini apabila pecah akan retak menjalar dan tidak pecah berderai atau yang kita sebut pecah seribu, dibandingkan kaca *laminated* dan *Tempered* yang apabila pecah akan berbentuk biji kecil seperti pasir atau batu kasar . kaca lengkung *soda lime glass* harus dilapisi dengan kaca film agar kaca ini lebih baik menahan getaran dan radiasi panas matahari, apabila kaca lengkung ini pecah akan tidak membahayakan pengendara mobil yang menggunakan kaca ini, karna retakkan kaca tersebut ditahan oleh kaca film atau laminating.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari metode penelitian dilanjutkan dengan analisis dan penelitian secara benar yaitu dengan melakukan uji coba terhadap kaca yang akan di uji lengkung , kaca yang akan di uji lengkung dengan variabel panas dari suhu normal sampai kaca bisa berubah menjadi kaca lengkung dan menguji perubahan waktu awal sampai akhir proses pelengkungan. Setelah itu menguji jumlah bahan bakar yang digunakan pada saat proses pembakaran kaca dan menganalisis kualitas kaca yang telah di buat sampai kaca di pasang.

Tabel 1. Keadaan Awal dan Akhir Pembakaran Kaca

Bahan	Temperatur °C	
	Awal	akhir
Alat pembakaran	34,9	127,5
Kaca	30,6	42,5
Solar	30,5	36,2

Berdasarkan data yang telah didapat dari pengujian menjelaskan bahwa terjadi perbedaan yang sangat jelas antara waktu pemanasan awal sampai akhir kaca melengkung dengan cara pemanasan ruang pembakaran dapur tinggi dengan menggunakan bahan bakar solar. berdasarkan perbandingan suhu, untuk pembakaran kaca secara kontinu terus mengalami

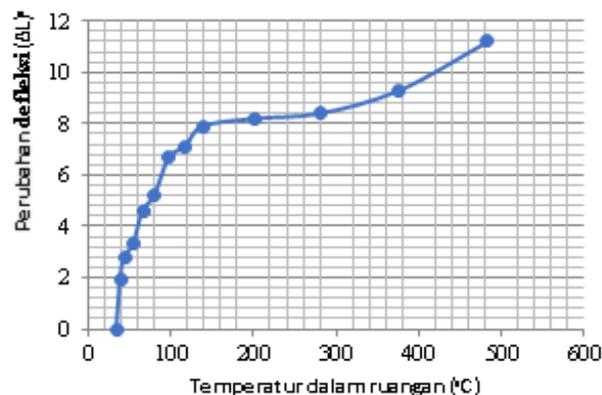
peningkatan dan didapat nilai rata – rata temperatur selama proses yaitu 482,5 °C . Keadaan tersebut membuktikan peranan dapur dan bahan bakar sebagai penghasil panas serta tempat pencetakan kaca lengkung untuk jenis kaca *soda lime glass*. Dengan temperatur ruang yang lebih tinggi maka akan berpengaruh terhadap laju aliran panas yang dihasilkan dari pembakaran dan terbukti dalam proses penelitian yang dibuktikan dengan data pada tabel bahwa laju panas pada dapur tinggi dan cetakan dalam dapur pemanas lebih tinggi dibandingkan panas di bawah dapur.

Tabel 2. Hasil Penelitian Dengan Alat Ukur Temperatur dan Perhitungan

Waktu	Temperatur (°C)			Perubahan defleksi (ΔL) °	Δ A (m ²)	Δ T (°C)	Δ t (menit)	Q Konv (J)	Q Kond (J)	Bahan Bakar (ℓ)	Jumlah bahan bakar (%)
	Masuk kaca	Dalam ruangan	Keluar kaca								
14.05	32,3	34,9	-	0	1,0228	0,0	0	0,00	0,000	50	100
14.10	-	39,3	-	1,9	1,0234	278,4	5	45586,13	222,232	46,15	92,3
14.15	-	44	-	2,8	1,0240	278,7	10	45664,33	222,614	42,3	84,6
14.20	-	55	-	3,3	1,0245	285,0	15	46715,15	227,736	38,45	76,9
14.25	-	66,3	-	4,6	1,0262	285,3	20	46842,45	228,357	34,6	69,2
14.30	-	80,7	-	5,2	1,0271	288,4	25	47392,80	231,040	30,75	61,5
14.35	-	98,2	-	6,7	1,0298	291,5	30	48031,46	234,153	26,9	53,8
14.40	-	117,8	-	7,1	1,0307	293,6	35	48419,60	236,046	23,05	46,1
14.45	-	138,5	-	7,9	1,0327	294,7	40	48693,23	237,380	19,2	38,4
14.50	-	200,3	-	8,2	1,0334	335,8	45	55523,59	270,678	15,35	30,7
14.55	-	280,2	-	8,4	1,0339	353,9	50	58544,06	285,402	11,5	23
15.00	-	375,8	-	9,3	1,0364	369,6	55	61290,65	298,792	7,65	15,3
15.05	-	482,5	42,7	11,2	1,0427	380,7	60	63513,61	309,629	3,8	7,6

Dengan keadaan awal kaca yaitu sama – sama menggunakan kaca *soda lime glass* 5 mm , setelah dilakukan pengujian proses lengkung selama 60 menit yaitu dari pukul 14.05 sampai dengan pukul 15.05 kaca lengkung terakhir pengujian telah didapat.

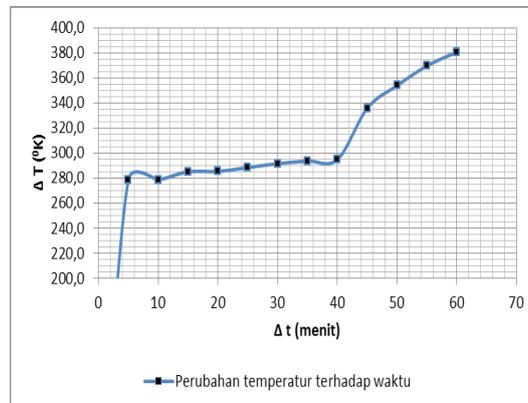
Perubahan variabel suhu diruang pemanasan atau dapur tinggi meningkat dengan cepat, terlihat dari alat pengukuran suhu atau panas (*thermocople*) mengalami perubahan selama 5 menit. Kelembaban udara ruang dapur tinggi menunjukkan 20% dan saat temperatur mencapai 32,3° C panas ruang mengalami perubahan menjadi 482,5 °C. Hal ini disebabkan oleh lajunya penguapan panas yang terjadi diruang pembakaran kaca.



Gambar 4. Temperatur dan perubahan defleksi

Dari keterangan grafik di atas diterangkan bahwa perubahan variabel temperatur ruangan terhadap perubahan defleksi kaca setelah terkena panas sampai mencapai temperatur yang ideal

adalah $482,5^{\circ}\text{C}$ sehingga kaca mengalami perubahan *defleksi* yang awalnya $1,9^{\circ}\text{C}$ menjadi $11,2^{\circ}\text{C}$ adalah perubahan kaca lembaran yang datar menjadi melengkung sesuai cetakan yang telah di ukur sebelumnya.

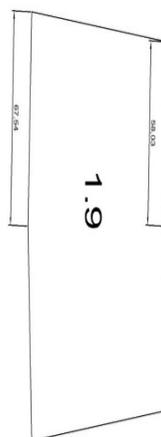


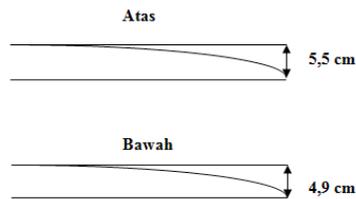
Gambar 5. Perubahan Temperatur Terhadap Waktu

Untuk perubahan temperatur sampai ke temperatur ideal kaca (ΔT) antar dinding dalam ruangan dan kaca , untuk bagian dinding akan terdapat perbedaan panas dalam dan luar, tetapi panas pada kaca lebih tinggi temperaturnya dibandingkan udara sekitar dinding dalam.

Besarnya temperatur bisa dilihat dari awal kaca masuk dengan menggunakan alat pengukur panas (*thermocouple*) yaitu $34,9^{\circ}\text{C}$ sampai kaca berubah menjadi kaca lengkung yaitu $482,5^{\circ}\text{C}$.

Kaca dipanaskan dengan menggunakan metode pemanasan konveksi terhadap waktu dapat diasumsikan dari jam 14.05 per 5 menit dapat dilihat dari grafik di atas suhu berubah di 5 menit pertama yaitu 45586,13 Joule sampai pada 1 jam atau waktu 15.05 yaitu 63513,61 Joule. metode pemanasan konduksi terhadap waktu dapat diasumsikan dari jam 14.05 per 5 menit dapat dilihat dari grafik di atas suhu berubah di 5 menit pertama yaitu 0,094 Joule sampai pada 1 jam atau waktu 15.05 yaitu 0,130 Joule. Bisa di asumsikan bahwa perpindahan panas konveksi terhadap kaca per 5 menit mengalami perubahan suhu yang sangat besar dikarenakan laju aliran panas menyerap kaca sangat baik sehingga dalam waktu 1 jam kaca sudah melengkung.





Gambar 6. Perubahan Dimensi Kaca

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian menjelaskan bahwa terjadi perubahan setiap temperatur yang sangat jelas pada saat kaca melengkung. Pembakaran kaca *soda lime glass* diukur dengan menggunakan *thermocouple* sampai kaca itu terbentuk. Berdasarkan perbandingan suhu, untuk pembakaran kaca *soda lime glass* secara kontinu terus mengalami peningkatan dan didapatkan nilai rata-rata *temperatur* selama proses yaitu sebesar $482,5^{\circ}\text{C}$. Keadaan tersebut membuktikan peran kompor pembakaran sebagai penyerap panas yang terbuat dari bata tahan api dan batu serta lapisan semen yang tahan terhadap panas. Adapun temperatur pada saat pengujian yaitu dirata-ratakan dengan nilai $146,7^{\circ}\text{C}$. Dengan temperatur ruang yang lebih tinggi maka akan berpengaruh terhadap laju pembakaran pelengkungan kaca. Dan terbukti dalam proses penelitian yang dibuktikan dengan data pada tabel bahwa laju penyerapan panas pada pembakaran kaca *soda lime glass* lebih tinggi temperaturnya. Dilihat dari tabel di atas bahwa perubahan *defleksi* pada setiap waktu sehingga kaca itu melengkung di pengaruhi oleh temperatur luar dan dalam dapur pembakaran. Setelah dilakukan pengujian, selama 1 jam yaitu dari pukul 14.05 sampai dengan pukul 15.05 jumlah bahan bakar yang dikeluarkan semakin berkurang setiap 5 menit sampai kaca berubah bentuk. Untuk hasil pendinginan kaca menggunakan pendinginan secara alami menunjukkan nilai $42,7^{\circ}\text{C}$.

KESIMPULAN

Dari hasil analisa yang telah dilaksanakan tentang analisa pelengkungan kaca lembaran jenis *soda lime glass*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada proses pelengkungan kaca lembaran jenis *soda lime glass* menjadi kaca lengkung yang ketebalannya berukuran 5 mm, didapat perubahan lengkung kaca jadi sebesar $11,2^{\circ}$. Proses perubahan ideal defleksi kaca dihitung setiap 5 menit dalam waktu 60 menit selama proses pelengkungan.
2. Di dalam proses pelengkungan kaca di dapat nilai akhir aliran konduksi senilai 309,629 Joule dan konveksi senilai 63513,61 Joule selama akhir waktu 1 jam atau 60 menit.
3. Adapun suhu yang didapat selama proses pelengkungan di dapat suhu awal ruangan pembakaran $34,9^{\circ}\text{C}$ dan suhu sampai kaca terbentuk yaitu $482,5^{\circ}\text{C}$.
4. Perubahan temperatur awal kaca 0°C menjadi $380,7^{\circ}\text{C}$ pada waktu 60 menit kaca sudah jadi terbentuk.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Nyonguè, S. Bouzid, E. Dossou, and Z. Azari, "Journal of Asian Ceramic Societies Fracture characterisation of float glass under static and dynamic loading," *Integr. Med. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 371–380, 2016.
- [2] K. P. Rushton, S. A. Coulson, A. W. N. Newton, and J. M. Curran, "The effect of annealing on the variation of glass refractive index," *Forensic Sci. Int.*, vol. 209, no. 1–3, pp. 102–107, 2011.

- [3] J. Deubener *et al.*, “Updated definition of glass-ceramics,” *J. Non. Cryst. Solids*, no. January, pp. 1–8, 2018.
- [4] A. Vedralnam, “Experimental and simulation studies on delamination strength of laminated glass composites having polyvinyl butyral and ethyl vinyl acetate inter-layers of different critical thicknesses,” *Def. Technol.*, pp. 1–5, 2018.
- [5] K. Tapasa and T. Jitwatcharakomol, “Thermodynamic calculation of exploited heat used in glass melting furnace,” *Procedia Eng.*, vol. 32, pp. 969–975, 2012.
- [6] Asahimas Flat Glass tbk, “Modified Float Process.” Jakarta Tank Furnace 3, Januari 1983.
- [7] Standar Nasional Indonesia and Badan Standar Nasional, “Flat glass,” SNI 15-0047-2005; SNI 15-0130-1999, 2005.
- [8] Y. Zhang, Q. S. Wang, X. Bin Zhu, X. J. Huang, and J. H. Sun, “Experimental study on crack of float glass with different thicknesses exposed to radiant heating,” *Procedia Eng.*, vol. 11, pp. 710–718, 2011.
- [9] C. Zheng, P. Wu, V. Costanzo, Y. Wang, and X. Yang, “ScienceDirect ScienceDirect Establishment and Verification of Solar Radiation Calculation Model of Glass Daylighting Roof in Hot Summer and Warm Winter Zone in China,” *Procedia Eng.*, vol. 205, pp. 2903–2909, 2017.

KAJIAN PARTIKEL ARANG DAUN BAMBUTUTUL HASIL TUMBUKAN *HIGH ENERGY BALL MILLING* TIPE *SHAKER MILL*.

Yoyo Saputro, Supriyono, Agus Dwi Anggono
¹Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartosuro

ABSTRAK

Arang daun bambu tutul sebagai kajian produk nanopartikel dan penghasil silica yang memiliki berbagai keunggulan dari segi sifat fisika dan kimia. Pada penelitian ini produksi nanopartikel menggunakan High Energy Milling (HEM) tipeshaker mill untuk memproduksi nanopartikel dari arang daun bambu tutul. Pada penelitian ini dilakukan uji PSA untuk menganalisa ukuran partikel, untuk menganalisa distribusi morfologi partikel dan komposisi kimia yang terkandung dalam material menggunakan uji SEM dan EDX. Siklus yang digunakan pada penelitian adalah 2 juta siklus dengan putaran motor listrik 1000 rpm, dan diameter bola baja 1/4 inchi. Tabung stainless steel berjumlah 4 dengan diameter tabung 2 inchi dan tinggi tabung 120 mm dengan perbandingan volume ruang kosong tabung yaitu 1:1, 1:2, 1:3, dan 1:4 dengan material. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh volume ruang kosong tabung dan rata – rata diameter partikel, distribusi partikel, dan komposisi yang terkandung dalam partikel hasil tumbukan dengan alat shaker mill. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa volume ruang kosong tabung sangat berpengaruh pada mekanisme tumbukan. Dari uji PSA semakin besar volume ruang kosong tabung, semakin kecil ukuran partikel material yang dihasilkan. Hasil uji SEM dan EDX didapatkan unsur kimia karbon yang paling tinggi 68,47 % pada volume 1:1 ruang kosong tabung. Sehingga arang daun bambu tutul merupakan sumber potensi sebagai penghasil silica.

Kata kunci: *Arang Daun Bambu Tutul, Nanopartikel, High Energy Milling (HEM), Silika.*

PENDAHULUAN

Bambu masuk dalam jenis tanaman rerumputan, yang tumbuh dengan cara penyebaran perakaran dan rhizomanya di bawah tanah. Akar bambu terdapat di bawah permukaan tanah dan membentuk system percabangan. Batang-batang bambu muncul dari akar rimpang dan ketika menua, batang mengeras dan biasanya berongga, setelah sebelumnya muncul tunas dari permukaan dasar rumput yang biasanya orang menyebutnya dengan nama rebung. Daun bambu merupakan jenis daun yang lengkap karena memiliki bagian-bagian seperti pelepah daun, tangki daun, dan helaian daun.yang berbentuk langset, ujung daunnya meruncing, pangkal daun tumpul, tepi daun merata, dan daging daun seperti kertas. Pertulangan daun bambu sejajar, yaitu mempunyai satu tulang di tengah yang besar sedangkan tulang-tulang lainnya lebih kecil dan tampak sejajar dengan ibu tulang daun.Permukaan daun bagian atas berbulu, sedangkan permukaan daun bagian bawah berbulu kasar. Bagian atas daun berwarna hijau cerah sedangkan permukaan bagian bawahnya hijau gelap.

Salah satu jenis bambu wulung ini sangat mudah dijumpai di Indonesia. Walaupun jauh dari penyebarannya yakni wilayah asia tropis:India dan kawasan Malaysia, namun sekarang bambu tutul sering dijumpai di pedesaan jawa, terutama jawa tengah dan jawa barat, karena sangat bermanfaat untuk dibuat angklung, bambu ini banyak tumbuh di daerah tropis yang

lembab, bambu wulung terkenal dengan nama bambu hitam atau pring ireng karena batangnya berwarna hijau kehitaman tak jarang ditemukan pula berwarna hijau semu ungu tua, beda dengan tanaman bambu lainnya bambu tutul pertumbuhannya agak lambat dan memiliki sifat tidak begitu keras saat basah, namun ketika bambu ini dalam keadaan kering bisa sangat keras sehingga daya lemturnya kurang dan menjadikannya mudah pecah dan putus [1].

Perkembangannya zaman dan teknologi mengakibatkan kebutuhan akan penelitian dan pengembangan dalam segala bidang semakin meningkat pesat, terutama dibidang material. Hal yang mendasar pada kemajuan teknologi adalah semakin dibutuhkannya material baru guna menunjang bidang industri yang lain. Penelitian ini memfokuskan dalam material karbon, dengan terbatasnya sumber dana diharapkan nantinya dapat memberi solusi untuk pengembangan dan pemanfaatan nanoteknologi di Indonesia. Nanopartikel telah dijadikan kajian yang sangat menarik, oleh karena itu nanopartikel merupakan suatu partikel yang didefinisikan sebagai obyek kecil yang berperilaku sebagai satu kesatuan terhadap sifat transportasinya yang menunjukkan sifat yang baru atau lebih baik berdasarkan karakteristik dibandingkan dengan partikel *bulk* yang lebih besar [2].

Sehingga nanopartikel merupakan salah satu bidang yang menarik minat banyak peneliti. Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan nanopartikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya. Nanopartikel merupakan suatu partikel yang didefinisikan sebagai objek kecil yang berperilaku sebagai satu kesatuan terhadap sifat transportasinya yang menunjukkan sifat baru atau lebih baik berdasarkan karakteristik dibandingkan dengan partikel *bulk* yang lebih besar [3].

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian tentang pemanfaatan menggunakan bambu wulung sebagai produksi nanopartikel pernah dilakukan oleh Joharwan et al. (2017), dalam penelitiannya dengan perbandingan siklus 2 juta, 3 juta, dan 4 juta tumbukan, dengan perbandingan bola baja 1/8, 5/32, 3/16, dan 1/4 inci [4].

Mei et al. (2006), Dalam penelitiannya melakukan penelitian karbon nanopartikel yang berbentuk cobble seperti diameter 21-198 nm di dinding sel serat bambu. Nanograins ini adalah blok bangunan dasar yang digunakan untuk membangun serat bambu individu. Serat bambu nanograins terstruktur tidak rapuh tetapi sedikit lentur [5].

Kumar et al. (2016), Telah melakukan penelitian bambu mentah menjadi produk terkompres atau dilaminasi dengan resin thermosetting dengan kerapatan 800-1200 kg. tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kerapatan kerang bambu pada sifat mekanik [6].

Sharma et al. (2015), Membuat penelitian pengolahan batang bambu menjadi komposit berlapis yang mirip dengan produk kayu dilaminasi. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan lembaran bambu laminasi dengan kayu rekayasa [7].

Agung et al. (2013), Melakukan penelitian temperature pemanasan dan waktu pemanasan terhadap yield silica yang dihasilkan dari sekam padi. Penelitian ini menggunakan rancangan desain factorial dengan dua level dan tiga variabel yaitu temperature pemanasan, waktu pemanasan, dan konsentrasi basa dengan jumlah percobaan 8 kali dengan ulangan sebanyak 2 kali [8].

KAJIAN TEORI

Nanopartikel adalah partikel yang berukuran antara 1 sampai 1.000 nanometer. Dalam nanoteknologi, suatu partikel didefinisikan sebagai obyek kecil yang berperilaku sebagai satu kesatuan terhadap sifat dan transportasinya. Partikel lebih jauh diklasifikasikan menurut

diameternya. Partikel ultrahalus serupa dengan nanopartikel dan berukuran antara 1 sampai 100 nanometer, partikel halus berukuran antara 100 sampai 1.000 nanometer. Pengembangan metoda sintesis nanopartikel merupakan salah satu bidang yang menarik minat banyak peneliti. Nanopartikel dapat terjadi secara alamiah ataupun melalui proses sintesis oleh manusia. Sintesis nanopartikel bermakna pembuatan nanopartikel dengan ukuran yang kurang dari 100 nm dan sekaligus mengubah sifat atau fungsinya. Nanopartikel merupakan suatu partikel yang didefinisikan sebagai objek kecil yang berperilaku sebagai satu kesatuan terhadap sifat transportasinya yang menunjukkan sifat baru atau lebih baik berdasarkan karakteristik dibandingkan dengan partikel *bulk* yang lebih besar [9]. Dua hal utama yang membuat nanopartikel berbeda dengan material sejenis dalam ukuran besar (*bulk*) yaitu:

1. Karena ukurannya yang kecil, nanopartikel memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar. Ini membuat nanopartikel bersifat lebih reaktif. Reaktivitas material ditentukan oleh atom-atom di permukaan, karena hanya atom-atom tersebut yang bersentuhan langsung dengan material lain;
2. Ketika ukuran partikel menuju orde nanometer, maka hukum fisika yang berlaku lebih didominasi oleh hukum-hukum fisika kuantum. Sifat-sifat yang berubah pada nanopartikel biasanya berkaitan dengan fenomena-fenomena berikut ini. Pertama adalah fenomena kuantum sebagai akibat keterbatasan ruang gerak elektron dan pembawa muatan lainnya dalam partikel. Fenomena ini berimplikasi pada beberapa sifat material seperti perubahan warna yang dipancarkan, transparansi, kekuatan mekanik, konduktivitas listrik, dan magnetisasi. Kedua adalah perubahan rasio jumlah atom yang menempati permukaan terhadap jumlah total atom. Fenomena ini berimplikasi pada perubahan titik didih, titik beku, dan reaktivitas kimia. Perubahan-perubahan tersebut diharapkan dapat menjadi keunggulan nanopartikel dibandingkan dengan partikel sejenis dalam keadaan *bulk*.

Sifat Nanopartikel

Nanopartikel merupakan sifat yang baru atau lebih baik berdasarkan karakteristik spesifik (ukuran, distribusi, morfologi, fasa, dll), jika dibandingkan dengan partikel *bulk* yang lebih besar.

1. Luas permukaan spesifik (m^2/g)
Nanopartikel menghadirkan rasio volume yang lebih tinggi dengan ukuran partikel nano yang semakin berkurang. Luas permukaan spesifik lebih relevan untuk reaktivitas katalitik dan sifat terkait lainnya (kekasaran) dan antarmuka dengan material pendukung lainnya juga merupakan aspek yang relevan.
2. Sifat termal
Secara umum nanopartikel memiliki titik lebur yang lebih rendah dan panas spesifik yang lebih tinggi dibanding sifat *bulk*-nya. Kemudian reduksi ukuran ke skala nano akan menurunkan suhu sintering dan suhu pengkristalan dikarenakan kandungan energy permukaannya yang tinggi.
3. Sifat mekanik
Kekerasan dan kekuatan dari bahan logam dan alloy berukuran nano dapat meningkatkan sampai dengan satu order di atas ukuran normalnya. Ketika bahan keramik direduksi sampai skala nano sifat duktilitasnya meningkat sangat signifikan.
4. Sifat listrik
sifat konduktivitas cenderung mengalami pembalikan ketika terjadi reduksi ukuran. Nanokeramik dan nanokomposit memiliki kecenderungan menghantarkan listrik sedangkan

nanologam menjadi bersifat isolator. Contohnya Cu, nanopartikel bersifat isolator sedangkan SiO₂ nanopartikel bersifat penghantar listrik yang baik.

5. Sifat katalis

Nanomaterial cenderung memiliki aktivitas katalis yang lebih baik. Hal ini disebabkan luas permukaan yang bertambah dan atom diujung-ujung permukaan semakin banyak mengakibatkan bertambahnya reaktivitas dari bahan tersebut.

Hosokawa et al. (2007), Indonesia merupakan Negara yang sangat kaya dengan sumber daya alam yang potensial, didukung dengan keadaan geografis Indonesia. Adapun salah satu sumber daya alam yang ada di Indonesia adalah bambu. Bambu merupakan tanaman *Ordo Bamboo idea* yang pertumbuhannya cepat dan bambu dapat dipanen pada umur 3 tahun dan memiliki jumlah produksi yang tinggi. Bambu mengandung silikat yang cukup tinggi, bambu memiliki komposisi kimia diantaranya terdapat unsur silikat yang terkandung didalam bambu. Hal ini silikat merupakan senyawa yang umum ditemukan dalam kehidupan sehari-hari dan banyak digunakan dalam aplikasi elektronik, keramik, adsorben semen, katalisator, dan masih banyak lagi pemanfaatannya. Dengan keterbatasan sumber daya, material silika diharapkan dapat menjadi salah satu solusi untuk pengembangan nanoteknologi. Nanoteknologi sudah digiatkan diberbagai benua baik Amerika, Australia, sebagian Eropa dan sebagian Asia, namun di Indonesia masih dalam tahap rintisan [10]

Proses pembakaran daun bambu akan menghasilkan arang yang menghasilkan unsur kimia Carbon sebesar 68,47 %, Silicon dioxide 22,59 % untuk mengetahui hasil tersebut menggunakan uji EDX. Proses pembuatan Carbon dan Silicon dioxide dengan cara ditumbuk menggunakan alat *Shaker mill*. Sehingga daun bambu mendapatkan komposisi kimia yang terkandung dalam material hasil tumbukan.

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

1. *Shaker mill*
2. Tabung *Stainless steel*
3. Bola baja 1/4 inchi
4. Takaran Material
5. Corong plastik
6. *Centrifuge*

Sedangkan bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Arang daun bambu tutul
2. *Aqua Pro Injection*

Tahapan Pembuatan Nanopartikel

Pembuatan Nanopartikel melalui tahapan sebagai berikut (a) Persiapan bahan baku, daun bambu wulung dikeringkan, kemudian dibakar dengan pembakaran tidak sempurna didalam kaleng sampai daun menjadi arang (b) Angkat arang tersebut kemudian dimasukan ketabung untuk ditumbuk menggunakan alat *shaker mill* (c) Keluarkan arang yang sudah ditumbuk untuk dilakukan penyaringan menggunakan ayakan (d) Kemudian arang yang sudah diayak di uji PSA untuk mengetahui ukuran suatu partikel dengan prinsip kerja menggunakan sinar laser (e) Tahapan selanjutnya di uji SEM dan EDX untuk mengetahui gambaran bentuk permukaan dari material yang dianalisis dan hasil unsur kimia.

Pengujian kinerja Alat

Pengujian kinerja alat *shaker mill* untuk menghasilkan partikel – partikel nanopartikel sebelum di uji menggunakan uji PSA dan SEM-EDX. Setelah di uji menggunakan uji PSA dan SEM-EDX akan diketahui hasil ukuran partikel dan hasil unsur kimia.

Teknik Analisa Data

Penelitian ini menggunakan perbandingan volume tabung *Stainless steel*. Dimana data yang diperoleh dari hasil tumbukan menggunakan alat *shaker mill* dimasukan ke dalam tabel, dan ditampilkan dalam bentuk grafik kemudian dibandingkan dan dianalisis ukuran partikel dan hasil unsure kimia yang menggunakan uji PSA dan SEM-EDX.

HASIL DAN PEMBAHASAN

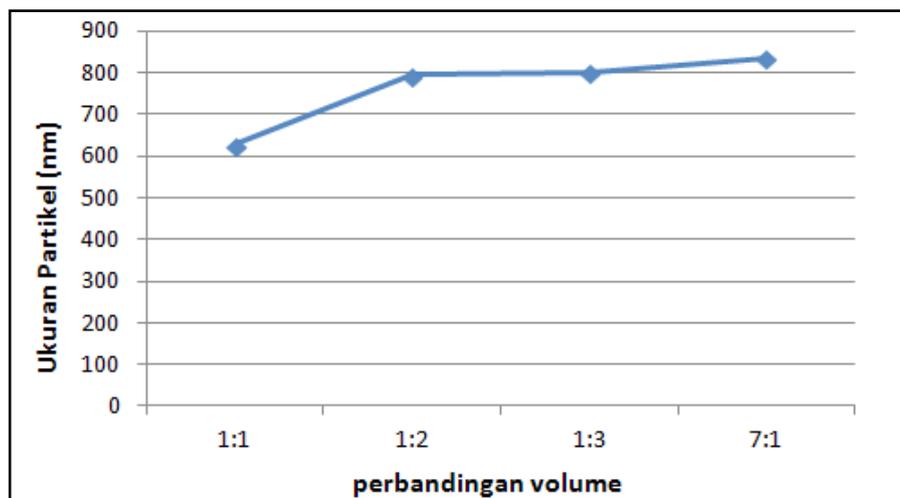
Analisa Hasil Pengujian PSA

Tabel 1. Hasil Pengujian PSA

Perbandingan volume ruang kosong tabung dengan material	Ukuran Partikel (nm)
1:1	627,3
1:2	795
1:3	801,2
1:4	836,36

Dari pengujian PSA (*Particle SizeAnalyzer*) akan diketahui ukuran partikel dari bahan yang diuji. Alat uji yang digunakan yaitu PSA Horiba SZ-100 dengan pembacaan skala micrometer sampai dengan nanometer. Hasil PSA (*Particle SizeAnalyzer*) berupa rata-rata diameter partikel.

Kemudian hasil perbandingan volume ruang kosong tabung dengan material dapat dilihat grafik dibawah ini:



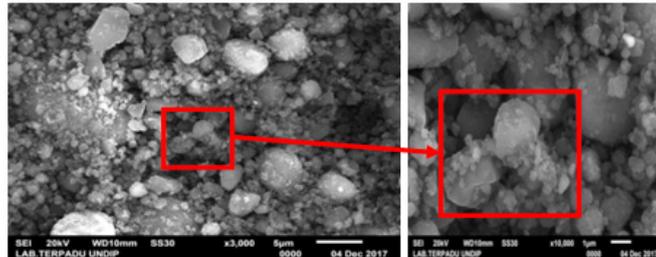
Gambar 1. Diagram hasil pengujian PSA dengan perbandingan volume 1:1, 1:2, 1:3, dan 1:4 ruang kosong tabung dan material

Pada tabel 1. hasil pengujian PSA, menunjukkan bahwa perbandingan volume ruang kosong tabung dan material 1:1 menghasilkan ukuran partikel yang paling kecil. Hal ini disebabkan pada volume ruang kosong tabung yang besar mempunyai luas bidang kontak (bola baja dan arang daun bambu) yang lebih besar, sehingga dapat menghasilkan partikel dengan ukuran yang kecil.

Analisa Hasil Pengujian SEM

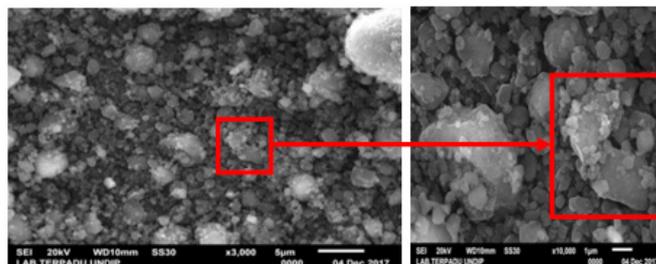
Hasil uji SEM berupa foto dengan pembesaran 3000x dan 10000x pembesaran, dengan perbandingan volume ruang kosong tabung dan material.

a.



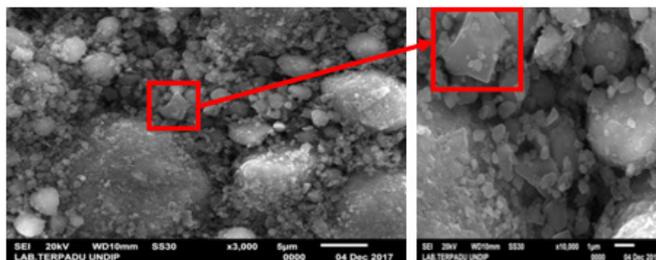
Gambar a. Hasil uji SEM volume 1:1 dengan pembesaran 10000x

b.



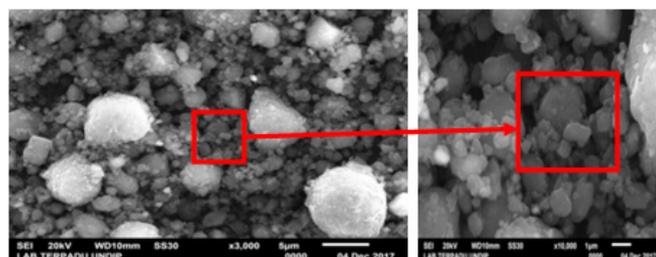
Gambar b. Hasil uji SEM volume 1:2 dengan pembesaran 10000x

c.



Gambar c. Hasil uji SEM volume 1:3 dengan pembesaran 10000x

d.



Gambar d. Hasil uji SEM volume 1:4 dengan pembesaran 10000x

Dari hasil uji SEM menunjukkan bahwa material hasil tumbukan pada perbandingan volume ruang kosong tabung dan material 1:1 lebih homogen dibandingkan perbandingan volume yang lain. Hal ini disebabkan pada material hasil tumbukan perbandingan volume 1:1 mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil, sehingga material hasil tumbukan mempunyai kerapatan yang lebih besar.

Analisa Hasil Pengujian EDX

Hasil uji EDX ditunjukkan pada tabel dibawah ini berupa komposisi unsur kimia yang terkandung dalam material hasil tumbukan.

Tabel 2. hasil uji EDX dengan perbandingan volume ruang kosong dan material

Unsur kimia	Komposisi kimia (% berat)			
	Perbandingan Volume 1:1	Perbandingan Volume 1:2	Perbandingan Volume 1:3	Perbandingan Volume 1:4
C	67,21	66,14	67,09	68,47
MgO	0,66	0,66	0,66	0,66
Al ₂ O ₃	1,02	1,02	1,02	1,01
SiO ₂	24,09	21,39	23,19	22,59
SO ₃	0,46	0,43	0,48	0,43
C1	0,15	0,16	0,16	0,19
K ₂ O	0,50	0,50	0,52	0,51
C _a O	2,19	1,90	1,43	1,87
F _e O	0,99	0,87	1,18	1,23
C _u O	0,92	0,82	0,80	0,76
ZnO	1,10	1,15	1,10	1,22
ZrO ₂	0,69	0,97	0,87	1,07

Pada tabel Hasil EDX pada 2 juta siklus, menunjukkan bahwa perbandingan volume ruang kosong tabung dan material 1:4 menghasilkan unsur karbon (C) yang paling banyak yaitu 68,47 %. Hal ini disebabkan semakin kecil ruang kosong yang digunakan maka tingkat aglomerasi material akan semakin besar.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji PSA, Semakin besar volume ruang kosong tabung maka semakin kecil ukuran partikel material yang dihasilkan. Hal ini disebabkan pada volume ruang kosong yang besar mempunyai luas bidang kontak (bola baja dan arang bambu) yang lebih besar, sehingga dapat menghasilkan partikel material dengan ukuran yang kecil.
2. Dari hasil SEM, Semakin besar volume ruang kosong tabung maka tingkat homogenitas partikel material yang dihasilkan semakin besar. Hal ini disebabkan pada material hasil tumbukan pada perbandingan volume 1:1 mempunyai ukuran partikel yang lebih kecil, sehingga material hasil tumbukan mempunyai kerapatan yang lebih besar.

3. Dari hasil EDX pada 2 juta siklus, Semakin kecil volume ruang kosong tabung maka aglomerasi material semakin besar. Hal ini disebabkan semakin kecil ruang kosong yang digunakan maka tingkat aglomerasi material akan semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim. (2007). *Bambu*. <https://id.wikipedia.org/wiki/Bambu>. Diakses tanggal 12 August 2009
- [2] Charomaini, (2013). *Budidaya Bambu Jenis Komersial*. Institut Pertanian Bogor., vol.1, pp. 17-20
- [3] Anonim. <https://id.wikipedia.org/wiki/Nanopartikel>. Diakses tanggal 6 December 2016
- [4] Joharwan, Supriyono. (2017). *Produksi nanopartikel arang bambu wulung dengan menggunakan High Energy Milling (HEM) model shaker mill*.p1-5
- [5] Mei, F., Liu, C., Zhang, L., Ren, F., Zhou, L., Zhao, W. K., & Fang, Y. L. (2006). Microstructural study of binary TiO₂ : SiO₂ nanocrystalline thin films. *Journal of Crystal Growth*. vol.1, p87-91
- [6] Kumar, A., Vlach, T., Laiblova, L., Hroudá, M., Kasal, B., Tywoniak, J., & Hajek, P. (2016). Engineered bamboo scrimber : Influence of density on the mechanical and water absorption properties. *Construction and Building Materials*. vol.2, p815-827
- [7] Sharma, B., Gatóo, A., Bock, M., & Ramage, M. (2015). Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Materials*. vol.81, p66-73
- [8] Agung, G. F., Hanafie, M. R., & Mardina, P. (2013). Ekstraksi Silika Dari Abu Sekam Padi Dengan Pelarut Koh. *Konversi*.,vol.2, p 28–31
- [9] Martien, R., Adhyatmika, Irianto, I. D. K., Farida, V., Dian, & Sari, P. (2012). Technology Developments Nanoparticles As Drug. *Majalah Farmaseutik*. vol.1, p133-144.
- [10] Hosokawa. (2007). Mechanical Milling a Top Down Approach for the Synthesis of Nanomaterials and Nanocomposites, *Journal Powder Technologi*, vol.1, p7-42

ANALISIS TINGKAT KEKASARAN PERMUKAAN PADA HASIL PEMESINAN MESIN *MILLING* DENGAN VARIASI TINGGI PENCEKAMAN BENDA KERJA DAN TINGGI PEMASANGAN *ENDMILL CUTTER*

Zainuddin

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

Email: zainuddin060590@gmail.com

ABSTRAK

Studi ini ditujukan untuk mengetahui tekstur permukaan dari proses pemesinan dengan beberapa variasi posisi. Posisi yang diuji dalam penelitian ini adalah posisi tinggi pencekaman endmill dan posisi pencekaman specimen.

Menurut penelitian-penelitian yang terdahulu, variabel yang menyebabkan kekasaran permukaan adalah penggunaan variasi parameter pemesinan, jenis perlakuan pemesinan yang kurang optimal dan geometri pahat. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil variabel perlakuan posisi dan pencekaman baik spesimen maupun pemasangan endmill untuk mengetahui kondisi paling optimal terhadap tingkat kekasaran permukaan.

Hasil Penelitian ini didapatkan Tingkat kekasaran pada tinggi pencekaman endmill menunjukkan bahwa semakin mendekati flute maka akan semakin kasar karena ada rongga flute yang tidak tercekam, dan pencekaman semakin ke atas dari panjang endmill juga akan semakin kasar karena terjadi vibrasi yang besar saat proses pemakanan, rekomendasi dari penelitian ini agar mendapat nilai kekasaran yang optimal adalah memasang pahat di antara batas tengah panjangnya endmill sampai ke batas flute pada endmill.

Kata kunci: *milling, endmill, kekasaran permukaan, pencekaman.*

PENDAHULUAN

Pengerjaan logam dalam dunia manufacturing ada beberapa macam, mulai dari pengerjaan panas, pengerjaan dingin hingga pengerjaan logam secara mekanik. Pengerjaan mekanik logam biasanya digunakan untuk pengerjaan lanjutan maupun finishing, sehingga dalam pengerjaan mekanik dikenal beberapa prinsip pengerjaan, salah satunya adalah pengerjaan perataan permukaan dengan menggunakan mesin *frais* atau biasa disebut mesin *milling*.

Mesin *milling* adalah mesin yang paling mampu melakukan banyak tugas bila dibandingkan dengan mesin perkakas yang lain. Hal ini disebabkan karena selain mampu mesin permukaan datar maupun berlekuk/profil dengan penyelesaian dan ketelitian yang istimewa, juga berguna untuk menghaluskan atau meratakan benda kerja sesuai dengan dimensi yang dikehendaki.

Mesin *milling* dapat menghasilkan permukaan bidang rata yang menghasilkan tingkat kekasaran permukaan yang cukup halus, tetapi proses ini membutuhkan pelumas berupa oli yang berguna untuk pendingin mata *milling* agar tidak cepat aus.

Istilah tingkat kekasaran permukaan digunakan secara luas di industri dan biasanya digunakan untuk mengukur kehalusan/ kekasaran dari suatu permukaan benda. tekstur permukaan adalah pola dari permukaan yang menyimpang dari suatu permukaan nominal.

penyimpangan Mungkin acak atau berulang yang diakibatkan oleh kekasaran, *waviness*, *lay* dan *flaws*.

kekasaran terdiri dari ketidakraturan dari tekstur permukaan, yang pada umumnya mencakup ketidakraturan yang diakibatkan oleh perlakuan selama proses produksi. contoh bentuk tekstur permukaan benda kerja dapat dilihat pada gambar.

Dalam proses pemesinan dituntut untuk menghasilkan hasil produksi kekasaran tertentu yang mana tingkat kekasaran suatu benda semakin kecil semakin bagus dan halus.

kondisi mesin *milling* yang banyak ditemui di bengkel-bengkel produksi maupun bengkel sekolah /kampus Kejuruan Teknik Mesin kurang banyak pembaruan, Kebanyakan mesin *milling* yang digunakan untuk praktek di sekolah atau kampus kejuruan Teknik Mesin sudah uzur dan banyak yang tidak fungsi dengan baik lagi. contoh; kecepatan spindel sudah tidak dapat di setting, *feeding* tidak dapat disetting, penggerak otomatis sudah tidak berfungsi lagi. hal ini kemungkinan juga tidak hanya dialami oleh sekolah kejuruan saja, mungkin juga dialami oleh bengkel-bengkel produksi. dengan kondisi mesin yang demikian atau tidak normal lagi maka untuk mencapai tingkat kekasaran tertentu perlu cara agar mesin dapat dimaksimalkan.

Selain kondisi di atas penelitian tentang kekasaran permukaan terhadap hasil pemesinan mesin perkakas telah banyak dilakukan, tetapi untuk penelitian tentang faktor yang tidak masuk dalam program belum begitu banyak dilakukan, terutama yang berhubungan dengan posisi pemasangan benda kerja dan posisi pemasangan pahat (*endmill*).

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh tinggi pengecaman benda kerja pada ragam terhadap tingkat kekasaran hasil pemesinan mesin *milling*.
2. Mengetahui pengaruh tinggi pemasangan *endmill cutter* terhadap tingkat kekasaran hasil pemesinan mesin *milling*.
3. Mengetahui pengaruh tinggi pengecaman benda kerja dan tinggi pemasangan *endmill cutter* yang menghasilkan tingkat kekasaran yang paling kecil.

TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian yang dilakukan ini merujuk pada penelitian Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.

Daniel (2009) meneliti tentang optimasi parameter pemesinan proses CNC frais terhadap hasil kekasaran permukaan dan keausan pahat menggunakan metode taguchi. Dalam penelitian ini metode optimasi yang digunakan dalam penelitian adalah Metode Taguchi dan ANOVA (*Analysis of Variance*) digunakan untuk mengetahui karakteristik performansi dari parameter pemesinan. Dari hasil optimasi yang telah dilakukan diperoleh bahwa keausan pahat adalah $3,3 \pm 0,2 \mu\text{m}$ dengan kecepatan putaran spindel 2500 rpm, kecepatan pemakanan 0,12 mm/rev, kedalaman pemotongan 1 mm, dan pendingin minyak.

Giyatno (2009) meneliti tentang optimasi parameter proses pemesinan terhadap keausan pahat dan kekasaran permukaan benda hasil proses CNC *turning* menggunakan metode Taguchi. Dalam penelitian ini, melalui analisis varian terhadap keausan pahat yang digunakan kecepatan pemakanan memiliki kontribusi paling tinggi terhadap keausan pahat, dan kondisi parameter pemesinan paling baik diperoleh pada kecepatan potong rendah, kecepatan makan rendah, kedalaman pemakanan rendah, dan berpendingin dromus dengan nilai prediksi keausan pahat $3 \pm 2 \mu\text{m}$ dan kekasaran permukaan eksperimen konfirmasi $7 \pm 2 \mu\text{m}$.

Wen-Hsiang Lai (2000) meneliti tentang model kekuatan potong pada operasi *end mill*. Hasil penelitian ini adalah pengaruh yang paling signifikan terhadap kekuatan adalah ketebalan

chip (T_c). Radius dinamis yang disebabkan oleh lari keluar *cutter* dan kemiringan merupakan titik kunci untuk mempengaruhi ketebalan *chip*. Pengaruh pemakanan per *flute* pada kekuatan pemesinan terlihat ketika *feedrate* meningkat, ketebalan *chip* seketika juga meningkat, dan kekuatan juga meningkat. Kedalaman radial dan aksial memotong mempengaruhi lebar dan panjang bidang kontak masing-masing. Artinya, ketika kedalaman radial dan aksial memotong meningkat, bidang kontak meningkat, dan kekuatan menjadi lebih besar. Ketika *depth of cut* meningkat, kekuatan juga meningkat. Selanjutnya, kekuatan X diukur berubah dari nilai-nilai negatif ke nilai positif ketika kedalaman radial potong berubah dari 25% menjadi 75%.

Yong-hyun kim, sung-lim ko (2002) meneliti tentang pengembangan desain dan teknologi manufaktur untuk end mills pada proses pemesinan baja liat. Hasil penelitian ini adalah (1) program simulasi untuk flute heliks grinding dikembangkan dan diterapkan pada desain dan pembuatan mill end dengan memprediksi konfigurasi potong lintang. (2) *rake angle* yang optimal dan ditentukan sudut clearance, mengingat perubahan dalam permukaan yang salah dalam uji kinerja sesuai dengan perubahan dalam geometri. (3) seluruh proses untuk desain dan pembuatan *end mill* dengan kinerja pemotongan tinggi disarankan berdasarkan program simulasi flute heliks grinding

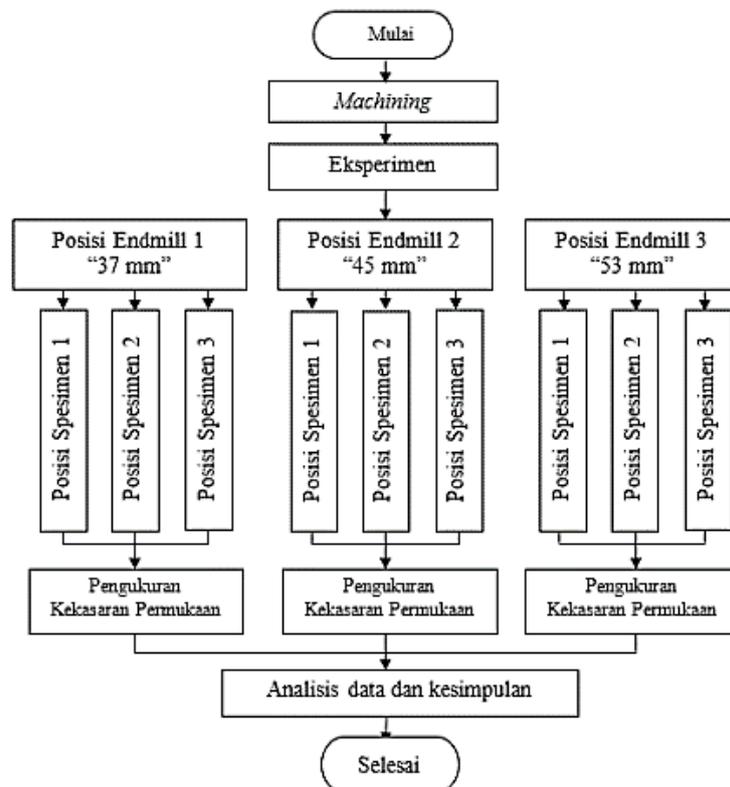
Kivanc & Budak (2004) pemodelan struktural *end mill* untuk kesalahan bentuk dan bentuk analisis stabilitas. Hasil penelitian ini adalah sifat dinamis dan statis dari *milling* yang sangat penting untuk presisi mesin dan stabilitas pemotongan. Metode analisis eksperimen yang digunakan untuk menentukan karakteristik ini. Hasil eksperimen ini tidak memberikan informasi yang akurat terutama untuk dinamika dan stabilitas pemotongan. Metode eksperimental, di sisi lain, memakan waktu jumlah kemungkinan kombinasi pemegang *tool* dan *tool*, geometri alat dan material dalam pengaturan industri. Model analisis yang disajikan dalam karya ini menghilangkan kebutuhan untuk pengukuran fungsi transfer untuk setiap perakitan alat. Model mempertimbangkan geometri kompleks *flute* dalam pengembangan properti pemotongan melintang. Endmills memiliki *flute* dan bagian *unfluted*, yang semakin mempersulit geometri mereka. Karakteristik ini tersegmentasi juga telah dipertimbangkan dalam pemodelan statis dan dinamis. RCSA model telah digunakan untuk menggabungkan dinamika diukur dari pemegang alat / spindel dan mode akhir analitis ditentukan *mill*. Prediksi baik statis dan dinamis yang dibuktikan sangat akurat. Pendekatan yang disajikan di sini sangat berguna untuk implementasi dalam sistem mesin virtual di mana kesalahan bentuk dan batas stabilitas untuk aplikasi *milling* dapat ditentukan secara otomatis.

Lou, Chen, dan Li (1999) meneliti tentang teknik perkiraan kekasaran permukaan pada CNC *milling*. Hasil penelitian ini adalah Kekasaran permukaan (R_a) dapat diprediksi secara efektif oleh menerapkan kecepatan spindle, kecepatan pemakanan, kedalaman potong, dan interaksi dalam beberapa model regresi. Model regresi bisa memprediksi permukaan kekasaran (R_a) dengan rata-rata penyimpangan 9,71% atau 90,29% akurasi dari pelatihan kumpulan data. Model regresi bisa memprediksi permukaan kekasaran (R_a) dari data pengujian ditetapkan yang tidak termasuk dalam analisis regresi berganda dengan persentase rata-rata penyimpangan 9,97% atau akurasi 90,03%. Laju pemakanan adalah yang paling signifikan sebagai parameter pemesinan yang digunakan untuk memprediksi kekasaran permukaan dalam model regresi berganda.

Dari penelitian-penelitian di atas, variabel yang menyebabkan kekasaran permukaan adalah penggunaan variasi parameter pemesinan, jenis perlakuan pemesinan yang kurang optimal dan geometri pahat. Oleh karena itu, penelitian ini mengambil variabel perlakuan posisi dan pencekaman baik spesimen maupun pemasangan *endmill* untuk mengetahui kondisi paling optimal terhadap tingkat kekasaran permukaan.

METODOLOGI PENELITIAN

Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan Pengukuran Hasil Tingkat Kekasaran Permukaan Baja ST 40 Hasil Pemesinan *Milling*.

Dalam pembahasan hasil penelitian ini meliputi hasil pengukuran kekasaran permukaan interaksi antara tinggi pengecaman spesimen dan tinggi pemasangan endmill terhadap *collet*.

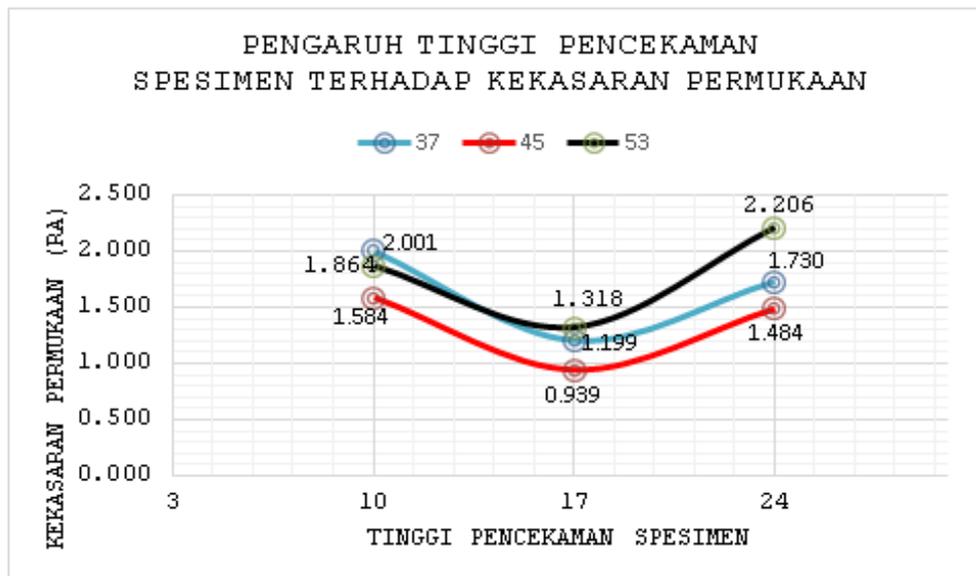
Tinggi Pengecaman Spesimen.

Rerata hasil pengukuran kekasaran permukaan baja ST 40 dilihat pada tabel 1. tabel 1 diubah dalam bentuk grafik, sehingga akan memudahkan untuk melakukan analisis hasil.

Tabel 1. Data Hasil Pengukuran Tingkat Kekasaran Baja ST 40 (Dalam μm).

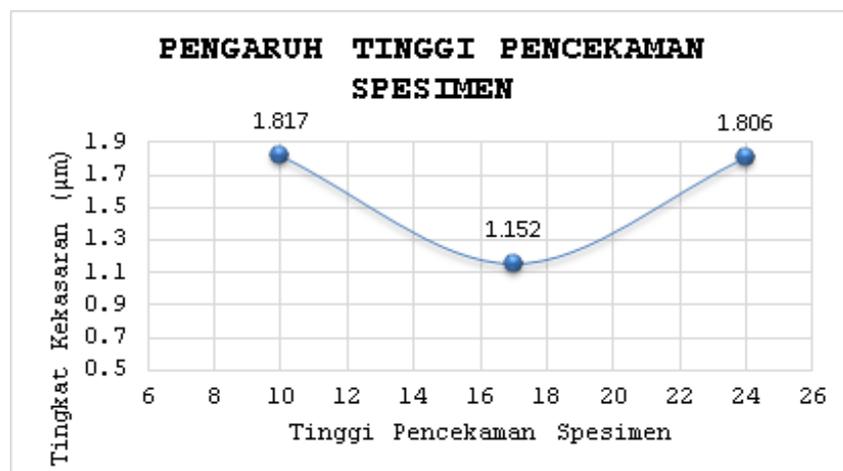
Tinggi Pengecaman Endmill	Tinggi Pengecaman Benda Kerja		
	10 mm	17 mm	24 mm
37 mm	2,001	1,199	1,730
45 mm	1,584	0,939	1,484
53 mm	1,864	1,318	2,206

Berdasarkan tabel 1 data tingkat kekasaran permukaan benda kerja Proses pemesinan *milling* pada baja ST 40 dengan dua kondisi pemakanan dari pengaruh tinggi pengecaman benda kerja Dapat dideskripsikan seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Tinggi Pengekaman Benda Kerja- Ra

Pada gambar 2 didapat nilai kekasaran paling kecil terjadi pada interaksi tinggi pengekanan benda kerja 17 mm dengan tinggi pengekanan *endmill cutter* 45 mm yaitu sebesar 0,939 mikrometer, sedangkan tingkat kekasaran paling besar terjadi pada interaksi tinggi pengekanan benda kerja 24 mm dengan tinggi pengekanan *Endmill cutter* 53 mm yaitu sebesar 2,206 mikrometer.



Gambar 3. Rerata Ra Terhadap Tinggi Pengekaman Spesimen

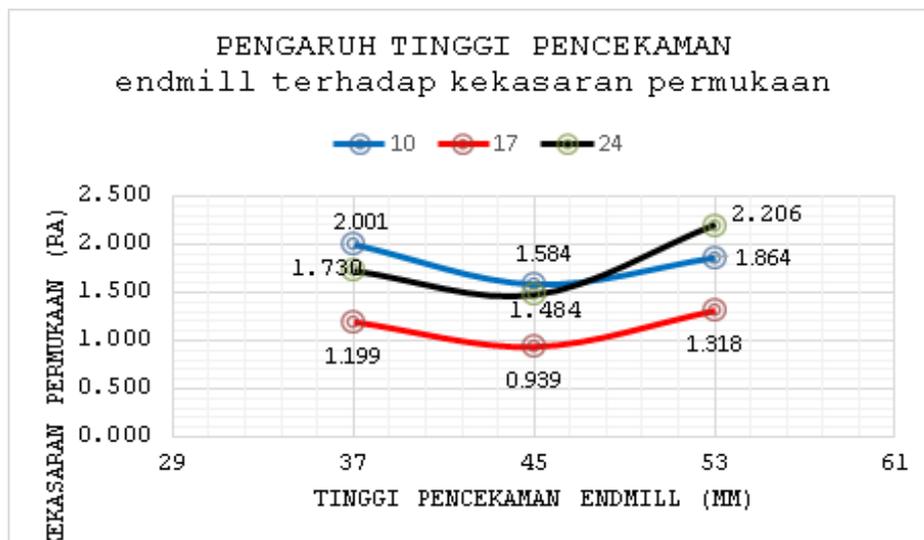
Berdasar gambar 3 yang diambil pada tabel 1. didapat rata-rata tingkat kekasaran berdasar tinggi pengekanan benda kerja, yakni; untuk tinggi pengekanan benda kerja terhadap ragam 10 mm didapat kekasaran rata-rata (Ra) 1,817 mikrometer, untuk tinggi pengekanan benda kerja terhadap ragam 17 mm didapat Ra 1,152 mikrometer, dan untuk tinggi Pengekaman benda kerja terhadap ragam 24 mm didapat Ra 1,806 mikrometer.

Uraian pada gambar 2 dan gambar 3 di atas dapat diambil kesimpulan bahwa Ra paling kecil paling kecil didapat dari tinggi pengekanan benda kerja terhadap ragam 17 mm. yakni sebesar 1,152 mikrometer, lebih tepatnya berada pada interaksi tinggi pengekanan benda kerja 17 mm dengan tinggi pengekanan *endmill cutter* 45 mm yaitu sebesar 0,939 mikrometer. Sedangkan Ra paling besar didapat dari tinggi pengekanan benda kerja terhadap ragam 10

mm didapat tingkat kekasaran rata-rata 1,817 mikrometer, tetapi interaksi yang menghasilkan tingkat kekasaran yang paling besar adalah interaksi pengecaman benda kerja 24 mm dengan tinggi pengecaman *endmill cutter* 53 mm yaitu sebesar 2,206 mikrometer.

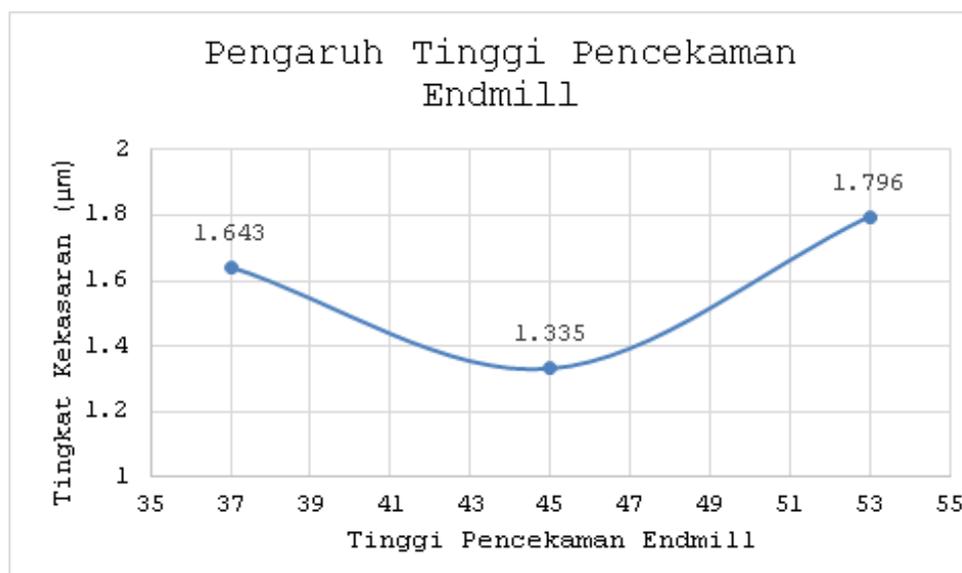
Tinggi Pengecaman Endmill.

Dasarkan tabel 1 data tingkat kekasaran permukaan benda kerja Proses pemesinan *milling* pada baja ST 40 dengan dua kondisi pemakanan dari tinggi pengecaman *endmill* dapat dideskripsikan seperti pada gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Diagram Tinggi Pengecaman Endmill- Ra

Pada gambar 4 didapat nilai kekasaran paling kecil terjadi pada interaksi tinggi pengecaman benda kerja 17 mm dengan tinggi pengecaman *endmill cutter* 45 mm yaitu sebesar 0,939 mikrometer, sedangkan tingkat kekasaran paling besar terjadi pada interaksi tinggi pengecaman benda kerja 24 mm dengan tinggi pengecaman *endmill cutter* 53 mm yaitu sebesar 2,206 mikrometer.



Gambar 5. Rerata Ra Terhadap Tinggi Pengecaman Endmill

Berdasar gambar 5 didapat rata-rata tingkat kekasaran berdasar tinggi pengeckaman *endmill*, yakni; untuk tinggi pengeckaman *endmill* 37 mm didapat Ra 1,643 mikrometer, untuk tinggi pengeckaman *endmill* 45 mm didapat Ra 1,335 mikrometer, dan untuk tinggi pengeckaman *endmill* 53 mm didapat Ra 1,796 mikrometer.

Uraian pada gambar 4 dan gambar 5 di atas dapat diambil kesimpulan bahwa Ra paling kecil didapat dari tinggi pengeckaman *endmill* 45 mm yakni sebesar 1,335 mikrometer, lebih tepatnya pada interaksi tinggi pengeckaman benda kerja 17 mm dengan tinggi pengeckaman *endmill cutter* 45 mm yaitu sebesar 0,939 mikrometer.

Sedangkan Ra paling besar didapat pada tinggi pengeckaman *endmill* 53 mm didapat Ra 1,796 mikrometer, lebih tepatnya ada pada interaksi tinggi pengeckaman benda kerja 24 mm dengan tinggi pengeckaman *endmill cutter* 53 mm yaitu sebesar 2,206 mikrometer.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut;

1. Ada pengaruh yang signifikan dari pengaruh tinggi pengeckaman benda kerja pada ragam terhadap tingkat kekasaran hasil pemesinan mesin *milling*. Tinggi pengeckaman benda kerja terhadap ragam 10 mm didapat tingkat kekasaran rata-rata (Ra) 1,817 mikrometer, untuk tinggi pengeckaman 17 mm didapat Ra 1,152 mikrometer, dan untuk tinggi pengeckaman 24 mm didapat Ra 1,806 mikrometer.
2. Ada pengaruh yang signifikan dari pengaruh tinggi pemasangan *endmill cutter* terhadap tingkat kekasaran hasil pemesinan mesin *milling*. Tinggi pengeckaman *endmill* 37 mm didapat ra 1,643 mikrometer, tinggi pengeckaman *endmill* 45mm didapat Ra 1,335 mikrom-eter, dan untuk tinggi pengeckaman *endmill* 53 mm didapat Ra 1,796 mikrometer.
3. Tingkat kekasaran baja ST 40 yang paling kecil didapat dari tinggi pengeckaman *endmill* 45 mm, lebih tepatnya pada interaksi tinggi pengeckaman benda kerja 17 mm dengan tinggi pengeckaman *endmill cutter* 45 mm yaitu sebesar 0,939 mikrometer. Sedangkan Ra paling besar didapat dari tinggi pengeckaman *endmill* 53 mm yaitu pada interaksi tinggi pengeckaman benda kerja 24 mm dengan tinggi pengeckaman *endmill cutter* 53 mm yaitu sebesar 2,206 mikrometer.
4. Tingkat kekasaran pada tinggi pengeckaman *endmill* menunjukkan bahwa semakin mendekati *flute* maka akan semakin kasar karena ada rongga *flute* yang tidak tercekam, dan pengeckaman semakin ke atas dari panjang *endmill* juga akan semakin kasar karena terjadi vibrasi yang besar saat proses pemakanan, rekomendasi dari penelitian ini agar mendapat nilai kekasaran yang optimal adalah memasang pahat di antara batas tengah panjangnya *endmill* sampai ke batas *flute* pada *endmill*.

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka dapat disampaikan saran-saran sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis sangat baik kalau di analisis faktor-faktor atau variabel variabel yang lain yang mempengaruhi tingkat kekasaran baja ST 40 hasil pemesinan dengan mesin *milling*, misalnya diameter pahat, jenis pendingin, dan kekerasan pahat.
2. Untuk penelitian selanjutnya yang sejenis sangat baik kalau mencoba memilih mesin CNC *milling* untuk proses pemesinannya.
3. Selain hal di atas, bagi peneliti yang akan mengadakan penelitian yang relevan di masa mendatang diharapkan hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai bahan masukan dan pertimbangan dalam melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Daniel. 2009. *Optimasi Parameter Pemesinan Proses CNC Frais Terhadap Hasil Kekasaran Permukaan dan Keausan Pahat Menggunakan Metode Taguchi*. Semarang: Tugas Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Giyatno. 2009. *Optimasi Parameter Proses Pemesinan Terhadap Keausan Pahat Dan Kekasaran Permukaan Benda Hasil Proses CNC Turning dengan Menggunakan Metode Taguchi*. Semarang: Tugas Sarjana Jurusan Teknik Mesin Universitas Diponegoro.
- Kim, Hyun & Ko, Lim. 2002. *Development of Design and Manufacturing Technology for End Mills Machining Hardened Steel*. Journal of Material Processing Technology 130- 131
- Kivanc V.B & Budak, E. 2004. *Structural Modeling of Anisotropy for Form Error and Stability Analysis*. International Journal of Machine Tools and Manufacture 44(2004) 1151- 1161
- Lou, S.M., Chen, C.J. & Li,M.C. 1999. *Surface Roughness Prediction Technique for CNC End-Milling*. International Journal of Industrial Technologi Volume 15, 1999.
- Wen-Hsiang Lai. 2000. *Modeling of Cutting Forces in End Milling Operations*. Journal of Science and Engineering, Vol. 3, No.1, pp. 15-22.

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR AIR SEBAGAI PENDINGINAN TERHADAP KARAKTERISTIK CORAN ALUMINIUM DENGAN MEDIA CETAKAN PASIR CO₂

Masyrukan

Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta Jl.A.Yani Tromol Pos 1 Pabelan,
Kartasura

Email : masyrukan@gmail.com

ABSTRAK

Logam akan mengalami perubahan fasa selama proses pengecoran, baik perubahan sifat fisis maupun mekanik yang disebabkan oleh proses pembekuan. Perubahan sifat ini antara lain dipengaruhi media pendingin yang digunakan pada saat proses pendinginan. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan variasi temperatur pendinginan terhadap kekerasan hasil coran aluminium

karena sifat fisis dan mekanis suatu logam sangat penting dalam konstruksi permesinan. Maka dalam penelitian ini digunakan media pendinginan yang berbeda yaitu : Air dengan suhu 15°C, Air dengan suhu 27°C dan Air dengan suhu 55°C.

Dari pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan air suhu 15°C mempunyai nilai kekerasan yang lebih baik dibanding air dengan suhu 27°C dan 55°C. Dari hasil pengujian komposisi kimia terdapat 17 unsur, tetapi hanya 4 unsur yang paling berpengaruh pada aluminium cor yaitu Si, Fe, Cu, dan Zn yang paling dominan. Dilihat dari unsur yang ada pada material ini dapat digolongkan logam aluminium paduan seng (Al-Zn).

Kata Kunci: *Aluminium (Al), Pendinginan cepat, kekerasan, struktur mikro, komposisi kimia.*

PENDAHULUAN

Di zaman modern sekarang ini kebutuhan manusia akan aluminium makin banyak dikarenakan beberapa perabotan rumah tangga dan alat-alat industri memakai bahan aluminium, disamping harganya yang murah aluminium juga tahan terhadap korosi. Material aluminium tinggal 8% di kerak bumi. Permintaan di seluruh dunia untuk aluminium berkembang 29 juta ton per tahun. 22 juta ton adalah aluminium baru dan 7 juta ton didaur ulang skrap aluminium. Penggunaan aluminium daur ulang secara ekonomi dan lingkungan sangat menarik (Francis, 2012). Dibutuhkan 14.000 KWh untuk menghasilkan 1 ton aluminium baru, sebaliknya dibutuhkan hanya 5% untuk daur ulang per ton aluminium. Tidak ada perbedaan kualitas antara paduan aluminium murni dan daur ulang, membuat penggunaannya aluminium paling banyak digunakan setelah baja (Aalco., 2013).

Pengecoran merupakan proses pembentukan logam dengan cara dicairkan, lalu kemudian dituang kedalam cetakan dan dibiarkan sampai membeku. Bahan yang dipakai dalam cetakan sangat bervariasi, beberapa contoh diantaranya dibuat dari bahan logam, pasir, semen, kulit, keramik, dan sebagainya. Masing-masing bahan cetakan ini akan memberikan pengaruh terhadap kualitas hasil produk coran logam cair. Kualitas ini terutama mengenai sifat mekanis dan cacat yang terbentuk selama proses penuangan hingga menjadi membeku. Setiap logam akan mengalami perubahan fasa saat proses pengecoran baik sifat fisiknya maupun sifat mekanisnya dan salah satu faktor yang mempengaruhi perubahan fasa adalah proses pendinginan yang salah satunya dipengaruhi oleh faktor temperatur dan media pendinginan.

Berdasarkan uraian di atas maka perlu dilakukan penelitian tentang pengaruh variasi temperatur air sebagai pendinginan terhadap flange coran aluminium dengan media cetakan pasir CO₂

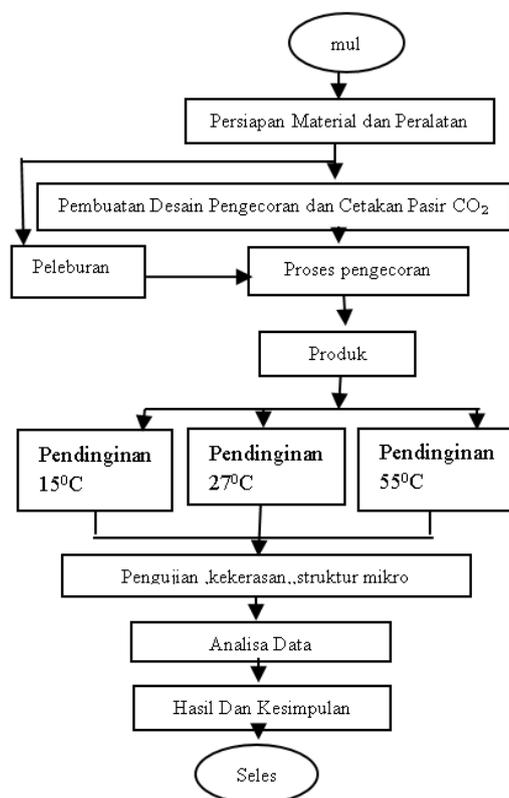
TINJAUAN PUSTAKA

Supriyanto, 2009 meneliti bahwa hasil uji keras pada produk cor aluminium yang menggunakan cetakan pasir menunjukkan bahwa angka kekerasan yang paling tinggi adalah Dari hasil pengujian ketangguhan benda uji dengan media pendinginan udara suhu kamar lebih tangguh dibandingkan dengan benda uji dengan media pendinginan oli SAE 40. Hal ini dikarenakan laju pendinginan udara suhu kamar lebih lambat dibanding laju pendinginan oli SAE 40 dan air sumur, struktur mikro benda uji pendinginan udara suhu kamar unsur magnesium (Mg) yang terbentuk lebih banyak dan merata dari benda uji pendinginan oli SAE 40 dan air sumur.

Yuli Cahyo Pamungkas dkk, 2016 Pengaruh quenching menggunakan air-oli SAE 40 dengan perbandingan 10%-90% lama pencelupan 5 menit, 10 menit, 15 menit terhadap kekerasan Al-Si, mengindikasikan, bahwa lama pencelupan dalam proses quenching yang menggunakan campuran media pendingin 90% air dan 10% oli Mesran SAE 40 berpengaruh terhadap tingkat kekerasan paduan Al-Si. Pengaruh tersebut tampak dari kecenderungan tingkat kekerasan yang meningkat, yakni 57,54 HV untuk lama pencelupan 5 menit, 58,01 HV untuk lama pencelupan 10 menit, dan 58,15 HV untuk lama pencelupan 15 menit.

Elin Nuraini dkk, 1996 Pengaruh media pendingin udara, pasir, dan air memberikan perbedaan kekerasan dan ukuran butir AlMg2 yang mengalami perlakuan panas pada suhu 200°C selama 6 jam. Dengan pendingin air diperoleh kekerasan tertinggi yaitu 59 kg/mm² dan terendah adalah dengan pendingin pasir diperoleh 57,5 kg/mm² sedangkan dengan pendingin udara diperoleh 58,7 kg/mm². Ukuran butir yang diperoleh adalah 26,8 µm, 27,3 µm dan 27,0 µm.

METODE PENELITIAN



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Bahan dan Alat Penelitian

A. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Aluminium bekas atau rosok yang berasal dari *sparepart* pabrik dan berbagai bahan campuran logam aluminium.
2. Kalsium karbonat (bubuk anti air)
3. Pasir silika
4. *Water glass*
5. Air suhu 15°C
6. Air suhu 27°C
7. Air suhu 55°C

B. Alat

Peralatan yang dipergunakan dalam penelitian ini antara lain;

Cangkul, Kowi, Tali pengikat cetakan CO₂, Penumbuk, Gayung, Tabung silinder, Mesin pengaduk, *Digital Caliper*, Lanset, Ember, Alat uji *Spektrometer*, Gancu Kerangka cetakan, Alat uji Kekerasan *HRB, Ladel*, Tabung Gas CO₂, Alat uji *Mikroskop Metalografi*, Saringan (pengayak), Gergaji besi, Dapur pelebur dan Linggis

C. Prosedur Penelitian

1. Pembuatan Cetakan

- a.) Mempersiapkan kerangka cetakan berbentuk kotak
- b.) Mempersiapkan papan kayu diletakkan bagian bawah sebagai alas kerangka cetak bawah.
- c.) Meletakkan kerangka cetakan diatas papan kayu dan meletakkan pola flange diatas papan kayu.
- d.) Mencampurkan pasir silika dan cairan *water glass* secukupnya kemudian diaduk hingga tercampur merata dan sedikit mengeras ± 1 menit .
- e.) Mengisi pasir silika yang sudah tercampur dan diaduk dengan cairan *water glass* sampai batas permukaan kerangka cetakan, kemudian dipadatkan menggunakan penumbuk hingga padat merata setelah itu bagian atas kerangka cetakan diletakkan papan kayu kemudian dibalik berada dibawah dan bagian bawah pola flange berada diatas .
- f.) Mengambil papan kayu yang berada diatas dan meratakan pasir yang berada dipermukaan apabila masih terdapat pasir yang belum merata sempurna menggunakan sendok.
- g.) Melapisi bagian atas cetakan menggunakan kantong kresek agar pada saat melakukan proses memberi gas co pada pasir tidak menembus ke bagian bawah cetakan, setelah itu memasang lagi kerangka cetakan dan meletakkan tabung silinder berukuran ± 1 cm yang berfungsi sebagai saluran turun sprue dan mengisi pasir yang tercampur *water glass* tersebut ke dalam cetakan bagian atas yang sudah dilapisi dengan kantong kresek hingga menutupi permukaan kerangka cetakan dan kemudian ratakan.
- h.) Kemudian mencabut tabung silinder tadi dan terbentuklah saluran turun sprue setelah itu membuat saluran udara pada bagian tengah menggunakan tabung silinder berukuran ± 1 cm pada cetakan guna membuang gas – gas pada saat penuangan cairan coran.

- i.) Kemudian membuat saluran masuk gas CO_2 menggunakan tabung silinder berukuran $\pm 0,5\text{mm}$ sebanyak 3 titik masing - masing pada bagian samping kanan dan kiri dan 3 titik pada bagian tengah.
- j.) Setelah itu memberikan gas CO_2 dengan tekanan $\pm 1 - 1,5 \text{ N/m}^2$ kedalam saluran gas CO_2 yang sudah dibuat sebelumnya hingga mengeras dengan waktu ± 1 menit.
- k.) Mengangkat cetakan bagian atas, kemudian mengambil pola flange dengan cara menancapkan paku ke pol kemudian diketuk perlahan – lahan agar pola bergeser setelah itu diambil pola tersebut secara perlahan sehingga cetakan pasir CO_2 tidak runtuh, setelah itu meratakan bagian yang belum rata.
- l.) Kemudian membuat saluran masuk gas CO_2 menggunakan tabung silinder berukuran $\pm 0,5\text{cm}$ pada cetakan bawah pada 3 titik masing – masing bagian pojok dan 2 titik pada bagian tengah.
- m.) Membuat saluran masuk ingate pada pola atas posisikan dipojok dan dipresisikan dengan lubang dari saluran turun sprue, setelah itu memberikan gas CO_2 dengan tekanan $\pm 1 - 1,5 \text{ N/m}^2$ kedalam saluran gas CO_2 yang sudah dibuat sebelumnya hingga mengeras dengan waktu ± 1 menit, kemudian memasang kembali cetakan atas dan dipresisikan antara lubang saluran turun (sprue) dan saluran masuk (ingate)

2. Proses Pengecoran

Pada proses pengecoran ini adalah meleburkan bahan alumunium dalam tungku, kemudian setelah alumunium benar benar cair, cairan alumunium ini di ambil dari tungku peleburan dengan ladeldan dituangkandalam cetakan yang telah disiapkan

3. Proses Pendinginan

Pendinginan dengan variasi 3 media yaitu air suhu 15°C , air suhu 27°C dan air suhu 55°C . Prosesnya adalah setelah Aluminium (Al) cair di tuangkan dari ledel ke dalam lubang saluran masuk cetakan Pasir CO_2 dan didiamkan 10 menit setelah dirasa sudah mengeras lalu cetakan dibongkar dan spesimen dimasukkan ke dalam 3 media pendinginan tersebut, sistem pendinginan dalam pengecoran aluminium (Al) menggunakan beberapa media pendingin dan lama pendinginan 1 jam.

4. Pengamatan Porositas

Pada pengamatan porositas ini dilakukan dengan cara memotong sebagian spesimen dengan secara acak. Kemudian pada bagian potongan tersebut dilakukan *mounting* dengan menggunakan resin dan katalis yang kemudian diampelas sampai halus dan diberi autosol supaya porositas dapat terlihat jelas dan setelah itu difoto makro menggunakan kamera dan dilakukan perbandingan dari setiap variasi pendingin

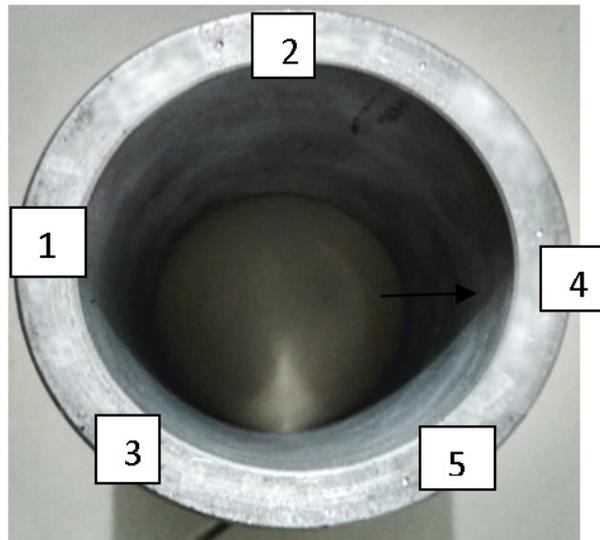
5. Pengujian Kekerasan

Kekerasan merupakan ketahanan bahan terhadap goresan atau penetrasi pada permukaannya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil kekerasan dari benda uji pada beberapa bagian sehingga diketahui distribusi kekerasan rata-ratanya dari semua bagian yang diuji.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan Hasil Produk Cor Aluminium

Pengujian kekerasan menggunakan HR_B (Hardness Rockwell Ball type B) dengan beban 981 N (100,034 Kgf) menggunakan penetrator bola diameter 1/16 in. dilakukan pada 5 titik pada bagian spesimen :



Gambar 2. Posisi Titik Kekerasan Spesimen.

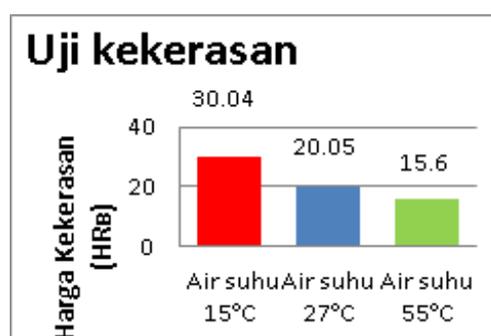
Harga Kekerasan HR_B (Hardness Rockwell Ball type B)

Harga kekerasan HR_B (Hardness Rockwell Ball type B) variasi pendinginan air suhu 15°C, air suhu 27°C dan air suhu 55°C terhadap hasil produk aluminium cor dapat dilihat seperti pada table 1

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan HR_B.

NO	Media Pendinginan	Kekerasan HR _B					Rata-rata HR _B
1	Suhu 15°C	30,77	29,25	29,90	30,29	29,97	30,04
2	Suhu 27°C	20,71	20,87	19,45	19,40	19,80	20,05
3	Suhu 55°C	16,67	15,76	15,00	15,31	15,24	15,60

Data uji kekerasan diubah dalam histogram perbandingan dari setiap variasi pendingin yang ada pada gambar berikut :



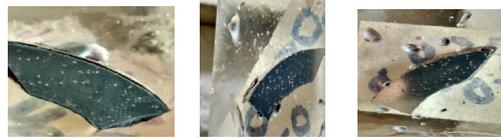
Gambar 3. Grafik hubungan kekerasan dengan variasi pendinginan

Pembahasan Pengujian Kekerasan

Dari Hasil pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan suhu 15°C lebih keras yaitu 30,04 di dibandingkan dengan hasil dari media pendinginan suhu 27°C yaitu 20,05 dan media pendinginan suhu 55°C yang bernilai 15,6. Laju dari pendinginan menggunakan media pendingin suhu 15°C lebih cepat dibandingkan dengan yang lain, oleh karena itu hasil kekerasannya juga lebih baik.

Pengamatan Porositas

Hasil pengamatan porositas dapat dilihat pada foto makro pada gambar 4a,4b dan4c



Gambar4a Gambar 4b Gambar 4c

Gambar 4a didinginkan dengan 15°C

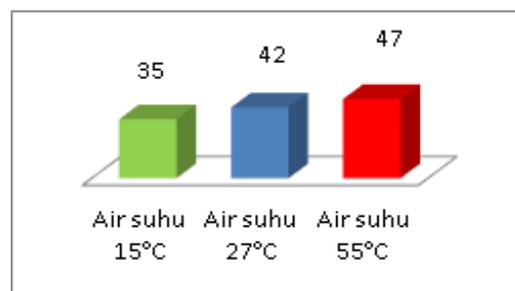
Gambar 4b didinginkan dengan 27°C

Gambar 4c didinginkan dengan 55°C

Dari gambar 4a,Gambar 4c dan Gambar 4b,terlihat jumlah porositas (Titik berwarna putih) berbeda dan dihitung dengan luasan yang sama, dan dapat dilihat pada table.2.

Tabel 2. Hasil Pengamatan Porositas

Variasi Pendinginan	jumlah porositas
Air suhu 15°C	35
Air suhu 27°C	42
Air suhu 55°C	47



Gambar 5. Grafik hasil pengamatan porositas

Pembahasan Pengamatan Cacat Porositas

Berdasarkan hasil dari foto makro kamera diatas (gambar 4) dapat dilihat bahwa hasil produk yang menggunakan variasi pendinginan suhu 15°C memiliki tingkat porositas yang lebih sedikit atau rendah dibandingkan dengan variasi pendinginan suhu 27°C dan variasi pendinginan suhu 55°C. Sedangkan pada variasi pendinginan suhu 27°C dan variasi pendinginan suhu 55°C. kedua-duanya memiliki tingkat cacat porositas yang lebih banyak jika dibandingkan dengan variasi pendinginan suhu 15°C. Ada beberapa penyebab terjadinya Cacat porositas salah satunya adalah sebagai berikut :

1. Terjadi akibat udara yang terperangkap didalam cetakan pada penuangan dan dari gas hidrogen yang terlarut dalam cairan logam yang kemudian dilepaskan selama proses pembekuan.
2. Atom-atom pengikat cetakan yang bersentuhan dengan logam cair akan terurai dan membentuk gas-gas yang akan masuk kedalam logam cair dalam bentuk gelembung-gelembung.
3. Zat –zat organik yang terkandung didalam pasir dan kotoran yang menempel pada aluminium rosok ketika pada proses peleburan.

Keberadaan porositas akan mempengaruhi tingkat kekerasan dari suatu produk cor, semakin banyak cacat porositas pada suatu benda/produk maka tingkat kekerasan akan menurun begitu juga dengan sebaliknya. Maka produk ini semakin tidak aman untuk dijadikan bahan untuk membuat komponen yang bergerak

KESIMPULAN

1. Dari Hasil pengujian kekerasan benda uji dengan media pendinginan suhu 15°C lebih keras yaitu 30,04 di bandingkan dengan hasil dari media pendinginan suhu 27°C yaitu 20,05 dan media pendinginan suhu 55°C yaitu 15,60. Laju dari pendinginan suhu 15°C lebih cepat dari laju pendinginan suhu 27°C dan pendinginan suhu 55°C sehingga membuktikan bahwa semakin cepat laju pendinginan maka semakin baik hasil kekerasannya.
2. Dari Pengamatan jumlah porositas dengan media pendingin suhu 15°C lebih sedikit jumlah porositasnya 35 dibandingkan dengan yang bermedia pendingin dengan suhu 27°C sebanyak 42 dan pada media pendingin 55°C sebanyak 47

DAFTAR PUSTAKA

- Amstead, B.H, dkk. 1996. Teknologi Mekanik, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Asm. 2004. Introduction to Aluminium – Silicon Casting Alloys, Atlas Of Microfractographs
- Astika, I Made, dkk. 2010. Pengaruh Jenis Pasir Cetak Dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas Dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir (Sand Casting), Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Udayana
- Avner, Sidney. 1974. Introduction To Physical Metallurgy, Library Of Congress Cataloging In Publication Data.
- Budiyono, Sidiq, dkk. 2013. Pengaruh Kualitas Pengecoran Pasir Cetak Basah Dengan Campuran Bentonit 3% dan 5% Pada Besi Cor Kelabu, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret.
- Hananto, Adam, Patna Partono. 2016. Pengaruh Variasi Media Cetakan Pasir, Cetakan Logam dan Cetakan RCS (Resin Coated Sand) terhadap Produk Coran Aluminium, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Surdia, Tata, dkk. 1996. Teknik Pengecoran Logam. Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta

ANALISA PENGARUH SERAT RAMI DAN FIBERGLASS DENGAN VARIASI BUTIRAN KUNINGAN (Cu-Zn) MESH 40,50,60 TERHADAP NILAI KEKERASAN, KEAUSAN, DAN KOEFISIEN GESEK KAMPAS REM

Pramuko Ilmu Purboputro, Bayu Aji Prabowo
Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Kartasura

Email: bayuajiprabowo45@gmail.com

ABSTRAK

Pada penelitian ini peneliti membuat kampas rem sepeda motor dengan menggunakan bahan komposit serat alam dan serat buatan yang ramah lingkungan dengan beberapa variasi komposisi bahan untuk mengetahui nilai kekerasan, keausan, dan koefisien gesek. Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu serat rami, fiberglass, serbuk kuningan mesh 40, 50, dan 60, kalsium karbonat, barium sulfat, dan resin polyester dan katalis sebagai matrik nya. Kemudian kampas rem diuji gesek dengan beban 16 kg selama 3 jam dengan uji kering, air, oli, air garam, dan minyak rem dan kemudian dihitung keausan dan koefisien geseknya, dan diuji kekerasan dengan menggunakan Durometer dengan standar ASTM D2240. Dari hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai tertinggi didapatkan pada kampas rem Indopart dengan nilai 86,7 HD, sedangkan kekerasan yang mendekati kampas Indopart didapatkan pada kampas rem variasi mesh 60 dengan nilai kekerasan 84,6 HD. Hasil pengujian keausan menunjukkan nilai keausan kampas rem terendah terjadi pada variasi kampas Indopart, sedangkan keausan terendah dibawahnya terjadi pada kampas variasi kuningan mesh 60 dengan nilai 81,25 mm³/jam kondisi kering, 51,63 mm³/jam kondisi air, 59,37 mm³/jam kondisi oli, 46,87 mm³/jam kondisi air garam, dan 69,37 mm³/jam pada kondisi minyak rem. Hasil data yang diperoleh nilai koefisien gesek tertinggi didapatkan variasi kampas rem indopart, sedangkan yang mendekati didapatkan kampas rem variasi kuningan mesh 60 dengan nilai 0,6226, 0,5725, 0,5383, 0,5754, dan 5718 . Pada foto mikro setelah dilakukan uji gesek kampas mesh 50 mengalami kegagalan bonding kohesive, sedangkan mesh 40 dan 60 mengalami bonding kohesive dan adhesive. Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa besar kecil ukuran serbuk yang digunakan mempengaruhi nilai kekerasan, keausan, dan juga koefisien gesek.

Kata kunci: Serbuk Kuningan (Cu-Zn), Serat Rami, Polyester

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan otomotif yang semakin modern membuat permintaan pasar akan produk suku cadang semakin besar. Kampas rem merupakan salah satu komponen dari kendaraan bermotor yang berfungsi untuk menghentikan laju kendaraan bermotor. Rem berfungsi untuk memperlambat atau menghentikan gerakan dari roda sehingga gerak roda menjadi lambat. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini diubah menjadi panas karena adanya gesekan. Jika rem tidak berfungsi dengan baik, maka dipastikan akan berakhir dengan kecelakaan. Faktor keamanan dari pengendara adalah hal yang sangat penting. Sehingga setiap produsen

kendaraan bermotor merancang sistem dan menggunakan komponen rem (kampas rem) yang sesuai dengan kemampuan kendaraan. Beredarnya kampas rem jenis asbestos banyak beredar dengan harga yang murah dan menjamin keawetan kampas rem, akan tetapi hasil dari serbuk gesekan yang berupa partikel kecil sangat berbahaya bagi kesehatan manusia.

Pemakaian kampas rem biasanya tidak lebih dari 10000 kali kontak pengereman, artinya penggunaan dalam kota bisa jadi tidak lebih dari 6 bulan, apalagi terjadi keluhan umur yang lebih pendek akibat kampas rem yang ausnya tidak merata, sehingga pengereman tidak efektif.

Kekuatan bahan partikel komposit rem, sangat dipengaruhi besarnya partikel, bahan matriknya, dan proses pembuatannya. Kekuatan partikel komposit diperoleh maksimal pada ukuran 0,01 sampai 0,1 mm dan kekuatan surface bonding, pengepresan, sintering. Proses tersebut sangat jarang dipaparkan oleh produsen kampas rem, sehingga perlu adanya penelitian tentang bahan dan proses yang standar secara ilmiah agar kampas rem mudah dibuat di negara kita sendiri, sehingga sangat perlu dilakukannya penelitian ini dengan secara terus menerus dengan harapan bisa mendapatkan komposisi yang lebih baik dan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan kampas rem yang ada di pasaran, atau setidaknya bisa mendekati dan bisa bersaing.

Komposisi bahan pembuatan kampas rem sangat berpengaruh akan kinerja kampas rem itu sendiri. Secara umum zat penyusun didalam bahan fraksi terdiri dari serat, bahan pengisi, dan bahan pengikat. Serat berfungsi untuk meningkatkan koefisien gesek dan kekuatan mekanik bahan. Serat sendiri terdiri dari serat alam dan serat buatan. Serat alam yang sering dipakai biasanya dari tumbuhan kelapa, bambu, rami, dan lain sebagainya. Sedangkan serat buatan sendiri misalnya nilon dan serat gelas. Sedangkan bahan-bahan pendukung lainnya seperti CaCO_3 (Kalsium Karbonat), BaSO_4 (Barium Sulfat), serta serbuk logam seperti serbuk kuningan dan aluminium.

Perumusan Masalah

Masalah dalam penelitian ini adalah untuk menentukan sifat-sifat mekanisme terutama ketangguhan material terhadap beban. Berdasarkan hal tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh Serat Rami dan Fiberglass dengan variasi butiran mesh logam Kuningan (Cu-Zn) terhadap tingkat kekerasan kampas rem.
2. Bagaimana pengaruh Serat Rami dan Fiberglass dengan variasi butiran mesh logam Kuningan (Cu-Zn) terhadap nilai keausan kampas rem.
3. Bagaimana pengaruh Serat Rami dan Fiberglass dengan variasi butiran mesh logam Kuningan (Cu-Zn) terhadap koefisien gesek kampas rem.

Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kualitas kekerasan pada kampas rem dengan menggunakan Serat Rami dan Fiberglass dengan variasi butiran mesh logam Kuningan dengan matrik Polyester Resin.
2. Mengetahui nilai keausan pada kampas rem dengan menggunakan Serat Rami dan Fiberglass dengan variasi butiran mesh logam Kuningan dengan matrik Polyester Resin.
3. Mengetahui nilai koefisien gesek pada kampas rem dengan menggunakan Serat Rami dan Fiberglass dengan variasi butiran mesh logam Kuningan dengan matrik Polyester Resin.

Batasan Masalah

Supaya permasalahan yang dibahas tidak melebar maka perlu diadakan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Bahan
Pada penelitian ini bahan yang digunakan yaitu serat rami, serat fiberglass, serbuk kuning, barium sulfat (BaSO_4), Calcium Carbonat (CaCO_3), Epoxy Resin, dan Polyester Resin beserta Katalis.
2. Pengujian
Penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan durometer dengan standar ASTM D2240, pengujian gesek dengan mengacu standar SNI 09-2663-1992, dan pengujian foto mikro.

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Tinjauan Pustaka

Kampas rem berbahan bahan asbestos hanya mampu bertahan pada suhu 200°C dan debu dari kampas rem ini sangat beracun yang dapat menyebabkan penebalan dan luka gores pada paru-paru apabila kampas ini terkena air maka daya pengeremannya akan terganggu, berbeda dengan kampas rem berbahan non asbestos yang mampu bertahan hingga suhu 300°C dan kampas rem berbahan non asbes tidak menghasilkan debu beracun sehingga ramah lingkungan dan apabila terkena air daya pengeremannya masih tetap optimal (Desi Kiswiranti, 2007)

Menurut Khoirul (2017) dari hasil keausan rata-rata pada pengujian pengaruh kering, air, dan oli bahwa kampas rem tembaga dengan variasi mesh 50,60,80, dan 100. Menunjukkan bahwa mesh 100 lebih rendah dibandingkan dengan kampas rem variasi lainnya yaitu sebesar $49,7576 \text{ mm}^3/\text{jam}$, $60,1238 \text{ mm}^3/\text{jam}$, dan $60,0783 \text{ mm}^3/\text{jam}$ pada uji gesek selama 3 jam. Koefisien gesek pada pengujian pengaruh kering kampas rem variasi tembaga mesh 100 paling tinggi. Pada uji gesek selama 3 jam yaitu sebesar 0,8857, sedangkan pada pengujian gesek pengaruh air kampas variasi 60 memiliki koefisien gesek paling tinggi sebesar 0,8297, pada pengujian pengaruh oli kampas rem variasi tembaga mesh 70 memiliki koefisien gesek paling tinggi yaitu sebesar 0,8863. Nilai kekerasan kampas rem variasi tembaga mesh 100 lebih baik dibandingkan dengan variasi mesh lainnya yaitu sebesar 87,83 ShoreD.

Yudha Ardhi (2018) melakukan penelitian tentang kampas rem dengan menggunakan serat rami variasi 1,5 gram, 2,5 gram, dan 3,5 gram. Dari hasil yang didapatkan, nilai kekerasan tertinggi terjadi pada kampas rem variasi 3,5 gram serat rami. Sedangkan hasil keausan terbaik didapatkan pada serat rami variasi 1,5 gram serta nilai koefisien gesek terbaik juga didapatkan kampas rem variasi serat rami 1,5 gram.

Dasar Teori

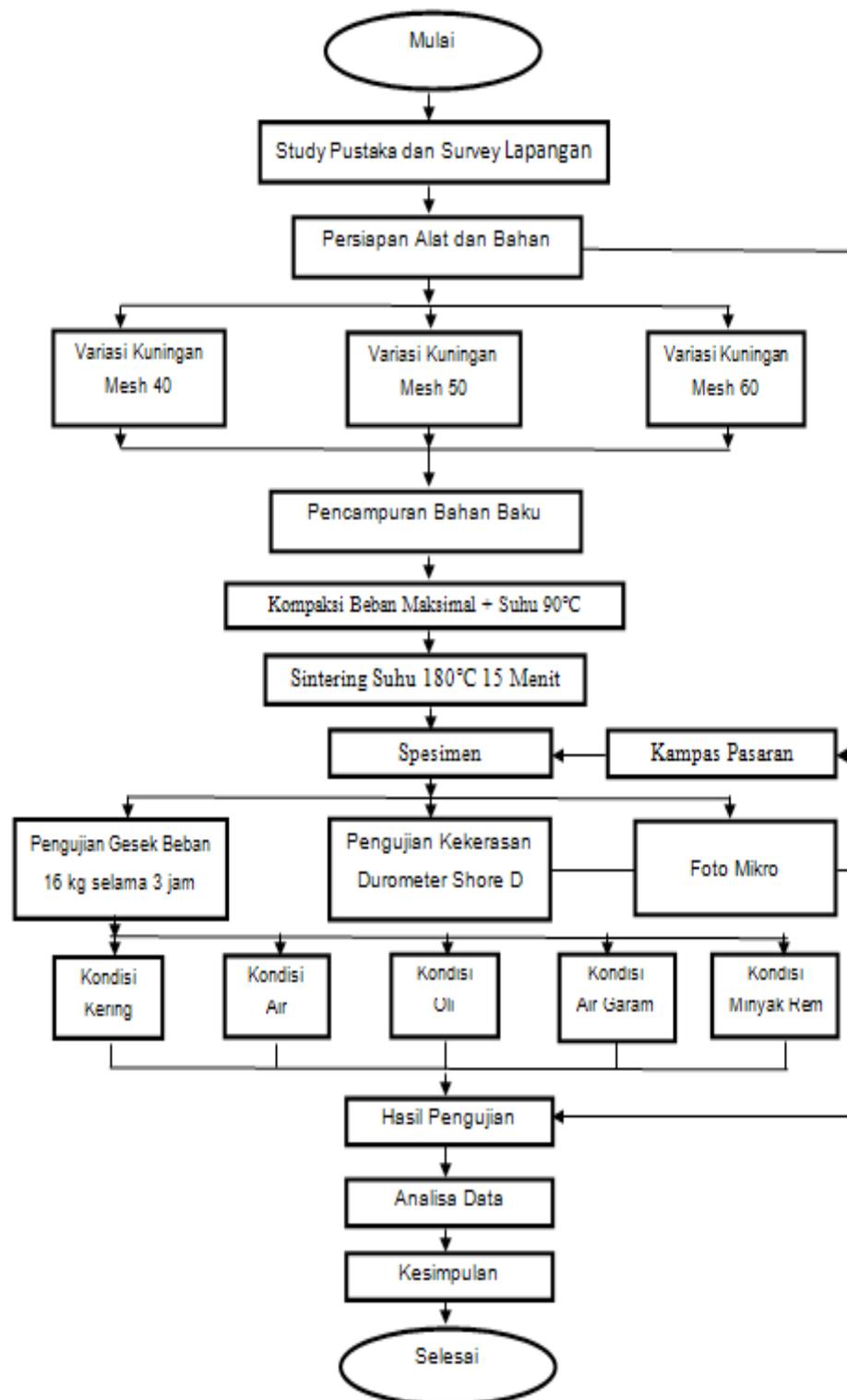
Kekerasan

Kekerasan adalah daya tahan bahan terhadap goresan atau penetrasi permukaannya. Definisi yang lain adalah ukuran ketahanan bahan terhadap deformasi plastis. Tiga jenis umum mengenai ukuran kekerasan yang tergantung cara pengujian yaitu kekerasan goresan, kekerasan lekukan, dan kekerasan pantulan atau kekerasan dinamik, untuk kekerasan kampas rem ini menggunakan durometer shore D

Keausan

Keausan umumnya didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Pembahasan mekanisme keausan pada material berhubungan erat dengan gesekan dan pelumasan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap terhadap sistem luar (kontak permukaan). Material apapun dapat mengalami keausan disebabkan mekanisme yang beragam. Berikut menghitung nilai keausan

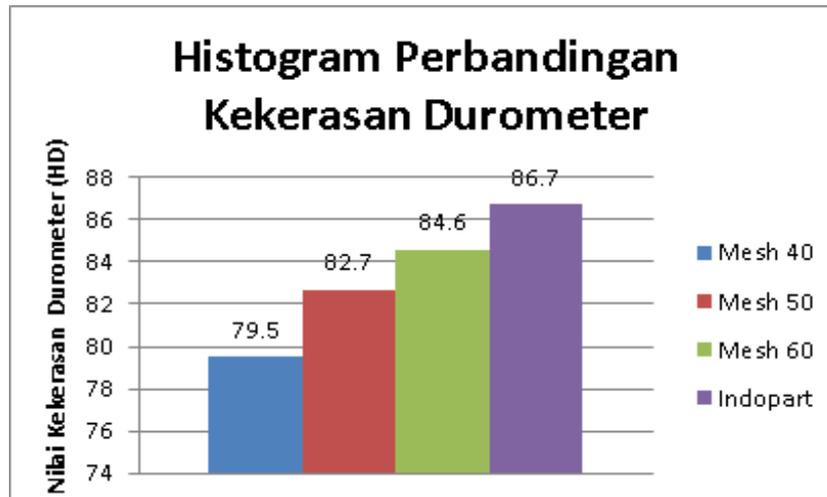
Diagram Alir Penelitian



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

HASIL PENELITIAN

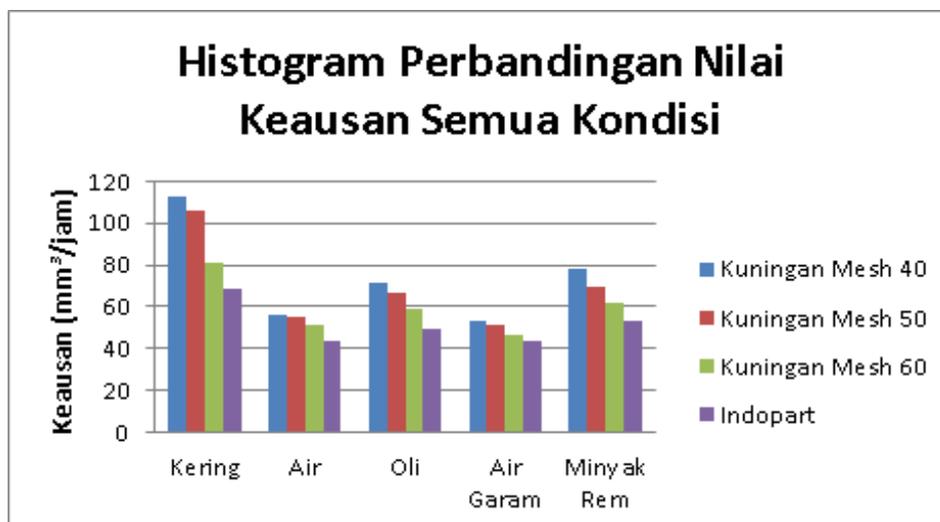
Hasil Pengujian Kekerasan yang Mengacu pada Standar ASTM D2240



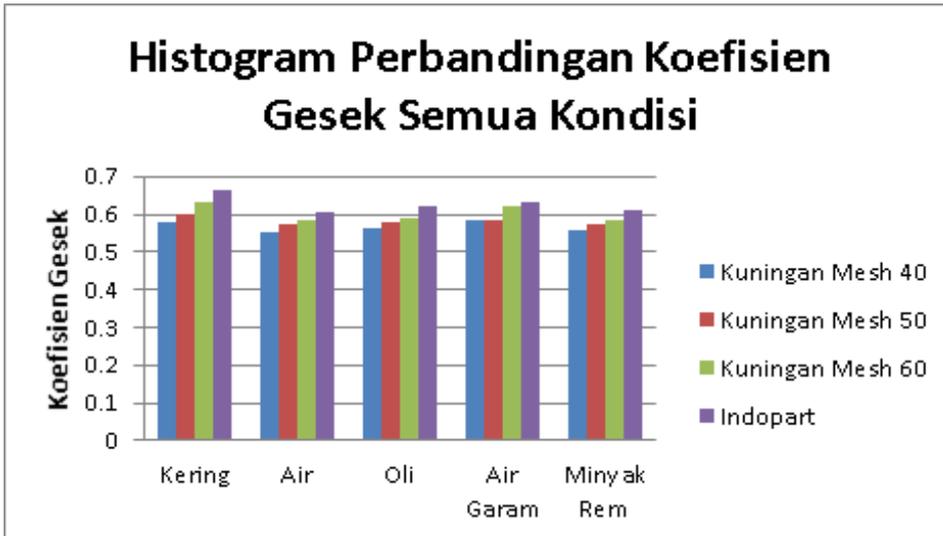
Gambar 2 Grafik Perbedaan Nilai Kekerasan Kampas Setelah di Oven

Hasil pengujian kekerasan didapatkan nilai tertinggi pada kampas indopart sedangkan kekerasan kampas rem yang mendekati kampas rem indopart ditunjukkan pada kampas mesh 60, hal ini dikarenakan butiran serbuk lebih halus dibanding mesh 50 dan mesh 40 sehingga membuat permukaan kampas rem menjadi lebih rapat.

Hasil Pengujian Gesek

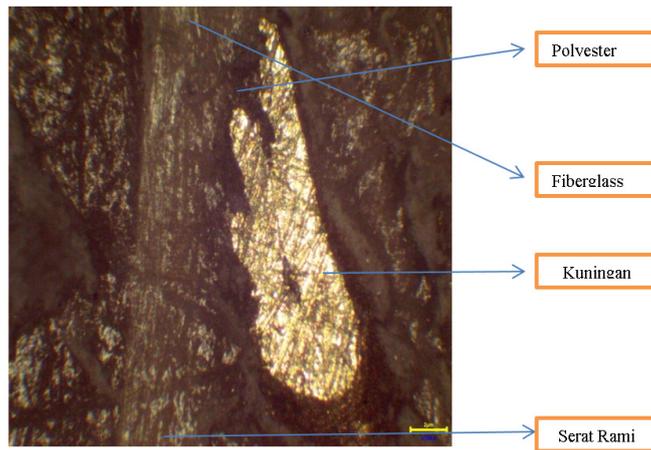


Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Jenis Kampas Rem dengan Pengaruh Kondisi Pengujian Keausan Rata-Rata.

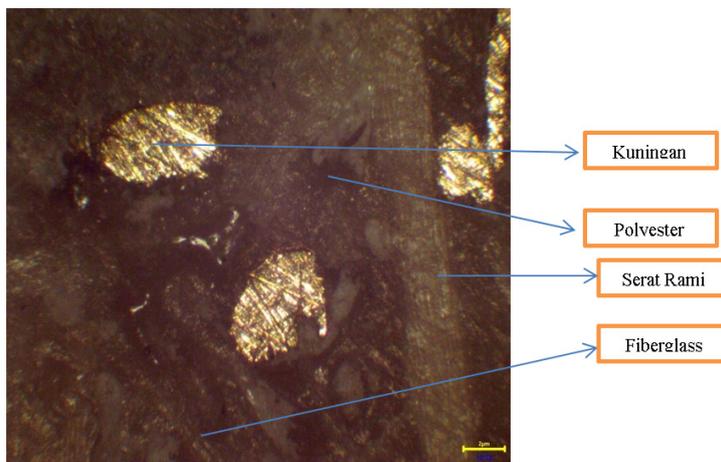


Gambar 4. Grafik Perbandingan Koefisien Gesek Semua Jenis Kanvas Rem Pada Pengaruh Pengujian Semua Kondisi

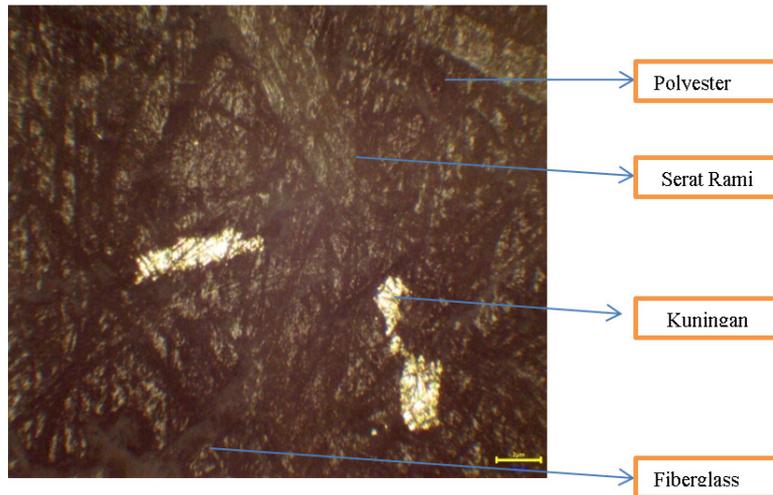
Pengujian Foto Mikro Sebelum Uji Gesek



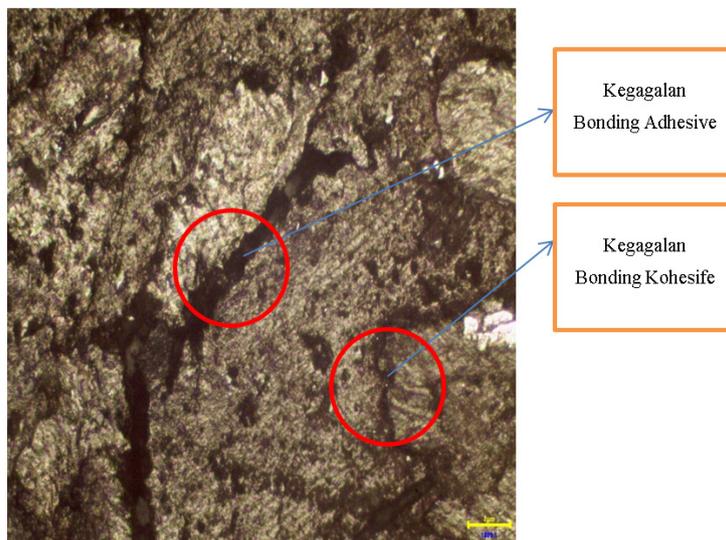
Gambar 5 Foto Mikro Mesh 40 Sebelum Uji Gesek



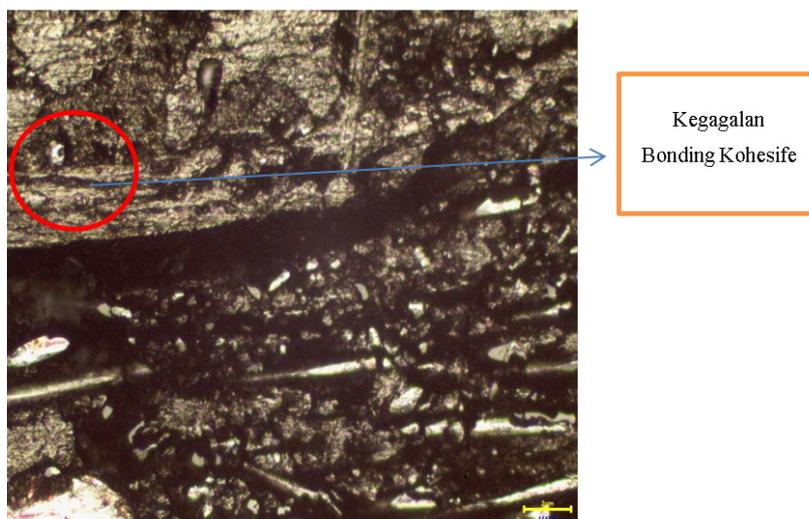
Gambar 6 Foto Mikro Mesh 50 Sebelum Uji Gesek



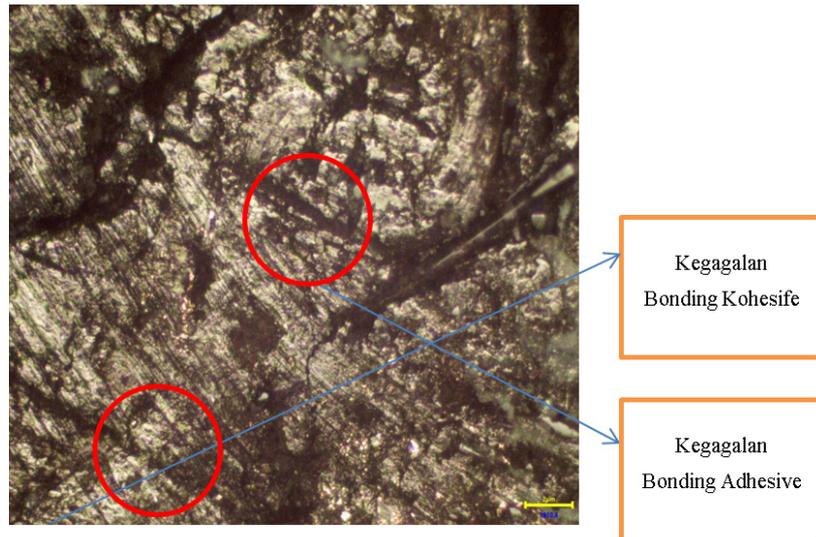
Gambar 7 Foto Mikro Mesh 60 Sebelum Uji Gesek



Gambar 8 Foto Mikro Mesh 40 Sesudah Uji Gesek



Gambar 9 Foto Mikro Mesh 50 Sesudah Uji Gesek



Gambar 10 Foto Mikro Mesh 60 Sesudah Uji Gese

Kesimpulan

1. Hasil pengujian kekerasan dengan menggunakan alat Durometer Shore D menunjukkan bahwa kekerasan mendapatkan nilai 84,6 HD untuk mesh 60, 82,7 HD untuk mesh 50, dan 79,5 HD untuk mesh 40. Dari data yang diperoleh bisa dianalisis bahwa nilai kekerasan kampas rem variasi mesh 60 dengan nilai 84,6 HD mendekati nilai kekerasan kampas rem Indopart dengan nilai kekerasan 86,7 HD. Dengan demikian dapat diambil kesimpulan bahwa besar kecilnya ukuran serbuk material pembuatan kampas rem akan mempengaruhi tingkat kekerasannya.
2. Hasil pengujian keausan menunjukkan perbandingan keausan rata-rata semua jenis kampas rem pada semua kondisi, diketahui bahwa nilai keausan terendah terjadi pada variasi kampas indopart dikarenakan memiliki tingkat kekerasan yang tinggi dan juga struktur permukaan yang rapat, sedangkan keausan terendah dibawahnya terjadi pada kampas variasi kuningan mesh 60 dengan menunjukkan nilai 81,25 mm³/jam pada kondisi kering, 51,63 mm³/jam kondisi air, 58,75 mm³/jam kondisi oli, 46,87 mm³/jam kondisi air garam, dan 61,88 mm³/jam. Berbeda dengan kampas variasi mesh 40, dan mesh 50 yang lebih besar nilai nilai keausannya. Hal ini dikarenakan kecilnya butiran kuningan yang digunakan sehingga berdampak pada besar kecilnya nilai keausan.
3. Hasil data yang diperoleh nilai koefisien gesek tertinggi didapatkan kampas rem variasi Indopart, sedangkan nilai yang mendekati kampas rem Indopart terjadi pada variasi kuningan mesh 60 pada kondisi pengujian kering dengan nilai 0,6302, pengujian air 0,5868, pengujian oli 0,5904, pengujian air garam 0,6193, dan pengujian minyak rem sebesar 0,5862. Sehingga dengan ukuran butir yang kecil maka dapat meningkatkan nilai koefisien gesek. Hasil ini dipengaruhi oleh nilai torsi, semakin besar nilai torsi maka nilai koefisien gesek yang didapatkan juga semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D2240-Durometer Hardness

Desi Ki,2007. *Pemanfaatan Serbuk Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Serat Penguat Bahan Friksi Non-Asbes Pada Pembuatan Kampas Rem Sepeda Motor*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Semarang.

- Khoirul,2017. *Pengaruh Ukuran Butir Tembaga (Cu) Terhadap Nilai Kekerasan, Keausan, dan Koefisien Gesek Kampas Rem*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Yudha Hartha, (2017). *Pengaruh Serat Rami Dengan Variasi 1,5 gram, 2,5 gram, 3,5 gram Terhadap Nilai Kekerasan, Keausan, dan Koefisien Gesek Kampas Rem*. Universitas Muhammadiyah Surakarta
- German, R.M.,1984. *Powder Metallurgi Science. Metal Powder Federation*.
- Gibson, R.F.,1994. *Principle Of Composite Material Mechanic*. McGraw-Hill International Book Company, New York.
- Smith,William F.(1990). *Principles Of Material Science and Engineering. Second Edition*. Mc.Graw Hill Publishing Company
- Stolk, Kros. 1994. *Elemen Konstruksi Bangunan Mesin*, Elemen Mesin. Erlangga. Jakarta
- Van Vliet,G.L.J, dan Both.,W.,1984. *Teknologi Untuk Bangunan Mesin, Bahan-Bahan 1*, Pradnya Paramita, Jakarta.

CHARACTERIZATION OF BAMBOO TUTUL CHARCOAL PARTICLE PRODUCED BY HIGH ENERGY BALL MILLING SHAKER TYPE

Supriyono, B. Susilo

Dept. of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Indonesia

Email: supriyono@ums.ac.id

ABSTRACT

The objective of this study is to characterize bamboo tutul charcoal particles produced by High Energy Ball Milling (HEBM) shaker type. The HEBM process was conducted in the stainless steel vials for 2 million cycles at 900 motor RPM. The ball milling diameter was 1/4 inch made from steel. Therefore, perhaps the final particle size will be determined by empty space of the vial for the movement of the balls. In this study, the empty space is varied for 1/2, 1/3, 1/4, and 1/5 of vial volume. Particle Size Analyzer (PSA) is used to have the particle sizes and SEM-EDX is used to have surface morphology of the particle. The average final particle sizes are 547.8 nm, 522.9 nm, 422.7 nm, and 739.4 nm for 1/2, 1/3, 1/4, and 1/5 empty space of vial respectively. The surface morphologies of the particles are determined by fracture mechanism as they can be seen on the SEM results. Based on the results, it can be said that there is no correlation between the particle size and the empty space of the vial. As long as there is space for movement of the milling balls, the collision occurs and the reduction of the particle also happens.

Keywords: bamboo, charcoal, high energy ball milling, particle.

INTRODUCTION

Charcoal is a natural material obtained from pyrolysis process of wood. It has been used as fuel for many years. The biggest content of charcoal is carbon. Carbon is one of the materials that has advantages in terms of physical and chemical characteristic[1]. The development of nanomaterial is very fast including carbon nano. In nanotechnology, a particle is defined as a small object that behaves as a whole to its nature and its transport.

Bamboo has been known by the community for long time. Bamboo has many application in day life. It is versatile and can be easily retrieved in our environment. Bamboo has benefit not only from the side of conservation but also provides financial profit. Bamboo is very potential commodities. It is due to many application of bamboo, consequently a lot of waste material produced from theits application. The waste material can be transformed into charcoal as carbon source.

Until recently, the production of carbon nanoparticles from various carbon sources such as glucose, sugar, siklodekstrin, fructose, cellulose, sucrose, starch, amylopectin, organic molecules, and waste biomass has already undertaken by many researchers [2]. For example, Z. Shuo et al. [5]and the stabilized samples were then carbonized at 600\u00b0C for 1h under N₂atmosphere. In the process, stabilization treatment was the main step. The mechanism of stabilization was investigated by thermogravimetric analysis, X-ray diffraction, X-ray photoelectron spectroscopy, and differential scanning calorimetry, and the morphology of the carbon spheres was characterized by scanning electron microscopy (SEM, has done

research on the production process of spherical carbon derived potato flour with the method of carbonization. N. Mohan, et.,al. [6], has done research about synthesis of carbon nano sphere obtained from the thermal decomposition of petrol, diesel, paraffin, and lubricants. J. Rao. et. al. [7], successfully modified micrometer-sized carbide silicon powder into carbide silicone particle nanometer powder by ball milling process using 30 hours milling time parameter, 10 gram and 50 gram steel ball weight ratio.

Some other researchers have worked on nanoparticle obtained from bamboo. For example Anuj Kumar, et.al.[3], studied the effect of bamboo fiber density on mechanical strength and water absorption. L Zou, et. al. [1], examined the nanoparticle structure characteristic and the mechanical properties of bamboo fiber. J.Q. Krause, et. al.[4], scrutinized effect of bamboo micro structure on tensile and compressive strength..

Supriyono, et. al.[8], has worked on the effect of the ball size on the product characteristics of shaker HBEM to produce nano particle from bamboo charcoal. F. G. Salihati,et.,al, [9] did a research on carbon manufacture from bamboo ori and bamboo petung. The carbon can be produced by heating the bamboos for 1 hour. Jiaguan Zhan, et.al, [10] moreover the biggest mean contact force and the highest energy utilization ratio of balls could be acquired when the speed ratio is 1.5. The mean contact force increases with the proportion increasing of the large balls, which means ball size distribution has some effect on the crushing and grinding process. And according to the experimental results for comparative analysis, the specific rates of breakage S_i increases with the proportion rise of large balls in ball size distribution, meanwhile S_i can be determined by the mean contact force (F_{mcf} examined effects of milling speed, size of steel balls, and the time of milling on the final particle size of the initial 20 μm pellet. The results shows that ball size has certain effect on the particle size, the larger the ball diameter the larger the average particle size. S.Giat,et. al, [11] conducted a research on Co-Cr-Mo combination with mechanical mixing method in wet milling condition using *High Energy Milling* for 50 hours milling time. The weight ratio of the powder and the ball is 15 gram powder and 75 gram [11].

This research carried out a characterization of bamboo tutul charcoal nanoparticles resulted from high energy ball milling (HEBM) shaker type the same as the work done by Supriyono et al [8]. However, since the milling process is conducted in a vial, the empty space of the vial for the ball movement will determine the final size of the particles.

EXPERIMENT

Powder Preparation

Charcoal was produced by pyrolysis process of waste material of bamboo tutul (*Bambusa maculata*). To have the powder the charcoal is manually milled. To have a uniform size of powder, the powder from the manual milling is filtered to 200 mesh size.

Experiment

The milling process was conducted in vials as it can be seen in Figure 1. The vials are made from stainless steel cylinder with diameter of 2 inches and length of 120 mm. At the once milling process, 4 vials are used. The milling ball has diameter of $\frac{1}{4}$ inch. The powder and the ball are put into the vials according to Table 1. The vials are placed on the shaker machine as it can be seen in Figure 2. The shaking movement is obtained from transformation rotation into translation by connecting rod. This movement has shaking effect to the vials.



Figure 1. Vials to conduct milling process



Figure 2. Shaking machine

The milling process was conducted for 2 million cycles at 900 rpm of driving motor.

Table 1. Content of vials

No. Vial	Empty volume	Dose		Total Ball	Weight Ball (gr)
		charcoal powder	Ball		
1	1/2	1/4	1/4	260	279,19
2	1/3	1/3	1/3	347	360,60
3	1/4	3/8	3/8	390	405,29
4	1/5	2/5	2/5	416	432,31

RESULTS AND DISCUSSION

Particle size analyzer (PSA) results are shown in Table 2 and Figure 3.

Table 2. PSA Results

Volume Empty on Tubes	Particle Size Results (nm)
1/2	547.8
1/3	522.9
1/4	422.7
1/5	739.4

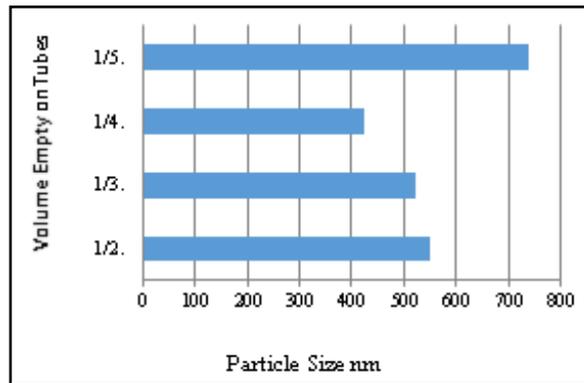


Figure 3. Graphic of average particle size

The PSA results show that the final sizes of the particle are in between 422.7 nm and 739.4 nm. The smallest one is produced by the vial with $\frac{1}{4}$ empty space and the biggest one is produced by the vial with $\frac{1}{5}$ empty space. The particle size are not in standard of nanoparticle since according to A. Kumar, *et. al.*, nanoparticle is particle in the size of 1 to 100 nm [3]. The PSA results are in line with SEM results shown in Figure 4. It can be seen from the SEM results that the distribution on the particle sizes for each empty space are not homogen. There are particles with the size of more than 1 micron, on the other hand many particles are less than 1 micron.

The SEM results show that the surface morphology is determine by fracture mechanism. According to the work by P. Kuziora *et. al.*[12]such the vial volume, the diameter and quantity of milling balls and the powder mass. In this experiment, different batches of magnesium hydride powder were milled using varying ball size, powder mass, and other parameters and a constant BPR. The hydrogen desorption properties (i.e., differential scanning calorimeter, the surface morphology of the particle is influenced by some variables, such as the ball milling size of the sphere and the grinding speed. Whereas the grinding speed is affected by the motor speed and the empty space for the movement of the ball.

As it has been mentioned in the above paragraph that the distributions of the particle size of each empty space are not homogeny. Kim *et al.*[13] said that HEBM has steady state time which is a limit time where the increase time of milling has no effect on the particle size. It means that the size distribution is homogeny. The conclusion of this research is supported by J. Eckert and I. Borner [14]

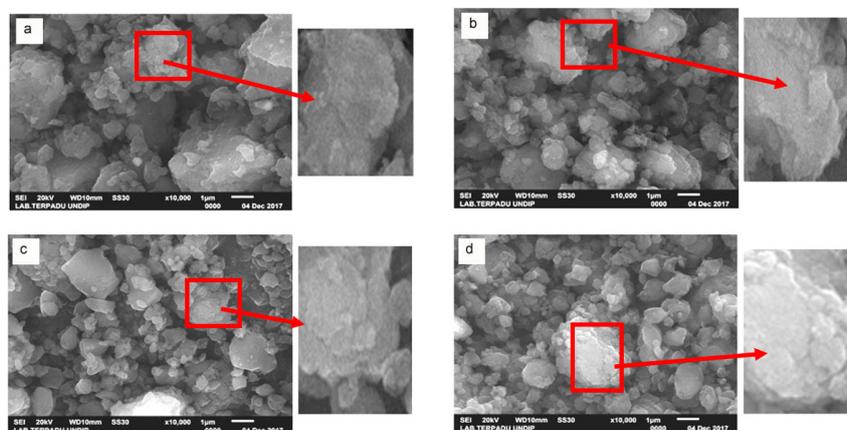


Figure 4. Results of SEM, comparison (a) $\frac{1}{2}$ empty space of vial, (b) $\frac{1}{3}$ empty space of vial, (c) $\frac{1}{4}$ empty space of vial and (d) $\frac{1}{5}$ empty space of vial.

From EDX, it can be seen the composition of bamboo charcoal, and the result is shown in Table 2 as follows:

Table 3. EDX Results

Chemical elements	Composition (%)			
	Empty volume: Content volume			
	1/2 : 1/2	1/3 : 2/3	1/4 : 3/4	1/5 : 4/5
C	95,6	93,03	97,33	96,22
SiO ₂	0,36	0,61	0,25	0,77
K ₂ O	0,71	0,64	0,66	1,39
CuO	0,68	0,62	0,63	0,68
ZnO	0,26	0,32	0,38	0
ZrO ₂	0,84	0,72	0,74	0,78
P ₂ O ₅	0,37	1,19	0	0,16
K ₂ O	0,49	0,47	0,66	0,51

In EDX testing it can be seen the most dominant composition is element C (Carbon) with the percentage above 93.3% this is because bamboo charcoal is also active carbon. There are also other elements contained in the bamboo charcoal. In accordance with EDX result shown in Table 3, it is possible to separate the carbon element with other chemical elements caused by the occurrence of the agglomeration region. The most dominant chemical element is carbon, so bamboo charcoal is a potential source of nanoparticle carbon.

CONCLUSIONS

Based on results of the work, it can be concluded that: The empty space variation of vial does not have any effect on the final particle size. The more empty space, the more freely the ball movement as a grinder, and this variable influence the grinding speed which affect the surface morphology of the particle. By having 2 million cycles in this work, the steady state condition is not reached yet.

REFERENCES

- [1] L. Zou, H. Jin, W.-Y. Lu, and X. Li, "Nanoscale structural and mechanical characterization of the cell wall of bamboo fibers," *Mater. Sci. Eng. C*, vol. 29, no. 4, pp. 1375–1379, 2009.
- [2] D. B. Effendi, N. H. Rosyid, A. Bayu, and D. Nandiyanto, "Review : Sintesis Nanoselulosa," *J. Untirta*, vol. 5, no. 2, pp. 61–74, 2015.
- [3] A. Kumar *et al.*, "Engineered bamboo scrimber: Influence of density on the mechanical and water absorption properties," *Constr. Build. Mater.*, vol. 127, pp. 815–827, 2016.
- [4] J. Q. Krause, F. de Andrade Silva, K. Ghavami, O. da F. M. Gomes, and R. D. T. Filho, "On the influence of *Dendrocalamus giganteus* bamboo microstructure on its mechanical behavior," *Constr. Build. Mater.*, vol. 127, pp. 199–209, 2016.
- [5] S. Zhao, C. Y. Wang, M. M. Chen, Z. Q. Shi, and N. Liu, "Preparation of carbon spheres from potato starch and its stabilization mechanism," *Xinxing Tan Cailiao/New Carbon Mater.*, vol. 25, no. 6, pp. 438–443, 2010.
- [6] A. N. Mohan and B. Manoj, "Synthesis and characterization of carbon nanospheres from hydrocarbon soot," *Int. J. Electrochem. Sci.*, vol. 7, no. 10, pp. 9537–9549, 2012.

- [7] J. Rao, G. Catherin, in Murthy, D. Rao, and B. Raju, "Production of nano structured silicon carbide by high energy ball milling," *Int. J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 4, pp. 82–88, 2011.
- [8] Supriyono, Ngafwan, W Joharwan, "The effect of the ball size on the product characteristics of shaker HEM to produce nano particle from bamboo charcoal", IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 403 012090, 2018.
- [9] F. G. Salihati and H. Ardhyanta, "Studi Pembuatan Karbon Hitam dari Bambu Ori (Bambusa arundinacea) dan Bambu Petung (Dendrocalamus asper)," *Tek. Pomits*, vol. 1, no. 2, pp. 1–6, 2013.
- [10] J. Zhang, Y. Bai, H. Dong, Q. Wu, and X. Ye, "Influence of ball size distribution on grinding effect in horizontal planetary ball mill," *Adv. Powder Technol.*, vol. 25, no. 3, pp. 983–990, 2014.
- [11] S. Giat and W. Ari, "Pembentukan Nanopartikel Paduan CoCrMo Dengan Metoda Pemanduan Mekanik," *Pus. Teknol. Bahan Ind. Nukl. – BATAN*, 2012.
- [12] P. Kuziora, M. Wyszynska, M. Polanski, and J. Bystrzycki, "Why the ball to powder ratio (BPR) is insufficient for describing the mechanical ball milling process," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 39, no. 18, pp. 9883–9887, 2014.
- [13] Y. Do Kim, J. Y. Chung, J. Kim, and H. Jeon, "Formation of nanocrystalline Fe-Co powders produced by mechanical alloying," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 291, no. 1, pp. 17–21, 2000.
- [14] J. Eckert and I. Börner, "Nanostructure formation and properties of ball-milled NiAl intermetallic compound," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 239–240, pp. 619–624, 1997.