P.ISSN : 2502-2040
E.ISSN : 2581-0138

MACHINE

JURNAL TEKNIK MESIN

Vol 6 No. 1 April 2020

Jurnal Teknik Mesin	Vol. 6	No. 1	Hal	April 2020	P.ISSN : 2502-2040 E.ISSN : 2581-0138

TERKAREDITASI BERDASARKAN KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL PENGUATAN RISET DAN PENGEMBANGAN KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI REPUBLIK INDONESIA NO. NOMOR 21/E/KPT/2018 TENTANG PERINGKAT AKREDITASI JURNAL ILMIAH PERIODE I TAHUN 2018

Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Bangka Belitung

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Ketua Editor:
Firlya Rosa, S.ST., M.T.

Manajer Jurnal:
Saparin, S.T., M.Si.

Anggota Editor:
Eka Sari Wijianti, S.Pd., M.T.
Yudi Setiawan, S.T., M.Eng.
Budi Santoso Wibowo, S.Pd., M.Eng.

Administrasi:
Fika Septiawati, A.Md.
Said Apreza, S.S.T.
Agus Sarwono, A.Md.

Mitra Bestari:
Dr. Dani Harmanto (University of Derby), Scopus ID : 55159740800
Dr. Ir. Erwin Siahaan, M.Si. (Universitas Tarumanegara)
Dr. Ni Ketut Caturwati, M.T. (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Hadi Wahyudi, S.T., M.T., Ph.D (Universitas Sultan Ageng Tirtayasa)
Dr. Yanuar Burhanuddin, M.T. (Universitas Lampung)
Priyoko Prayitnoadi, M.Eng., Ph.D (Universitas Bangka Belitung)
Suhdi, S.S.T., M.T. (Universitas Bangka Belitung)

Laman Jurnal :
http://journal.ubb.ac.id/index.php/machine

Email:machineteknikmesin@gmail.com

Alamat Redaksi

Gedung Dharma Pengabdian
Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung
Balunijuk, Kabupaten Bangka Prov. Bangka Belitung
Laman: mesin.ubb.ac.id
Email: mesinubb@yahoo.com

PENGANTAR EDITOR

Machine; Jurnal Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung diterbitkan sebagai media untuk menampung tulisan-tulisan hasil dari penelitian dosen maupun mahasiswa di bidang Teknik Mesin.

Melalui jurnal ini, tim redaksi mengundang para peneliti di bidang teknik mesin untuk berpartisipasi secara aktif untuk mempublikasikan hasil penelitiannya.

Diharapkan tulisan-tulisan di jurnal ini dapat menjadi referensi bagi peneliti-peneliti di masa yang akan datang.

Tim Redaksi
Machine; Jurnal Teknik Mesin

DAFTAR ISI

PERANCANGAN ULANG MACHINING FIXTURE UNTUK PRODUK CYLINDER HEAD DAN COVER CRANKCASE TIPE 168 **1**
Asep Indra Komara[1], Robby Ray Rinaldy[2] 1

PENGUJIAN MESIN KOMPOSTER KOMUNAL SAMPAH RUMAH TANGGA TIPE ROTARY HORIZONTAL KAPASITAS 40 KG **8**
Noviyanti Nugraha[3], Moh. Azis M[2], Odi Fauzi[3], Irvan Ulum[4] 8

PENGARUH PARAMETER PERMESINAN TERHADAP BURR FORMATION PADA PROSES MILLING DENGAN CNC ROUTER ALUMINIUM SHEET 1100 **14**
Fariq Urbeyni[(1)], Bambang Dwi Haripriadi[(2)] 14

ANALISA TUNGKU PEMBAKARAN ARANG UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS KARBONISASI ARANG **20**
Mohd. Zulkarnain Hidayatullah[(1)], Alfansuri[(2)] 20

PEMANFAATAN KARBON AKTIF LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF FILTER GAS H2S PADA BIOGAS **27**
Hegar Partogy Ambarita, Saparin, Eka Sari Wijianti 27

KINERJA PENGERING PAKAIAN DENGAN MEDIA AIR PANAS MENGGUNAKAN ALAT PENUKAR KALOR BERBAHAN TEMBAGA **34**
Yudi Setiawan[1], Saparin[2], Yohanes[3], Eka Sari Wijianti4 34

RANCANG BANGUN PRESS TOOL AIR BENDING V BRAKEERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Muhammad Arsyad Suyuti[1], Rusdi Nur[2], Muhammad Iswar[3] 39

PERANCANGAN ULANG MACHINING FIXTURE UNTUK PRODUK CYLINDER HEAD DAN COVER CRANKCASE TIPE 168

Asep Indra Komara[1], Robby Ray Rinaldy[2]

[1]Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

[2]Teknologi Rekayasa Manufaktur, Konsentrasi Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk

Jalan Kanayakan No.21 Dago-Bandung 40135, Phone/Fax : (022) 2500241/(022)2502649

asep.indra@polman-bandung.ac.id

Abstrak

Cylinder head dan cover crankcase adalah komponen dari sebuah engine yang diproduksi oleh sebuah perusahaan manufaktur. Perusahaan perlu melakukan perbaikan pada proses produksi komponen-komponen tersebut agar dapat bersaing dengan kompetitor mereka. Perbaikan proses produksi dilakukan dengan cara memperbaiki tahapan proses pemesinan dan perancangan ulang fixture produk engine tersebut. Sebenarnya perusahaan sudah memiliki fixture untuk proses pemesinan engine tersebut, namun fixture belum bisa digunakan untuk memproduksi komponen engine karena masih belum berfungsi secara baik. Permasalahan yang terjadi adalah adanya penyimpangan dimensi hasil pemesinan dan kurang efektifnya proses pemesinan sehingga mengurangi produktivitas kerja. Maka dari itu, perlu dirancang fixture baru yang mampu menjawab kedua permasalahan tersebut. Perancangan fixture melalui penerapan metode VDI 2222 yang dikombinasikan dengan metode perancangan menurut Handbook of Jig Fixture telah menghasilkan rancangan fixture dan estimasi waktu proses pemesinan baru untuk komponen engine. Rancangan fixture selanjutnya dianalisis dan divalidasi mengunakan software rekayasa untuk memastikan kemampuan rigiditas fixture terhadap gaya pencekaman, gaya pemesinan, serta defleksi yang terjadi saat proses pemesinan yang dapat berdampak pada penyimpangan dimensi. Berdasar pada hasil kajian yang dilakukan, maka telah dihasilkan rancangan fixture untuk pemesinan produk cylinder head dan cover crankcase dengan dimensi fixture 450 x 459 x 1125 dengan berat 190 kg. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan produk cylinder head sebesar 308,67 detik dan cover crankcase sebesar 224,19 detik. Gaya pencekaman maksimum yang dibutuhkan sebesar 0,36 kN. Defleksi yang terjadi pada batang pencekam sebesar 0,0048 mm, pada rangka fixture sebesar 0,029 mm dan deformasi pada produk sebesar 0,06 mm. Rancangan fixture diharapkan telah mampu menyelesaikan permasalahan yang ada di perusahaan saat ini.

Kata kunci: *perancangan, fixture, pemesinan, engine.*

Abstract

The cylinder head and crankcase cover are components of an engine produced by a manufacturing company in Tangerang. Companies need to make improvements to the production process of these components in order to compete with their competitors. The improvement of the production process is done by improving the machining process stages and re-designing the engine product fixture. Actually, the company already has a fixture for the engine machining process, but the fixture cannot be used to produce engine components because it still does not function properly. The problem that occurs is the deviation of the dimensions of machining results and the ineffectiveness of the machining process thereby reducing work productivity. Therefore, it is necessary to design a new fixture that is able to answer both of these problems. Fixture design through the application of the VDI 2222 method combined with the design method according to the Handbook of Jig Fixture has resulted in a fixture design and estimated new machining process time for engine components. The fixture design is then analyzed and validated using engineering software to ensure the fixture's rigidity of the clamping force, machining force, and deflection that occur during the machining process which can have an impact on dimensional deviations. Based on the results of the study conducted, a fixture design for machining cylinder head and crankcase cover products has been produced with fixture dimensions of 450 x 459 x 1125 with a weight of 190 kg. The time needed to complete the cylinder head product is 308.67 seconds and the crankcase cover is 224.19 seconds. The maximum clamping force required is 0.36 kN. Deflection that occurs in the clamping rod is 0.0048 mm, the fixture frame is 0.029 mm and the product deformation is 0.06 mm. The fixture design is expected to be able to solve the problems that exist in the company today.

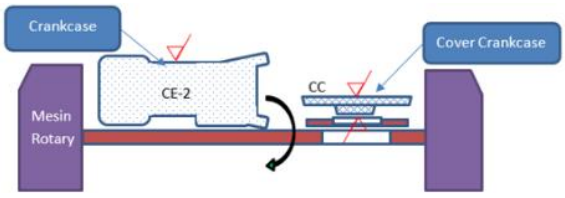
Key words : *design, fixture, machining, engine.*

PENDAHULUAN

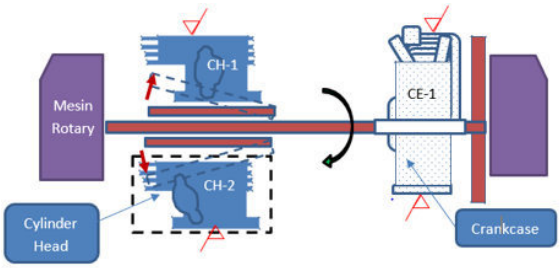
Salah satu komponen utama pada produk *Air Compressor* ialah *engine* penggerak, yang berfungsi untuk menghasilkan hisapan dan menghasilkan udara bertekanan yang selanjutnya dialirkan ke dalam tangki separator. *Engine* penggerak terdiri dari beberapa komponen diantaranya *crankcase engine, cylinder head* dan *cover crankcase.* Komponen-komponen ini merupakan hasil dari proses teknologi *die casting*. Komponen *engine* tersebut mengalami proses pemesinan menggunakan mesin CNC *Milling* dengan bantuan sebuah *fixture*.

Gambar 1 Kompressor dan Engine Shark

Komponen-komponen tersebut di proses pemesinan dengan menggunakan bantuan dua buah fixture. Pada fixture-1 komponen yang di proses pemesinan adalah satu produk crankcase engine (CE) dan satu produk cover crankcase (CC). Pada fixture-2 komponen yang diproses pemesinan adalah satu produk crankcase engine (CE) dan dua produk cylinder head (CH). Layout dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 3 berikut:



Gambar 2 Layout eksisting fixture-1

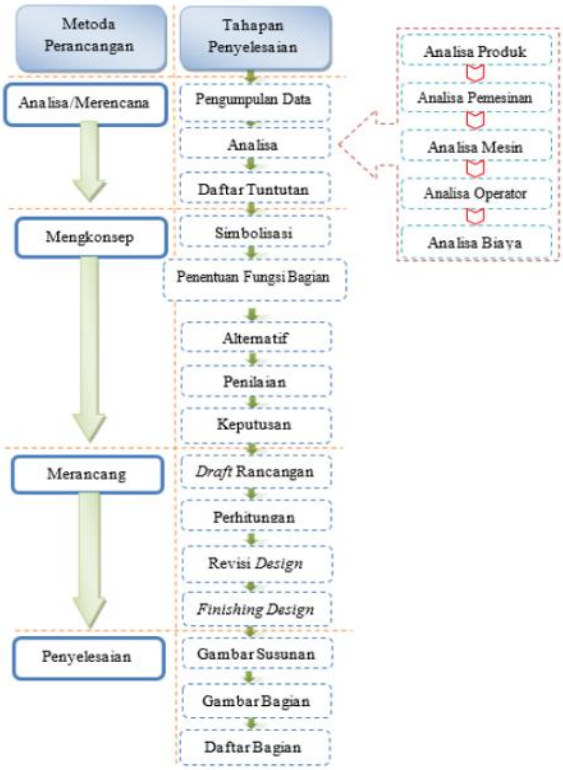


Gambar 3 Layout eksisting fixture-2

Kedua *fixture* eksisting masih terkendala pada dimensi hasil produk yang menyimpang, toleransi tidak tercapai, dan ketidakefektifan *layout* proses sehingga tidak produktif. Oleh karena itu, diperlukan perancangan ulang *fixture* dan menganalisis kemungkinan penyebab terjadinya kegagalan *fixture* untuk produk komponen *engine* yang mampu mengatasi permasalahan yang tersebut. Berdasarkan kajian perusahaan dan hasil diskusi yang dilakukan, diputuskan untuk melakukan perancangan *fixture* baru untuk produk *Cylinder Head* dan *Cover Crankcase.*

METODE PENELITIAN

Proses perancangan ulang *fixture* dilakukan mengacu pada metode VDI 2222 seperti pada [1], yang dikombinasikan dengan metode perancangan menurut [2] dengan skema urutan sebagai berikut.



Gambar 4 Diagram Alir Perancangan

Pada tahap merencana *fixture*, langkah pertama adalah mengumpulkan data dan menyusun

daftar tuntutan. Aktivitas penting pada tahap ini adalah melakukan analisis produk, analisis proses pemesinan, analisis mesin dan analisis pengoperasian seperti pada [2]. Hasil penting dari analisis produk adalah ditetapkannya tahapan proses pemesinan yang akan dilakukan untuk menghasilkan produk sesuai dengan tuntutan pada gambar kerja produk. Pada tahap mengkonsep, desain *fixture* dikembangkan dengan mengunakan simbolisasi rancangan *fixture* untuk mempermudah penetapan setiap fungsi bagian dari *fixture*. Selanjutnya dilakukan pemilihan komponen yang mampu memenuhi fungsi dari simbolisasi yang telah ditetapkan pada tahap perancangan.

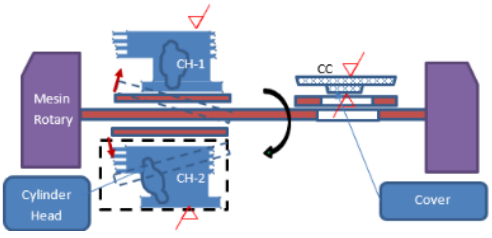
HASIL DAN PEMBAHASAN

Fixture yang dirancang diharapkan dapat mempercepat proses tanpa mengurangi aspek kualitas produk. Kondisi yang perlu dipertimbangkan adalah biaya, detail, dan pengoperasian *tooling* [3] hal 11. Berikut daftar tuntutan yang telah disusun:

Tabel 1 Parameter proses pemesinan drill

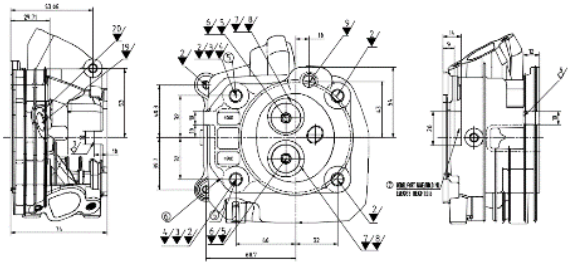
No	Daftar Tuntutan		Keterangan
1	**Tuntutan Primer**		
	A	Mesin yang digunakan	CNC Brother S700X1
	B	Dimensi Fixture Max	≤ 800 mm x 400 mm x 480 mm
	C	Berat Maksimal *Fixture*	250 kg
	D	Waktu Pemesinan	5 menit/produk
	D	Mesin Pemutar	Yukiwa YNCP 200
2	**Tuntutan Sekunder**		
	A	Proses *loading* dan *unloading*	Manual oleh operator
	B	Proses Operasional	Mudah dan otomatis (Cukup dengan 1 operator)
3	**Tuntutan Tersier**		
	A	Proses Perawatan	Mudah
	B	Sumber Energi Clamping	Sumber Penggerak Pneumatik

Berdasarkan daftar tuntutan dan perubahan *layout* produk saat proses pemesinan yang diharapkan oleh perusahaan untuk produk *cylinder head* dan *cover crankcase* agar proses efektif dan efisien seperti terlihat pada gambar 5.

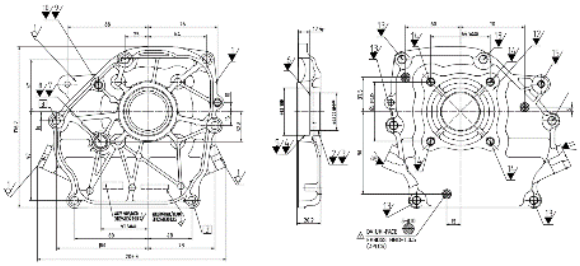


Gambar 5 *Layout* baru *fixture* untuk produk *cover crankcase* dan *cylinder head*

Setelah penyusunan daftar tuntutan dan *layout* proses ditentukan, selanjutnya ialah tahapan analisis yang meliputi analisa produk, analisa proses pemesinan, analisa mesin yang digunakan, dan analisa operator atau sistem *handling* [2]. Data penting pada produk *cylinder head* dan *cover crankcase* dapat dilihat pada gambar 6 dan gambar 7.

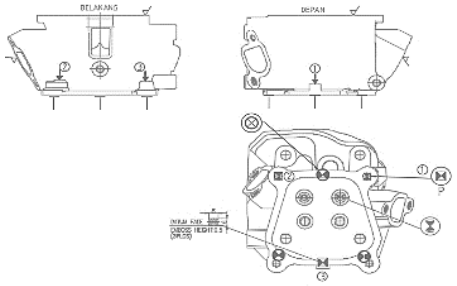


Gambar 6 Analisis produk *cylinder head*

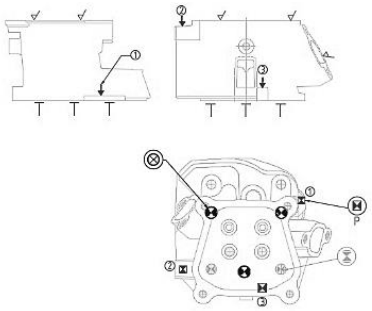


Gambar 7 Analisis produk *cover crankcase*

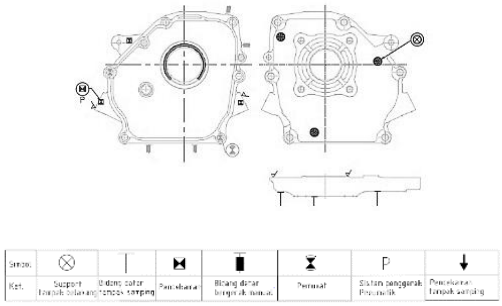
Data produk yang penting untuk dikaji adalah datum utama produk, fitur-fitur produk yang mengalami proses pemesinan, hubungan antar dimensi, toleransi ukuran dan toleransi geometrik. Selanjutnya menentukan lokator, tahapan proses pemesinan (*operation planning*), pencekaman, penumpu, dan rangka *fixture* [4] dan [5]. Tahap selanjutnya adalah menentukan konsep rancangan *fixture* dengan menggunakan simbolisasi rancangan seperti pada [6] hal 36-38 yang terlihat pada gambar 8 hingga gambar 10.



Gambar 8 Simbolisasi posisi-1 *cylinder head*



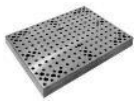
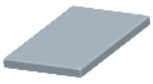
Gambar 9 Simbolisasi posisi-2 *cylinder head*



Gambar 10 Simbolisasi *cover crankcase*

Simbolisasi rancangan akan mempengaruhi pemilihan komponen *fixture*. Komponen dipilih dengan mempertimbangkan aspek *Design for Manufacture and Assembly* (DFMA). Pemilihan komponen diprioritaskan pada komponen standar yang ada dipasaran. Contoh penyusunan alternatif pemilihan komponen dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Alternatif fungsi bagian

Alternatif pemilihan komponen (*embodiment*)			
Landasan	Pencekam	Penumpu	Lokator
 *Modular Plate*	*Swing Clamp*	*Gripper Swivel*	*Round Pins*
A-1	B-1	C-1	D-1
 *Milling Plate*	*Toggle Clamp*	*Knurled Screw*	*Sraight Locating Pin*
A-2	B-2	C-2	D-2
Profil Frame	*Link Clamp*	*Flat Pin Shape*	*Locating Spring Pin*
A-3	B-3	C-3	D-3

Berbagai alternatif pilihan komponen selanjutnya dikombinasikan menjadi Alternatif Fungsi Kombinasi (AFK) rancangan *fixture*. AFK konsep rancangan dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 berikut.

Tabel 3 Variasi konsep *fixture cylinder head*

Sub Fungsi Bagian		Alternatif Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**
A	Sub Fungsi Landasan	A-1	A-2	A-3
B	Sub Fungsi Pencekam	B-1	B-2	B-3
C	Sub Fungsi Support	C-1	C-2	C-3
D	Sub Fungsi Lokator	D-1	D-2	D-3
Alternatif Fungsi Keseluruhan		AFK 1	AFK 2	AFK 3

Tabel 4 Variasi konsep *fixture cover crankcase*

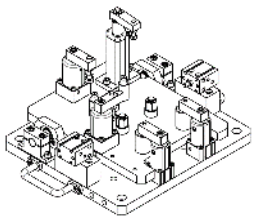
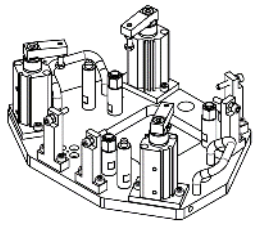
Sub Fungsi Bagian		Alternatif Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	**Alternatif 2**	**Alternatif 3**
A	Sub Fungsi Landasan	A-1	A-2	A-3
B	Sub Fungsi Pencekam	B-1	B-2	B-3
C	Sub Fungsi Support	C-1	C-2	C-3
D	Sub Fungsi Lokator	D-1	D-2	D-3
Alternatif Fungsi Keseluruhan		AFK 1	AFK 2	AFK 3

Penilaian AFK dilakukan berdasarkan aspek teknis dan ekonomis. Berikut ini adalah tabel hasil penilaian alternatif fungsi kombinasi:

Tabel 5 Penilaian AFK rancangan *fixture*

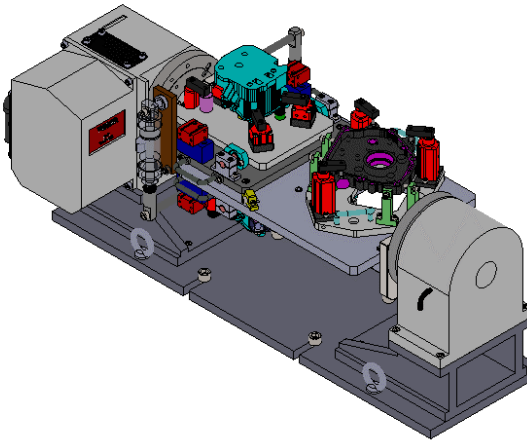
No	Kriteria	Bobot [%]	OP *Cylinder Head*			OP *Cover Crankcase*		
			AFK1	AFK2	AFK3	AFK1	AFK2	AFK3
1	Teknis	70	73,8%	83,8%	77,5%	73,8%	83,8%	77,5%
2	Ekonomis	30	90%	90%	90%	90%	90%	90%
	Persentase	100	78,6%	85,6%	81,3%	78,6%	85,6%	81,3%

Berdasarkan kedua kriteria tersebut maka fungsi kombinasi yang paling ideal adalah alternatif 2. Rancangan *fixture* ini terusun atas *milling base* sebagai fungsi landasan, *Gripper Swivel* sebagai fungsi *support*, *Swing clamp* sebagai fungsi pencekam, dan *locating pin straight* sebagai fungsi *locator*. Secara keseluruhan konsep rancangan *fixture* dapat dilihat pada gambar 11 dibawah ini.

	
Rancangan fixture cylinder head	*Rancangan fixture cover crankcase*

Gambar 11 Konsep rancangan *fixture* terpilih

Rancangan *fixture* selanjutnya dirakit dengan komponen *rotary table* dan dudukan keseluruhan *fixture* seperti pada gambar 12 berikut.

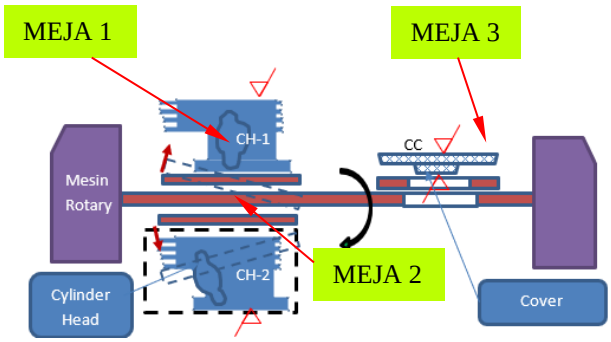


Gambar 12 Rancangan keseluruhan *fixture* pada *rotary table*

Rancangan *fixture* selanjutnya dievaluasi dan divalidasi berdasarkan aspek teknis dan ekonomis, diantaranya yaitu:

1) Estimasi waktu proses pemesinan produk
2) Analisis gaya pencekaman
3) Analisis sistem *clamping*
4) Analisis sistem rangka
5) Analisis deformasi produk
6) Estimasi biaya pembuatan
7) *Break even point*

Berdasar pada kondisi *layout fixture* hasil rancangan baru seperti terlihat pada gambar 13, selanjutnya dilakukan estimasi waktu proses dengan tujuan untuk mengetahui jumlah produk yang dapat diselesaikan dalam satu kali siklus dan gaya potong yang terjadi untuk menentukan besarnya gaya cekam yang harus diberikan. Perhitungan dilakukan seperti pada [7] hal 173-223.



Gambar 13 Kondisi *layout fixture*

Hasil simulasi kajian waktu dan gaya pemesinan untuk kedua produk dapat dilihat pada tabel 6 berikut.

Tabel 6 Estimasi waktu dan gaya potong

Parameter	*Fixture* Meja-1	*Fixture* Meja-2	*Fixture* Meja-3
Jenis pemesinan	*Face milling*	*Face milling*	*Face milling*
Gaya potong terbesar	963,56 N	985,73 N	753,9 N
Waktu proses	243,37 det		158,89 det
Waktu proses tanpa *fixture*	1019,17 det		808,83 det

Berdasarkan hasil estimasi diatas, dapat disimpulkan bahwa waktu proses dengan menggunakan *fixture* telah sesuai dengan permintaan *customer* yang menginginkan waktu masining produk 5 menit per produk.

Setelah diketahui kondisi gaya-gaya yang terjadi saat pemesinan, selanjutnya dirancang sistem pencekaman (*clamping*) pada *fixture*. Pemilihan sistem pencekam dilakukan dengan mempertimbangkan besar gaya pemesinan, posisi *cutter*, posisi pencekam, tumpuan dan standar *pneumatic clamp* yang tersedia.

Analisis terhadap sistem pencekaman dilakukan untuk memastikan tidak terjadi kegagalan pada proses pemesinan produk. Tegangan dan defleksi batang pencekam dihitung dengan menggunakan persamaan berikut [8]:

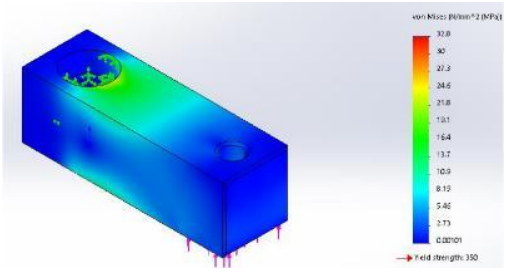
$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \leq \sigma_{izin} \quad \text{..... (1)}$$

$$M_b = F \,.\, l \quad \text{..... (2)}$$

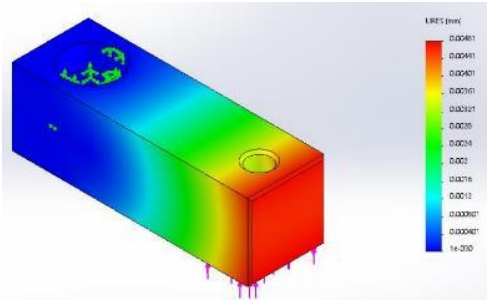
$$W_b = \frac{I_x}{e} \quad \text{..... (3)}$$

$$f = \frac{F.l^3}{3.E.I} \leq f_{izin} \quad \text{..... (4)}$$

Gaya yang ditahan oleh batang pencekam adalah sebesar F = 360 N, dengan ukuran penampang b = 16, h = 16, dan lubang ∅5 serta jarak dari tumpuan ke tumpuan sebesar 35 mm, maka tegangan yang terjadi sebesar 26,846 N/mm^2 dan defleksi yang terjadi sebesar 0,0046 mm. Hasil ini dikonfirmasi dengan menggunakan perangkat lunak rekayasa [9] seperti terlihat pada gambar 14 dan gambar 15 dibawah ini.



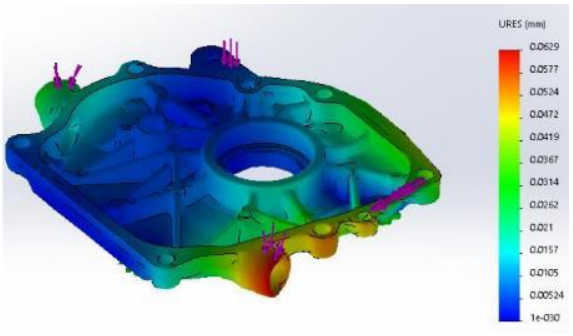
Gambar 14 Simulasi tegangan pada batang pencekam



Gambar 15 Simulasi defleksi pada batang pencekam

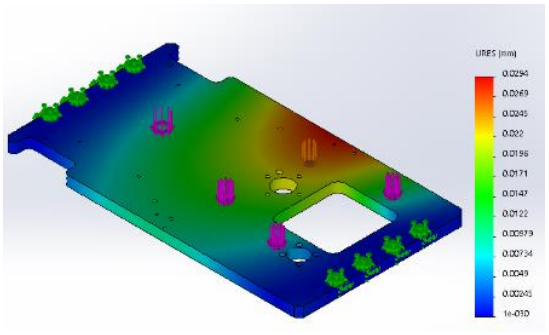
Simulasi menunjukkan hasil tegangan yang terjadi sebesar 32,8 N/mm^2 dan defleksi sebesar 0,0048 mm.

Untuk mengetahui pengaruh gaya pencekaman terhadap deformasi pada produk yang akan dimasining, maka dilakukan pula simulasi pada produk. Simulasi dilakukan pada produk *cover crankcase* yang menerima beban akibat pencekaman sebesar 3x250 N dan akibat proses pemesinan sebesar 754 N. Defleksi maksimum yang terjadi pada produk sebesar 0,06 mm seperti terlihat pada gambar 16.



Gambar 16 Simulasi defleksi akibat gaya pemesinan dan gaya cekam pada produk

Selanjutnya simulasi sistem rangka dilakukan untuk meminimalisir terjadinya penyimpangan dimensi akibat dari defleksi pada rangka *base plate* ketika menahan gaya dari proses pemesinan, gaya berat komponen-komponen serta produk diatasnya. Hasil simulasi menunjukkan bahwa defleksi maksimum yang terjadi sebesar 0,0294 pada proses *drilling* seperti terlihat pada gambar 17 berikut.



Gambar 17 Simulasi defleksi pada rangka *base plate*

Kondisi defleksi hasil simulasi yang dilakukan terhadap rancangan *fixture* dapat dilihat pada tabel 7 berikut.

Tabel 7 Kondisi hasil simulasi *fixture*

Simulasi Defleksi				Status
Fitur	Manual [mm]	*Software* [mm]	Batas izin [mm]	
Batang pencekam	0,0046	0,0048	0,03	Aman
Produk	-	0,06	0,1	Aman
Base Plate	-	0,029	0,03	Aman

Merujuk pada hasil simulasi yang dilakukan, besarnya defleksi pada sistem *clamping* dan sistem rangka masih masuk dalam batas toleransi *fixture* yaitu sebesar 0,03 mm. Defleksi pada produk juga masih dalam batas toleransi produk yaitu sebesar 0,1 mm. Sehingga *fixture* dapat memenuhi tuntutan dari aspek rigiditas.

KESIMPULAN

Berdasar hasil kajian yang dilakukan pada perancangan ulang Machining Fixture untuk produk Cylinder Head dan Cover Crankcase tipe 168, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Telah dihasilkan rancangan fixture baru yang sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan oleh customer.
2. Dimensi fixture baru adalah 1125 mm x 450 mm x 459 mm dengan area kerja 340 mm x 600 mm dan berat total fixture 190 kg sesuai dengan mesin yang akan digunakan.

3. Waktu proses pemesinan menggunakan fixture baru telah terpenuhi yaitu 308,67 detik untuk produk Cylinder Head, dan 224,19 detik untuk Cover Crankcase.
4. Besarnya gaya clamping pada posisi-1 sebesar 0,36 kN (3 buah), posisi-2 sebesar 0,36 kN (3 buah), dan posisi-3 sebesar 0,25 kN (3 buah).
5. Besar defleksi pada batang clamping adalah 0,005 mm, defleksi pada produk sebesar 0,06 mm, dan defleksi pada rangka sebesar 0,029 mm tidak menyebabkan kegagalan pada hasil proses pemesinan produk.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Komara, A.I., Saepudin., Aplikasi Metoda VDI 2222 Pada Proses Perancangan Welding Fixture Untuk Sambungan Cerobong dengan Teknologi CAD/CAE. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cylinder, 2014, Vol.1 No.2: 1–8.

[2] Boyes William E., Handbook of Jig and Fixture Design, 2nd Edition, Society of Manufacturing Engineers, 1989.

[3] Carr lane Manufacturing Co., Jig & Fixture Handbook 3rd Edition, 2016.

[4] Prajapati Rakesh., Fixture Modification of a 5-Axis CNC Machine (Makino), International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT), Volume-7, Issue-2, December 2017., pp 16-23. doi: 10.13140/RG.2.2.21127.70565.

[5] Basha V.R., Salunke J.J., An Advanced Exploration on Fixture Design, International Journal of Engineering Research and Applications, Vol.5, Issue 6, (Part-3), June 2015, pp.30-33

[6] Matuszewski Heinrich., Handbuch Vorrichtungen: Konstruktion und Einsatz, Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig/wiesbaden, 1986.

[7] Tschätsch Heinz., Applied Machining Technology, Springer Dordrecht Heidelberg London New York, 2009

[8] Wittel Herbert., Muhs Dieter., Jananasch Dieter., Vossiek Joachim., Roloff/Matek Maschinenelemente., Springer Vieweg, 2013.

[9] Akin J. Ed., Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks, World Scientific, 2009.

[10] Prassetiyo Hendro., Rancangan Jig dan Fixture Pembuatan Produk Cover On-Off. Jurnal Teknoin Vol. 22, No 5, 5 Desember 2016: pp 350-360, doi.org/10.20885/v22i5.7461

[11] Santosa Aa., Perancangan Jig Dan Fixture Sistem Pneumatik Untuk Proses Pemasangan Bearing Dan Absorber Pada Velg Rear Wheel., Jurnal Ilmu dan Aplikasi Teknik, Vol.2, No.1, Januari 2017: pp 1-12.

PENGUJIAN MESIN KOMPOSTER KOMUNAL SAMPAH RUMAH TANGGA TIPE ROTARY HORIZONTAL KAPASITAS 40 KG

Noviyanti Nugraha[3], Moh. Azis M[2], Odi Fauzi[3], Irvan Ulum[4]

[1, 2, 4]Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional

Jl. P.H.H. Mustofa No. 23. Bandung, 40124.

[3] P4TK Bidang Mesin dan Teknik Industri

Jl Pesantren km 2 Cibabat, Cimahi

Email : noviyanti.nugraha.itenas@gmail.com,

Abstrak

Sampah rumah tangga diantaranya sampah sisa sayuran merupakan sampah organik yang dapat didaur ulang atau diolah kembali. Salah satu upaya pengolahan sampah organik yaitu dengan cara mengolahnya menjadi pupuk kompos. Untuk mempercepat proses pengomposan dibutuhkan komposter. Pada penelitian sebelumnya telah dirancang dan dibuat sebuah mesin komposter komunal rumah tangga tipe rotary berkapasitas 40 kg sampah. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap komposter komunal tipe *rotary* horizontal berkapasitas 40 kg hasil pengembangan yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya. Pengujian dilakukan pada putaran drum 18 rpm, 25 rpm dan 30 rpm, dengan memutar komposter setiap hari dilakukan sampai kompos matang. Parameter yang diuji adalah lamanya waktu pengomposan, temperatur, pH, kadar air, kandungan karbon dan nitrogen. Target proses pengomposan adalah 14 hari atau 2 minggu. Hasil pengujian diperoleh waktu pengomposan sesuai target yaitu 14, 12 dan 11 hari, temperatur maksimum pada fase thermophilik adalah 70 ºC, PH maks 7, kandungan karbon maks 33%, kandungan nitrogen maks 1,2%, rasio C/N maks 32,6, kadar air maks 35,3%, kadungan kompos yang dihasilkan untuk rasio C/N diatas standar SNI 2004 sebesar 3%, sedangkan hasil lainnya rata-rata sesuai dengan standar SNI.

Kata kunci : Komposter, Sampah, Organik, Kompos

Abstract

Household waste, which is vegetable waste, is organic waste that can be recycled or reprocessed. One effort to process organic waste is by processing it into compost. To speed up the composting process, a composter is needed. In previous studies, a rotary type communal household composter machine with a capacity of 40 kg of waste was designed and made. The purpose of this study was to test the 40 kg horizontal type communal composter with the results of the development carried out in previous studies. Experiments were carried out at the drum rotation 18 rpm, 25 rpm and 30 rpm, by turning the composter every day one playback until the compost was ready. The parameters are the length of composting time, temperature, pH, water content, carbon and nitrogen content. The target of the composting process is 14 days or 2 weeks. The results obtained by composting time are 14, 12 and 11 days, the maximum temperature in the thermophilic phase is 70 ºC, max PH 7, max carbon content 33%, max nitrogen content 1.2%, max C / N ratio 32.6, moisture content max 35.3%, the compost content produced for the C / N ratio above the 2004 SNI standard is 3%, while the other results are in average according to the SNI standard.

Keywords: *Composter, Waste, Organic, Compost*

PENDAHULUAN

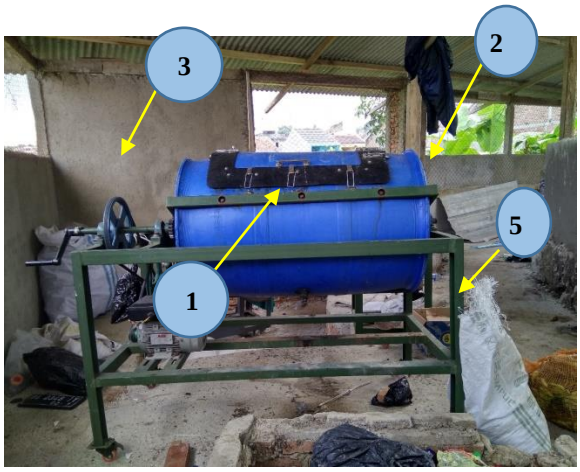
Definisi sampah rumah tangga berdasarkan UU-18/2008 adalah sampah yang dihasilkan dari kegiatan sehari-hari dalam rumah tangga [Damanhuri, 2010]. Sampah rumah tangga diantara nya sampah sisa sayuran merupakan sampah organik yang dapat didaur ulang atau diolah kembali. Daur ulang adalah upaya membuat produk yang sama maupun menyerupai dengan menggunakan materi yang sama [Taqim, 2007].

Salah satu upaya pengolahan sampah organik yaitu dengan cara mengolahnya menjadi pupuk kompos. Pada dasarnya bahan baku kompos dapat diperoleh dari semua bahan organik yang ada di alam seperti Dedaunan, limbah pertanian, sampah organik rumah tangga, kotoran hewan, dll. [Tahir, 2008]

Prinsip pengomposan adalah untuk menurunkan rasio C/N bahan organik, sehingga sama dengan rasio C/N tanah yaitu kurang dari 20. Semakin tinggi rasio C/N bahan organik maka proses pengomposan semakin lama. Rasio C/N untuk sayuran atau daun-daunan berkisar antara 40-80. Untuk sayuran atau dedaunan yang ditimbun di dalam tanah, lama pembusukan sekitar 5 hingga 8 minggu [Setyorini, 2006].

Pengolahan sampah organik di Indonesia yang biasa dilakukan di daerah pedesaan, yaitu pengolahan sampah mandiri disetiap rumah dengan membuat lubang pada sebidang tanah. Pengolahan sampah dengan cara membuang sampah ke lubang tersebut dan dibiarkan membusuk seiring dengan waktu. Kelemahan dari cara ini apabila diterapkan di daerah kota adalah biaya pembuatan lubang tanah yang relatif mahal dan pemandangan sampah yang tidak enak dilihat, serta kompos yang dihasilkan memakan waktu yang cukup lama. Untuk mengatasi permasalah tersebut dibutuhkan komposter dalam pengolahan sampah organik sisa rumah tangga [Nugraha, 2017].

Pada penelitian sebelumnya telah dirancang dan dibuat sebuah mesin komposter komunal rumah tangga tipe *rotary* seperti yang diperlihatkan pada gambar 1. Selain berfungsi untuk mengatasi permasalahan sampah organik rumah tangga, komposter ini juga membantu proses pengomposan menjadi lebih cepat. [Nugraha, 2017].



Gambar 1 Mesin komposter

Spesifikasi mesin komposter dapat dilihat pada tabel 1.

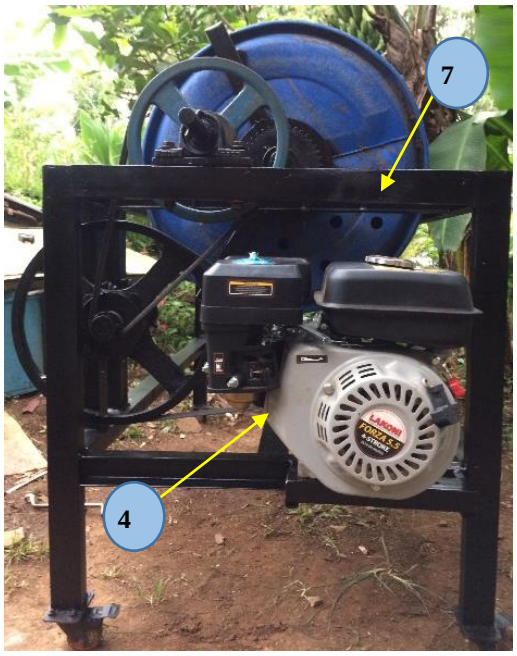
Tabel 1 Spesifikasi Mesin Komposter

SPESIFIKASI MESIN KOMPOSTER	
Kapasitas	40kg
Daya motor	5,5 HP
Dimensi (p x l x t)	(1450 x 730 x 1028) mm
Drum	
Dimensi	Volume 200 liter Diameter 580 Tinggi 920 mm
Material	Plastik
Rangka Agitator	
Dimensi	Diameter 620 mm Panjang 1230 mm
Material	Rectangular tube 40x20x2.3 AISI 1030 (34,5 kg/mm^2)
Pulley	
Motor bensin 5,5 Hp	
Rangka utama	
Dimensi (p x l x t)	(1340 x 730 x 718) mm
Agitator	
Material	AISI 1030 (34,5 kg/mm^2)
Agitator horizontal (3 buah)	
Dimensi (p x l x t)	(296 x 100 x 2) mm
Agitator sudut 30^0 (6 buah)	
Dimensi (p x l x t)	(330 x 100 x 2) mm
Material	AISI 1030 (34,5 kg/mm^2)
Lubang ventilasi udara	
Dimensi	25 mm
Berjumlah 10 lubang (kanan 5 dan kiri 5 lubang)	

Komposter tersebut digerakan secara *rotary* dengan *agitator* di bagian dalam komposter. A*gitator* seperti pada gambar 2. berfungsi untuk mengaduk, mencampurkan, dan meratakan sampah dengan tujuan agar proses pengomposan dapat lebih singkat [Nugraha, 2017].

Gambar 2 Agitator (Pengaduk)

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan pengembangan komposter, pengembangan yang telah dilakukan diantara nya memberi lubang pada bagian samping drum untuk pemasukan udara pada saat proses pengomposan, seperti terlihat pada gambar 3. Diameter lubang adalah 25 mm sebanyak 10 buah. Pada bagian bawah komposter terdapat lubang untuk pembuangan air lindi dengan diameter 3cm. Daya komposter diubah menjadi menggunakan motor bensin berkapasitas 5,5 hp dengan putaran maksimal motor 3700 rpm dan putaran drum adalah 53 rpm [Nugraha. 2017]



Gambar 3 Komposter tampak samping

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pengujian terhadap komposter komunal tipe rotary horizontal berkapasitas 40 kg hasil pengembangan yang sudah dilakukan pada penelitian sebelumnya.

METODE PENELITIAN

Pengujian yang dilakukan meliputi dua jenis pengujian. Jenis pengujian pertama dilakukan untuk melihat berapa lama proses pengomposan jika menggunakan komposter. Pada pengujian ini dilakukan dua kali pengadukan atau pemutaran komposter dalam satu hari, yaitu setiap pagi dan sore, dilakukan pada putaran komposter 18 rpm, lama proses pengadukan 15 menit.

Pengujian jenis kedua dilakukan untuk melihat pengaruh putaran terhadap lamanya proses pengomposan. Pengujian ini terdiri dari dua pengujian uaitu pada putaran drum 25 rpm dan 30 rpm. Pada pengujian ini proses pengadukan dilakukan satu kali dalam sehari, dengan masing masing pengadukan 2 menit dan 7 menit.

Target lamanya proses pengomposan adalah 14 hari atau 2 minggu. Sampah yang diuji sebanyak 40 kg sesuai kapasitas drum.

Prosedur pengujian adalah sebagai berikut: Sebelum dimasukan ke dalam komposter, sampah dicacah terlebih dahulu dengan ukuran 3-5 cm, tujuan pencacahan untuk memperluas kontak antara bakteri dengan sampah. sehingga dapat mempercepat proses penguraian bakteri terhadap sampah. Setelah sampah dimasukan ke dalam drum komposter kemudian sampah diberi bakteri.

Bakteri yang diberikan adalah *green phoskko* berbentuk serbuk. Bakteri sebanyak 2 sendok makan dilarutkan dengan dengan 2 liter air dan 2 sendok makan gula pasir, kemudian diamkan selama 4 jam. Setelah bakteri larut, air akan berubah menjadi berwarna hitam, barulah cairan tersebut di siramkan pada sampah yang berada dalam drum komposter. Cairan bakteri dan sampah yang belum diproses diperlihatkan pada gambar 4.

Gambar 4 Sampah sebelum diproses

Tahap selanjutnya yaitu memasang sensor *thermohygrometer* didalam drum lalu tutup rapat pintu dan ventilasi udara pada drum. Sensor *thermohygrometer* digunakan untuk mengukur temperatur dan kelembaban di dalam komposter. Tahap berikutnya adalah menyalakan motor bensin dengan putaran dan waktu pengadukan sesuai yang diinginkan, setelah pengadukan selesai matikan motor bensin.

Pada tiga hari pertama komposter ditutup secara keseluruhan sebagai pembanding temperatur dan kelembaban saat bakteri dalam keadaan belum bekerja. Fase ini dinamakan fase *meshophilik*. Pencatatan data pada pengamatan dilakukan setelah komposter didiamkan sekitar 60 menit dari proses pemutaran.

Data temperatur dan kelembaban dicatat setiap hari. Fermentasi atau proses penguraian pada

kompos selalu dipantau temperaturnya agar mikroorganisme pada kompos tidak mati akibat temperatur yang tinggi. Pada proses fermentasi ini air kompos dibuang agar kompos yang sedang diproses tidak tergenang air.

Pengujian dilakukan setiap hari sampai kompos matang, ciri-ciri kompos matang adalah warna kehitaman, tekstur dan bau seperti tanah. Setelah kompos telah matang maka dilakukan pengujian terhadap kompos.

Setelah kompos matang, kompos dikeluarkan dari dalam komposter dan dilakukan pengujian laboratorium untuk mengetahui kandungan kompos. Parameter yang diuji adalah temperatur, pH, kadar air, kandungan karbon dan nitrogen. Alat yang digunakan untuk mengukur PH adalah PH meter sedangkan untuk memperoleh kandungan kompos dilakukan pengujian melalui laboratorium.

Uji Lab dilakukan di Laboratorium pertanian Universitas Padjajaran. Metode yang digunakan untuk mengetahui unsur carbon adalah dengan metode Pengabuan Kering 660ºC, untuk mengetahui kandungan Nitrogen, dengan menggunakan alat Kjeldahl atau Titrimetry, sedangkan untuk mengukur kadar air menggunakan *oven* dengan temperatur 105ºC.

Pengujian jenis kedua dilakukan untuk melihat bagaimana pengaruh variasi putaran terhadap lamanya proses pengomposan. Semua proses pengujian sama dengan pengujian tahap pertama, yang membedakan adalah pada pengujian ini dilakukan dua kali yaitu pada putaran drum 25 rpm dan 30 rpm. Pada pengujian ini proses pengadukan dilakukan hanya satu kali dalam sehari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pengujian jenis pertama data temperatur dan kelembaban untuk tiga hari pertama atau fase *meshophilik* dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Data fase *meshophilik*

Hari Ke	Temperatur		Kelembaban	
	Ling (ºC)	Dlm drum (ºC)	Ling (ºC)	Dlm drum (ºC)
1	25,1	34,9	73	87
2	25,4	35,7	67	89
3	25,6	36,7	69	85

Setelah didiamkan selama 3 hari tanpa pengadukan, barulah komposter diputar dengan putaran 18 rpm dan dua kali pengadukan, diperoleh data temperatur seperti yang diperlihatkan pada tabel 3.

Tabel 3 Data pengujian putaran 18 rpm

hari	Pagi/ Sore	Temperatur Rata-rata ℃	Kelembaban Rata-rata %
1	Pagi	69,9	94
	Sore	67,4	97
2	Pagi	49,6	88
	Sore	51,5	90
3	Pagi	45,5	97
	Sore	47,4	76
4	Pagi	70	95
	Sore	51,2	94
5	Pagi	38,2	81
	Sore	35,2	87
6	Pagi	36,3	82
	Sore	35,8	89
7	Pagi	34,9	91
	Sore	31,5	81
8	Pagi	34,6	86
	Sore	33,3	92
9	Pagi	35,4	77
	Sore	32,6	81

Total lamanya pengomposan untuk pengujian ini adalah 12 hari yaitu 3 hari fase *meshophilik* dan 9 hari *fase thermophilik*. Karakteristik kompos yang dihasilkan diperlihatkan pada tabel 4.

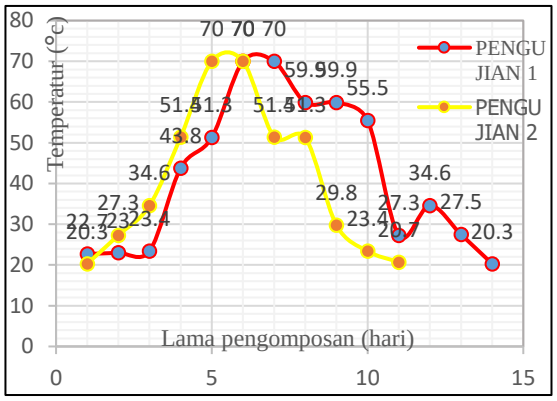
Tabel 4 Kompos Hasil Pengujian 18 rpm

Parameter	Pengujian 18 rpm	Standar Permentan 70 tahun 2011
Warna	Hitam	
Bau / tekstur	Tanah	
Massa awal	40 kg	
Massa akhir	5,2 kg	
pH	7,76	4-9
Karbon	46,15 %	Min 15 %
Rasio C/N	24,68	15-25
Kadar air	33,62 %	15-25 %

Hasil pengujian jenis kedua yang dilakukan pada putaran drum 25 rpm dan 30 rpm. pengujian 1 lamanya pengadukan adalah 2 menit sedangkan pada pengujian 2 lama pengadukan 7 menit

Setelah dilakukan pengujian, diperoleh hasil sebagai berikut: Lama proses pengomposan pengujian 1 yaitu pada putaran 25 rpm adalah 14 hari (sudah termasuk fase *meshophilik* dan fase *thermophilik*), sedangkan lama proses pengomposan pengujian 2 yaitu pada putaran 30 rpm, adalah 11 hari (sudah termasuk fase *meshophilik* dan fase *thermophilik*).

Data temperatur hasil pengujian 1 yaitu 25 rpm selama 2 menit dan pengujian 2 pada 30 rpm selama 7 menit diperlihatkan pada gambar 5.



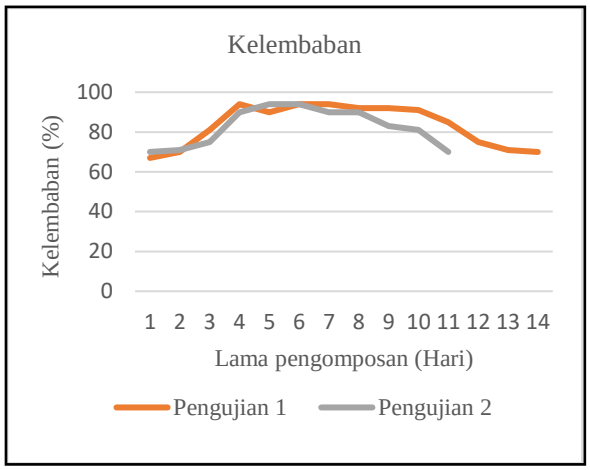
Gambar 5 Grafik Temperatur

Waktu pengomposan pada putaran 25 rpm selama 2 menit yaitu 14 hari dan waktu proses pengomposan pada putaran 30 rpm selama 7 menit adalah 11 hari.

Kenaikan temperatur menunjukan terjadi reaksi eksotermik atau timbulnya panas akibat pelepasan energi, menandakan munculnya mikroorganisme *thermofhilik*. Temperatur maksimum yang dicapai adalah 70ºC. Hal ini cukup baik karena jika Temperatur melebihi 70ºC dapat mengakibatkan mikroorganisme di dalam sampah mati, sehingga proses pengomposan akan gagal.

Tahap aktif atau proses penguraian bakteri pada sampah terjadi pada hari ke 3 sampai hari ke 5, ditandai dengan naiknya temperatur 30ºC-70ºC. Penurunan temperatur memperlihatkan proses pematangan kompos. Pada pengujian 1 proses pematangan dimulai pada hari ke 8 hingga hari ke 14, proses pematangan kompos terjadi selama 6 hari. Untuk pengujian kedua proses pematangan terjadi hanya 4 hari yaitu pada hari ke7 hingga hari ke 11. Setelah kompos matang, maka kompos siap untuk digunakan.

Kelembaban minimum yang terjadi selama proses pengomposan adalah 67% sedangkan kelembaban maksimum 94%. hal ini diperlihatkan pada grafik kelembaban pada gambar 6. Kelembaban cenderung naik pada proses penguraian kompos dan cenderung turun setelah fase pematangan kompos.



Gambar 6 Grafik Kelembaban

Karakteristik kompos yang dihasilkan menyerupai tanah, remah dan tidak berbau, seperti diperlihatkan pada Gambar 7.

Gambar 7 Kompos yang dihasilkan

Berdasarkan hasil pengujian, karakteristik kompos yang dihasilkan sudah sesuai dengan karakteristik kompos yang baik yaitu berwarna kehitaman, tidak berbau busuk dan tekstur menyerupai tanah. Seperti diperlihatkan pada tabel 5.

Tabel 5 Karakteristik Kompos

Parameter	Pengujian 25 RPM	Pengujian 30 RPM
Warna	kehitaman	kehitaman
Bau	Tidak berbau	Tidak berbau
Tekstur	Seperti tanah	Seperti tanah
Massa awal	40 kg	40 kg
Massa akhir	4,2 kg	5,6 kg
Waktu (hari)	14	11

Kandungan karbon didalam kompos (C) hasil pengujian 1 sesuai dengan standar SNI, tetapi hasil dari pengujian 2 sedikit diatas stardar SNI perbedaan nya yaitu sebesar 3%. Seperti diperlihatkan pada tabel 6.

Tabel 6 Kandungan Kompos

Kandungan	Uji 1	Uji 2	Standar	
			Permentan	SNI 2004
C (%)	29,4	33,3	Min 15	9,80-32
N (%)	1,7	1,02	Min 0,4	Min 0,4
C/N	17,6	32,6	15-25	10-20
kdrAir (%)	15,8	35,3	15-25	Maks 50
PH	7	5,2	4-9	6,80-7,49

Perbandingan kadar karbon dan nitrogen (C/N) untuk pengujian 1 sudah sesuai standar sedangkan untuk pengujian 2 masih diatas yang distandarkan yaitu 32,6 masih diatas 20.

PH yang di hasilkan antara 5-7 sudah sesuai dengan standar permentan yaitu antara 4-9 dan standar SNI yaitu 6,8-7,49

KESIMPULAN

Waktu pengomposan pada pengujian jenis pertama yaitu pengadukan pada putaran 18 rpm dengan lama proses pengadukan 15 menit dan dua kali proses pengadukan dalam sehari adalah 12 hari. Waktu pengomposan pada pengujian jenis kedua untuk melihat pengaruh putaran rpm, yaitu pengujian 1 pada putaran 25 rpm selama dua menit adalah 14 hari. Waktu pengomposan pengujian 2 pada putaran 30 rpm selama 7 menit adalah 11 hari.

Lamanya proses pengomposan dari semua pengujian sesuai target yaitu tidak lebih dari 14 hari.

Penggunaan komposter mempercepat proses pengomposan dari biasanya sekitar 5 sampai 8 minggu menjadi 2 minggu.

Pengaruh variasi putaran (rpm) belum terlihat pengaruh yang signifikan terhadap lamanya proses pengomposan, hal ini berdasarkan data untuk putaran 18 rpm lama pengomposan 12 hari, untuk putaran 25 rpm lama pengomposan 14 hari dan untuk putaran 35 rpm lama pengomposan adalah 11 hari.

Karakteristik kompos yang dihasilkan sudah sesuai dengan karakteristik kompos yang baik yaitu berwarna kehitaman, tidak berbau busuk dan tekstur menyerupai tanah. Perbandingan kadar karbon dan nitrogen (C/N) dan kadar karbon (C) sudah sesuai standar tetapi untuk pengujian 2 masih diatas yang distandarkan. Tetapi perbedaan nya tidak terlalu signifikan yaitu dan 3% diatas standar SNI.

PH kompos yang dihasilkan, Kadar air dan kadar Nitrogen sudah sesuai dengan standar Permentan dan standar SNI.

SARAN

Dilakukan lagi pengujian dengan rpm yang lebih bervariasi tetapi waktu pemutaran nya tetap misal 5 menit, untuk melihat pengaruh kecepatan putaran.

Dilakukan pengujian pada variabel kecepatan putar yang tetap tetapi lama pengadukan nya bervariasi, untuk melihat pengaruh lamanya proses pengadukan terhadap lamanya proses pengomposan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Taqim. Nursiwan. 2007. Panduan Mengelola Sampah. Buku Kementrian Lingkungan Hidup: Pekanbaru

[2] Tahir, I. 2008. Pembuatan Kompos. Diktat Kuliah Universitas Gajah Mada. Jogjakarta: Universitas Gajah Mada

[3] Damanhuri. E, Padmi. Tri. 2010. Pengelolaan Sampah. Diktat Kuliah Teknik Lingkungan: ITB.

[4] Nugraha. N, Fauzi. O, dkk. 2017. Rancang Bagun Komposter Rumah Tangga Komunal Sebagai Solusi Pengolahan Sampah Mandiri Kelurahan Pasirjati Bandung. CR journal

[5] Nugraha. N, Fauzi. O, Mahardika. A, Dkk. 2017. Modifikasi Dan Pembuatan Mesin Komposter Komunal Horizontal Kapasitas 40kg. Seminar Nasional Rekayasa Aplikasi Teknik Mesin Di Industri: Itenas.

[6] Setyorini. D, dkk. 2006. Pupuk Hayati Pupuk Organik. Buku Balitanah Litbang Pertanian.

PENGARUH PARAMETER PERMESINAN TERHADAP BURR FORMATION PADA PROSES MILLING DENGAN CNC ROUTER ALUMINIUM SHEET 1100

Fariq Urbeyni(1), Bambang Dwi Haripriadi(2)

[1,2]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

Jl.Bathin Alam Desa Sungai Alam, Bengkalis, Riau-Indonesia

Email: [1]fariq.urbeyni05@gmail.com, [2]bambang@polbeng.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai Burr Formation pada benda aluminium sheet 1100 menggunakan metode pemesinan milling router dengan parameter kedalaman makan (1mm ; 1,5mm ; 2mm), tool (4mm ; 5mm ; 6mm), feeding (100m/menit ; 200m/menit ; 300m/menit), speed (5000rpm ; 8000rpm ; 12000rpm) dan cairan pendingin (coolant ; udara ; oli SAE 40). penelitian ini dilakukan di lab robotika jurusan Teknik Elektronika di kampus Politeknik Negeri Bengkalis. Sampel digunakan berukuran 100 x 60 mm sebanyak 27 buah yang akan mendapat perlakuan berbeda variasi diameter tool end mill, kedalaman pemakanan, feeding, speed dan cairan pendingin Alat ukur yang digunakan untuk mengukur burr formation benda kerja tersebut adalah microscpoe USB. Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Taguchi dan Anova. Hasil penelitian menunjukkan nilai burr terendah diperoleh pada kedalaman makan 1mm, tool 6mm, feeding 50 m/menit, pendingin oli dan speed 5000 rpm yaitu 0,2288 sedangkan nilai burr tertinggi diperoleh pada kedalaman makan 1,5mm, tool 5mm, feeding 50 m/menit, pendingin coolant dan speed 12000 rpm yaitu 0,590967. bedasarkan analisys of varian (ANOVA) bahwa parameter yang paling signifikan dalam mempengaruh burr formation adalah tool dan cairan pendingin.

Kata kunci: Burr Formation, Milling Router, Taguchi

Abstract

This study aims to determine the burr formation value of aluminium sheet 1100 object using the milling router machining method with depth parameters feeding (1mm ; 1,5mm ; 2mm), feeding (100 mm/minute ; 200 mm/minute ; 300 mm/minute), speed (5000rpm ; 8000rpm ; 12000rpm) and coolant (coolant ; air ; oil SAE 40). This resarh was carried out in a robotics laboratory majoring in electronics engineering at the bengkalis state polytechnic campus.The samples used were 100x60 mm in size with 27 pieces which would be treated differently by varying the end mill tool diameter, feeding depth, feeding, speed, and coolant. The measurment used to measure the burr formation of the workpiece is a microscope USB, data analysis techniques used are the taguchi and ANOVA methods. The results showed that the lowest burr value was obtained at 1mm depht, 6mm tool, 50 m/minute feeding, oil cooler and 5000 rpm speed ie 0,2288 while the hihest was obtained at 1,5mm depht, 5mm tool, 50 m/minute feeding, coolant cooler and 12000 rpm speed ie 0,590967. Based on the analisys of varian (ANOVA) that the significant parameter in influencing the burr formation is the tool and coolant

Keywords: *Burr Formation, Milling Router, Taguchi, ANOVA*

PENDAHULUAN

Tingkat keandalan yang tinggi dan ketahanan terhadap kegagalan komponen mesin dalam berbagai aplikasi teknik dapat dijamin dengan kualitas permukaan yang lebih baik. Secara umum, kualitas permukaan komponen mesin bergantung pada kondisi pemotongan, bahan pahat, dan keausan pahat. Selain itu, itu dipengaruhi oleh perubahan permukaan seperti tanda pakan, bahan yang diendapkan, retak, sobek, *burr* dan lain-lain [1].

Burr formation sebuah fenomena yang mirip dengan pembuatan *chip*, adalah masalah umum yang terjadi pada beberapa sektor industri, seperti dirgantara dan otomotif sektor. Itu juga salah satu yang paling menyusahkan hambatan untuk produktivitas tinggi dan otomatisasi dan sangat mempengaruhi kualitas bagian mesin. Untuk memastikan dengan komponen daya saing, tepat dan bebas *burr* toleransi ketat dan permukaan akhir yang lebih baik dituntut [2].

Burr formation dalam benda kerja mesin adalah "*productivity killers*" yang nyata. Tidak hanya mereka membutuhkan operasi *finishing* tambahan

(*deburring*) dan mempersulit perakitan, tetapi operasi ini dapat merusak komponen. Menangani komponen dengan *burr* merupakan tantangan bagi pekerja. Idealnya, ingin menghindari, atau setidaknya meminimalkan, gerinda dengan pemilihan alat yang cermat, parameter pemesinan dan jalur alat atau bahan kerja dan desain bagian. Bahkan, sebagian besar *burr* dapat dicegah atau diminimalkan dengan kontrol proses. Baru-baru ini, lebih banyak penelitian dan minat telah difokuskan pada masalah yang terkait dengan *burr* dari permesinan. Fokusnya secara *traditionally* adalah pada proses *deburring* tetapi memahami proses pembentukan *burr* sangat penting untuk pencegahan *burr*. Namun, tingkat pengetahuan ilmiah dalam hal ini baru saja berkembang, Sangat penting untuk dapat mengaitkan detail kinerja komponen dan fungsional dengan persyaratan untuk kondisi tepi [9].

Untuk secara efektif mengatasi pencegahan duri, seluruh "*process chain*" dari desain ke manufaktur harus dipertimbangkan, di sini kita melihat pentingnya mengintegrasikan semua elemen yang mempengaruhi *burr*, dari desain bagian, termasuk pemilihan bahan, hingga proses pemesinan.

Mesin CNC milling router

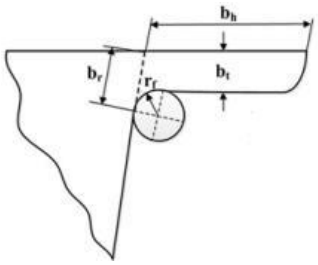
Mesin CNC milling merupakan pengembangan dari mesin milling konvesional. Pada awalnya mesin CNC milling terdiri dari 3 sumbu yaitu XYZ yang bisa membuat produk secara 3D. Dengan berkembangnya teknologi, sumbu mesin CNC milling sudah mencapai 5 sumbu sehingga dapat membuat produk dengan kerumitan yang tinggi

Fungsi dari tiap sumbu dari mesin CNC milling adalah sumbu XY berfungsi untuk menggerakkan meja searah dengan sumbu X dan Y sesuai dengan sistem koordinat kartesius dengan koordinat awal (X 0.000, Y 0.000, Z 0.000). Koordinat X+ menunjukkan arah spindle bergerak kearah kanan dari sumbu X.

Pergerakkan dari sumbu X atau Y berfungsi untuk menghasilkan gerakan yang linier sesuai dengan arah sumbu tersebut, sedangkan kombinasi dari penggerakan sumbu X dan Y akan menghasilkan gerakkan berbentuk parabolik. Sumbu Z berfungsi untuk menggerakkan tool naik (Z+) dan turun (Z-) atau berfungsi sebagai pengatur kedalaman makan dari proses pemesinan tersebut [4]

Burr Formation

Burr formation adalah salah satu masalah utama yang saat ini dihadapi industri manufaktur. *Burr* terdiri dari yang tidak diinginkan permukaan diperpanjang di atas benda kerja atau bagian yang hilang pada tepi benda kerja yang harus dihindari atau setidaknya diminimalkan [2].



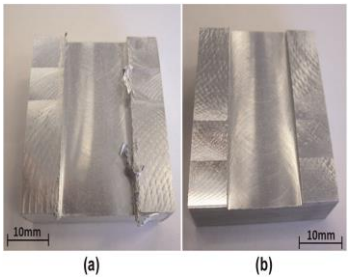
b_h =*burr height*
r_f =*burr root radius*
b_t =*burr thickness*
b_r =*burr root thicknes*

$$Burr\ value: g = \frac{4.br + 2.rf + bt + bh}{8}$$

Gambar 1 *Typical burr* dan nomenklatur pengukur yang diusulkan [2]

Fenomena yang mirip dengan pembentukan *chips burr* berakhir dengan pemotongan *burr*. *Burr* tidak dingginkan karena dapat mebahayakan penanganan dan bisa mengganggu operasi perakitan selanjutnya dengan demikian, merka haru dihilangkan diberikutnya, proses *deburring* untuk memungkinkan *burr* terpisah untuk memenuhi toleransi yang telah ditentukan [8].

Burr formation mepengaruhi akurasi dan kualitas benda kerja dalam beberapa cara: distorsi dimensi pada bagian tepi, tantangan untuk perakitan dan penanganan yang disebabkan oleh gerinda di lokasi sensitif pada benda kerja dan kerusakan yang dilakukan pada permukaan bawah pekerjaan dari deformasi yang terkait dengan pembentukan gerinda. *burr* khas terbentuk pada komponen logam karena keluar dari ujung tombak. ada kerusakan besar di bawah permukaan dan deformasi yang terkait dengan *burr*, bentuknya cukup kompleks dan, karenanya, uraian *burr* bisa sangat kompleks, dan kehadiran duri dapat menyebabkan masalah dalam pembuatan [9].



Gambar 2 A. *Burr formation* besar B. *Burr formation* dengan sekala kecil [2]

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan Yang Digunakan

Untuk penelitian ini spesimen yang digunakan dari material aluminium *sheet* 1100. dengan panjang 100 mm lebar 60 mm tebal 5 mm. Jenis material ini dipilih sebagai benda kerja yang akan dipergunakan pada peneliti ini. Selain itu jenis material tersedia banyak di pasaran lokal.

Peralatan Yang Digunakan

Perlatan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah:

1. Mesin CNC Milling Router

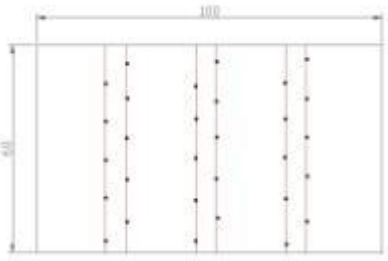
Gambar 3 Mesin CNC *milling router*

2. Microscope USB

Microscope USB adalah alat yang digunakan untuk mengukur kekasaran permukaan, dengan *Microscope* USB 1600x. Mikroskop Digital 1600x ini dirancang khusus untuk mengamati objek *micro.*

Gambar 4 *Microscope* USB

Metoda Pengukuran



Gambar 5 Posisi Titik Pengukuran *burr formation*

Rancangan Penelitian

Rancangan eksperimen ini diawali dengan pemilihan matriks ortogonal yang tergantung dari banyaknya variabel kontrol dan level dari masing-masing variabel tersebut. Tabel 3.1 menunjukkan jenis variabel bebas, jumlah level dan nilai dari variabel bebas yang digunakan pada penelitian ini.

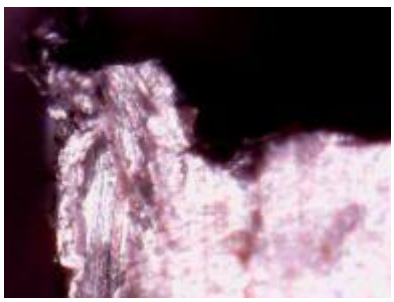
Tabel 1 Variabel Bebas dan Penentuan Level

NO	Parameter	Level 1	Level 2	Level 3
1	Kedalaman makan (a)	1mm	1,5 mm	2 mm
2	Tool (D)	4 mm	5 mm	6 mm
3	Feeding (f)	30 mm/menit	40 mm/menit	50 mm/menit
4	Cairan pendingin	coolant	udara	oli
5	Speed	5000 rpm	8000 rpm	12000 rpm

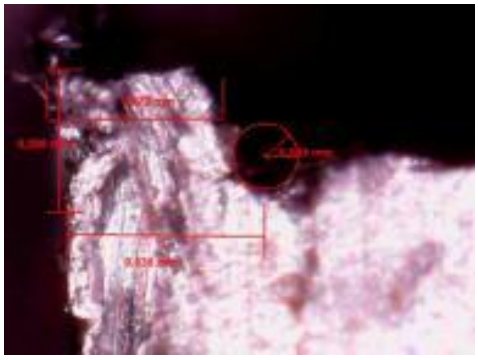
Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 3.1 didapatkan pemilihan *orthogonal array design* untuk rancangan eksperimen ini, sehingga matrik ortogonal yang digunakan adalah L27 (3^5). Matrik ortogonal jenis L27 (3^5) memiliki 5 kolom dan 27 baris yang mampu digunakan untuk empat buah variabel bebas yang masing-masing memiliki 3 level.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan Data Burr Formation



Gambar 6 *Burr formation* sebelum di ukur



Gambar 7 Bur Formation

Data yang diambil dari penelitian ini adalah nilai *Burr Formation* Dimana pahat yang digunakan adalah pahat end mill HSS dan bahan yang digunakan adalah aluminium 1100. Data yang telah didapatkan dari pengukuran keausan menggunakan *microscope* USB 1600x pada tiap-tiap parameter akan dimasukkan ke tabel matrik ortogonal L27 (3^5) acuan dari Tabel 3 agar dapat diolah. Data hasil pemesinan dengan rancangan eksperimen diatas akan dilanjutkan untuk dianalisis. Pengolahan data akan menggunakan *software minitab 17* berdasarkan rancangan eksperimen yang dibuat yaitu dengan metode *Taguchi orthogonal-array* L_{27} (3^5) kemudian dilakukan perhitungan, dapat dilihat pada Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2 Tabel Data Dari Matrik Ortogonal L27 (3^5)

NO	Kedalaman cekan (a) mm	Tool (ø) mm	Feeding (f) mm/putaran	Cairan pendingin	Speed (rpm) mm/menit	Burr value (g) mm
1	1	4	30	Coolant	5000	0,535033
2	1	4	30	Coolant	8000	0,5424
3	1	4	30	Coolant	12000	0,4471
4	1	5	40	Udara	5000	0,4294
5	1	5	40	Udara	8000	0,518933
6	1	5	40	Udara	12000	0,50483
7	1	6	50	Oli	5000	0,2288
8	1	6	50	Oli	8000	0,278133
9	1	6	50	Oli	12000	0,243567
10	1,5	4	40	Oli	5000	0,375733
11	1,5	4	40	Oli	8000	0,338167
12	1,5	4	40	Oli	12000	0,262267
13	1,5	5	50	Coolant	5000	0,510133
14	1,5	5	50	Coolant	8000	0,339433
15	1,5	5	50	Coolant	12000	0,260967
16	1,5	6	50	Udara	5000	0,456033
17	1,5	6	50	Udara	8000	0,305833
18	1,5	6	50	Udara	12000	0,3478
19	2	4	50	Udara	5000	0,3252
20	2	4	50	Udara	8000	0,276067
21	2	4	50	Udara	12000	0,3784
22	2	5	50	Oli	5000	0,266667
23	2	5	50	Oli	8000	0,432933
24	2	5	50	Oli	12000	0,3685
25	2	6	40	Coolant	5000	0,301667
26	2	6	40	Coolant	8000	0,322433
27	2	6	40	Coolant	12000	0,365445

Dibawah ini merupakan analisa kuantitatif menggunakan program minitab *17 analisis* desain *taguchi*. Untuk mengetahui faktor apa yang paling berpengaruh dan signifikan terhadap *Burr Formation* dalam proses pemotongan bahan aluminium 1100. Didalam analisis tersebut akan ditampilkan data hasil analisis *taguchi* berdasarkan *Burr Formation* di setiap tahap percobaan.

Rasio S/N dari respon *Burr Formation* tersebut dihitung dengan menggunakan persamaan (4.1). Contoh perhitungan rasio S/N dari *Burr Formation* untuk kombinasi setting faktor pertama dengan karakteristik kualitas semakin kecil semakin baik adalah sebagai berikut:

$$\frac{S}{N} = -10\ log\left[\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{r} Y_i^2\right] \quad \text{..... (1)}$$

$$\frac{S}{N} = -10\ log\left[\frac{1}{1}(0{,}535033^2)\right]$$

$$\frac{S}{N} = -10\ log[(0{,}2862603)] = 5{,}43239$$

$$\frac{S}{N} = 5{,}43239$$

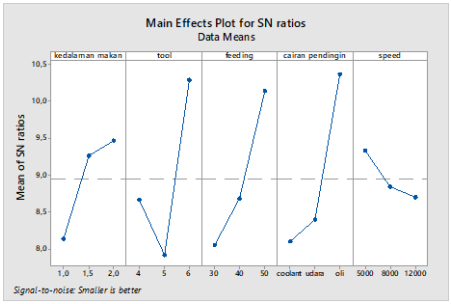
Dari perhitungan minitab17 didapat kan hasil S/N Rasio dapat di lihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 3 Tabel Data Dari Matrik Ortogonal L27 (3^5)

NO	Kedalaman cekan (a) mm	Tool (ø) mm	Feeding (f) mm/putaran	Cairan pendingin	Speed (rpm) mm/menit	Burr value (g) Mm	SN ratios
1	1	4	30	Coolant	5000	0,535033	5,43239
2	1	4	30	Coolant	8000	0,5424	5,31361
3	1	4	30	Coolant	12000	0,4471	6,99191
4	1	5	40	Udara	5000	0,4294	7,34276
5	1	5	40	Udara	8000	0,518933	5,69777
6	1	5	40	Udara	12000	0,50483	5,78973
7	1	6	50	Oli	5000	0,2288	12,8109
8	1	6	50	Oli	8000	0,278133	11,1149
9	1	6	50	Oli	12000	0,243567	12,2369
10	1,5	4	40	Oli	5000	0,375733	8,50241
11	1,5	4	40	Oli	8000	0,338167	9,41758
12	1,5	4	40	Oli	12000	0,262267	11,6251
13	1,5	5	50	Coolant	5000	0,510133	10,1690
14	1,5	5	50	Coolant	8000	0,339433	9,38764
15	1,5	5	50	Coolant	12000	0,260967	11,6837
16	1,5	6	50	Udara	5000	0,456033	7,20961
17	1,5	6	50	Udara	8000	0,305833	10,3473
18	1,5	6	50	Udara	12000	0,3478	9,17341
19	2	4	50	Udara	5000	0,3252	9,75699
20	2	4	50	Udara	8000	0,276067	11,1797
21	2	4	50	Udara	12000	0,3784	8,44098
22	2	5	50	Oli	5000	0,266667	10,8464
23	2	5	50	Oli	8000	0,432933	7,27139
24	2	5	50	Oli	12000	0,3685	8,67125
25	2	6	40	Coolant	5000	0,301667	10,4094
26	2	6	40	Coolant	8000	0,322433	9,83121
27	2	6	40	Coolant	12000	0,365445	8,79113

Berdasarkan hasil analisa S/N *ratios* pada gambar 3 yang memberikan kemiringan kurva pengaruh yang besar berturut-turut adalah *tool*, cairan

pendingin, *feeding*,kedalaman makan dan *speed*. Akan tetapi bedasarkan analisa statistik *Analisys Of Variances* (ANOVA) tabel 4.4 hanya *tool* dan cairan pendingin yang memiliki pengaruh yang berarti terhadap tinggi/rendahnya nilai rasio *Burr Formation.* Hal ini diindikasikan nilai P-*value* yang ditetapkan 95% tingkat keyakinan, yaitu P≤ 0,05.



Gambar 8 Grafik respon S/N

Adapun yang menyebabkan tool dan cairan pendingin yang memiliki pengaruh yang berarti pada penelitian ini adalah disebabkan oleh perbedaan variasi yang antara diameter tool 5 mm dan 6 mm dan antara cairan pendingin udara dan oli. Variasi dari tingkatan (level) dari kedua parameter inilah yang menyebabkan mereka memiliki pengaruh yang berarti pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan dari hasil analisa dengan metode ANOVA.

Tabel 4 Hasil Analisys Of Variances (ANOVA)

No	Source	Df	Adj SS	Adjn MS	F-value	P-value
1	Kedalaman makan *(a)*	2	0,027805	0,013903	4,73	0,024
2	*Tool (Ø)*	2	0,046699	0,023349	7,94	0,004
3	*Feeding (f)*	2	0,034093	0,017047	5,80	0,013
4	Cairan pendingin	2	0,045171	0,022586	7,68	0,005
5	*speed*	2	0,003228	0,001614	0,55	0,588
6	Error	16	0,047058	0,002941		
7	Total	26	0,204055			

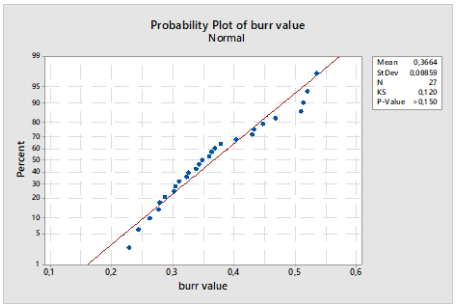
Sedangkan variasi tingkatan dari *feeding* dan kedalaman makan tidak memberikan pengaruh yang berarti terhadap rasio *burr formation* pada penelitian ini. Hal ini diperlihatkan dari jarak residual yang pendek antara tingkatan untuk ketiga parameter yang disebut diatas. Dengan perbedaan jarak residual yang tidak terlalu besar menybabkan variasi dari *feeding* dan kedalaman makan tidak dapat mempengaruhi nilai rasio burr formation secara berarti. Walaupun memiliki kemiringan kurva yang relatif besar yang mengindikasikan bahwa variasi nilai *feeding* dan kedalaman makan akan menybabkan perubahan terhadap rasio *burr formation.*

Pengujian Normaliti Residual Pada Burr Formation

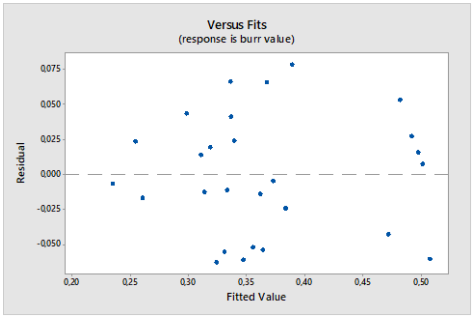
Uji distribusi normal dilakukan untuk mengamati penyimpangan model. Sudah dikatakan telah mengikuti distribusi normal jika pada kurva kenormalan residual, apabila titik residual yang dihasilkan telah sesuai atau mendekati garis lurus yang ditentukan. Gambar 4.6 menunjukkan hasil statistik *Kolmogorov-Smirnov* (KS) untuk uji distribusi normal dengan derajat signifikansi α = 0,05. Hipotesis:

H0: residual model regresi berdistribusi normal
H1: residual model regresi tidak berdistribusi normal.

Berdasarkan tabel statistik *Kolmogorov-Smirnov* untuk *a* = 0,05 dan jumlah pengamatan sebanyak 27 pengamatan adalah 0,2613. Nilai ini akan dijadikan patokan untuk mengambil kesimpulan berdasarkan hasil uji kenormalan data yang telah dilakukan. Nilai statistik *Kolmogorov-Smirnov* adalah 0,120. Nilai *Kolmogorov-Smirnov* yang diperoleh dari pengamatan kurang dari nilai tabel statistik *Kolmogorov-Smirnov* yaitu 0,120 < 0,2613. Oleh karena itu, kesimpulan hasil uji kenormalan rasidual adalah rasidual model regresi linear yang dibuat telah mengikuti distribusi normal. Jadi asumsi asumsi kenormalan rasidual pada suatu model regresi telah dipenuhi oleh model regresi linear, sehingga model regresi yang telah dibuat bisa digunakan. Dapat dilihat pada Gambar 4 sebagai berikut.



A



B

Gambar 9 Probability plot of buur value ANOVA

Secara umum dapat disimpulkan bahwa pengujian normaliti residual terhadap hasil *Analisys Of Variances* untuk *burr formation* tidak terjadi gejala heteroskedastisitas, bersifat homogen dan residual berdistribusi berjalan secara normal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Pengamatan terhadap nilai Burr Formation dari hasil milling material aluminium sheet 1100 dengan parameter permesinan kedalaman makan, Tool, Feeding, cairan pendingin dan Speed telah dilakukan. Dari hasil pengamatan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil *analisis of Varian* (ANOVA) menyatakan bahwa parameter yang signifikan atau berpengaruh dalam *burr formation* adalah *tool* dan cairan pendingin, parameter *tool* dan cairan pendingin menghasilkan nilai P < 0,05. hal ini menunjukkan bahwa parameter tersebut merupakan faktor yang signifikan dalam mempengaruhi *burr formation*, parameter *tool* memberikan kontribusi yang lebih besar dengan nilai 0,004 < 0,05 dibandingkan parameter cairan pendingin dengan nilai 0,005 < 0,05 dalam *burr formation*, hal tersebut bisa dilihat dari nilai P yang dihasilkan oleh parameter *tool* lebih kecil.
2. Hasil keefektifan variasi parameter permesinan *burr formation* kita dapat kedalaman makan 0,024, *tool* 0,004, *feeding* 0,013, cairan pendingin 0,005, dan *speed* 0,588 dalam penelitian ini yang paling berpengaruh keefektifan nya pada *tool* dengan nilai 0,004.

Saran

Dari hasil pengamatan memiliki potensi pada kondisi pemotongan yang dipilih pada penelitian ini, yaitu pada kondisi pemotongan rendah. untuk melakukan pengamatan pada indikator kualitas hasil milling, disarankan untuk melakukan pengamatan pada kondisi-kondisi sebagai berikut:

1. Pada penggunaan pompa untuk mengaliri cairan pendingin
2. Penggunaan mata pahat yang lebih bagus dari pahat HSS
3. Pada kondisi pemotongan tinggi

DAFTAR PUSTAKA

[1] H. Safari, S. Sharif, S. Izman. (2014) Influence of Cutting Conditions on Surface and Sub-Surface Quality of High Speed Dry End Milling Ti-6Al-4V: © 2014 Penerbit UTM Press. All rights reserved, 67(3) 131–135.
[2] Seyed Ali Niknam and Victor Songmene. (2014) Milling burr formation, modeling and control: A review: _ IMechE 2014,229(6) 893–909.
[3] Hidayat Huang.(2017) uji anova, teori satu arah dan dua arah, (www.globalstatistik.com/uji-anova-satu-dua-arah/), diakses 21 November 2017
[4] Zoro Zulfikar dan Syafri. (2017) Proses Produksi Prototipe Mesin CNC Router 3-axis: Jom FTEKNIK 4(2) 1-6.
[5] Anonim. (2015) mengenal prinsip dasar pada kerja milling, (kadekaxcel22.blogspot.com/2015/10/mengenal-prinsip-dasar-pada-kerja.html?m=1,) diakses 19 Oktober 2015.
[6] Andika Heri Wibowo . (2016) Analisis Pengaruh Feeding Pada Proses End Milling Surface Finish TerhadapTingkat Kekasaran Permukaan Baja Karbon Rendah,Semarang.
[7] Agung Sulistyanto. (2018) Pengaruh Pemilihan Jenis Cutting Tool Terhadap Kekasaran Permukaan Benda Berkontur Pada Pemesinan Milling 3-Axis,Jakarta.
[8] Kiha Lee, Ingo Essel, David A. Dornfeld, (2014) Burr Formation In Micro-Milling, Aachen, Germany.
[9] Metamiau. (2008) metodetaguchi, (https://qualityenginering.wordpress.com/2008/06/29/metode-taguchi/), diakses 29 Juni 2008
[10] Suwandi, (2018) Taguchi Methods, (sixigmaindonesia.com/taguchi-methods/), diakses 13 November 2018
[11] Anonim. (2014) dasar teori aluminium, (https://dokumen.tips/documents/dasar-teori-aluminium.html), diakses 12 Desember 2014
[12] Das, Barik. (2014) An experimental study on the burr formation in drilling of aluminum channels of rectangular section: AIMTDR 2014,831-1-831-4.
[13] Kiha Lee, David A. Dornfeld. (2005) Micro-burr formation and minimization through process control: © 2004 Elsevier Inc.246-252.
[14] Seyed Ali Niknam, Yasser Zedan and Victor Songmene. (2012) Burr formation during dry milling of wrought aluminum alloys: ISME2012-3476,1-4.
[15] Rifki Rizaldi. (2017) Evaluasi unjuk kerja tiga jenis ekstrasi santan kelapa sebagai cairan pendingin terhadap kekasaran permukaan pada proses bubut.

ANALISA TUNGKU PEMBAKARAN ARANG UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS KARBONISASI ARANG

Mohd. Zulkarnain Hidayatullah(1), Alfansuri(2)

[1,2]Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis

Email: [1]hidayatzulkarnain803@gmail.com,[2]alfansuri@polbeng.ac.id

Abstrak

Arang merupakan residu yang berbentuk padat hasil dari pada pembakaran kayu pada kondisi terkontrol. Proses pengarangan adalah pembakaran kayu dengan udara terbatas, dan dapa tmenghasilkan arang, tar, asam asetat, alcohol kayu, dan gas kayu (CO2, CH4, CO, dan H2). Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui penyebab arang yang tidak terkarbonisasi, menghasilkan pembakaran arang yang maksimal, serta mengetahui berapa persen yang menjadi arang dan abu. Studi kasus dari penelitian ini adalah tungku pembakaran arang berbentuk kubah dengan kapasitas 4.5 ton milik salah satu warga suku asli yang memproduksi arang kayu, yang berlokasi di jalan utama Jangkang, Gg suku asli, Kecamatan Bantan, Kabupaten Bengkalis. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan metode Slovin. Karena yang divariasikan dalam penelitian ini adalah alas yang digunakan, dengan menambahkan pelat besi dan alat ukur suhu yaitu thermometer. Pengambilan data dilakukan dengan dua kali pembakaran untuk mendapatkan hasil perbandingan. Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat diterangkan bahwa untuk mendapatkan arang yang maksimal beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu suhu, lama karbonisasi, pengecilan pintu dan cerobong asap, serta penutupan pintu pembakaran. Pembakaran kedua menggunakan alas pelat lebih cepat dua hari dibandingkan dengan pembakaran yang pertama. Namun temperature tungku tidak stabil, maka terdapat arang yang tidak terkarbonisasi.

Kata kunci: Arang Kayu, Karbonisasi Arang, Pembakaran Maksimal

Abstract

Charcoal is a residue that is solid in the form of wood burning under controlled conditions. The process of burning is burning wood with limited air, and can produce charcoal, tar, acetic acid, wood alcohol, and wood gas (CO2, CH4, CO, and H2). The purpose of this research is to find out the causes of non-carbonized charcoal, to produce maximum charcoal combustion, and to find out what percentage is charcoal and ash. The case study of this research is a dome-shaped charcoal furnace with a capacity of 4.5 tons owned by one of the indigenous tribesmen who produce wood charcoal, which is located on the main road of Jangkang, Gg native tribe, Bantan District, Bengkalis Regency. The method used in this research is the experimental method and the Slovin method. Because what is varied in this study is the base used, by adding an iron plate and a temperature measuring instrument, namely a thermometer. Data retrieval is done by burning twice to get the comparison results. From the results of research that has been done, it can be explained that in order to obtain maximum charcoal, several factors must be considered, namely temperature, carbonization duration, winding down of doors and chimneys, and closing of combustion doors. second combustion using a plate base two days faster than the first combustion. But the furnace temperature is unstable, there is charcoal that is not carbonized.

Keywords: *Wood Charcoal, Carbonization, Maximum Combustion*

PENDAHULUAN

Bengkalismerupakan salah satu kabupaten di Provinsi Riau, Indonesia. Wilayahnya mencakup daratan bagian timur pulau sumatera dan wilayah kepulauan, dengan luas 7.793,93 $km^{2.}$ Ibukota kabupaten ini berada di pulau bengkalis yang terpisah dari pulau sumatera. Terdapat beragam suku budaya dan desa-desa, salah satunya di desa jangkang terdapat suku asli yang tinggal di daerah pesisir yang memproduksi arang dari kayu bakau, yang mana merupakan sumber mata pencahariannya. Tidak tanggung-tanggung hasilproduksi yang dihasilkan sudah di ekspor kemana-mana, baik di bengkalis maupun diluar salah satunya dinegara tetangga yang masih serumpun yaitu Malaysia. Arang yang lebih disukai baik dipasaran lokal maupun ekspor adalah arang

dari kayu mangrove (Bakau) kemudian arang jenis kayu lainnya misalnya karet, keruing, meranti. Pada pembuatan arang dengan cara tungku diperlukan oksigen dan energi yang berasal dari kayu itu sendiri. Selain itu pada pengoperasian cara tungku diperlukan tenaga yang terampil dan pengalaman terutama dalampengaturan udara dan perubahan komposisi asap selama proses pembakaran.(Tjutju Nurhayati, 1995) [1].

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan arang pada tungku kubah, denganmenambahkan beberapa media seperti alat ukur dan pelat. Untuk melihatperbedaan hasil akhir dari sebelumnya agar mengetahui penyebab tidakterkarbonisasinya arang dibagian bawah tersebut kemudian dibandingkan dengan menganalisa pembakaran yang mana lebih maksimal.

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan:

1. Thermometer
2. Tungku
3. Kawat stailess
4. Timbangan

Bahan

1. Kayu bakau
2. Kayu bakar
3. Pelat

Adapun metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan slovin dengan menvariasikan yaitu pada bagian dasar dengan menambah pelat sebelum kayu disusun dengan proses dua kali pembakaran.

1. Eksperimen

Metode eksperimen merupakan kegiatan percobaan untuk meneliti suatu peristiwa atau gejala yang muncul pada kondisi tertentu, dengan cara melakukan pengamatan dan kontrol yang cermat, sehingga dapat diketahui hubungan sebab akibat dari munculnya gejala tersebut. (sumantri mulyani, dkk) [2] Adapun yang dihitung dari metode eksperimen ini yaitu rendemen dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rendemen (\%)} \frac{Output}{input} \times 100\ \% \quad \text{..... (1)}$$

Keterangan:
Output =Beratarang (kg)
Input = Beratbahanbaku (kg)

2. Slovin

Rumus ini pertama kali diperkenalkan oleh pada tahun pada tahun 1960. Rumus slovin ini biasa digunakan dalam penelitian survey dimana jumlah sampel besar sekali, sehingga diperlukan sebuah formula untuk mendapatkan sampel yang sedikit tetapi dapat mewakili keseluruhan populasi. (Amirin T). Adapun rumus slovin sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{1+N\,e^2} \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan:
N = Besar populasi/jumlah populasi
n = Jumlah sampel
e = Batas Toleransi Kesalahan (*error tolerance*)

Langkah Kerja Pengambilan Data

Dalam proses pengambilan data, penulis menggunakan dua metode yaitu metode slovin dan metode eksperimen. Metode slovin digunakan untuk menentukan jumlah berat bahan baku yang akan dijadikan sampel,. Metode eksperimen digunakan yaitu memvariasikan alas dengan menambahkan pelat baja pada pembakaran kedua. Adapun langkah kerja yang akan dilakukan berdasarkan tujuan adalah sebagai berikut:

1. Pembakaran Tanpa Alas
   - Siapkan alat dan bahan
   - Buat lubang dengan mengebor pada bagian atas tungku untuk dipasang alat ukur thermometer untuk mengetahui suhu didalam tungku saat proses pembakaran.
   - Setelah selesai pemasangan alat ukur, selanjutnya menentukan jumlah berat sampel yang akan diletakkan didalam tungku. Adapun metode yang digunakan dalam menentukan berat sampel yaitu menggunakan metode slovin dengan rumus pada persamaa (2):

$$n = \frac{N}{1+N\,e^2} \quad \text{.....(3)}$$

$$\frac{4500}{1+4500\times(0.1)^2}$$

$$\frac{4500}{1+4500\times0.01} = \frac{4500}{1+45}$$

$$\frac{4500}{46} = 97.8$$

$$n = 100\ kg$$

Dimana: n = Jumlahsampel
N= Jumlahpopulasi (Kapasitas)
e = Margin of error

   - Timbang terlebih dahulu bahan baku yang akan dijadikan sampel dengan berat 100 kg.

- Setelah selesai penimbangan, buat sampel sebanyak 10 sampel dari 100 kg tersebut dengan cara kayu di ikat menggunakan kawat
- Setelah selesai diikat, bahan baku ditimbang kembali untuk mengetahui berat persampel.
- Catat semua berat persampel pada saat ditimbang.
- Setelah semua sampel selesai ditimbang, selanjutnya masukkan bahan baku dan sampel kayu kedalam tungku. Sampel di letakkan secara acak didalam tungku.
- Setelah bahan baku sudah terisi semua didalam tungku, tutup pintu dengan menggunakan batu bata dan ditambal dengan tanah pasir bulan. Kemudian buat persegi empat pada bagian bawah pintu untuk tempat pembakaran awal.
- Catat suhu saat proses pembakaran sesuai jadwal yang telah ditentukan.
- Setelah kayu sudah terkarbonisasi, tutup semua lubang keluaran asap dengan lubang pintu pembakaran untuk proses pendinginan.
- Setelah pembakaran selesai, bongkar kayu dan asingkan sampel
- Hitung setiap masing-masing arang yang terkarbonisasi dengan yang tidak terkarbonisasi sesuai sampel dengan cara di timbang.

2. Pembakaran Menggunakan Alas Pelat Besi

Langkah-langkah pembakaran menggunakan alas pelat besi sama pada proses yang pertama tanpa menggunakan alas dari awal sampai akhir. Namun disini yang ditambah hanyalah pelat besi yang diletakkan pada alas bawah. Pelat dipotong sesuai diameter pada tungku.

Selanjutnya, posisikan alas pelattersebut pada bagian bawah tungkuse belum penyusunan kayu.

Setelah pelat sudah diletakkan, proses selanjutnya sama dengan pada pembakaran yang pertama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

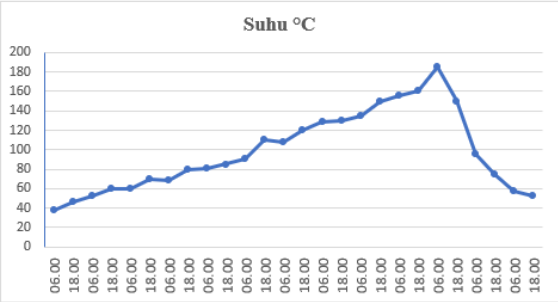
Tanpa Menggunakan Media Alas

Pada pembakaran pertama tanpa menggunakan media alas dilakukan pada hari ahad tanggal 12 mei 2019 sampai dengan hari ahad 26 mei 2019, yang bermakna proses pembakaran berjalan selama 13 hari dan pembongkaran selama 1 hari. Pembakaran dimulai pada hari sabtu sore, jam 17.30 wib. Suhu dicatat dengan jarak waktu yaitu 12 jam sekali mulai pukul 06.00 pagi dan pukul 18.00 sore. Data suhu yang diperoleh selama 13 hari pembakaran dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1 Data Pengambilan Suhu Tungku Pembakaran

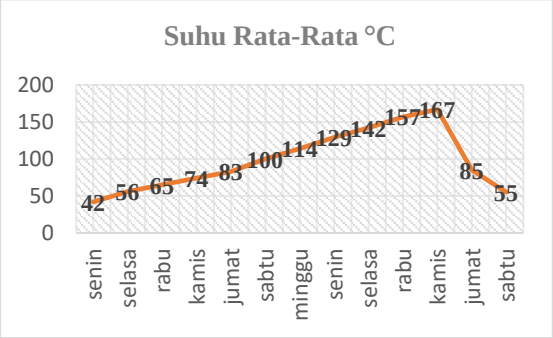
Pertama

No	Hari	Waktu	Suhu ºC	Suhu Rata-Rata
1	Pertama	06.00	38ºC	42ºC
		18.00	46ºC	
2	Kedua	06.00	52 ºC	56 ºC
		18.00	60 ºC	
3	Ketiga	06.00	60 ºC	65 ºC
		18.00	70 ºC	
4	Keempat	06.00	68 ºC	74 ºC
		18.00	80 ºC	
5	Kelima	06.00	81 ºC	83 ºC
		18.00	85 ºC	
6	Keenam	06.00	90 ºC	100 ºC
		18.00	110 ºC	
7	Ketujuh	06.00	108 ºC	114 ºC
		18.00	120 ºC	
8	Kedelapan	06.00	128 ºC	129 ºC
		18.00	130 ºC	
9	Kesembilan	06.00	135 ºC	142 ºC
		18.00	149 ºC	
10	Kesepuluh	06.00	155 ºC	157.5 ºC
		18.00	160 ºC	
11	Kesebelas	06.00	185 ºC	167.5 ºC
		18.00	150 ºC	
12	Kedua belas	06.00	95 ºC	85 ºC
		18.00	75 ºC	
13	Ketiga belas	06.00	58 ºC	55 ºC
		18.00	52 ºC	
14	Keempat belas	Bongkar		



Gambar 1 Grafik Perolehan Hasil Pembakaran Tanpa Alas Selama 13 Hari

Dapat dilihat pada grafik, bahwa suhu dari awal pembakaran terjadi naik turun sampai hari ketujuh. Penurunan hamper semuanya terjadi pada jam 06.00 pagi. Kemudian suhu tertinggi naik sebesar 185 ºC. Itu dicatat pada jam 06.00 pagi. Dan setelah suhu 185 ºC, suhu tidak lagi meningkat sehingga dilakukan proses penutupan pintu pembakaran. Dan suhu rata-rata yang terjadi dapat dilihat pada grafik berikut.



Gambar 2 Grafik Perolehan Suhu Rata-Rata

Selama proses pembakaran, dilakukan tiga tahap yang dilakukan pada pintu pembakaran. Yaitu pintu awal pembakaran berukuran 30 cm x 35 cm, tahap kedua pengecilan pintu dengan berukuran 20 cm x 15 cm dan tahap ketiga penutupan pintu

Tabel 2 Hasil ArangBerdasarkanSampel Setelah Pembakaran

Sampel	Berat Awal (Kg)	Berat Akhir (Kg)	Selisih (Kg)	Persen (%)	Terkar bonisasi (Kg)	Tidak Ter Karbonisasi (Kg)
1	12.5	3.4	9.1	27.2	3.4	-
2	8.9	2.6	6.3	29.2	2.6	-
3	11.3	3.2	8.1	28.3	3.2	-
4	9.2	2.7	6.5	29.3	2.7	-
5	9.4	2.8	6.6	29.7	2.8	-
6	8.8	2.4	6.4	27.2	2.4	-
7	9.5	2.8	6.7	29.4	2.8	-
8	8.7	2.3	6.4	26.4	2.3	-
9	13.6	3.9	9.7	28.6	3.9	-
10	8.6	2.1	6.5	24.4	2.1	-
Total	100.5	28.2	72.3	27.97	28.2	-

Hasil keseluruhan pada table adalah hasil keseluruhan pada sampel. Pada sampel tidak terlihat adanya arang yang tidak terkarbonisasi, hasil akhir arang setelah terkarbonisasi bagus, tidak ada yang patah dan juga termakan oleh api.

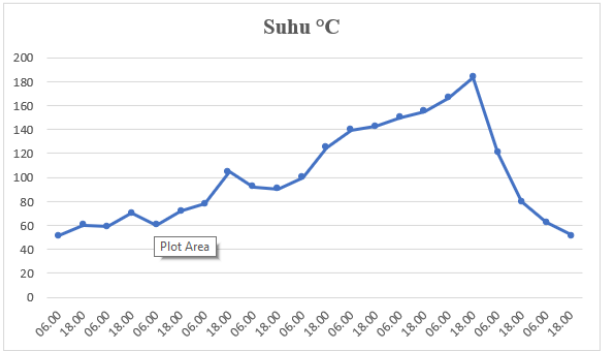
Menggunakan Alas Pelat Besi

Pada pembakaran kedua menggunakan media alas yaitu pelat baja, yang dilakukan pada hari sabtu tanggal 29 juni 2019 sampai dengan hari kamis 11 juli 2019, yang bermakna proses pembakaran berjalan selama 11 hari dan pembongkaran selama 1 hari, yang berarti lebih cepat dua hari dibandingkan dengan pembakaran yang pertama. Pembakaran dimulai pada hari sabtu sore, jam 16.45 wib. Suhu dicatat dengan jarak waktu yaitu 12 jam sekali mulai pukul 06.00 pagi dan pukul 18.00 sore. Data suhu yang diperoleh selama 12 hari pembakaran dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 3 Data PengambilanSuhu Pada Pembakaran

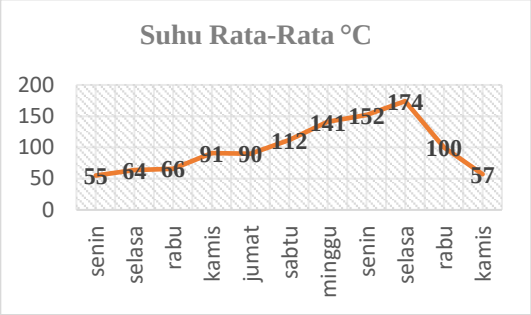
Kedua

No	Hari	Waktu	Suhu °C	Suhu Rata-Rata
1	Pertama	06.00	51°C	55.5°C
		18.00	60°C	
2	Kedua	06.00	59 °C	64.5 °C
		18.00	70 °C	
3	Ketiga	06.00	60 °C	66 °C
		18.00	72 °C	
4	Keempat	06.00	78 °C	91.5 °C
		18.00	105 °C	
5	Kelima	06.00	92 °C	90.5 °C
		18.00	90 °C	
6	Keenam	06.00	100 °C	112.5°C
		18.00	125 °C	
7	Ketujuh	06.00	139 °C	141 °C
		18.00	143 °C	
8	Kedelapan	06.00	150 °C	152.5 °C
		18.00	155 °C	
9	Kesembilan	06.00	166 °C	174.5 °C
		18.00	183 °C	
10	Kesepuluh	06.00	120 °C	100 °C
		18.00	80 °C	
11	Kesebelas	06.00	63 °C	57.5 °C
		18.00	52 °C	
12	Kedua belas	Bongkar		



Gambar 3 Grafik Perolehan Suhu Pembakaran Menggunakan Alas Pelat Besi Selama 11 Hari Dengan Jarak Waktu 12 Jam Sekali

Pada pembakaran yang kedua lebih cepat dua hari dibandingkan dengan pembakaran yang pertama karena menggunakan alas pelat besi, suhu juga lebih cepat naik dibandingkan dengan pembakaran tanpa alas, namun untuk penjagaan apinya sering mati, akibatnya dapat dilihat pada grafik suhu yang berlangsung didalam tungku tidak beraturan. Terjadi naik turun suhu yang sangat jauh sehingga tidak konstan. Ini dikarenakan perlakuan penjagaan api yang sering mati membuat suhu di dalam tungku tidak normal. Hasil suhu rata-rata dapat dilihat pada grafik dibawah ini:



Gambar 4 Grafik Perolehan Suhu Rata-Rata Hasil Pembakaran Menggunakan Alas Pelat Besi

Tabel 4 Hasil ArangBerdasarkanSampel Pada PembakaranKedua

Sampel	Berat Awal (Kg)	Berat Akhir (Kg)	Selisih (Kg)	Persen (%)	Terkarbonisasi (Kg)	Tidak Terkarbonisasi (Kg)
1	9.5	2.4	6.1	25.2	1.8	0.6
2	10.7	2.8	7.9	26.1	2.3	0.5
3	10.2	2.6	7.6	25.4	2.1	0.5
4	9.6	2.4	7.2	25	2	0.4
5	11	3.2	7.8	29	2.9	0.3
6	9.2	2.6	6.6	27.3	2.3	0.3
7	9	3.1	5.9	34.4	2.5	0.6
8	10.3	3.5	6.8	33.9	2.8	0.7
9	10.6	2.1	8.5	19.8	1.8	0.3
10	11.1	2.8	8.3	25.2	2.5	0.3
Total	100.8	27.5	72.7	27.13	23	4.5

Dapat dilihat pada tabel hasil dari dua kali pembakaran tersebut, pada pembakaran kedua menggunakan alas pelat besi lebih cepat dua hari dibandingkan dengan pembakaran yang pertama. Namun untuk hasil arang yang diproduksi banyak termakan oleh api dan patah-patah, ini di sebabkan pada saat pengecilan pintu pembakaran dan pengecilan cerobong asap yang terlalu cepat, sehingga terjadi buka tutup jendela atas.

Hasil AkhirKeduaPembakaran

1. Tanpa Alas

Hasil keseluruhan dihitung berdasarkan dari sampel yang telah dibuat. Dengan kapasitas tungku 4500 kg. Untuk menentukan rendemen, menggunakan rumus persamaan (1) yaitu:

$$Rendemen\ (\%) = \frac{Output}{Input} = \frac{28.2\ kg}{100.5\ kg} = 0.28$$

$$= 0.28 \times 4500$$

$$= 1.260\ kg$$

Jadi, rendemen yang didapat dari sampel 100 kg sebesar 0.28 dikali dengan kapasitas tungku sebesar 4500 kg. Jadi hasil keseluruhan sebesar 1.260 kg.
Dimana :
Output = Beratarang (Kg)
Input = Beratbahanbaku (Kg)

2. Alas Pelat Besi

Hasil keseluruhan dihitung berdasarkan dari sampel yang telah dibuat. Dengan kapasitas tungku 4500 kg. Untuk menentukan rendemen, menggunakan rumus persamaan (1) yaitu:

$$Rendemen\ (\%) = \frac{Output}{Input} = \frac{27.5\ kg}{100.8\ kg} = 0.27$$

$$= 0.27 \times 4500$$

$$= 1.215\ kg$$

Jadi, rendemen yang didapat dari sampel 100 kg sebesar 0.27 dikali dengan kapasitas tungku sebesar 4500 kg. Jadi hasil keseluruhan sebesar 1.215 kg.
Dimana :
Output = Beratarang (Kg)
Input = Beratbahanbaku (Kg)

Analisa Hasil BerdasarkanTujuan

Beradarkan hasil penelitian yang telah penulis lakukan, penulis akan menganalisa berdasarkan tujuan yang telah dibuat dimana telah dijelaskan pada bab satu, yaitu:

- Mengetahui penyebab arang tidak terkarbonisasi sampai kebawah.
- Menghasilkan pembakaran arang yang maksimal
- Mengetahui berapa persen hasil produksi yang menjadi arang
- Mengetahui berapa persen yang jadi abu

1. Mengetahui penyebab arang tidak terkarbonisasi sampai ke bawah

Dari penelitian yang telah dilakukan, didapati hasil sebagai berikut:

Tabel 5 Hasil Rata-Rata Keseluruhan

No	Pembakaran	Hasil Arang (Kg)	Terkarbonisasi (Kg)	Tidak Terkarbonisasi (Kg)	Abu (Kg)
1	Tanpa Alas	28.2	28.2	-	1.9
2	Alas Pelat Besi	27.5	23	4.5	2.1

Dapat disimpulkan bahwa hasil dari kedua pembakaran tersebut terdapat selisih dimana pada pembakaran pertama hasil arangs ebanyak 28.2 kg dan pembakaran kedua sebanyak 27.5 kg. Hal ini bukan dikarenakan oleh penambahan pelat. Penambahan pelat dilakukan karena analisa awal

bahwa kelembaban tanah menjadi salah satu faktor penyebab terjadinya kepala arang. Tetapi setelah dilakukan penelitian dengan mengamati langsung di lapangan, yang sangat berpengaruh besar penyebab terjadinya arang tidak terkarbonisasi itu adalah penjagaan temperature suhu di dalam tungku karena pada pembakaran kedua didapati api sering kali mati yang menyebabkan suhu di dalam tungku tidak stabil.

Kelembaban tanah juga termasuk salah satu faktor penyebab, namun tidak berpengaruh besar terhadap hasil.

2. Menghasilkan Pembakaran Arang Yang Maksimal

Pada kesimpulannya untuk menghasilkan pembakaran yang maksimal, harus memperhatikan beberapa faktor

- Suhu.
- Lama karbonisasi
- Pengecilan pintu pembakaran dan cerobong asap
- Penutupan pintu pembakaran

3. Mengetahui Berapa Persen Hasil Produksi Yang Menjadi Arang

- Pembakaran Tanpa Alas

Kapasitas tungku pembakaran arang sebesar 4.500 kg, dari pembakaran yang telah dilakukan. Didapati hasil akhir keseluruhan sebesar 1.260 kg. Untuk mengetahui persen dari pembakaran tersebut, menggunakan rumus persamaan (2).

$$Rendemen\ (\%) = \frac{Output}{Input} \times 100$$

$$= \frac{1.260\ kg}{4500\ kg} \times 100$$

$$= 0.28 \times 100$$

$$= 28\ \%$$

Jadi, dari pembakaran yang pertama diperoleh hasil sebesar 28 %

- Pembakaran Menggunakan Alas Pelat Besi

Kapasitas tungku pembakaran arang sebesar 4.500 kg, dari pembakaran yang telah dilakukan. Didapati hasil akhir keseluruhan sebesar 1.215 kg. Untuk mengetahui persen dari pembakaran tersebut, menggunakan rumus persamaan (2).

$$Rendemen\ (\%) = \frac{Output}{Input} \times 100$$

$$= \frac{1.215\ kg}{4500\ kg} \times 100$$

$$= 0.27 \times 100$$

$$= 27\ \%$$

Jadi, dari pembakaran yang kedua hasil keseluruhan sebesar 27 %

4. Mengetahui Berapa Persen Yang Jadi Abu

Tabel 6 Hasil Persen Abu

No	Pembakaran	Abu	Persen (%)
1	Tanpa alas	1.9	0.019
2	Alas pelat besi	2.1	0.021

Jadi, perolehan hasil abu dari kedua pembakaran tersebut untuk tanpa menggunakan alas sebesar 0.019% dan menggunakan alas pelat besi sebesar 0.021 %. Hasil persen diambil berdasarkan berat semua sampel sebelum di arangkan.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Penyebab terjadinya arang yang tidak terkarbonisasi tersebut dipengaruhi oleh kondisi temperatur didalam tungku dan juga proses penutupan pintu pembakaran yang terlalu cepat. Penambahan pelat tidak berdampak besar terhadap hasil, namun lebih untuk kepeningkatan suhu tungku.
2. Pembakaran yang dihasilkan akan maksimal jika perlakuan terhadap tungku memperhatikan beberapa faktor diantaranya:
   a. Suhu.
   b. Lama karbonisasi.
   c. Proses pengecilan dan penutupan pintu
   d. pembakaran.
   e. Proses penutupan cerobong asap dan
   f. jendela atas.
3. Hasil arang dalam satu tungku dihitung berdasarkan sampel, dimana pada proses pembakaran pertama seberat 100.5 kg dan pembakaran kedua seberat 100.8 kg sebelum diarangkan. Setelah diarangkan, hasil arang daripada pembakaran pertama berdasarkan sampel seberat 28.2 kg dan pada pembakaran kedua seberat 27.5 kg. Jadi untuk hasil arang satu tungku setiap produksi adalah 28 % tanpa menggunakan alas dan 27 % menggunakan alas.
4. Rendemen dihitung berdasarkan berat sampel kemudian diskalakan dengan kapasitas tungku yaitu sebesar 4.5 ton.

5. Hasil abu dari kedua pembakaran tersebut untuk tanpa menggunakan alas sebesar 85.5 kg dan dipersenkan menjadi 0.019 % dan untuk menggunakan alas pelat besi sebesar 94.5 kg dan di persenkan 0.021 %. Jadi pada pembakaran kedua abu lebih banyak daripada pembakaran yang pertama.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Nurhayati Tjutju. 1995. Pembuatan Arang Kayu Karet (HeveaBrasilliensis) Pada Tungku Kubah Model S-93 (Charcoal Production Of Rubber Wood (HeveaBrasilliensis) In Dome Kiln Of S-93 Model
[2] Sumantri Mulyani, Dkk. 1999. Strategi Belajar Mengajar. Jakarta. Dirjen Dikti
[3] Amirin T. 2011. Populasi Dan Sampel Penelitian 4 : Ukuran Sampel Rumus Slovin. Jakarta. Erlangga

PEMANFAATAN KARBON AKTIF LIMBAH KELAPA SAWIT SEBAGAI MEDIA ALTERNATIF FILTER GAS H2S PADA BIOGAS

Hegar Partogy Ambarita, Saparin, Eka Sari Wijianti

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung Merawang
Kabupaten Bangka
Email : saparinpdca@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan memurnikan biogas dari gas pengotor yaitu H2S (hydrogen sulfide) yang apabila memiliki kandungan yang tinggi atau tidak dihilangkan bisa menyebabkan keracunan, mengurangi proses pembakaran serta dapat merusak komponen-komponen permesinan sehingga menjadi korosif. Beberapa penelitian dengan berbagai macam teknologi pemurnian telah di kembangkan yaitu metode absorbs dengan memakai berbagai macam absorben. Salah satu absorben yang digunakan adalah karbon aktif yang berasal dari limbah kelapa sawit yaitu cangkang kelapa sawit dan fiber dengan komposisi 75% dan 25% yang mengalami proses pembakaran didalam tungku boiler sampai suhu 1400ºC, hasil dari pembakaran inilah yang akan menghasilkan karbon aktif untuk digunakan sebagai absorben gas pengotor biogas. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan filter furifikasi atau bisa disebut dry filter. Metode ini di nilai sangat efektif untuk menyerap kandungan gas H2S dalam biogas. Untuk mengetahui efektifitas penyerapan, maka dilakukan penambahan karbon aktif pada dry filter. Percobaan dilakukan dengan cara menyemprotkan Gas H2S melalui media filter yang telah dibuat. Hasil percobaan menunjukkan penggunaan karbon aktif pada dry filter dapat mengurangi kadar H2S sebesar 90%.

Kata Kunci: Biogas, Karbon aktif, adsorbs, limbah kelapa sawit.

ABSTRACT

This study aims to purify biogas from impurities gas, namely H2S (hydrogen sulfide) which, if it has a high content or is not removed can cause poisoning, reduce the combustion process and can damage the machining components so that it becomes corrosive. Several studies with various purification technologies have been developed, namely the method of absorbs by using various types of absorbent. One of the absorbents used is activated carbon derived from palm oil waste, which are oil palm shells and fibers with a composition of 75% and 25% that undergo combustion processes in a boiler furnace to a temperature of 1400ºC, the result of this combustion will produce activated carbon to be used as absorbent gas biogas impurities. This research was conducted using furification filters or can be called dry filters. This method is considered very effective for absorbing H2S gas content in biogas. To determine the effectiveness of absorption, then the addition of activated carbon to the dry filter is carried out. The experiment was carried out by spraying H2S gas through a filter media that had been made. The experimental results show the use of activated carbon in the dry filter can reduce H2S levels by 90%.

Keywords: *Biogas, activated carbon, adsorbs, palm oil waste.*

PENDAHULUAN

PT. Bangka Biogas Synergy adalah salah satu unit operasional yang bergerak di bidang pembangkit listrik yang proses produksinya mengacu pada peraturan pengolahan limbah dengan pemanfaatan limbah cair industri sawit untuk energy. Pada proses produksi terdiri dari beberapa proses, yaitu proses *Anaeriobic Digester, Gas Scrubber, Chiller Dryer with HE, Gas Blower, Caterpillar* CG170-20 1X2 MW, yangenergi listriknya di distribusikan ke PLN kemudian distibusikan ke konsumen.

Pada proses mesin kadar H_2Snya tidak stabil. Tidak stabilnya H_2S mengakibatkan kurang maksimalnya kinerja pada ruang bakar mesin,

apabila kadar dari H_2S meningkat dapat mengakibatkan gas CH_4 menjadi turun, hasilnya mesin bisa mengalami *knocking* dan akibatnya sangat berbahaya terhadap komponen pada mesin, selain itu juga kandungan H_2S apabila terus menerus masuk kedalam *engine* berakibat komponen didalam *engine* akan mengalami korosi.

Di PT Bangka Biogas Synergy sering terjadi permasalahan mengenai tingginya kadar H_2S. Hal ini tentu mengakibatkan Gas metana (CH_4) drop, yang dimana harapannya gas metana yang dihasilkan itu beriksar 60%. Kemudian dari pada itu juga masalah H_2S yang tinggi dapat mempengaruhi kondisi didalam *engine*. Salah satu metode yang digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan cara mereduksi kadar Hidrogen Sulfida (H_2S) dengan metode Filtrasi. Penerapannya yaitu menggunakan *Dry Filter (*Penyaringan Kering). Prinsipnya gas masuk ke dalam Filter dan melewati media yang terdapat pada *Dry Filter*, kemudian gas-gas pengotor akan di serap oleh media tersebut seperti H_2S. Untuk mengetahui apakah H_2S terfilter dengan baik yaitu dengan cara melakukan pengecekan rutin setiap 4 jam sekali dalam sehari, menggunakan Gas Analyzer.

Ketetapan kadar H_2S yang mampu disaring menggunakan *Dry Filter* mencapai 75%. Untuk perwatannya, yaitu dilakukan setiap 4 bulan sekali. Namun pada praktiknya hasil efisiensi dari *Dry Filter* tidak stabil, dan bahkan hampir di bawah < 50%. Apabila hasil efisiensi dibawah 50% maka dilakukan perbaikan seperti pembongkaran dan penggantian media yang baru untuk mengembalikan efisiensi *Dry Filter*.

Oleh karena itu diperlukan media filter yang mampu mereduksi kadar H_2S yang terdapat pada Gas CH_4 agar proses pembakaran pada mesin semakin baik dan kondisi dari komponen mesin pun bisa terjaga. Salah satu cara untuk mengatasi hal ini adalah dengan memanfaatkan limbah-limbah sawit yaitu cangkang, *fiber* dan karbon aktif (arang boiler) yang digunakan sebagai media filter yang prinsipnya seperti model saringan-saringan pada umumnya

Tabel 1 Data Efisiensi Dry Filter [9]

Tanggal	Waktu	AWF	ADF	Efisiensi %
20/06/19	10.00 WIB	749	462	38%
	14.00 WIB	1410	1015	28%
21/06/19	10.00 WIB	789	590	25%
	14.00 WIB	1144	704	38%

Sumber : Buku Harian PT Bangka Biogas Synergy. 2019

Karbon Aktif

Karbon aktif adalah karbon tak berbentuk yang diolah secara khusus untuk menghasilkan luas permukaan yang sangat besar, berkisar antara 300-2000 m3 /gr. Luas permukaan yang besar dari struktur dalam pori-pori karbon aktif dapat dikembangkan, struktur ini memberikan kemampuan karbon aktif menyerap (adsorb) gas-gas dan uap-uap dari gas dan dapat mengurangi zat-zat dari liquida [6].Karbon aktif dapat mengadsorpsi gas dan senyawa-senyawa kimia tertentu atau sifat adsorpsinya selektif, tergantung pada besar atau volume pori-pori dan luas permukaan.Daya serap karbon aktif sangat besar, yaitu 25-100% terhadap berat karbon aktif [12].

Gambar 1 Karbon Aktif

Perusahaan Putra Bangka Mandiri (PBM), adalah pengelola kelapa sawit hingga menjadi minyak kelapa sawit. Dalam proses produksi kelapa sawit juga menghasilkan limbah yang jika tidak diolah maka akan menjadi permasalahan lingkungan. Limbah-limbah tersebut adalah cangkang, jangkos fiber. Cara pengelolaan limbah tersebut dilakukan pada fiber dan cangkang sebagai bahan bakar untuk menghidupkan mesin uap. Terlepas dari itu semua, hasil pembakaran dari fiber dan cangkang, masih meninggalkan limbah, itulah yang disebut Arang Arang Boiler (Karbon Aktif). Fiber dan Cangkang tersebut di bakar, komposisi yang digunakan adalah 75% (fiber) dan 25% cangkang. Pada proses pembuatan karbon aktif Limbah, suhu pada ruangan steam dijaga hingga 1400ºC, kemudian hasil pembakaran akan menghasilkan uap dan sisa-sisa pembakaran berupa (Arang Boiler). Tekanan yang di hasilkan selama pembakaran sebesar 23 bar (300psi) yang akan di salurkan ke turbin uap untuk memutarkan turbin dengan putaran 5400 rpm. Dari turbin ini mampu membangkitkan energi listrik sebesar 1Mw, dan energy listrik ini di distrubusikan untuk listrik perusahaan tersebut.

Fungsi Karbon Aktif

Pada umumnya karbon/arang aktif digunakan sebagai bahan pembersih, dan penyerap, juga digunakan sebagai bahan pengemban katalisator. Pada industri karet ban arang aktif yang mempunyai sifat radikal dan serbuk sangat halus, digunakan sebagai bahan aditif kopolimer.

1. Karbon aktif berfungsi sebagai filter untuk menjernihkan air.
2. Karbon aktif berfungsi sebagai adsorben pemurnian gas.
3. Karbon aktif berfungsi sebagai filter industri minuman.
4. Karbon aktif berfungsi sebagai penyerap hasil tambang dalam industri pertambangan.

Proses Pembuatan Karbon Aktif

Secara umum proses pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap yaitu:

1. Dehidrasi

Dehidrasi ialah proses penghilangan kandungan air didalam bahan baku dengan cara pemanasan didalam oven dengan temperatur 170ºC. Pada suhu sekitar 275ºC terjadi dekomposisi karbon dan terbentuk hasil seperti tar, methanol, fenol dan lain-lain. Hampir 80% unsur karbon yang diperoleh pada suhu 400-600ºC [14].

2. Karbonisasi

Karbonisasi adalah suatu proses dimana unsur-unsur oksigen dan hidrogen dihilangkan dari karbon dan akan menghasilkan rangka karbon yang memiliki struktur tertentu. Hesseler berpendapat bahwa untuk menghasilkan arang yang sesuai untuk dijadikan karbon aktif, karbonisasi dilakukan pada temperatur lebih dari 400ºC akan tetapi hal itu juga tergantung pada bahan dasar dan metoda yang digunakan pada aktivasi.

Aktivasi

Karbonisasi Aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengaranga [13]. Proses aktivasi menghasilkan karbon oksida yang tersebar dalam permukaan karbon karena adanya reaksi antara karbon dengan zat pengoksidasi [5]. Tujuan utama dari proses aktivasi adalah menambah atau mengembangkan volume pori dan memperbesar diameter pori yang telah terbentuk pada proses karbonisasi serta untuk membuat beberapa pori baru.

Adsorbsi

Adsorbsi adalah peristiwa penyerapan pada permukaan suatu adsorben, misalnya adsorpsi zat padat terhadap gas atau zat cair. Zat yang teradsorpsi disebut sebagai adsorbat dan zat pengadsorpsi disebut adsorben [4]. Adsorpsi adalah salah satu proses penyerapan dimana suatu cairan atau gas akan terikat pada suatu padatan atau cairan (absorben) dan membentuk.

Tabel 2 Jenis Absorbi

Jenis	Penyebab	Contoh
Adsorbsi Fisika	Terjadi ketika gaya tarik molekul antara larutan dan permukaan media lebih besar daripada gaya tarik substansi terlarut dan larutan, maka substansi terlarut akan diadsorpsi oleh permukaan media	Adsorpsi oleh zeolit, silika gel, dan karbon aktif. Aktivasi karbon aktif
Adsorbsi Kimia	Terjadi ketika terbentuknya ikatan kimia antara substansi terlarut dalam larutan dengan molekul dalam media	*Metal hydride, calcium sholide,dan Ion exchange*

Sumber: tugas makalah pp1 absorbsi dan adsorbs

METODE PENELITIAN

Penelitian bersifat eksperimental dan dilakukan di PT Bangka Biogas Synergy. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi persiapan dan pembuatan prototype dry filter kemudian melakukan pengujian alat serta menganalisa kandungan H_2S pada biogas dengan menggunakan metode filtrasi menggunakan karbon aktif. Parameter dalam penelitian adalah perubahan kadar H_2S yang terkandung dalam biogas melalui keluaran filter. Dari hasil keluaran gas ini maka diketahui apakah Karbon Aktif memiliki efisien yang baik apabila dijadikan media alternative pada dry Filter.

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di PT Bangka Biogas Synergy di mulai pada tanggal 10 – 25 Juni 2019 dan pengujian dilakukan di stasiun *biogas dry system.*

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini antara lain: *gas analyzer*, pipa paralon PVC, tutup pipa, pentil ban, selang bensin, lem pipa, kunci pas, gunting. Bahan yang digunakan antara lain: karbon aktif, fiber, dan cangkang.

Skema dan Komposisi Alat Uji

Pada proses pengujian alat yaitu dengan mamasukkan media seperti cangkang, *Fiber* dan Karbon aktif ke dalam *Prototype Dry Filter* dengan komposisi pada Tabel 2:

Tabel 3 Komposisi filter Gas H_2S

No	Media	Jumlah
1	Cangkang	200 gram
2	*Fiber* (Serabut)	100 gram
3	Arang Boiler	500 gram

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Prototype *Dry Filter*

Berikut ini proses pembuatan Prototype *Dry Filter*:

1. Siapkan Pipa Paralon PVC dengan diameter 3 inch, kemudian Potong dengan panjang pipa 220 mm.
2. Lubangi bagian tepi dinding pipa dengan ukuran diameter ¼.
3. Pasang pentil ban pada bagian yang dilubangi kemudian kecangkan menggunakan Kunci ring pas ukuran 12.
4. Kemudian tutup bagian dasar pipa menggunakan penutup pipa dengan melakukan pengeleman untuk menutupi dan mereketkan tutup pipa pada bagian pipa.
5. Kemudian lubangi tutup pipa berikutnya yang akan digunakan sebagai penutup dari pipa tersebut dengan ukuran ¼.
6. Pasang pentil ban pada penutup pipa yang sudah dilubangi tersebut

Gambar 2 Prototype dry filter

Efisiensi

Untuk mengetahui berapa efisiensi dari filter yang dipakai, maka diperlukan perhitungan sebagai berikut:

$$\boldsymbol{Efisiensi} = \frac{\boldsymbol{AB-DRY}}{\boldsymbol{AB}} \boldsymbol{x}\ \mathbf{100}\ \% \quad \text{..... (1)}$$

Langkah Pengujian

1. Pastikan Alat-alat yang dibutuhkan sudah siap dan kondisi gas siap untuk dilakukan pengujian.
2. Kemudian Aktifkan terlebih dahulu Gas Analyzer dan lakukan *purging* (pembuangan) selama 180 detik, tujuannya untuk membersihkan sisa gas yang terdapat pada Gas Analyzer seperti CH_4, H_2S, CO_2.
3. Langkah selanjutnya biogas diukur terlebih dahulu kadarnya dengan pengambilan sampel gas *biogas blower* dengan memasangkan selang yang ada pada Gas Analyzer pada pipa gas *biogas blower.*
4. Lakukan pengambilan sampel (waktu yang dibutuhkan untuk mengambil sampel yaitu selama 120 detik).
5. Kemudian catat hasil kandungan H_2S yang ditampilkan pada Gas Analyzer
6. *Purging (*pembuangan) kembali Gas Analyzer untuk membuang sisa hasil pengecekan gas.
7. Pengoperasian alat uji dengan cara memasang *prototype dry filter* pada saluran *biogas blower* yang disaluran melalui *inletdry filter* kemudian saluran *outlet* dipasangkan Gas Analyzer untuk melihat efisiensi dari *prototypedry filter.*
8. Lakukan pengujian dan catat hasil pengujian filter.
9. Untuk memperoleh data yang maksimal dan valid lakukan pengambilan data sebanyak 3 (tiga) untuk masing-masing sampel pengujian alat.

Hasil Pengujian Alat

1. Pengujian hari ke-1

Hasil pengujian alat pada perubahan kadar H_2S dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Keterangan : Kondisi *Engine Off* (Mati) atau *Collective* Gas
Tanggal : **20 Juni 2019**
Waktu : 08.30 dan 13.00 WIB

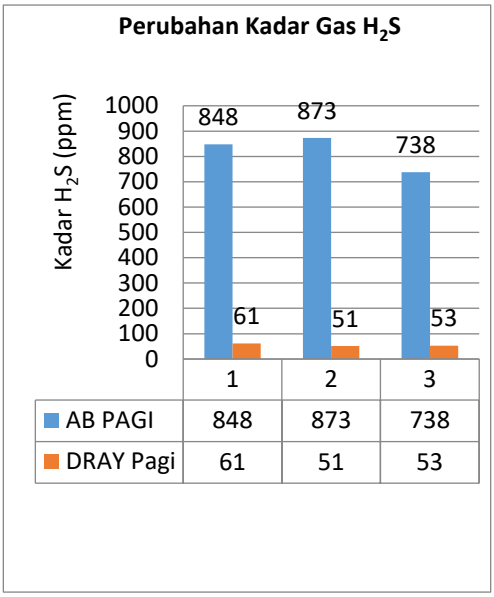
Tabel 4 Hasil pengujian hari ke-1 (pagi)

No	AB (Awal)	DRY (Akhir)	*Efisiensi %*
	H_2S	*H_2S*	
1	380	52	86%
2	396	30	92%
3	425	33	92%

Tabel 5 Hasil pengujian hari ke-1 (siang)

No	AB (Awal)	DRY (Akhir)	*Efisiensi %*
	H_2S	*H_2S*	
1	797	54	93%

2	979	47	95%
3	988	47	95%



Gambar 3 Grafik hasil kadar H_2S pada AB dan DRY hari ke-1

Pada gambar 3, terlihat pengaruh penggunaan karbon aktif dari limbah cangkang kelapa sawit terhadap daya serap Hidrogen Sulfida (H_2S). Kandungan H_2S pada gas yang dihasilkan pada biogas PT Bangka Biogas Synergy setelah melalui *After Blower* (AB) dengan angka rata-rata yaitu 400 ppm, namun setelah melalui proses *Dry Filter* Karbon Aktif, kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 38 ppm, artinya efisien dari Prototype *Dry Filter* (DRY) mencapai 91%. Kemudian pengambilan data juga dilakukan pada siang hari, pukul 13.00 WIB, dengan hasil pengujian setelah melalui *After Blower* (AB) yaitu dengan angka rata-rata 921 ppm, dan kadar H_2S mengalami penurunan dengan hasil pengujian menggunakan *Dry Filter* dengan angka rata-rata 49 ppm, artinya efisiensi dari alat ini sebesar 95%.

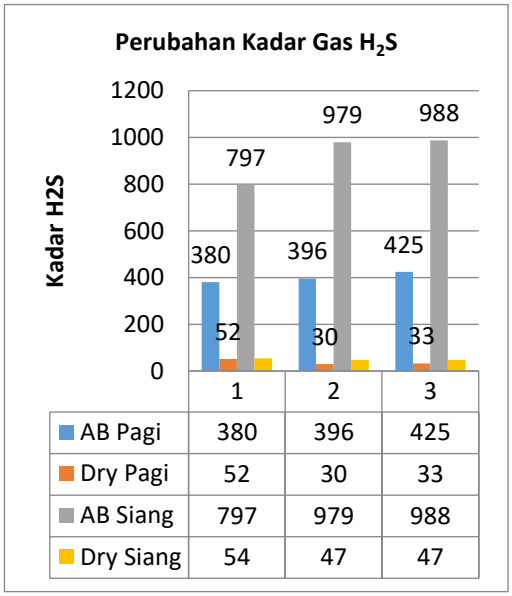
2. Pengujian hari ke-2

Hasil pengujian pada hari kedua di informasikan pada Tabel 5.

Keterangan : *Engine Off* dan Perbaikan *Wet Filter*
Tanggal : **21 Juni 2019**
Pukul : 08.30 WIB

Tabel 6 Hasil pengujian hari ke-2

No	AB (Awal)	DRY (Akhir)	*Efisiensi %*
	H_2S	*H_2S*	
1	848	61	93%
2	873	51	94%
3	738	53	93%



Gambar 4 Grafik hasil kadar H_2S AB dan *prototype Dry Filter* hari ke-2

Dari Tabel 5 dan Gambar 4 dapat diketahui juga bahwa kadar H_2S awal setelah pengambilan sampel gas yang diperoleh dengan pengambilan sampel di AB (*After Blower)* yaitu dengan rata-rata 819 ppm, namun setelah menggunakan Prototype *Dry Filter* hasil kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 55 ppm, dengan efisiensi 93%.

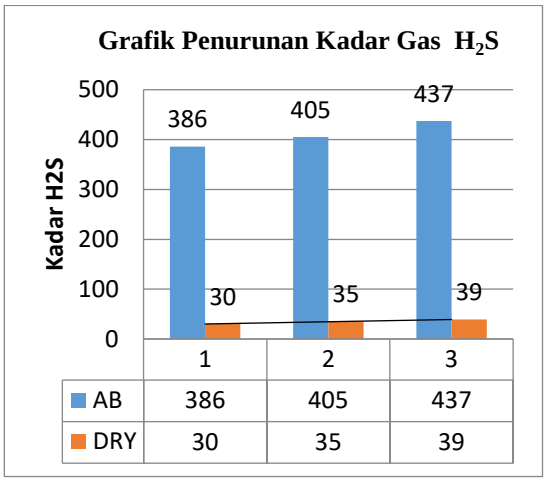
3. Hasil pengujian hari ke-3

Hasil Pengujian pada hari ke-3 diinformasikan pada Tabel 6.

Keterangan : Engine ON, Perbaikan Wet Filter dan Injection Oksigen
Tanggal : **22Juni 2019**
Waktu : 08.30 WIB

Tabel 7 Hasil pengujian hari ke-3

No	AB (Awal)	DRY (Akhir)	*Efisiensi %*
	H_2S	*H_2S*	
1	386	30	92%
2	405	35	91%
3	437	39	91%



Gambar 5 Grafik hasil kadar H_2S AB dan prototype DRY hari ke-3

Dari Tabel 6 dan Gambar 5 dapat diketahui bahwa kadar H_2S awal dengan pengambilan sampel pada AB (*after blower)* yaitu dengan angka rata-rata 409 ppm, namun setelah menggunakan Prototype *Dry Filter*, kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 35 ppm, dengan efisiensi 91%.

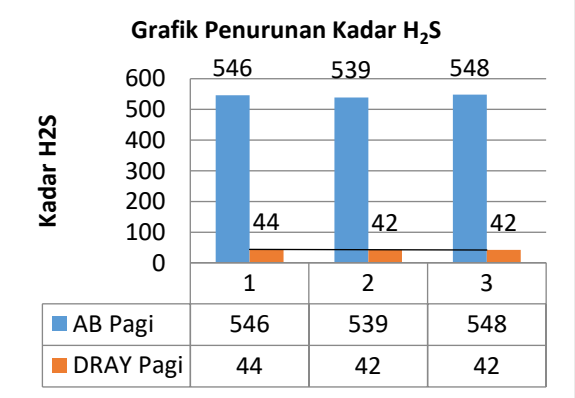
4. Hasil pengujian hari ke-4

Hasil Pengujian pada hari berikutnya di informasikan pada Tabel 7.

Keterangan : *Engine ON* dan *Injection Oksigen*
Tanggal : **24 Juni 2019**
Waktu : 08.30 WIB

Tabel 8 Hasil pengujian hari ke-4

No	AB (Awal) H_2S	DRY (Akhir) H_2S	*Efisiensi %*
1	546	44	92%
2	539	42	91%
3	548	42	92%



Gambar 6 Grafik hasil kadar H_2S AB dan *prototype dry filter* hari ke-4

Dari Tabel 7 dan Gambar 6, dapat diketahui bahwa kadar H_2S awal yaitu dengan rata-rata 544 ppm, namun setelah menggunakan Prototype *Dry Filter* kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 43 ppm ppm, dengan efisiensi 92%.

1. Hasil Pengujian ke-5

Hasil Pengujian pada hari berikutnya di informasikan pada Tabel 8 dan Tabel 9

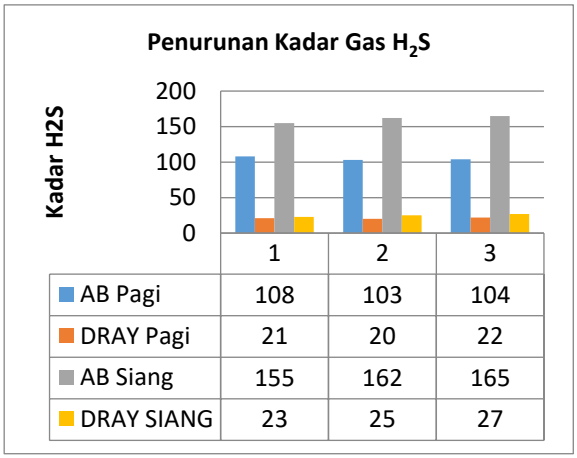
Keterangan : Engine ON dan Injection Oksigen
Tanggal : **25 Juni 2019**
Waktu : 08.30 WIB dan 13.00 WIB

Tabel 9 Hasil Pengujian hari ke-5 (pagi)

No	AB (Awal) H_2S	DRY (Akhir) H_2S	*Efisiensi %*
1	108	21	81%
2	103	20	81%
3	104	22	79%

Tabel 10 Hasil Pengujian hari ke-5 (siang)

No	AB (Awal) H_2S	DRY (Akhir) H_2S	*Efisiensi %*
1	155	23	85%
2	162	25	85%
3	165	27	84%



Gambar 7 Grafik hasil kadar H_2S AB dan *prototype dry filter* hari ke-5

Dari Tabel 8 dan Tabel 9 dan Gambar 7 dapat diketahui bahwa kadar H_2S awal pada pengambilan sampel di AB (*After blower)* pada pagi hari yaitu dengan rata-rata 105 ppm, namun setelah menggunakan. Prototype *Dry Filter* kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 21 ppm, dengan efisiensi 80%. Kemudian pengujian

dilakukan pada siang hari memperoleh data awal yaitu kadar H_2S rata-rata 160 ppm, kemudian setelah menggunakan *Dry Filter* kadar H_2S mengalami penurunan dengan angka rata-rata 25 ppm atau dengan efisiensi mencapai 84%.

KESIMPULAN

Pemurnian biogas dari gas Hidrogen Sulfida (H_2S) dengan metode *Dry Filter* telah dilakukan. Prosesnya adalah dengan pemanfaatan limbah dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) seperti Cangkang kelapa sawit, *fiber*, dan Karbon Aktif. Dari penelitian ini, dapat di simpulkan bahwa limbah kelapa sawit dapat menjadi media filter gas H_2S. Penambahan karbon aktif juga sangat efektif meningkatkan daya serap H_2S, dimana efisiensi yang diperoleh dengan rata-rata 90%. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif sangat baik jika diaplikasikan sebagai media alternative karena mampu menyerap Gas H_2S pada *Prototype Dry Filter* secara optimal.

SARAN

Berdasarkan kesimpulan diatas dapat diajukan saran yang dapat menjadi bahan pertimbangan di kemudian hari sebagai berikut:

1. Penggunaan karbon aktif sebagai salah satu solusi permasalahan H_2S pada biogas dengan cara subtisusi kompos menggunakan karbon aktif (Arang Boiler) atau pencampuran kompos dan karbon Aktif untuk media *Dry Filter*.
2. Penelitian ini sangat terbatas hanya berskala laboratorium, maka untuk implementasinya perlu penelitian lebih lanjut.
3. Untuk Penelitian selanjutnya diharapkan untuk memvariasikan jumlah karbon aktif yang digunakan untuk mengetahui perbandingan penyerapan Karbon Aktif terhadap Gas H_2S

DAFTAR PUSTAKA

[1] Adamson, A. (1990). *Physical Chemistry of Surface, 5th ed.* New York: John Willey & Sons.
[2] Hassler. (1951). *Activated Carbon, Chemical* . New York.
[3] IPCS. (1985,). *Hidrogen Sulfide*. Retrieved Juli 06, 2019, from H2S: htttp://www.bvsde.ops-oms.org/bvsacd/who/ipc.pdf
[4] Kasmadi. (2002). *Kajian Sifat Adsorpsi Zeolit terhadap Zat Warna Sintesis Optimasinya.* Semarang: UNNES.
[5] Kinoshita. (1988). *Carbon: Electrochemical and Physicochemical Properties.* New York: John Wiley & Sons.
[6] Kirk, R. (1992). *Encyclopaedia of Chemical Technology.* New York: Interscience Publishing Inc.
[7] Metty dkk. (2012). Pemurnian Biogas Dari Gas Pengotor Hidrogen Sulfida (H2S) Dengan Memanfaatkan Limbah Geram Besi Proses Pembubutan. Bali: Universitas Udayana.
[8] PROXSIS. (2017, Januari). *Bahaya H2S Secara Umum dan Pengaruhnya Terhadap Manusia*. Retrieved Juli 04, 2019, from H2S: (https://oilandgasmanagement.net/bahaya-h2s/)
[9] PT BBS. (2017). Laporan Harian PT Bangka Biogas Synergi. Pangkalpinang: PT Bangka Biogas Synergi.
[10] Pujiyanto. (2010). *Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa.* Depok, Indonesia: Teknik Kimia.
[11] R. Sudrajat dan Salim S. (1994). Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif. Bogor.
[12] S, D. (2008). *Sifat arang aktif tempurung kemiri dan pemanfaatannya.* Bogor: Institut Pertanian Bogor.
[13] Shreve, R. N. (1977). *Chemical Process Industries.* Kogasha: McGrowHill.
[14] Smisek, M Cerney,S . (1970). *Active Carbon : Manufacture, Properties And Application.* Amsterdam: Elsevier.

KINERJA PENGERING PAKAIAN DENGAN MEDIA AIR PANAS MENGGUNAKAN ALAT PENUKAR KALOR BERBAHAN TEMBAGA

Yudi Setiawan[1], Saparin[2], Yohanes[3], Eka Sari Wijianti4

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Merawang Kabupaten Bangka

yudiubb@yahoo.co.id

Abstrak

Pemandian Air Panas Tirta Tapta Pemali yang merupakan salah satu aset wisata alam yang terletak di desa Pemali Kecamatan Pemali, sekitar 20 km dari Kota Sungailiat.Salah satu sumber energi yang dapat dimanfaatkan untuk mengeringkan pakaian pada obyek wisata Pemali yaitu ketersedian sumber air panas alami, dimana volume air yang keluar berlimpah. Alat pengering pakaian adalah sebuah alat/mesin yang berfungsi untuk mengeringkan pakaian dengan menggunakan sumber panas tertentu. Penelitian ini membuat Alat pengering pakaian adalah sebuah model (prototype) alat/mesin yang menggunakan sumber panas dengan suhu yang sama dengan suhu yang ada di pemandian air panas pemali. Air panas yang digunakan disamakan dengan kondisi air panas pada pemandian Tirta Tapta Pemali yaitu sekitar ±40oC.Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air panas ke pipa-pipa tembaga pada ruang pengeringan, uap panas yang dihasilkan akan digerakkan oleh angin dari blower untuk ditujukan kepakaian. Variasi penelitian yaitu debit alir air 2,4-3 liter/menit, 5,4 - 6 liter/menit, dan 10,9 - 11,5 liter/menit. Parameter yang diuji yaitu berapakah penurunan massa pakaian dan suhu pada ruang pengeringan setiap 5 menit sekali. Dari hasil penelitian menunjukkan rata-rata waktu tercepat untuk mengeringkan 7 buah pakaian yaitu selama 293,3menit dengan debit alir air 10,9 -11,5 liter/menit dengan rata-rata suhu ruangan teringgi 42,33 oC.

Kata Kunci: pengering, air panas, tembaga

Abstract

Tirta Tapta Pemali Hot Spring which is one of the natural tourism assets in the village of Pemali, Pemali Regency, about 20 km from Sungailiat City. One source of energy that can be used to dry clothes in Pemali attractions is a natural hot spring, while the volume of air that comes out increases. Clothes dryer is a device / machine that functions to dry clothes with certain heat sources. This research makes clothes dryer is a model (prototype) tool / machine that uses a heat source with the same temperature as the temperature of the hot air baths. The hot water used is likened to hot air in the Tirta Tapta Pemali bath, which is around ± 40oC. Research carried out by flowing hot air into the copper pipe in the drying chamber, the heat generated will be driven by the wind from the blower to be used. Variations in this study are the flow of water of 2.4 - 3 liters / minute, 5.4 - 6 liters / minute, and 10.9 - 11.5 liters / minute. The parameters issued are how much the mass of clothing and the temperature in the drying room every 5 minutes. 7 pieces of clothing, namely 293.3 minutes with water discharge 10.9 -11.5 liters / minute with the highest average room temperature of 42.33 oC

Keywords: *dryer, hot water, copper*

PENDAHULUAN

Salah satu obyek wisata yang menarik perhatian para wisatawan domestik dan wisatawan asing adalah pemandian air panas Tirta Tapta Pemali. Disini terdapat dua kolam air panas yang tersedia dengan suhu air yang berbeda. Kolam yang pertama dengan suhu air sekitar 38°C, dan air rendam di kolam satunya lagi yang lebih kecil dengan suhu 40°C. Sebagian besar pengunjung memanfaatkannya sebagai media terapi pengobatan maupun cuma sekedar relaksasi. Pemandian air panas Tirta Tapta Pemali dikategorikan sebagai pemandian air panas alami karena dihasilkan secara langsung dari kerak bumi setelah dipanaskan secara geotermal (panas bumi). Energi panas bumi adalah energi terbarukan yang tidak tergantung pada iklim dan cuaca, juga ketersediannya yang berlimpah sehingga keandalan

terhadap sumber energinya tinggi. Dari segi pengembangan sumber energi ini juga mempunyai fleksibilitas yang tinggi karena dalam memenuhi kebutuhan beban dapat dilaksanakan secara bertahap sesuai dengan kebutuhan.

Hal umum yang rutin terjadi adalah ketika pengunjung selesai berendam di kolam air panas, mereka langsung meninggalkan lokasi dengan membawa pakaian yang basah, hal ini dikarenakan belum adanya fasilitas yang mendukung dalam hal mengeringkan pakaian, sehingga peneliti berpikir bagaimana cara memaksimalkan pemanfaatan air panas tersebut. Pemanfaatan sumber energi yang tersedia secara ideal yaitu dengan menciptakan alat pengering pakaian sebagai alatbantu untuk memanfaatkanya energi yang tersedia dimana air panas yang ada dimanfaatkan sebagai media untuk menghasilkan uap panas.

Uap air panas mempunyai sifat pindah panas yang lebih unggul dari pada udara pada suhu yang sama karena tidak ada tahanan terhadap difusi uap air dalam uap itu sendiri. Pada penelitian dilakukan tidak menggunakan sumber air panas pemali secara langsung, namun menggunakan media air panas lain yang mana kondisinya disamakan dengan kondisi air panas pada obyek wisata pemandian air panas Tirta Tapta Pemali, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan air panas yang tersedia untuk dimanfaatkan dalam hal mengeringkan pakaian.

Dalam merancang alat pengering pakaian peneliti menggunakan pipa tembaga sebagai bahan untuk memaksimalkan air panas yang tersedia, dimana air panas akan dialirkan melalui pipa yang tersusun secara horizontal pada sisi kiri, kanan dan belakang ruang pengeringan, saat mengalir air panas akan mentranferkan panas pada pipa, setelahnya pipa akan menghasilkan uap panas dan akan ditujukan ke pakaian yang ada didekatnya dengan bantuan angin dari blower untuk proses pengurangan kadar massa air yang ada pada pakaian.Fluida kerja yang dipergunakan di dalam proses pengeringan baju ini adalah udara. Udara dimasukkan ke dalam ruang pengering baju, dengan bantuan kipas. Kondisi udara masuk ruang pengering baju dikondisikan sedemikian rupa agar mempunyai kemampuan untuk mengeringkan baju yang berada di dalam ruang pengering. Ketika udara melintasi baju baju basah, udara akan menyerap air yang ada dan melekat pada baju.

Setelah mengambil air dari baju, udara dikeluarkan dari ruang pengering dengan kelembaban udara spesifik yang meningkat, demikian juga dengan kelembaban relatipnya. Pada proses ini, suhu udara menjadi menurun. Mesin pengering dapat dirancang dengan sistem terbuka maupun sistem tertutup. Sistem terbuka jika udara yang telah dipergunakan untuk proses pengeringan baju, dikeluarkan dari ruang pengering, dan tidak dipergunakan lagi. Sedangkan pada sistem tertutup, udara yang dikeluarkan dari ruang pengering baju dialirkan dan dipergunakan kembali untuk dikondisikan mesin siklus kompresi uap. Udara tersebut dikirim dan dilewatkan kembali melalui evaporator dan kondensor dari mesin siklus kompresi uap, hingga diperoleh kondisi udara yang sedemikian rupa, yang memiliki kelembaban spesifik yang rendah dengan suhu udara bola kering yang tinggi

Proses pengeringan dapat dibagi dalam dua periode, yaitu periode laju pengeringan tetap dan laju pengeringan menurun. Mekanisme pengeringan pada laju pengeringan menurun meliputi dua proses yaitu pergerakan air dari dalam bahan kepermukaan bahan dan pengeluaran air dari permukaan air ke udara sekitarnya. Laju pengeringan menurun terjadi setelah laju pengeringan konstan dimana kadar air bahan lebih kecil dari pada kadar air kritis [1].

Mekanisme pengeringan diterangkan melalui teori tekanan uap. Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan air terikat. Air bebas berada di permukaan dan yang pertama kali mengalami penguapan [2].

Mesin pengering pakaian energi listrik dengan mempergunakan siklus kompresi uap dengan mesin pengering dirancang untuk kapasitas 20 pakaian dan bekerja dengan sistem tertutup. Pakaian yang diuji adalah baju batik ukuran XL. Bila tanpa beban, mesin pengering mampu mengkondisikan udara di dalam lemari pengering pada suhu udara kering (Tdb): 57,1ºC, dan suhu udara basah (Twb): 23 ºC. Untuk mengeringkan 20 baju batik basah hasil perasan tangan memerlukan waktu sekitar 115 menit, sedangkan untuk mengeringkan 15 baju batik hasil perasan tangan memerlukan waktu sekitar 90 menit. Untuk mengeringkan 20 pakaian baju batik basah hasil perasan mesin cuci memerlukan waktu sekitar 55 menit [3].

Menurut [4], dalam penelitiannya yang berjudul "Mesin pengering pakaian sistem terbuka dengan debit aliran udara 0,32 m^3/s" dengan bahan pakaian yang gunakan yaitu salur polyester dengan ukuran panjang 20 cm, lebar 35 cm, dan tebal 0,2 cm. Variasi penelitian adalah jumlah pakaian yang terdiri dari; 5 pakaian, 10 pakaian, 15 pakaian, dan 20 pakaian. Data hasil penelitian untuk 5 pakaian dengan Massa pakaian basah awal 1,12 kg yaitu, massa pakaian kering 0,48 kg dengan T_2 rata-rata 47,1 ℃ dan RH_2 rata-rata 18,1 %. Untuk 10 pakaian dengan Massa pakaian basah awal 2,130 kg, massa pakaian kering 0,971 kg dengan T_2 rata-rata 47,3 ℃ dan RH_2 rata-rata 18.9 %. Untuk 15 pakaian dengan Massa pakaian basah awal 3,087 kg, massa pakaian kering 1,487 kg dengan T_2 rata-rata 47,9 ℃ dan RH_2 rata-rata 18,5 18.9 %. Sedangkan untuk 20 pakaian dengan

Massa pakaian basah awal 4,18 kg, massa pakaian kering 1,841 kg dengan T_2 rata-rata 48,6 ℃ dan RH_2 rata-rata 19 %.

Menurut [5], dalam penelitiannya yang berjudul "pengaruh temperatur terhadap pengeringan lada menggunakan media air panas", menggambarkan mesin pengering dengan memvariasikan temperatur air panas 70°C, 75°C, 80°C dan 85°C sebagai sumber panas dimana air panas dialirkan menuju pipa-pipa tembaga berdiameter ½ inchi untuk proses pengeringan, dimana dari hasil penelitian rata-rata suhu pengeringan yang dihasilkan antara 45 ℃ - 62 ℃ [6].

Dalam suatu proses pengeringan, dikenal dengan adanya laju pengeringan yang dibedakan menjadi dua tahap utama, yaitu laju pengeringan konstan dan laju pengeringan menurun. Laju pengeringan konstan terjadi pada lapisan air bebas yang terdapat pada permukaan bahan. Laju pengeringan ini terjadi sangat singkat selama proses pengeringan berlangsung, kecepatan penguapan air pada tahap ini dapat disamakan dengan kecepatan penguapan air bebas, sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Pada tahap ini kecepatan aliran air bebas dari dalam bahan ke permukaan lebih kecil dari kecepatan pengambilan uap air maksimum. Mesin pengering baju bekerja dengan sumber energi listrik, mempergunakan mesin yang bekerja dengan siklus kompresi uap [7]. Energi listrik dipergunakan untuk menggerakkan kompresor dari mesin kompresi uap dan menggerakkan kipas angin untuk mengalirkan udara yang dipergunakan untuk proses pengeringan baju. Komponen utama mesin siklus kompresi uap adalah: kompresor, kondensor, pipa kapiler, evaporator dan peralatan tambahan filter, dengan fluida kerja R134a. Kompresor yang dipergunakan sebanyak 2 buah, masing masing dengan daya 1,5 PK, sedangkan ukuran komponen yang lain menyesuaikan dengan besarnya daya kompresor. Kipas angin yang dipergunakan sebanyak 2 buah masing masing dengan daya sebesar 54watt yang dipasang di dekat kondensor, dan 2 buah kipas, masing masing dengan dengan daya 50 watt, yang difungsikan untuk mengalirkan udara dari ruang pengering ke ruang mesin siklus kompresi uap. Almari pengering dirancang untuk kapasitas 50 baju, dengan sistem tertutup. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan kondisi awal pakaian basah: (a) hasil perasan tangan dan (b) hasil perasan mesin cuci. Jenis pakaian: batik, ukuran XL Penelitian memberikan hasil, mesin pengering baju yang dirakit dapat bekerja dengan baik, dan (a) mampu mengkondisikan udara masuk ke dalam ruang pengeringan baju dengan suhu udara bola kering (Tdb) sekitar 74o C dan suhu udara bola basah sekitar 34 o C. (b) mampu mengeringkan 50 baju basah hasil perasan tangan secara serentak dalam waktu sekitar 150 menit dan mampu mengeringkan 50 baju basah hasil perasan mesin cuci secara serentak dalam waktu sekitar 70 menit.

METODOLOGI

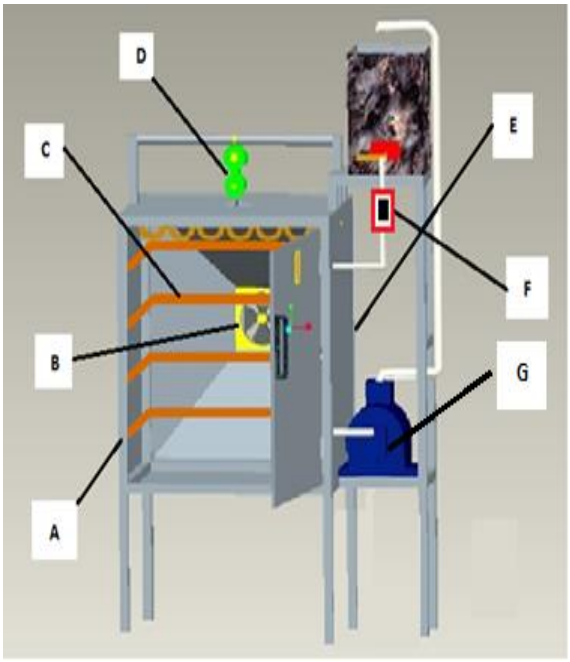
Kegiatan awal adalah mendesain rencana alat pengering pakaian yang akan dibuat menggunakan salah satu metode perancangan suatu alat yaitu dengan metode French, Dalam mendesain beberapa faktor harus diperhatikan sebelum pembutan alat seperti dimensi alat, biaya pembuatan keseluruhan, serta waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan alat. Lalu dilakukan persipan alat dan bahan sebelum pembutan alat pengering pakaian. Alat penelitian yang digunakan seperti gerinda tangan, tang rivet, bor tangan, gunting plat, meteran, alat bending pipa dan sebagainya. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu pipa tembaga, hollow tembaga, plat tembaga, paku keling dan sebagainya. Pada tahap ini pembutan alat pengering pakaian sesuai dengan yang telah direncanakan seperti dimensi alat, bentuk alat dan lain-lain.

Alat yang sudah dibuat setelahnya diuji coba apakah alat bisa digunakan sesui keinginan. Beberapa parameter yang diperhatikan dalam keberhasilan uji coba alat yaitu air mampu mengalir dengan lancar pada pipa, heater pada tangki penampungan atas mampu memanaskan air hingga suhu 40℃, serta angin dari blower mencapai posisi pakian. Jika uji coba alat berhasil Heater digunakan untuk memanaskan air. Heater yang digunakan dengan daya 300 Watt. Dalam penelitian ini air akan dipanaskan hingga mencapai suhu 40℃. Perpindahan panas sangat penting di bidang rekayasa teknik dan aspek-aspek kehidupan. Sebagai contoh, tubuh selalu mengeluarkan panas ke lingkungan dan kenyamanan tubuh kita terkait dengan proses pembuangan panas didalam tubuh. Untuk kenyamanan kita mengendalikan laju perpindahan panas ini dengan memakai pakaian yang sesuai dengan kondisi tubuh dan lingkungan diluar tubuh kita.

Banyak peralatan rumah tangga dibuat dengan memakai prinsip-prinsip perpindahan panas, seperti: peralatan masak, oven, setrika, mesin mobil, knalpot, pendingin ruangan dan lainlain. Mengingat pentingnya perpindahan panas ini didalam rekayasa teknik maka dilakukan penelitian Perbandingan Konduktivitas Logam untuk mengetahui studi perpindahan panas konduksi.

Analisa hasil penelitian dilakukan agar mengetahui sejauh mana alat yang dirancang mampu untuk mengeringkan pakaian dengan memanfaatkan air sebagai sumber panas. Pengujian dilakukan 3 kali menggunakan variasi debit alir yang berbeda, dimana debit alir air tersebut diatur menggunakan

keran.Langkah pertama yaitu memanaskan air pada tangka air bagian atas hingga mencapai suhu 40°C. Pengaturan suhu air pemanas dilakukan secara otomatis menggunakan thermostat yang sudah tersambung dengan heater, air panas yang digunakan yaitu dengan menggunakan media air panas yang lain dengan suhu yang sama pada pemandian air panas Tirta Tapta Pemali, apabila air sudah mencapai suhu yang diinginkan, maka thermostat akan memutus aliran listrik. Penelitian pertama yaitu menggunakan debit alir air 2,4-3L/m. Penelitian kedua menggunakan debit alir air 5,4-6L/m. Penelitian ketiga menggunakan debit alir air 10,9-11,5L/m. Pengukuran debit alir air dilakukan dengan menggunakan flow meter (alat pengukur kecepatan air). Pengambilan data penelitian setiap satu variable dilakukan tiga kali, setelahnya diambil nilai rata-rata pada setiap lama waktu pengambilan data. penurunan massa pakaian dan suhu ruangan setiap 5 menit.



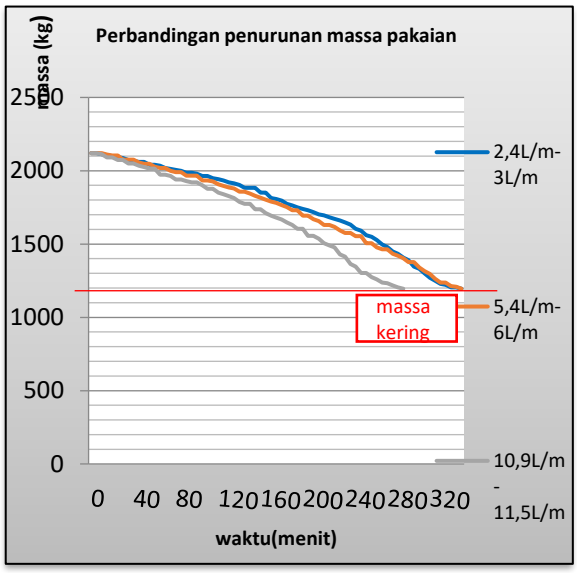
Gambar 1 Mesin pengering pakaian

Keterangan:
a. Rangka alat
b. Blower
c. Pipa tembaga
d. Timbangan digital gantung
e. Plat tembaga
f. Flow meter
g. Pompa air

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan Penurunan Massa Pakaian

Penurunan massa pakaian dengan lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan pakaian setiap variasi penelitian. Grafik menunjukkan perbedaan lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan pakaian. Untuk mengeringkan 7 buah pakaian variabel debit alir air 2,4-3L/m membutuhkan waktu 350 menit dan mencapai waktu rata-rata pengeringan selama 340 menit. Sedangkan dengan variasi debit alir air 5,4-6L/m membutuhkan waktu 350 menit dan mencapai waktu rata-rata pengeringan selama 348.33 menit, dan saat menggunakan debit alir air 10,9-11,5L/m waktu yang dibutuhkan selama 295 menit dan mencapai waktu rata-rata pengeringan selama 293,3 menit. Hasil tersebut mengambarkan besarnya pengaruh terhadap panas ruangan pengering untuk mengeringkan pakaian. Dari perbedaan hasil terhadap lama waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan pakaian diatas dengan variasi debit alir air 10,9-11,5L/m merupakan yang terbaik, hal ini dikarenakan panas yang dihasilkan sangat tinggi sehingga dengan cepat mengeluarkan serta menguapkan kandungan air pada pakaian serta lama waktu yang dibutuhkan saat proses lebih singkat.

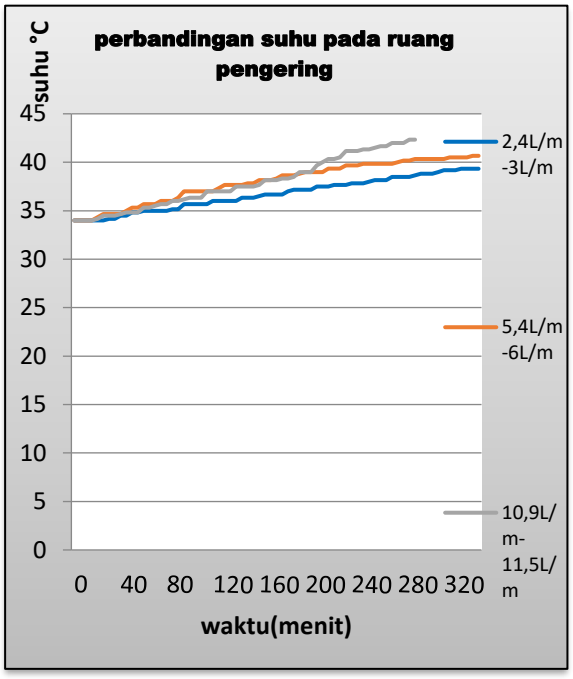


Gambar 2 Grafik perbandingan penurunan massa pakaian

Perbandingan Suhu Ruang Pengering

Dengan aliran air panas yang kontinyu pada pipa-pipa tembaga mampu menghasilkan uap panas pada ruang pengerisngan sehingga mampu mempengaruhi kenaikan suhu. Pada gambar grafik

4.8 menunjukkan perbedaan suhu yang dihasilkan setiap variasi penelitian, dari suhu awal ruang pengering dari 34℃ terus mengalami peningkatan. Saat debit alir air 2,4-3L/m menghasilkan suhu maksimal 39.33℃ setelah 350 menit lama waktu penelitian, saat menggunakan debit alir air 5,4-6L/m menghasilkan suhu maksimal 40.66℃ setelah 350 menit, sedangkan saat menggunakan debit alir air 10,9-11,5L/m menghasilkan suhu maksimal 42.33℃ setelah 295 menit.



Gambar 3 Grafik perbandingan suhu ruang pengering

Analisa penurunan massa dan kenaikan suhu

Dari perbandingan penurunan massa dan kenaikan suhu pada variasi tersebut bahwa kalor yang merambat dari air ke pipa tembaga (perpindahan panas secara konduksi) dipengaruhi oleh konduktivitas termal pipa, luas penampang pipa, dan panjang pipa, semakin banyak air panas yang mengisi volume pipa, maka pipa akan semakin cepat panas atau naiknya temperatur pipa tembaga. Kemudian perpindahan panas dari pipa tembaga menuju pakaian (perpindahan panas secara konveksi paksa), uap panas pipa ditujukan kepada pakaian secara paksa menggunakan kipas/blower sehingga panas yang ada pada pipa akan mempengaruhi laju pengeringan pada pakaian. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin cepat aliran air, maka transfer panas ke pipa tembaga akan semakin tinggi dan waktu untuk mengeringkan pakaian akan semakin cepat. Hal ini dikarenakan energi panas dari debit air yang mengalir lebih tinggi menyebabkan kehilangan energi menjadi lebih minimal.

KESIMPULAN

Waktu yang dibutuhkan untuk mengeringkan 7 buah pakaian saat menggunakan debit alir air 2,4-3L/m selama 340 menit, debit alir air 5,4-6L/m selama 348.33 menit dan debit alir air 10,9-11,5L/m selama 293.3 menit.

Dengan aliran air panas yang kontinyu pada pipa-pipa tembaga mampu untuk menghasilkanpanas sehingga mempengaruhi kenaikan suhu pada ruang pengeringan. Hasil penelitian didapatkan; dengan menggunakan debit alir air 10,9-11,5L/m adalah yang tercepat karena panas yg dihasilkan lebih baik dari debit alir air 2,4-3L/m dan 5,4-6L/m.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Handerson dan Perry, 2003. Laporan "Penelitian Aplikasi Sistim Kontrol Suhu Pada Pengeringan Buah Salak".
[2] Mujamdar dan Devahastin. 2002. Mekanisme pengeringan suatu bahan. Universitas sebelas maret. Surakarta.
[3] Purwadi, P.K. dan Kusbandono, W. 2015. Mesin pengering pakaian energi listrik dengan mempergunakan siklus kompresi uap. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma.Yogyakarta.
[4] Renaldi, Evan. 2015. Mesin pengering pakiansistem terbuka dengan debit aliran udara 0,003 m3/s. Jurnal Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma. Yogyakarta.
[5] Herianto. 2015. Pengaruh temperatur terhadap pengeringan lada menggunakan media air panas. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin. Universitas Bangka Belitung. Pangkal Pinang
[6] Nurba. 2010. Laju pengeringan. Universitas sebelas maret. Surakarta.
[7] Purwadi, P.K. 2017. Mesin Pengering Kapasitas Limapuluh Baju Sistem Tertutup Jurnal Ilmiah Widya Teknik Volume 16 Nomor 2. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Sanata Dharma.Yogyakarta

RANCANG BANGUN PRESS TOOL UNTUK ALAT BENDING PELAT TIPE DIE-V AIR BENDING

Muhammad Arsyad Suyuti[1], Rusdi Nur[2], Muhammad Iswar[3]

[1,2,3] Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang

Jalan Perintis Kemerdekaan Km. 10 Tamalanrea Makassar 90245 Sulawesi Selatan, Indonesia

muhammadarsyadsyuti@poliupg.ac.id [1]

Abstrak

Pekerjaan pembentukan logam (metal forming) pada industri permesinan maupun pabrikasi las saat ini sangat banyak permintaan khususnya pada pekerjaan yang memerlukan proses bending. Proses bending merupakan pembentukan logam yang umumnya menggunakan lembaran pelat atau batang, baik dari bahan logam ferro maupun logam non ferro dengan cara ditekuk, yang mana dalam proses pembengkokan akan menyebabkan terjadinya pemuluran atau peregangan pada sumbu bidang netral sepanjang daerah bending dan menghasilkan garis bending yang lurus. Penggunaan teknologi tepat guna telah banyak digunakan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan efektivitas dalam proses produksi pada industri permesinan maupun pabrikasi las berskala kecil dan menengah. Salah satu teknologi tepat guna yang memungkinkan diterapkan dalam proses produksi khususnya pekerjaan bending pelat yaitu mesin atau alat press bearing dengan cara menambahkan dengan press tool yang dilengkapi punch dan die penekuk. Press tool adalah salah satu jenis alat bantu pembentukan, pemotongan dan penekukan produk dari bahan dasar lembaran pelat yang operasinya menggunakan mesin press. Melalui penelitian telah tercipta press tool yang dilengkapi komponen pembentuk berupa punch dan die-V tipe air bending. Adapun spesifikasi press tool ini yaitu: sudut punch sama dengan 85o, radius punch sama dengan 1.5 mm, panjang punch sama dengan 300 mm, sudut die sama dengan 85o, lebar bukaan die sama dengan 33 mm, jarak langkah sama dengan 19 mm.

Kata kunci: pembentukan logam, *press tool, air bending, punch, die*

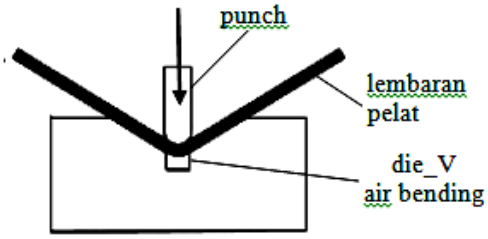
PENDAHULUAN

Dewasa ini proses pembentukan logam (metal forming) pada industri permesinan dan bengkel las berkembang sangat pesat khususnya pada proses bending. Proses bending merupakan pembentukan logam yang umumnya menggunakan lembaran pelat atau batang baik dari bahan logam ferro maupun logam non ferro dengan cara ditekuk, dimana pada proses bending ini terjadi pemuluran atau peregangan pada sumbu bidang netral sepanjang daerah bendingan dan menghasilkan garis bending yang lurus. [1]. Fenomena perkembangan pembentukan logam melalui proses bending ini terjadi pada industri pabrikasi permesinan dan bengkel las pada daerah perkotaan sampai pelosok desa baik yang berskala kecil maupun berskala besar. Hal tersebut dipicu oleh semakin banyaknya penggunaan berbagai macam teknologi mekanisasi terutama dalam bidang ketahanan dan keamanan pangan dalam kehidupan masyarakat sehari-hari seperti teknologi proses pasca panen dan teknologi-teknologi mekanisasi pertanian lainnya [2].

Jenis pekerjaan bending pelat yang banyak ditemui untuk pembuatan maupun perbaikan pada bengkel pabrikasi permesinan dan las antara lain komponen panel elektronik, panel kendaraan mobil, tool box, pembakaran ikan, alat dan mesin pertanian dan sebagainya [3&4]. Namun masih banyak bengkel-bengkel yang berskala kecil menekuk pelat dengan cara manual, yaitu menggunakan palu dan landasan besi sebagai alas sehingga waktu yang digunakan tidak efisien dan produk yang dihasilkan pun kurang terjamin kualitasnya. Peralatan yang dimiliki sebuah industri biasanya mesin berkapasitas besar yang mana ongkos operasionalnya pun akan besar, sedangkan untuk memproduksi benda yang berukuran kecil tidak harus menggunakan mesin berkapasitas besar.

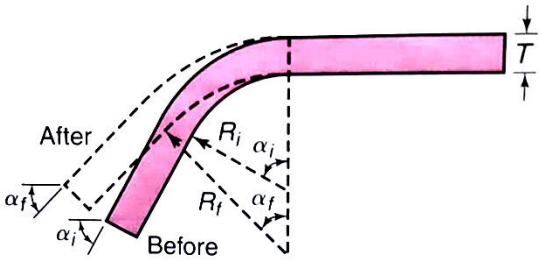
Press tool adalah salah satu jenis alat bantu untuk membentuk (forming), memotong (cutting) dan menekuk (bending) benda kerja dari bahan dasar lembaran pelat logam melalui pembentuk punch dan die yang operasinya menggunakan mesin press

[5&6]. Pada proses bending pelat terdapat tiga tipe die pembentuk yaitu tipe air bending, wipe die bending dan V-die bending. Dari ketiga tipe tersebut air bending merupakan tipe yang paling umum digunakan untuk menekuk lembaran pelat dari logam karena fleksibilitasnya. Seperti proses bending pada tipe lainnya, penekukan material pelat dengan menggunakan die-V tipe air bending ini juga dilakukan melalui tekanan punch yang diarahkan ke lembaran pelat logam yang terpasang pada die tersebut[7]. Pada gambar 1. Berikut ini mnunjukkan proses bending dengan menggunakan die –V tipe air bending:



Gambar 1 Illustrasi Die-V Air Bending [8]

Proses pembentukan logam melalui metode *air bending* dapat menghasilkan sudut *bending* yang berbeda dari satu pasangan *punch* dan *die* pada langkah penekanan yang sama maupun berbeda, dimana sudut bending yang terbentuk oleh tekanan beban yang diberikan (*before unloading*) dapat berubah menjadi lebih besar setelah tekanan beban dihilangkan (*after unloading*), fenomena ini yang biasa disebut *springback* [9]. Gambar 2 berikut ini memperlihatkan illustrasi *springback*:



Gambar 2 Illustrasi penomena springback before unloading dan after unloading [8]

Sehingga springback yang terjadi adalah
= αf – αi .....(1)

αf – sudut bending after unloading .....(2)

αi – sudut bending – benda kerja pada saat rapat pada die (before unloading) .....(3)

Ada beberapa parameter yang menentukan besarnya nilai springback pada proses bending yaitu tebal pelat, radius punch, sudut punch, sudut die, radius die, dan clearance punch dan die, kekuatan tarik, modulus elastisitas, kekerasan bahan, lebar bukaan V die dan langkah punch [10&11]. Sehingga desain yang baik terhadap geometri punch dan die pada pembuatan press tool untuk air bending sangat penting untuk diperhatikan.

Berdasarkan uraian tersebut diatas, permasalahan yang akan diselesaikan ialah bagaimana menciptakan alat bending pelat yang berukuran kecil yang dapat digunakan oleh bengkel permesinan dan pabrikasi las yang berskala kecil dan menengah dengan biaya terjangkau.

Dengan demikian diperlukan penerapan teknologi tepat guna untuk meningkatkan efektifitas pekerjaan proses bending pelat pada industri kecil menengah khususnya pada bengkel permesinan dan pabrikasi las. Penggunaan mesin atau alat teknologi tepat guna telah banyak digunakan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, dan efektivitas dalam proses produksi pada industri rumah tangga berskala kecil sampai pada daerah pelosok. Salah satu teknologi tepat guna yang memungkinkan diterapkan dalam proses bending pelat logam adalah mesin press yang dilengkapi dengan press tool. Oleh karena itu dilakukan penelitian rancang bangun press tool sebagai alat bending pelat dengan memakai die-V tipe air bending.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan di bengkel mekanik dan laboratorium mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain besi baja perrnesinan berbentuk poros, persegi dan pelat. Sedangkan peralatan yang digunakan adalah mesin frais, mesin bubut, mesin bor, mesin gerinda, mesin gergaji potong dan berbagai alat ukur dimensi. Tahapan-tahapan rancang bangun press tool tipe air bending ini sebagai berikut:

Pertama yaitu tahap perancangan. Pada tahap perancangan ini terlebih dahulu mendesain konsep press tool yang terdiri dari die set, punch dan die-V. Setelah final konsep rancangan disetujui, selanjutnya dibuat desain gambar sesuai dengan standar ISO. Gambar desain ini meliputi gambar desain rancangan secara keseluruhan dan gambar semua komponen rancangan baik komponen yang dibuat maupun komponen standar.

Kedua yaitu tahapan pembuatan dan perakitan. Pada tahap ini komponen-komponen yang tidak standar dibuat dengan mengacu pada gambar kerja hasil rancangan dan untuk komponen standar

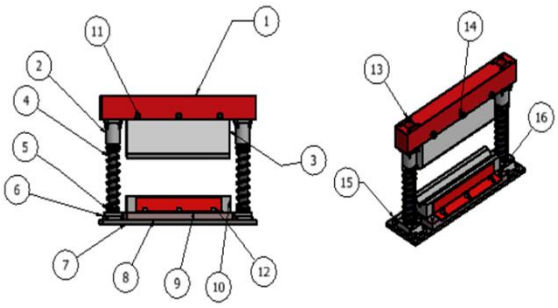
dibeli. Setelah semua komponen yang dibuat dan dibeli tersedia maka selanjutnya press tool dirakit sesuai dengan final desain.

Dan tahap terakhir yaitu uji coba alat press tool dengan die-V tipe air bending. Pada tahap ini press tool yang telah dirakit selanjutnya digunakan untuk menekuk pelat dari baja karbon rendah St. 37 ketebalan 3 mm. Eksperimen dilakukan dengan memakai dies sudut 85o. Sedangkan punch yang digunakan bersudut 85º dan radius 1.5 mm. Setelah eksperimen selesai maka produk hasil tekukan diukur sudut tekuknya menggunakan busur bilah kecermatan 5o untuk mengetahui sudut bending yang terbentuk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Press Tool

Komponen *press tool* terdiri dari sub rakitan *die set, punch* dan *die*. *Die set* merupakan subrakitan yang berfungsi sebagai tempat untuk memasang komponen punch maupun *die*. *Die set* didesain agar dapat berfungsi sebagai alat bantu untuk membengkokkan material pelat dari logam. *Die set* ini khusus dirancang agar *punch* dan *die* yang digunakan dapat diganti-ganti sesuai dengan kebutuhan. Setelah *punch* dan *die* dirakit pada *die set* maka alat bantu tersebut disebut *press tool.* Adapun beberapa komponen telah didesain dalam rancang bangun *press tool* ini antara lain:



Gambar 3 Konstruksi Rancangan *Press Tool*

Berdasarkan gambar 1. diatas, *press tool* memiliki beberapa komponen yaitu sebagai berikut: 1) *Top plate*; 2) *Bearing*; 3) *Punch*; 4) Pegas; 5) *Guide post*; 6) Dudukan *guide post*; 7) *Bottom plate*; 8) Pelat pelapis; 9) Pelat pengunci *die*; 10) *Die*; 11) Baut pengikat *punch* dan *Top plate*; 12) Baut pengunci *die*; 13) Baut *bearing*; 14) Mur pengikat *punch* dan *top plate*; 15)Baut dudukan; 16) Baut pelapis *die*.

Terdapat beberapa komponen memiliki peran penting pada *press tool* untuk alat *bending V Brake* ini. Salah satu komponen yang kritis yang membutuhkan desain yang tepat adalah pegas tekan. Dengan demikian diperlukan pemilihan pegas tekan yang akan digunakan sebagai berikut ini:

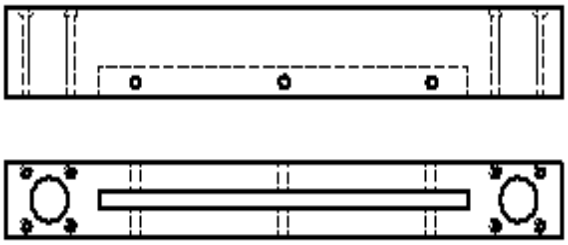
1. Massa komponen yang membebani pegas tekan

Komponen press tool yang membebani pegas tekan yaitu pelat atas (top plate), punch, ring, dan bearing. Untuk menentukan massa komponen-komponen tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut [12]:

$W = V \cdot \rho$ ..... (4)

Dimana: W = massa komponen (kg); V = volume komponen (mm^3); ρ = massa jenis (kg/mm^3). Komponen-komponen *press tool* tersebut terbuat dari baja karbon sehingga massa jenisnya sebesar 7860 kg/m^3 = 0.00000786 kg/mm^3. Berikut adalah perhitungan massa komponen-komponen yang membebani pegas:

a. *Top plate*



Gambar 4 Desain *top plate*

Berdasarkan dimensi desain *top plate* maka massa *top plate* dapat dihitung sebagai berikut:

volume *top plate* (V_I) = p x l x t ..... (5)

volume lubang poros (V_{II}) = $\pi r^2 t$ ..... (6)

volume alur *punch* (V_{III}) = p x l x t ..... (7)

volume lubang baut (V_{IV}) = $\pi r^2 t$..... (8)

dimana :
p = panjang (mm), l = lebar (mm), t = tebal (mm) dan r = jari-jari (mm).
sehingga volume total
(V_{tot})= $V_I - (V_{II}+V_{III}+V_{IV})$

V_{tot} = 1.408.960,8 mm^3

Maka massa *top plate*

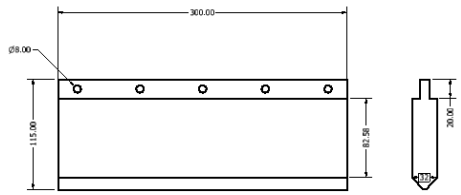
($W_{top\ plate}$) = V x ρ

= 11,408kg

b. *Punch*

Punch merupakan komponen yang berfungsi sebagai penekan sekaligus pembentuk lembaran

pelat pada saat proses bending terjadi. Material *punch* yaitu baja karbon dikeraskan hingga 55 HRC. Berikut ini gambar *punch* yang telah didesain:



Gambar 5 Desain *Punch*

Berdasarkan *dimensi* desain *punch*, maka berat *punch* dapat dihitung sebagai berikut:

volume persegi (V_I) = p x l x t = 1.104.000 mm^3

volume lingkaan (V_{II}) = $\pi r^2 t$ = 4.823 mm^3

volume persegi V_{III} = p x l x t = 792.768 mm^3

volume segitiga V_{IV} = L_a x t = 59.616 mm^3

sehingga volume total

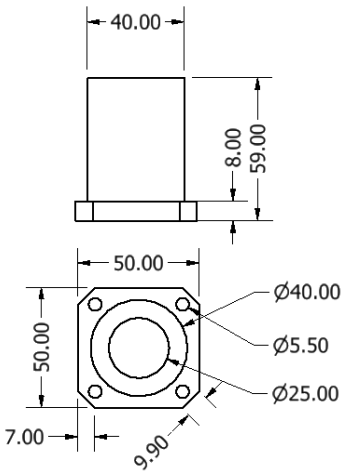
(V_{tot}) = $V_I - V_{II} + V_{III} + V_{IV}$

=1.951.560,96 mm^3.

Maka *massa punch*

(W_{punch}) = 15,339 kg.

c. *Bearing*
Dalam desain *bearing* yang digunakan adalah *bearing* standar dan tersedia dipasaran. *Bearing* ini berfungsi sebagai *busing* agar tidak terjadi gesekan antara *top pelat* dan *guide post*:

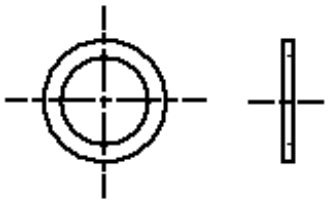


Gambar 6 *Bearing*

Untuk massa jenis bahan *stainles steel* adalah 7480 kg/m^3, maka beban *bearing*

($W_{bearing}$) = 2,3770324 kg.

d. *Ring*



Gambar 7 R*ing*

Diameter luar *ring* 40 mm, diameter dalam 30mm, maka untuk massa jenis bahan kuningan adalah 8400 kg/m^3 atau 0.0000084 kg/mm^3 maka

W_{ring} = 0.046 kg.

e. *Total beban yang diterima pegas*
Dari perhitungan beban komponen-komponen tersebut ditas maka total beban yang diterima oleh pegas adalah:

$W_{total} = W_{top\ plate} + W_{punch} + W_{bearing} + W_{ring}$

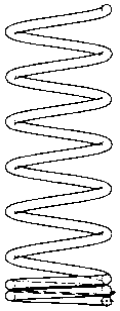
= 29,170 kg

2. Kekuatan beban oleh pegas

Agar pegas yang dipilih dapat mengembalikan pelat atas (*top plate*), *punch*, ring dan *bearing* pada posisi semula setelah pembebanan proses *bending* berakhir, maka diperlukan perhitungan kekuatan pegas yang akan digunakan. Adapun parameter-parameter pegas yang dipilih dalam desain yaitu: diameter pegas (D) = 40 mm, diameter kawat (d) = 5 mm dan modulus geser (G) = 83x10^3 N/mm. Maka pada perhitungan persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut [12 & 13]:

$$W = \frac{\delta . G . d^4}{8 . D^3 . n} \quad \text{..... (9)}$$

W = beban aksial dari pegas (kg)
δ = defleksi pegas (mm)
G = modulus kekakuan (N/mm)
d = diameter kawat (mm)
D = diameter pegas (mm)
n = jumlah koil aktif



Gambar 8 Pegas

Berdasarkan gambar di atas, maka dalam menentukan besar beban aksial dari pegas dapat dihitung seperti berikut ini:

$$W = \frac{\delta . G . d^4}{8 . D^3 . n} = \frac{(Lo - Li) . G . d^4}{8 . D^3 . n}$$

$$W = \frac{(110 - 100) . 83x10^3 . 5^4}{8 . 40^3 . 2}$$

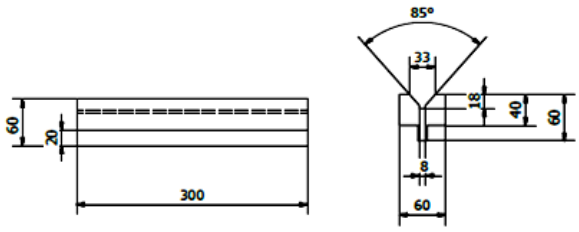
= *506,592* N

Dari hasil perhitungan teoritis di atas diperoleh besar beban aksial dari kedua pegas yang digunakan sama dengan 506,592 N.

Sehingga berdasarkan hasil perhitungan total beban komponen *die set* yang diterima oleh pegas (Wtot) sebesar 29,17 kg atau 263,820 N maka pegas yang digunakan aman karena beban pegas (506,592 N) > total beban yang diterima pegas (263,820 N).

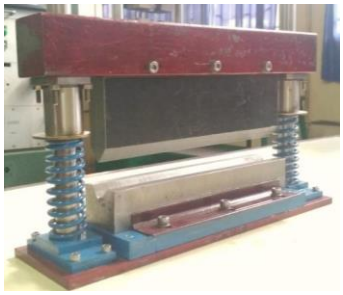
Desain *Die* Tipe *Air Bending*

Gambar 9 berikut ini memperlihatkan final desain *Die* Tipe *Air Bending*. *Die* terbuat dari baja karbon tinggi dikeraskan hingga 55 HRC. Sedangkan ukurannya 300 mm x 60 mm x 60 mm dan sudut *die* = 85º.



Gambar 9 Desain *Die* Tipe *Air Bending*

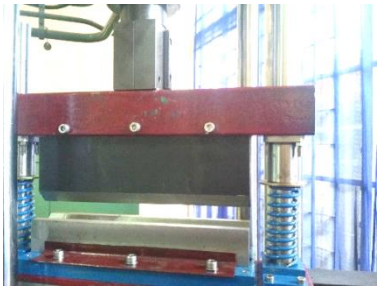
Setelah final desain press tool selesai maka tahap selanjutnya yaitu membuat press tool berupa satu unit die set yang dilengkap dengan masing-masing satu buah punch dan die. Sudut punch = 85º, radius punch = 1,5 mm, sudut die (tipe air bending) = 85º dan panjang punch/die (garis bending) = 30 mm. Press tool ini mampu membending komponen produk dari berbagai jenis lembaran material dari logam secara presisi. Adapun press tool hasil rancang bangun dapat dilihat pada gambar 9 berikut ini:



Gambar 10 Hasil Rancang Bangun Press Tool Air Bending V Brake

Hasil Pengujian Press Tool Air Bending V Brake

Setelah tahap proses perakitan selesai, dilakukan uji fungsi dari *press tool*. Sudut *die*-V *air bending* yang dipakai sama dengan 85º. Pada proses pengujian alat *bending* ini sudut yang ingin dicapai yaitu 90º. Langkah penekanan diberikan sampai benda kerja rapat pada permukaan *die* sampai terbentuk sudut *bending* (αi) sebesar 85º (*before unloading*). Sistem pengujian *press tool* dapat dilihat pada gambar 11 berikut.



Gambar 11 Press Tool terpasang pada Universal Testing Machine (UTM)

Gambar 12 berikut ini menunjukkan hasil proses *bending* pelat menggunakan *press tool* yang terpasang pada mesin UTM. Material benda kerja yaitu baja karbon St.37 dengan dimensi 300 mm x 60 mm x 3 mm.

Gambar 12 Produk hasil uji coba

Setelah proses *bending* selesai maka sudut *bending* (αf) *after unloading* benda kerja diukur menggunakan alat ukur busur bilah kecermatan 5 menit. Adapun hasil pengukuran tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1 Data Sudut Bending Benda Kerja Yang Dibentuk Pada *Press Tool*.

No	Beban (N)	Sudut Bending			*Springback* (^{o})
		(^{o})	(")	(^{o})	
1	395	90	15	90,25	5,25
2	349	90	25	90,42	5,42
3	345	90	30	90,5	5,5
4	349	91	0	91	6
5	342	89	30	89,5	4,5
6	342	91	0	91	6
7	349	90	45	90,75	5,75
8	355	90	0	90	5
9	343	90	5	90,08	5,08
10	345	90	15	90,15	5,15

Berdasarkan tabel 1 di atas menunjukkan bahwa sudut *bending* hasil penekukan *press tool* dengan *die*-V tipe *air bending* 85^o diperoleh *springback* yang terjadi antara 4,50^o s.d 6,00^o, sehingga sudut *bending* yang terbentuk antara 89,50^o s.d 91,00 ^{o}. Dengan demikian penyimpangan sudut yang terjadi antara -0,5^o s.d 1,00^o. *Springback* yang menghasilkan sudut *bending* tepat 90^o diperoleh pada hasil *bending* nomor 8 sebesar 5,00^o. Sedangkan *springback* yang paling besar sama dengan 6^o sehingga sudut *bending* yang terbentuk sama dengan 91^o terletak pada proses *bending* nomor 4 dan 6. Hasil proses *bending* yang diperoleh ditinjua dari segi *springback* dan sudut *bending* yang terbentuk menunjukkan bahwa hasil proses *bending* memiliki kualitas yang baik dan dapat pakai pada konstruksi permesinan umum yang terdapat pada bengkel pabrikasi permesinan dan pengelasan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil rancang bangun press tool dengan die-V tipe air bending dapat berfungsi sebagai alat bantu produksi untuk proses bending pelat logam pada pekerjaan konstruksi umum.
2. Spesifikasi press tool yang diciptakan yaitu: Die-V tipe air bending, sudut punch sama dengan 85°, radius punch sama dengan 1.5 mm, panjang punch sama dengan 300 mm, sudut die sama dengan 85°, lebar bukaan die sama dengan 33 mm, jarak langkah bebas sama dengan 19 mm.
3. Hasil uji coba press tool dalam menekuk material pelat baja St.37, dengan menggunakan langkah punch maksimum 19 mm diperoleh sudut bending pelat yang terbentuk sama dengan 89,50° s.d 91,00°.

Adapun saran untuk pengembangan penelitian ini:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk material yang lainnya seperti baja karbon sedang, baja karbon tinggi, stainless steel dan lain-lain.
2. Perlu dilakukan pengembangan penelitian terhadap parameter punch dan die untuk mendapatkan kualitas hasil proses bending yang lebih optimal.

UCAPAN TERIMA KASIH

Melalui artikel jurnal ini penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih kepada: 1). Kemenristekdikti atas dana desentralisasi program penelitian dan pengabdian masyarakat tahun 2019 yang telah diberikan. 2). Direktur dan Ketua UPPM Politeknik Negeri Ujung Pandang yang memberikan kesempatan untuk mengikuti program Penelitian Terapan Unggulan Perguruan Tinggi ini. 3) Semua pihak yang terlibat dalam penelitian ini.

Semoga hasil penelitian ini dapat memenuhi tujuan yang diharapkan dan dirasakan manfaatnya oleh masyarakat, khususnya bagi industri yang banyak melakukan proses pabrikasi untuk pembentukan logam (*metal forming*) khususnya proses bending. Akhirnya kepada Allah-lah kami serahkan semuanya, semoga segala aktivitas kita dinilai-Nya sebagai ibadah dan mendapatkan amal jariah dari-Nya. Amin !!!.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Suyuti MA, Iswar M, Nur R. Effect of Punch Parameters on Springback for Mild Carbon Steel in A V-Shape Bending Process. InIOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019 Jun (Vol. 541, No. 1, p. 012015). IOP Publishing.

[2] Suyuti MA. Rancang Bangun Prototipe Alat Metal Forming Sirip Roda Besi Traktor Tangan. Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin. 2019 May 25;13(1):62-74.

[3] Suyuti MA, Nur R. The Influence of Punch Angle on the Spring Back during V-Bending of Medium Carbon Steel. InAdvanced Materials Research 2015 (Vol. 1125, pp. 157-160). Trans Tech Publications.

[4] Suyuti MA, Nur R, Iswar M. Springback Hasil Proses Tekuk Bentuk "V" Pelat Baja Karbon St. 60. Ketebalan 4 mm. InSeminar Nasional Hasil Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M) 2018 Dec 30

[5] Gautama P, Ka'ka S, Suyuti MA, Susanto TA. Desain Prototipe Alat Press Tool untuk Pembuatan O-Ring Sistem Pneumatik. Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin. 2019 May 25;12(2):114-23.

[6] Suyuti MA. Rancang Bangun Simpel Press Tool untuk Bending V Bottoming. Jurnal Sinergi Jurusan Teknik Mesin. 2019 May 26;13(2):160-73.

[7] Gupta TR, Payal HS. Effect of Die and Punch Geometry on Spring Back in Air Bending of Electrogalvanized CR4 Steel. International Journal of Applied Engineering Research. 2017;12(11):2792-7.

[8] Suyuti MA, Nur R, Iswar M. Perancangan Alat Proses Tekuk (Teori Dan Aplikasi). Deepublish; 2019 Oct 1.

[9] Kazan R, Fırat M, Tiryaki AE. Prediction of springback in wipe-bending process of sheet metal using neural network. Materials & design. 2009 Feb 1;30(2):418-23.

[10] Kumar A, Viswanath P, Mahesh K, Swati M, Kumar PM, Abhijit A, Singh S. Prediction of springback in V-bending and design of dies using finite element simulation. International Journal of Materials and Product Technology. 2010 Jan 1;39(3-4):291-301.

[11] Buang MS, Abdullah SA, Saedon J. Effect of die and punch radius on springback of stainless steel sheet metal in the air v-die bending process. Journal of Mechanical Engineering and Sciences. 2015 Jun;8:1322-31

[12] Nur R, Suyuti MA. Perancangan mesin-mesin industri. Deepublish; 2018 Jan 16.

[13] Dahlan D. Elemen mesin. Jakarta: Harta Prima. 2012.

Petunjuk Umum

Panjang maksimal sebuah jurnal ilmiah adalah 6 - 8 halaman dengan penulisan spasi tunggal, *justify*, huruf Times New Roman ukuran 10 point *reguler* dan format penulisan kolom *double*. Artikel ilmiah menggunakan kertas ukuran A4 (210 x 297 mm) dengan penulisan batas tepi kiri, atas, kanan, dan bawah, secara berurutan masing-masing adalah 3 cm, 2.5 cm, 2.5 cm, dan 2.5 cm. Batas kepala dan kaki area tulisan (*header* dan *footer*) adalah 1.5 cm dan 1.3 cm. Permulaan alinea ditulis menjorok ke dalam 1 cm. Semua istilah asing dicetak miring (*italic form*).

Petunjuk Penulisan

Petunjuk penulisan antara lain sebagai berikut:

1. **Judul Jurnal Ilmiah**
   Memberi gambaran penelitian yang telah dilakukan. Berisi maksimal 15 kata. Times New Roman 11, spasi 1, spacing after 6 pt dan ditebalkan (*Bold*).
2. **Nama penulis**
   - Nama penulis tanpa menggunakan gelar, ditulis di bawah judul. Jarak antara judul dan nama penulis diberi satu spasi kosong, dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt, Bold.
   - Nama program studi dan fakultas (nama lembaga) ditulis di bawah nama penulis. Jarak antara nama penulis dan lembaga diberi satu spasi kosong, dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt, spacing after 6 pt.
   - Email penulis pertama ditulis di bawah nama lembaga. Email ditulis dengan ukuran huruf Times New Roman 10 pt dan dicetak miring (italics). Jarak antara nama lembaga dan email spacing after 6 pt., dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt.
3. **Abstrak**
   Abstrak hanya satu paragraf maksimum 250 kata, memuat uraian singkat mengenai masalah dan tujuan penelitian, metode yang digunakan, dan hasil penelitian. Tekanan penulisan abstrak terutama pada hasil penelitian. Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Kata kunci perlu dicantumkan untuk menggambarkan ranah masalah yang diteliti dan istilah-istilah pokok yang mendasari pelaksanaan penelitian. Kata-kata kunci dapat berupa kata tunggal atau gabungan kata. Jumlah kata kunci 3-5 kata. Kata kunci ini diperlukan untuk komputerisasi. Pencarian judul penelitian dan abstraknya dipermudah dangan kata-kata kunci tersebut. Pengetikan abstrak dilakukan dengan spasi tunggal, huruf Times New Roman 10, spacing before 12 pt, after 2 pt.
4. **Pendahuluan**
   Pendahuluan memuat latar belakang penelitian secara ringkas dan padat, dan tujuan. Dukungan teori tidak perlu dimasukkan pada bagian ini, tetapi penelitian sejenis yang dilakukan dapat dinyatakan. Pengetikan menggunakan huruf Times New Roman 10, spasi 1, spacing before 12 pt, after 2 pt.
5. **Metode penelitian**
   Pada dasarnya bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian itu dilakukan. Materi pokok bagian ini adalah : (1) rancangan penelitian; (2) populasi dan sampel (sasaran penelitian); (3) teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen; (4) dan teknik analisis data. Untuk penelitian menggunakan alat dan bahan, perlu dituliskan spesifikasi alat dan bahannya. Spesifikasi alat menggambarkan kecanggihan alat yang digunakan sedangkan spesifikasi bahan menggambarkan bahan yang digunakan.
   Untuk penelitian kualitatif seperti penelitian tindakan kelas, etnografi, fenomenologi, studi kasus dan lain-lain, perlu ditambahkan kehadiran peneliti, subjek penelitian, informan yang ikut membantu beserta cara-cara menggali data-data penelitian, lokasi dan lama penelitian serta uraian mengenai pengecekan keabsahan hasil penelitian.
6. **Hasil dan Pembahasan**
   Bagian ini memuat data (dalam bentuk ringkas), analisis data dan interpretasi terhadap hasil. Pembahasan dilakukan dengan mengaitkan studi empiris atau teori interpretasi. Jika dilihat dari proporsi tulisan, bagian ini harusnya mengambil proporsi terbanyak bisa mencapai 50% atau lebih.
7. **Penutup**
   Bagian ini memuat kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran dapat dibuat dalam sub bagian terpisah. Kesimpulan menjawab tujuan, bukan mengulang teori, berarti menyatakan hasil penelitian secara ringkas. Saran merupakan penelitian lanjutan yang dirasa masih diperlukan untuk penyempurnaan hasil penelitian

supaya berdaya guna. Penelitian tentunya tidak selalu berdaya guna bagi masyarakat dalam satu kali penelitian, tapi merupakan rangkaian penelitian yang berkelanjutan.

8. Daftar Pustaka

Bagian ini hanya memuat referensi yang benar-benar dirujuk. Dengan demikian, referensi yang dimasukkan pada bagian ini akan ditemukan tertulis pada bagian-bagian sebelumnya. Sistematika penulisannya adalah mengikuti format Mendeley

9. Penulisan persamaan

Penulisan persamaan dalam *font* Times New Roman atau *font* Symbol menggunakan ukuran 11 point dengan menuliskan Nomor Persamaan yang diletakkan di dalam kurung pada akhir marjin kanan yaitu (1), (2) dan seterusnya. Nomor persamaan harus berurutan. Penulisan persamaan diberi jarak satu spasi pada sebelum dan sesudah penulisannya.

10. Penyajian Gambar dan Tabel

Nama Tabel ditulis di atas tabel pada sisi kiri dan bernomor urut dengan huruf tebal (*bold*). Antara Nama Tabel dan tabel tidak ada spasi. Tabel dibuat rata tengah, hanya terdiri dari tiga garis horisontal dengan ketentuan satu garis di atas tulisan kepala tabel dan satu garis yang mengapitnya, serta satu garis lagi berada pada bagian paling bawah dari isi tabel. Antara tabel dengan teks dibawahnya diberi jarak satu spasi, demikian juga sebelumnya.

Gambar dibuat rata tengah dengan Nomor Urut dan Nama Gambar diletakkan di bawah gambar. Jarak gambar dengan Nama Gambar adalah satu spasi,demikian juga dengan jarak antara Nama gambar dengan teks dibawahnya. Penulisan Nama Gambar dengan huruf tebal dan rata tengah. Jika Tabel atau Gambar diambil dari sumber lain atau bukan hasil penelitian penulis, harus dicantumkan sumber kutipannya.

Template Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung

JUDUL (Style JUDUL :Times New Roman, 11 pt, Bold, huruf kapital, Maks 15 Kata, Line Spacing Single, Spacing After 6 point)

<Style normal **:** font 10 point, Line Spacing Single>

Nama penulis [1], nama penulis[2] (Style Penulis :11 pt, Bold, Line Spacing Single, Spacing After 6 point)

[1] Program Studi, Fakultas, Universitas (Style Keterangan :11 pt, Line Spacing Single, Spacing After 6 point)

Alamat Universitas

[2] Program Studi, Fakultas, Universitas

Alamat Universitas

Email penulis [1]

<Style normal>

Abstrak (Style Absrak: 10 pt, Bold)

<Style normal>

Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia, terdiri dari satu paragraf, memuat tujuan, metode penelitian yang digunakan dan hasil (Style Isi Abstrak :10 pt, Line Spacing Single)

<Style normal>

Kata kunci : maksimum lima kata kunci. aaaa, bbbb, cccc, dddd, eeee. (Style Isi Abstrak :10 pt, Line Spacing Single)

<Style normal>

Abstract (10 pt, Bold) (Style Absrak: 10 pt, Bold, Italic)

<Style normal>

Abstrak ditulis dalam Bahasa Inggris, satu paragraf, memuat tujuan, metode penelitian yang digunakan dan hasil. (Style Isi Abstrak :10 pt, Italic, Line Spacing Single)

<Style normal>

Key words : *maksimum lima kata kunci. aaaa, bbbb, cccc, dddd, eeee.* (Style Isi Abstrak :10 pt, Line Spacing Single)

<Style normal>

PENDAHULUAN (SEMUA JUDUL BAB MENGGUNAKAN (STYLE JUDUL BAB: 10 PT, BOLD, LINE SPACING SINGLE, SPACING BEFORE 24 POINT, SPACING AFTER 12 POINT)

Pendahuluan memuat latar belakang penelitian secara ringkas dan padat, dan tujuan. Dukungan teori tidak perlu dimasukkan pada bagian ini, tetapi penelitian sejenis yang sudah dilakukan dapat dinyatakan. (Isi jurnal menggunakan (Style Isi Jurnal: 10 pt, Line Spacing Single)

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan prosedur dan teknik penelitian. Antara satu penelitian dengan penelitian yang lain, prosedur dan tekniknya akan berbeda. Kalau tidak berbeda, berarti penelitian itu hanya mengulang penelitian yang sudah ada sebelumnya. Tapi bukan berarti harus berbeda semuanya. Untuk penelitian sosial misalnya, populasi penelitian mungkin saja sama, tapi teknik samplingnya berbeda, teknik pengumpulan datanya berbeda, analisis datanya berbeda, dan lain.lain. Mohon diuraikan dengan jelas, bukan hanya mengopi dari penelitian lain. Kalau mau disertakan penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam kategori penelitian yang mana, mohon diperhatikan dengan baik, jangan asal mengopi. Bagian ini bisa dibagi menjadi beberapa sub bab, tetapi tidak perlu mencantumkan penomorannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini memuat data (dalam bentuk ringkas), analisis data dan interpretasi terhadap hasil. Pembahasan dilakukan dengan mengkaitkan studi empiris atau teori untuk interpretasi. Jika dilihat dari proporsi tulisan, bagian ini harusnya mengambil proporsi terbanyak, bisa mencapai 50% atau lebih. Bagian ini bisa dibagi menjadi beberapa sub bab, tetapi tidak perlu mencantumkan penomorannya.

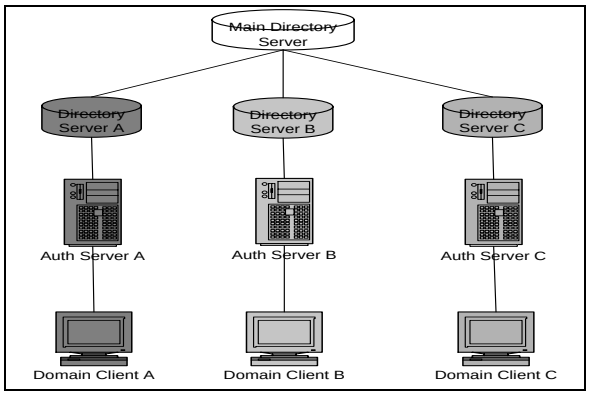
Jika menggunakan tabel, maka penulisannya seperti pada tabel 1.

Tabel 1 Nama Tabel (Style Captiom: 10 pt, Bold, Line Spacing Single, Aligment center, Spacing Before 6 point, Spacing after 6 point)

Kolom 1	Kolom 2	Kolom 3	Kolom 4

Sumber : xxxxxxxx
<Style normal>

Jika menggunakan gambar, maka penggambarannya dibuat sebagai berikut:
<Style normal>



(Style Posisi Gambar: Line Spacing Single, Aligment center, Spacing Before 12 point)

Gambar 1 Nama Gambar (Style Caption: 10 pt, Bold, Aligment center, Line Spacing Single, Spacing Before 6 point, Spacing after 6 point)

Rumus menggunakan (style Rumus: 10 pt, Indentation left 0,63, Line Spacing Single, Spacing after 6 point, Tab stops 7,5 cm Right leader) dengan bentuk sebagai berikut:

$$Y=ax+bx \quad \text{.....(1)}$$

Citation And Reference List

Penunjukan sitasi dengan menggunakan tanda kurung [1]. Tanda baca kalimat mengikuti tanda kurung [2]. Berbagai referensi [2], [3] masing-masing diberi nomor dengan kurung terpisah [1] - [3]. Saat mengutip bagian dalam buku, tolong berikan nomor halaman yang relevan. Dalam kalimat, merujuk hanya ke nomor referensi, seperti pada [3]. Jangan gunakan "Ref. [3]" atau "referensi [3]" kecuali pada awal kalimat: "Hossain [3] menunjukkan ..."

Cobalah untuk menghindari catatan kaki. Berikan semua nama penulis; jangan gunakan "et al." Gunakan spasi setelah inisial penulis. Makalah telah dikirimkan untuk publikasi atau yang belum diterima atau dipublikasikan tidak perlu dikutip. Makalah yang telah diterima untuk publikasi, tetapi belum ditentukan untuk masalah ini harus terdaftar sebagai "Dalam pers" [5]. Referensi adalah lekukan gantung 5mm.

KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan hasil dari pembahasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diperkenankan bagi penulis dengan memberikan ucapan terima kasih kepada lembaga yang membiayai penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Moghal A. A. B., Dafalla M. A., Elkady T. Y., and Al-Shamrani M.A., Lime Leachability Studies on Stabilized Expansive Semi-Arid Soil. International Journal of GEOMATE, Vol. 9, Issue 18, 2015, pp.1467-1471.

[2] Awal A.S.M.A, Hosseini H. and Hossain M.Z., Strength, Modulus of Elasticity and Shrinkage Behaviour of Concrete Containing Waste Carpet Fiber, International Journal of GEOMATE, Vol. 9, Issue 17, 2015, pp. 1441-1446.

[3] Hossain M.Z., For Chapter in a Book, Soil Mechics, 4th ed. Vol. 2, Sakai, Ed. Sankeisha Publisher's Name, Year, pp. 11–60.

[4] Author H., A Book New York Publisher, Year, pp.1-200.

[5] Annnn B., Unpublished Work but Accepted, Vol., Issue, Year.

[6] Kimura S., Journal Paper Title, J. of Computer Science, Vol. 1, Issue 2, 1987, pp. 23-49.

[7] Islam M.R., Conference proceedings, in Proc. 2nd Int. Conf. on GEOMATE, 2011, pp. 8-13.

[8] Hossain M.Z. and Awal A.S.M.A., Experimental Validation of a Theoretical Model for Flexural Modulus of Elasticity of Thin Cement Composite, Const. Build. Mat., Vol.25, No.3, 2011, pp.1460-1465.

MACHINE Jurnal Teknik Mesin

Alamat Redaksi :
Gedung Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik
Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung
Balujuk, Kab. Bangka, Prov. Kep. Bangka Belitung
Laman : journal.ubb.ac.id/index.php/mesin
e-Mail : mesinubb@yahoo.com

9 772502 204125