

P.ISSN : 2502-2040

E.ISSN : 2581-0138

MACHINE

JURNAL TEKNIK MESIN

Vol. 9 No. 1 April 2023

Jurnal
Teknik Mesin

Vol. 9

No. 1

Hal

April 2023

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

Reakreditasi berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan
Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 30/E/KPT/2019
Tentang Peringkat Akreditasi Jurnal Ilmiah Periode VI Tahun 2019



Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Bangka Belitung

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

Redaktur:
Saparin, S.T., M.Si.

Editor:
Ir. Yudi Setiawan, S.T., M.Eng.
Suhdi, S.S.T., M.T., Ph.D.
Rodiawan, S.T., M.Eng. Prac.
Dr. Franto, S.T., M.Si.
Ir. Eka Sari Wijianti, S.Pd., M.T.
Jeri Ariksha, S.Pd., M.T.
Rudi Kurniawan Arief, S.T., M.T.,
Ph.D.
Abdul Gafur, S.Si., M.T.

Mitra Bestari:
Dr. Dani Harmanto (University of Derby),
Scopus ID: 55159740800
Dr. Ir. Ni Ketut Caturwati, M.T.
(Untirta)
Scopus ID: 57193687510
Sinta ID: 260315
Dr. Ir. Erwin Siahaan, M.Si. (Untar)
Scopus ID: 57199235178
Sinta ID: 5990421
Hadi Wahyudi, S.T., M.T., Ph.D. (Untirta)
Scopus ID: 55803690600
Sinta ID: 260203
Dr. Yanuar Burhanuddin, M.T. (Unila)
Scopus ID: 23391898600
Dr. Sukanto, S.ST., M.Eng.(Polman Babel)
Scopus ID: 57208470145
Dr. Ridho Irwansyah, S.T., M.T. (UI)
Scopus ID: 55006023800
Teguh Dwi Widodo, S.T., M.Eng., Ph.D. (UB)
Scopus ID: 56258446700
Dr. Jamiatul Akmal, S.T., M.T. (Unila)
Scopus ID: 57210989465

Sekretariat:
Nia Erawati, S.I.Pust.

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

Alamat Redaksi:
Gedung Babel IV
Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung
Balunijuk, Kabupaten Bangka Prov. Bangka
Belitung
Laman : mesin.ubb.ac.id
Email : teknikmesinunivbabel@gmail.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

PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI PANAS TERHADAP DENSITAS DAN KEKERASAN AMC DIPERKUAT SIO2	1
Muhammad Asep ¹ , Sugiyarto ² , Somawardi ³ , Achmad Rusdy ⁴ , Sukanto ^{5*}	
UJI KETELITIAN CETAK PRODUK LINGKUNG PRINTER 3D ANET A8	8
Yanuar Burhanuddin ¹ , Made Gita Arya Candra ² , Achmad Yahya T.P ³ ., Suryadiwansa Harun ⁴	
RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG PIPA DENGAN LAS OXY ACETYLENE	13
Jeri Ariksa ¹ , Yudi Setiawan ¹ , Kadriadi ² , Amiruddin ² , Angga Bahri Pratama ³	
RANCANG BANGUN ALAT PENGERING BAJU MENGGUNAKAN UDARA PANAS	18
Kadriadi ¹ , Kadex Widhy Wirakusuma ¹ , Angga Bahri Pratama ² , Jeri Ariksa ³ , Welly yandi ³	
PEMANFAATAN MESIN PENCACAH DAN MESIN PRESS SEBAGAI ALAT PENGOLAH SAMPAH MENJADI PRODUK BERNILAI EKONOMIS	23
Dwi Rizka Zulkia ¹	
STUDI PERFORMASI SUDU TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE VERTICAL AXIS BERBAHAN KOMPOSIT	30
Ozkar F. Homzah ^{1,2*} , Ella Sundari ¹ , Rachmat Dwi Sampurno ¹ , Ogi Meita Utami ¹ , Lili Rahmawati ³	
PERANCANGAN PLASTIC WASTE SHREDDER MACHINE PORTABLE DI KAMPUS POLMAN BANDUNG	37
Dedy Ariefijanto ¹ , Nadhifah Rysca Novianty ² , Asep Indra Komara ³ ,	

PENGARUH VARIASI TEKANAN KOMPAKSI PANAS TERHADAP DENSITAS DAN KEKERASAN AMC DIPERKUAT SiO₂

Muhammad Asep¹, Sugiyarto², Somawardi³, Achmad Rusdy⁴, Sukanto^{5*}

^{1,2,3,4,5} Teknik Mesin dan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung

Kawasan Industri Airkantung Sungailiat Bangka-33211- Telepon (0717) 93586

*Email: sukanto@polman-babel.ac.id

Abstrak

Penelitian komposit matrik logam aluminium yang diperkuat dengan keramik menggunakan metode metalurgi serbuk akhir-akhir ini semakin banyak diminati untuk dikembangkan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan tekanan kompaksi terhadap sifat densitas dan sifat kekerasan komposit yang dihasilkan. Metode penelitian yang digunakan adalah mengikuti tahapan proses metalurgi serbuk, yaitu meliputi persiapan material, pencampuran dan kompaksi. Pencampuran serbuk penyusun komposit dilakukan dengan metode *mechanical alloying* atau pepaduan mekanik menggunakan mesin *horizontal ball mill* selama 4 jam. Sedangkan metode kompaksi panas yang digunakan adalah kompaksi dua-arah penekanan, menggunakan mesin pompa hidrolik. Material matriks yang digunakan adalah serbuk aluminium hasil daur ulang, dan material penguat digunakan serbuk dari pasir silika tailing tambang timah. Proses kompaksi panas dilakukan pada suhu 500 °C ditahan selama 15 menit. Variasi tekanan kompaksi dua-arah digunakan 4400 Psi, 4500 Psi dan 4600 Psi. Pengujian densitas mengacu Archimedes dengan standar ASTM B962-17. Sedangkan pengujian kekerasan digunakan mesin uji kekerasan Brinell, mengacu pada standar ASTM E110-14. Hasil uji densitas dan uji kekerasan menunjukkan kecenderungan nilai semakin meningkat dengan meningkatnya tekanan kompaksi yang diaplikasikan. Densitas tertinggi adalah 2,147 g/cm³ untuk sampel dengan kompaksi sebesar 4.600 Psi, dengan nilai kekerasan tertinggi adalah 53,11 HRB. Berdasarkan foto mikro menunjukkan bahwa ikatan mekanik *interlocking* pada tekanan kompaksi yang lebih rendah cenderung lemah, patahan pada batas butir kelihatan jelas dan pola kerusakannya cenderung menunjukkan patahan rapuh/getas.

Kata kunci: tekanan kompaksi, silika, metalurgi serbuk

Abstrak

Research on aluminum metal matrix composites reinforced with ceramics using powder metallurgy methods has recently been increasingly in demand to be developed. The goals of this study determined the effect of differences in compaction pressure on the density and hardness properties of the resulting composite. The research method used of is following the stages of the powder metallurgy process, which includes material preparation, mixing and compaction. The mixing of the composite constituent powders was carried out using the mechanical alloying method using a horizontal ball mill for 4 hours. While the hot compaction method used is two-way compression compaction, using a hydraulic pump. The matrix material used is recycled aluminum powder, and the reinforcing material is powder from tin mine tailing silica sand. The hot compaction process was carried out at 500 °C and held for 15 minutes. Two-way compacting pressure variations used 4400 Psi, 4500 Psi and 4600 Psi. Density testing refers to Archimedes with the ASTM B962-15 standard. Meanwhile, the hardness test used the Rockwell hardness testing machine, referring to the ASTM E18-15 standard. The results of the density test and hardness test showed a tendency for the value to increase with increasing compaction pressure applied. The highest density was 2.147 g/cm³ for a sample with a compaction of 4,600 Psi, with the highest hardness value being 53,11 HRB. Based on micro-photographs, it shows that the interlocking mechanical bonds at lower compaction pressures tend to be weak, fractures at the grain boundaries are clearly visible and the pattern of damage tends to show brittle/brittle fractures.

Key words : pressure compaction, silica, powder metallurgy

PENDAHULUAN

Material komposit merupakan suatu material yang tersusun dari hasil pencampuran dua atau lebih material pembentuknya yang mempunyai sifat berbeda antara satu bahan dengan bahan yang lainnya, bahkan juga berbeda dari sifat material penyusunnya [1]. Material komposit dibagi menjadi tiga berdasarkan matriknya yaitu *Metal Matrik Composite* (MMC), *Polymer Matrik Composite* (PMC) dan *Ceramic Matrik Composite* (CMC) [2] [3]. Pada saat ini komposit jenis *Metal Matrik Composite* sudah banyak diteliti serta dikembangkan untuk dijadikan sebagai bahan material untuk membuat komponen otomotif, dengan menggunakan bahan dari material aluminium yang dijadikan sebagai matriknya serta menggunakan penguat seperti Nitrida, oksida logam, karbida, karbon, serat alam dan lain-lain [4]. Material aluminium digunakan karena mempunyai beberapa keunggulan seperti, ringan, lebih tahan terhadap korosi, titik lebur relatif rendah sehingga biaya daur ulang sangat rendah [5]. Biaya daur ulang aluminium yang murah, telah memotivasi para peneliti dan industri untuk mengembangkan pembuatan komposit menggunakan matrik aluminium [6]. Hal ini dapat membantu untuk mengurangi volume pasokan logam aluminium secara internasional dan nasional [7]. Material penguat umumnya digunakan untuk meningkatkan sifat kekerasan dan ketahanan geseknya, serta untuk meningkatkan kemampuannya pada operasional suhu yang relative tinggi, material yang memiliki sifat tersebut sangat bagus untuk digunakan sebagai penguat pada komposit dengan matrik aluminium. Material yang dapat meningkatkan nilai tersebut diantaranya meliputi oksida mineral logam seperti, alumina (Al_2O_3), Zirkonium silikat ($Zr(SiO_2)$), silikon dioksida (SiO_2) dan lain-lain [8]. Pada penelitian ini digunakan penguat silikon dioksida (SiO_2) sisa hasil penambangan timah yaitu pasir silika tailing, karena material komposit aluminium yang dipadukan dengan silikon dioksida (SiO_2) dapat menghasilkan material komposit yang mempunyai sifat seperti sifat tahan korosi, ringan, kuat serta *machinability* yang sangat baik [9].

Proses pembuatan komposit dapat dibuat dengan menggunakan beberapa metode seperti *stir casting*, *powder metallurgy*, *compo casting*, *friction stir casting*, *roll bonding* dan lain-lain [4]. Metode pembuatan komposit dengan menggunakan *powder metallurgy* atau metalurgi serbuk semakin banyak dikembangkan pada saat ini karena memiliki banyak keuntungan bila dibandingkan dengan proses

pembuatan komposit yang lainnya [10] [11]. Keuntungan yang diperoleh dari metode metalurgi serbuk dalam proses pembuatan komposit diantaranya adalah energi proses yang rendah [12]. Selain itu proses metalurgi serbuk lebih ekonomis karena 95% penggunaan bahan baku yang digunakan dalam proses metalurgi serbuk ini akan menjadi sebuah produk jadi sehingga sedikit bahan yang hilang atau tidak terpakai [13][14]. Pada proses metalurgi serbuk mempunyai 3 tahapan proses utama yaitu proses pencampuran serbuk matrik dengan serbuk penguat, proses kompaksi atau penekanan dan proses sintering [15]. Pada proses kompaksi memiliki peranan yang sangat penting untuk meningkatkan nilai kerapatan serta densitas pada material komposit. Proses kompaksi pada metalurgi serbuk dapat dilakukan dengan menggunakan dua metode kompaksi yaitu kompaksi panas dan kompaksi dingin [16][1].

Metode kompaksi panas dilakukan dengan cara pada saat proses penekanan diberikan pemanasan hingga suhu tertentu terhadap sampel, dan secara bersamaan, sambil suhunya ditahan dilakukan penekanan dengan mesin press hidrolik. Sedangkan pada metode kompaksi dingin, proses penekanan sampel tidak menggunakan pemanasan, atau hanya dilakukan pada suhu ruangan. Pada pembuatan komposit logam metode kompaksi panas sering digunakan, karena proses kompaksi panas akan meningkatkan sifat pembasahan pada serbuk matrik sehingga pada saat proses penekanan dilakukan, dapat meningkatkan terjadinya ikatan mekanik antar muka serbuk/parikel atau lebih dikenal dengan *interlocking bonding* antara serbuk matrik dengan serbuk penguatnya [17]. Oleh karena itu, pada penelitian eksperimen ini telah dilakukan pembuatan komposit matrik aluminium dengan menggunakan bahan serbuk aluminium hasil daur ulang dan menggunakan penguat berupa serbuk silika dari pasir silika tailing tambang timah.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan material serbuk aluminium hasil daur ulang dan silikon dioksida dengan perbandingan fraksi volume berat 80 wt.% serbuk aluminium dan 20 wt.% silikon dioksida. Perbandingan tersebut secara umum akan menghasilkan sifat fisik serta mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan komposisi yang lain [10] [18]. Serbuk aluminium hasil daur ulang yang digunakan mempunyai komposisi senyawa 74%Al, 23%Cu(FeO_2) dan 3% Si, yang mempunyai ukuran distribusi serbuk hasil uji *Particle Size Analyzer* yaitu

D50:204 μm . Sedangkan serbuk silikon dioksida yang digunakan merupakan pasir silika tailing hasil dari limbah pencucian tambang timah, yang memiliki komposisi senyawa 83% SiO_2 , 12% Fe_2O_3 dan TiO_2 , yang mempunyai ukuran distribusi serbuk hasil uji *Particle Size Analyzer* yaitu D50:164 μm . Gambar 1, dibawah ini merupakan foto serbuk aluminium hasil daur ulang dan Gambar 2. Merupakan foto serbuk dari pasir silika.

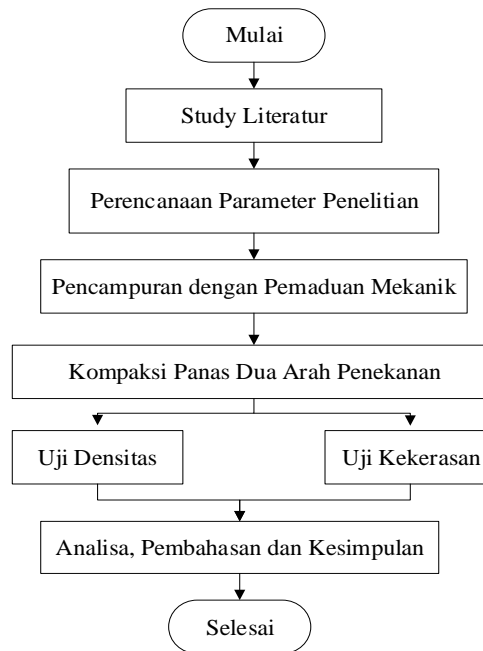


Gambar 1 Serbuk Aluminium



Gambar 2 Serbuk Silikon Dioksida

Pada proses penelitian ekperimental ini telah dilakukan dengan mengikuti diagram alir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3, dimana diawali dengan proses start yang dilanjutkan dengan studi literatur dan perencanaan proses parameter penelitian.



Gambar 3 Diagram Alir Penelitian

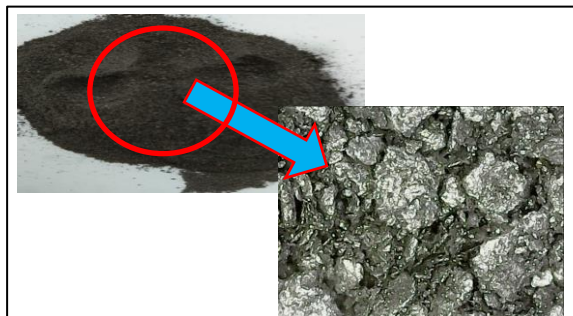
Tahapan proses penelitian selanjutnya adalah proses pencampuran serbuk aluminium hasil daur ulang dengan serbuk pasir silika menggunakan metode pemaduan mekanik atau *Mechanical Alloying* dengan menggunakan mesin *horizontal ball mill*. Proses pemaduan mekanik dengan *ball mill* ini digunakan parameter proses yang meliputi parameter *Ball Powder weight Ratio* (BPR) 10:1, parameter kecepatan putaran mesin adalah 90 rpm dan parameter waktu penggilingan adalah 4 jam. Pada proses pencampuran menggunakan metode *Mechanical Alloying* ini terjadi dua proses secara simultan, yaitu proses pencampuran dan proses penggerusan. Oleh karena itu metode pemaduan mekanik ini mampu menghasilkan campuran yang relative homogen dan mampu menghasilkan serbuk campuran yang semakin halus dari ukuran sebelumnya [19] [20].

Selelah proses pencampuran selesai selanjutnya dengan pembuatan sampel dengan cara pemadatan atau kompaksi. Proses kompaksi divariasikan tekanannya, hal itu bertujuan untuk mengetahui perbedaan nilai densitas dan kekerasan yang dihasilkan akibat pengaruh dari perbedaan tekanan yang diberikan pada material komposit yang menggunakan bahan serbuk aluminium daur ulang dan pasir silika tailing. Variasi tekanan kompaksi yang digunakan yaitu 4400 PSI, 4500 PSI dan 4600 PSI selama 15 menit. Proses kompaksi dilakukan pada suhu kompaksi yaitu 500°C pada area dapur pemanas yang melingkupi cetakan. Proses kompaksi

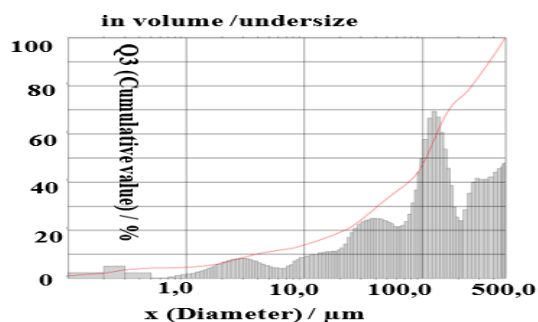
ini telah dipilih dan digunakan metode kompaksi dua-arah penekanan yaitu penekanan atas dan bawah menggunakan alat kompaksi hidrolik, yang mempunyai alat ukur untuk mengetahui nilai tekanan yang harus diterapkan, dalam satuan PSI. Selanjutnya setelah proses kompaksi sampel selesai dilakukan, dilanjutkan dengan dilakukan pengujian densitas dan kekerasan terhadap sampel hasil aplikasi dari kedua variasi tekanan kompaksi tersebut. Selanjutnya, semua data yang telah diperoleh dilakukan pembahasan dan analisa untuk mengetahui sejauh mana pengaruh perbedaan tekanan kompaksi terhadap sifat densitas dan kekerasan komposit yang dihasilkan. Tahapan terakhir pada proses penelitian ini adalah pengambilan HRB berdasarkan data-data, berdasarkan pembahasan dan berdasarkan analisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 4. berikut ini merupakan foto digital serbuk hasil proses pencampuran dengan metode *Mechanical Alloying* selama 4 jam. Berdasarkan foto tersebut dapat diamati dan disampaikan pernyataan bahwa dengan metode pemaduan mekanik (dingin) dapat menghasilkan campuran padatan yang lebih homogen dibandingkan dengan metode pencampuran lainnya. *Cold-weld* atau pengelasan dingin antara serbuk matrik aluminium dengan serbuk penguat silika tampak jelas terjadi seperti ditunjukkan pada gambar pembesarannya, pada Gambar 4. Kondisi pengelasan dingin pada campuran padatan serbuk ini yang telah membantu proses terjadinya ikatan mekanik *interlocking* pada komposit yang dihasilkan ketika proses sintering dilakukan. Ukuran distribusi serbuk campuran hasil uji *Particle Size Analyzer* (PSA) merk cilas 1090 Dry di Laboratorium Kimia pada MIPA Universitas Brawijaya, sebanyak 3 sampel dengan berat masing-masing serbuk sampel 10-5 gram. Diperoleh rata-rata ukuran D50: 106 μm dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 4 Foto Serbuk Campuran Padatan Hasil Proses *Mechanical Alloying* 4 jam

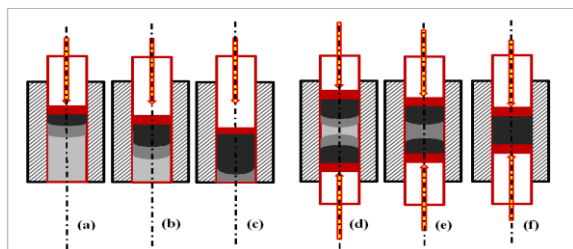


Gambar 5 Grafik Sebaran Ukuran Serbuk D50: 106 Hasil Proses *Mechanical Alloying* 4 Jam, Diuji dengan *Particle Size Analyzer*.

Bentuk produk sampel dalam penelitian ini adalah berupa cincin dengan diameter luar 50 mm dan diameter dalam 20 mm, dengan ketinggian produk rata-rata adalah antara 8-9 mm. Berat campuran padatan serbuk per sampel adalah 35 gram. Proses kompaksi dalam penelitian ini dipilih menggunakan metode kompaksi dua-arah penekanan, untuk mendapatkan kemampuan fisik dan mekanik yang lebih merata pada bidang permukaan sampel. Hal ini dapat diamati dan dianalisa mengacu pada Gambar 6. [21]. Pada gambar tersebut diilustrasikan kepadatan serbuk campuran hasil kompaksi satu arah penekanan yaitu gambar (a), (b) dan (c), dengan besar tekanan berturut-turut dari rendah ke tinggi. Selanjutnya ilustrasi yang sama juga ditampilkan ketika kompaksi dua-arah penekanan diterapkan, maka proses pemadatan serbuk bulk campuran material penyusun komposit terjadi dari jarak terdekat sumber energi penekanan bergerak menuju pada jarak terjauh dari sumber tekanan. Sehingga pada saat pemadatan dua-arah penekanan ini terapkan, maka densifikasi dan tekanan terendah terjadi pada bidang tengah aglomerat serbuk atau pada pusat titik berat cincin sampel. Sedangkan densifikasi tertinggi dan tekanan tertinggi terjadi pada bidang permukaan sampel bagian luar aglomerat serbuk, mulai dari daerah dengan jarak terdekat terhadap sumber energi penekanan atau dari arah gaya tekan yang diaplikasikan.

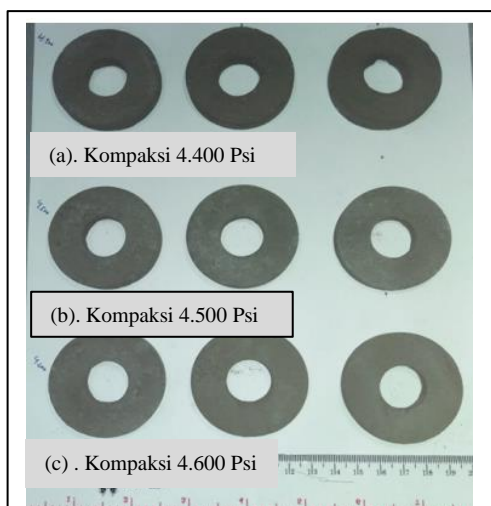
Demikian halnya karakteristik kekerasan produk juga identik pada karakteristik pemadatan ini, yaitu bagian luar produk, yaitu terutama pada permukaan atas dan bawah, yang memiliki kekerasan tertinggi dan bagian tengah produk memiliki kekerasan terendah. Dengan kata lain, proses pemadatan dan sifat fisik-mekanik terhadap sampel komposit ini tidak dapat ditentukan hanya dengan memperhitungkan gaya reaksi-reaksi tanpa

memperhatikan nilai gesekan antar partikel dan antar partikel dengan dinding cetakan.



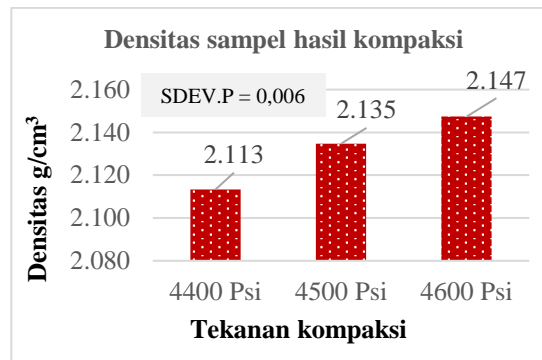
Gambar 6 Ilustrasi Pemadatan: (a), (b) dan (c) Satu-arah. (d), (e) dan (f). Dua-arah [21]

Hasil proses kompaksi dua-arah penekanan, dengan sejumlah sembilan sampel seperti ditunjukkan pada Gambar 7., yaitu tiga sampel dengan tekanan 4400 Psi, tiga sampel tekanan 4500 Psi dan tiga sampel dengan 4600 Psi.



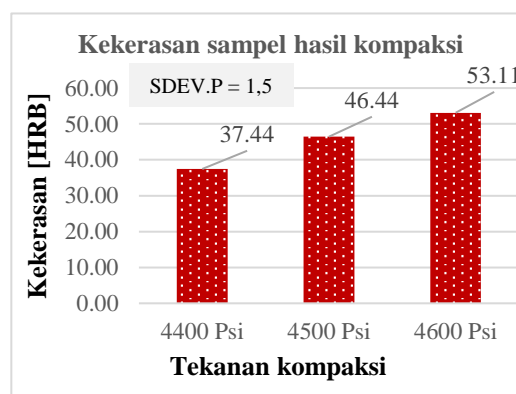
Gambar 7 Foto sampel hasil kompaksi dua-arah penekanan.

Hasil uji densitas menggunakan standar ASTM B962-17 [22] terhadap sembilan sampel tersebut diperoleh hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Grafik pengaruh perbedaan tekanan terhadap sifat densitas komposit.



Gambar 8 Grafik pengaruh perbedaan tekanan terhadap sifat densitas komposit

Hasil uji kekerasan Rockwell Brinell menggunakan standar ASTM E110-14 [23] terhadap sampel hasil kompaksi dua-arah penekanan tersebut diperoleh nilai seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Grafik pengaruh perbedaan tekanan terhadap sifat kekerasan komposit, pada SDEV.P.= 1,5.



Gambar 9 Grafik pengaruh perbedaan tekanan terhadap sifat kekerasan komposit.

Hasil foto digital terhadap sampel hasil kompaksi dengan tekanan 4.400 Psi dan dengan tekanan 4.600 Psi ditunjukkan pada Gambar 10. Berdasarkan pada foto tersebut, dapat diamati dan diperbandingkan, bahwa sampel hasil kompaksi dua-arah penekanan 4.400 Psi jelas berbeda dengan sampel hasil kompaksi 4.600 Psi. Gambar 10 (b) menunjukkan struktur mikro untuk sampel hasil kompaksi dua-arah penekanan 4.600 Psi tersebut memperlihatkan kondisi ikatan antar muka secara mekanik (*interlocking bonding*) antara matrik aluminium (cenderung berwarna gelap) dengan penguat silika (cenderung warna terang) tampak lebih rapat dan lebih baik dibandingkan gambar 10 (a) yang merupakan sampel hasil kompaksi 4.400 Psi. Hal ini

sesuai dengan hasil uji kekerasan (Gambar 9.), dimana sampel dengan ikatan yang lebih baik dan lebih rapat (gambar 10 (b)). memiliki kekerasan yang lebih tinggi.



Gambar 10 Foto Mikro Sampel (a) Foto sampel hasil kompaksi 4400 Psi (b) Foto sampel hasil kompaksi 4400 Psi

KESIMPULAN

Berdasarkan data, pembahasan dan Analisa, maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi tekanan kompaksi yang diterapkan terhadap komposit matrik logam aluminium hasil daur ulang yang diperkuat 20% wt serbuk silika menunjukkan semakin tinggi nilai kekerasannya, yaitu pada tekanan kompaksi diterapkan 4.600 Psi nilai kekerasannya adalah 53,11 HRB. Demikian juga sifat kerapatannya atau densitasnya juga semakin meningkat dengan meningkatnya tekanan kompaksi yang diterapkan, dengan densitas tertinggi adalah 2,147 g/cm³.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian ini yaitu:

1. Laboratorium Kimia pada Fakultas MIPA Universitas Brawijaya yang telah membantu dalam pengujian *Particle Size Analyzer* dan Uji Densitas.
2. Laboratorium Sentral Material Universitas Negeri Malang yang telah membantu dalam pengujian senyawa untuk bahan baku pembuatan komposit.
3. Direktur, Ketua Jurusan Teknik Mesin dan Kepala Laboratorium Teknik Material dan Pengelasan serta para Laboran di Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah berkontribusi pada pembiayaan dan penggunaan sarana prasarana dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Garg, P., Jamwal, A., Kumar, D., Sadasivuni, K. K., Hussain, C. M., Gupta, "Advance research progresses in aluminium matrix composites: manufacturing & applications," vol. 8, no. 5, pp. 4924–4939, 2019.
- [2] A. Kaw, *Mechanic of Composite Material. Edisi kedua. Amerika Serikat: Taylor & Francis Group, LLC.* 2006.
- [3] Suherdi, "Analisa Kekuatan Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa (*Cocos Nucifera*)," *J. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 29–35, 2016.
- [4] M. Syahid, A. Hayat, and Aswar, "Effect of Graphite Addition on Aluminum Hybrid Matrix Composite by Powder Metallurgy Method," *Rev. des Compos. des Mater. Av.*, vol. 32, no. 3, pp. 125–132, 2022, doi: 10.18280/rcma.320303.
- [5] I. P. A. Zay, F. R. Zulfi, and A. Gurning, "Daur Ulang Scrap Aluminium Sebagai Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Ketergantungan ...," *Conf. Pap.*, no. November, 2014, doi: 10.13140/2.1.3237.6006.
- [6] Y. S. Sukanto, Soenoko, R., Suprpto, W., Irawan, "Characterization of aluminium matrix composite of Al-ZnSiFeCuMg Alloy reinforced with silica sand tailings particles," *J. Mech. Eng. Sci.*, vol. 14, no. 3, pp. 6971–6981, 2020, doi: 10.15282/jmes.14.3.2020.01.0546.
- [7] C. Bulei, I. Kiss, and V. Alexa, "Development of metal matrix composites using recycled secondary raw materials from aluminium wastes," *Mater. Today Proc.*, vol. 45, pp. 4143–4149, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.11.926.
- [8] I. A. Wahyudie, R. Soenoko, W. Suprpto, and Y. S. Irawan, "Enhancing hardness and wear resistance of ZrSiO₄-SnO₂/Cu₁₀Sn composite produced by warm compaction and sintering," *Metalurgija*, vol. 59, no. 1, pp. 27–30, 2020.
- [9] H. A. Prasetya, "Pengaruh Silika Dari Abu Sekam Padi Sebagai Bahan Substitusi Asbes Untuk Pembuatan Kampas Rem Menggunakan Bahan Karet Alam," *Pros. Semin. Nas. Kulit, Karet dan Plast. Ke-5*, pp. 153–162, 2016.
- [10] Sukanto, W. Suprpto, R. Soenoko, and Y. S. Irawan, "THE EFFECT OF MILLING TIME ON THE ALUMINA PHASE TRANSFORMATION IN THE AMCs POWDER METALLURGY REINFORCED BY SILICA-SAND-TAILINGS," *EUREKA, Phys. Eng.*, no. 1, pp. 103–117, 2022, doi: 10.21303/2461-4262.2022.001906.
- [11] I. A. Wahyudie, R. Soenoko, W. Suprpto, and Y. S. Irawan, "Optimizing warm compaction parameters on the porosity and hardness of

- Bronze/Tin ore waste composites,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1, pp. 0–12, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012101.
- [12] I. Chatur Adhi WA, A. A. Alit Triadi, M. Wijana, I. M. Nuarsa, and I. M. Mara, “Kekerasan Produk Metalurgi Serbuk Berbahan Limbah Aluminium dengan Metode Kompaksi Bertahap,” *J. Sains Teknol. Lingkung.*, pp. 141–146, 2021, doi: 10.29303/jstl.v0i0.252.
- [13] R. Suprpto, W & Soenoko, “Teknologi Metalurgi Serbuk, Solo, Pena Mas Publishing, ISBN: 978-602-73670-0-5.,” vol. 192, p. 10, 2015.
- [14] R. Rinanda and D. Puryanti, “Analisis Sifat Magnetik Kalsium Ferit yang Disintesis Menggunakan Metode Metalurgi Serbuk,” *J. Fis. Unand*, vol. 9, no. 2, pp. 224–230, 2020, doi: 10.25077/jfu.9.2.224-230.2020.
- [15] S. E. Susilowati, A. Fudholi, and D. Sumardiyanto, “Mechanical and microstructural characteristics of Cu–Sn–Zn/ Gr metal matrix composites processed by powder metallurgy for bearing materials,” *Results Eng.*, vol. 14, no. February, p. 100377, 2022, doi: 10.1016/j.rineng.2022.100377.
- [16] I. A. Wahyudie, “H OT C OMPACTION P ROCESS O PTIMIZATION FOR I MPROVEMENT T RIBOLOGY B EHAVIOR OF Z IRCONIUM S ILICATE S TRENGTHENED BMC S `,” 2021.
- [17] M. S. El-Eskandarany, *Mechanical Alloying, Nanotechnology, Material Science and Powder Metallurgy. second edition, Elsevier, ISBN: 978-1-4557-7752-5, See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net.* 2015.
- [18] Munasir, Triwikantoro, M. Zainuri, R. Bähler, and Darminto, “Mechanical strength and corrosion rate of aluminium composites (Al/SiO₂): Nanoparticle silica (NPS) as reinforcement,” *J. Phys. Sci.*, vol. 30, no. 1, pp. 81–97, 2019, doi: 10.21315/jps2019.30.1.7.
- [19] C. Suryanarayana, “Mechanical Alloying: A Novel Technique to Synthesize Advanced Materials,” *Research*, vol. 2019, pp. 1–17, 2019, doi: 10.34133/2019/4219812.
- [20] Sukanto, R. Soenoko, W. Suprpto, and Y. S. Irawan, “Parameter Optimization of Ball Milling Process for Silica Sand Tailing,” *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 494, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/494/1/012073.
- [21] M. Milani, “Optimization of the pressing process of triangular shaped cutting tool inserts,” 2016.
- [22] ASTM International, “Standard Test Methods for Density of Compacted or Sintered Powder Metallurgy (PM) Products Using Archimedes’ Principle,” *Astm B962-17*, vol. i, pp. 1–7, 2013, doi: 10.1520/B0962-17.2.
- [23] E110-14, “Standard Test Method for Rockwell and Brinell Hardness of Metallic Materials by Portable Hardness Testers,” *ASTM B. Stand.*, pp. 4–8, 2015, doi: 10.1520/E0110-14.2.

UJI KETELITIAN CETAK PRODUK LENGKUNG PRINTER 3D ANET A8

Yanuar Burhanuddin¹, Made Gita Arya Candra², Achmad Yahya T.P³., Suryadiwansa Harun⁴

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

Email : yanuar.burhanuddin@eng.unila.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengetahui parameter yang paling berpengaruh dalam mencetak produk berbentuk lengkung menggunakan 3D Printer Anet A8 dengan memvariasikan faktor-faktor *infill speed*, *print speed* dan *layer height*. Metode eksperimen dan analisis yang digunakan dalam uji ketelitian cetak produk 3D Printing ini adalah *Taguchi L9*. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa parameter proses yang paling baik untuk akurasi dimensi diameter spesimen yaitu secara berturut turut terhadap keakurasian yaitu *layer height* (0,3000 mm), *infil speed* (50 mm/s) dan *layer speed* (30 mm/s) kemudian parameter proses yang paling optimal untuk akurasi dimensi lengkung spesimen yaitu secara berturut turut terhadap keakurasian yaitu *layer height* (0,2000 mm), *infil speed* (50 mm/s) dan *layer speed* (40 mm/s). Hasil analisis ANOVA parameter yang paling berkontribusi dalam keakurasian pencetakan spesimen lengkung pada dimensi diameter adalah *layer height* sedangkan pada dimensi lengkung adalah *infil speed*.

Kata kunci : 3D Printing, Parameter, Keakuratan, Dimensi.

Abstract

This study aims to determine the accuracy of the Anet A8 3D Printer in printing curved products with the infill speed, print speed and layer height factors in order to obtain optimal results and determine the most influential parameters in printing curved products using the Anet A8 3D Printer. The method used in testing the accuracy of printing 3D printing products is *Taguchi L9*. From this study it can be concluded that the most optimal process parameters for the accuracy of the dimensions of the specimen diameter are successively for accuracy, namely layer height (0.3000 mm), infil speed (50 mm/s) and layer speed (30 mm/s) then the most optimal process parameters for the accuracy of the curved dimensions of the specimen are successively for accuracy, namely layer height (0.2000 mm), infil speed (50 mm/s) and layer speed (40 mm/s). The results of the ANOVA analysis show that the most influential parameter in printing curved specimens with the diameter dimension is the layer height and the curved dimension is the infill speed.

Keywords : 3D Printing, Parameters, Accuracy, Dimension

PENDAHULUAN

Printer 3-Dimensi atau dikenal dengan pencetak tiga dimensi merupakan salah satu teknologi di bidang manufaktur sangat berkembang akhir-akhir ini. Mesin Printer 3D yang digunakan memiliki keunggulan khusus dimana benda yang dicetak dapat sama persis dengan penggambaran Computer Aided Drawing (CAD). Proses pencetakan 3D telah berkembang berapa tahun terakhir ini melibatkan berbagai metode, bahan, dan peralatan dan memiliki tren untuk mengubah proses manufaktur dan logistik.

Pencetakan 3D merupakan bagian dari Manufaktur Aditif (*Additive Manufacturing*), telah banyak diterapkan di berbagai bidang antara lain konstruksi, kesehatan, *prototyping* dan biomekanik^[1]. Manufaktur Aditif (AM) didefinisikan sebagai proses penyambungan bahan untuk membuat objek dari data model tiga dimensi (3D), biasanya lapis demi lapis, sebagai lawan dari metodologi manufaktur subtraktif seperti permesinan^[2].

Keakurasian dimensi adalah esensi untuk aplikasi teknologi ini pada sektor manufaktur. Bentuk akhir produk akan menentukan kelayakan fungsi

produk. Jika dimensi geometrik tidak cocok produk secara otomatis akan ditolak[3].

Ada beberapa penyebab ketidakakuratan dimensi produk Printer 3D yaitu produk mengalami penyusutan pada saat pembekuan [4], permukaan samping menyerupai anak-tangga karena deposisi lapis-demi-lapis [5], lebar raster dan tebal lapisan [6,7], suhu ekstruder dan orientasi pencetakan juga mempengaruhi keakuratan dimensi [7], jenis printer 3D, bentuk produk dan jenis bahan juga mempengaruhi akurasi dimensi [8,9].

Peningkatan keakuratan dimensi digunakan untuk mendapatkan produk dengan akurasi yang maksimal sehingga proses perakitan komponen dapat dilakukan dengan mudah dan sesuai dengan fungsinya. Akan tetapi sampai saat ini data mengenai hasil akhir cetak produk 3D printing seperti keakuratan dimensi dan lainnya masih terbilang sangat minim. Dimana data-data tersebut sangat penting untuk diketahui. Oleh karena itu untuk mengetahui tingkat keakurasiannya perlu dilakukan pengujian keakuratan produk pencetakan 3D.

METODE PENELITIAN

Alat

Penelitian ini menggunakan aplikasi Autodesk Inventor dan Ideamaker untuk membuat model geometri spesimen. Pencetakan model geometri spesimen menggunakan 3D Printer Anet A8. Sedangkan untuk pengukuran model menggunakan Profile Proyektor Multitoyo PJ 3000.

Bahan

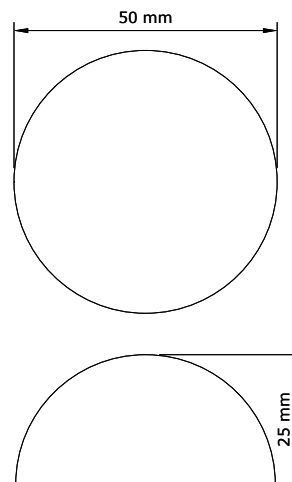
Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah filamen Polylactic Acid (PLA). PLA sendiri adalah bahan yang terbuat dari bahan alam seperti pati jagung, tapioka atau tebu. Sifat fisik dan mekanik PLA dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Sifat fisik dan mekanik PLA [10]

Sifat	Nilai
Kepadatan (g/cm ³)	1,17-1,24
Suhu leleh (o°)	210
Kadar air (%)	≤0,1
Modulus Young (MPa)	2636±330
Kekuatan Tarik (MPa)	46,6±0,9
Pemanjangan saat putus (%)	1,90±2,1

PENCETAKAN DAN PENGUKURAN

Spesimen uji yang dicetak menggunakan Printer 3D mempunyai geometri setengah bola, dimana dimensi spesimen tersebut yaitu diameter 50 mm dan tinggi 25 mm. Gambar 1 menunjukkan model geometri dan ukuran spesimen cetak



Gambar 1 Model geometri dan ukuran spesimen cetak

Penelitian ini menggunakan desain eksperimen Taguchi L9. Ortogonal Array dengan tiga faktor dan tiga level. Parameter proses yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu *layer height* (mm), *infil speed* (mm/s), *layer speed* (mm/s). Nilai parameter dan level yang telah ditetapkan dan ditunjukkan pada Tabel 2. Adapun desain eksperimen pada penelitian ini ada pada Tabel 3.

Tabel 2 Nilai parameter dan level.

Faktor	Parameter	Level		
		1	2	3
A	Layer height	0,1000	0,2000	0,3000
B	Infil Speed	70	60	50
C	Layer speed	40	30	20

Tabel 3 Variasi parameter penelitian.

Nama spesimen	Layer height (mm)	Infill speed (mm/s)	Layer speed (mm/s)
A1	0,1000	70	40
A2	0,1000	60	30
A3	0,1000	50	20
B1	0,2000	70	30
B2	0,2000	60	20

B3	0,2000	50	40
C1	0,3000	70	20
C2	0,3000	60	40
C3	0,3000	50	30

Pengukuran dan Analisis

Dimensi yang diukur nantinya adalah dimensi diameter, dimensi lengkung, dimensi tinggi dan dimensi jari-jari. Masing-masing dimensi dalam notasi diukur sehingga didapatkan nilai deviasi antara dimensi gambar dengan dimensi spesimen cetak. Data simpangan tersebut nantinya akan dianalisis menggunakan Analisis Taguchi dan Analisis Ragam sehingga didapat nilai parameter terbaik dan faktor yang paling berpengaruh pada pembuatan spesimen sehingga didapatkan ukuran spesimen yang mendekati ukuran yang diinginkan.

Rasio S/N

Tahap ini meliputi pengumpulan dan pengolahan data. Untuk perhitungan manual dan pengujian data statistik dilakukan pada data hasil percobaan. S/N Ratio (Signal to Noise Ratio) merupakan salah satu tahapan analisis. Signal to Noise Ratio (SNR) dalam metode Taguchi digunakan untuk mengetahui nilai level faktor yang berpengaruh dan optimal bagi karakteristik kualitas dari hasil eksperimen.

Karakteristik kualitas pada SNR terdiri seperti : *Smaller is better* atau semakin kecil semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan batas nilai nol dan non-negatif, dimana nilai yang mendekati nol merupakan nilai yang diinginkan, *Nominal is best* atau tertuju pada nilai tertentu adalah karakteristik kualitas dengan nilai tidak nol dan terbatas, dimana suatu nilai yang mendekati nilai yang telah ditentukan adalah yang terbaik, *Larger is better* atau semakin besar semakin baik adalah karakteristik kualitas dengan rentang nilai yang tak terbatas dan non-negatif, dimana nilai semakin besar merupakan nilai yang diinginkan[11].

Analisis Variansi dan Uji Hipotesis F

Analisis variansi digunakan untuk mengetahui dan mencari besarnya suatu proses parameter kendali pengaruh secara signifikan terhadap suatu respon. Pengujian bahwa adanya pengaruh faktor atau parameter bebas terhadap percobaan dibuktikan dengan uji hipotesis F. Hipotesis adalah dugaan sementara pada suatu proses yang masih lemah kebenarannya dari parameter dalam populasi, yang digunakan untuk

mendapatkan suatu keputusan, yaitu menolak atau menerima hipotesis. Pada penelitian ini taraf signifikansi α yang digunakan sebesar 5% atau 0,05. Uji hipotesis F dilakukan dengan cara membandingkan variansi yang disebabkan masing-masing faktor dan kesalahan variansi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran

Adapun hasil pengukuran yang didapatkan menggunakan profil proyektor pada spesimen yang telah dicetak, dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil pengukuran spesimen.

Objek	Diameter	Jari-Jari	Tinggi	Lengkung
A1	49,6949	24,6668	24,086	24,2476
A2	49,7456	24,7553	24,278	24,1155
A3	49,8230	24,8557	24,457	24,2389
B1	49,8922	24,4626	24,073	24,2532
B2	49,7876	24,3551	24,250	24,2693
B3	49,8168	24,2501	24,463	24,5650
C1	49,9049	24,7537	24,300	24,3498
C2	49,9123	24,3772	24,337	24,2519
C3	49,8861	24,9574	24,354	24,3642

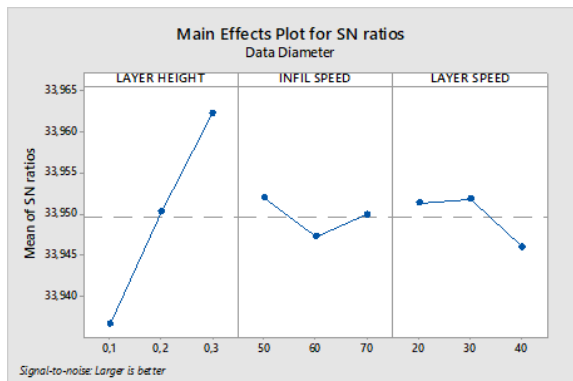
Rasio S/N Pada Dimensi Diameter

S/N Ratio digunakan untuk mengetahui nilai level faktor mana yang berpengaruh pada hasil percobaan. Kriteria Rasio S/N yang digunakan pada diameter adalah *Smaller is better*, dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rasio S/N pada diameter.

Level	Layer height	Infil speed	Layer speed
1	33,94	33,95	33,95
2	33,95	33,95	33,95
3	33,96	33,95	33,95
Delta	0,03	0,00	0,01
Rank	1	3	2

Adapun gambar grafik Rasio S/N untuk dimensi diameter dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Grafik Rasio S/N dimensi diameter.

Hasil analisis Taguchi pada dimensi diameter, nilai parameter proses yang terbaik terhadap keakurasian berturut-turut adalah *layer height* 0,3000 mm, *infil speed* 50 mm/s dan *layer speed* 30 mm/s.

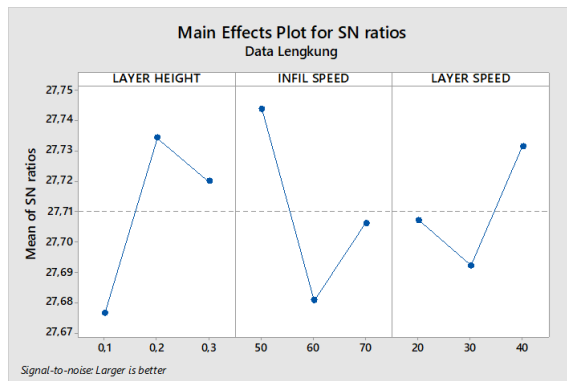
Rasio S/N Pada Dimensi Lengkung

Rasio S/N digunakan untuk mengetahui level faktor mana yang berpengaruh pada hasil percobaan. Kriteria S/N Ratio yang digunakan pada dimensi lengkung adalah *Smaller is better*, dapat dilihat pada tabel 5 berikut ini :

Tabel 6 Rasio S/N dimensi lengkung.

Level	Layer height	Infil speed	Layer speed
1	27,68	27,74	27,71
2	27,73	27,68	27,69
3	27,72	27,71	27,73
Delta	0,06	0,06	0,04
Rank	2	1	3

Adapun gambar grafik Rasio S/N untuk dimensi lengkung untuk lebih mudah membandingkan hasilnya dapat dilihat pada gambar 2. Hasil analisis Taguchi terhadap keakurasian dimensi lengkung, parameter yang terbaik yaitu *layer height* 0,2000 mm, *infil speed* 50 mm/s dan *layer speed* 40 mm/s. Dari hasil tersebut semakin tinggi nilai S/N Ratio menandakan semakin baik tingkat keakuratan spesimen uji tersebut.



Gambar 2. Grafik S/N Ratio dimensi lengkung.

Analisis Varians Pada Parameter Proses

Metode ANOVA digunakan untuk menentukan faktor mana yang mempunyai respon yang signifikan dan untuk mendapatkan persentase kontribusi pada masing-masing faktor. Adapun tabel 6 menunjukkan hasil ANOVA pada keakurasian dimensi diameter.

Tabel 7 Hasil ANOVA keakurasian dimensi diameter.

Analysis of variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Layer height	2	0,032291	68,98%	0,032291	0,016145	2,84	0,261
Infil speed	2	0,001086	2,32%	0,001086	0,000543	0,10	0,913
Layer speed	2	0,002048	4,37%	0,002048	0,001024	0,18	0,848
Kesalahan	2	0,011389	24,33%	0,011389	0,005695		
Total	8	0,046814	100,00%				

Adapun tabel 8 menunjukkan hasil ANOVA pada keakurasian dimensi lengkung.

Tabel 8 Hasil ANOVA dimensi lengkung

Analysis of variance							
Source	DF	Seq SS	Contribution	Adj SS	Adj MS	F-value	P-value
Layer height	2	0,04253	34,70%	0,04253	0,021265	3,11	0,243
Infil speed	2	0,04767	38,90%	0,04767	0,023836	3,49	0,223
Layer speed	2	0,01868	15,25%	0,01868	0,009342	1,37	0,423
Kesalahan	2	0,01367	11,15%	0,01367	0,006835		
Total	8	0,12255	100,00%				

Hasil analisis ANOVA terhadap keakurasian dimensi diameter dan dimensi lengkung menunjukkan sejatinya tidak ada satu faktor yang signifikan karena semua nilai P tiap faktor lebih besar dari 0,05. Oleh karena untuk menentukan parameter mana signifikan digunakan persentase kontribusi. Hasilnya untuk keakurasian dimensi diameter parameter yang kontribusinya besar adalah *layer height* dan untuk keakurasian dimensi lengkung yang kontribusinya besar adalah *infil speed*.

KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain :

1. Berdasarkan analisis taguchi didapat parameter proses yang terbaik pada keakurasian berturut-turut adalah *layer height* 0,3000 mm, *infil speed* 50 mm/s dan *layer speed* 30 mm/s kemudian untuk dimensi lengkung parameter yang optimal yaitu *layer height* 0,2000 mm, *infil speed* 50 mm/s dan *layer speed* 40 mm/s.
2. Dari hasil ANOVA, faktor yang berkontribusi terhadap keakurasian dimensi diameter adalah *layer height* dan untuk keakurasian dimensi lengkung adalah *infil speed*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ngo T. D., Kashani A., Imbalzano G., Nguyen K.T.Q. & Hui D. Additive Manufacturing (3D

Printing): A Review of Materials, Methods, Applications and Challenges. Composite Part B: Engineering ScienceDirect, Vol. 143, 2018, pages 172-196.

- [2] Moylan S., Slotwinski J., Cooke A., Jurrens K., & Donmez M.A.. An Additive Manufacturing Test Artifact. Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology, Vol. 119, 2014, pp. 429-456.
- [3] Mahros Darsin, Nurholis Alfian Mahardika, Gaguk Jatisukamto, Mochamad Edoward Ramadhan, Boy Arief Fachri and Mohd Sabri Hussin. Effect of 3D Printing Parameters on Dimensional Accuracy Using eSteel Filaments. Journal of 3D Printing and Additive Manufacturing, Vol 1. No. 1, pp. 1-7.
- [4] Schmutzler C, Zimmermann A, Zaeh MF. Compensating Warpage of 3D Printed Parts Using Free-form Deformation. Procedia CIRP, Vol. 41, 2016, pp 1017-1022.
- [5] Solomon J, Sevvil P, Gunasekaran J. Materials Today: Proceedings: A Review on The Various Processing Parameters in FDM. 2020: 10-15.
- [6] Nancharaiah T, Ranga Raju D, Ramachandra Raju V. An experimental investigation on surface quality and dimensional accuracy of FDM components. Int J Emerg Technol 2010;1:106-11.
- [7] Shahrain M, Didier T, Lim GK, Qureshi AJ. Fast Deviation Simulation for "Fused Deposition Modeling" Process. Procedia CIRP 2016;43:327-32.
- [8] Braconnier DJ, Jensen RE, Peterson AM. Processing parameter correlations in material extrusion additive manufacturing. Addit Manuf 2020;31:100924.
- [9] Chang DY, Huang BH. Studies on profile error and extruding aperture for the RP parts using the fused deposition modeling process. Int J Adv Manuf Technol 2011;53:1027-37.
- [10] Salem H., Abouchadi H. & Elbikri K. PLA Mechanical Performance Before and After 3D Printing. Int. J. Advanced Comp. Sci and Application. Vol. 13, No 3, 2022, pp. 324-330.
- [11] Soejanto, I.. Desain Eksperimen dengan Metode Taguchi. Yogyakarta: Graha Ilmu. 2009

RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG PIPA DENGAN LAS OXY ACETYLENE

Jeri Arikxa¹, Yudi Setiawan¹, Kadriadi², Amiruddin², Angga Bahri Pratama³

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu UBB, Balunijuk, Bangka, Kep. Bangka Belitung

² Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali

Labota, Bahodopi, Morowali, Sulawesi Tengah

³ Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater No 1 Kampus USU

Email: jeriariksa@ubb.ac.id

Abstrak

Pemotongan logam adalah tahap pengerjaan bahan baku profil dan plat baja sesuai dengan tanda potong yang telah ditetapkan pada proses penandaan. Salah satu teknik pemotongan logam adalah dengan menggunakan las oxy acetylene dimana pemotongan terjadi karena adanya reaksi oxygen dan baja. Las oxy acetylene adalah proses pemotongan dan pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala (flame) gas acetylene yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2 dengan logam pengisi atau tanpa logam pengisi dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Disamping untuk keperluan pengelasan (penyambungan) las oxy acetylene dapat juga digunakan sebagai preheating, brazing, cutting dan hard facing. Pada pengerjaan pemotongan pipa besi menggunakan las oxy acetylene secara manual, kendala yang sering ditemukan adalah hasil pemotongan yang tidak rata dan tidak lurus. Hal ini menyebabkan dibutuhkan proses perataan pada bagian tepi yang dipotong hingga rata dan lurus. Pada penelitian ini, telah dibuat mesin pemotong pipa dengan las oxy acetylene yang bertujuan menghasilkan pemotongan pipa yang lurus, halus, dan rata. Mesin pemotong pipa yang telah dibuat ini dapat menghasilkan potongan pipa besi rata, halus, dan lurus pada pipa besi diameter 4,5 inchi, 3,5 inchi, dan 3 inchi dengan waktu pemotongan 32 detik, kecepatan putaran gelombang motor 5,8 Hz, dan toleransi potongan ± 3 mm.

Kata kunci : Rancang Bangun, Las Oxy Acetylene, Mesin Pemotong Pipa.

Abstract

Metal cutting is the stage of processing profile raw materials and steel plates according to the cut marks that have been set in the marking process. One of the metal cutting techniques is to use oxy acetylene welding where the cutting occurs due to the reaction of oxygen and steel. Oxy acetylene welding is a manual cutting and welding process, in which the surfaces to be joined are heated until melted by the flame of acetylene gas, namely burning C_2H_2 with O_2 with filler metal or without filler metal where the joining process is without pressure. Besides for welding purposes (connection), oxy acetylene welding can also be used as preheating, brazing, cutting and hard facing. In the process of cutting iron pipes using oxy acetylene welding manually, the problem that is often found is the results of uneven and not straight cuts. This causes a leveling process to be needed on the edges that are cut so that they are flat and straight. In this research, a pipe cutting machine with oxy acetylene welding has been made which aims to produce straight, smooth, and even pipe cutting. The pipe cutting machine that has been made can produce flat, smooth, and straight iron pipe cuts on iron pipes with a diameter of 4.5 inches, 3.5 inches and 3 inches with a cutting time of 32 seconds, a motor wave rotation speed of 5.8 Hz, and a cut tolerance of ± 3 mm.

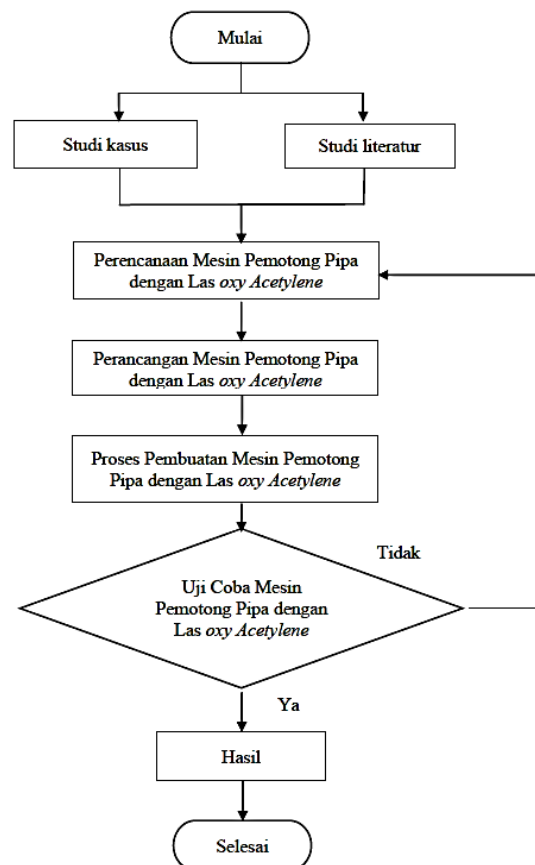
Key words : Design, Oxy Acetylene Welding, Pipe Cutting Machine

PENDAHULUAN

Pemotongan logam adalah tahap pengerjaan bahan baku profil dan plat baja sesuai dengan tanda potong yang telah ditetapkan pada proses penandaan. Salah satu teknik pemotongan logam adalah dengan menggunakan las *oxy acetylene* dimana pemotongan terjadi karena adanya reaksi *oxygen* dan baja. Pada pengerjaan pemotongan pipa besi menggunakan las *oxy acetylene* secara manual, kendala yang sering ditemukan adalah hasil pemotongan yang tidak rata dan tidak lurus. Hal ini menyebabkan dibutuhkan proses perataan pada bagian tepi yang dipotong hingga rata dan lurus yang membutuhkan waktu yang lama [1]. Las *oxy acetylene* adalah proses pemotongan dan pengelasan secara manual, dimana permukaan yang akan disambung mengalami pemanasan sampai mencair oleh nyala (*flame*) gas *acetylene* yaitu pembakaran C_2H_2 dengan O_2 dengan logam pengisi atau tanpa logam pengisi dimana proses penyambungan tanpa penekanan. Pengelasan (penyambungan) las *oxy acetylene* dapat juga digunakan sebagai *preheating*, *brazing*, *cutting* dan *hard facing* [6]. Penelitian sebelumnya berjudul Rancang Bangun *Holder Brander Las Oxy* dengan Mekanisme Pemotongan Semi Otomatis karya Amal Syahdi, M, tahun 2020 [1]. Pada penelitian ini bertujuan untuk membuat alat bantu pemotongan menggunakan las *oxy acetylene*. Pada pemotongan pipa mengalami kegagalan pada sistem penggerak motor DC yang dipengaruhi oleh berat pipa yang tidak dapat ditanggung. Berdasarkan permasalahan yang ada mengenai proses produksi pemotong pipa menggunakan las *oxy acetylene*. Maka munculnya ide membuat alat untuk membantu proses produksi mesin pemotongan pipa dengan berjudul yaitu “Rancang bangun mesin pemotong pipa dengan las *oxy acetylene*”. Bertujuan menghasilkan pemotongan pipa yang lurus dan rata, dan dapat melakukan pemotongan pipa sesuai dengan prosedur Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3).

METODE PENELITIAN

Tahap-tahap pada penelitian ini terlebih dahulu adalah menentukan rancangan proses prosedur pembuatan mengenai perencanaan, perancangan, proses pembuatan, uji coba, dan hasil yang dapat ditunjukkan pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat dan Bahan

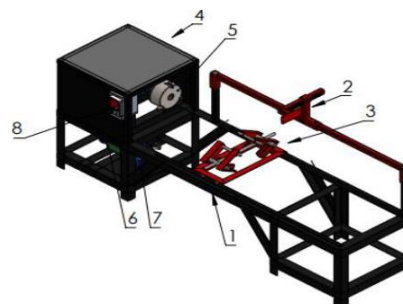
Berikut alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

Alat

1. Mesin las
2. Mesin bor tangan
3. Mesin gerinda tangan
4. Dial indicator
5. Kunci pass
6. Palu
7. Mistar 100 cm
8. Mistar siku
9. Spidol
10. Jangka sorong
11. Meteran
12. Topeng las
13. Sarung tangan
14. Kaca mata
15. Kunci L
16. Mesin gerinda duduk
17. Compressor

Bahan

1. Besi siku 50x50 mm (@2,5 mm)
2. Besi hollow 3x3 (@0,8 mm)
3. Kapur
4. Besi siku 3x3 (@1 mm)
5. Chuck 6 inchi
6. Plat 1 mm
7. Pully atas bertingkat
8. Pully atas bertingkat
9. V-belt
10. Motor AC 3 phase 0,73 kw/1 hp (1450 rpm)
11. Inverter
12. Shaft Ø35 mm x 400 mm
13. Flange as 6 inchi
14. Bearing and pillow block 207
15. Kabel
16. Bearing
17. Cat hitam dan merah
18. Oli
19. Thinner
20. Elektroda RB 26 Ø2.6 mm
21. Besi ulir
22. Engsel
23. Grendel
24. Mata gerinda potong
25. Mata gerinda penghalus
26. Mata gerinda finishing
27. Baut dan mur 20
28. Baut dan mur 14
29. Baut dan mur 10
30. Baut dan mur 23
31. Mata bor Ø14
32. Mata bor Ø10
33. Mata bor bertingkat
34. Gearbox 1:50
35. Sprocket 14 T
36. Rantai 100 L



Gambar 2 Mesin Pemotong Pipa

Tabel 1 Diagram Penelitian

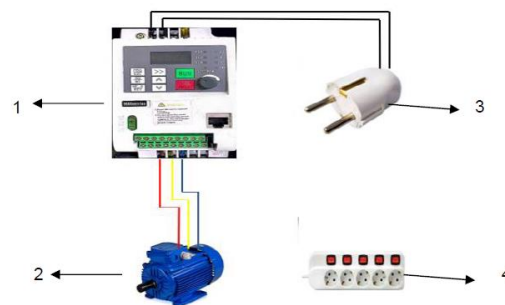
NO	KETERANGAN
1.	Rangka
2.	Stand Holder
3.	Penyangga pipa
4.	Cover mesin
5.	Chuck
6.	Gearbox
7.	Motor
8.	Inverter

Perencanaan

Jenis penelitian ini adalah membuat rancang bangun mesin pemotong pipa dengan *las oxy acetylene* memudahkan pada proses pemotongan pipa dan menghasilkan hasil potongan yang lurus dan rata. Pada tahap perencanaan ini memiliki beberapa tahapan yaitu desain alat dan rangkaian *electrical*.

Desain Alat

Desain alat dibuat menggunakan *software* desain. Pada langkah ini juga dilakukan penentuan ukuran dan setiap komponen penyusun peralatan pada Gambar 2 mesin pemotong pipa tampak *isometric*, seperti sebagai berikut:



Gambar 3 Rangkaian Electrical

Tabel 2 Diagram Penelitian

NO	KETERANGAN
1.	Inverter
2.	Motor listrik AC
3.	Steker
4.	Colokan

Perancangan

Perancangan merupakan bentuk kegiatan yang sudah dikoordinasikan untuk mencapai tujuan dalam waktu tertentu. Sebelum melakukan suatu pengerjaan maka harus mempersiapkan hal-hal yang disiapkan sebagai berikut:

1. Besi siku
2. Besi hollow

3. Besi plat
4. Bearing
5. Pulley
6. V-belt
7. Motor
8. Inverter
9. Poros
10. Chuck
11. Gearbox
12. Rantai
13. Sprocket

Pengujian

Dalam proses pengujian ada beberapa tahapan-tahapan yang harus dilakukan seperti standar operasional prosedur (SOP), kesehatan dan keselamatan kerja (K3), dan hasil data pengujian. Penjelasan dari tahapan-tahapan tersebut sebagai berikut:

Standar Operasional Prosedur

Standar operasional prosedur (SOP) mesin pemotong pipa yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

1. Periksa kondisi seluruh komponen alat sebelum dioperasikan.
2. Pengecekan pada bagian-bagian transmisi pastikan dalam keadaan baik.
3. Melumasi pada bagian-bagian titik pelumasan pada mesin.
4. Operasikan alat sesuai dengan urutan.
5. Saat alat beroperasi pastikan keadaan sekitar tidak mengganggu pergerakan alat dan menimbulkan bahaya.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Adapun K3 yang harus dilaksanakan saat mengoperasikan alat pemotong pipa adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian alat pelindung diri (APD) dengan lengkap seperti sarung tangan, kacamata, baju APD, dan sepatu *safety*.
2. Memastikan kabel penghantar arus listrik pada mesin dalam keadaan baik dan tidak terdapat kerusakan pada kabel.
3. Memastikan bahwa mesin dalam keadaan normal untuk dilakukan pengoperasian.
4. Mematuhi langkah pengoperasian mesin.
5. Berhati-hati saat mesin beroperasi

Hasil Pengujian

Uji coba mesin pemotong pipa dengan las *oxy acetylene* dilakukan pipa besi berukuran 4,5 *inchi*, ketebalan 4 mm dan panjang 500 mm 3,5 *inchi* ketebalan 4 mm dan panjang 500 mm, dan 3 *inchi* ketebalan 4 mm dan panjang 500 mm. Proses pengujian dilakukan sebanyak 15 kali (5 kali pada pipa berdiameter berbeda), menggunakan nyala api karburasi, jarak *nozzle* dengan permukaan pipa 5 mm, dan putaran konstan gelombang motor 5,8 Hz pada *display inverter* dengan mengambil sudut tertentu agar dapat berjalan lancar dengan hasil yang sangat baik. Hasil pengujian disajikan pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil pengujian

No	Diameter (<i>inchi</i>)	Ketebalan (mm)	Panjang (mm)
1	4,5	4	500



Gambar 4 Hasil Pengujian No 1

Berdasarkan gambar 4, pemotongannya rata, halus, dan lurus dengan waktu pemotongan 32 detik. Kecepatan putaran gelombang motor 5.8 Hz dan toleransi potongan ± 3 mm.

Tabel 3 Hasil pengujian

No	Diameter (<i>inchi</i>)	Ketebalan (mm)	Panjang (mm)
2	3,5	4	500



Gambar 5 Hasil Pengujian No 2

Pada gambar 5, pemotongan juga terlihat rata, halus dan lurus dengan waktu pemotongan 32 detik, kecepatan putaran gelombang motor 5,8 Hz dan toleransi potongan ± 3 mm.

Tabel 4 Hasil pengujian

No	Diameter (inchi)	Ketebalan (mm)	Panjang (mm)
3	3	4	500



Gambar 6 Hasil Pengujian No 3

Pada gambar 6, pemotongan rata, halus, dan lurus dengan waktu pemotongan 32 detik, kecepatan putaran gelombang motor 5,8 Hz, dan toleransi potongan ± 3 mm.

Pada tabel 2, 3 dan 4, menunjukkan hasil pemotongan pipa besi diameter 4,5 inchi, 3,5 inchi, dan 3 inchi. Pengujian pada ketiga pipa besi tersebut dihasilkan potongan pipa besi rata, halus, dan lurus dengan waktu pemotongan 32 detik, kecepatan putaran gelombang motor 5,8 Hz, dan toleransi potongan ± 3 mm. Pemotongan yang baik adalah tidak meninggalkan bekas lelehan logam dibagian dalam pipa, namun bekas lelehan logam pada pipa besi tersebut merupakan hal normal dan lelehan tersebut dapat dibersihkan menggunakan palu besi dengan cara memukul bagian lelehan tersebut.

KESIMPULAN

Setelah melakukan tahap perencanaan, perancangan, pembuatan, dan uji coba, maka dapat disimpulkan bahwa rancang bangun mesin pemotong pipa dengan las *oxy acetylene* dapat menghasilkan potongan pipa besi rata, halus, dan lurus dengan waktu pemotongan 32 detik, kecepatan putaran gelombang motor 5,8 Hz, dan toleransi potongan ± 3 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak-pihak yang sudah terlibat pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad Setiawan. (2019). Rancang Bangun Mekanisme Tranmisi Pada Mobil Listrik Otonom. 1(2), 10–20.
- [2] Amal Syahdi. M. (2020). Rancang Bangun Holder Brander Las Oksi dengan Mekanisme Pemotongan Semi Otomatis.
- [3] Madao, J. B. A. (2021). Rancang Bangun Sistem Transmisi Conveyor Pemilah Benda.
- [4] Modul Ajar Elemen Mesin 2. (2019). Elemen mesin 2.
- [5] Nurfaizah M. (2015). Rancang Bangun Modul Praktikum Motor AC dengan Aplikasi Pengaturan Posisi dengan Menggunakan PID.
- [6] Wisnujati, A., & Nurhuda, A. (2017). Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Oxy-Acetylene pada Pelat Baja Karburasi. Jurnal Engine: Energi, Manufaktur, Dan Material, 1(2), 1. <https://doi.org/10.30588/jeemm.v1i2.253>.
- [7] Yoddy A. Nugraha, Giofani Samsi Jordi. (2021). Rancang bangun transmisi pada mesin pengayak pasir otomatis. 15(1), 64–68.

RANCANG BANGUN ALAT PENGERING BAJU MENGGUNAKAN UDARA PANAS

Kadriadi¹, Kadex Widhy Wirakusuma¹, Angga Bahri Pratama², Jeri Arikisa³, Welly yandi³

¹ Program Studi Teknik Perawatan Mesin, Politeknik Industri Logam Morowali

² Program Studi Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Medan

³ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

³ Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Email: kadriadi@pilm.ac.id

ABSTRAK

Pengeringan adalah proses perpindahan panas dan uap air secara simultan yang memerlukan energi panas untuk menguapkan kandungan air. Energi panas ini biasanya bisa didapatkan dari sinar matahari. Namun ketika musim penghujan, kondisi ini menghambat proses pengeringan yang memanfaatkan sinar matahari, sehingga proses pengeringan membutuhkan waktu yang cukup lama. Maka dari itu diperlukan suatu alat bantu yang dapat mengeringkan baju tanpa tergantung pada sumber panas dari pancaran sinar matahari. Alat pengering Baju adalah Alat yang digunakan untuk mengeringkan pakaian dengan energi panas buatan, salah satu penghasil panas buatan adalah elemen pemanas atau yang sering disebut dengan heater. Elemen pemanas buatan yang digunakan pada penelitian ini adalah Electric Heater. Electric Heater ini dilengkapi dengan kipas yang dapat menghasilkan suhu dalam ruangan hingga $\pm 52,3^{\circ}$ C sehingga panas yang dihasilkan Electric Heater dapat mengubah air yang terkandung dalam pakaian menjadi uap air yang kemudian akan dilepas ke lingkungan dengan bantuan kipas. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengujian, Kemampuan alat ini mampu menguapkan massa air rata-rata 535.8 gram/jam dan mesin ini mencapai titik optimumnya untuk jumlah pengeringan pakaian yang dapat dikeringkan sebanyak 6 baju.

Kata kunci : Rancang bangun, Electric heater, alat pengering baju

ABSTRACT

Drying is a process of transferring heat and water vapor simultaneously which requires heat energy to evaporate the water content. This heat energy can usually be obtained from sunlight. However, during the rainy season, this condition inhibits the drying process that utilizes sunlight, so the drying process takes a long time. Therefore we need a tool that can dry clothes without depending on the heat source from the sun's rays. The clothes dryer is a tool used to dry clothes with artificial heat energy, one of the artificial heat producers is a heating element or what is often called a heater. The artificial heating element used in this research is Electric Heater. This Electric Heater is equipped with a fan that can produce an indoor temperature of up to $\pm 52.3^{\circ}$ C so that the heat generated by the Electric Heater can convert the water contained in the clothes into water vapor which will then be released into the environment with the help of a fan. Based on the results of calculations and testing, the ability of this tool is able to evaporate an average mass of water of 535.8 grams/hour and this machine reaches its optimum point for the number of drying clothes that can be dried as many as 6 clothes.

Keywords: Design, Electric heater, Clothes dryer

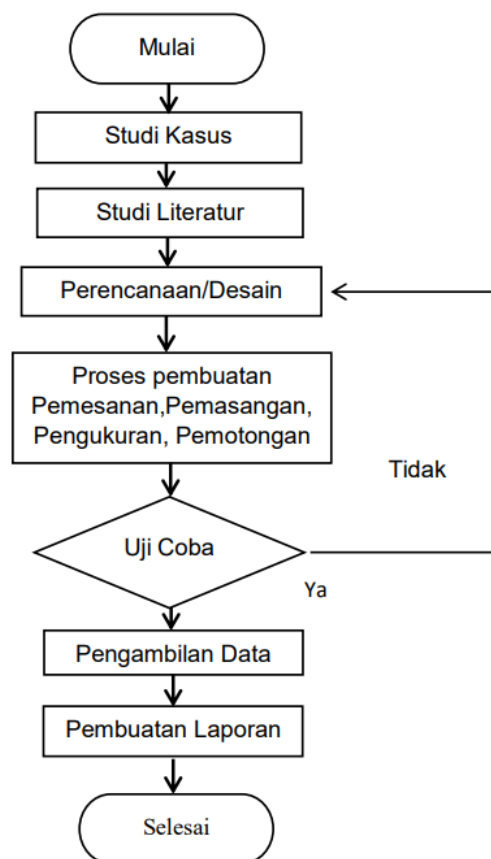
PENDAHULUAN

Sebagai tenaga kerja di daerah industri dituntut harus bisa bekerja dalam kondisi apapun, baik di area yang basah maupun area yang kering. Bekerja dalam kondisi baju yang basah bisa mengakibatkan pekerja tidak nyaman dan berbahaya apabila tersentuh peralatan yang mengandung listrik. Pada saat musim kemarau masyarakat tidak kesulitan dalam mengeringkan pakaian, karena dapat memanfaatkan energi matahari untuk mengeringkannya [1] – [3]. Pengeringan matahari (*sun drying*) adalah salah satu metode pengeringan yang paling murah dan mudah karena menggunakan panas langsung dari matahari serta pergerakan udara lingkungan, pengeringan ini mempunyai laju pengeringan yang lambat, memerlukan perhatian lebih dan sangat rentan terkontaminasi lingkungan [4]. Selain itu, kelemahan selanjutnya dari pengeringan matahari ini adalah sangat tergantung pada iklim yang panas dan udara atmosfer yang kering. Berdasarkan dari persoalan diatas, penelitian ini fokus merancang Alat Pengering Baju menggunakan Udara Panas sehingga dapat mempermudah proses pengeringan baju. Alat ini berbentuk lemari. Metode yang digunakan pada alat pengering ini adalah *Electric Heater* ditambah sistem semi otomatis menggunakan *MCB Timer* dan sensor suhu sehingga alat ini dapat mengeringkan baju apabila cuaca dan kondisi tidak mendukung. Baju yang dikeringkan digantung di dalam lemari setelah itu mengatur waktu pada *MCB Timer*, ketika sudah selesai waktu pengeringan alat ini akan berhenti beroperasi [5] – [6].

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah dimulai dengan studi kasus, studi literatur, perencanaan, perakitan, pengujian alat, pengambilan data dan diakhiri dengan pembuatan laporan. Data/identifikasi masalah merupakan langkah awal yang penting dalam proses penelitian. Identifikasi masalah sebagai bagian dari proses penelitian dapat dipahami sebagai upaya mendefinisikan masalah dan membuat definisi tersebut dapat diukur sebagai langkah awal penelitian. Pada tahap perencanaan meliputi proses studi referensi dan desain alat serta pembuatan proses plan desain menggunakan *Software Solidwork 2020*. Pada tahap perancangan ini dilakukan penyeleksian material yang akan digunakan dalam pembuatan alat. Setelah perancangan dikerjakan, langkah selanjutnya adalah pembuatan dan perakitan alat. Metode ini meliputi pembuatan komponen-komponen mesin dan merakitnya menjadi sebuah mesin rancangan yang diinginkan. Langkah selanjutnya adalah pengujian

alat. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui keberhasilan secara fungsional maupun operasional perancangan dan pembuatan alat pembersih ban. Apabila masih ada kekurangan maka alat dapat diperbaiki dan disempurnakan kembali sehingga tujuan pembuatan mesin ini dapat tercapai.



Gambar 1 Diagram penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat dan Bahan

Berikut alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini.

Alat

1. Mata bor *scrup*
2. Meteran
3. Bor tangan
4. Palu besi
5. Gunting
6. Mistar siku
7. *MCB Timer 220V*
8. *Heater 220V*
9. Timbangan
10. Kuas

11. Obeng
12. Gergaji besi
13. Sensor suhu

Bahan

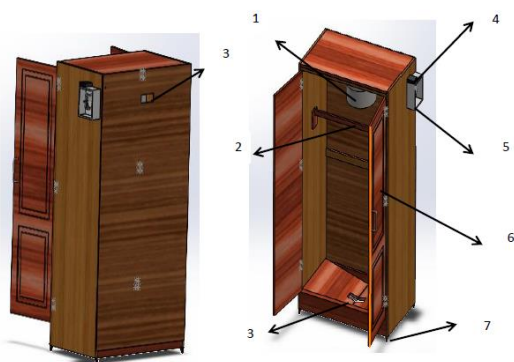
1. Aluminium bubble
2. Spidol
3. Lem fox
4. Thinner
5. Amplas
6. Baut *scrup* Ø30
7. Rangka kayu
8. Vernis
9. Klem kabel

Perencanaan

Pada tahap perencanaan ini memiliki beberapa tahapan yaitu desain alat, dan *proces plan*.

Desain Alat

Desain alat dibuat menggunakan *software solidwork*. Pada langkah ini juga dilakukan penentuan ukuran dan setiap komponen penyusun peralatan pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2 Lemari Pengereng

Tabel 1 Diagram penelitian

NO	KETERANGAN
1	Heater
2	Tempat gantungan baju
3	Ventilasi
4	Sensor suhu
5	MCB Timer
6	Pintu
7	Roda

Perancangan

Perancangan merupakan bentuk kegiatan yang sudah dikoordinasikan untuk mencapai tujuan dalam waktu tertentu.

Pembuatan

Pada tahap ini, hasil dari perencanaan dan perancangan direalisasikan sesuai dengan desain yang sudah dirancang sebelumnya.

Pengujian

Dalam proses pengujian ada beberapa tahapan-tahapan yang harus dilakukan seperti standar operasional prosedur (SOP), kesehatan dan keselamatan kerja (K3), dan pengambilan hasil data.

Standar Operasional Prosedur

Adapun standar operasional prosedur (SOP) yang harus diperhatikan sebelum melakukan pengujian pada alat yang akan diuji adalah sebagai berikut:

1. Siapkan Alat Pelindung Diri (APD) sebelum mengoperasikan alat.
2. Periksa kondisi seluruh komponen alat.
3. Pastikan alat dalam keadaan baik.
4. Operasikan alat sesuai dengan urutan.

Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3)

Adapun K3 yang harus diperhatikan saat mengoperasikan alat adalah sebagai berikut:

1. Selalu menggunakan APD.
2. Memastikan kabel penghantar arus listrik pada alat pengering dalam keadaan baik.
3. Memastikan *heater* dan *MCB Timer* dalam keadaan normal.
4. Mematuhi SOP penggunaan alat.
5. Berhati-hati ketika alat sudah beroperasi.

Hasil Pengujian

Dari hasil pengujian terlihat bahwa kecepatan pengeringan baju pada alat pengering yang dipanaskan terlebih dahulu selama 10 menit lebih cepat dibandingkan dengan baju pada lemari yang tanpa dipanaskan. Serta suhu yang dicapai alat pengering pada saat proses pemanasan tanpa baju pengeringan pada saat proses pemanasan tanpa baju pengeringan selama 30 menit dengan baju sekitar 52,3°C sedangkan suhu yang dicapai saat pengeringan selama 30 menit dengan baju sekitar 49,5°C. Lama waktu pengeringan baju juga dipengaruhi seberapa basah baju apabila semakin basah baju maka waktu pengeringannya juga akan lebih lama.

Tabel 2 Hasil pengujian alat pengering setelah dipanaskan 10 Menit

Jumlah Baju	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Massa Baju (gr)
6	52,3	0	3500
	42,8	10	3420
	46,4	20	3250
	49,5	30	2940

Semakin basah kondisi baju, maka semakin lama proses pengeringannya. Suhu yang terdeteksi pada alat pengering akan berbeda ketika alat tersebut bekerja dengan beban dan tanpa beban. Suhu udara kering yang dicapai lebih rendah dibandingkan dengan tanpa beban, ini disebabkan karena kandungan uap air yang ada di udara bertambah. Pertambahan ini disebabkan karena ada perpindahan massa air dari baju ke udara. Pada saat massa air pada baju mulai hilang, suhu di dalam alat pengering akan naik lagi.

Tabel 3 Hasil pengujian alat pengering tanpa proses pemanasan

Jumlah Baju	Suhu (°C)	Waktu (menit)	Massa Baju (gr)
6	28,4	0	3490
	41,5	10	3410
	44,9	20	3290
	48,7	30	3010

Berdasarkan pada tabel 2 dan 3, dapat disimpulkan bahwa berat baju yang dikeringkan pada alat pengering yang dipanaskan dahulu selama 10 menit lebih cepat berkurang dibandingkan baju pada alat pengering tanpa dipanaskan. Waktu yang diperlukan untuk mengeringkan pakaian bergantung pada massa awal baju basah.

Tabel 4 Hasil perhitungan kecepatan rata-rata pengeringan baju (alat dioperasikan selama 10 menit)

Jumlah Baju	Massa Baju		Massa Baju Basah		t	Z Δt (gr/menit)
	X (gr)	Y (gr)	t1 (gr)	t2 (gr)		
6	2450	3500	3500	3420	10	8,0
			3420	3250	20	8,50
			3250	2940	30	10,30
Kecepatan rata-rata =						8,93

Ket:

X = Baju kering

Y = Baju basah

t = Waktu

Z = Kecepatan pengeringan rata-rata

Tabel 5 Hasil perhitungan kecepatan rata-rata pengeringan baju tanpa melalui proses pemanasan alat diawal

Jumlah Baju	Massa Baju		Massa Baju Basah		t	Z Δt (gr/menit)
	X (gr)	Y (gr)	t1 (gr)	t2 (gr)		
6	2450	3500	3490	3420	10	8,0
			3420	3250	20	8,50
			3250	2940	30	10,30
Kecepatan rata-rata =						8,93

Ket:

X = Baju kering

Y = Baju basah

t = Waktu

Z = Kecepatan pengeringan rata-rata

Dapat dilihat pada Tabel 4 dan 5 dapat disimpulkan bahwa waktu yang diperlukan untuk mengeringkan pakaian bergantung pada massa awal pakaian basah. Semakin pakaian dalam kondisi basah, semakin lama proses pengeringannya. Waktu yang diperlukan untuk mengeringkan 6 baju basah dengan alat pengering dipanaskan terlebih dahulu didapatkan kecepatan rata-rata pengeringan sebesar 8,93 gram/menit dan untuk 6 baju basah dengan alat pengering tanpa dipanaskan terlebih dahulu didapatkan kecepatan rata-rata pengeringan sebesar 7,43 gram/menit.

KESIMPULAN

Setelah melakukan penelitian dan percobaan terhadap alat pengering baju, dapat disimpulkan dengan beberapa data yang diperoleh sesuai dengan tujuan pembuatan alat yaitu:

1. Alat pengering pakaian ini dibuat untuk membantu proses pengeringan. apabila baju apabila cuaca atau kondisi lingkungan tidak memungkinkan untuk mengeringkan baju.
2. Bahan yang digunakan untuk pembuatan alat pengering baju adalah kayu yang dipasang menggunakan baut scrup Ø3 kemudian ditambahkan aluminium bubble didalamnya yang bisa menampung pakaian hingga 6 baju.
3. Komponen lain antara lain heater, aluminium bubble, dan mcb timer.
4. Berdasarkan hasil pengujian pada jenis baju APD didapatkan hasil bahwa alat pengering mampu mengeringkan 6 baju basah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak-pihak yang sudah terlibat pada penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berutu, R., Immanuel, S., Heryanto, A., Nasution, A. H., & Setyawan, E. Y. (2018). Alat Pengering Pakaian *Portable* dengan Memanfaatkan Energi Panas Buangan AC Split 1PK. 9 (September), 24–29.
- [2] Nesri, T. V., & Aziz, A. (2016). Karakteristik Mesin Pengering Pakaian Menggunakan AC (*Air Conditioner*) Dengan Siklus Kompresi Uap Sistem Udara Terbuka. 15 (September), 63–68.
- [3] Susetyo Agung Prabowo, Tri Ayodha Ajiwiguna, M. Ramdhan Kirom. (2018). Mesin Pengering Menggunakan Pemanas PTC 5(3), 5700–5707.
- [4] Widodo, T., & Yusfiar, M. K. (2015). Modifikasi Pengering Tenaga Surya dengan Ventilator Otomatis *Modification Of Solar Dryer Equipment With Automatic Ventilator*. 7(1983), 145–156.
- [5] Wulandari, D. (2014). Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair. 01, 52–57.
- [6] Yuliantini, N. M. (2012). Alat Pencatat Temperatur Otomatis Menggunakan Termokopel Berbasis Mikrokontroler AT89S51. 13(1), 29–33.

PEMANFAATAN MESIN PENCACAH DAN MESIN PRESS SEBAGAI ALAT PENGOLAH SAMPAH MENJADI PRODUK BERNILAI EKONOMIS

Dwi Rizka Zulkia¹

¹Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung, Desa Balunijuk Kecamatan Merawang Kabupaten Bangka

Email: dwi-zulkia@ubb.ac.id

ABSTRAK

Penyumbang utama masalah permukiman kumuh di perkotaan adalah isu sampah. Pengelolaan sampah yang tidak sesuai dengan persyaratan teknis mendorong pemerintah daerah untuk membangun TPS3R di kawasan permukiman. TPS3R KSM Kawa Begawe di Kelurahan Selindung adalah salah satu kerja nyata kolaborasi antara pemerintah daerah dan pemerintah pusat. TPS3R ini berdiri pada tahun 2016 dan dikembangkan pada tahun 2022 dengan penyediaan mesin pencacah organik dan anorganik, mesin press hidrolik dan mesin pembubur pakan maggot. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah mesin ini telah digunakan secara optimal dan telah mampu meningkatkan perekonomian masyarakat. Metode yang digunakan adalah metode campuran, dimana data kuantitatif dianalisis menggunakan perhitungan sederhana dan data kualitatif dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Hasil analisis yang didapati adalah semakin bertambahnya penduduk maka TPS3R ini sangat dibutuhkan sebagai upaya pengurangan produksi sampah dengan melakukan pengurangan terhadap barang sekali pakai atau melakukan pengolahan sampah menjadi produk lain yang bermanfaat serta dapat membuka lowongan kerja baru sehingga akhirnya menjadi sumber penghasilan bagi masyarakat setempat. Dari sisi rencana pengembangan ekonomi, ketika mesin ini telah digunakan secara optimal, maka tempat ini akan menjadi sumber penghasilan yang mumpuni bagi masyarakat setempat. Hasil penelitian ini tentunya menjadi bukti bahwa TPS-3R tidak hanya menjawab persoalan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sampah, namun juga dapat menghasilkan produk-produk yang bernilai ekonomis dari sampah yang diolah di TPS3R KSM Kawa Begawe.

Kata kunci: mesin pencacah, mesin press, pengolahan sampah, produk bernilai ekonomis, TPS3R.

ABSTRACT

The main contributor to the problem of slum settlements in urban areas is the issue of waste. Waste management that does not comply with the technical requirements encourages local governments to build TPS3R in residential areas. TPS3R KSM Kawa Begawe in Selindung Village is one of the real works of collaboration between the local government and the central government. TPS3R was founded in 2016 and developed in 2022 by providing organic and inorganic chopping machines, hydraulic press machines and maggot feed pulping machines. The purpose of this research is to find out whether this machine has been used optimally and has been able to improve the community's economy. The method used is a mixed method, where quantitative data is analyzed using simple calculations and qualitative data is analyzed using descriptive analysis. The results of the analysis found that as the population increases, TPS3R is urgently needed as an effort to reduce waste production by reducing disposable items or processing waste into other useful products and can open up new job vacancies so that it eventually becomes a source of income for the local community. In terms of the economic development plan, when this machine has been used optimally, this place will become a qualified source of income for the local community. The results of this study are certainly proof that TPS3R does not only answer the problem of environmental pollution caused by waste, but can also produce products that have economic value from waste processed at TPS3R KSM Kawa Begawe.

Keywords: chopping machine, press machine, waste processing, products with economic value, TPS3R.

PENDAHULUAN

Sampah merupakan salah satu penyumbang terbesar pada indikator kekumuhan di kawasan permukiman perkotaan dan hingga saat ini belum ada solusi yang tepat untuk menanganinya. (Pratiwi, S. R. & Kasmawati, 2019). Masalah sampah plastik baik berupa botol, kantong plastik, sisa alat rumah tangga, dan sisa industri menjadi momok menakutkan dalam permasalahan permukiman. Berdasarkan data Ditjen PPKL – Kementerian Lingkungan Hidup Indonesia Tahun 2016, jumlah peningkatan timbulan sampah di Indonesia telah mencapai 66 juta ton/tahun, dimana komposisi sampah Indonesia berupa sampah organik (sisa makanan, kayu ranting daun) sebesar 57%, sampah plastik sebesar 16%, sampah kertas 10%, serta lainnya (logam, kain tekstil, karet kulit, kaca) sebesar 17% (Agustrijanto, A., & Kusumawati, D., 2019). Data ini merupakan data gabungan dari berbagai sumber, termasuk sampah rumah tangga skala kecil hingga sampah industri skala besar. (Hutagaol, S. M., Nasution M. A., Kadir, A. 2020).

Untuk menangani permasalahan ini, diperlukan peran aktif seluruh pihak untuk menciptakan pengelolaan sampah yang tepat dan efisien seperti pemerintah daerah, pihak swasta, komunitas peduli lingkungan, dan masyarakat. Pengelolaan sampah ini juga diharapkan dapat meningkatkan perekonomian masyarakat (Mirwan, M., & Dewi, R. A. N. A., 2021). Adanya Kelompok Swadaya Masyarakat atau disebut KSM menjadi langkah awal di lingkungan masyarakat yang bertujuan agar memiliki sumber daya manusia yang terampil dalam pengelolaan sampah yang kemudian didukung dengan pendirian Tempat Pengelolaan Sampah Reduce, Reuse, dan Recycle (TPS3R) demi terciptanya pengelolaan sampah yang efektif dan efisien serta peningkatan ekonomi masyarakat ke arah Sustainable Urban Livelihood atau Penghidupan Masyarakat Kota Berkelanjutan (Kasih, D., Indrawan, I., Setyowati, L., Tanjung, M., & Suryati, I., 2018).

Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Kawa Begawe yang berada di Kelurahan Selindung, Kota Pangkalpinang merupakan kelompok yang diisi oleh masyarakat yang peduli terhadap lingkungan untuk mengelola dan memanfaatkan TPS3R yang sudah didirikan oleh Kementerian PUPR pada tahun 2016. Kelompok ini mengedepankan layanan kepada masyarakat di Kelurahan Selindung berupa jasa pengumpulan, pengangkutan dan pengolahan sampah. Untuk peningkatan ekonomi masyarakat, pada tahun 2022 Program KOTAKU melalui Kegiatan Infrastruktur Livelihood Berbasis Kawasan (ILBK) memberikan bantuan untuk pengembangan TPS3R berupa bangunan hanggar, mesin pencacah sampah, mesin press hidrolik dan mesin pembubur

pakan maggot. Namun hingga saat ini, KSM Kawa Begawe belum mengetahui secara pasti apakah kegiatan pengolahan sampah dengan menggunakan mesin pencacah dan mesin press sampah plastik ini sudah optimal dan memberikan dampak yang signifikan terhadap pengurangan atau reduksi sampah yang ada di Kelurahan Selindung. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk melihat sejauh mana mesin pencacah dan mesin press sampah ini mampu meningkatkan perekonomian masyarakat di Kelurahan Selindung.

METODE PENELITIAN

1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober 2022 sampai Desember 2022. Tempat penelitian berada di TPS3R KSM Kawa Begawe Lingkungan Selindung Lama dengan wilayah pelayanan mencakup satu kelurahan yaitu Kelurahan Selindung Kota Pangkalpinang seluas 102,91 ha. Kelurahan Selindung berada di bagian utara Kota Pangkalpinang dan berbatasan langsung dengan Kabupaten Bangka.



Gambar 1. Peta Administrasi Kelurahan Selindung



Gambar 2. TPS3R KSM Kawa Begawe Kelurahan Selindung

2. Tahapan Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode campuran (*mix-metode*), dimana metode yang pertama digunakan yaitu metode kuantitatif melalui pengumpulan data primer dan sekunder berupa Profil Kelurahan Selindung termasuk data kependudukan, data statistik terkait persampahan, dan data-data lain dari dinas-dinas terkait, dilanjutkan dengan metode kualitatif melalui survey lokasi dan wawancara dengan narasumber. Narasumber pada penelitian ini yaitu pelaku di TPS3R KSM Kawa Begawe Selindung dan Fasilitator Teknik Lapangan dari Program KOTAKU. Data yang dikumpulkan kemudian dianalisis secara kuantitatif melalui proses pengelompokkan data, mentabulasi data, menyajikan data dan melakukan perhitungan untuk merumuskan masalah. Selain itu, data kualitatif juga akan dianalisis menggunakan analisis deskriptif dengan cara mendeskripsikan atau menggambarkan data yang telah terkumpul sesuai dengan data yang didapatkan di lapangan (Sugiyono, S., & Lestari, P., 2021). Analisis ekonomi juga dilakukan untuk menilai efektivitas keberadaan mesin pencacah dan mesin press dalam mendukung perekonomian masyarakat (Fadhullullah, N. P., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Masalah dan Potensi Persampahan Kelurahan Selindung

Dari profil permukiman kelurahan, didapati bahwa sebanyak 98,64% sampah rumah tangga di kawasan permukiman terangkut ke TPS3R sebanyak 2x seminggu (Profil Kelurahan Selindung, 2020). Data ini menunjukkan pengangkutan sampah di kawasan permukiman Kelurahan Selindung ini sudah diangkut dengan baik dan sesuai dengan layanan minimal pengelolaan sampah suatu kawasan. Namun

dari sisi penyediaan sarana dan prasarana pengelolaan persampahan belum ada sesuai dengan persyaratan teknis (0%) atau sebanyak 921 KK (100%) yang tinggal di Kelurahan Selindung belum terpenuhi kebutuhannya akan sarana dan prasarana persampahan yang sesuai dengan persyaratan teknis yaitu tong sampah atau bak sampah yang disediakan di permukiman masyarakat belum terpisah antara sampah organik dan anorganiknya, kondisi yang sama untuk kendaraan pengangkut sampah berupa motor atau mobil sampah. Hal ini menyebabkan sampah yang masuk ke TPS3R harus dipisahkan kembali antara organik dan anorganik secara manual. Permasalahan sampah yang juga dialami oleh masyarakat di Kelurahan Selindung lainnya adalah: 1) Kurangnya kesadaran masyarakat akan Perilaku Hidup Bersih Sehat (PHBS); 2) Kurangnya minat dalam mengolah sampah; dan 3) Tidak ada keterampilan dalam mengolah sampah organik maupun anorganik.

2. Analisa Timbulan Persampahan di Permukiman

Analisa timbulan sampah di kawasan permukiman Kelurahan Selindung dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Analisa Timbulan Sampah Permukiman Kelurahan Selindung

No	Tahun Perencanaan	Proyeksi Pertambahan Penduduk (KK)	Standar Produksi Sampah menurut SNI 3242:2008)	Jumlah Timbulan Sampah (L/hari)
1	2022	921	2,5 L/org/hari	2.302,5
2	2023	945		2.362,5
3	2024	984		2.460,5
4	2025	1023		2.557,5
5	2026	1046		2.615

Dari tabel diatas, dapat dianalisis bahwa produksi sampah akan tetap berlangsung seiring dengan penambahan penduduk, sedangkan ketersediaan lahan untuk menampung sampah di TPA semakin berkurang, sehingga diperlukan TPS3R sebagai upaya pengurangan produksi sampah dengan melakukan pengurangan terhadap barang sekali pakai atau melakukan pengolahan sampah menjadi produk lain yang bermanfaat serta dapat membuka lowongan kerja baru sehingga akhirnya dapat menjadi sumber penghasilan bagi masyarakat setempat. Hasil analisis ini sama dengan pendapat Rohmah, A. I., Salamah, D., Kholidah, D., & Supriyanto, D. (2021), yang

menyatakan terkait kebutuhan TPS3R dalam kawasan permukiman.

Saat ini TPS3R Kawa Begawe sudah melayani pengangkutan sampah untuk 250 KK per hari. Rata-rata sampah yang diangkut per rumah adalah 2,5 kg, sehingga sampah yang masuk ke TPS3R Kawa begawe setiap hari nya adalah 625 kg sampah atau lebih dari setengah ton per hari. Jumlah ini akan bertambah seiring adanya perluasan jangkauan pengangkutan sampah.

3. Urgensi Mesin Pencacah dan Mesin Press Sampah

TPS3R di Kelurahan Selindung telah memenuhi persyaratan teknis sesuai dengan PermenPUPR No. 3 tahun 2013 pasal 29 ayat (2) dan ayat (3) yaitu:

1. Luas TPS 3R, lebih besar dari 200 m². Luas TPS3R KSM Kawa Begawe adalah 14.297 m²;
2. Tersedia sarana untuk mengelompokkan sampah menjadi paling sedikit 5 (lima) jenis sampah (organik, non-organik, kertas, B3, dan residu).
3. TPS 3R dilengkapi dengan ruang pemilahan, pengomposan sampah organik, dan/atau unit penghasil gas bio, gudang, zona penyangga, dan tidak mengganggu estetika serta lalu lintas;
4. Penempatan lokasi TPS 3R sedekat mungkin dengan daerah pelayanan dalam radius tidak lebih dari 1 km;
5. Luas lokasi dan kapasitas sesuai kebutuhan;
6. Lokasinya mudah diakses;
7. Tidak mencemari lingkungan; dan
8. Memiliki jadwal pengumpulan dan pengangkutan.

Sarana pengelolaan sampah yang dimiliki oleh TPS3R KSM Kawa Begawe saat ini adalah sebagai berikut:

a. Mesin Pencacah Sampah Anorganik

Mesin pencacah sampah anorganik yang terdapat di TPS3R Kawa Begawe dapat dilihat pada gambar 3. Mesin digunakan untuk mencacah atau menghancurkan plastik menjadi serpihan-serpihan kecil dengan menggunakan pisau pemotong yang dipasang pada sebuah poros yang dihubungkan melalui *pulley* dan transmisi sabuk pada sebuah motor diesel. Mesin pencacah ini terdiri dari panggung untuk mengangkat sampah plastik ke lubang input sampah, mesin crusher 26", motor diesel 2500 cc, bak screw sirkulasi, bak bilas dan pilah double screw, dan sentris pengering cacahan. Potongan-potongan plastik yang dihasilkan oleh mesin ini nantinya akan dijual kepada produsen plastik di Jakarta dengan

jumlah minimal 3 ton. Nilai jual untuk hasil cacahan plastik ini sekitar Rp. 6.000- Rp. 8.500/kg. Untuk saat ini, berat hasil cacahan yang sudah berhasil dikumpulkan sekitar 600 kg. Sementara itu, sebagian cacahan plastik sudah dijual kepada pengepul barang bekas.



Gambar 3. Mesin Pencacah Sampah Anorganik



Gambar 4. Hasil Cacahan Sampah Plastik



Gambar 5. Karung berisi Hasil Cacahan Sampah Plastik beserta Pengelola TPS3R KSM Kawa Begawe

b. Mesin Pencacah Sampah organik

Gambar 6 menunjukkan mesin pencacah sampah organik yang ada di TPS3R Kawa Begawe. Mesin ini digunakan untuk mencacah rumput, limbah sayur, limbah buah-buahan, daun dan sampah organik lainnya. Fungsi mesin ini jg tidak hanya untuk kebutuhan pembuatan kompos yang mempunyai nilai yang tinggi ketika dijual, tetapi juga dapat digunakan untuk menghasilkan bahan pakan ternak.



Gambar 6. Mesin Pencacah Sampah Organik

c. Mesin Press Hidrolik Sampah

[Mesin press hidrolik](#) adalah mesin press atau penekan yang bekerja berdasarkan teori hukum pascal yakni memanfaatkan tekanan yang diberikan pada cairan untuk menekan atau membentuk barang yang akan diolah. Komponen utama pada mesin ini adalah piston, silinder, pipa hidrolik dan beberapa komponen pendukung lainnya. Mesin ini berfungsi untuk menekan sampah anorganik seperti botol, kardus, kaleng dan lain-lain hingga menjadi tipis dengan tujuan agar mudah untuk dikemas. Di TPS3R ini, telah ada beberapa tumpukan sampah anorganik yang sudah dipress dan siap untuk dijual. Sama halnya dengan hasil cacahan plastik, hasil press ini nantinya akan dijual ke produsen plastik di Jakarta dengan minimal pengiriman barang sebanyak 3 ton, dengan kisaran harga Rp. 4.000 – Rp. 7.000/kg.



Gambar 7. Mesin Press Hidrolik Sampah

d. Mesin Pembubur Pakan Maggot

Mesin ini juga disebut mesin pencacah, penghancur, pembubur sampah organik yg dirancang khusus untuk membuat bubur sampah organik agar siap jadi pakan instan maggot. Maggot yg dibudidaya di TPS3R ini memiliki nilai jual yang tinggi dengan harga jual yaitu Rp.100.000/kg untuk maggot kering atau maggot crispy karena pengolahannya dengan cara menggoreng dengan pasir pantai, dan Rp.8000/kg untuk maggot basah atau maggot fresh. Maggot ini digunakan untuk pakan ternak burung, ayam, ikan dan lain-lain.



Gambar 8. Mesin Pembubur Pakan Maggot



Gambar 9. Hasil Mesin Pembubur Pakan Maggot

Penggunaan mesin-mesin ini sangat penting untuk mengecilkan volume basampah-sampah yang sangat besar, atau mengolah sampah menjadi barang yang layak untuk dijual sehingga memudahkan dalam proses pengiriman baik dari segi ongkos maupun teknis pengirimannya.

TPS3R KSM Kawa Begawe juga memiliki 2 (dua) motor sampah sebagai sarana pendukung dalam mengangkut sampah (Gambar 10). Ketersediaan sarana atau mesin-mesin ini sangat penting bagi keberlanjutan TPS3R Kawa Begawe. Proses pengelolaan sampah tidak akan berjalan dengan lancar jika tidak ada sumberdaya manusia yang mengelola TPS3R ini. Hadirnya TPS3R Kawa Begawe memberikan dampak positif bagi masyarakat Kelurahan Selindung. Keadaan tersebut terbukti dari

adanya penglibatan masyarakat yang didukung oleh pihak kelurahan untuk menjadi tenaga kerja di TPS3R ini. Tenaga kerja ini diharapkan tidak hanya mengurangi kuantitas sampah dari sumbernya, tetapi juga memberikan pemahaman dalam pengelolaan sampah dan mempertahankan daya beli masyarakat di tengah ketidakpastian kondisi ekonomi akibat Pandemi Covid-19. Sosialisasi kepada masyarakat juga harus terus dilakukan untuk mengubah perilaku masyarakat agar membuang sampah pada tempatnya dan melakukan pengelolaan 3R terhadap sampah yang mereka hasilkan.



Gambar 10. Motor Sampah TPS3R KSM Kawa Begawe

4. Analisis Ekonomi Rencana Pengembangan TPS3R

Rencana pengembangan TPS3R ini kedepannya akan mengarah kepada peningkatan sumber penghasilan masyarakat Kelurahan Selindung. Adapaun analisis ekonomi rencana pengembangan TPS3R dari hasil perhitungan jumlah sampah yang akan masuk sesuai dengan proyeksi pertumbuhan penduduk hingga akhir tahun perencanaan adalah sebagai berikut.

Tabel 2. Analisa Ekonomi Rencana Pengembangan TPS3R KSM Kawa Begawe

NO	Hasil Penjualan Sampah yang sudah dicacah Per Bulan (Rp)	Hasil Penjualan Sampah Organik Lainnya Per Bulan (Rp)	Total Hasil Penjualan Sampah Anorganik dalam satu Bulan (Rp)	Total Pengeluaran					Laba Bersih Per Bulan (Rp)
				bahan bakar (Rp)	Listrik (Rp)	Tenaga Kerja (Rp)	Beli Bahan Baku (Rp)	Penyusutan (Rp)	
1	168.000.000	57.000.000	225.000.000	1.680.000	1.000.000	16.300.000	141.600.000	1.137.500	64.420.000

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa ketika TPS3R dikembangkan dengan cara mengoptimalkan sarana dan prasarana yang telah disediakan, maka tempat ini akan menjadi sumber penghasilan yang mumpuni bagi masyarakat Kelurahan Selindung.

KESIMPULAN

Tempat Pengelolaan Sampah 3R (TPS3R) KSM Kawa Begawe di Kelurahan Selindung, Kecamatan Gabek, Kabupaten Pangkalpinang telah mampu mengolah sampah menjadi barang-barang bernilai ekonomis. Sampah basah diolah menjadi kompos kering dan cair, sementara sampah kering dibersihkan dan dipilah untuk kemudian disalurkan kembali. Konsep utama pengolahan sampah pada TPS 3R adalah untuk mengurangi kuantitas dan/atau memperbaiki karakteristik sampah, yang akan diolah secara lebih lanjut di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) sampah. TPS 3R diharapkan berperan dalam menjamin kebutuhan lahan yang semakin kritis untuk penyediaan TPA sampah di perkotaan, juga diharapkan dapat menjadi sumber penghasilan bagi masyarakat di Kelurahan Selindung. Sarana dan prasarana yang telah disediakan seperti mesin pencacah sampah organik dan anorganik, serta mesin press dan mesin pembubur pakan organik menjadi salah satu faktor yang dapat meningkatkan kinerja TPS3R untuk meningkatkan perekonomian di Kelurahan Selindung. Inovasi - inovasi pengelolaan sampah yang disediakan di TPS3R Kawa Begawe ini tentunya menjadi bukti bahwa TPS-3R tidak hanya menjawab persoalan pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh sampah, namun juga dapat menghasilkan produk-produk yang bernilai ekonomis dari sampah yang diolah di TPS3R Kawa Begawe.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustrijanto, A., & Kusumawati, D. (2019). STRATEGI KOMUNIKASI DITJEN PPKL KEMENTERIAN LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA DALAM MEMPROMOSIKAN PROGRAM PENGENDALIAN SAMPAH PLASTIK. *IKRA-ITH HUMANIORA: Jurnal Sosial dan Humaniora*, 3(3), 131-154.
- [2] Fadhlullah, N. P. (2019). *Evaluasi pengolahan sampah dan pengembangan tempat Penampungan Sampah Sementara (TPS) menjadi tempat Pengolahan Sampah (TPS 3R) di Desa Ngampelsari, Kabupaten Sidoarjo* (Doctoral dissertation, UIN Sunan Ampel Surabaya).
- [3] Hutagaol, S. M., Nasution, M. A., & Kadir, A. (2020). Peningkatan Peran Serta Masyarakat dalam Pengelolaan Sampah Rumah Tangga Di Kabupaten Pakpak Bharat. *Strukturasi: Jurnal Ilmiah Magister Administrasi Publik*, 2(2), 204-216.
- [4] Kasih, D., Indrawan, I., Setyowati, L., Tanjung, M., & Suryati, I. (2018). Studi Perancangan Dan

- Pemanfaatan TPS 3R Untuk Sampah TPS (Tempat Pengolahan Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Dampak*, 15(1), 16-22.
- [5] Mirwan, M., & Dewi, R. A. N. A. (2021). EFEKTIVITAS PENGOLAHAN SAMPAH PLASTIK SEBAGAI UPAYA MENGURANGI TIMBULAN SAMPAH DI KEC. KALIANGET KAB. SUMENEP DALAM ASPEK TEKNIS DAN EKONOMI. *Prosiding ESEC*, 2(1), 87-92.
- [6] Napitupulu, R., Subkhan, M., & Nita, L. D. (2011). Rancang bangun mesin pencacah sampah plastik. *Jurnal Manutech*, 3(1), 1-5.
- [7] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 03/PRT/M/2013 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Prasarana dan Sarana Persampahan dalam Penanganan Sampah Rumah Tangga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga.
- [8] Pratiwi, S. R., & Kasmawati, K. (2019). Willingness To Pay Masyarakat dalam Mengurangi Dampak Sampah Rumah Tangga. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 8(3), 191-198.
- [9] Rohmah, A. I., Salamah, D., Kholidah, D., & Supriyanto, D. (2021). Pengelolaan Sampah Berbasis Masyarakat Melalui Tempat Pengolahan Sampah Reduce, Reuse, Recycle (TPS3R) Desa Purwojati Kecamatan Ngoro Kabupaten Mojokerto. In *Proceeding: Nasional Seminar for Research Community Development* (Vol. 5, No. 1, pp. 60-67).
- [10] Sugandi, W. K., Yusuf, A., Herwanto, T., & Maulana, S. (2017, July). Uji Kinerja Mesin Pencacah Plastik (Studi Kasus Bank Sampah Tasikmalaya (BST) di Desa Cikunir, Kecamatan Singaparna, Kabupaten Tasikmalaya). In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 8, pp. 685-691).
- [11] Sugiyono, S., & Lestari, P. (2021). Metode Penelitian Komunikasi (Kuantitatif, Kualitatif, dan Cara Mudah Menulis Artikel pada Jurnal Internasional).

STUDI PERFORMASI SUDU TURBIN ANGIN SAVONIUS TIPE VERTICAL AXIS BERBAHAN KOMPOSIT

Ozkar F. Homzah^{1,2*}, Ella Sundari¹, Rachmat Dwi Sampurno¹, Ogi Meita Utami¹, Lili Rahmawati³

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Sriwijaya

²Mahasiswa Pendidikan Profesi Insinyur, Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya

³Mahasiswa Program Studi Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Politeknik Negeri Sriwijaya

Jl. Sriwijaya Negara, Bukit Besar, Palembang

*Corresponding Author: ozkarhomzah@polsri.ac.id

Abstrak

Seiring dengan meningkatnya populasi manusia menyebabkan penggunaan energi fosil seperti minyak bumi juga ikut meningkat. Sedangkan energi fosil merupakan salah satu penyumbang terbesar emisi karbon yang dapat menyebabkan perubahan iklim. Hal yang dapat dilakukan untuk mengendalikan perubahan iklim tersebut adalah dengan beralih kepada penggunaan energi terbarukan. Studi berupa rancang bangun sudu turbin Savonius sumbu vertikal. Dimana, sudu dibuat menggunakan bahan komposit berupa serat karbon dengan variasi jumlah sudu yaitu 4, 6 dan 8 buah. Hasil studi dilakukan pengujian menggunakan sumber angin dari blower dengan kecepatan angin yaitu 4m/s; 4,5m/s; dan 5 m/s. Dalam pengujian menggunakan pengarah angin (wind tunnel) yang dibuat menggunakan bahan akrilik dan pipa sebagai konstruksi rangka. Hasil pengujian mendapatkan daya generator maksimum dicapai oleh sudu turbin dengan jumlah sudu 4 pada nilai kecepatan angin 5 m/s dengan 0,274 watt. Sedangkan daya output terendah berada pada sudu turbin dengan jumlah blade 8 pada kecepatan angin 4 m/s dengan nilai daya senilai 0,0028 W. Lalu, dengan 8 sudu memiliki energi output yang cukup rendah dibandingkan dengan jumlah sudu 4 dan 6. Penelitian juga mendapatkan nilai performansi tertinggi dari penggunaan jumlah sudu yaitu mencapai 9,16% efisiensi generator, sedangkan untuk jumlah 4 sudu serta didapat efisiensi terendah sebesar 0,07% untuk jumlah sudu 8.

Kata kunci: Performansi, Savonius Vertical Axis Wind Turbine, Sudu, Turbine Power, Efisiensi

Abstract

The increasing human population, the use of fossil energy such as oil also increases. While fossil energy is one of the largest contributors to carbon emissions that can cause climate change that can be done to control climate change is to switch to the use of renewable energy. The investigation takes the shape of a vertical axis Savonius turbine blade design. The blades are made of a composite material called carbon fiber, and the number of blades varies between 4, 6, and 8 pieces. The study's findings were tested utilizing a blower-generated wind source with wind speeds of 4m/s, 4.5m/s, and 5m/s. A wind tunnel consisting of acrylic material and pipes as a frame construction was used in the test. The test findings show that turbine blades with a total of four blades produce the maximum generator power of 0.274 watts at a wind speed of 5 m/s. Meanwhile, the turbine blade with 8 blades has the lowest output power at a wind speed of 4 m/s and a power value of 0.0028 W. Then, with 8 blades, it has a relatively low output energy compared to 4 and 6 blades. Therefore, the highest efficiency performance of wind turbine use is achieved by a turbine with a number of 4 blades with a maximum efficiency is 9,16% and the minimum efficiency it seen in a wind turbine with a number of blades 8 within 0,07%.

Keywords: Performance, Savonius VAWT, Blade, Turbine Power, Efficiency

PENDAHULUAN

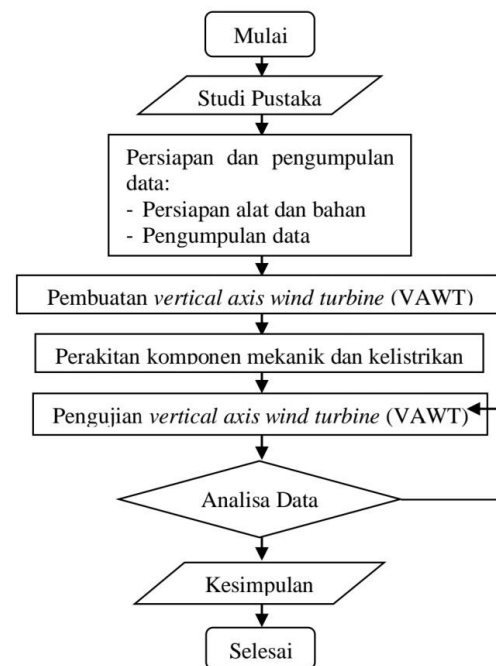
Pemanfaatan tenaga angin yang cukup mudah ditemukan sebagai sumber energi terbarukan dan bisa menjadi salah alternatif solusi untuk memenuhi kebutuhan konsumsi energi. Salah satu solusi dari sumber energi alternatif adalah dengan memanfaatkan udara buang berupa *dry air* yang dihembuskan oleh *outdoor unit* dari mesin pendingin ruangan (*air conditioner*) digunakan oleh masyarakat Indonesia. Pemanfaatan energi panas dari AC-Split ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik dan dapat disalurkan dan dimanfaatkan kembali dalam berbagai kebutuhan akan energi. Hasil penelitian [1] udara buang dari mesin pendingin ruangan tipe terpisah (AC-Split) memiliki energi potensial yang dapat dimanfaatkan, yaitu sebesar 2m/s sampai 6m/s.

Penelitian [13] menunjukkan bahwa *Vertical Axis Wind Turbine* untuk turbin angin dengan 2 variasi jumlah sudu dimana daya keluaran tertinggi yang dihasilkan adalah 38,88Watt. Penelitian lainnya [5] menggunakan turbin angin yang terbuat dari material filamen 3D *printing* dimana pada penelitian tersebut dapat disimpulkan bahwa daya yang dihasilkan turbin sudu ganda akan naik dengan perlahan dari 13% ke 36%. Penelitian dari [13] menggunakan 3 variasi jumlah sudu dan dapat disimpulkan bahwa banyaknya sudu dan kecepatan laju angin memiliki pengaruh terhadap daya dan torsi outputnya. Dimana menerangkan [2] bahwa sudu-sudu turbin harus kokoh terhadap gaya dorong yang berasal dari angin namun sudu-sudu turbin harus dibuat seringan mungkin sehingga memperkecil potensi kehilangan energi akibat dari faktor berat sudu.

Penelitian dengan orientasi untuk menganalisa performansi dari sudu savonius turbin angin dengan material komposit serat karbon. Menurut [9] penggunaan komposit serat karbon dengan penambahan tulang penguat (*stiffener-rib*) menghasilkan penambahan kekakuan dan kekuatan lentur mengikuti fungsi eksponensial. Penelitian yang dilakukan oleh [4,7] menjelaskan bahwa turbin angin savonius dapat beroperasi meski di daerah dengan kecepatan angin yang rendah, kinerjanya pun tidak berpengaruh pada arah angin serta biaya yang diperlukan untuk pembuatannya pun terbilang cukup rendah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah yang digambarkan pada diagram alir berikut



Gambar 1 Flowchart Penelitian

Penelitian dilakukan mulai dari tahap persiapan alat dan bahan pengujian kemudian dilanjutkan dengan pengujian terhadap turbin angin tersebut. Adapun metode pengujian yang dilaksanakan meliputi :

1. Mempersiapkan alat dan bahan
2. Membuat prototype vertical axis wind turbine
3. Memprogram alat bantu ukur rpm
4. Mempersiapkan alat bantu ukur tegangan dan arus listrik
5. Melakukan pengujian dan pengambilan data hasil
6. Analisa hasil pengujian

Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam pengujian adalah sebagai berikut:

Tabel 1 Alat dan Bahan

No.	Alat	Bahan
1	Blower	Serat karbon
2	Generator	Resin
3	Cetakan	Katalis
4	Amplas	Cobalt blue
5	Alat ukur	Antibubble
6	Gerinda	Anti lengket
7	Kuas	Gelcoat resin
8	Poros penghubung	Pipa aluminium
9	Arduino uno	Lem epoxy
10	Project board	Clear spray
11	Kabel-kabel	Akrilik
12	LCD	Pipa paralon

13	Sensor IR
14	Anemometer
15	Multimeter
16	Wattmeter
17	Load
18	Lem tembak

Pembuatan Turbin Angin Komposit Serat Karbon

Dalam penelitian yang dilakukan pada gambar 2, 3 dan 4 yaitu menggunakan turbin angin yang sudu terbuat dari komposit serat karbon. Adapun langkah langkah yang dilakukan dalam pembuatan turbin angin tersebut sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat serta bahan yang hendak digunakan.
2. Memotong serat karbon dengan ukuran 200 x 100 mm untuk blade dan lingkaran dengan diameter 180 mm untuk bagian atas dan bawah turbin.
3. Melapisi cetakan dengan anti lengket agar komposit dapat dilepas dengan mudah dari cetakan. Adapun sudu yang dibuat memiliki panjang tali busur sebesar 85 mm dengan R lengkungan 50 mm. Pemilihan R lengkungan sudu tersebut akan mempengaruhi luas penampang sudu yang akan menangkap daya angin.
4. Memasukkan gelcoat resin, cobalt blue dan katalis ke dalam wadah plastik dengan perbandingan 100:3:3, lalu diaduk sampai tercampur rata. Oleskan pada cetakan yang sebelumnya telah diberi anti lengket.
5. Ketika campuran gelcoat sudah setengah mengering, serat karbon yang telah dipotong diletakkan sambil diratakan agar tidak menggelembung.
6. Mencampurkan resin, katalis dan anti bubble pada wadah plastik dengan perbandingan 100:3:1. Setelah teraduk rata, resin dituang di atas serat karbon lalu diratakan menggunakan kuas. Diamkan selama ± 1 jam atau hingga kering sentuh.
7. Membersihkan segera kuas yang telah digunakan agar resin tidak mengeras pada kuas dan kuas tersebut dapat digunakan kembali.
8. Mengulangi langkah ke-6 sebanyak 5 kali atau hingga mencapai ketebalan yang telah ditentukan.
9. Pada lapisan terakhir, komposit serat karbon didiamkan selama 6 – 8 jam agar mencapai kekerasan yang maksimal.
10. Melepaskan komposit serat karbon dari cetakan.
11. Merapikan sisi-sisinya menggunakan gerinda atau dapat juga menggunakan gergaji besi. Kemudian dilanjutkan dengan merapikan bagian-bagian yang tidak rata menggunakan amplas.
12. Menggabungkan bagian-bagian blade yang telah dibuat dengan pipa aluminium sebagai porosnya menggunakan lem perekat stainless steel.
13. Agar mencapai daya rekat yang maksimal, lem perekat harus didiamkan selama ± 16 jam.
14. Menyemprotkan clear spray pada turbin sehingga goresan-goresan bekas mengamplas tersamarkan.



Gambar 2 Melapisi Resin



Gambar 3 Melepaskan Komposit dari Cetakan



Gambar 4 Proses Assembly

Tahapan Pengujian Sudu Turbin

Proses pengujian dilakukan pada gambar 5 dan 6 secara langsung dengan memanfaatkan hembusan udara dari blower yang kecepatan anginnya disesuaikan dengan keluaran AC Split Outdoor dan variabel jumlah sudu dan kecepatan

angin yang ditentukan. Penelitian ini ditujukan terhadap 3 buah turbin angin yang memiliki jumlah sudu yang berbeda. Berikut adalah langkah-langkah pengujian yang telah dilakukan:

1. Mempersiapkan alat dan bahan, yaitu Savonius turbin angin, Wind Tunnel, generator, laptop, alat bantu ukur kecepatan putaran dan alat bantu ukur daya output.
2. Memosisikan wind tunnel di depan sumber angin.
3. Memosisikan letak generator dan turbin di wind tunnel.
4. Mengaplikasikan alat ukur pada generator. Sensor IR diletakkan berhadapan dengan poros generator dengan kertas putih sebagai media pembaca sensor. Sedangkan, multimeter dan wattmeter dihubungkan dengan kabel pada generator.
5. Menghidupkan blower dan mengatur kecepatan angin sesuai dengan angka yang telah ditentukan.
6. Menyimpan data realtime kecepatan putaran yang tercatat secara otomatis pada laptop.
7. Mencatat data tegangan dan arus listrik yang ditampilkan pada alat bantu ukur berbasis arduino
8. Mematikan blower
9. Merapikan kembali alat-alat yang telah digunakan
10. Membersihkan dan merapikan tempat pengujian



Gambar 5 Mempersiapkan Alat dan Bahan Pengujian

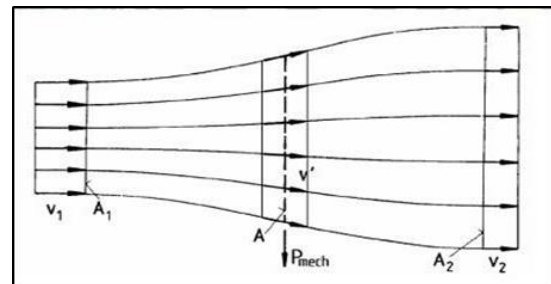


Gambar 6 Penempatan Sensor IR

Teori Momentum Daya Angin (*drag force*)

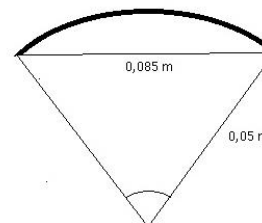
Untuk menentukan efisiensi, dibutuhkan besaran daya angin sehingga kita dapat mengetahui nilai efisiensi sudu turbin tipe vertikal yang telah diuji sebelumnya oleh [3,11]. Gambar 7, menerun teori Beltz di dalam penelitian [14] bahwa koefisien daya (C_p) merupakan hasil konversi daya angin menjadi daya mekanik generator dan bergantung dari rasio kecepatan angin.

$$C_p = \frac{v_2}{v_1} = \frac{16}{27} = 0,593 \dots\dots\dots (1)$$



Gambar 7 Beltz model untuk daya angin

Pada gambar 8 dibawah didapat luas penampang dari blade mempengaruhi banyak daya angin yang mampu ditampung.



Gambar 8 Bentuk Lengkung Sudu

Mencari besar sudut:

$$\text{Besar sudut } (2\alpha) = \sin \alpha = \frac{\text{sisi depan}}{\text{sisi miring}}$$

$$\sin \alpha = \frac{0,0425 \text{ m}}{0,05 \text{ m}}$$

$$\alpha = 58,21^\circ$$

$$\text{Besar sudut } (2\alpha) = 2 \times 58,21^\circ = 116,42^\circ$$

Mencari lebar sudu dengan menggunakan rumus busur lingkaran sebagai berikut:

$$\text{Lebar sudu} = 116,42^\circ \times \frac{360^\circ}{2\pi} \times 0,05$$

$$= 0,101 \text{ m}$$

Setelah mengetahui lebar sudu, selanjutnya menentukan luas penampang. Perhitungan luas penampang untuk 1 (satu) blade turbin angin:

$$\text{Luas penampang} = \text{lebar sudu} \cdot t$$

$$= 0,0202 \text{ m}^2$$

Data-data di atas dapat digunakan untuk mengetahui nilai daya angin dari pengujian yang telah dilakukan. Menurut [14] Daya angin (PA) dengan besaran kecepatan angin 4 m/s dapat diketahui dengan persamaan di bawah ini:

$$PA = C_p \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \dots\dots\dots(2)$$

$$= 0,593 \times \frac{1}{2} \times 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (0,0202 \text{ m}^2) \times (4 \text{ m/s})^3$$

$$= 0,461 \text{ Watt}$$

Tabel 2 Perhitungan Daya Angin

Kec. Angin (m/s)	A (m ³)	ρ (kg/m ³)	PA (Watt)
4			0,461
4,5	0,0202	1,2	0,654
5			0,898

Tabel 2 menunjukkan kemampuan angin untuk memutarakan sudu-sudu pada turbin. Nilai daya angin dapat dijadikan pembanding daya generator sehingga dapat mengetahui efisiensi dari turbin yang digunakan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data tersebut terlampir di bawah ini merupakan hasil pengujian terhadap *Vertical Axis Wind Turbine* (VAWT). Data diambil dengan menggunakan alat bantu ukur seperti multimeter, wattmeter, dan sensor IR yang didukung program arduino uno.

Tabel 3 Hasil Pengujian *Vertical Axis Wind Turbin* Tanpa Diberi Beban

Jumlah Sudu	Kecepatan Angin (m/s)	Putaran (rpm)	Tegangan (volt)
4		330	6,2
6	4,0	308	10,2
8		280	2,8
4		351	15,8
6	4,5	315	16,7
8		300	5,0
4		380	18,2
6	5,0	328	21,8
8		315	5,4

Tabel 3 hasil pengujian di atas dapat diketahui jumlah sudu dari turbin dan kecepatan angin memiliki pengaruh terhadap nilai kecepatan putaran dan tegangan yang dihasilkan. Menentukan desain turbin angin yang baik menjadi sangat penting sebelum melakukan pembuatan turbin. Sudu turbin angin harus memiliki penampang sehingga mampu menampung angin yang berhembus namun sudu turbin yang baik juga harus diberi celah sehingga angin yang sudah mendorong dapat lolos dan tidak menghambat putaran turbin. Dari tabel 3 menunjukkan hubungan antara kecepatan putaran dan tegangan yang dihasilkan sebelum generator diberi beban berupa lampu 12V/3W bahwa semakin tinggi kecepatan putaran maka tegangan juga akan meningkat.

Tabel 4 Hasil Pengujian *Vertical Axis Wind Turbin* Diberi Beban

Jumlah Sudu	Kec. Angin (m/s)	Putaran (rpm)	Tegangan (Volt)	Arus (Amp)
4		130	5,1	0,0021
6	4 m/s	121	7,2	0,0091
8		92	2,4	0,0012
4		144	15	0,0160
6	4,5 m/s	128	9,1	0,0024
8		105	4	0,0032
4		153	16,3	0,0168
6	5 m/s	136	12,2	0,0124
8		117	4,6	0,0036

Tabel 4 menunjukkan hasil yang diambil ketika generator diberikan beban berupa bola lampu 12V/3W. Pada kondisi ini, kecepatan putaran yang dihasilkan turbin mengalami penurunan. Hal ini dikarenakan ketika generator terbebani lampu, generator harus menyuplai energi lebih banyak sehingga mempengaruhi kecepatan putaran juga mengalami pembebanan dan angka putarannya menurun.

Tabel 5 Nilai Daya Mekanik Genarator (PG)

Jumlah Sudu	Kecepatan Angin (m/s)	PG (Watt)
4	4	0,011
6		0,065
8		0,0028
4	4,5	0,24
6		0,022
8		0,013
4	5	0,274
6		0,151
8		0,016

Tabel 5 merupakan hasil perhitungan dari daya keluaran yang dihasilkan dari *vertical axis wind turbine*. Daya output tersebut didapat dari proses perkalian antara tegangan dan arus listrik. Poros yang berputar tersebutlah yang menimbulkan daya listrik. Namun ketika diberi beban berupa lampu 24V/3W, kecepatan putaran yang menurun mempengaruhi tegangan yang dihasilkan. Adapun arus listrik dan nilai tegangan yang telah dihasilkan generator yang kemudian menghasilkan daya output.

Menurut [2,8] nilai efisiensi generator penting untuk diketahui karena dapat digunakan sebagai pembandingan dan landasan dalam memilih kombinasi yang tepat untuk penggunaan dan pengaplikasian turbin angin khususnya *vertical axis wind turbine*. Penggunaan PMG (permanetn magnetic generator) dapat mengeliminasi kerugian mekanik dari generator.

Tabel 6 Nilai Performasi daya generator

Jumlah Sudu	Kec. Angin (m/s)	PA (Watt)	PG (Watt)	Efisiensi (%)
4	4	1,83	0,011	0,58
6		2,76	0,065	2,37
8		3,67	0,0028	0,07
4	4,5	2,62	0,24	9,16
6		3,93	0,022	0,55
8		5,24	0,013	0,24
4	5	3,60	0,274	7,61

Jumlah Sudu	Kec. Angin (m/s)	PA (Watt)	PG (Watt)	Efisiensi (%)
6		5,40	0,151	2,80
8		7,18	0,016	2,30

Dari tabel 6 diketahui bahwa nilai efisiensi daya generator yang tertinggi terdapat pada savonius turbin angin sudu 4 dengan nilai kecepatan laju angin 4,5m/s, dimana pada sudu tersebut nilai efisiensi yang dicapai sebesar 9,16%. Sedangkan, nilai efisiensi daya generator terendah terdapat pada turbin angin savonius sudu 8 dengan nilai kecepatan 4 m/s dimana nilai efisiensi yang dicapai hanya pada angka 0,07%.

Hasil pengujian terhadap *vertical axis wind turbine* sebelum diberi beban menunjukkan kecepatan putaran pada interval 280 – 380 Rpm dan Tegangan pada kisaran nilai 2,8 – 21,8 Volt. Ketika generator diberi beban, tegangan dihasilkan menurun pada kisaran 2,4 – 16,3 V dan besaran arus listrik yang dihasilkan berkisar 0,0012A – 0,0168A.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa *vertical axis wind turbine* dengan desain yang telah ditentukan pada jumlah sudu 4 mampu menghasilkan daya output yang lebih tinggi daripada turbin dengan 6 *blades* dan 8 *blades* dengan daya maksimal 0,274Watt di kecepatan angin 5 m/s, yang artinya sudu turbin 4 lebih maksimal dalam menerima daya angin. Sedangkan, sudu turbin 8 kurang maksimal dalam menerima daya angin dengan daya generator tertinggi dihasilkan sebesar 0,016Watt pada kecepatan laju angin 5 m/s.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilaksanakan didapat bahwa tegangan dan kecepatan putaran yang dihasilkan *vertical axis wind turbine* akan menurun jika diberi beban. Dan jumlah sudu turbin serta kecepatan angin yang berhembus memiliki pengaruh terhadap daya output yang dihasilkan.

Daya generator terbesar sebesar 0,274watt dihasilkan oleh turbin angin dengan jumlah sudu 4 serta kecepatan angin sebesar 5m/s, sedangkan daya minimum dihasilkan sebesar 0,0028Watt dengan jumlah sudu 8 untuk kecepatan angin sebedar 4m/s. Hasil studi juga diketahui bahwa efisiensi performansi dari generator terbaik yaitu untuk jumlah sudu 4 dengan kecepatan angin pada 4,5m/s yang dicapai sebesar 9,16%. Sedangkan, performansi generator terendah yaitu pada jumlah sudu 8 dengan laju kecepatan 4 m/s dengan efisiensi sebesar 0,07%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kepada Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah mendanai penelitian melalui program penelitian Kerjasama Dosen dan Mahasiswa tahun anggaran 2022 dengan nomor kontrak 4887/PL6.2.1/LT/2022.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ching-Song Jwo, Zi-Jie Chien, Yen-lin Chen and Chao-Chun Chine, "Development of a Wind Directly Forced Heat Pump and Its Efficiency Analysis", *International Journal of Photo energy*, vol. 2013, pp.1-7, doi: <http://dx.doi.org/10.1155/2013/862547>.
- [2] Amstoad, B.H., Ostwald, P.F., Begeman, M.L. 1979. *Manufacturing Processes* (8th Edition). John Wiley & Sons, Inc. New York.
- [3] Dharma, untung surya & Mashemi. 2016. Pengaruh Desain Sudu Terhadap Unjuk Kerja Prototype Turbin Angin Vertical Axis Savonius. *Jurnal Turbo*. Universitas Muhammadiyah Metro. Vol. 5 No. 2.
- [4] Dhimas, fitradian. 2017. Rahasia Dari Serat Karbon si Kuat Nan Ringan, <https://www.otosia.com/berita/rahasia-dari-serat-karbon-si-kuat-nan-ringan.html> (diakses pada 24 Januari 2022).
- [5] H. Napitupulu, farel & Fritz mauritz. 2013. Uji Eksperimental dan Analisis Pengaruh Variasi Kecepatan dan Jumlah Sudu Terhadap Daya dan Putaran Turbin Angin Vertical Axis Savonius dengan Menggunakan Sudu Pengarah. *Jurnal Dinamis*. Vol. II No. 12.
- [6] Homzah, O.F. et al. 2020. Prototype of Small Savonius Wind Turbine. *Proceedings Highlight in Engineering*. Vol. 7, Atlantis Press.
- [7] Jamal. 2019. Pengaruh Jumlah Sudu Terhadap Kinerja Turbin Savonius. *Jurnal Intek Penelitian*. Politeknik Negeri Ujung Pandang. Vol. 6 No. 1.
- [8] Latif, Melda. 2013. Efisiensi Prototype Turbin Savonius pada Kecepatan Angin Rendah. *Jurnal Rekayasa Elektrika*. Vol. 10 No. 3. doi: <https://doi.org/10.17529/jre.v10i3.1030>
- [9] Marsono. 2018. Peningkatan Kekakuan Sudu Turbin Angin Vertikal Berbahan Komposit Serat Karbon Melalui Rekayasa Penampang Inersia. *Jurnal Rekayasa Hijau*. Vol. 2 No. 3. doi: <https://doi.org/10.26760/jrh.v2i3.2514>
- [10] Muttaqin, idzani & Muhammad suprpto. 2021. Pembuatan Turbin Angin Savonius Bertingkat Berbahan Aluminium. *Jurnal Jieom*. Vol. 04 No. 01.
- [11] Noviaranti, arini, Suwandi & A. Qurthobi. 2020. Pengaruh Kelengkungan Sudu Terhadap Tegangan Dan Arus Yang Dihasilkan Turbin Angin Savonius Tipe U. *E-Proceeding of Engineering*. Vol. 7 No. 2.
- [12] Salim, lutfi laili, Ridwan & Iwan Setyawan. 2020. Analisis Performa Turbin Angin Savonius Tipe U dengan Memvariasikan Jumlah Sudu Turbin. *Jurnal Penelitian Engineering*. Universitas Gunadarma. Vol 24 No. 2.
- [13] Zulfikar, Pertaonan Harahap & Henry Agung Laksono. 2019. Analisa Perbandingan Pengaruh Variasi Jumlah Sudu 4 dan 8 Pada Turbin Angin Savonius Terhadap Tegangan dan Arus Generator DC. *Jurnal Rele: Jurnal Teknik Elektro*. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Vol. 2 No. 1.
- [14] Hua Erich, 2006, "Wind Turbines Fundamentals Technologies, Application, Economics", 2nd Edition, Springer.

PERANCANGAN PLASTIC WASTE SHREDDER MACHINE PORTABLE DI KAMPUS POLMAN BANDUNG

Dedy Ariefijanto¹, Nadhifah Rysca Novianty², Asep Indra Komara³,

¹Jurusan Teknik Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

²Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

³Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Bandung

Email: dedy@me.polman-bandung.ac.id

Abstrak

Plastic Waste Shredder Machine adalah mesin yang berfungsi untuk mereduksi ukuran limbah plastik menjadi serpihan untuk daur ulang. Penelitian ini mengoptimalkan beberapa fungsi dari mesin yang sudah ada. Penelitian menggunakan metodologi perancangan VDI 2222. Penentuan dimensi komponen yang berada pada rancangan juga didasari analisis pada komponen kritis dengan bantuan software CAE (Computer Aided Engineering). Cara kerja dari mesin ini adalah botol plastik dimasukkan ke hopper lalu direduksi ukurannya di ruang pencacahan dengan sistem dua pisau bergerak berlawanan dengan pisau tetap tiap sisinya lalu dihasilkan serpihan berukuran maksimal 5x5 mm. Setelah melalui proses perancangan, mesin ini beroperasi dengan motor listrik berdaya 0,75 kW, putaran output 50 rpm. Mesin ini mampu menghasilkan cacahan sebanyak 10 kg/hari dengan dimensi mesin 400 x 600 x 900 mm dengan berat total mesin 124 kg.

Kata kunci: Mesin pencacah portable, Sampah botol plastic, Daur ulang plastic, Pisau pencacah, Perancangan mesin

Abstract

Plastic Waste Shredder Machine is a machine that is used to reduce the size of waste into small pieces for recycling process. This machine is a development from previous machines. The design methodology in this study is VDI 2222. Determination of component dimensions is based on analysis of critical components with the help of Computer Aided Engineering software. This machine works by inserting plastic bottle waste to the hopper, the size will be reduced in shredding area with two-blade system that moves oppositely with a fixed knife on each side, and the result is the plastic chips with a maximum size of 5x5 mm. After the design process, the machine is operated with an electric motor with a power of 0,75 kW and output rotation of 50 rpm. This machine can process 10 kg/day plastic waste with machine dimensions of 400 x 600 x 900 mm and total machine weight of 124 kg.

Keywords: portable shredder machine, plastic bottle waste, plastic recycling, shredder cutting, machine design

PENDAHULUAN

Persoalan sampah botol plastik seperti pada Gambar 1 menjadi salah satu hal yang sangat krusial dan memiliki dampak yang besar bagi lingkungan. Kementerian Lingkungan Hidup mencatat sepanjang Tahun 2020 volume sampah di Indonesia mencapai 67 juta ton. Dimana diantara volume sampah tersebut, Indonesia telah menghasilkan 11.600 ton sampah botol plastik. Sedangkan di tingkat Kota Bandung, PD. Kebersihan Kota Bandung menyatakan bahwa sampah plastik yang dihasilkan Kota Bandung adalah

sebanyak 1.700 ton/hari, dengan 0.94 persen atau kisaran 15.98 ton diantaranya adalah sampah botol plastik.



Gambar 1 Permasalahan Sampah Botol Plastik di Indonesia Sumber: www.poskota.com

Sampah plastik yang dihasilkan Politeknik Manufaktur Bandung mencapai 10 kg/hari. Sampah tersebut didominasi 60% oleh botol air mineral berukuran 600 ml, 20% oleh botol air mineral berukuran 1500 ml, dan sisanya merupakan sampah gelas plastik. Sampah botol plastik ini juga tidak diolah melainkan hanya dikumpulkan di tempat pembuangan sampah dan akhirnya dijual kepada pengepul sampah. Civitas akademika sebagai kalangan akademisi berperan penting dalam pengelolaan ini. Salah satunya yaitu program kampus hijau atau green campus sebagai salah satu indikator suatu kampus yang peduli terhadap lingkungan.

Selain itu, Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur juga mengembangkan mesin benchtop injection mold. Mesin tersebut merupakan tahap pengolahan sampah botol plastik yaitu dengan mengolah cacahan plastik yang dilelehkan menjadi material hasil daur ulang untuk dibuat produk baru. Pada saat ini, telah tersedia rancangan mesin pencacah plastik di Polman [1], [2], [3]. Tetapi diperlukan pengembangan mesin pencacah plastik dari rancangan sebelumnya yang bertujuan untuk mengoptimalkan mesin pencacah yang sudah ada sebelumnya. Dimana mesin pencacah ini sendiri memiliki fungsi untuk mereduksi ukuran sampah botol plastik menjadi serpihan dengan ukuran kecil [4].

METODE PERANCANGAN

Metode perancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah VDI 2222. Tahapan utama dalam metodologi tersebut adalah merencana, mengonsep, merancang, dan penyelesaian.

Tahap Merencana

Pada tahap merencana ini, terdapat tiga kegiatan yaitu analisis desain mesin existing yaitu menganalisis desain mesin yang sudah dikembangkan

sebelumnya, lalu identifikasi masalah, dan juga menghasilkan daftar tuntutan. Adapun pengumpulan data yang dibutuhkan dengan diskusi dengan pembimbing mengenai permasalahan yang ada pada mesin-mesin yang dikembangkan sebelumnya, dan juga studi pustaka dengan membaca jurnal, buku, dan hasil penelitian yang berkaitan dengan penelitian ini.

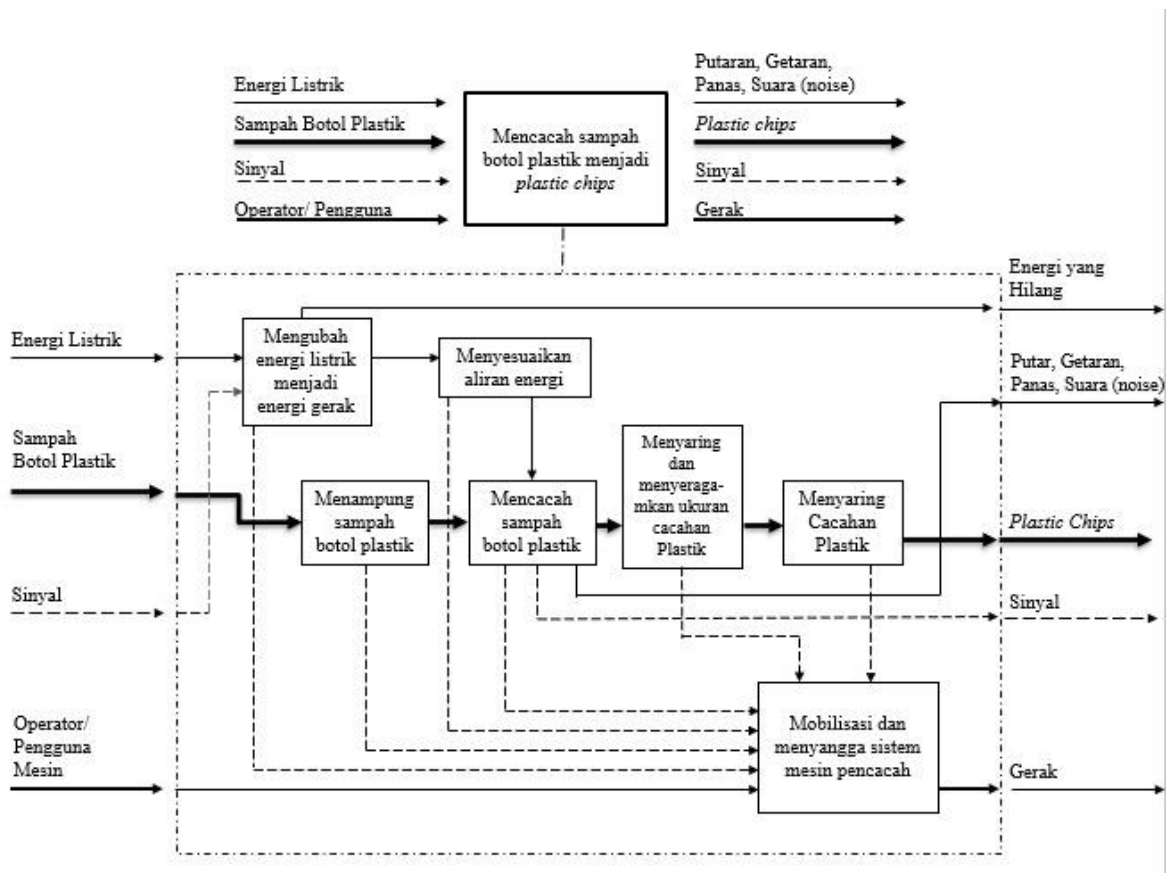
Tahap Mengonsep

Pada tahap mengonsep, dilakukan pembuatan daftar tuntutan yang kemudian dijadikan acuan pada proses perancangan. Daftar tuntutan ini diperoleh dari hasil tahap sebelumnya yaitu tahap merencana.

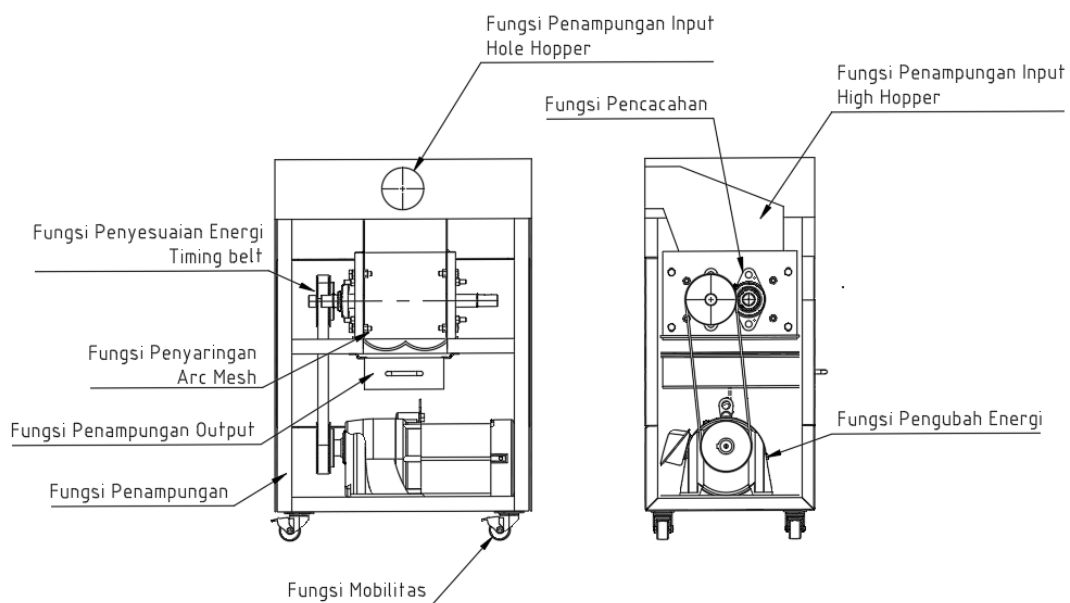
Tabel 1 Daftar Tuntutan

No.	Tuntutan	Keterangan
1	Material input	PET, LDPE, HDPE, PS, dan PP
2	Dimensi mesin	Panjang dan lebar <850 mm Tinggi hopper pada 800-1050 mm
3	Penggerak mesin	Motor Listrik
4	Faktor keamanan mesin	Mesin dirancang dengan tingkat keamanan yang tinggi dengan menutup bagian rangka dengan cover
5	Faktor ergonomis mesin	Memiliki hand grip dan roda untuk memudahkan mobilitas mesin
6	Konstruksi pencacah	Pemotongan dengan pasangan pisau bergerak dan pisau tetap
7	Kapasitas mesin	Dapat mencacah satu botol plastik 600 ml dalam waktu 10 detik
8	Berat total mesin	<250 kg
9	Dimensi hasil cacahan	Maksimal 5x5 mm

Fungsi dari mesin pencacah plastik sendiri adalah untuk mereduksi ukuran sampah botol plastik menjadi serpihan plastik dengan ukuran yang kecil. Dalam mendefinisikan fungsi bagian dari mesin ini, dibuat black box dan glass box seperti pada Gambar 2. Setelah itu dibuat konsep rancangan pada Gambar 2.

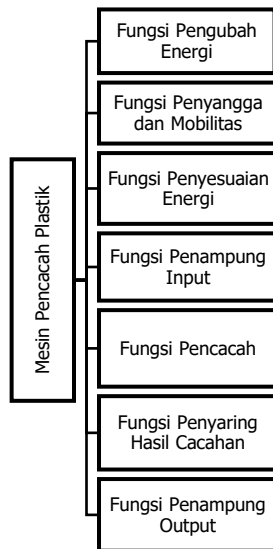


Gambar 2 Pendefinisian Black Box dan Glass Box pada Rancangan



Gambar 3 Konsep Rancangan Plastic Waste Shredder Machine Portable

Setelah mendefinisikan black box, glass box, dan membuat konsep rancangan pada mesin, terdefinisi fungsi bagian pada mesin yaitu:



Gambar 4 Uraian Fungsi Bagian

Dalam proses perancangan ini, dibutuhkan alternatif rancangan yang paling baik dan juga dapat memenuhi seluruh daftar tuntutan. Dibuatlah tiga alternatif fungsi kombinasi sebagai pembanding. Maka dari itu, penulis membuat kotak morfologi seperti pada Tabel 2 untuk membandingkan ketiga alternatif fungsi kombinasi tersebut dari aspek teknis dan juga ekonomis.

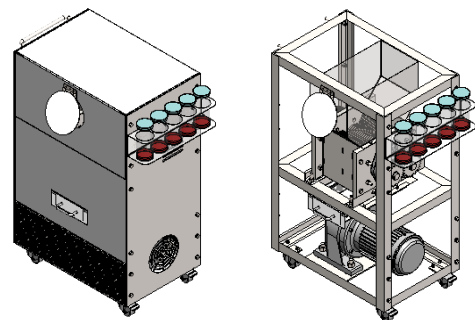
Tabel 2 Kotak Morfologi

Sub Fungsi Bagian		Alternatif Fungsi Bagian		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
A	Sub Fungsi Penyangga Teknik	A.1 Plat Teknik	A.2 Plastik	-
		B.1 V-belt	B.2 Timing belt	B.3 Chain-Sprocket
C	Sub Fungsi Penampungan Input	C.1 Hole Hopper	C.2 High Hopper	-
		D.1 Flat mesh	D.2 Arc mesh	-
Alternatif Fungsi Kombinasi		AFK1	AFK2	AFK3

Setelah dibuat kotak morfologi dan dihasilkan tiga alternatif fungsi kombinasi rancangan, maka setelah penulis mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomis, dipilih alternatif fungsi kombinasi dua.

Tahap Merancang

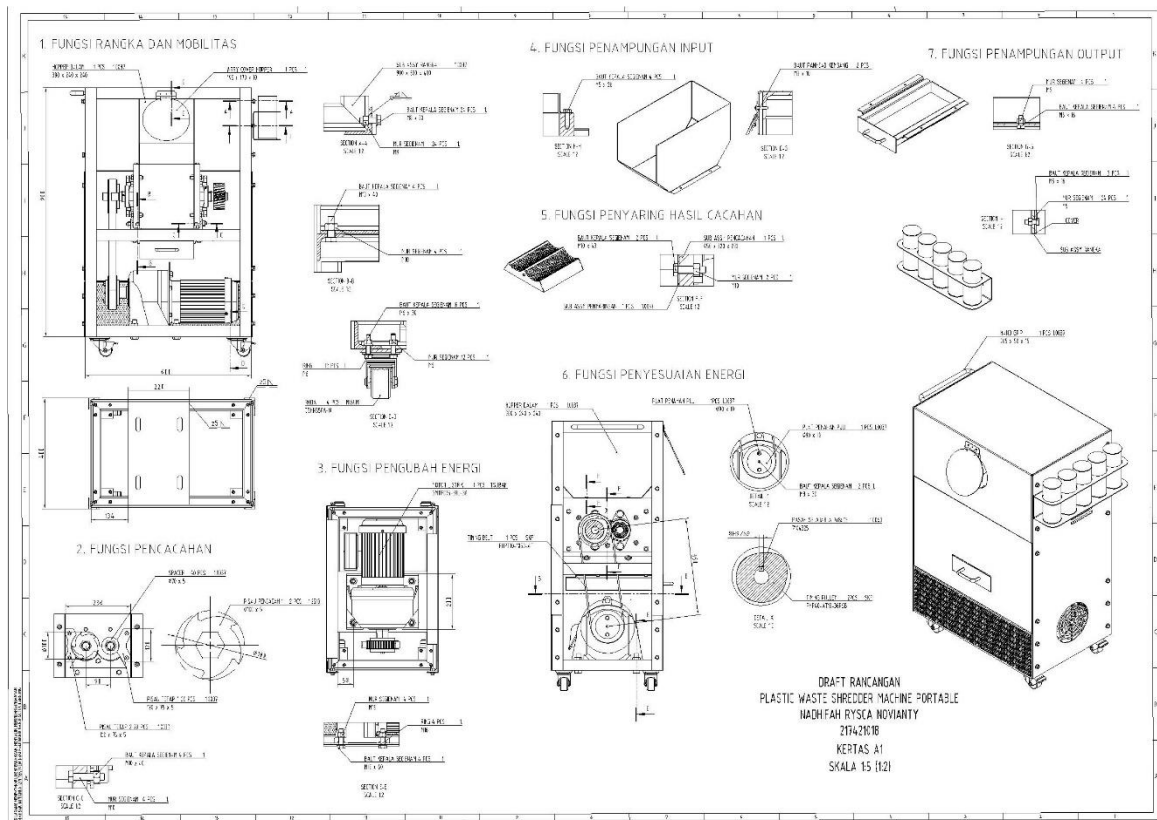
Alternatif fungsi kombinasi 2 seperti tertera pada Gambar 5 memiliki tipe cover yaitu plat yang ditebuk. Ikatan antar plat dengan sistem pengelasan dan baut. Fungsi penampungan input yaitu hole hopper yang dilengkapi cover yang dilengkapi engsel. Sumber penggerak adalah motor listrik yang output putarannya akan ditransmisikan oleh timing belt dan puli. Jumlah poros penggerak pada ruang pencacahan yaitu dua buah yang dihubungkan dengan roda gigi. Bagian penyaringan menggunakan arc mesh. Mesin juga dilengkapi roda dan hand grip.



Gambar 5 Alternatif Fungsi Kombinasi Terpilih

Tahap Penyelesaian

Pada tahap penyelesaian ini, dihasilkan dokumen hasil rancangan dari alternatif fungsi kombinasi terpilih. Disajikan draft rancangan pada Gambar 6.



Gambar 6 Draft Rancangan Plastic Waste Shredder Machine Portable

KONTROL DAN VALIDASI RANCANGAN

Pada perancangan dibutuhkan keberhasilan tiap fungsi agar mesin ini dapat bekerja dengan baik tanpa adanya kegagalan. Sehingga dilakukan beberapa perhitungan diantaranya adalah (1) Penentuan Daya Motor; (2) Kontrol Poros Pencacah; (3) Kontrol Pasak; (4) Umur Bantalan

Penentuan Daya Motor

Daya motor diberi pengaruh oleh torsi pemotongan dan juga torsi pada massa berputar, putaran, dan juga efisiensi sistem transmisi rancangan. Pada torsi pemotongan, dipengaruhi oleh gaya potong (Fc), jari-jari alat potong (d), dan jumlah pisau pencacah memotong bersamaan (x). Sedangkan pada torsi pada massa berputar, dipengaruhi oleh inersia massa (Ix), dan percepatan sudut (α).

$$T_{potong} = Fc \times \frac{d_{pisau}}{2} \times x \dots\dots\dots(1)$$

$$T_{inersia} = \Sigma I_x \times \alpha \dots\dots\dots(2)$$

$$T_{butuh} = T_{potong} + T_{inersia} \dots\dots\dots(3)$$

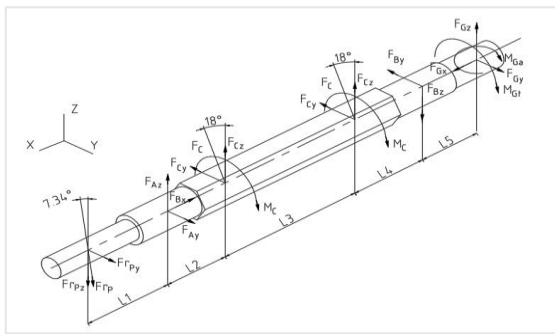
Daya motor merupakan penjumlahan dari torsi yang dibutuhkan, dan juga putaran yang dibutuhkan dan juga dibagi efisiensi sistem transmisi rancangan (η)

$$P = \frac{T_{butuh} \times n_{butuh}}{\eta} \dots\dots\dots(4)$$

Sehingga, didapat daya motor yang dibutuhkan sebesar 0,6572 kW dengan putaran 50 rpm. Dipilih motor Tsubaki GMTR-075-38L-30 dengan daya 0,75 kW dan putaran output sebesar 50 rpm.

Kontrol Poros Pencacah

Dilakukan kontrol pada komponen kritis yaitu poros pencacah dengan perhitungan manual dan juga simulasi pada Solidworks Simulation karena poros yang dirancang harus memiliki kemampuan untuk menahan beban puntir, bengkok, dan geser. Perhitungan mengacu pada diagram benda bebas pada Gambar 7.



Gambar 7 Diagram Benda Bebas Poros Pencacah

Sehingga terdapat data-data desain poros dan pembebanan pada poros sebagai berikut:

- Material Poros E360
- Yield strength $R_e = 360$ MPa
- Torsi terjadi $T_m = 136$ Nm
- Momen bengkok maksimum $M_{bmax} = 182,75$ Nm (Pada area tumpuan B)
- Momen gabungan $M_v = 217,265$ Nm
- Momen bengkok ekuivalen $M_{be} = 205,1$ Nm
- Tegangan tangensial $\tau_{xy} = 61,68$ Nm

Lalu, dapat dihitung tegangan ekuivalen (σ_{12}), faktor keamanan terjadi (Sf), dan juga defleksi poros (δ) sesuai dengan persamaan berikut [5].

$$\sigma_{12} = \sqrt{\sigma_1^2 - (\sigma_1 * \sigma_2) + \sigma_2^2} \dots\dots\dots (5)$$

$$Sf = \frac{\sigma_{bWN}}{\sigma_{12}} \dots\dots\dots (6)$$

$$\delta = -\frac{P*a*b}{6*EI*L} (L^2 - b^2 - a^2) \dots\dots\dots (7)$$

Sehingga, didapat nilai-nilai tersebut dari perhitungan manual dan juga simulasi pada software Solidworks Simulation.

Tabel 3 Simulasi Tegangan pada Poros Pencacah

Paramete r	Hasi		
	Sim ulasi (MP a)	Hasil Perhit. Manual (MPa)	Persentase Penyimpang an
Teganga n von mises	146. 19	149.885	2%
Defleksi	0.08 7	0.08	8%
Faktor keamana n	2.35 98	2.402	2%

Kontrol Pasak pada Rancangan

Kontrol pada komponen pasak dibutuhkan karena pasak akan mengalami tekanan pada permukaan pasak. Geometri pasak yang digunakan merupakan pasak sejajar A pada katalog Polman Seri 0, didapat beberapa data gaya terjadi pada pasak yaitu:

- Material pasak 1.0060
- Yield strength material pasak $Re = 3$
- Putaran poros $n = 50$ rpm
- Torsi terjadi $T_m = 136$ Nm
- Faktor geometri pasak $k\lambda = 1,12$
- Faktor beban umum $\phi = 1$
- Diameter poros $d = 28$ mm
- Tekanan permukaan $P_m = 200$ MPa
- Gaya tangensial terjadi $F_t = 9,57$ kN

Setelah perhitungan sesuai dengan kaidah pada [6], dapat disimpulkan bahwa seluruh beban yang diterima pasak dapat ditahan sehingga konstruksi dinyatakan aman.

Umur Bantalan

Terdapat bantalan pada rancangan yang merupakan tumpuan pada poros pencacah. Dipilih bearing SKF FYTJ 30 TF, oval flanged ball bearing units. Bantalan pertama memiliki beban dinamis atau $C = 19,5$ kN. Dynamic bearing load atau P_B pada tumpuan A sebesar 1825,474 N dan B sebesar 2566,283 N. Maka umur bearing dapat dihitung dengan:

$$L_h = \left(\frac{C}{P_B}\right)^P \dots\dots\dots (8)$$

Sehingga, umur bearing A adalah 8,1617 x 104 atau berkisar 7,365 tahun. Sedangkan bearing pada tumpuan B memiliki kisaran umur 1,57 x 104 atau berkisar 2,65 tahun.

KESIMPULAN

Berdasarkan kajian dan proses perancangan, dapat dinyatakan bahwa telah dihasilkan rancangan plastic waste shredder machine portable yang memenuhi seluruh daftar tuntutan dan juga telah diperoleh dokumentasi rancangan berupa draft, gambar susunan, dan juga gambar bagian dari komponen pada mesin tersebut.

REFERENSI

- [1] Adhiharto, R., Komara, A. I. dan Annisa. “Rancang Bangun Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 15kg/Hari”, unpublished.
- [2] Rahmatillah, A. A., Komara, A. I., “Pengembangan Mesin Pencacah Sampah Botol Plastik Di Kampus Polman Bandung” unpublished.
- [3] Aryani, N., Muslim, D. B., dan Setiawan, A. B., “Rancang Bangun Pengolah Sampah Plastik Menjadi Serpihan”, unpublished.
- [4] Goodship, V.. Introduction to Plastics Recycling. 2007.
- [5] Hibbeler, R. C. Mechanics of Materials (Vol. 148). 2010.

Petunjuk Umum

Panjang maksimal sebuah jurnal ilmiah adalah 6 - 8 halaman dengan penulisan spasi tunggal, *justify*, huruf Times New Roman ukuran 10 point *regular* 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 dengan 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 margin 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 penulis² (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)

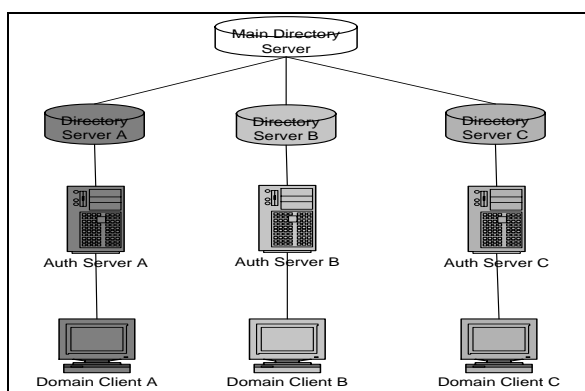
| Kolom 1 | Kolom 2 | Kolom 3 | Kolom 4 |
|---------|---------|---------|---------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

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:

$$Y=ax+bx \dots\dots\dots(1)$$

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

