

P.ISSN : 2502-2040

E.ISSN : 2581-0138

MACHINE



JURNAL TEKNIK MESIN

Vol 5 NO. 2 Oktober 2019

Jurnal
Teknik Mesin

Vol. 5

No. 2

Hal. 31-56

Oktober 2019

P.ISSN : 2502-2040

E.ISSN : 2581-0138

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



Jurusan Teknik Mesin
Fakultas Teknik
Universitas Bangka Belitung

SUSUNAN DEWAN REDAKSI

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

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

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

Administrasi:
Fika Septiawati, A.Md.

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

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

Email:machineteknikmesin@gmail.com

Alamat Redaksi

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

PENGANTAR EDITOR

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

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

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

Tim Redaksi
Machine; Jurnal Teknik Mesin

DAFTAR ISI

| | |
|--|-----------|
| ANALISA KINERJA MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK TIPE PET Nuha Desi Anggraeni, Alfian Ekajati Latief, Indra Dermawan | 31 |
| PENGARUH REDUKSI CANAI TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN SAMBUNGAN FLASH BUTT WELDING Sunardi, Ipick Setiawan, Fransisco Situmeang | 36 |
| PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA <i>INPUT</i> DAN PIPA <i>OUTPUT</i> TERHADAP KINERJA POMPA HIDRAM Budi Santoso W ¹ , Yudi Setiawan ² , Loli Tasman ³ | 41 |
| DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA LEMARI PERKAKAS DI BALAI LAPAN GARUT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA Lasinta Ari Nendra Wibawa ¹ | 45 |
| <i>ENGINEERING DESIGN PROCESS</i> PADA PERANCANGAN TRANSPORTASI PERSONAL DI DALAM LINGKUNGAN UNIVERSITAS Deny Nusyirwan | 51 |
| TURBIN ANGIN SAVONIUS EMPAT SUDU DENGAN VARIASI MODEL PROFIL SEBAGAI MEDIA BELAJAR MAHASISWA Eka Sari Wijianti ¹ , Saparin ² , Yudi Setiawan ³ | 57 |

ANALISA KINERJA MESIN PENCACAH BOTOL PLASTIK TIPE PET

Nuha Desi Anggraeni, Alfian Ekajati Latief, Indra Dermawan

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung

Jalan. PHH. Mustopa No. 23 Bandung 40124

Email: nuha@itenas.ac.id

Abstrak

Produksi sampah plastik sepanjang tahun 2015 mencapai angka 146 ton per tahun. Jumlah ini merupakan jumlah sampah terbanyak dibandingkan dengan sektor-sektor persampahan lain. Sampah plastik tersebut paling banyak adalah sampah plastik kemasan yang sering digunakan untuk mengemas makanan maupun minuman. Karena jumlah sampah tersebut, maka sampah plastik perlu dilakukan pengolahan agar dapat dimanfaatkan kembali menjadi benda lain. Salah satu pemanfaatan sampah plastik adalah dengan melakukan pencacahan plastik untuk dimanfaatkan kembali. Pada penelitian sebelumnya, telah dibangun sebuah mesin pencacah plastik *crusher* tipe gunting dengan kapasitas 50 kg/jam dengan mesin penggerak berupa mesin diesel. Mesin pencacah plastik tersebut perlu diuji kinerjanya untuk mengetahui kesesuaian hasil realisasi dengan perancangan awal. Kinerja mesin yang diuji dan dianalisa yaitu kapasitas mesin, tingkat kebisingan, efisiensi pencacahan, getaran mesin dan kualitas pencacahan. Hasil pengujian memperlihatkan kapasitas aktual mesin adalah 36,68 kg/jam, efisiensi hasil pencacahan 73,37%, tingkat kebisingan saat melakukan pencacahan adalah 80,6 dB, getaran yang dihasilkan saat melakukan pencacahn adalah 4,9 mm/s², dan rendemen hasil pencacahan 73,45%.

Kata kunci: pencacah, daur ulang, kinerja.

Abstract

Plastic waste production in 2015 reached 146 tons per year. This amount is the highest amount of waste compared to other solid waste sectors. The most plastic waste is packaging plastic waste which is often used to package food and beverages. Because of the amount of waste, plastic waste needs to be processed so that it can be reused into other objects. One of the uses of plastic waste is by carrying out plastic counting to be used again. In a previous study, a scissor-type plastic crusher machine was built with a capacity of 50 kg / hour with a diesel engine. The plastic chopper machine needs to be tested for performance to determine the suitability of the results of realization with the initial design. Engine performance tested and analyzed were engine capacity, noise level, crushing efficiency, and machine vibration and crushing quality. The test results show the actual capacity of the engine is 36.68 kg / hour; the efficiency of the crushing results is 73.37%, the noise level when carrying out the crushing is 80.6 dB, the vibration generated when carrying out the crushing is 4.9 mm / s², and the yield 73.45% crushing.

Key words: *crusher, recycle, performance*

PENDAHULUAN

Proses membungkus produk dengan maksud melindungi produk agar terjaga kualitasnya disebut sebagai mengemas [1]. Kemasan botol minuman yang sering dijumpai adalah plastik dengan jenis PET 1 (*polyethylene terephthalate*). Botol berbahan dasar PET baik digunakan untuk sekali pakai, jika digunakan lebih dari sekali dan digunakan untuk menyimpan air di atas suhu ruangan, maka lapisan polimer plastik akan meleleh dan mengeluarkan zat karsinogenik (zat penyebab

kanker) [2]. Disebutkan pula bahwa waktu penguraian botol plastik sekitar 450 tahun, karena kandungan ikatan kimia yang kompleks dan panjang. Untuk mengurangi jumlah limbah plastik, maka limbah plastik yang telah ada perlu diolah agar dapat digunakan kembali. Pencacahan plastik merupakan langkah awal agar sampah plastik dapat digunakan kembali.

Pada penelitian sebelumnya telah berhasil dirancang poros dan mata pisau yang dikhususkan untuk mencacah plastik PET [3], dilanjutkan dengan perancangan konstruksi yang menunjang [4]. Setelah kedua proses tersebut

berhasil, kemudian dilakukan realisasi mesin pencacah plastik tipe PET [5]. Spesifikasi mesin pencacah diperlihatkan pada tabel 1.

Tabel 1 Spesifikasi teknis mesin pencacah plastik [5]

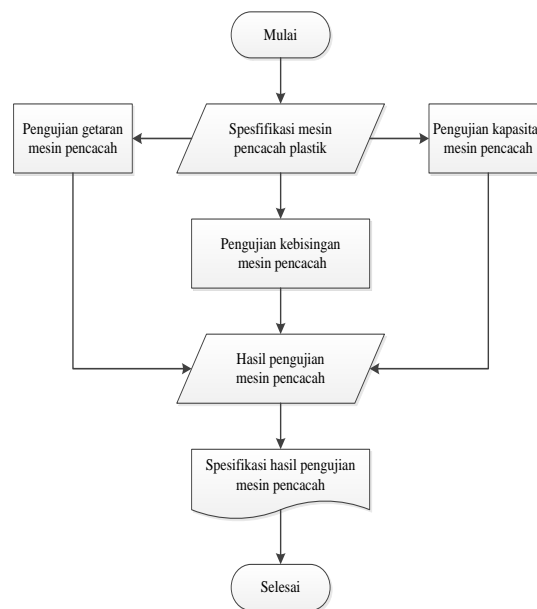
| | | |
|----------------------------|-------------------|--|
| Poros | Diameter | 30 mm |
| | Panjang | 450 mm |
| | Material | S30C (Baja karbon konstruksi mesin) $\tau_{yield} = 48 \text{ kg/mm}^2$ |
| Mata pisau | Dimensi | 180 mm x 50 mm x 10 mm |
| | Jumlah mata pisau | 5 buah (3 statik, 2 dinamik) |
| | Material | Baja perkakas JIS SKD 11 $\tau_y = 589,38 \text{ Mpa}$ |
| Dudukan mata pisau | Dimensi | 176 mm x 50 mm x 8 mm |
| | Jumlah | 3 buah |
| | Material | Baja perkakas JIS SKD 11 $\tau_y = 589,38 \text{ Mpa}$ |
| Iringan | Diameter luar | 200 mm |
| | Diameter dalam | 30 mm |
| | Tebal | 10 mm |
| | Jumlah piringan | 2 buah |
| | Material | Baja perkakas JIS SKD 11 $\tau_y = 589,38 \text{ Mpa}$ |
| Pasak | Jenis pasak | Pin |
| | Panjang | 90 mm |
| | Diameter pin | 10 mm |
| | Material | Baut baja karbon rendah ASTM A307 ($\tau_y = 60 \text{ MPa}$) |
| Hopper | Panjang | 335 mm |
| | Lebar | 260 mm |
| | Tinggi | 650 mm |
| Konstruksi | Tebal canal | 5 mm |
| | Panjang | 1000 mm |
| | Lebar | 340 mm |
| | Tinggi | 1500 mm |
| Kapasitas transmisi | Daya | 3,3 kW/4,5 HP |
| | Daya rencana | 6,27 kW |
| | Daya motor diesel | 5 HP |

Mesin pencacah tersebut dirancang dapat mencacah dengan kapasitas 50 kg/jam dengan

menggunakan mesin diesel sebagai mesin penggerak. Konstruksi mesin pencacah total ditambah dengan hooper adalah: panjang 1000 mm, lebar 340 mm, dan tinggi 1500 mm. Meskipun mesin telah terealisasi, namun belum dilakukan analisa kinerja mesin pencacah tersebut. Agar dapat diketahui kinerja aktual mesin pencacah dibandingkan dengan perancangan, maka pada penelitian ini dilakukan analisa kinerja mesin pencacah plastik sesuai dengan standar-standar yang telah ditentukan. Standar yang telah ditetapkan antara lain: nilai efisiensi mesin, rendemen pencacahan, tingkat getaran mesin, dan tingkat kebisingan; sedangkan kapasitas pencacahan hanya akan ditentukan nilainya saja.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode pengujian langsung, hasil penelitian kemudian dibandingkan dengan standar yang telah ada. Metode penelitian diuraikan dalam Gambar 1 diawali dengan mempelajari spesifikasi teknis mesin pencacah yang telah direalisasikan, dilanjutkan dengan menganalisa tiga kinerja mesin paling mendasar, yaitu kapasitas mesin pencacah, tingkat kebisingan mesin pencacah, dan getaran mesin pencacah.



Gambar 1 Metode Penelitian

Pengujian Kapasitas Mesin Pencacah

Pengujian kapasitas mesin pencacah diawali dengan mempersiapkan spesimen pencacahan, yaitu botol plastik minuman. Untuk menghasilkan cacahan yang maksimal, maka botol

plastik dipotong pada bagian ulir kemudian dilepas dari plastik pembungkusnya. Hasil pengolahan botol plastik diperlihatkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Botol yang telah dibersihkan

Jumlah spesimen yang terbatas pada saat pengujian, menghasilkan konversi spesimen sebagai berikut:

$$\frac{50 \text{ kg}}{3600 \text{ s}} \div \frac{25 \text{ kg}}{25 \text{ s}} = \frac{2 \text{ kg}}{144 \text{ s}} \dots\dots\dots (1)$$

Dari konversi diketahui untuk mencacah 2 kg spesimen, dibutuhkan waktu selama 144 detik.

Pengujian Getaran Mesin Pencacah

Getaran pada mesin ditentukan dengan menggunakan *vibration meter pen lutron pvb-820*. Pengujian getaran dilakukan pada tiga jenis keadaan, yaitu:

1. Getaran mesin diesel tanpa dihubungkan ke mesin pencacah.
2. Getaran mesin pencacah tanpa melakukan pencacahan.
3. Getaran mesin pencacah saat melakukan pencacahan.

Posisi *vibration meter pen lutron pvb-820* mengarah pada titik dengan getaran tertinggi yaitu *hopper* dan *frame*.

Pengujian Kebisingan Mesin Pencacah

Tingkat kebisingan mesin diuji mengikuti keadaan pada saat pengujian getaran mesin. Pegujian dilakukan dengan menggunakan *Sound Level Meter Digital Bluetooth UNI-T UT353BT* yang ditempatkan mengarah ke *hopper*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Kapasitas aktual hasil pencacahan adalah 10,19 g/s atau 36,68 kg/jam.
2. Efisiensi mesin pencacah ditentukan dengan mengikuti persamaan (1):

$$\eta = \frac{K_{ak}}{K_r} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

η merupakan efisiensi mesin pencacah

K_{ak} merupakan kapasitas aktual mesin pencacah

K_r merupakan kapasitas hasil perancangan

Dengan memasukkan nilai-nilai yang telah diketahui, diperoleh efisiensi mesin adalah 73,37%. Nilai efisiensi mesin sudah berada diatas nilai standar yang telah ditetapkan dalam SNI 7412:2008 bahwa nilai minimal efisiensi mesin pencacah adalah 70%.

1. Rendemen hasil pencacahan. Secara umum rendemen dapat diartikan sebagai jumlah sampah plastik hasil pencacahn dibandingkan dengan massa total sampah plastik. Persamaan (2) menjelaskan cara menghitung rendemen hasil pencacahan.

$$R = \frac{m_c}{m_t} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

R merupakan rendemen hasil pencacahan

m_c merupakan massa sampah plastik yang keluar dari mesin pencacah

m_t merupakan massa sampah plastik yang dicacah

Dari hasil pengujian, sampah plastik yang keluar dari mesin pencacah adalah 1465 g, sedangkan massa total yang digunakan dalam penelitian adalah 2000 g. Rendemen hasil pencacahan berdasarakan perhitungan adalah 73,45%. Menurut SNI 7412:2018, nilai minimal rendemen mesin pencacah adalah 80%, dari hasil ini terlihat bahwa nilai rendemen hasil pencacahan belum memenuhi standar yang telah ditetapkan. Hasil analisa memperlihatkan bahwa sampah plastik berhasil tercacah, namun tidak dapat keluar dari saringan yang dibuat karena jarak antar saringan yang terlalu jauh, terlihat pada Gambar 3. Agar plastik hasil cacahan dapat keluar dari mesin pencacah, maka

saringan perlu diperbaiki dengan mendekatkan jarak antara lubang pada saringan.



Gambar 3 Hasil cacahan yang tersangkut pada saringan

Hasil cacahan juga masih tersangkut di celah antara mata dudukan mata pisau dan pelindung mesin pencacah, diperlihatkan pada Gambar 4. Celah ideal antara dudukan mata pisau dan pelindung mesin pencacah adalah 10 mm, sedangkan pada mesin pencacah yang ada jaraknya adalah 30 mm. Melihat hasil ini, maka perlu diperbaiki posisi dudukan mata pisau dengan pelindung mesin pencacah agar plastik yang sudah tercacah tidak tersangkut pada celah ini.



Gambar 4 Dudukan mata pisau dan pelindung mesin pencacah

2. Tingkat getaran mesin. *Vibration meter* digunakan untuk mengukur getaran mesin. Dari pengujian, diperoleh rata-rata getaran mesin diesel adalah $30,9 \text{ mm/s}^2$, rata-rata getaran mesin saat tidak melakukan pencacahan adalah $4,2 \text{ mm/s}^2$, dan rata-rata getaran mesin saat melakukan pencacahan adalah $4,8 \text{ mm/s}^2$. Hasil pengujian dibandingkan dengan ISO 10816-1:1995(E) [6], yang diperlihatkan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2 Skala penilaian getaran mesin daya kurang dari 15 kW

| Skala Penilaian | Getaran Mesin mm/s^2 |
|--------------------|-------------------------------|
| <i>Good</i> | 0 – 0,71 |
| <i>Accpetable</i> | 0,72 – 1,81 |
| <i>Permissible</i> | 1,81 – 4,5 |
| <i>Dangerous</i> | >4,5 |

Berdasar skala penilaian tersebut, getaran mesin yang dihasilkan mesin pencacah saat mesin pencacah melakukan pencacahan nilainya lebih besar dari batas aman yang disarankan. Nilai getaran mesin melewati batas aman, sehingga mesin perlu dilakukan perawatan, antara lain penyesuaian konstruksi, dudukan mesin diesel, dan posisi *pulley* dengan *belt*, agar nilai getaran mesin kembali berada dalam skala baik (*good*).

3. Tingkat kebisingan merupakan suara yang dihasilkan mesin pencacah saat mesin beroperasi. Pengujian tingkat kebisingan menggunakan *sound level meter* dengan tipe UNI-T UT353BT, menghasilkan nilai kebisingan maksimum saat mencacah adalah 80,6 dB. Tingkat kebisingan ini masih berada di bawah tingkat kebisingan maksimum yang diperbolehkan yaitu 90 dB berdasarkan SNI 7580:2010, sehingga dapat disimpulkan bahwa kebisingan yang dihasilkan mesin masih dalam kondisi normal.
4. Kualitas cacahan, hasil cacahan plastik terbagi menjadi dua bagian yaitu tercacah dan tercabik. Perbedaannya adalah, plastik yang tercacah terpotong dengan baik berciri pinggirannya halus seperti tergunting. Sedangkan yang tercabik, pinggirannya hasil cacahan cenderung kasar. Hasil cacahan terlihat pada Gambar 5:



Gambar 5 Plastik hasil pencacahan

PENUTUP

Kapasitas aktual mesin pencacah adalah 36,68 kg/jam menghasilkan efisiensi mesin pencacahan sebesar 73,37%, nilai ini berada di atas standar minimal SNI yang ditetapkan yaitu 70%. Rendemen pencacahan nilainya adalah 73,45% berada di bawah standar SNI yaitu 80%. Nilai getaran mesin saat pencacahan adalah 4,9 mm/s², nilai ini berada di atas batas berbahaya standar ISO. Tingkat kebisingan mesin pencacah maksimum, nilainya adalah 80,6 d, nilainya masih berada di bawah SNI yaitu 90 dB.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Kotler dan G. Armstrong, Prinsip-Prinsip Pemasaran, Jakarta: Erlangga, 2012.
- [2] N. Kurniastuti, "Bahaya Sampah Plastik Terhadap Kesehatan dan Lingkungan," *Forum Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 6-14, 2003.
- [3] A. E. Latief, N. D. Anggraeni dan A. Sulaeman, "Perancangan Poros dan Mata Pisau Mesin Pencacah Plastik," dalam *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV*, Bandung, 2016.
- [4] A. E. Latief, N. D. Anggraeni dan D. J. Hermawan, "Perancangan Konstruksi Mesin Pencacah Plastik," dalam *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin XV*, Bandung, 2016.
- [5] I. Amal, "Realisasi Mesin Pencacah Plastik Kapasitas 50 kg/jam," Institut Teknologi Nasional, Bandung, 2016.
- [6] I. O. f. Standarization, *ISO 10816-1 Mechanical Vibration- Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-rotating Parts*, Geneva: ISO, 1995.

PENGARUH REDUKSI CANAI TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA KARBON RENDAH DENGAN SAMBUNGAN FLASH BUTT WELDING

Sunardi, Ipick Setiawan, Fransisco Situmeang

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Jl. Jendral Sudirman KM 03 Cilegon – Indonesia 42435

Email : sunardi@untirta.ac.id

ABSTRAK

Pembuatan pelat baja dapat dilakukan dengan metode canai panas dan dingin. Untuk memperoleh hasil yang optimal, maka rangkaian produksinya harus dilakukan secara kontinu pada cold rolling mill (CRM). CRM ini dilengkapi dengan *flash butt welding machine* yang berfungsi untuk menyambung antara satu pelat dengan pelat lainnya. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui perubahan sifat mekanis pada baja pelat yang mengalami reduksi selama proses canai. Metode yang digunakan dalam penelitian ini bersifat eksperimental yakni pengukuran pada daerah lasan, daerah pengaruh panas (HAZ) dan material induk. Reduksi canai yang digunakan adalah reduksi 0%, 69,78%, 71,56% dan 73,33%. Karakteristik material yang diamati adalah kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan luluh, elongasi dan laju korosinya. Dari penelitian ini diketahui bahwa reduksi canai 73,33% menghasilkan perubahan sifat mekanis yang paling baik. Nilai kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan luluh dan laju korosi berturut-turut adalah 82,26 HRB, 644 N/mm², 501 N/mm² dan 1,3844 mpy.

Kata kunci : canai dingin, reduksi tebal, sifat mekanis, laju korosi

ABSTRACT

Steel plate making can be produced by hot and cold rolling method. To obtain the optimal results, the production on the cold rolling mill (CRM) must be carried out continuously. This CRM is equipped with a flash butt welding machine to connect between one plate and another. The purpose of this research is to determine the effect of thickness reduction on mechanical properties of steel JIS 3141. The method used in this study is experimental, namely mechanical properties testing at weld area, heat affected zone (HAZ) and base material. The thickness reductions used in this research are 0%, 69,78%, 71,56% and 73,33%. The material characteristics observed were hardness, tensile strength, yield strength, elongation and corrosion rate. From this study it is known that the thickness reduction 73.33% resulted the best mechanical properties. The values of hardness, tensile strength, yield strength and corrosion rate were 82.26 HRB, 644 N / mm², 501 N / mm² and 1.3844 mpy, respectively.

Kata kunci : cold rolling, thickness reduction, mechanical properties, corrosion rate

PENDAHULUAN

Canai adalah proses penipisan atau pelenturan dengan memanfaatkan sifat plastis material. Proses ini bertujuan untuk memperoleh ketebalan pelat tertentu atau membentuk pelat dengan diameter kelengkungan yang diinginkan. Peralatan canai secara umum terdiri dari rumah dan dudukan canai, perangkat bantalan canai, dan alat pengatur. Canai dapat diklasifikasikan menjadi dua macam, yaitu canai utama (*work roll*) dan canai pendukung (*back up roll*). Canai utama adalah bagian yang langsung berinteraksi dengan benda kerja. Pengurangan ketebalan pelat sangat dipengaruhi oleh gaya gesek antara canai dengan material. Canai pendukung berfungsi untuk menahan kerja canai utama dan mendistribusikan gaya yang

diperlukan selama proses deformasi pada canai utama.

Reduksi ketebalan pelat semakin tinggi maka kekuatan dan kekerasan material mengalami peningkatan, tetapi berkebalikan terhadap keuletannya. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase reduksi maka performa balistik untuk amunisi meningkat secara signifikan^[1].

Peningkatan kekerasan, kekuatan luluh dan kekuatan tarik seiring dengan peningkatan deformasi dingin. Canai dingin 30% yang diikuti dengan *solution treatment* menghasilkan kombinasi antara keuletan dan kekuatan yang sangat baik. Pemberian *solution treatment* pada suhu 1020°C selama 30 menit menyebabkan terjadinya pembentukan butir austenite yang hampir seragam^[2].

Kombinasi antara pengerjaan dingin dan *sandblasting* pada baja stainless steel 316L mampu meningkatkan perilaku mekanis material, akan tetapi proses *sandblasting* justru menurunkan ketahanan korosinya dan permukaan yang dihasilkan lebih kasar^[3]. Proses tempa (*forging*) yang diberikan pada material baja stainless 316L akan mempengaruhi perubahan sifat mekanisnya. Semakin tipis material hasil tempa semakin tinggi kekerasan dan kekuatan tariknya^[4].

Pengelasan adalah proses penyambungan beberapa logam menjadi satu akibat panas dengan atau tanpa pengaruh tekanan. *Flash butt welding* (FBW) merupakan metode pengelasan yang dilakukan dengan menggabungkan antara loncatan elektron dengan tekanan, di mana benda kerja yang dilas dipanasi dengan energi loncatan elektron kemudian ditekan sehingga bahan yang dilas dapat menyatu dengan baik.

FBW sangat cocok digunakan pada industri logam yang memproduksi pelat baja berbentuk lembaran. Penyambungan gulungan pelat baja yang satu dengan gulungan berikutnya dilakukan untuk menjamin kelangsungan proses produksi secara kontinu. Persoalan yang sering terjadi pada FBW adalah sering putus sambungan pelat di sekitar pengelasan pada saat dilakukan reduksi ketebalan di *tendem coll mill* (TCM) maupun *continous pickling line* (CPL). Hal ini tentu merugikan karena dapat menyebabkan terhentinya proses produksi maupun rusaknya peralatan.

Transformasi fasa menyebabkan terjadinya tegangan sisa di permukaan hasil FBW^[5]. Parameter dalam proses FBW memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap sifat mekanisnya. Beberapa parameter proses itu antara lain: mode nyala, panjang nyala, arus nyala, mode hambatan dan panjang hambatan yang digunakan. Dari riset ini diketahui bahwa dengan mengatur parameter pengelasan maka akan diperoleh kualitas pengelasan yang diinginkan^[6].

Parameter pengelasan FBW pada 5V, 2s flash point menghasilkan kombinasi material yang memiliki kekuatan dan keuletan yang paling baik^[7]. Hal yang sama juga dilakukan oleh Nwachukwu yang melakukan penelitian tentang pengaruh parameter proses canai seperti suhu canai akhir, persentase deformasi total dan laju regangan canai terhadap baja St60Mn canai panas. Diketahui bahwa laju regangan canai dari $6,02851s^{-1}$ – $6,10388s^{-1}$, deformasi total 99% dan suhu canai akhir 9580C mampu meningkatkan sifat mekanik baja St60Mn^[8].

Pada reduksi canai 35% terjadi pembentukan dan pertumbuhan lamella kembar dan ϵ -martensit secara bersamaan sehingga menghasilkan kombinasi yang baik antara kekuatan dan keuletan serta laju pengerasan yang tinggi^[9].

Kekerasan meningkat seiring dengan peningkatan rasio reduksi canai dingin. Pada pengukuran skala nano menunjukkan bahwa modulus elastisitas meningkat seiring dengan peningkatan rasio reduksi^[10].

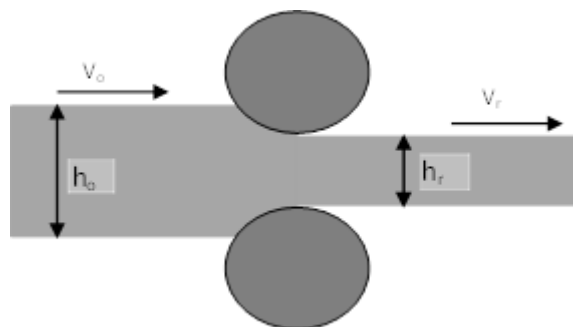
METODE PENELITIAN

Setting Mesin

Canai dimaksudkan untuk menipiskan baja strip yang sudah dibersihkan di continuous pickling line (CPL) ketebalan yang diinginkan. Ketebalan baja strip minimum yang dapat dicapai yaitu 0,18 mm. Peralatan ini dikontrol melalui komputer dengan kecepatan canai maksimum 1.980 m/menit dan dapat menipiskan baja lembaran maksimum sampai 92%.

Pengerolan di CTCM menggunakan sistem 4 tingkat, dimana lembaran yang tipis dapat dicanai menjadi tipis lagi. Untuk memperoleh hasil yang optimal, canai disusun secara seri sebanyak lima kali tahapan (stand). Setiap tahapan memiliki reduksi yang berbeda-beda sehingga baja strip bergerak dengan kecepatan yang berbeda.

Pada masing-masing tahapan memiliki 4 buah rol yang terdiri dari dua rol utama dan dua rol pendukung, dengan pengecualian pada rol pertama dan kelima dapat dimodifikasi menjadi 6 buah rol pada masing-masing unitnya. Penambahan 2 rol ini dimaksudkan untuk menghasilkan lembaran yang lebih tipis dan permukaannya lebih halus.



Gambar 1 Skema proses canai

Kodefikasi Sampel Uji

Spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah baja karbon rendah Standar Nippon Steel Corporation JIS 3141. Ketebalan baja strip awalnya 2,25 mm kemudian dicanai menjadi 0,68, 0,64 dan 0,60 mm. Untuk memudahkan dalam pembahasan maka diberikan kodefikasi sampel sebagai berikut:

1. Sampel yang tidak mengalami penurunan ketebalan diberikan kode R00.

2. Pengurangan tebal pelat dinyatakan dengan persamaan.

$$R_{xx} = \frac{h_1 - h_0}{h_1} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

$$R_{00} = \frac{2,25 - 0,00}{2,25} \times 100\% = 100,0\%$$

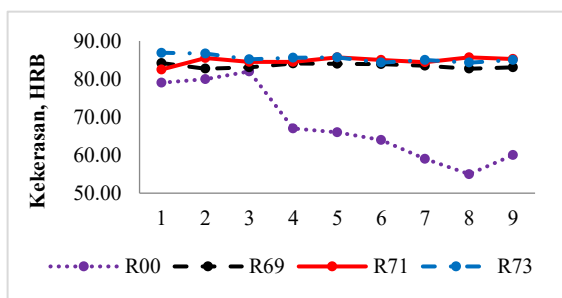
$$R_{69} = \frac{2,25 - 0,68}{2,25} \times 100\% = 69,78\%$$

$$R_{71} = \frac{2,25 - 0,64}{2,25} \times 100\% = 71,56\%$$

$$R_{73} = \frac{2,25 - 0,60}{2,25} \times 100\% = 73,33\%$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan pengamatan, pengukuran dan pengujian masing-masing sampel, baik pada sampel pengelasan sebelum dan sesudah pengerolan pada beberapa. Beberapa hal yang akan dilakukan adalah pembahasan kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan dan ketahanan terhadap korosi.



Gambar 2 Distribusi kekerasan daerah lasan

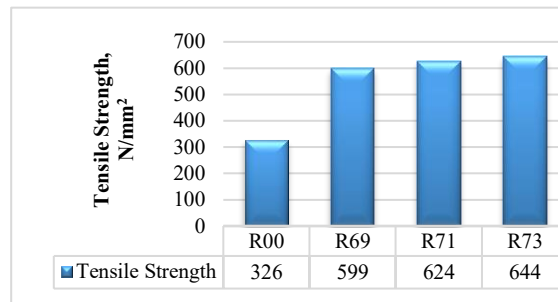
Pengujian kekerasan dilakukan pada spesimen sebelum dan sesudah reduksi ketebalan. Jika diperhatikan maka sampel yang tidak mengalami proses canai memiliki variasi kekerasan yang sangat mencolok antara material induk dengan daerah HAZ dan daerah lasan.

Sedangkan pada baja strip yang mengalami reduksi ketebalan memiliki distribusi kekerasan yang relatif sama di ketiga daerah lokasi uji. Hal ini menjadi indikasi bahwa reduksi ketebalan mampu meningkatkan kekerasan secara merata. Peningkatan kekerasan ini disebabkan adanya penghalusan butir setelah mengalami proses canai.

Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi reduksi ketebalan pelat maka kekerasan material semakin meningkat. Peningkatan ini disebabkan semakin terbatasnya gerak dislokasi. Kehadiran martensit yang dipicu oleh laju regangan juga berkontribusi terhadap peningkatan kekerasan ini.

Pengujian Kekuatan Tarik

Pengujian tarik dimaksudkan untuk mengetahui daerah elastis dan plastis dari suatu material. Beberapa informasi yang diperoleh dalam pengujian tarik ini adalah kekuatan tarik, kuat luluh, dan keuletannya.

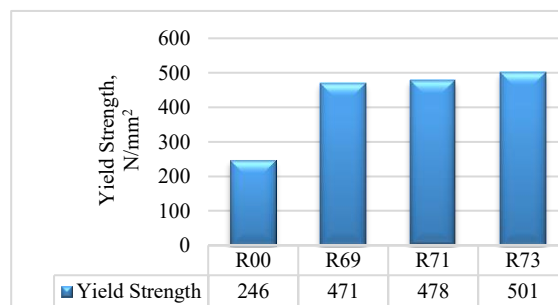


Gambar 3 Korelasi antara persentase reduksi dan kekuatan tarik

Dari Gambar 3 diketahui bahwa semakin tinggi reduksi ketebalan pelat maka kekuatan tarik baja pelat juga mengalami peningkatan. Peningkatan kekuatan tariknya dapat mencapai 97,55% dari material tanpa perlakuan canai. Peningkatan kekuatan ini sebanding dengan kekerasannya.

Pengujian Kekuatan Luluh

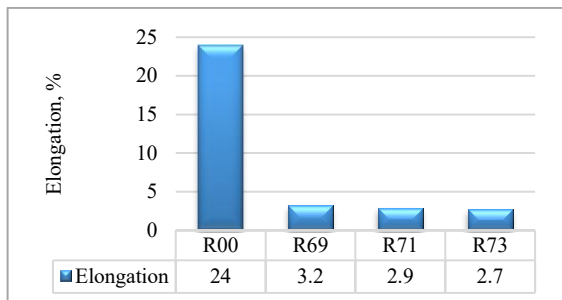
Peningkatan kekuatan luluh material dialami oleh material yang memperoleh perlakuan canai. Peningkatan ini mencapai 103,66% dari 246 N/mm2 menjadi 501 N/mm2 pada reduksi ketebalan sebesar 73,33%.



Gambar 4 Korelasi antara reduksi ketebalan dan kekuatan luluh

Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa peningkatan kekuatan tarik ini sebanding dengan kekuatan luluhnya.

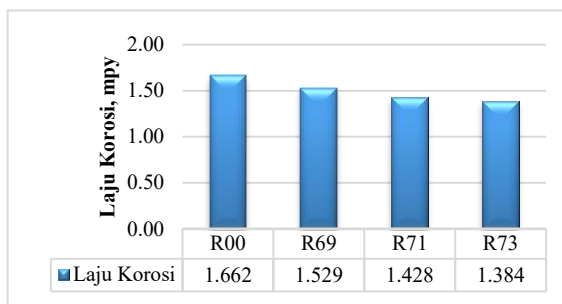
Pengujian Keuletan



Gambar 5 Korelasi antara reduksi ketebalan dan keuletan

Pengujian Laju Korosi

Pengujian korosi dilakukan untuk mengetahui nilai laju korosi pada tiap-tiap material. Metode yang dilakukan adalah dengan menggunakan sel tiga elektroda yang menggunakan media cairan 3%NaCl. Hasil pengujian korosi dinyatakan dengan satuan mpy dan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Korelasi antara reduksi ketebalan dan laju korosi

Ketahanan korosi meningkat seiring dengan semakin besarnya reduksi ketebalan material, meskipun peningkatan tersebut hanya 16,73%. Penurunan laju korosi ini disebabkan oleh semakin tingginya kekerasan material tersebut. Seperti yang sudah dibahas sebelumnya bahwa reduksi ketebalan ini akan menghambat gerak dislokasi. Kondisi inilah yang menyebabkan laju korosi semakin menurun.

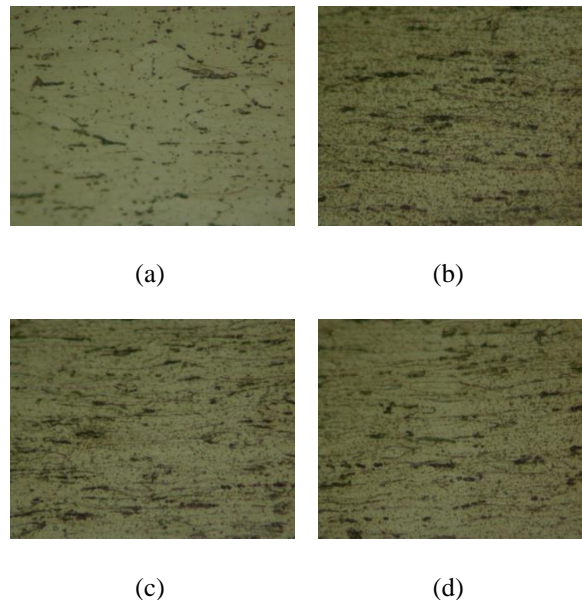
Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui seberapa besar perubahan fasa yang dialami oleh material selama proses canai. Di samping itu, struktur mikro akan sangat membantu untuk menganalisis perubahan sifat mekanisnya.

Material Induk

Dari Gambar 7 menunjukkan bahwa tidak terjadi perubahan struktur mikro. Fasa yang

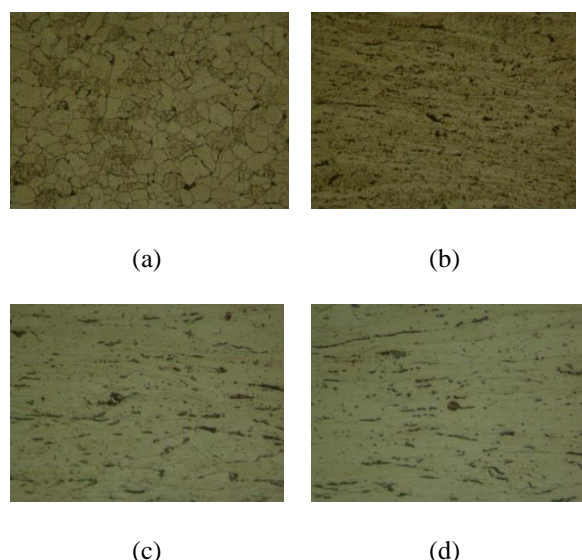
terbentuk berupa fase ferrite (terang) dan perlit (gelap). Yang terjadi adalah butiran menjadi lebih pipih karena faktor canai. Semakin pipihnya butiran menyebabkan meningkatnya kekuatan material tetapi menurunkan keuletannya.



Gambar 7 Struktur mikro material induk (a) R00%, (b) 69%, (c) 71% dan (d) 73%

Daerah HAZ

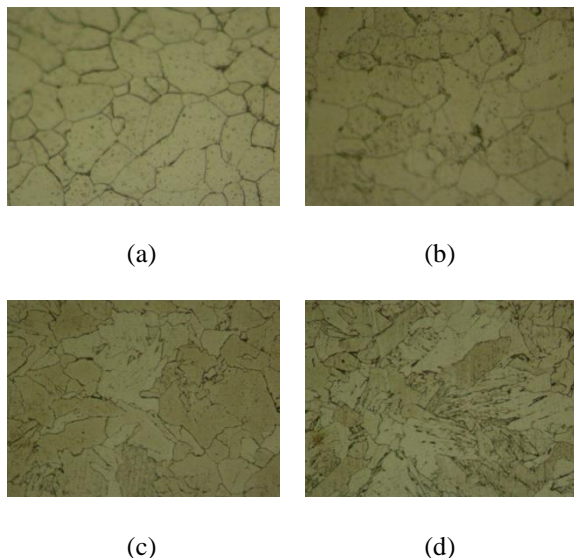
Di daerah HAZ didominasi oleh ferrit dan perlit. Pada sampel setelah mengalami pengerolan memiliki fenomena yang sama dengan material induknya yakni semakin pipihnya butiran karena proses canai.



Gambar 8 Struktur mikro pada heat affected zone (a) R00%, (b) 69%, (c) 71% dan (d) 73%

Daerah Lasan

Daerah lasan adalah bagian yang mencair saat proses pengelasan. Bagian ini juga memperoleh bagian panas yang sangat tinggi. Struktur yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh jumlah panas dan laju pendinginannya. Bentuk struktur mikro yang lebih besar ini yang menyebabkan material memiliki keuletan yang sangat tinggi baik pada material induk, HAZ maupun daerah lasan.



Gambar 9 Struktur mikro daerah lasan (a) R00%, (b) 69%, (c) 71% dan (d) 73%

KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin tinggi reduksi ketebalan maka semakin tinggi kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan luluh, dan ketahanan korosinya, tetapi keuletan material menjadi rendah.
2. Sifat mekanis dan laju korosi yang paling baik terjadi pada sampel yang mengalami reduksi sebesar 73,33% dengan nilai kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan luluh, elongasi dan laju korosi masing-masing sebesar 82,26 HRB, kekuatan tarik 644 N/mm², kekuatan luluh 501 N/mm², 2,7% dan 1,384 mpy.
3. Struktur yang terbentuk selama proses canai adalah ferrite dan perlite.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. B. Singh, K. S. Kumar, V. Madhu, and R. A. Kumar, "Effect of Hot Rolling on Mechanical Properties and Ballistic Performance of High Nitrogen Steel," in *Procedia Engineering*, 2017, vol. 173, pp. 926–933.
- [2] S. K. Ghosh, D. Mahata, R. Roychaudhuri, and R. Mondal, "Effect of rolling deformation and solution treatment on microstructure and mechanical properties of a cast duplex stainless steel," *Bull. Mater. Sci.*, vol. 35, no. 5, pp. 839–846, Oct. 2012.
- [3] Suyitno, B. Arifvianto, T. D. Widodo, M. Mahardika, P. Dewo, and U. A. Salim, "Effect of cold working and sandblasting on the microhardness, tensile strength and corrosion resistance of AISI 316L stainless steel," *Int. J. Miner. Metall. Mater.*, vol. 19, no. 12, pp. 1093–1099, Dec. 2012.
- [4] Sunardi, R. Lusiani, and A. S. Irawan, "Karakteristik Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Material Hasil Proses Forging," *J. Manutech*, vol. 4, no. 1, pp. 12–17, 2012.
- [5] C. A. I. Zhipeng, N. Masashi, M. A. Ninshu, Q. U. Yuebo, and C. A. O. Bin, "Residual Stresses in Flash Butt Welded Rail †," vol. 40, no. 1, pp. 79–87, 2011.
- [6] D. C. Kim, W. J. So, and M. J. Kang, "Effect of flash butt welding parameters on weld quality of mooring chain," vol. 38, no. 2, pp. 112–117, 2009.
- [7] R. R. Baracaldo, M. C. Santos, M. Arturo, and A. Echeverría, "Effect of flash butt welding parameters on mechanical properties of wheel rims," vol. 23, no. 01, pp. 51–57, 2018.
- [8] P. U. Nwachukwu and O. O. Oluwole, "Effects of rolling process parameters on the mechanical properties of hot-rolled St60Mn steel," *Case Stud. Constr. Mater.*, vol. 6, pp. 134–146, Jun. 2017.
- [9] Y. Dong *et al.*, "The Influence of Warm Rolling Reduction on Microstructure Evolution, Tensile Deformation Mechanism and Mechanical Properties of an Fe-30Mn-4Si-2Al TRIP/TWIP Steel," *Metals (Basel)*, vol. 8, no. 10, p. 742, Sep. 2018.
- [10] S. Ağca and G. Çankaya, "Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies The Effect of Cold Rolling on Mechanical Properties of Zircaloy-4 †," pp. 29–35, 2017.

PENGARUH VARIASI DIAMETER PIPA *INPUT* DAN PIPA *OUTPUT* TERHADAP KINERJA POMPA HIDRAM

Budi Santoso W¹, Yudi Setiawan², Loli Tasman³

^{1,2}Staff Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

³Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

budi.santoso.wibowo.46@Gmail.co.id

Abstrak

Provinsi Bangka Belitung merupakan salah satu provinsi yang memiliki potensi lahan pertanian yang sangat luas, dengan potensi sumber daya air melimpah disuatu daerah seringkali berlawanan dengan kondisi yang ada dimana sebagian wilayah masih terjadi kekurangan air. Seringkali adanya sumber air berada di bawah lokasi pemukiman ataupun lahan pertanian, sehingga kesulitan dalam memanfaatkannya. Penggunaan pompa listrik/diesel mempunyai konsekuensi biaya yang tidak sedikit, seperti yang dilakukan beberapa petani dengan menggunakan pompa diesel untuk mengairi ladang pertaniannya dari sungai yang ada di dekat lokasi. Salah satu teknologi yang sederhana dan murah untuk dimanfaatkan adalah dengan pemanfaatan pompa hidram. Metodologi dalam penelitian ini adalah penggerak pompa hidram berasal dari hantaman air yang masuk kedalam pompa melalui pipa yang bergantung kepada debit aliran yang masuk kedalam pompa. Penelitian ini membahas tentang kinerja pompa hidram pada variasi diameter pipa *Input* dan pipa *Output*. Hasil dari penelitian bahwa efisiensi terbesar pompa hidram untuk debit 8 LPM adalah pada variasi diameter pipa *Input* 1 inchi dan pipa *Output* 1½ inchi yaitu 9,5%, sedangkan efisiensi terendah pada variasi diameter pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1½ inchi yaitu 6,2%. Dari hasil penelitian yang didapatkan bahwa semakin besardiameter pipa *Input* dan semakin kecil diameter pipa *Output* maka efisiensi yang dihasilkan pada pompa hidram semakin besar.

Kata Kunci: Pompa Hidram, Variasi diameter pipa *Input* dan *Output*, Efisiensi

Abstract

Bangka Belitung Province is one of the provinces that have a vast potential of agricultural land, with the potential for abundant water resources in an area that is often in contradiction with the conditions in which some regions still lack water. Often the source of water is under the location of settlements or agricultural land, so it is difficult to use it. The use of electric/diesel pumps has significant cost consequences, as some farmers do use diesel pumps to irrigate their farm fields from rivers that are nearby. One technology that is simple and inexpensive to use is the use of a hydram pump. The methodology in this study is that the hydram pump drive is derived from the impact of water entering the pump through a pipe that depends on the flow of flow entering the pump. This study discusses the performance of hydram pumps on variations in the diameter of the Input pipe and Output pipe. The results of the study that the greatest efficiency of hydram pump for discharge of 8 liters/minute is in the variation of the diameter of the Input pipe 1 inch and the Output pipe 1½ inches is 9.5%, while the lowest efficiency in the variation of the Input pipe diameter is 1½ inches and the Output pipe 1½ inches is 6, 2%. The results of the study found that the larger the diameter of the Input pipe and the smaller the diameter of the Output pipe, the greater the efficiency produced at the hydram pump.

Keywords: Hydram Pump, Input and Output pipe diameter, Efficiency

PENDAHULUAN

Mietra Anggara dkk, [1] peneliti ini dilakukan tentang pengaruh variasi panjang pipa masuk (Drive Pipe) dan beban katup buang (Waste Valve) terhadap efisiensi pompa hidram. Dari penelitian ini untuk mengetahui efisiensi unjuk kerja

pompa hidram dengan variasi panjang pipa masuk dan beban katup buang. Metode penelitian melalui perancangan instalasi pompa hidram dengan pengamatan pengaruh panjang pipa masuk (3 meter, 6 meter, 8 meter), dan pengamatan pengaruh beban katup buang (450 kg, 830 kg, 1220 kg) terhadap debit pompa hidram. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi tertinggi pompa hidram adalah

36,19% efisiensi D'Aubuisson pada berat beban 450 gram dan panjang pipa masuk 4 meter. Faktor panjang pipa masuk dan berat beban sangat berpengaruh terhadap debit pemompaan, debit buang, dan efisiensi pompa hidram.

Shodiqin [2], dalam penelitiannya yang berjudul pengaruh variasi tabung tekan terhadap efisiensi pada pompa hidram menggunakan pompa hidram dengan tinggi permukaan reservoir tetap 3 m, panjang pipa inlet 4 m dengan diameter 0,0635 m (2,5 inci), badan pompa berdiameter 1,5 inci, dan pipa penghantar berdiameter 0,5 inci dan tinggi 6 m. Dengan variasi volume tabung tekan dengan volume 4866,35 cm³, 5677,41 cm³, dan 6488,47 cm³. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi volume tabung tekan berpengaruh terhadap debit dan efisiensi pompa. Pada variasi volume tabung tekan 4866,35 cm³ menghasilkan debit 0,0355 liter/detik dan efisiensi pompa hidram 10,625 %, pada variasi volume tabung tekan 5677,41 cm³ menghasilkan debit 0,068 liter/detik dan efisiensi pompa 24,64 %, dan pada variasi volume tabung tekan 6488,47 cm³ menghasilkan debit 0,072 liter/detik dan efisiensi pompa 28,32 %.

Aji Ageng Yuwono [3] Penelitian ini dilakukan tentang Pengaruh variasi diameter pipa inlet terhadap debit dan head pada pompa hidram. Dari penelitian pompa hidram pada pipa inlet diameter 1.5 inci didapatkan debit dan efisiensi terbesar adalah 0,064 liter/detik dan 33,84% pada head 4 meter, sedangkan debit dan efisiensi terkecil adalah 0,018 liter/detik dan 9,69% pada head 8 meter. Pada pipa inlet diameter 2 inci didapatkan debit dan efisiensi terbesar adalah 0.073 liter/detik dan 35,47% pada head 4 meter, sedangkan debit dan efisiensi terkecil adalah 0,022 liter/detik dan 11,49% pada head 8 meter. Pada pipa inlet diameter 2.5 inci didapatkan debit dan efisiensi terbesar adalah 0.082 liter/detik dan 37,88% pada head 4 meter, sedangkan debit dan efisiensi terkecil adalah 0,029 liter/detik dan 13,98% pada head 8 meter.

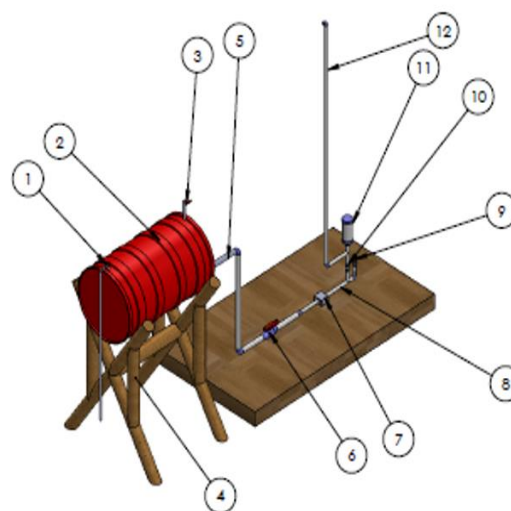
Sulthoni, Mohammad, [4] penelitian ini dilakukan tentang pengaruh diameter pipa inlet terhadap pemompaan pompa hidram. Dalam pengujian ini menggunakan variasi diameter 1 inci, 1,5 inci, 2 inci dan panjang pipa inlet 3 meter. Pipa penghantar yang digunakan yang digunakan berdiameter 0,75 inci panjang 6 meter dan tabung udara dengan volume 4.000 ml. Pada pengujian dengan diameter dengan diameter 2 inci didapatkan hasil paling besar yaitu 0,38 liter/detik. Pada percobaan pompa hidram ini dapat dapat disimpulkan bahwa variasi diameter berbanding lurus dengan debit pompa yang dihasilkan.

Hasan, M. Thaib. Dkk. [5] penelitian ini dilakukan tentang pengaruh panjang pipa inlet terhadap debit pompa hidram. Dalam pengujian ini menggunakan variasi panjang pipa inlet 3 meter, 4

meter, 5 meter dan diameter pipa inlet 3 inci. Pipa penghantar yang digunakan berdiameter 0,5 inci panjang 5 meter. Pada pengujian dengan panjang pipa inlet 5 meter didapatkan hasil paling besar yaitu 0,2583 liter/detik. Pada percobaan pompa hidram ini dapat disimpulkan bahwa semakin panjang pipa inlet maka semakin besar debit pompa yang dihasilkan.

Dari latar belakang penelitian di atas penelitian ini berfokus pada pompa hidram dengan variasi diameter pipa Input 1 inci dan pipa Output 1½ inci dengan ketinggian pipa Output 2 meter dengan tujuan untuk mengetahui kinerja dan efisiensi pompa hidram.

METODE PENELITIAN



| | |
|-----------------|-------------------------|
| 1. Valve I | 2. Tangki air |
| 3. Valve II | 4. Rangka |
| 5. Pipa Head | 6. kran pengatur debit |
| 7. flow meter | 8. pipa <i>Input</i> |
| 9. valve primer | 10. Valve skunder |
| 11. Air chamber | 12. 7Pipa <i>Output</i> |

Gambar 1 Rancangan Alat Penelitian

Pengambilan data dilakukan dengan cara observasi hasil dari alat yang dibuat. pengambilan dilakukann dengan variasi pipa *Input* berdiameter 1 inci dan 1½ inci dengan variasi pipa *Output* berdiameter 1 inci dan 1½ inci dan ketinggian pipa *Output* dibuat konstan (h): 2 meter serta laju aliran air pada pipa *Input* divariasikan dengan debit laju aliran 8 LPM dan 7 LPM. Pengambilan data pada penelitian ini adalah data debit air pada pipa *Output*. dengan menggunakan gelas ukur namun penelitian ini tidak menghitung tekanan air pada *input* dan *output* pompa hidram.

Proses Kerja Pompa Hidram

Proses kerja pompa hidram pada penelitian ini antara lain sebagai berikut: Air diisi ke dalam tabung melewati stop kran pada pipa *Input* tabung dengan kapasitas 200 liter kemudian stop kran dibuka full supaya air mengalir ke pompa hidram. Air mengalir melalui pipa *Input* pompa hidram ke dalam pompa hidram menuju katup pembuangan air. Aliran air dengan kecepatan tinggi menuju katup pembuangan sehingga membuat katup buang tertutup dikarenakan katub buang terdapat pemberat menyebabkan pemberat tersebut melawan tekanan air, sehingga sebagian air keluar melalui katub buang dan sebagian air berubah arah membuat tekanan aliran air tinggi

Pada saat aliran air berubah arah dan tekanan air pada *Input* juga bertekanan tinggi sehingga pada saat yang bersamaan tekanan air *Input* pipa masuk dan tekanan air pada katup buang bertabrakan dan menyebabkan katup penghantar terbuka sehingga aliran air masuk melalui katup penghantar. Katup penghantar tertutup sehingga aliran air tidak bisa kembali lagi dan satu - satunya jalan untuk air keluar dari pipa *Output* sehingga aliran air keluar melalui pipa *Output*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

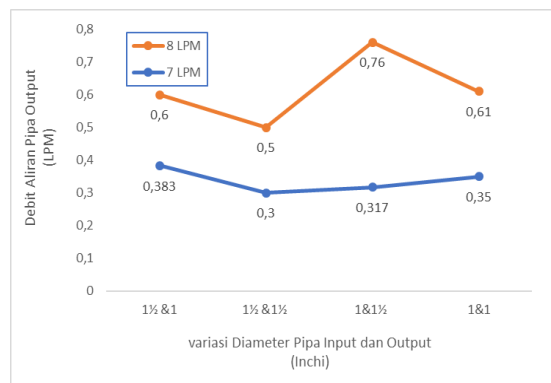
Dari penelitian dengan debit aliran masuk dari pompa hidram 8 LPM dan 7 LPM dan dengan memvariasikan diameter pipa *Input* dan *Output* pada pompa hidram diperoleh hasil pada tabel berikut:

Tabel 1 Data Penelitian Pada Debit Input 8 LPM.

| pipa Input/Pipa Output | Debit Input (LPM) | Debit Output (LPM) |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| 1½ & 1 | 8 | 0,6 |
| 1½ & 1½ | 8 | 0,5 |
| 1 & 1½ | 8 | 0,76 |
| 1 & 1 | 8 | 0,61 |

Tabel 2 Data Penelitian Pada Debit Input 7 LPM.

| pipa Input/Pipa Output | Debit Input (LPM) | Debit Output (LPM) |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| 1½ & 1 | 7 | 0,383 |
| 1½ & 1½ | 7 | 0,3 |
| 1 & 1½ | 7 | 0,317 |
| 1 & 1 | 7 | 0,35 |



Gambar 2 Grafik Hubungan Variasi Diameter Pipa Dan Debit Output Pompa Hidram

Pada grafik di atas menunjukkan bahwa rata-rata air yang keluar dari pipa *Output* pada pompa hidram dengan variasi pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1 inchi dengan ketinggian pipa 2 meter dan debit *Input* 8 LPM debit *Output* air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,6 LPM. Sedangkan debit *Input* 7 LPM debit *Output* air yang yang dihasilkan yaitu 0,383 LPM.

Pada variasi pipa *Input* 1½ dan pipa *Output* 1½ dengan ketinggian pipa 2 meter dan debit air 8 LPM maka air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,5 LPM. Sedangkan debit *Input* 7 LPM air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,3 LPM.

Pada variasi pipa *Input* 1 inchi dan pipa *Output* 1½ inchi dengan ketinggian pipa 2 meter dan debit *Input* 8 LPM maka air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,763 LPM. Sedangkan debit *Input* 7 LPM air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,317 LPM.

Pada variasi pipa *Input* 1 inchi dan pipa *Output* 1 inchi dengan ketinggian pipa 2 meter dan debit *Input* 8 LPM maka air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,617 LPM. Sedangkan debit *Input* 7 LPM air yang dihasilkan dari pipa *Output* yaitu 0,35 LPM. Pada grafik perbandingan di atas semakin besar diameter pipa *Input* dan semakin kecil diameter pipa *Output* maka debit *Output* air yang dihasilkan pompa hidram akan semakin besar

Efisiensi Pompa Hidram

Perhitungan efisiensi rata - rata dari pompa hidram dapat dihitung dengan menggunakan rumus di bawah ini :

Rumus :

$$\eta = \frac{Output}{Input} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

- η = Efisiensi pompa hidram
- Output* = Debit air yang keluar (LPM)

Input = Debit air yang masuk (LPM)

Tabel 3 Efisiensi Kinerja Pompa Hidram.

| No | Debit <i>Input</i> (LPM) | Variasi Pipa <i>Input</i> dan pipa <i>Output</i> | Efisiensi pompa hidram (%) |
|----|--------------------------|--|----------------------------|
| 1. | 8 | 1½ inchi dan 1 inchi | 7,5 % |
| | | 1½ inchi dan 1½ inchi | 6,2 % |
| | | 1 inchi dan 1½ inchi | 9,5 % |
| | | 1 inchi dan 1 inchi | 7,7 % |
| 2. | 7 | 1½ inchi dan 1 inchi | 5,4 % |
| | | 1½ inchi dan 1½ inchi | 4,2 % |
| | | 1 inchi dan 1½ inchi | 4,5 % |
| | | 1 inchi dan 1 inchi | 5 % |

Nilai efisiensi tertinggi untuk debit *Input* 8 LPM dengan variasi diameter pipa *Input* 1 inchi dan pipa *Output* 1½ inchi yaitu 9,5 %, sedangkan untuk debit *Input* 7 LPM efisiensi tertingginya dengan variasi diameter pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1 inchi yaitu 5,4 % dan efisiensi terendah pada pompa hidram yaitu pada debit *Input* 8 LPM dengan variasi diameter pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1½ inchi yaitu 6,2 %, sedangkan untuk debit *Input* 7 LPM efisiensi terendah dengan variasi diameter pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1½ inchi 4,2 %.

KESIMPULAN

Debit aliran pada pipa *Output* yang dihasilkan pompa hidram pada ketinggian pipa 2 m

terbesar yaitu 0,763 LPM dengan variasi diameter pipa *Input* 1 inchi dan pipa *Output* 1½ inchi dengan debit *Input* 8 LPM. sedangkan debit aliran *Output* terendah yaitu 0,3 LPM pada variasi diameter pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1½ inchi dengan debit *Input* 7 LPM.

Efisiensi pompa hidram terbesar adalah pada variasi diameter pipa *Input* 1 inchi dan pipa *Output* 1½ inchi dengan debit *Input* 8 LPM yaitu 9,5 %, sedangkan untuk efisiensi terendah terjadi pada debit *Input* 7 LPM pada variasi diameter pipa *Input* 1½ inchi dan pipa *Output* 1½ inchi yaitu 4,2 %.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mietra Anggara, dkk.2013. Pengaruh Variasi Panjang Pipa Masuk (Drive Pipe) dan Beban Katup Buang (Waste Valve) Terhadap Efisiensi Pompa Hidram. Volume 5. No 2
- [2] Shodiqin. 2015. *Variasi Volume Tabung Tekan*: Terhadap Kinerja Pompa Hidram. Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Surakarta
- [3] Ageng Yuwono, Aji (2015) Pengaruh Variasi Diameter Pipa Inlet Terhadap Debit Dan Head Pada Pompa Hidram. Diploma Thesis, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- [4] Sulthoni, M. (2011). Pengaruh Diameter Pipa Inlet Terhadap Debit Pemompaan Pompa Hidram. Jurnal Semantic Scholar
- [5] Hasan, M. Thaib. Dkk. 2014. Pengaruh Panjang Pipa Keluaran Terhadap Kinerja Pompa Hidraulic Ram Pump (Hydram). Jurnal Ilmiah Jurutera Volume 01 No. 02 (11.2014) 001-005

DESAIN DAN ANALISIS KEKUATAN RANGKA LEMARI PERKAKAS DI BALAI LAPAN GARUT MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Lasinta Ari Nendra Wibawa¹

¹ Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Garut, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)

Jln. Cilauteureun, Cikelet, Garut, Indonesia

Email penulis¹: lasinta.ari@lapan.go.id

Abstrak

Penelitian ini mengkaji tentang perancangan dan analisis kekuatan rangka lemari perkakas menggunakan metode elemen hingga. Lemari perkakas didesain lima tingkat dengan ukuran 800 mm (panjang), 400 mm (lebar), dan 1750 mm (tinggi). Analisis dilakukan menggunakan software Autodesk Inventor Professional 2017. Material rangka yang digunakan adalah Aluminium paduan 3003-H12 dengan standar DIN EN 10056-1 (Equal angles) dengan ukuran 25 x 25 x 3 mm. Variabel beban tiap tingkat lemari perkakas yaitu 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg. Hasil simulasi menunjukkan untuk beban lemari perkakas tiap tingkat dengan berat 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg memiliki faktor keamanan berturut-turut yaitu 2,49, 2,24, 2,04, dan 1,87.

Kata kunci: lemari perkakas, aluminium paduan 3003-H2, metode elemen hingga, autodesk inventor 2017

Abstract

This study examined the design and strength analysis of tool cabinet frame using the finite element method. Tool cabinet was designed five levels with sizes of 800 mm (length), 400 mm (width), and 1750 mm (height). The analysis was carried out using Autodesk Inventor Professional 2017 software. The frame material used was Aluminum alloy 3003-H12 with DIN EN 10056-1 (Equal angles) standards with a size of 25 x 25 x 3 mm. Load variables for each tool cabinet level were 45 kg, 50 kg, 55 kg and 60 kg. The simulation results show that the tool cabinets for each level weighing 45 kg, 50 kg, 55 kg, and 60 kg have safety factors of 2.49, 2.24, 2.04 and 1.87.

Keywords: tool cabinet, aluminum alloy 3003-H2, finite element method, autodesk inventor 2017

PENDAHULUAN

Balai Uji Teknologi dan Pengamatan Antariksa dan Atmosfer (Balai LAPAN Garut) merupakan balai tempat melaksanakan kegiatan uji teknologi penerbangan dan antariksa, khususnya uji statik dan terbang roket serta pesawat LSU (*LAPAN Surveillance UAV*). Balai LAPAN Garut terletak di tepi Pantai Cilauteureun sehingga mengakibatkan lingkungan Balai LAPAN Garut sangat rentan dengan serangan korosi (Wibawa, 2019a).

Kondisi lingkungan dengan tingkat kandungan asam yang tinggi di tepi pantai menimbulkan banyak kerugian yang disebabkan oleh tingginya laju korosi (Wibawa, 2019b). Laju korosi yang tinggi berdampak pada berkurangnya umur pakai dari komponen yang terbuat dari material logam, khususnya besi dan baja yang paling dominan terkena dampaknya.

Belum adanya lemari perkakas yang sesuai di Gedung Integrasi Roket menyebabkan masalah dalam menyimpan peralatan-peralatan permesinan dan komponen benda kerja. Lemari perkakas yang ada saat ini masih terbuat dari material *mild steel* yang dilapis dengan cat besi. Hal ini kurang tepat mengingat laju korosi di kantor Balai LAPAN Garut sangat tinggi sehingga harus dilakukan pengecatan ulang secara teratur dan berkala. Desain lemari yang ada saat ini juga kurang sesuai karena masih menggunakan lemari arsip kantor yang banyak tersedia di pasaran, bukan lemari perkakas permesinan.

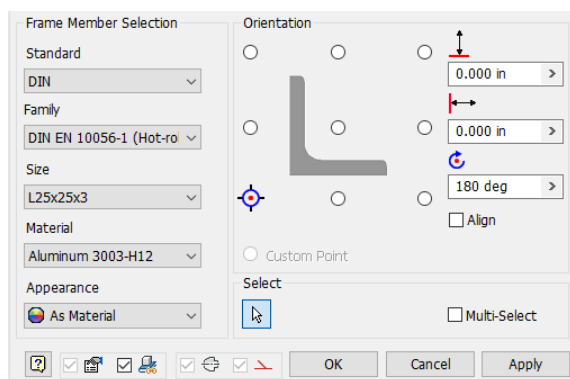
Penelitian ini bertujuan merancang lemari perkakas menggunakan material Aluminium paduan 3003-H12. Aluminium paduan 3003-H12 merupakan material yang tahan korosi, ringan, mampu las baik (*good weldability*), dan memiliki kekuatan luluh hingga 124 MPa (*Autodesk Material Library*). Penelitian ini secara khusus mengkaji pengaruh beban tiap tingkat terhadap tegangan *Von Mises*, deformasi, dan faktor

keamanan dari rancangan lemari perkakas. Penelitian ini diharapkan dapat berguna dalam menetapkan beban maksimum yang diperbolehkan agar rancangan lemari perkakas tetap aman menahan beban dinamis.

METODE PENELITIAN

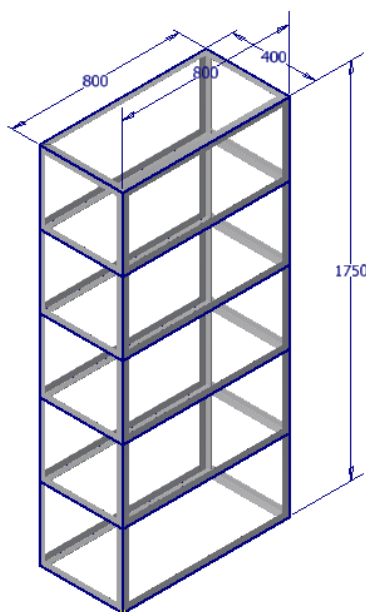
Material

Material yang digunakan untuk rangka lemari perkakas yaitu material Aluminium paduan 3003-H12. Standar rangka yang digunakan adalah DIN EN 10056-1 (*Equal angles*) ukuran 25 x 25 x 3 mm (Gambar 1).



Gambar 1 Standar material rangka lemari perkakas

Desain 3 (tiga) dimensi rangka tempat sampah ditunjukkan pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2 Dimensi rangka lemari perkakas (dalam mm)

Perangkat lunak (*software*)

Autodesk Inventor merupakan perangkat lunak untuk aplikasi desain mekanik 3D, simulasi, visualisasi, dan dokumentasi yang dikembangkan oleh Autodesk yang telah lebih dulu familier dengan produk AutoCAD (Wibawa, 2018a). Autodesk Inventor ditujukan untuk penggambaran teknik pemesinan yang menyediakan fasilitas untuk memvisualisasikan model dalam bentuk 3D, gambar rakitan (*assembly*), gambar kerja (*drawing*), dan animasi dari benda yang akan dibuat secara digital. Model digital tersebut dapat digunakan untuk membantu memvisualisasikan, mensimulasikan, dan menganalisis produk sebelum dibuat.

Autodesk Inventor menggunakan metode elemen hingga untuk menganalisis kekuatan suatu komponen. Metode ini sangat efektif dan efisien untuk menentukan besarnya tegangan *Von Mises*, deformasi, dan faktor keamanan. Salah satu keunggulan utama dari perangkat lunak untuk pemodelan 3D yaitu luas dan volume suatu desain dapat dihitung dengan mudah, meskipun desain yang dibuat sangat kompleks dan rumit. Hal ini tentu sangat memudahkan dalam menghitung berat komponen dengan mengalikan volume desain dengan massa jenis dari material. Hal ini memudahkan dalam mengatur dan merencanakan kebutuhan dari material yang akan digunakan.

Parameter Analisis Tegangan menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017 secara lengkap dapat dilihat dari Tabel 1 berikut ini.

Tabel 4 Parameter analisis tegangan

| Tipe Simulasi | <i>Single Point</i> |
|---|--|
| Variabel beban lemari perkakas tiap tingkat | 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg |
| Percepatan gravitasi | 9,81 m/s ² |
| Total muatan | 441,45 N, 490,50 N, 539,55 N, dan 588,60 N |
| <i>Average element size</i> | 0,1 mm |
| <i>Minimum element size</i> | 0,2 mm |
| <i>Safety factor</i> | Berdasarkan <i>yield strength</i> |
| Jumlah node | 165232 |
| Jumlah elemen | 74897 |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Sifat Fisik Material

Tabel 2 menunjukkan sifat fisik material Aluminium paduan 3003-H12. Material Aluminium 3003-H12 memiliki massa jenis sebesar 2,73 gram/cm³ dan volume rangka lemari perkakas sebesar 2.968.600 mm³ sehingga massa total rangka lemari perkakas yaitu 8,10 kg.

Tabel 5 Sifat fisik material lemari perkakas

| Parameter | Keterangan |
|---------------------------|-------------------------|
| Material | Aluminum 3003-H12 |
| Density | 2,73 g/cm ³ |
| Mass | 8,10 kg |
| Area | 2040280 mm ² |
| Volume | 2968600 mm ³ |
| Yield Strength | 124 MPa |
| Ultimate Tensile Strength | 131 MPa |
| Young's Modulus | 69 GPa |
| Poisson's Ratio | 0,33 ul |
| Shear Modulus | 25,94 GPa |

Analisis Tegangan Von Mises

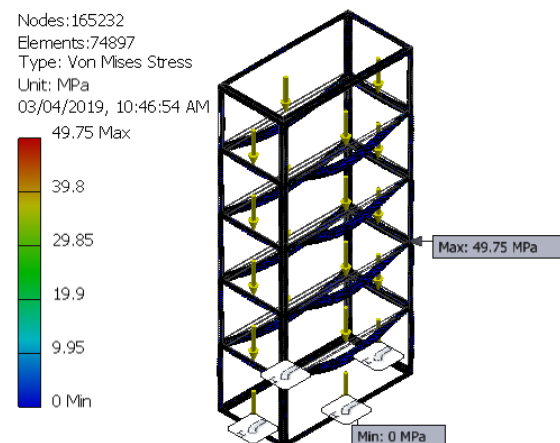
Hasil simulasi menggunakan Autodesk Inventor menggunakan analisis statik linier. Analisis statik adalah disiplin teknik yang menentukan tegangan pada material dan struktur yang mengalami gaya atau beban statis maupun dinamis (Younis, 2010). Analisis statik menggunakan metode elemen hingga dan bertujuan untuk menentukan struktur atau komponen, dapat dengan aman menahan kekuatan dan beban yang telah ditentukan. Kondisi ini dapat tercapai saat tegangan yang ditentukan dari gaya yang diaplikasikan kurang dari kekuatan luluh material dalam menahan beban (Wibawa, 2019c). Hubungan tegangan ini sering disebut sebagai faktor keamanan (*safety factor*) dan digunakan dalam banyak analisis sebagai indikator keberhasilan atau kegagalan dalam sebuah analisis (Wibawa, 2018b).

Kekuatan material merupakan kemampuan material untuk menahan beban maksimum sebelum patah. Saat mendesain suatu rancangan, kriteria yang digunakan adalah kekuatan luluh (*yield strength*), bukan kekuatan maksimum (*ultimate tensile strength*). Kekuatan luluh adalah kekuatan yang dimiliki material untuk menahan beban sebelum mengalami deformasi plastis. Artinya, saat beban masih berada di bawah kekuatan luluh, maka material dapat kembali ke bentuk semula.

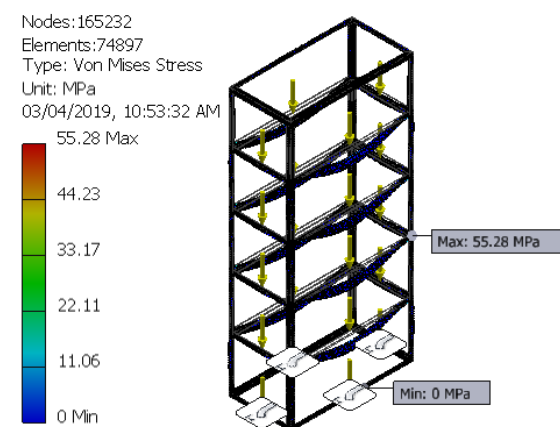
Teori tegangan maksimum menyatakan bahwa kegagalan akan terjadi bila tegangan utama

maksimum dalam suatu komponen mencapai nilai tegangan maksimum pada batas elastis. Teori ini digunakan untuk memprediksi kegagalan material getas. Namun, pada benda elastis yang berlaku beban tiga dimensi, tegangan kompleks bakal terjadi, yang berarti bahwa pada setiap titik di dalam benda ada tekanan yang bekerja dalam berbagai arah. Kriteria *Von Mises* menghitung apakah kombinasi tegangan pada titik tertentu akan menyebabkan kegagalan (Wibawa, 2018b). Tegangan *Von Mises* juga disebut sebagai tegangan setara atau ekuivalen.

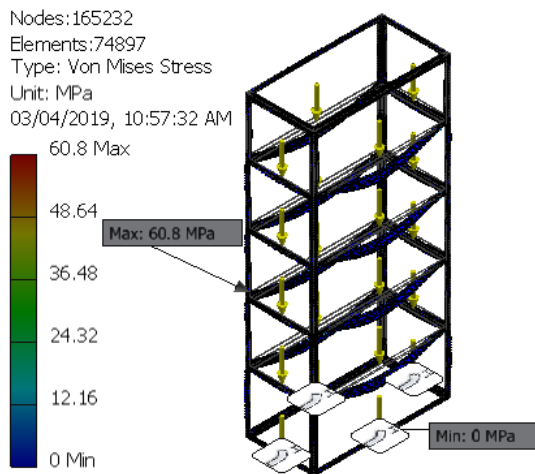
Gambar 3, Gambar 4, Gambar 5, dan Gambar 6 menunjukkan hasil simulasi tegangan *Von Mises* rangka lemari perkakas terhadap variasi beban tiap tingkat. Tegangan *Von Mises* maksimal untuk beban tiap tingkat sebesar 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg berturut-turut sebesar 49,75 MPa, 55,28 MPa, 60,80 MPa, dan 66,33 MPa. Tegangan *Von Mises* masih berada di bawah kekuatan luluh (*yield strength*) material Aluminium paduan 3003-H12, yaitu sebesar 124 MPa.



Gambar 3 Tegangan Von Mises rangka lemari perkakas dengan beban 45 kg/tingkat.

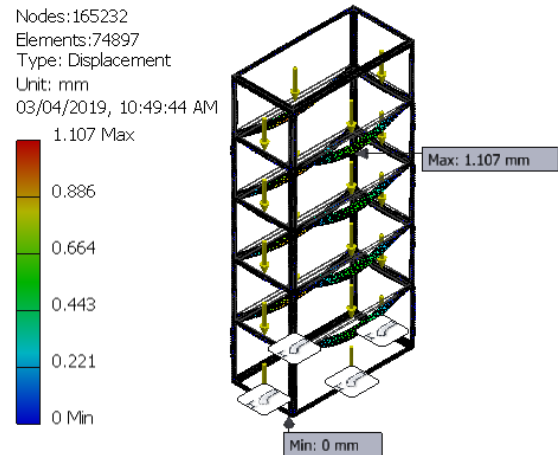


Gambar 4 Tegangan Von Mises rangka lemari perkakas dengan beban 50 kg/tingkat.

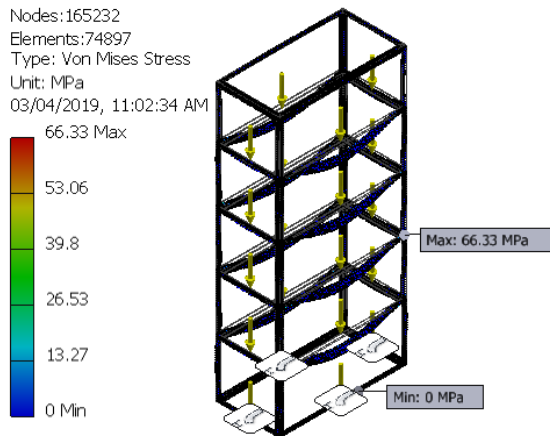


Gambar 5 Tegangan *Von Mises* rangka lemari perkakas dengan beban 55 kg/tingkat.

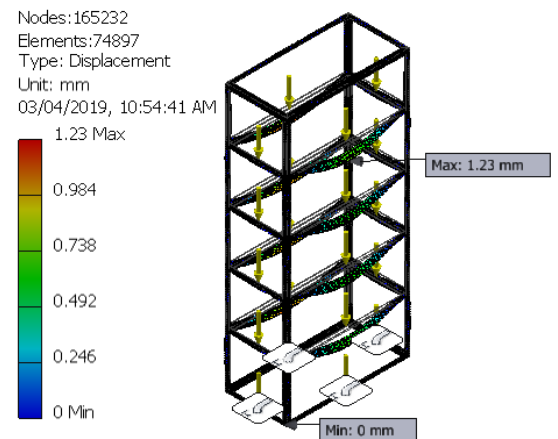
kekuatan luluh material, maka deformasi yang terjadi adalah deformasi elastis.



Gambar 7 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 45 kg/tingkat.



Gambar 6 Tegangan *Von Mises* rangka lemari perkakas dengan beban 60 kg/tingkat.

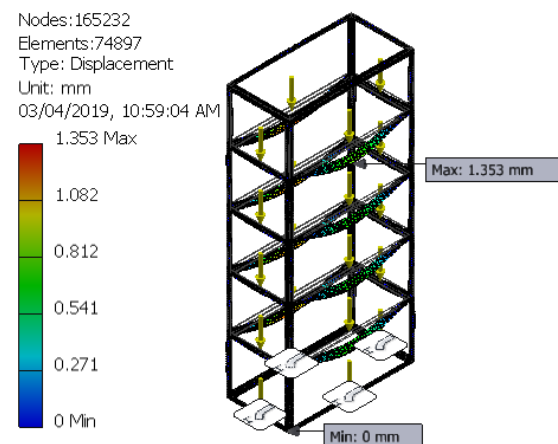


Gambar 8 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 50 kg/tingkat.

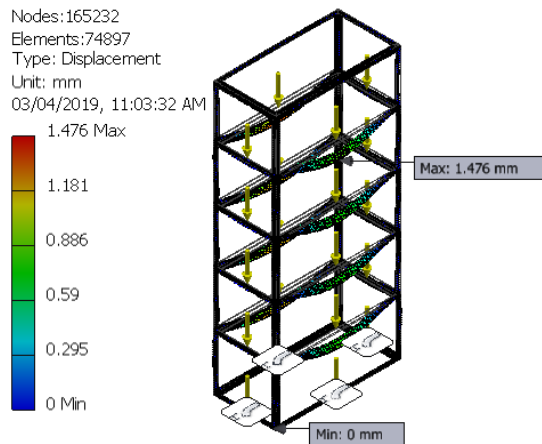
Deformasi

Deformasi menunjukkan bentuk model yang cacat dari representasi skala, berdasarkan kondisi beban spesifik. Kegunaan deformasi untuk menentukan lokasi dan luasnya komponen yang akan ditekuk dan berapa banyak gaya yang dibutuhkan untuk menekuk model dengan jarak tertentu.

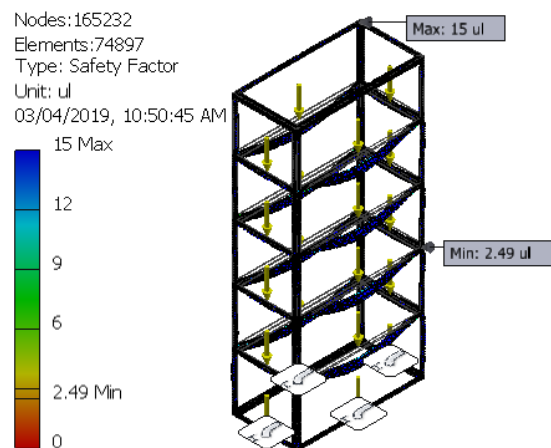
Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, dan Gambar 10 menunjukkan nilai deformasi (*displacement*) material terhadap variasi beban tiap tingkat. Nilai deformasi maksimal rangka lemari perkakas terhadap beban tiap tingkat sebesar 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg berturut-turut sebesar 1,107 mm, 1,230 mm, 1,353 mm, dan 1,476 mm. Nilai deformasi ini relatif kecil. Karena nilai tegangan *Von Mises* kurang dari tngangan atau



Gambar 9 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 55 kg/tingkat.



Gambar 10 Deformasi rangka lemari perkakas dengan beban 60 kg/tingkat.



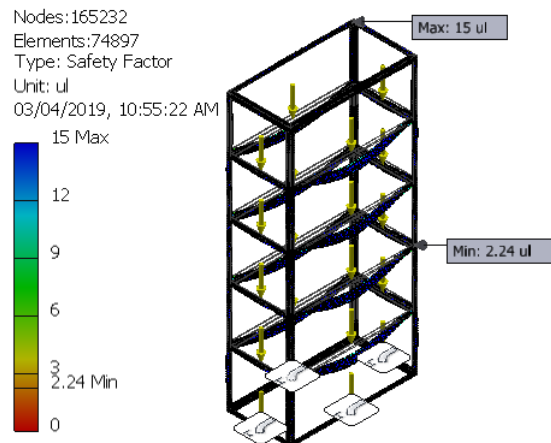
Gambar 11 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 45 kg/tingkat.

Faktor Keamanan (*safety factor*)

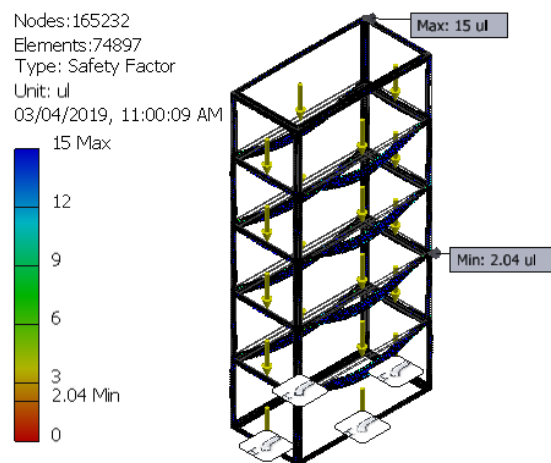
Faktor keamanan minimum menggunakan simulasi Autodesk Inventor dihitung sebagai kekuatan luluh dari material yang dibagi dengan tegangan Von Mises maksimum. Faktor keamanan kurang dari 1 (satu) menunjukkan kegagalan permanen.

Gambar 11, Gambar 12, Gambar 13, dan Gambar 14 menunjukkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) material terhadap variasi beban tiap tingkat. Nilai faktor keamanan (*safety factor*) minimum pada saat beban rangka lemari perkakas terhadap beban tiap tingkat sebesar 45 kg, 50 kg, 55 kg, dan 60 kg berturut-turut sebesar 2,49, 2,24, 2,04, dan 1,87.

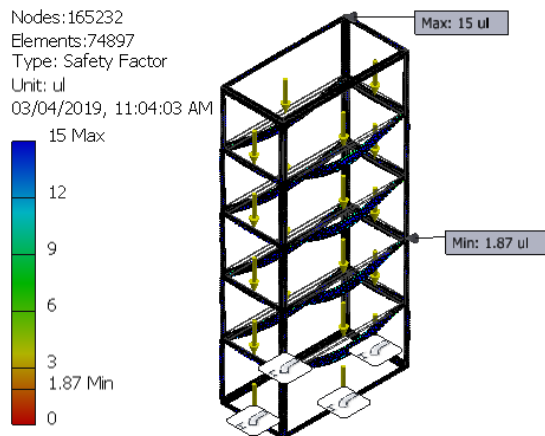
Nilai faktor keamanan saat beban 60 kg/tingkat berada di bawah standar suatu komponen mampu menahan beban dinamis. Beban dinamis adalah beban yang dapat terjadi secara tiba-tiba pada struktur. Beban dinamis umumnya kecil tetapi berubah-ubah terhadap waktu (Wibawa & Himawanto, 2018). Beban dinamis perlu diantisipasi karena rangka lemari perkakas kerap mengalami beban fluktuatif. Nilai faktor keamanan yang dipersyaratkan untuk komponen mampu menahan beban dinamis yaitu 2-3 (Dobrovolsky, 1978).



Gambar 12 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 50 kg/tingkat.



Gambar 13 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 55 kg/tingkat.



Gambar 14 Faktor keamanan rangka lemari perkakas dengan beban 60 kg/tingkat.

KESIMPULAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain rangka lemari perkakas menggunakan material Aluminium paduan 3003-H12 memiliki massa sebesar 8,10 kg. Desain rangka lemari perkakas yang telah dibuat cukup aman untuk menahan beban dinamis hingga 55 kg/tingkat. Hal ini karena nilai faktor keamanannya sebesar 2,04.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] V. Dobrovolsky, K. Z. (1978). *Machine elements: a textbook*. Moscow: Peace Publisher.
- [2] Wibawa, L. A. N. (2018a). *Merancang Komponen Roket 3D dengan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta.

- Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=qHpKDwAAQBAJ&lr=&printsec=frontcover>
- [3] Wibawa, L. A. N. (2018b). *Simulasi Kekuatan Komponen Sarana Pengujian Roket Menggunakan Autodesk Inventor Professional 2017*. Buku Katta. Retrieved from <https://play.google.com/books/reader?id=BD1LDwAAQBAJ&hl=id&lr=&printsec=frontcover>
 - [4] Wibawa, L. A. N. (2019a). Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Meja Kerja (*Workbench*) Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Teknik Mesin – ITI*, 3(1), 13–17.
 - [5] Wibawa, L. A. N. (2019b). Desain dan Analisis Kekuatan Rangka Tempat Sampah di Balai LAPAN Garut Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Turbulen: Jurnal Teknik Mesin*, 1(2), 64–68.
 - [6] Wibawa, L. A. N. (2019c). Pengaruh Diameter Baut Terhadap Kekuatan Rangka Main Landing Gear Pesawat UAV Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Polimesin*, 17(1), 26–32.
 - [7] Wibawa, L. A. N., & Himawanto, D. A. (2018). Analisis Ketahanan Beban Dinamis Material Turbin Angin Terhadap Kecepatan Putar Rotor (rpm) Menggunakan Metode Elemen Hingga. *Jurnal Simetris*, 9(2), 803–808. <https://doi.org/10.24176/simet.v9i2.2343>
 - [8] Younis, W. (2010). *Up and running with Autodesk Inventor Simulation 2011: a step-by-step guide to engineering design solutions*. Elsevier.

**ENGINEERING DESIGN PROCESS PADA PERANCANGAN TRANSPORTASI PERSONAL
DI DALAM LINGKUNGAN UNIVERSITAS**

Deny Nusyirwan

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH)

Jalan Politeknik Senggarang, Tanjungpinang 29100, Indonesia

E-mail: denynusyirwan@umrah.ac.id

Abstrak

Universitas merupakan tempat mahasiswa mengikuti kegiatan belajar dan kegiatan non formal lainnya. Dengan semakin berkembangnya cabang ilmu pengetahuan, tidak jarang mahasiswa yang belajar ilmu teknik, akan mengikuti perkuliahan di fakultas lain atau mengikuti seminar-seminar yang diadakan oleh universitas atau organisasi mahasiswa di lingkungan kampus. Dari hasil observasi secara langsung, dapat ditemukan masalah utama yaitu mobilitas internal kampus, seperti terlambat mengikuti perkuliahan lanjutan akibat jarak dari satu lokasi perkuliahan ke lainnya yang cukup jauh karena tidak tersedianya transportasi yang memadai di lingkungan internal kampus atau ketinggalan bus shuttle karena terlambat sampai di lokasi pemberhentian bus. Dalam penelitian ini akan dititik beratkan pada transportasi pribadi didalam universitas yang nyaman dan selalu tersedia serta mudah dioperasikan. Penelitian dititik beratkan dengan mengikuti proses desain rekayasa dari observasi hingga pembuatan purwarupa sederhana untuk mendapatkan pengalaman dari calon pengguna.

Kata kunci : mobiltas, didalam kampus, bus *shuttle*, pemberhentian bus

Abstract

The University is a place for students to take part in learning activities and other non-formal activities. With the growing branch of science, it is not uncommon for students who study engineering, will take lectures in other faculties or attend seminars held by universities or student organizations on campus. From the results of direct observation, it can be found the main problem is the internal mobility of the campus, such as being late to follow lectures due to the distance from one lecture location to another which is quite far due to unavailability of adequate transportation in the campus or missed the shuttle bus due to being late to the location of the bus stop. In this study will be emphasis on the university's internal personal transportation which is comfortable and always available and easy to operate. The research focused on the engineering design process from observation and bulding simple prototypes to gain experience from the prospective users.

Key words : *mobility, internal campus, shuttle bus, bus stop*

PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin berkembangnya sistem transportasi darat, maka diikuti juga dengan permasalahan emisi gas buang kendaraan. Menurut *European Environment Agency* (EEA) bahwa kendaraan pribadi yang menggunakan bahan bakar fosil akan memiliki dampak langsung terhadap ekonomi dan lingkungan dibanding dengan moda transportasi lainnya, oleh sebab itu pemanfaatan transportasi publik sangat dianjurkan ketika bepergian dalam rangka menurunkan tingkat pencemaran lingkungan, mengurangi kemacetan dan meningkatkan keamanan didalam berkendara. [1].

Dengan mendorong industri untuk menciptakan transportasi publik yang ramah lingkungan dan penggunaan mobil secara bersama (*car sharing*), pemerintah berusaha mendorong masyarakat untuk mengurangi bepergian dengan menggunakan transportasi personal. Selain itu perancangan aplikasi dengan pola pendekatan kebutuhan pengguna (*user centric approach*) untuk membantu pengguna merencanakan penggunaan transportasi umum dan pribadi dengan baik, dan sesuai kebutuhan yang berbasiskan *sustainability* dan *energy efficient* [2]. Penggunaan sepeda bertenaga listrik (*e-bike*) juga berpotensi untuk menggantikan bersepeda secara konvensional dan perjalanan jarak dekat yang seharusnya mempergunakan mobil disela keterbatasan teknologi baterai dan jstangat baik

untuk mempromosikan kesehatan kepada pengendara yang ingin bepergian sendiri. [3]

Mobilitas berbasis mobil (*car based mobility*) seperti kendaraan listrik dan klub mobil adalah mobiltas masa depan yang merupakan solusi untuk mengurangi emisi pada bidang transportasi darat. Di negara Inggris, peminatan terhadap kendaraan listrik lebih besar karena tidak ada emisi gas buang yang dihasilkan, namun karena masih mobilitas berbasis mobil, jadi masih perlu diadakan penelitian lanjut terkait pengurangan emisi gas buang rumah kaca [4] Berbagai kebijakan oleh pemerintah swedia seperti pembatasan izin kepemilikan surat izin mengemudi dan anjuran untuk mengurangi perjalanan jauh dengan menggunakan kendaraan adalah merupakan cara untuk mengurangi pola hidup yang tergantung terhadap mobil [5]. Oleh sebab itu, bentuk sistem transportasi masa depan yang diinginkan adalah sistem transportasi yang dapat mengurangi eksternalitas negatif terhadap lingkungan dan sosial di masa depan [6].

Sebuah alternatif yang menarik untuk pemilik mobil yang masih mempergunakan bahan bakar fosil adalah *Plug in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV), jenis kendaraan listrik hibrida yang menggabungkan mesin bensin atau diesel dengan motor listrik dan baterai besar yang dapat diisi ulang dengan menghubungkannya ke outlet listrik atau stasiun pengisian daya kendaraan listrik. Namun beberapa hal seperti biaya untuk kepemilikan yang tinggi dan jarak tempuh kendaraan yang masih terbatas masih menjadi hambatan utama didalam perkembangan kendaraan ramah lingkungan tersebut[7].

Penggunaan kendaraan pribadi bertenaga listrik (*Personal Electric Vehicle*) yang meningkat tentu akan memiliki dampak terhadap menurunnya polusi udara terutama di daerah perkotaan dan kebutuhan bahan bakar fosil serta perubahan iklim. Kesuksesan dari PEV ini sebagian besar masih tergantung dengan infrastruktur yang tersedia untuk pengisian kembali baterai. Oleh sebab itu perlu direncanakan jumlah dan lokasi yang sesuai untuk pendirian stasiun pengisian serta teknologi yang memungkinkan pengisian apabila proses pengisian dilakukan dalam jumlah besar [8]. Dengan teknologi yang ada pada saat ini, waktu pengisian energi pada baterai sudah hampir mendekati waktu yang dibutuhkan untuk pengisian bahan bakar konvensional.[9]

Saat ini transportasi darat yang bersifat personal masih tetap menjadi pilihan untuk bepergian, dengan alasan kenyamanan dan fleksibilitas. Oleh sebab itu perusahaan yang bergerak di industri otomotif berusaha meluncurkan transportasi personal dengan inovasi berbasis teknologi-teknologi ramah lingkungan.

Secara teknik *Personal Electric Vehicle* (PEV) sangat memungkinkan untuk direalisasikan, namun masih perlu menyesuaikan dengan kriteria dan kebutuhan pengguna seperti faktor keamanan, kenyamanan ketika berkendara dan cuaca. Selain itu diperlukan infrastruktur yang mendukung keamanan untuk pengendara [10] Satu hal yang juga diharapkan adalah energi listrik pada baterai yang dipergunakan oleh PEV kedepannya dapat dapat disalurkan ke fasilitas yang memanfaatkan tenaga listrik [11].

Dari hasil analisa penggunaan *car sharing* dengan penggunaan kendaraan secara mengambang (*Free-floating Car Sharing*) pada 12 kota di eropa dan amerika, dari segi waktu dan pola daapt ditemukan bahwa kendaraan bertenaga listrik lebih dominan dipergunakan untuk jarak dekat, sedangkan kendaraan konvensional lebih banyak dipergunakan untuk jarak jauh. Selain itu kebanyakan pengendara menggunakan untuk perjalanan satu arah dengan masa peminjaman sebagian besar 30 menit. Penggunaan kendaraan secara mengambang adalah penggunaan kendaraan yang memungkinkan pengendara mempergunakan mobil dimana saja dan kapan saja, dan dapat meninggalkan kendaraan tersebut dimana saja didalam daerah *home*. [12]

Universitas merupakan tempat mahasiswa menimba ilmu pengetahuan. Pengetahuan formal melalui pembelajaran di dalam kelas atau non formal dengan menghadiri seminar atau aktivitas lain di lingkungan universitas. Dan tidak jarang mahasiswa dengan latar belakang ilmu teknik akan mengikuti perkuliahan non teknik di fakultas lain. Didalam penelitian ini, dapat ditemukan permasalahan utama yang timbul yaitu mobilitas mahasiswa, sebagai contoh terlambat untuk mengikuti perkuliahan lanjutan akibat tidak tersedianya transportasi yang memadai di lingkungan universitas, tidak dapat naik *shuttle bus* yang disediakan oleh universitas karena terlambat sampai di lokasi pemberhentian bus. Sebagai sebuah solusi dari permasalahan ini adalah perancangan sebuah alat transportasi personal untuk mahasiswa yang selalu tersedia di lingkungan universitas untuk perjalanan didalam universitas.

Didalam penelitian ini akan dititik beratkan pada proses rancangan rekayasa (*engineering design process*) untuk mendapatkan sebuah desain awal (*preliminary design*) dari inovasi berbasis teknologi untuk mobilitas pribadi ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan Proses Desain Rekayasa (*Engineering Design Process*) dengan mengedepankan pendekatan terhadap pengguna, yang dikenal dengan istilah *User-centered Approach*

(UcA) untuk dapat menghasilkan sebuah desain yang sesuai dengan kebutuhan pengguna (User-centered Design). Selain itu juga di terapkan konsep Design Thinking (DT), dimana mendorong pola berpikir secara luas, *divergence* dan *divergent concept thinking*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dari Engineering Design Process ini adalah etnografi, Etnografi adalah metode observasi yang telah digunakan secara tradisional dalam antropologi, tetapi telah semakin menarik minat dalam riset konsumen, baik dalam bidang akademis maupun industri.[13] Jenis etnography yang diterapkan dalam penelitian ini adalah keikutsertaan peneliti menjadi peserta secara penuh (*complete participant*), dimana pada metode observasi ini peneliti melakukan observasi di lingkungan universitas dengan tanpa diketahui oleh kelompok yang sedang ditelitinya.



Gambar 1 Suasana pada pemberhentian bus

Pada tampilan gambar 1 adalah suasana pada pemberhentian bus di lingkungan universitas, penumpang yang terdiri civitas akademika bergegas untuk naik kedalam bus shuttle internal yang akan berkeliling sesuai jadwal yang sudah disediakan.



Gambar 2 Suasana di dalam *shuttle bus*

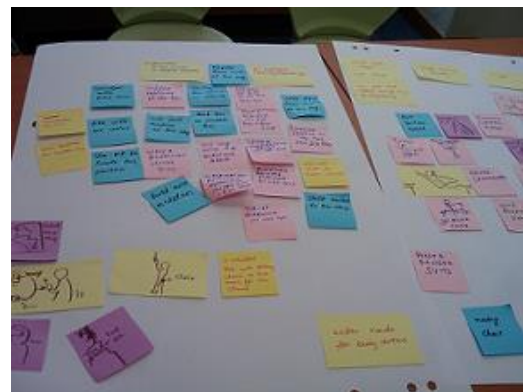
Pada gambar 2 menunjukkan suasana didalam shuttle bus, dapat dilihat bahwa penumpang membawa peralatan ada yang berdiri dan duduk.

Kemudian dilanjutkan dengan tahapan curahan gagasan terhadap permasalahan (*brainstorming problems*). *Brainstorming* adalah metode pengembangan ide-ide yang dilakukan selama beberapa menit hingga satu jam dengan mengikuti aturan bahwa kritik terhadap suatu ide benar-benar dilarang, peserta didorong untuk menyampaikan ide secara bebas dan ide yang disampaikan harus tidak biasa. Selama proses ini berlangsung akan dibimbing oleh seorang fasilitator [14]. Pada gambar 3 dapat dilihat *brainstorming* untuk permasalahan yang ditemukan didalam proses etnografi.



Gambar 3 Curahan gagasan dari hasil etnografi

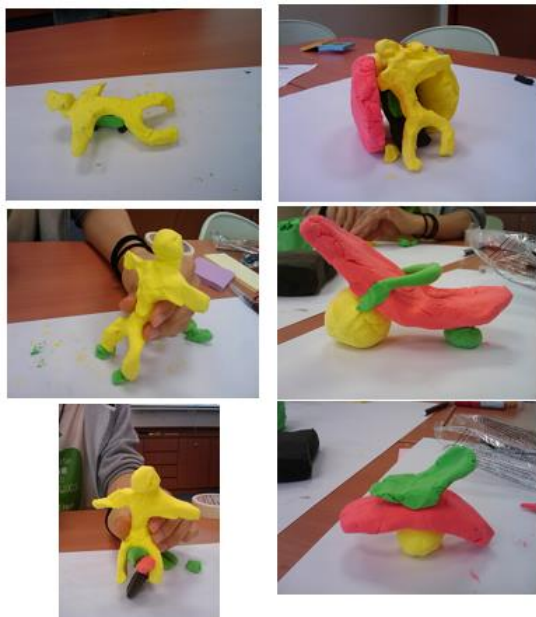
Permasalahan-permasalahan yang ditemukan disampaikan dengan tulisan atau gambar, dan selanjutnya dikelompokkan untuk memberikan gambaran terhadap permasalahan utama. Pada proses ini, dilakukan secara bersama anggota didalam kelompok, dengan memegang prinsip bahwa tidak ada gagasan yang salah, akan mendorong semua anggota di dalam kelompok untuk menyampaikan pendapatnya secara cepat dan lincer sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan,



Gambar 4 Pengelompokan masalah yang ditemukan

Pada akhir tahapan brainstorming problems ini, telah ditemukan satu permasalahan utama dari hasil etnografi, yaitu mobilitas di dalam universitas menjadi terhambat karena tidak tersedianya transportasi personal yang nyaman, tepat waktu dan ramah lingkungan di lingkungan universitas.

Pembuatan purwarupa sederhana sangat diperlukan untuk mengetahui rancangan awal (preliminary design). Pada tahapan ini, perancang akan memulai pembuatan purwarupa dari bahan-bahan yang ekonomis dan fleksible, dengan maksud bahwa perubahan rancangan dapat dilakukan dengan mudah dan tidak akan memerlukan pembiayaan yang besar [17]. Pada gambar 5 menunjukkan hasil dari curahan gagasan didalam pembuatan model transportasi personal yang sesuai. Gagasan yang disampaikan bersifat bebas dan kreatif, semakin banyak purwarupa yang dihasilkan akan semakin mudah untuk mendapatkan sebuah solusi yang tepat. Pada proses ini menitik beratkan pada proses rancangan.



Gambar 5 Purwarupa dengan bahan yang ekonomis

Setiap anggota kelompok bebas membuat purwarupa, kemudian menjelaskan terkait cara kerja dan teknologi yang dipergunakan oleh purwarupa yang sedang dikerjakannya. Setiap anggota akan memberikan tanggapan yang bermaksud untuk mendorong hasil rancangan tersebut menjadi lebih baik, prinsip menghormati dan tidak menyangkal sangat diperlukan didalam proses ini. Proses ini dapat dilakukan beberapa kali sehingga setiap

anggota kelompok mensepakati satu rancangan yang diteruskan pada tahapan lebih detail.

Tahapan mensketsa dengan menggunakan alat tulis dan kertas yang dikenal dengan istilah *sketching* akan menyediakan komunikasi dan pengambilan keputusan yang lebih cepat pada tahap awal desain, dengan memberikan gabungan visual dan factual deskripsi untuk peningkatan evaluasi dan pemilihan konsep [15]. Tahapan awal ini adalah awal prosedur desain, dimana beberapa konsep sketsa disajikan untuk menangkap inspirasi sesaat, menafsirkan ide desain dan merekam kemajuan desain. [16]. Pada gambar 6 menampilkan hasil sketsa rancangan transportasi personal di lingkungan universitas.



Gambar 6. Sketsa rancangan transportasi personal

Untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih baik untuk dapat diobservasi lebih lanjut maka di rakit sebuah purwarupa sederhana dari bahan-bahan yang murah dan sederhana, seperti pena warna, isolaso, kertas dan *stryfoam*. Dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 6 Purwarupa sederhana transportasi personal di lingkungan universitas

Tahapan pengujian kegunaan dari konsep yang sedang dikerjakan dengan mempergunakan purwarupa sederhana adalah merupakan evaluasi awal terhadap inovasi yang dirancang dengan berbasis pengguna. Pada tahapan pengujian ini dapat dilakukan langsung kepada pengguna di luar

kelompok atau seperti yang dilakukan pada penelitian ini, yaitu anggota kelompok melakukan simulasi dengan keadaan yang sebenarnya, Permasalahan pertama yang dihadapi oleh seorang mahasiswa yang tertinggal shuttle bus, seperti pada gambar 8.



Gambar 7 Mahasiswa tertinggal *shuttle bus*

Pada gambar 9, menunjukkan seorang mahasiswi yang sedang menunggu shuttle bus untuk menghadiri perkuliahan lanjutan di fakultas lain. Mahasiswi tersebut merasa gelisah karena bus masih belum datang sedangkan perkuliahan akan segera dimulai.



Gambar 8 Mahasiswi menunggu *shuttle bus*

Pada gambar 10 menampilkan mahasiswi sedang menggunakan purwarupa transportasi personal ramah lingkungan yang merupakan proses pengujian kegunaan dan mendapatkan pengalaman pengguna.



Gambar 9 Mahasiswi menggunakan purwarupa transportasi personal ramah lingkungan

Untuk permasalahan kedua yang dihadapi oleh mahasiswa adalah tidak nyaman ketika akan bepergian menghadiri perkuliahan. Pada gambar 10 menampilkan seorang mahasiswa yang sedang menggunakan sepeda konvensional untuk menghadiri perkuliahan. mahasiswa mengalami kelelahan setelah sampai di tujuan karena lintasan yang dilalui naik turun dan masih menggunakan tenaga manusia untuk menggerakkan roda sepeda.



Gambar 10 Mahasiswi menggunakan sepeda konvensional untuk menghadiri perkuliahan

Evaluasi awal dari pengujian kegunaan ini diperlukan untuk menghindari desain yang buruk sehingga akan dapat berdampak secara langsung dan tidak langsung yang akan merugikan perusahaan. Adapun dampak langsung seperti menerima panggilan dari pengguna untuk layanan dan keluhan, dan juga melalui barang yang dikembalikan. Untuk dampak secara tidak langsung melalui pengurangan penjualan karena penerimaan konsumen yang buruk dan citra produk yang buruk, dan melalui dampak lanjutan dari persepsi konsumen terhadap perusahaan diri [18]



Gambar 11 Mahasiswa menggunakan purwarupa transportasi personal untuk menggantikan sepeda konvensional.

Pengalaman pengguna (*user experience*) untuk mendapatkan masukan-masukan dari calon pengguna yang akan dipergunakan untuk memperbaiki rancangan sebelumnya. Pengembangan produk tidak lagi hanya tentang mengimplementasikan fitur dan menguji kegunaannya, tetapi juga tentang mendesain produk yang menyenangkan dan mendukung kebutuhan dan nilai-nilai dasar manusia. Dengan demikian, pengalaman pengguna dalam tahapan EDP harus menjadi perhatian utama pengembangan produk [19]

KESIMPULAN

Pada penelitian mengenai perancangan transportasi personal yang sesuai untuk lingkungan universitas menggunakan *Engineering Design Process*, telah menemukan permasalahan transportasi personal sebagai penghambat mobilitas dan aktivitas mahasiswa. Oleh sebab itu didalam penelitian ini, dilakukan tahapan observasi sebagai awal pengumpulan data dan informasi, yang dilanjutkan dengan tahapan lainnya sehingga melakukan pengujian purwarupa. Pada akhirnya inovasi teknologi berupa transportasi personal ramah lingkungan yang dihasilkan adalah merupakan solusi terhadap permasalahan yang ada di lingkungan universitas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan di jurusan teknik elektro Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) yang telah memotivasi untuk melakukan penelitian, redaksi journal Machine Universitas Bangka Belitung yang telah memberikan kesempatan untuk publikasi dan teman-teman di National University of Singapore.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Magliocchetti, M. Gielow, F. De Vigili, G. Conti dan R. De Amicis, "A Personal Mobility Assistant based on Ambient Intelligence to Promote Sustainable Travel Choices", *Procedia Computer Science* 5 (2011) 892–899, Elsevier Ltd., 2013
- [2] M. Boero, M. Garré, J. Fernandez, S. Persi, D. Quesada dan M. Jakob, "MyWay personal mobility : from journey planners to mobility resource management", *Transportation Research Procedia* 14 (2016) 1154 – 1163, Elsevier Ltd., 2016
- [3] T. Jones, L. Harms dan E. Heinenc, "Motives, perceptions and experiences of electric bicycle owners and implications for health, wellbeing and mobility", *Journal of Transport Geography* 53 (2016) 41–49, Elsevier Ltd., 2016
- [4] N. Bergman, "Stories of the future: Personal mobility innovation in the United Kingdom", *Energy Research & Social Science* 31 (2017) 184–193, Elsevier Ltd., 2017
- [5] L. Frändberg dan B. Vilhelmson, "More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort", *Journal of Transport Geography* 19 (2011) 1235–1244, Elsevier Ltd., 2011
- [6] S. Gössling, S. Cohen, J. Higham, P. Peeters dan E. Eijgelaarg, "Desirable transport futures", *Transportation Research Part D: Transport and Environment* Volume 61, Part B, June 2018, Pages 301-309, Elsevier Ltd., 2018
- [7] L.H. Björnsson, S. Karlsson, F. Sprei, "Objective functions for plug-in hybrid electric vehicle battery range optimization and possible effects on the vehicle fleet", *Transportation Research Part C* 86 (2018) 655–669, Elsevier Ltd., 2018
- [8] S. Hardmana et. al, "A review of consumer preferences of and interactions with electric vehicle charging infrastructure", *Transportation Research Part D* 62 (2018) 508–523, Elsevier Ltd., 2018
- [9] T. Gnanna et. al, "Fast charging infrastructure for electric vehicles: Today's situation and future needs", *Transportation Research Part D* 62 (2018) 314–329, Elsevier Ltd., 2018
- [10] K. T. Ulrich, "Estimating the technology frontier for personal electric vehicles", *Transportation Research Part C* 13 (2005) 448–462, Elsevier Ltd., 2006
- [11] W. Kempton dan S. E. Letendre, "Electric Vehicles as a new power source for electric utilities", *Trmspn &S.-D*, Vol. 2, No. 3, pp. 157-175, 1997, Elsevier Science Ltd., 1997

TURBIN ANGIN SAVONIUS EMPAT SUDU DENGAN VARIASI MODEL PROFIL SEBAGAI MEDIA BELAJAR MAHASISWA

Eka Sari Wijianti¹, Saparin², Yudi Setiawan³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung Merawang Kabupaten Bangka

Email : ekasariwijianti@yahoo.co.id

Abstrak

Penelitian ini adalah tentang pembuatan purwarupa turbin angin savonius empat sudu sebagai media pembelajaran mata kuliah Mesin Konversi Energi di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung. Pembuatan media pembelajaran ini dikarenakan keterbatasan fasilitas praktikum mahasiswa untuk menunjang keberlangsungan perkuliahan yang efektif dan kondusif. Purwarupa dibuat dengan dimensi yang kecil, yaitu dengan rangka 0,75m x 1,5m dan diameter sudu turbin 0,15x0,3m. Penelitian dibantu dengan kipas angin sebagai pembangkit energi angin, variasi kecepatan angin dilakukan pada 3 kecepatan dengan sesuai dengan kecepatan angin yang dibangkitkan oleh kipas yang diukur menggunakan anemometer. Putaran rotor yang dihasilkan diukur dengan tachometer sedangkan arus dan tegangan diukur menggunakan multitester. Sudu turbin divariasikan adalah 4 sudu dengan 3 model profil sudu yaitu U, L dan S. Penelitian menunjukkan bahwa kecepatan angin memberikan pengaruh terhadap kinerja turbin. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin tinggi putaran rotor dan daya yang dihasilkan. Profil terbaik diperoleh dari model L yang mencapai 177.63rpm dengan daya 6.35watt.

Keywords: Turbin angin savonius, media pembelajaran, pembangkit listrik tenaga angin

Abstract

This research is about making a prototype of four blades savonius wind turbine as a learning media for Energy Conversion in the Mechanical Engineering Department, Bangka Belitung University. The making of this learning media is due to the limitations of student practicum facilities to support the continuity of practical and conducive lectures. The prototype was made with small dimensions, namely a frame of 0.75m x 1.5m and a turbine blade diameter of 0.15x0.3m. A fan-assisted the study as a wind energy generator. Wind speed variations carried out at three rates following the wind speed generated by the fan. The rate of wind speed measured using an anemometer and the rotation using a tachometer. The current and voltage are measured using a multitester. Turbine blades are varied with 4 blades with three-blade profile models, namely U, L, and S. Research, shows that wind speed influences turbine performance. The higher the wind speed, the higher the rotor's rotation, and so the resulting power. The best profile is obtained from the L model, which reaches 177.63 rpm with 6.35 watts of power.

Keywords: savonius wind turbine, learning media, wind power generation

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang terletak di zamrud khatulistiwa memiliki banyak potensi sumber daya alam yang melimpah. Namun, saat ini Indonesia masih sangat bergantung pada sumber daya minyak bumi sebagai sumber energi utama [1]. Angin merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang tersedia dengan melimpah di alam. Energi angin dapat dikonversikan menjadi energi

listrik menggunakan turbin angin [2]. Pembangkit listrik tenaga angin ini bekerja dengan cara memutar poros turbin yang digerakkan oleh angin, outputnya adalah putaran poros/rotor. Poros ini dihubungkan ke generator. Generator inilah yang akan menghasilkan listrik. Listrik yang dihasilkan ini kemudian disimpan dalam sebuah baterai yang akan digunakan untuk keperluan menyalakan elektronik [3].

Pengembangan awal konversi energi umumnya bermula di lingkungan akademisi, melalui berbagai penelitian dengan merancang dan

membangun desain, model, purwarupa dan lain-lain. Selain dosen, mahasiswa pun berperan aktif untuk mengembangkan penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa bermula dari kegiatan pembelajaran yang berasal dari perkuliahan teori dan praktikum. Praktikum memberikan pengalaman belajar yang lebih kangkrit jika dibandingkan dengan teori. Penggunaan media pembelajaran dan metode eksperimen akan membangkitkan motivasi belajar mahasiswa sehingga pembelajaran yang efektif akan tercapai. Namun, metode pembelajaran eksperimen harus ditunjang dengan media pembelajaran yang mumpuni [4].

Salah satu mata kuliah di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Bangka Belitung berdasarkan kurikulum 2014 adalah mata kuliah Mesin Konversi Energi. Mata kuliah ini kebanyakan penjelasan konsep secara teori. Salah satu penyebabnya adalah keterbatasan fasilitas praktikum. Belum ada sarana praktikum yang menunjang mata kuliah ini. Oleh karena itu untuk meningkatkan pemahaman mahasiswa dalam pembelajaran, melalui penelitian ini akan dibuat media pembelajaran berupa purwarupa turbin angin. Turbin angin terdiri dari dua macam, yaitu turbin angin sumbu vertical dan turbin angin sumbu horizontal. Turbin angin sumbu horizontal memerlukan angin dengan kecepatan yang tinggi dan penempatan di tempat yang tinggi pula, sedangkan turbin angin sumbu vertical hanya membutuhkan kecepatan angin rendah yang memanfaatkan gaya drag (gaya hambat) dan dapat ditempatkan di wilayah yang rendah pula [5][6]. Jenis turbin yang digunakan dalam penelitian ini adalah turbin angin sumbu vertikal. Turbin angin vertikal memiliki beberapa model, salah satunya adalah tipe savonius [7].

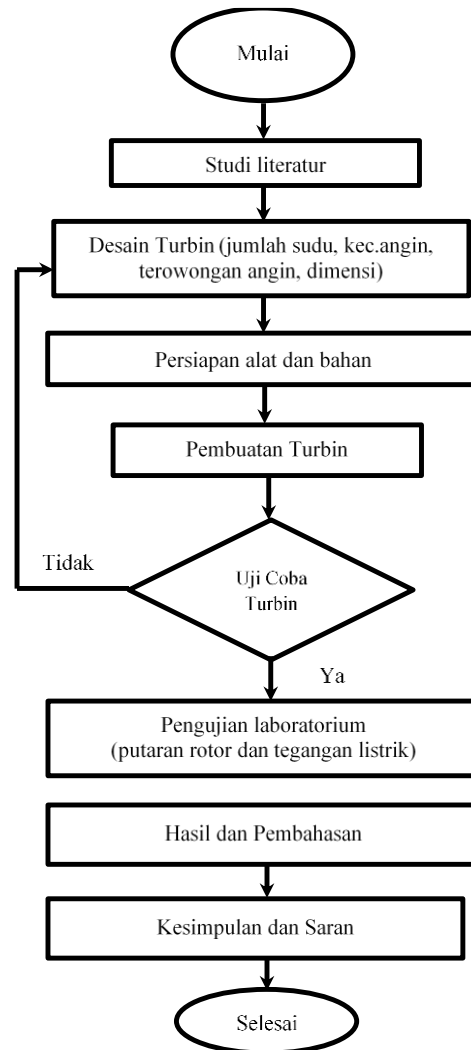
Turbin angin savonius dibuat dan diuji dalam skala laboratorium. Untuk menggerakkan turbin, akan menggunakan kipas angin dengan beberapa variasi kecepatan. Dari purwarupa turbin angin savonius ini diharapkan mahasiswa mampu memahami bagaimana prinsip kerja turbin angin savonius dan mengembangkan konsep tersebut kedalam kondisi sebenarnya yang dituangkan dalam bentuk penelitian.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Satu model sudu dilakukan 3 kali pengujian untuk mendapatkan nilai rata-rata putaran rotor, tegangan dan arus listrik.

Diagram alir

Penelitian dilakukan berdasarkan tahapan dalam diagram alir berdasarkan gambar 1.

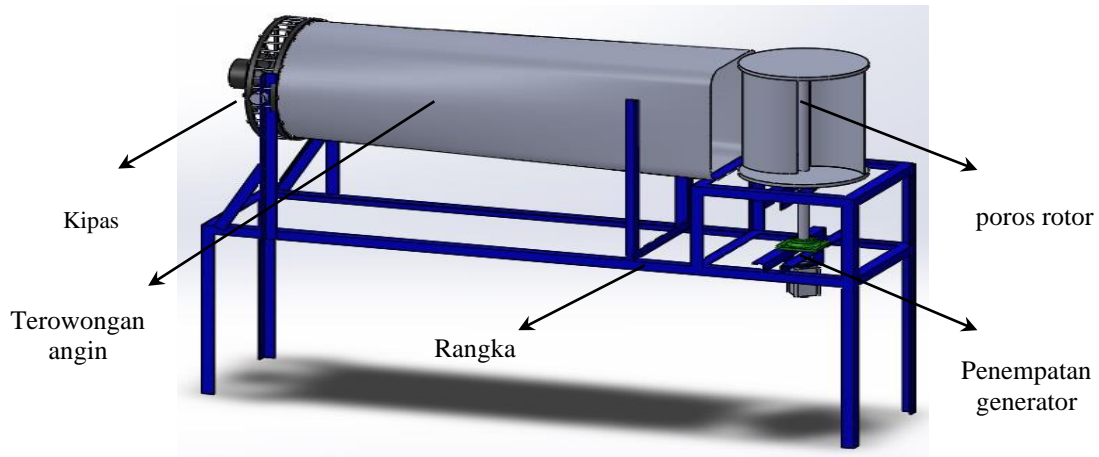


Gambar 1 Digram alir penelitian

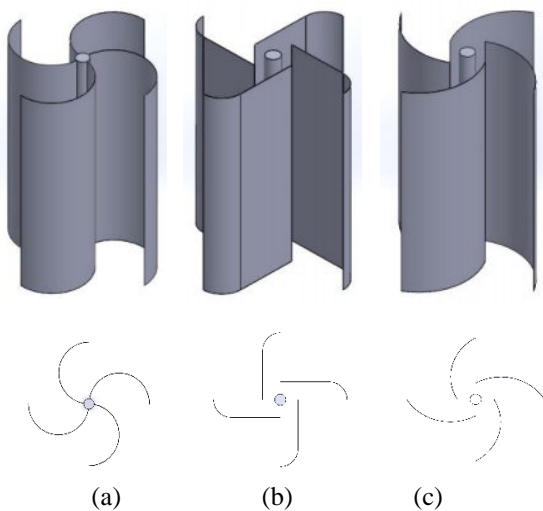
Desain turbin

Turbin dibuat dengan diameter 300mm dan tinggi 400mm. Pengujian dilakukan menggunakan terowongan angin sepanjang 1meter. Terowongan angin dibuat sederhana dan lurus, meskipun *wind tunnel* atau terowongan angin mempengaruhi kinerja turbin angin [8]. Kecepatan angin didapat berdasarkan kecepatan yang dibangkitkan oleh kipas angin, yaitu 2.9 m/s, 3.2 m/s, dan 3.3m/s. Model profil yang akan diuji adalah profil L, U, dan S yang terbuat dari material aluminium dengan ketebalan 0,3mm dan masing-masing memiliki 4 sudu lurus. Turbin ditumpu oleh rangka yang terbuat dari baja siku dan memiliki dimensi panjang 1600mm, lebar 400mm dan tinggi 900mm.

Konstruksi turbin



Gambar 2 Instalasi penelitian



Gambar 3 Model sudu yang digunakan a.Tipe U b.Tipe L c.Tipe S

Ketiga model profil turbin akan dibandingkan kinerjanya untuk mendapatkan jenis profil mana yang memiliki kinerja paling optimal.

Cara kerja turbin

Adapun prosedur kerja turbin adalah ketika angin dihembuskan dari blower dengan variasi kecepatan 2.9, 3.2, 3.3 m/s, kemudian akan mengenai sudu yang menyebabkan rotor akan berputar. Putaran poros rotor akan menggerakkan generator, disinilah akan muncul tegangan dan arus listrik. Pengukuran putaran dilakukan pada poros rotor dengan menggunakan tachometer, sedangkan tegangan dan arus listrik diukur menggunakan multimeter.

Rumus yang digunakan

Untuk menentukan daya listrik digunakan rumus:

$$P_{generator} = V \cdot I \dots\dots\dots(1)$$

dimana P adalah daya yang dibangkitkan oleh generator (watt), v adalah tegangan (volt) dan I adalah arus listrik (ampere).

Untuk menghitung daya turbin digunakan rumus:

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

dimana P_{angin} adalah daya teoritis turbin (watt), ρ adalah massa jenis udara (kg/m^3), A adalah luas permukaan bidang sapuan sudu turbin dan v adalah kecepatan angin (m/s).

untuk menghitung efisiensi turbin:

$$\eta = \frac{P_{generator}}{P_{angin}} \dots\dots\dots(3)$$

dimana η adalah efisiensi turbin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian turbin dengan jumlah sudu 4 dan model profil yang berbeda memiliki performance yang baik. Ketiga profil U, S dan L mampu berputar dengan cepat pada rentang putaran 129.3 sampai 177.63 rpm. Kecepatan angin memberikan pengaruh terhadap kecepatan putar poros turbin. Semakin tinggi kecepatan angin, maka semakin besar putaran yang dihasilkan (gambar 4).

Tegangan yang dihasilkan oleh turbin juga sangat dipengaruhi oleh putaran rotor. Semakin tinggi putaran rotor, maka semakin tinggi tegangan

yang dihasilkan. Begitu juga dengan daya listrik yang dibangkitkan, semakin tinggi tegangan listrik yang dihasilkan maka daya listrik yang dihasilkan juga akan semakin tinggi (gambar 5).

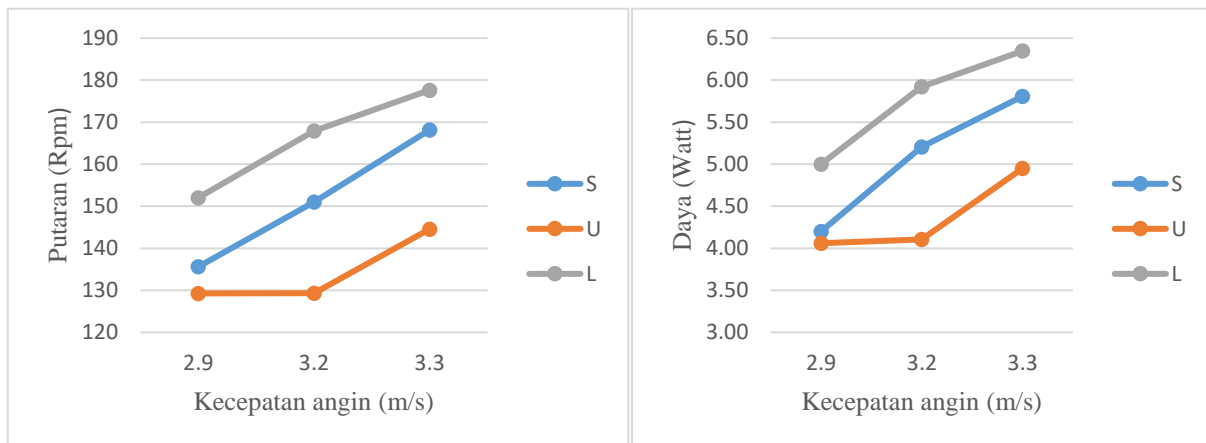
Data penelitian menunjukkan bahwa kinerja turbin untuk sudu model S pada kecepatan angin 3.3 m/s turbin mampu berputar pada kecepatan 168,8 rpm dengan menghasilkan tegangan 3,63 volt dan membangkitkan listrik 5.81 watt. Untuk profil U, pada kecepatan angin 3.3 m/s mampu memutar turbin mencapai 144.56 rpm dan menghasilkan listrik 3.3watt. Sedangkan untuk profil L pada kecepatan angin 3.3 m/s putaran poros mampu mencapai 177.63 rpm dan menghasilkan daya 6.35 watt pada tegangan 4 volt (lihat tabel 1).

Model profil L memberikan kinerja yang lebih baik dibandingkan profil lainnya. Kinerja profil L yang baik ini disebabkan lengkungan L yang mampu mereduksi turbulen yang terjadi di

ujung profil sudu, sehingga aliran angin yang terjadi di belakang profil menjadi lebih halus, hal ini menyebabkan putaran turbin lebih ringan dan turbin akan berputar lebih cepat.

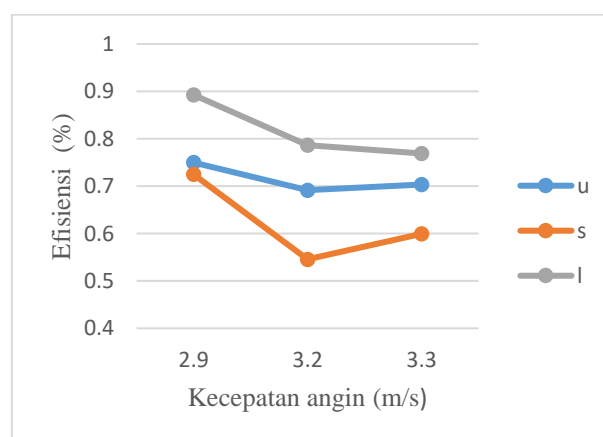
Tabel 1 Data hasil pengujian

| Profil | Kecepatan angin (m/s) | Putaran poros (rpm) | Tegangan (volt) |
|--------|-----------------------|---------------------|-----------------|
| S | 2.9 | 135.6 | 3.00 |
| | 3.2 | 151.03 | 3.47 |
| | 3.3 | 168.16 | 3.63 |
| U | 2.9 | 129.26 | 2.9 |
| | 3.2 | 129.3 | 2.9 |
| | 3.3 | 144.56 | 3.3 |
| L | 2.9 | 152.03 | 3.3 |
| | 3.2 | 167.96 | 3.7 |
| | 3.3 | 177.63 | 4.0 |



Gambar 4 Kecepatan angin vs putaran

Gambar 5 Kecepatan angin vs daya



Gambar 6 Kecepatan angin vs efisiensi turbin

Tabel 2 Daya listrik yang dihasilkan dari berbagai tipe profil dan kecepatan angin

| Kecepatan Angin (m/s) | Tipe S | | Tipe U | | Tipe L | |
|-----------------------|---------------|-------------|---------------|-------------|---------------|-------------|
| | Putaran (Rpm) | Daya (Watt) | Putaran (Rpm) | Daya (Watt) | Putaran (Rpm) | Daya (Watt) |
| 3 | 135.60 | 4.20 | 129.26 | 4.06 | 152.03 | 5.00 |
| 3,3 | 151.03 | 5.21 | 129.30 | 4.11 | 167.96 | 5.92 |
| 3,5 | 168.16 | 5.81 | 144.56 | 4.95 | 177.63 | 6.35 |

KESIMPULAN

Hasil penelitian berupa purwarupa turbin angin savonius empat sudu sebagai media pembelajaran mahasiswa telah selesai dilakukan. Turbin angin dapat bekerja dengan baik dan layak untuk dijadikan sebagai media pembelajaran. Penelitian menunjukkan bahwa:

1. Semakin tinggi kecepatan angin, semakin tinggi putaran rotor yang dihasilkan dan semakin tinggi pula daya yang dibangkitkan.
2. Jenis profil sudu memberikan pengaruh terhadap kinerja turbin. Model profil L mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan profil U dan S.

PENGHARGAAN

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Bangka Belitung sebagai pemberi dana penelitian dengan skema program Penelitian Dosen Tingkat Jurusan (PDTJ) Tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Teknik, M. Energi, F. Teknik, and U. N. Surabaya, "UJI EKSPERIMENTAL TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL JENIS CROSS FLOW DENGAN VARIASI JUMLAH BLADE Moch Fachruddin Wahyu Permadi

Abstrak," *JTM*, vol. 06, no. Nomor 1, pp. 25–31, 2005.

- [2] E. Pane, "Optimasi perancangan turbin angin vertikal tipe darrieus untuk penerangan di jalan tol," no. November, pp. 1–2, 2017.
- [3] I. S. Mulyana, J. Teknik, M. Fakultas, T. Industri, and U. Gunadarma, "Perancangan Turbin angin vertikal Savonius Sebagai Sumber Energi Untuk penerangan Jalan Tol," *UG J.*, vol. 11 Nomor 3, p. 27, 2017.
- [4] R. Sumiati, D. A. Zamri, S. Pengajar, J. Teknik, M. Politeknik, and N. Padang, "Rancang Bangun Miniatur Turbin Angin Pembangkit Listrik Untuk Media Pembelajaran," *J. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2013.
- [5] [5] C. I. Saputra, C. E. Rustana, and H. Nasbey, "PENGEMBANGAN TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE TRIPLE-STAGE SAVONIUS DENGAN POROS GANDA SNF2015-VII-43 SNF2015-VII-44," vol. IV, pp. 43–46, 2015.
- [6] [6] M. H. Haqqqi, G. Nugroho, S. T. Mt, and A. Musyafa, "Rancang Bangun Turbin Angin Vertikal Jenis Savonius dengan Variasi Jumlah Blade Terintegrasi Circular Shield untuk Memperoleh Daya Maksimum," vol. 7, no. 7, pp. 1–6, 2013.
- [7] [7] Hicary, Suwandi, and A. Qurthobi, "Analisis Pengaruh Jumlah Sudu Pada Turbin Angin Savonius Di Dalam Proses Pengisian Akumulator," vol. 3, no. 3, pp. 4911–4918, 2016.
- [8] [8] A. M. Siregar, "RANCANG BANGUN WIND TUNNEL SEDERHANA UNTUK," vol. 2, no. 2, pp. 92–97, 2016.

Petunjuk Umum

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

Petunjuk Penulisan

Petunjuk penulisan antara lain sebagai berikut:

1. Judul Jurnal Ilmiah

Memberi gambaran penelitian yang telah dilakukan. Berisi maksimal 15 kata. Times New Roman 11, spasi 1, spacing after 6 pt dan ditebalkan (*Bold*).

2. Nama penulis

- Nama penulis tanpa menggunakan gelar, ditulis di bawah judul. Jarak antara judul dan nama penulis diberi satu spasi kosong, dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt, *Bold*.
- Nama program studi dan fakultas (nama lembaga) ditulis di bawah nama penulis. Jarak antara nama penulis dan lembaga diberi satu spasi kosong, dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt, spacing after 6 pt.
- Email penulis pertama ditulis di bawah nama lembaga. Email ditulis dengan ukuran huruf Times New Roman 10 pt dan dicetak miring (*italics*). Jarak antara nama lembaga dan email spacing after 6 pt., dengan ukuran huruf Times New Roman 11 pt.

3. Abstrak

Abstrak hanya satu paragraf maksimum 250 kata, memuat uraian singkat mengenai masalah dan tujuan penelitian, metode yang digunakan, dan hasil penelitian. Tekanan penulisan abstrak terutama pada hasil penelitian. Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Kata kunci perlu dicantumkan untuk menggambarkan ranah masalah yang diteliti dan istilah-istilah pokok yang mendasari pelaksanaan penelitian. Kata-kata kunci dapat berupa kata tunggal atau gabungan kata. Jumlah kata kunci 3-5 kata. Kata kunci ini diperlukan untuk komputerisasi. Pencarian judul penelitian dan abstraknya dipermudah 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)

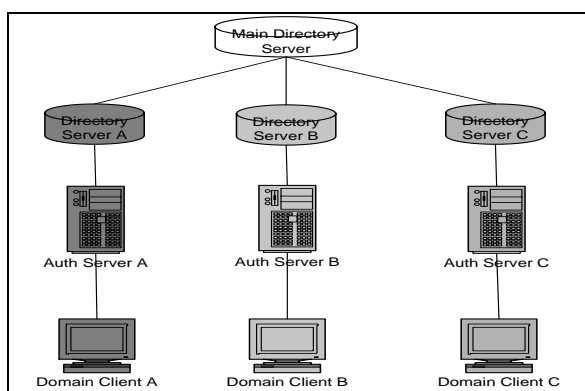
| Kolom 1 | Kolom 2 | Kolom 3 | Kolom 4 |
|---------|---------|---------|---------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

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

