

P.ISSN : 2502-2040

E.ISSN : 2581-0138

MACHINE

JURNAL TEKNIK MESIN

Vol. 7 No. 1 April 2021

Jurnal
Teknik Mesin

Vol. 7

No. 1

Hal

April 2021

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

Manajer Jurnal:
Eka Sari Wijianti, S.Pd., M.T.

Anggota Editor:
Yudi Setiawan, S.T., M.Eng.
Budi Santoso Wibowo, S.Pd., M.Eng.
Occa Roanica, M.Si.

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

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

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

Email:machineteknikmesin@gmail.com

Alamat Redaksi

Gedung Dharma Pengabdian
Jurusan Teknik Mesin – Fakultas Teknik
Kampus Terpadu Universitas Bangka Belitung
Balunijuk, Kabupaten Bangka Prov. Bangka
Belitung

Laman: mesin.ubb.ac.id
Email: mesinubb@yahoo.com

PENGANTAR EDITOR

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

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

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

Tim Redaksi
Machine; Jurnal Teknik Mesin

DAFTAR ISI

PERANCANGAN ALAT Pengeruk Garam Menggunakan Sistem <i>BLADE DOZER</i> dan Conveyor	1
Laily Uliyah ¹ , Dika Rama ² , Amin Jakfar ³	
DESAIN MESIN Penghancur Sisik Ikan, Daun dan Ranting Tanaman: Efek Jumlah Pisau Terhadap Diameter dan Kapasitas Produksi	6
N.H. Sari ¹ , W.B. Erika ² , Suteja ³	
PEMILIHAN <i>TORQUE CONVERTER</i> Untuk Meningkatkan Performa Kendaraan Transmisi Otomatis	11
Deny Nusyirwan	
PENGARUH PARAMETER Pengelasan <i>RESISTANCE SPOT WELDING</i> Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik <i>MULTI-LAYER</i> Logam Tak Sejenis Berbeda Ketebalan	16
Haikal ¹ , Moch.Chamim ¹ , Edy Suryono ¹ , Fatimah Nur Hidayah ¹ , Triyono ²	
RANCANG BANGUN MESIN Pemotong Kentang Berbentuk <i>STICK</i>	25
Edi Irwan, Saparin, Eka Sari Wijianti, dan Yudi Setiawan	
ANALISIS MATERIAL Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan <i>SOFTWARE AUTODESK INVENTOR</i>	30
Aris Toteles ¹ Firman alhaffis ²	
STRUCTURE DESIGN AND STRENGTH ANALYSIS OF CHILD SEAT FOR MOTORCYCLE	38
D. Ginanti, H. N. Fauzah, M.B.N. Akbar, F. Triawan	

PERANCANGAN ALAT Pengeruk Garam Menggunakan Sistem *BLADE DOZER* DAN CONVEYOR

Laily Uliyah¹, Dika Rama², Amin Jakfar³

^{1, 2, 3} Teknik Mesin Alat Berat, Politeknik Negeri Madura

Jalan Raya Taddan Km.4, Camplong, Sampang, Madura

lailyulfiyah0608@gmail.com¹

Abstrak

Pulau Madura merupakan salah satu penyokong kebutuhan garam nasional, dan proses panen garam masih dilakukan secara tradisional. Hal ini menyebabkan produksi garam masih kurang untuk memenuhi kebutuhan garam nasional. Untuk itu dibutuhkan alat yang mampu membantu produksi garam. Perancangan dan pembuatan alat pengeruk garam untuk membantu proses panen garam merupakan salah satu cara mengatasi hal ini. Alat pengeruk garam ini dirancang dengan memanfaatkan fungsi *blade* yang bergerigi pada *dozer* untuk memecah dan mengeruk garam, serta memanfaatkan fungsi *conveyor* yang digerakkan dengan mesin Honda Astrea Grand 100cc untuk membantu garam masuk ke penampung. Pada alat ini juga dilengkapi karung penampung kapasitas 25 Kg, sehingga garam bisa langsung diangkut dari lahan ke tempat penampungan akhir untuk dijemur. Material rangka yang dipakai adalah pipa besi diameter 2inch sebagai pegangan kendali alat, plat besi galvanis 2mm sebagai bahan conveyor dan besi hollow dipakai sebagai rangka. Sistem kerja alat ini, yaitu mengeruk, menampung dan garam bisa langsung diangkut ke tempat penampungan. Alat ini mampu mempercepat proses panen garam sebesar 100% daripada dengan menggunakan pengeruk manual sekaligus menghemat tenaga petani garam.

Kata kunci: garam, blade, conveyor, pengeruk

Abstract

Madura Island is one of the supporters of the national need for salt, and the salt harvesting process is still carried out traditionally. This causes salt production to be insufficient to meet national salt needs. For that we need a tool that can help salt production. The design and manufacture of a salt scraper to assist the salt harvesting process is one way of dealing with this. This salt scraper is designed to take advantage of the function of the serrated blade on the dozer to break and dredge the salt, as well as to take advantage of the conveyor function which is driven by the Honda Astrea Grand 100cc engine to help the salt enter the container. This tool is also equipped with a storage sack with a capacity of 25 kg, so that the salt can be directly transported from the land to the final storage area for drying. The frame material used is a 2 inch diameter iron pipe as a tool control handle, 2mm galvanized iron plate as a conveyor material and hollow iron is used as a frame. The working system of this tool, namely dredging, storing and the salt can be directly transported to the shelter. This tool is able to speed up the salt harvesting process by 100% compared to using a manual scraper while saving the labor of salt farmers.

Keywords : salt, blade, conveyor, dredge

PENDAHULUAN

Komoditas garam, selain untuk memenuhi kebutuhan konsumsi juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri. Tercatat kebutuhan garam nasional pada 2015 untuk konsumsi dan industri sebesar 3,8 juta ton yang terdiri atas 1,7 juta ton untuk keperluan konsumsi dan 2,1 juta ton untuk keperluan industri. Produksi garam nasional yang

dilakukan oleh petani garam dan PT. Garam sebagai satu-satunya BUMN yang memproduksi garam hanya sebesar 2,1 juta ton. Pemenuhan kekurangan garam sebesar 1,7 juta ton dipenuhi dari impor. Kondisi ini menunjukkan suatu ironi dimana Indonesia merupakan negara yang kaya akan potensi sumberdaya laut namun belum mampu memenuhi kebutuhan garam nasional. Hal itulah yang menyebabkan Indonesia mengimpor garam dengan nilai Rp lebih dari 1 triliun (~90,000 USD) setiap tahunnya [1].

Produksi garam yang diterapkan masyarakat Madura pada umumnya masih bersifat tradisional, seperti pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**, berupa pengeruk dari kayu dengan menggunakan tenaga manusia sehingga membutuhkan waktu pengerjaan yang cukup lama dan perlu tenaga pengeruk yang banyak. Sehingga produksi garam masih belum bisa maksimal, karena peralatan dalam proses panen garam masih konvensional. Untuk itu dibutuhkan alat yang dapat membantu proses panen sehingga produksi meningkat. [2]



Gambar 1 Proses Panen Garam dengan Pengeruk Manual [3]



Gambar 2 Pengangkutan Garam Hasil Keruk [3]

Perancangan alat pengeruk yang dapat membantu proses pengerukan garam ini dirancang dengan sistem *blade* dan *conveyor* yang merupakan hasil modifikasi dari alat yang ada sebelumnya di pasar. Dengan konsep desain, yaitu penambahan komponen *blade* dan *conveyor* serta perubahan dimensi menyesuaikan kondisi beban.

Penggunaan sistem pengerukan pada dozer akan dipakai sebagai alat pengeruk pada alat pengeruk garam yang akan dirancang. Pengeruk menggunakan sistem *blade* pada *dozer*, yaitu universal blade (*U-blade*) yang dilengkapi dengan sayap (*wing*) yang terdapat di sisi blade kegunaanya untuk efektifitas produksi. Pada *dozer blade* ini memungkinkan dozer membawa/mendorong muatan lebih banyak,

umumnya bulldozer dengan jenis ini digunakan untuk pekerjaan reklamasi tanah (*land reclamation*) [4].

Berdasarkan Gambar 3 pada kenyataannya alat pengeruk yang sudah ada dipasaran hanya untuk pengerukan tidak disertai dengan penambahan sistem penumpahan ke karung garam berupa *conveyor*.



Gambar 3 Alat Pengeruk di Pasaran [5]

METODE

Diagram Alir Perancangan Pembuatan Alat

Proses perancangan pembuatan alat dalam bentuk diagram alir pada Gambar 4. Berdasarkan Gambar 4 alat dan bahan yang digunakan adalah:

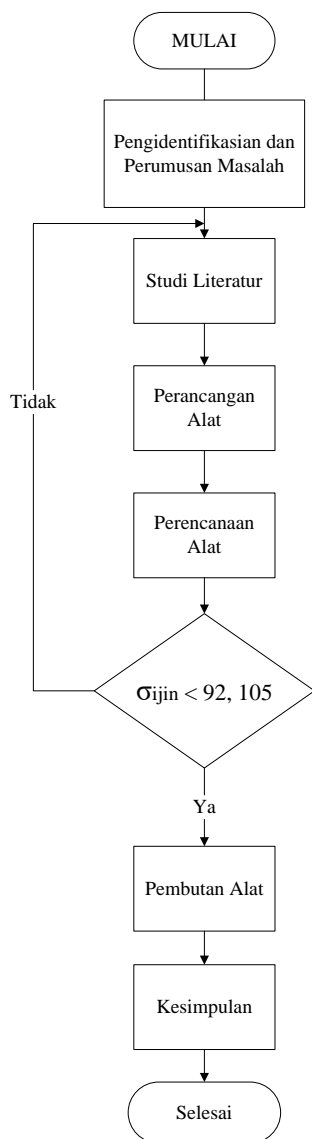
1. Plat besi
2. Pipa besi
3. Besi *Hollow*
4. Mesin Honda *astrea* 100cc untuk penggerak *conveyor*
5. Sprocket
6. Roda ban 14 80/90
7. Tuas dan kabel rem
8. Rantai
9. Drum brake set
10. Velg R14
11. Mesin las
12. Peralatan bengkel
13. As roda

Desain Alat

Desain alat pengeruk ini pada Gambar 5.

Keterangan Alat:

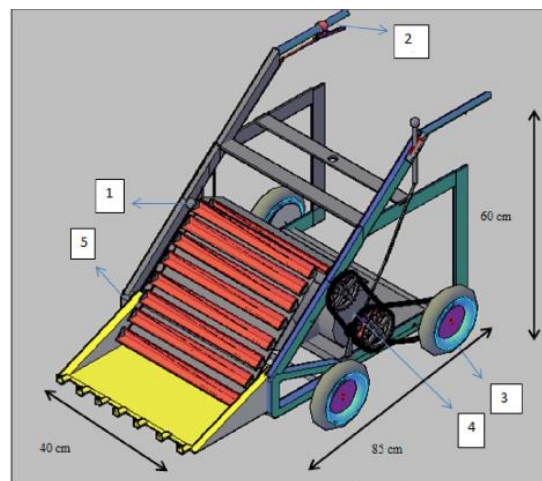
1. Conveyor
2. Pegangan sebagai kontrol gerakan alat
3. Roda R14 ban 15 80/90
4. Mesin penggerak *conveyor Gasoline engine, daya 5,5 HP atau 3600 rpm*
5. *Blade*



Gambar 4 Diagram Alir Perencanaan

Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja alat pengeruk garam, yaitu mesin memutar sprocket, kemudian putaran sprocket diteruskan rantai ke bagian sproket penggerak conveyor. setelah mesin menyala conveyor ikut menyala, lalu roda bergerak maju blade akan mengeruk garam kearah depan dan digunakan untuk menggerakkan conveyor agar dapat berputar menumpahkan garam tersebut ke wadah (karung penampung), sehingga garam yang terkeruk dapat langsung masuk ke wadah yang telah disediakan. Apabila garam diwadah sudah penuh wadah dapat diganti secara manual ketika ditepi petak garam.



Gambar 5 Desain Alat Pengeruk

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan

1. Perancangan conveyer

- Penentuan Sudut Kemiringan Conveyor Untuk mengetahui sudut yang digunakan dapat dihitung menggunakan persamaan 1 [6]

$$\tan \theta = \frac{L}{P} \dots \dots \dots (1)$$

Maka sudut kemiringan conveyor dengan penentuan lebar rangka (L) =40 cm dan tinggi rangka (P) = 60cm,

$$\tan \theta = \frac{40}{60}$$

$$\tan \theta = \frac{40}{60}$$

$$\tan \theta = 0,67$$

$$\theta = 33,8^\circ$$

Sudut kemiringan conveyor = 33,8°

- Penentuan Panjang Conveyor Panjang perancangan conveyor berdasarkan tinggi dan panjang rangka dapat dihitung menggunakan persamaan 2 [7]

$$c^2 = a^2 + b^2 \dots \dots \dots (2)$$

Maka panjang conveyor, adalah

$$c^2 = a^2 + b^2$$

$$c^2 = 40^2 + 60^2$$

$$c^2 = 5200$$

$$c = \sqrt{5200} = 72,1 \text{ cm}$$

- Penentuan Kecepatan Kecepatan yang dibutuhkan untuk menyalurkan garam pada corong penampungan, dengan persamaan 3 [8]

$$v = \text{rpm mesin} \times \text{tinggi corong} \dots\dots\dots(3)$$

maka,

$$v = 1800 \text{ rpm} \times 0,3 \text{ m} = 540 \text{ m/menit} = 9 \text{ m/detik}$$

- Kecepatan yang dibutuhkan perbucket ke corong dengan persamaan 4, [9]
 $v = \text{Rpm} \times \text{keliling pulley} \dots\dots\dots(4)$

Dengan

Keliling pulley = 0,3 m
 n = 40 Rpm (asumsi)
 v = 40 Rpm x 0,3 m = 12 meter/menit
 v = 0,2 meter/detik

- Waktu berdasarkan panjang lintasan conveyor dengan persamaan 5 [10]

$$t = \frac{\text{panjang lintasan conveyor} \text{ cm}}{\text{jumlah bucket} \times \text{kecepatan perbucket} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} \dots\dots(5)$$

Dengan'

Panjang lintasan conveyor = 72,1 cm
 Jumlah bucket = 8
 Kecepatan per bucket = 0,2 m/s

Maka,
 $t = \frac{72,1 \text{ cm}}{8 \times 0,2 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}$

t = 45 detik
 Berarti waktu kecepatan yang dihasilkan untuk mengangkut garam 1 kg garam membutuhkan 0,45 detik.

Perancangan Rangka

1. Tegangan Kerja

Tegangan kerja pada kontruksi rangka dapat dihitung menggunakan persamaan 6 [11]

$$w = \frac{M.c}{I} \dots\dots\dots(6)$$

Atau

$$\sigma_m = \frac{\epsilon f}{A}$$

Dengan:

- W = Tegangan kerja ($\frac{N}{m}$)
- M = Momen pada Rangka ($N.m$)
- I = Inersia (m)
- c = Titik tengah profil material (m)

maka,

$$\text{tegangannya kerja} = \frac{\text{gaya wadiah} + \text{gaya mesin}}{p \times l}$$

$$\text{tegangannya kerja} = \frac{25 \text{ kg} + 20 \text{ kg}}{60 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}} = 0,01875 \text{ kg/cm}^2$$

2. Tegangan Ijin

Tegangan ijin dengan persamaan 7 [12]

$$\sigma_t = \frac{\sigma_m}{sf} \dots\dots\dots(7)$$

Maka dengan nilai safety faktor seperti pada kondisi berikut sesuai dengan **Tabel 1** nilai tegangan ijin untuk alat pengeruk ini adalah:

$$\sigma_{ijin} = \frac{0,01875 \text{ kg/cm}^2}{2} = 0,009375 \text{ kg/cm}^2$$

safety factor yang digunakan adalah 2

Tabel 1 Nilai Safety Factor

NO	Safety factor	Kondisi
1	1,25 – 1,5	Kondisi terkontrol dan tegangan kerja dapat dipastikan
2	1,5 – 2	Bahan sudah diketahui, kondisi lingkungan beban dan beban yang tetap dan dapat dengan mudah ditentukan
3	2 – 2,5	Benda beroperasi secara rata-rata dengan batasan beban yang diketahui
4	2,5 – 3	Bahan diketahui tanpa melalui tes, pada kondisi beban dan tegangan rata-rata
5	3 – 4,5	Bahan sudah diketahui, beban, tegangan dan lingkungan yang tidak pasti

Sumber: [13] [15]

3. Spesifikasi Mesin

Berikut **Tabel 2** menunjukkan spesifikasi mesin yang akan digunakan

Tabel 2 Spesifikasi mesin

Kategori	Spesifikasi
Tipe	Air cooled 4 tak OHV single Cylinder, Horizontal Shaft
Volume silinder	163 cc
Torsi maksimum	10,3 Nm / 2500 rpm
Output maksimum	5,5 HP / 3600 rpm
Kapasitas tangka	3,1 liter
Kapasitas oli	0,6 liter
Dimensi	312 x 363 x 335 mm

Untuk menentukan putaran poros yang direduksi agar sesuai dengan kebutuhan tenaga untuk menggerakkan alat menggunakan persamaan 8 [14].

$$i = \frac{N1}{N2} = \frac{D1}{D2} \dots\dots\dots(8)$$

Maka,

$$i = \frac{N2}{N1}$$

$$i = \frac{2500 \text{ rpm}}{1000 \text{ rpm}}$$

$$i = \frac{2,5}{1}$$

$$i = \frac{Dp}{dp} = \frac{2,5}{1}$$

Jadi perbandingan Dp : dp adalah 2,5 : 1 maka untuk mendapatkan putaran poros 600 rpm dapat digunakan pulley dengan diameter 20 cm dan 8 cm. pulley tersebut digunakan untuk transmisi pada mesin yang akan dihubungkan ke mesin.

Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat



Gambar 5 Hasil Perancangan dan Pembuatan Alat

4. Uji Coba dan Perbandingan

Data hasil uji coba pada **Tabel 3** dengan asumsi luas lahan 60 m², yaitu 10 x 6 m, dengan ketebalan garam ± 2 cm. Sedangkan karung penampung garam mempunyai kapasitas 25 Kg.

Tabel 3 Data Hasil Uji Coba

NO	Kg garam	Waktu menggunakan alat (menit)	Waktu produksi manual (menit)
1	25 Kg	0,75	4.61

KESIMPULAN

Berdasarkan data uji coba dapat disimpulkan bahwa untuk memanen garam dengan luas lahan 60m² membutuhkan waktu sekitar 36 menit, sedangkan untuk produksi manual membutuhkan waktu 221,8 menit atau 13,308 jam. Penggunaan blade dan conveyor mempercepat proses pengerukan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Ihsanudin, S. P. (2016). Strategi Pemberdayaan Ekonomi Petani Garam Melalui Pendayagunaan Aset Tanah Pegaraman. Economics Development Analysis Journal, 15.

[2] Safuan, Anwar. “Di Tengah Panceklik, Petani Garam Jepara Masih Tersenyum”. Media Indonesia. 24 Juli 2019.

[3] Bahri, Saiful. Di Tengah Panceklik, Petani Garam Jepara Masih Tersenyum”. Media Indonesia. 24 Juli 2019.

[4] Jumantoro, S. (2013). Mesin-Mesin Khusus Alat Berat Buldozer. Yogyakarta

[5] Dewa. “Alat Panen Garam dari Pati Dipesan Kementerian Desa” Suara Merdeka. 18 April 2018.

[6] Forbo Group. PT Forbo Siegling Indonesi. No ref 206.23. Bandung, Jawa Barat. .

[7] Mulyono, M.T., Hendrayati, Roro Heni. “Rancang Bangun Belt Conveyor untuk Penyaji Makanan”. Pada Seminar Nasional Teknologi dan Rekayasa (SENTRA 2016), vol. IV. 2017.

[8] Sularso, K. S. (2004). Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin. Jakarta:

[9] Cahyadi, Dadi., Azis, Gilang Febri. “Perancangan Belt Conveyor Kapasitas 30 Ton/Jam Untuk Alat Angkut Kertas”. Pada SINTEK Vol 9 No. 1.

[10] Daryanto, D. (2012). Dasar-Dasar Teknik Mesin. Jakarta: PT. Rineka Cipta

[11] Warren C. Young, R. G. (2002). Roark's Formulas for Stress and Strain . New york : the McGraw-Hill.

[12] Gupta, R. K. (2005). A TEXTBOOK OF Machine Design. Ram Nagar, New Delhi: Eurasia Publishing House (PVD.) LTD.

[13] Sofyan, B. t. (2010). Pengantar Material Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.

[14] Pongsapan, L. (2016). Pengaruh Pembebanan Overload Bucket Terhadap Kekuatan Material Komponen Arm Pada Excavator Volvo EC700B Tipe Crawler. Transmisi.

[15] Priambodo, A. B. (1982). ELEMEN MESIN. JAKARTA: ERLANGGA

DESAIN MESIN PENGHANCUR SISIK IKAN, DAUN DAN RANTING TANAMAN: EFEK JUMLAH PISAU TERHADAP DIAMETER DAN KAPASITAS PRODUKSI

N.H. Sari¹, W.B. Erika², Suteja³

^{1,2,3} Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mataram.

Jl. Majapahit No. 62, Mataram, NTB, 83125, Indonesia.

E-mail: n.herlinasari@unram.ac.id.

Abstrak

Penyelidikan dan penanganan limbah seperti sisik ikan, daun dan ranting tanaman untuk mengurangi pencemaran lingkungan masih terus menjadi perhatian para peneliti. Pengolahan terhadap ketiga limbah ini belum optimal dan biasanya dibuang begitu saja. Oleh karena itu, dalam penelitian ini alat penghancur sisik ikan, daun dan ranting tanaman dirancang untuk mengolah ketiga limbah ini menjadi bubuk dan memudahkan pemanfaatannya. Alat ini menggunakan sistem penghancur yang terdiri dari 8 bilah putar dan 4 bilah tetap yang langsung dari poros mesin dan dioperasikan menggunakan sebuah motor listrik, bantalan dan pisau pencacah. Dalam penelitian ini, perhitungan, desain dan pengujian mesin penghancur sisik ikan menggunakan bahan eksperimental yaitu sisik ikan, daun dan ranting pohon serta daya motor listrik yang digunakan adalah 1 hp yang dapat bekerja 8 jam/hari dengan rata-rata kapasitas produksi sebesar 10 kg/hari. Poros mesin digunakan material S35C-D dengan diameter 8 mm. Hasil penelitian dari mesin penghancur ini menunjukkan bahwa lebih optimal untuk digunakan pada material daun.

Kata kunci: Serbuk sisik ikan, Daya mesin, Kapasitas produksi, Serbuk daun, Cabang pohon.

Abstract

Fish scales are the result of fish waste that is often found in the community environment. Fish scales are usually immediately discarded. In this study, a fish scales shredder was designed to destroy fish scales into powder. This machine uses a crushed system consisting of 8 rotary blades and 4 fixed blades which are directly from the shaft of the electric motor. This machine is operated by using an electric motor by using an engine shaft, bearings and chopper blades. In this study, calculations, design and testing of fish scales shredder with experimental material, namely fish scales, leaves and twigs. In this study, the electric motor power used is 1 hp that can work 8 hours / day with an average production capacity of 10 kg / day. The diameter of the shaft used is 8 mm with S35C-D material. The results of this shredder research machine are more optimally used in leaf material.

Keywords : Fish scale powder, Power engine, Production capacity, Leave powder, Branch of plants

PENDAHULUAN

Sampai saat ini, pencemaran lingkungan merupakan masalah masyarakat modern yang masih belum terpecahkan. Salah satu penyebab pencemaran lingkungan ini karena ketidakpedulian manusia terhadap kebersihan dan kesehatan lingkungan misalnya limbah sisik ikan, ranting tanaman dan daun-daun kering. Limbah-limbah ini dibiarkan saja dan belum dimanfaatkan secara optimal karena dianggap tidak bermanfaat.

Luasnya laut menjadi modal utama sebagai ladang mata pencaharian, dan tempat penghasilan hidup untuk menangkap ikan. Ikan sering dijadikan

olahan makanan seperti abon ikan, nugget ikan, bakso ikan dan lain sebagainya. Ikan juga memiliki sirip dan sisik yang berlendir [1].

Limbah sisik ikan merupakan limbah yang belum dimanfaatkan dengan optimal meskipun beberapa riset telah melaporkan bahwa sisik ikan ini diketahui sebagai sumber kolagen karena ia memiliki kandungan kalsium, kitin, proksimat, alkaloid, fenol hidrokuinon, steroid, saponin, biuret, dan ninhidrin. Budirahardjo [1] telah membuat mesin pencacah untuk mengolah sisik ikan menjadi serpihan-serpihan kecil dan digunakan untuk aplikasi aplikasi socket dalam bidang kesehatan.

Napitupulu [2] telah membuat mesin pencacah sampah plastik. Alat ini memiliki 6 pisau putar dan 4 pisau tetap yang terikat pada dinding covernya dan dilengkapi dengan puli dan sabuk. Motor listrik digunakan untuk menjalankan mesin ini. Dalam waktu 1 jam, 20 kg sampah plastik menghasilkan serpihan plastik berukuran $\pm 10-15$ mm.

Sunarti [3] telah merancang mesin pengomposan dalam skala rumah. Desain mesin pengomposan dirancang dengan menyesuaikan tinggi badan masyarakat pada umumnya dengan memperhatikan keamanan dan kenyamanan pengguna. Bahan yang digunakan pada silinder pencacahan dengan laci penyimpanan kompos berupa stainless steel penggerak mesin menggunakan dynamo untuk mempermudah pemakaian. Mesin pengomposan terdapat 4 buah rak atau laci. Setiap rak atau laci mempunyai volume $0,032\text{m}^3$. Rata-rata waktu pencacahan sampah organik dengan berat 1200 gram yakni 48 detik sehingga mesin ini mampu mencacah sampah organik dengan kapasitas 25 gram/detik.

Rafi [4] 2018 telah membuat mesin penggiling daun dan ranting gambir. Mesin penggiling daun dan ranting gambir digunakan untuk melakukan proses pengolahan gambir. Mesin ini dimodifikasi dengan menambah kerangka utama. Kerangka terbuat dari besi siku berukuran 60 mm x 60 mm. panjang rangka 120 cm dan lebar 110 cm. hasil uji kinerja mesin didapatkan kapasitas optimal penggilingan gambir sebesar 8,45 kg/jam.

Setiawan [5] 2017 telah membuat mesin pencacah dan pemerias lidah buaya. Mesin ini memiliki kapasitas 30 kg/jam. Hasil cacahan digunakan sebagai bahan dasar kosmetik, penyembuh luka, dan perawatan kulit serta penyubur rambut.

Ajis [6] telah mendesain transmisi pencacah daun kering dengan sistem *pulley* dan *v-belt* dan memindahkan daya motor ke poros pisau. Alat ini dilengkapi dengan dua Pulley dan *v-belt*. Pulley satu dan pully dua berukuran 90 mm dan 150 mm berturut-turut.

Putra [7] telah membuat mesin pencacah sampah variasi sudut mata pisau potong dan variasi putaran mata pisau. Variasi sudut mata pisau pada 10° , 30° , 45° dan putaran pisau potong pada 500 rpm, 1000 rpm, 1500 rpm. Ia melaporkan bahwa pencacahan sampah organik optimal diperoleh pada variasi putaran 1000 rpm dengan mata pisau tipe 45° dan dalam waktu 3 menit.

Mahendra [8] 2019 telah mendesain mesin pencacah daun kering untuk mengolah daun kering yang berserakan di taman balai kota bandung. Teknik survey lapangan telah digunakan untuk pengumpulan data yang akan diterapkan dalam desain yang dibuat.

Zulfikri [9] 2019 telah membuat mesin pengguling daun teh, yang berfungsi untuk mengeluarkan cairan sel pucuk layu dengan mengguling teh pucuk layu. Ia melaporkan bahwa nilai rata-rata ketersediaan, efisiensi kinerja, laju mutu produk dan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) ditemukan sebesar 89.74%, 75.79%, 100% dan 67.99% berturut-turut. Nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada komponen-komponen Silinder pengguling, meja penggiling, poros engkol, elektro motor dan V-belt. Sebesar 21, 105, 120, 63 dan 30 berturut-turut. Dari studi-studi sebelumnya ini menunjukkan bahwa pengembangan desain mesin pencacah masih dibuat belum optimal dimana desain yang dibuat hanya dapat mengolah satu jenis limbah saja, tetapi tidak untuk mengolah jenis limbah lainnya.

Oleh sebab itu, studi ini bertujuan untuk merancang mesin pencacah atau penghalus sampah (limbah) yang lebih efisien dimana ada tiga limbah dapat diolah yaitu sisik ikan, daun dan ranting menjadi serbuk. Hasil studi ini dapat dimanfaatkan untuk mengurangi limbah, dan pencemaran lingkungan.

METODE PENELITIAN

Desain alat penghalus sisik ikan, daun dan ranting.

Mesin pencacah (sisik ikan, daun dan ranting) ini digerakkan dengan motor listrik. Gambar 1a dan 1b menunjukkan desain rangka mesin, bentuk pisau dan poros pada mesin pencacah. Bagian-bagian mesin pencacah diperlihatkan dalam gambar 2.

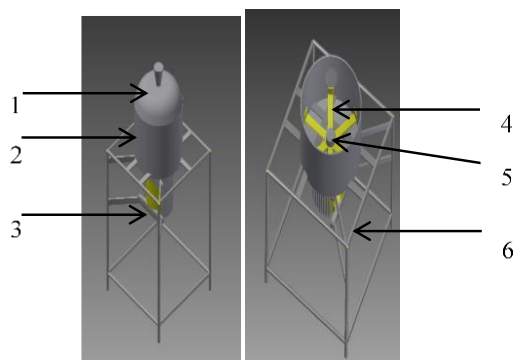
Daya motor listrik yang digunakan sebesar 1 hp. Diameter poros berukuran 7,14 mm menggunakan bahan S35C-D, Diameter dalam, dalam dan diameter luar bantalan berukuran 10 mm, dan 26 mm berturut-turut dan lebar 8 mm.

Perhitungan mesin

Mesin telah direncanakan menggunakan motor listrik arus bolak balik. Jam kerja mesin 8 jam/hari dengan massa pisau pemotong dipakai 0,5 kg per 1 pisau dengan jumlah pisau sebanyak 12 pisau, dengan masing-masing terdiri dari 8 buah pisau gerak dan 4 buah pisau statis. Jika massa bahan maksimum yang bisa dimasukkan ke dalam wadah penampungan adalah 1 kg, maka massa total yang diterima oleh poros pisau pemotong adalah 10 kg dengan (asumsi berat massa poros 3 kg). Putaran poros pisau pemotong yang diinginkan adalah 200 rpm.



Gambar 1 a. Bentuk rangka mesin, 1b. Bentuk pisau dan poros.



Gambar 2 Desain mesin pencacah. 1. penutup wadah, 2. wadah penghancur, 3. motor listrik, 4. pisau penghancur, 5. poros, 6. rangka mesin.

Torsi maksimum pada poros dapat dihitung menggunakan persamaan 1 [10] :

$$T = Fxr \dots\dots\dots(1)$$

dengan T adalah torsi maksimum (N.m), F adalah gaya maksimum (Kg) dan r adalah jari-jari pisau (mm).

Faktor koreksi daya pada motor dapat dihitung menggunakan persamaan 2 [10] :

$$P_d = f_c \times \frac{2 \times \pi \times n \times T}{60} \dots\dots\dots(2)$$

dengan f_c adalah faktor koreksi daya, dan n adalah putaran motor penggerak (rpm).

Diameter poros pada motor dapat dihitung menggunakan persamaan 3 [10] :

$$d_s = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \times K_t \times C_b \times T \right]^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(3)$$

dengan d_s adalah diameter poros (mm), K_t adalah faktor koreksi momen puntir, C_b adalah faktor koreksi lenturan, dan T adalah Momen torsi (kg/mm).

Gaya tangensial dapat dihitung menggunakan persamaan [10] :

$$F = \frac{T}{(d_s/2)} \dots\dots\dots(4)$$

dengan d_s adalah diameter poros (mm). Faktor kecepatan pada motor dapat dihitung menggunakan persamaan [10] :

$$f_n = \left(\frac{33,3}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(5)$$

dengan f_n adalah factor kecepatan. Beban ekuivalen dinamis pada poros dapat dihitung menggunakan persamaan 6 [10] :

$$P_r = X.V.F_r + Y.F_a \dots\dots\dots(6)$$

dengan, P_r adalah beban ekuivalen dinamis (Kg), F_a adalah beban aksial yang dialami oleh poros, F_r adalah gaya radial yang disebabkan oleh perputaran poros. Untuk beban putar pada cincin dalam $V = 1$. Faktor $X = 1$, dan $Y = 0$.

Faktor umur pada alat dapat dihitung menggunakan persamaan [10]:

$$f_h = f_n \frac{C}{P_r} \dots\dots\dots(7)$$

dengan, f_h adalah faktor umur (Kg), C adalah kapasitas nominal dinamis.

Umur nominal pada alat dapat dihitung menggunakan persamaan [10]:

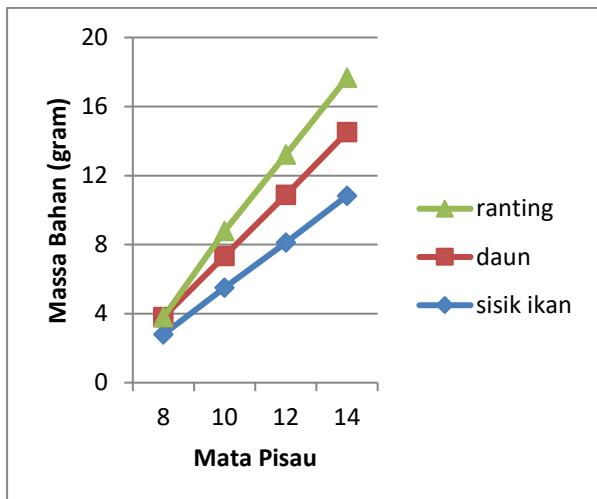
$$L_h = 500(f_h)^3 \dots\dots\dots(8)$$

dengan L_h adalah umur nominal (jam).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa massa bahan sisik ikan, daun dan ranting

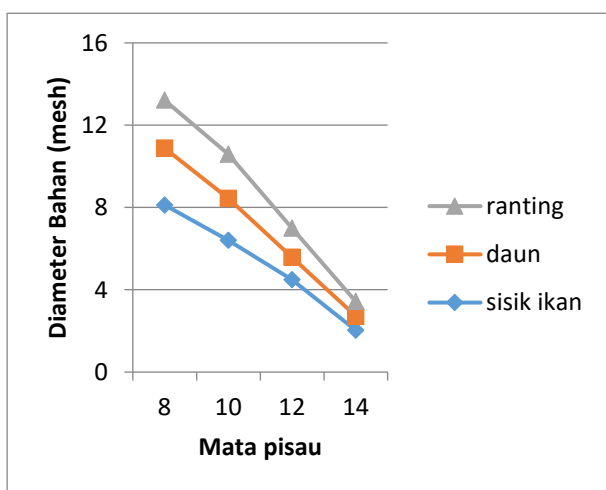
Gambar 3 menyajikan bahwa massa bahan (sisik ikan, daun, dan ranting) setelah dicacah dengan mata pisau. Dari gambar 3 diketahui bahwa bertambahnya jumlah mata pisau pada mesin maka massa produk yang dihasilkan semakin banyak. Dengan kata lain, jika jumlah mata pisau yang digunakan sedikit maka massa bahan yang dihasilkan juga sedikit. Massa bahan dari ranting tanaman (18 gram) dengan jumlah mata pisau sebanyak 14 buah ditemukan paling tinggi dibandingkan dengan massa bahan dari daun dan sisik ikan (13 gram dan 11 gram berturut-turut). Namun harus dipertimbangkan, jika semakin banyak mata pisau maka semakin besar pula beban yang diterima poros, sehingga untuk amannya digunakan 12 mata pisau.



Gambar 3 Perbandingan antara mata pisau dengan massa produk yang diuji.

Analisa massa bahan sisik ikan, daun dan ranting

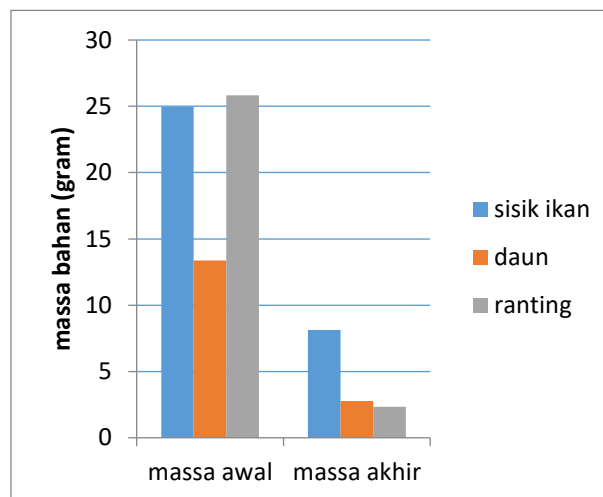
Gambar 4 menunjukkan hubungan mata pisau dengan diameter serbuk yang dihasilkan. Dari gambar 4, terlihat bahwa diameter bahan akhir (mesh) dengan ketiga jumlah massa bahan yang diuji (sisik ikan, daun, dan ranting) berbanding terbalik. Dimana semakin kecil ukuran diameter bahan akhir (mesh) maka produk yang dihasilkan semakin banyak. Sebaliknya semakin besar ukuran diameter bahan akhir (mesh) maka produk yang dihasilkan semakin sedikit. Hal ini menyiratkan bahwa sebaiknya diameter bahan akhir yang digunakan sebesar 40 mesh.



Gambar 4 Perbandingan antara diameter bahan akhir dengan massa produk yang diuji.

Analisa massa awal dan massa akhir dari bahan sisik ikan, daun dan ranting

Gambar 5 menyajikan kapasitas jumlah produksi dari ketiga jenis limbah berbeda. Dari gambar 5 diketahui bahwa kapasitas produksi massa awal dengan massa akhir dari produk yang diuji (sisik ikan, daun, dan ranting) diatas dapat terlihat bahwa massa awal lebih besar dari massa akhir. Penurunan massa dari massa awal dengan massa akhir ini terjadi dipengaruhi oleh diameter, ketebalan bahan, dan kerapuhan dari bahan limbah itu sendiri. Bahan dengan ukuran diameter dan ketebalan yang besar memakan waktu lebih lama untuk menghaluskannya daripada bahan dengan ukuran diameter dan ketebalan yang lebih kecil. Bahan yang rapuh lebih cepat halus atau hancur dibandingkan dengan bahan yang ulet.



Gambar 5 Kapasitas produksi massa awal dan massa akhir dengan bahan sisik ikan, daun dan ranting yang diuji.

KESIMPULAN

Dari hasil investigasi dan eksperimen yang dilakukan pada ketiga jenis limbah (sisik ikan, ranting dan daun kering) menunjukkan bahwa jumlah mata pisau yang digunakan sebanyak 12 buah dengan ukuran diameter bahan akhir sebesar 40 mesh. Pada kecepatan 900 rpm dan bahan baku 24,95 gram sisik ikan dapat menghasilkan massa bahan sebesar 8,12 gram yang menyiratkan bahwa ketiga limbah berbeda dapat dikurangi jumlahnya dan meminimalkan pencemaran lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Lab Material Teknik JTM Fakultas Teknik UNRAM yang telah menyediakan sarana dan prasarana untuk membuat alat pencacah ini. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada TIM perencana JTM yang telah membantu baik berupa materi maupun pikiran sehingga perencanaan dan paper ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Budirahardjo R., Sisik Ikan Sebagai Bahan Yang Berpotensi Mempercepat Proses Penyembuhan Jaringan Lunak Rongga Mulut, Regenerasi Dentin Tulang *Alveolar*. Jurnal Stomatognatik Kedokteran Gigi, Vol. 7, Issue 2, 2015, pp. 136-140.
- [2] Napitupulu R., Subkhan M., Lestari D. N., Rancang Bangun Mesin Pencacah Sampah Plastik, Jurnal Manutech, Vol. 3, Issue 1, 2011, pp. 1-5.
- [3] Sunarti A. E., Djamalu Y., Desain Mesin Pencacah Sampah Organik Rumah Tangga untuk Pembuatan Pupuk Kompos, Jurnal Politeknik Gorontalo, Vol. 3, Issue 2, 2018, pp. 57-65.
- [4] Sarif R., Muhammad I. A., Gilang R., Irzal M., Musdar, E. D., Analisa Ekonomi Dan Uji Kinerja Pada Mesin Pencacah Daun Dan Ranting Gambir Tipe *Roller*, Jurnal of Applied Agricultural Science and Technology, Vol. 2, Issue. 1, 2018, pp. 1-10.
- [5] Setiawan B., Franky S., Nurdiana, Zulkifli L., Mahyunis., Proses Pembuatan Mesin Pencacah Dan Pemas Lidah Buaya Untuk Bahan Dasar Kosmetik Dengan Kapasitas 30kg/Jam, Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Mekanik, Vol. 3, Issue. 2, 2017, pp. 94-99.
- [6] Ajis A. F., Perancangan Transmisi Daya Pada Mesin Pencacah Daun Kering Dengan Menggunakan Sistem *Pulley* Dan *V-Belt*. Artikel Skripsi, Universitas Nusantara Persatuan Guru Republik Indonesia Kediri, 2019, pp. 2-13.
- [7] Putra I. G. N. R. A., Suryawan I. G. P. A., Dwijana I. G. K., Pengaruh Kecepatan Potong Dan Pisau Potong Pada Mesin Pencacah Sampah Organik Dan Sampah Plastik Terhadap Hasil Cacahan. Jurnal Teknik Desain Mekanika, Vol. 5, Issue. 4, 2016, pp. 23-29.
- [8] Mahendra M. D., Edwin B., dan Dandi Y., Perancangan Sarana Pencacah Daun Kering Di Taman Balai Kota Bandung Berdasarkan Aspek Sistem. Jurnal E-proceedings Of Art & Design, Vol. 6, Issue 2, 2019, pp. 3100-3109.
- [9] Zulfikri M., dan Alfian, H. S., Studi Efektivitas Pada Mesin Pencacah Daun Teh *Open Top Roller* Menggunakan Metode *Overall Equipment Effectiveness (Oee)* Di PT Perkebunan Nusantara Iv Unit Bah Butong. Jurnal Dinamis, Vol. 7, Issue. 1, 2019, pp. 1-11.
- [10] Sularso, and Suga, K., Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin. 2018, PT. Pradnya Paramita : Jakarta.

PEMILIHAN *TORQUE CONVERTER* UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA KENDARAAN TRANSMISI OTOMATIS

Deny Nusyirwan

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

Jl. Politeknik Senggarang, PO.BOX 155 - Tanjungpinang 29100, Provinsi Kepulauan Riau

denynusyirwan@umrah.ac.id

Abstrak

Pengalaman berkendara atau di industri otomotif dikenal dengan istilah *driving experience* adalah merupakan satu aspek yang perlu diperhatikan untuk keberhasilan dalam meningkatkan jumlah penjualan kendaraan. Oleh sebab itu, tidak jarang perusahaan otomotif meluncurkan model dengan pengalaman berkendara yang berbeda untuk pengguna yang berbeda pula, sebagai contoh kendaraan jenis SUV (*Sport Utility Vehicle*), untuk pengendara yang ingin kendaraan yang bersifat responsif, lincah (*agile*) and presisi. Perusahaan Otomotif sangat menyadari hal ini, oleh sebab itu berusaha untuk meningkat inovasi dalam hal teknologi dengan melakukan uji coba terhadap peningkatan performa kendaraan diantaranya yaitu mesin, roda gigi, berat dan aerodinamis. Didalam penelitian ini akan di fokuskan pada penelitian dengan 3(tiga) jenis *torque converter* yang diuji coba di lapangan menggunakan kendaraan jenis prototipe akan dibandingkan dengan data yang didapatkan dari simulasi. Pada akhir penelitian akan didapatkan sebuah *torque converter* yang memiliki *Full Load Acceleration* yang sesuai untuk kendaraan transmisi otomatis dengan *sport driving experience*.

Kata kunci : pengalaman berkendara, torque converter, prototipe, transmisi otomatis, *sport driving*

Abstract

The driving experience as the driving experience is one aspect that needs to be considered for success in increasing the number of vehicle sales. Therefore, it is not uncommon for automotive companies to launch models with different driving experiences for different users, for example SUV (Sport Utility Vehicle) vehicles, for drivers who need vehicles that are responsive, agile and precise. Automotive companies are very aware of this, therefore trying to increase innovation in terms of technology by conducting trials on increasing vehicle performance including engines, gears, weight and aerodynamics. In this study, the focus will be on the research with 3 (three) types of torque converters tested on the test track using prototype vehicles and then compared with simulations. At the end of the study, a torque converter that has a Full Load Acceleration that is suitable for Porsche Cayenne vehicles with sport driving experience will be obtained.

Keywords : *driving experience, torque converter, prototype, automatic transmission, sport driving*

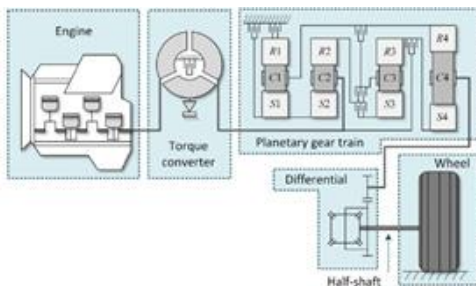
PENDAHULUAN

Pada saat ini, transmisi pada kendaraan konvensional yang mempergunakan mesin pembakaran internal (*Internal Combustion Engine*) umumnya diklasifikasikan ke dalam transmisi manual (*Manual Transmission*), transmisi manual otomatis (*Automated Manual Transmission*), transmisi otomatis (*Automatic Transmission*), transmisi kopling ganda (*Double Clutch Transmission*) dan transmisi variabel kontinu (*Continous Variable Transmission*) [1] Dengan

perbedaan penggunaan jenis transmisi pada kendaraan akan menimbulkan perbedaan didalam kehandalan (*performance*), adapun salah satu hasil inovasi teknologi pada kendaraan dengan transmisi otomatis untuk meningkatkan kehandalan kendaraan ketika akan berakselerasi maksimal dari posisi diam (*Full Load Acceleration*) adalah dengan melakukan pemilihan yang tepat terhadap komponen konversi torsi (*torque converter*). Pada saat kendaraan berakselerasi dari keadaan diam, mesin harus dengan halus dapat terhubung dengan bagian penggerak sehingga tenaga dapat di pindahkan secara efisien untuk mendapatkan kehandalan yang tinggi (*high performance*) [2].

METODE PENELITIAN

Transmisi otomatis mempergunakan sebuah komponen yang dikenal dengan *Torque Converter* untuk menggantikan fungsi komponen kopling [3]. *Torque converter* akan memberikan kenyamanan yang lebih ketika kendaraan berakselerasi dari posisi diam [4] dan akan mengatur mesin dalam keadaan *idle* ketika kendaraan tidak bergerak dan posisi perseling dalam keadaan netral [5]. Komponen ini terletak di antara mesin dan transmisi seperti yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Lokasi Torque Converter yang terletak di antara mesin dan transmisi [6]

Didalam proses perancangan sebuah *torque converter* sebuah kendaraan otomatis, diperlukan tahapan-tahapan perancangan. Dimulai dengan simulasi menggunakan komputer (*computer simulation*), uji coba purwarupa secara tersendiri di bengkel (*stand alone testing*) dan uji coba di lintasan pacu (*test track*). Pada saat tahapan uji coba di lintasan pacu, purwarupa *torque converter* yang di uji coba sudah di integrasikan dengan kendaraan.

Dalam penelitian ini, menitik beratkan kepada analisa hasil uji coba di lintasan pacu tersebut dengan menggunakan program simulasi computer untuk mengetahui persamaan dan perbedaan yang terjadi. Tahapan ini didalam proses perancangan teknik disebut validasi (*validation*).

Pemanfaatan program simulasi menggunakan komputer sudah menjadi kebutuhan utama di setiap perusahaan otomotif untuk melakukan pengembangan dalam tahapan awal (*initial stage*) dalam mengurangi biaya penelitian. Hal ini merupakan sebuah kesempatan menarik untuk perusahaan yang bergerak di bidang rekayasa perangkat lunak (*software engineering*), dapat dilihat dengan semakin banyaknya program-program yang ditawarkan. Sebagai contoh dalam penelitian ini adalah penggunaan program simulasi Cruise dari Perusahaan AVL di Graz, Austria, dimana dapat dipergunakan untuk simulasi kehandalan (*performance*), kebutuhan bahan bakar (*fuel consumption*) dan emisi gas buang kendaraan (*emission*). Dalam penelitian ini akan di mulai dengan

prinsip dasar dan teori-teori yang akan mendukung analisa dan selanjutnya menjelaskan parameter-parameter yang akan di pergunakan untuk simulasi. Dalam proses perhitungan nanti akan dilakukan proses iterasi untuk mendapatkan desain dari *torque converter* yang ketika *Full Load Acceleration* sesuai dengan karakteristik SUV dengan transmisi otomatis.

Untuk melakukan pengujian terhadap kehandalan dari kendaraan, maka diperlukan pengujian dengan beberapa ketentuan, kondisi pengujian yang pertama adalah pengujian yang berorientasi pada mesin dalam keadaan beban penuh (*full load*), kendaraan dalam kondisi mengerem (*full brake*) dan pedal gas ditekan hingga menyentuh lantai (*full gas*). Pada kondisi ini putaran pompa pada converter torsi adalah sama dengan putaran motor dan pada turbin adalah 0(nol) dan kendaraan dalam keadaan tidak bergerak (diam) siap untuk meluncur. Adapun kondisi pengujian yang kedua adalah berorientasi pada pelanggan ketika mengemudi akan berakselerasi dari posisi diam, dimana tanpa perlu menginjak pedal gas penuh sebelumnya. Pedal gas akan di tekan ketika kendaraan akan bergerak. Dari dua kondisi tersebut dapat dilihat akan terjadi perbedaan yang sangat besar adalah pada putaran pompa konverter torsi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Proses Desain Rekayasa, tahapan validasi adalah tahapan penting untuk seorang rekayasawan sebelum mempergunakan sebuah program simulasi, oleh sebab itu diperlukan validasi terhadap *Vehicle Modeller* yang terdapat pada AVL Cruise dengan hasil pengukuran yang dilakukan oleh pengemudi tes pada jalur uji.

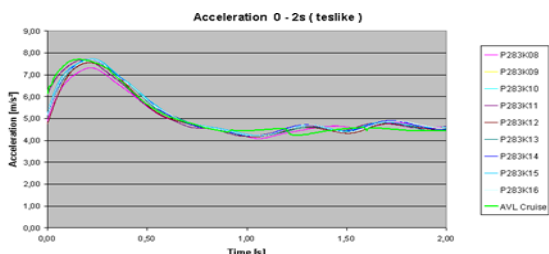
Pengemudi Tes memiliki tugas melakukan pengujian pada kendaraan generasi berikutnya. Dengan tanggung jawab penuh untuk mengevaluasi kendaraan sesuai dengan proses dan daftar periksa, mendokumentasikan semua cacat fungsi dan kebisingan yang relevan dengan pelanggan yang ditemukan ketika berkendara, berkomunikasi dan menunjukkan permasalahan yang ditemukan spesialis yang bertanggung jawab, dan evaluasi kendaraan dari perspektif pelanggan.

Adapun jenis kendaraan yang dipergunakan adalah kendaraan prototipe, yaitu mobil yang dibuat untuk menampilkan teknologi baru. Mereka sering ditampilkan di pameran motor untuk mengukur reaksi pelanggan terhadap desain baru dan radikal yang mungkin diproduksi secara massal atau tidak.

Pengujian performa dimulai dengan melakukan validasi terhadap akselerasi kendaraan.

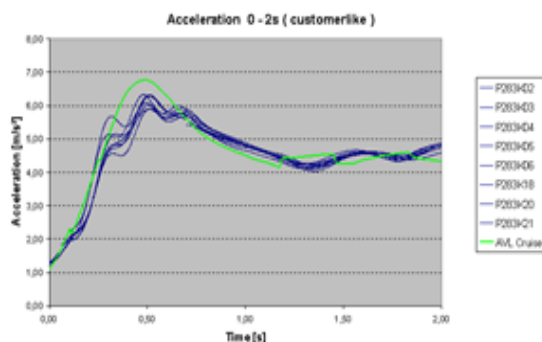
Proses pengujian yang dilakukan oleh pengendara uji dilakukan dalam 2(dua) macam, proses pengujian dalam keadaan beban penuh yang

dikenal dengan istilah *testlike*, dan pengujian yang mensimulasikan atau orientasikan kepada karakter pelanggan ketika berkendara, dikenal dengan istilah *customerlike*. Pada **Gambar 2** dapat dilihat perbandingan hasil dari simulasi dengan komputer dan hasil pengukuran di lapangan, akselerasi yang dihasilkan tidak mendapatkan perbedaan yang besar.



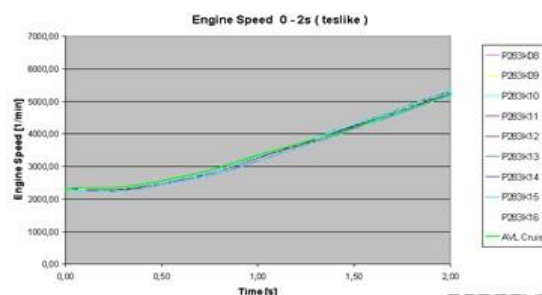
Gambar 2 Akselerasi dengan kondisi *testlike*

Begitu juga pada akselerasi kendaraan dengan kondisi *customerlike*, hasil pengujian dilapangan dan kinhasil simulasi tidak mengalami perbedaan yang besar. Dapat dilihat pada **Gambar 3**.



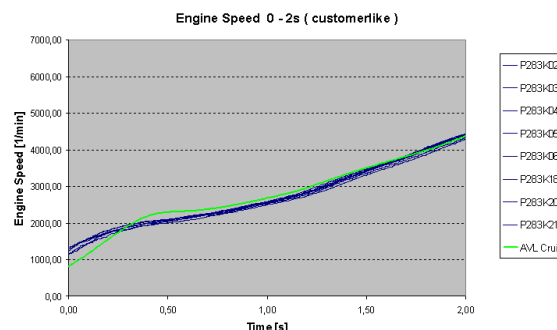
Gambar 3 Akselerasi dengan kondisi *customerlike*

Setelah dilakukan validasi pada akselerasi kendaraan, maka langkah selanjutnya adalah validasi pada bagian penggerak kendaraan, yaitu mesin. Pada bagian ini yang perlu diamati adalah putaran mesin pada akselerasi awal kondisi *testlike* dan *customerlike*. Dapat dilihat pada **Gambar 4**, bahwa putaran mesin *testlike* pada simulasi hampir sama dengan putaran mesin kendaraan purwarupa ketika pengujian.



Gambar 4 Putaran mesin dengan kondisi *testlike*

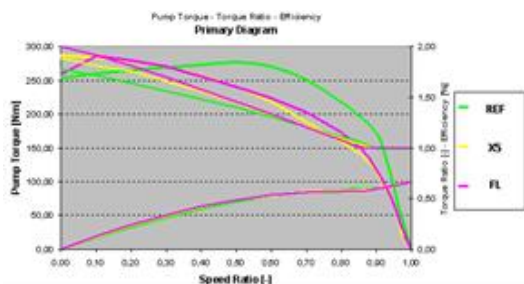
Begitu juga pada **Gambar 5** dimana putaran mesin pada program simulasi sama dengan kondisi pengujian *customerlike* dengan putaran mesin kendaraan uji.



Gambar 5 Putaran mesin dengan kondisi *customerlike*

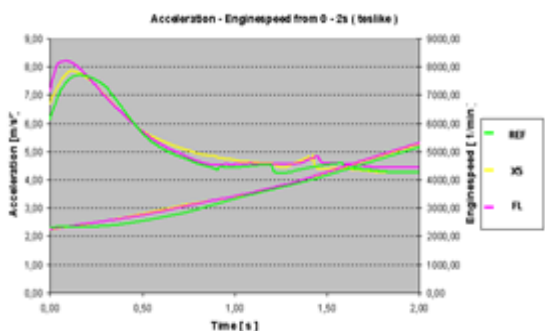
Setelah melalui tahapan validasi akselerasi dan putaran mesin maka tahapan selanjutnya yaitu simulasi untuk mengetahui kinerja kendaraan dengan menggunakan 3(tiga) jenis konverter torsi berbeda.

Didalam prinsip perancangan dikenal 3(tiga) karakter konverter torsi. Tipe *Soft (X5)*, memiliki kemampuan akselerasi yang tinggi, namun konsumsi bahan bakar akan juga tinggi. Tipe *Hart (FL)*, konsumsi bahan bakar yang rendah dan kinerja kendaraan juga rendah. Selanjutnya adalah tipe medium, yang merupakan kompromi dari tipe *soft* dan *hard (REF)* [7]. Pada **Gambar 6**, menunjukkan 3(tiga) data konverter torsi yang masing-masing memiliki karakter yang berbeda.



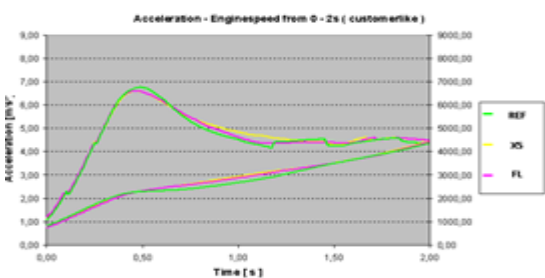
Gambar 6 Karakter Konverter Torsi

Hasil dari akselerasi yang ditampilkan adalah simulasi dengan kondisi *testlike* dan *customerlike*. Pada Gambar 7, menunjukkan akselerasi dari 3 konverter torsi yang ditampilkan menjadi satu tampilan, sedangkan putaran juga mesin ditampilkan untuk dapat langsung melihat karakteristik dari kendaraan pada akselerasi dengan waktu tertentu.



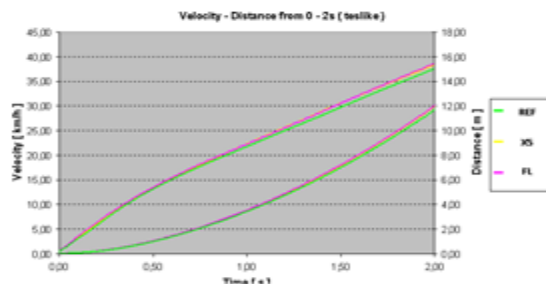
Gambar 7 Akselerasi dan putaran mesin dengan kondisi *testlike*

Sedangkan pada Gambar 8, menunjukkan hasil simulasi dengan kondisi *customerlike*.



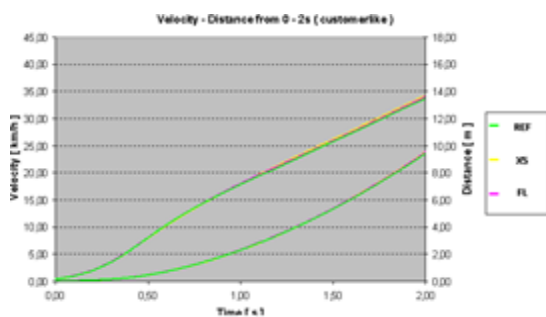
Gambar 8 Akselerasi dan putaran mesin dengan kondisi *customerlike*

Pada Gambar 9, menampilkan hasil simulasi untuk kecepatan kendaraan dan jarak yang dapat di tempuh dengan kondisi *testlike*



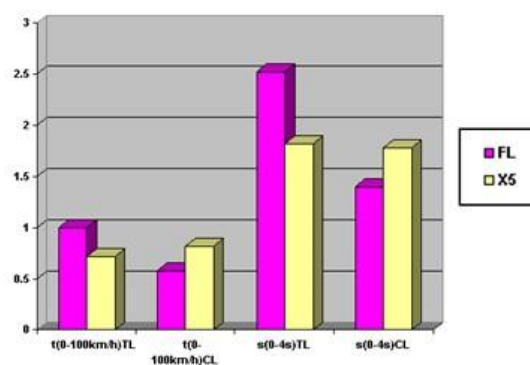
Gambar 9 Kecepatan kendaraan dan jarak yang ditempuh dengan kondisi *testlike*

Pada Gambar 10., menampilkan hasil simulasi untuk kecepatan kendaraan dan jarak yang dapat di tempuh dengan kondisi *customerlike*.

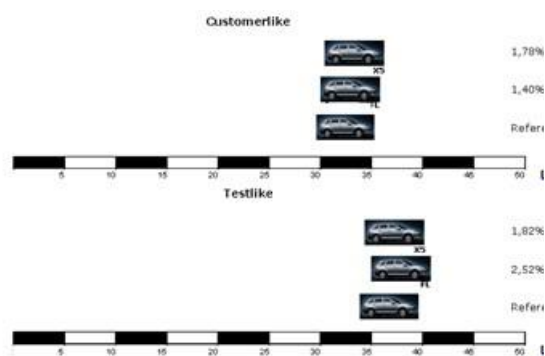


Gambar 10 Kecepatan kendaraan dan jarak yang ditempuh dengan kondisi *customerlike*

Pada perbandingan hasil simulasi akan dipergunakan jenis konverter FL sebagai referensi untuk mendapatkan kelebihan dan kekurangan dua jenis lainnya. Dari hasil simulasi tersebut, maka akan didapatkan hasil perbandingan kinerja kendaraan dapat dilihat pada Gambar 11 dan 12 berikut,



Gambar 11 Potensi perbaikan dibandingkan dengan konverter torsi referensi



Gambar 12 Jarak yang dapat ditempuh pada waktu 4 detik

Dari hasil simulasi dengan membandingkan 3 (tiga) jenis konverter torsi yang memiliki karakteristik berbeda. Kendaraan yang mempergunakan konverter torsi jenis FL akan memiliki kinerja yang baik dibanding jenis X5. Konverter torsi yang memiliki torsi pompa rendah pada bagian awal akan memiliki putaran mesin yang tinggi sehingga akselerasi kendaraan dari posisi diam akan tinggi, juga akan mengakibatkan kendaraan dapat melesat dengan kecepatan lebih baik.

KESIMPULAN

Simulasi adalah proses yang penting didalam proses desain rekayasa, dimana akan dapat menghemat waktu dan biaya. Dalam penelitian ini, menitik beratkan kepada analisa hasil uji coba di lintasan pacu dengan menggunakan program simulasi komputer untuk mengetahui persamaan dan perbedaan yang terjadi. Tahapan ini didalam proses perancangan teknik disebut validasi (*validation*). Pemanfaatan program simulasi menggunakan komputer sudah menjadi kebutuhan utama di setiap perusahaan otomotif untuk melakukan pengembangan dalam tahapan awal (*initial stage*) dalam mengurangi biaya penelitian.

Didalam melakukan proses simulasi diperlukan tahapan validasi, dimana model kendaraan bertransmisi otomatis yang telah dirancang untuk diverifikasi dengan menggunakan hasil uji coba di jalur pacu. Tahapan yang perlu diperhatikan dalam proses ini adalah data-data teknis dan lingkungan ketika uji coba haruslah sesuai dengan yang ada di simulasi. Setelah tahapan validasi ini selesai maka

dilanjutkan dengan tahapan pemilihan konverter torsi yang sesuai. Hasil dari simulasi harus mencerminkan dari teori dasar mengenai kolaborasi dari karakteristik mesin dan konverter torsi. Dari hasil penelitian ini dapat dengan jelas di lihat tahapan-tahapan pemilihan konverter torsi untuk kendaraan yang memiliki karakteristik SUV.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada rekan di jurusan teknik elektro Universitas Maritim Raja Ali Haji (UMRAH) yang telah memotivasi untuk melakukan penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Wuryandari, Y. S. Gondokaryono, dan I.M. Y. Widnyana, "Design and Implementation of Driver Main Computer and Head Up Display on Smart Car", The 4th International Conference On Electrical Engineering and Informatics (ICEEI), 2013
- [2] S. N. Doğan, G. Henning, T. Gödecke, M. Sommer, K. Fronius, M. Krohn, J. Kieseland J. Dorfschmid, "Advanced transmission technologies to improve vehicle performance", Daimler AG Germany
- [3] S. Sheth, B. R. Gajjar, "A Scope and Study of Automatic Transmission System in Context of Operating Parameter and Professional Requirement", National Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology & Management, 2014
- [4] H. Heisler, "Hydrokinetic fluid couplings and torque converters", Advanced Vehicle Technology (Second Edition), 2002
- [5] E.G.D Pritchard, R.D. Gould, dan R.R. Johnson, "Torque Converter Interactions in a Parallel Post Transmission Hybrid Driveline", IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, 2011
- [6] V. Ranogajec, V. Ivanović, J. Deur, H. E. Tseng, "Optimization-based assessment of automatic transmission double-transition shift controls", Control Engineering Practice, Volume 76, July 2018, hal 155-166
- [7] AVL Cruise User's guide version 2.0, AVL LIST GmbH, April 2001

PENGARUH PARAMETER PENGELASAN *RESISTANCE SPOT WELDING* TERHADAP SIFAT FISIK DAN MEKANIK *MULTI-LAYER* LOGAM TAK SEJENIS BERBEDA KETEBALAN

Haikal¹, Moch.Chamim¹, Edy Suryono¹, Fatimah Nur Hidayah¹, Triyono²

¹ Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta

² Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret

E-mail: haikal@sttw.ac.id

Abstrak

Penggunaan *resistance spot welding* untuk menggabungkan logam tiga lapis merupakan pengembangan baru dalam perakitan otomotif. Pengaruh parameter pengelasan seperti tegangan listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las logam tak sejenis antara 316L, SS 400, dan J1 telah diteliti. Gaya penekanan elektroda dalam penelitian ini dibuat seragam. Parameter pengelasan yang digunakan yaitu tegangan 2,02; 2,30; 2,67 V dan waktu pengelasan 3 ; 4; 5; 7,5 s. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa tegangan 2,67 V dan waktu pengelasan 7,5 s menghasilkan kekuatan tarik geser tertinggi yaitu 11,19 kN dengan mode kerusakan berupa *pull out*. Peningkatan tegangan listrik dan waktu pengelasan menyebabkan diameter nugget sisi antarmuka semakin lebar. HAZ mengalami perluasan akibat meningkatnya waktu pengelasan. Kekerasan tertinggi terdapat pada daerah *nugget* dikarenakan butiran terbentuk kolumnar.

Kata kunci: *Resistance spot welding*, Logam tak sejenis, Tegangan listrik, Waktu pengelasan

Abstract

Joining three sheets by resistance spot welding was an increasing trend in automotive assembly. Effect parameter of welding such as voltage and welding times to physics and mechanical properties resistance spot weld joint dissimilar metals three sheets 316L, SS 400, J1 was determined. Electrode pressure was kept constant in this result. The parameter of welding was used in this experiment were 2.02; 2.30; 2.67 V and 3; 4; 5; 7.5 s. As a result of the experiment, it was determined that voltage 2.67 V and welding times 7.5 s result tensile shear load was 11.19 kN with pull out failure mode. The increasing of voltage and welding times cause higher fusion zone size along sheet/sheet interface. The area of HAZ was increased because there was an increase in the welding times. The higher hardness was a nugget because grain was formed columnar.

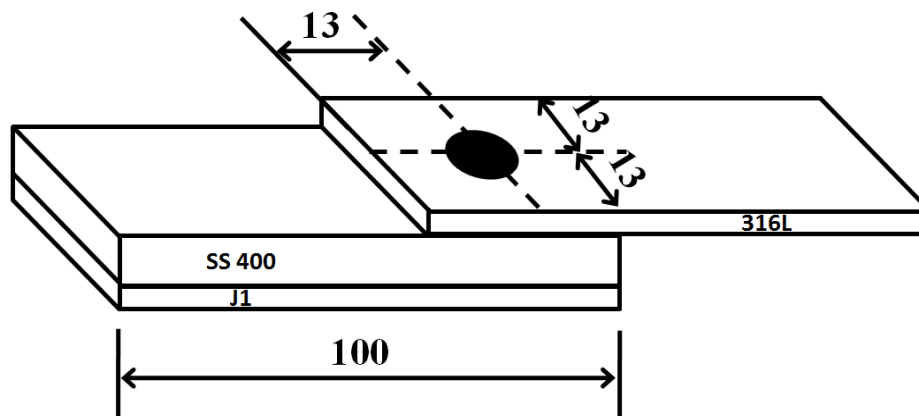
Keywords: *Resistance spot welding, Dissimilar metals, Voltage, Welding times*

PENDAHULUAN

Tuntutan bagi perusahaan otomotif dalam memenuhi permintaan pasar untuk menghasilkan produk yang berkualitas merupakan aspek penting yang menjadi target perusahaan saat ini. Setiap material yang ditujukan untuk penggunaan otomotif khususnya pada bagian panel bodi harus memiliki kriteria mampu bentuk (*formable*), mampu las (*weldable*), tahan terhadap korosi (*coatable*) dan mampu diperbaiki. Dalam industri otomotif, terutama industri kendaraan roda empat dan kereta api sebagian besar menggunakan proses pengelasan. Proses yang sering digunakan yaitu *spot welding* dan *seam welding*. Proses tersebut dipilih, karena

sebagian besar bahan yang dipakai dalam proses perakitan bodi dan rangka kendaraan adalah pelat lembaran, sehingga apabila menggunakan proses las yang biasa seperti *Submerged Arc Welding (SAW)* dan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*, maka material tersebut akan mengalami penurunan sifat mekanik karena ketebalan dari material yang rendah. Proses las titik banyak digunakan tidak hanya di industri otomotif, tetapi juga industri elektronik, penerbangan, dan sektor nuklir. Pouranvari [1] mengatakan bahwa kendaraan modern mengandung 2000 sampai 5000 sambungan las titik.

Las titik (*Resistance Spot Welding*) merupakan metode pengelasan yang tepat untuk digunakan dalam dunia industri. Hal ini dikarenakan dalam proses pengerjaannya membutuhkan waktu yang singkat. Pengelasan titik merupakan jenis las

Gambar 1 Susunan pelat pada pengelasan titik *multi-layer*Tabel 1 Komposisi kimia pelat *stainless steel* dan *mild steel*

Elemen	316L	J1	SS 400
C	0,03	0,08	0,20
Mn	2,00	6,0-8,0	0,53
P	0,045	0,070	0,01
S	0,03	0,01	0,04
Si	0,75	0,75	0,09
Cr	16,00-18,00	16,00-18,00	0,03
Ni	10,00-14,00	4,00-6,00	0,03
Cu	-	-	0,159
Mo	-	-	0,048
V	-	-	0,007

Tabel 2 Sifat mekanik pelat *stainless steel* dan *mild steel*

Material	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
SS 400	245	388	31
J1	205	550	40
316L	170	485	40

yang sangat efisien untuk industri yang menggunakan jalur produksi otomatis dan produksi secara massal. Metode las ini juga cocok untuk produksi kecil, karena fleksibel, peralatan proses sederhana, biaya relatif murah dan pengelasan mudah untuk dikontrol. Selain itu, keuntungan penting dari metode ini adalah bahwa las titik dapat digunakan untuk menggabungkan sejumlah besar bahan logam. Penggunaan pengelasan titik untuk menggabungkan dua material atau lebih yang berbeda jenis merupakan upaya penghematan biaya. Hal ini telah banyak dilakukan oleh perusahaan baik dalam bidang manufaktur maupun industri otomotif. Salah satu contoh penerapan las titik menggunakan logam berbeda material adalah pembuatan struktur dinding gerbong dan pintu kereta api. Struktur bodi kereta api

ini terdiri dari pelat tipis yang disebut sheeting dan diperkuat oleh rangka (frame). Mild steel merupakan baja karbon rendah yang biasa digunakan untuk pembuatan rangka bodi kereta api. Logam tersebut memiliki kandungan karbon antara 0,16 s/d 0,2 %. Kelebihan dari mild steel adalah logam ini mudah ditempa dan dimesin. Logam ini banyak digunakan hampir semua sektor industri terutama industri manufaktur karena harganya relatif murah. Akan tetapi, mild steel memiliki kekurangan yaitu tidak tahan terhadap korosi. Oleh karena itu logam tersebut perlu dilindungi dengan menggabungkan logam tahan korosi seperti aluminium, timah, seng, nikel, krom dan lain sebagainya. Penelitian banyak dilakukan untuk mengetahui karakteristik hasil las titik untuk logam yang berbeda jenis. Penelitian terhadap

las titik banyak dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Vural dkk [2] yang meneliti sifat mekanik sambungan las titik logam yang berbeda antara baja tahan karat dengan baja galvanis. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa perbedaan jenis logam berpengaruh terhadap bentuk diameter nugget. Uji struktur makro menunjukkan bentuk diameter nugget tidak simetris (asimetris). Ketidaksimetrisan bentuk nugget hasil las diakibatkan panas yang tidak seimbang. Bentuk asimetris nugget berdampak menurunnya kekuatan geser hasil las.

Penggunaan las titik untuk menggabungkan logam lebih dari 2 lapis merupakan pengembangan baru dalam perakitanomotif. Dibandingkan dengan dua lapisan logam, untuk menggabungkan tiga atau lebih lapisan logam jauh lebih rumit karena memiliki sisi antarmuka lebih banyak [3-6]. Contoh konstruksi yang menggunakan sambungan tiga lapis adalah pintu kereta api. Baja SS 400 dijadikan sebagai rangka dan baja tahan karat sebagai pelindung logam tersebut. Pengelasan ini dilakukan dengan menggunakan metode las titik. Penelitian terhadap las titik tiga lapis sudah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yaitu Nielsen dkk [7] yang melakukan penelitian tentang pengaruh waktu pengelasan terhadap sambungan las tiga lapis baja berkekuatan tinggi. Ninshu dan Hidekazu [8] mempelajari pengaruh kuat arus listrik dan waktu pengelasan terhadap diameter nugget pada las titik untuk bodiomotif dengan menggunakan metode FEM (Finite Element Method). Pouranvari dan Marashi [9] melakukan penelitian tentang pengaruh waktu pengelasan terhadap ukuran diameter nugget pada tebal pelat yang sama. Ketiga penelitian di atas fokus pada pengaruh waktu pengelasan terhadap ukuran diameter nugget sedangkan pengaruh tegangan listrik belum menjadi perhatian dalam penelitian tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih mendalam tentang pengaruh tegangan listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik sambungan las titik logam tak sejenis tiga lapis yang berbeda tebal.

BAHAN DAN METODE

Baja tahan karat tipe austenit (316L dan J1) dan baja paduan (SS 400) dalam bentuk pelat dengan ukuran masing-masing 125 x 80 x 3 mm telah digunakan dalam penelitian ini. Komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik dari material tersebut ditunjukkan pada tabel 1 dan 2. Mesin yang digunakan untuk melakukan pengelasan adalah mesin las titik tipe DN-16-1 AC Point Welder dengan Rated Power 16 kVA. Skema penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1. Material disusun dengan susunan 3 lapis urut dari atas, tengah dan bawah yaitu 316L, SS 400,

J1 sesuai dengan aplikasi pada pintu kereta api. Parameter yang digunakan selama proses pengelasan ditunjukkan pada tabel 3. Karakterisasi sambungan las titik

Pengamatan mikrostruktur dilakukan menggunakan mikroskop optik dengan standar ASTM E407-07. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik struktural pada logam. Prosuder untuk pengamatan mikrostruktur diawali dengan proses pemotongan, *mounting*, *polishing* dan terakhir etsa. Proses etsa dilakukan secara 2 kali pencelupan dalam laurtan etsa dikarenakan properti kedua material sangat berbeda. Larutan etsa yang digunakan yaitu larutan Nital dimana 5 ml asam nitrat HNO₃ dan 100 ml alkohol untuk etsa baja SS 400. Sedangkan larutan etsa untuk baja 316L dan J1 adalah 10 ml asam nitrat, 20 ml asam klorida and 30 ml air.

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis bahan yaitu kekuatan tarik geser. Pengujian ini menggunakan mesin uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*) dengan standar AWS D8.9-97.

Uji kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode vickers dengan standar ASTM E92-82. Pengujian vickers dilakukan untuk mengetahui ketahanan suatu logam terhadap deformasi plastis. Pengujian ini terdapat 25 titik kekerasan dengan tekanan indentor sebesar 200 g (HV0.2) dan *load holding time* selama 10 detik.

Tabel 3 Parameter proses pengelasan

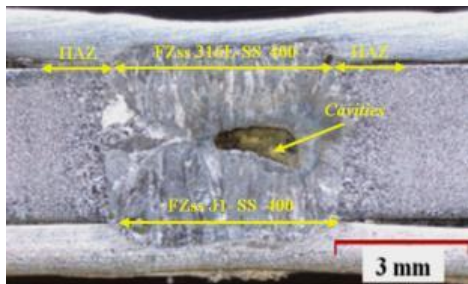
Parameter	Nilai
Elektroda	Cu
Diameter tip elektroda	8 mm
Medium pendingin	Air
Tegangan listrik	2,02-2,67 V
Waktu pengelasan	3-7,5 s
<i>Holding time</i>	30 s

HASIL DAN PEMBAHASAN

Struktur Makro dan Mikro (Metalografi)

Tegangan listrik dan waktu pengelasan merupakan parameter yang sangat berpengaruh terhadap hasil sambungan las titik. Gambar 2 menunjukkan foto makro hasil pengelasan titik dengan susunan pelat 3 lapis. *Nugget* terbentuk akibat adanya panas yang muncul (*heat input*) sangat tinggi sehingga dapat membuat logam mengalami peleburan. *Heat input* pada pengelasan titik dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kuat arus listrik, hambatan, dan waktu pengelasan [10]. Kuat arus listrik selalu berbanding lurus dengan tegangan listrik, hal ini sesuai dengan pernyataan hukum ohm. Oleh karena itu, semakin tinggi tegangan listrik

berdampak semakin meningkatnya *heat input*. Tegangan listrik memberikan pengaruh lebih besar terhadap ukuran diameter *nugget* dibandingkan waktu pengelasan seperti ditunjukkan pada gambar 3. Tegangan 2,02 V dengan waktu pengelasan 3 dan 4 detik menghasilkan peleburan yang hanya muncul pada sisi antarmuka pelat. Panas yang muncul pada parameter tersebut tidak cukup untuk meleburkan ketiga logam secara keseluruhan. Tegangan 2,02 V dengan waktu pengelasan 5 detik merupakan parameter kritis dimana ketiga logam tersebut dapat melebur secara menyeluruh. Kenaikan tegangan listrik juga berdampak meningkatnya penetrasi *nugget* hasil lasan. Penetrasi merupakan kedalaman *nugget* menembus sampai ke dalam tebal pelat. Kedalaman minimum penetrasi dari las titik umumnya adalah 20% dari ketebalan pelat. Menurut Hayat peningkatan penetrasi *nugget* menyebabkan kekuatan tarik geser sambungan las titik juga meningkat [11].



Gambar 2 Struktur makro daerah lasan

Gambar 3 menunjukkan pengaruh tegangan listrik dan waktu pengelasan terhadap diameter nugget sisi antarmuka (FZss) antara 316L-SS 400 dan J1-SS 400. Tegangan 2,02 V menghasilkan peningkatan diameter *nugget* sisi antar muka tidak signifikan seiring dengan meningkatnya waktu pengelasan. *Heat input* yang muncul pada tegangan 2,02 V dengan waktu pengelasan 5 dan 7,5 detik tidak tinggi disertai dengan panas yang terdistribusi ke arah *sheet* tengah (SS 400). Hal ini mengakibatkan panas yang muncul pada sisi antarmuka berkurang seiring meningkatnya waktu pengelasan. Tegangan 2,30 V menghasilkan peningkatan diameter nugget sisi antar muka yang signifikan seiring dengan meningkatnya waktu pengelasan. *Heat input* yang muncul pada tegangan 2,30 V dengan waktu pengelasan 5 dan 7,5 detik jauh lebih tinggi dibandingkan tegangan 2,02 V. Tegangan 2,67 V menghasilkan diameter *nugget* sisi antar muka lebih tinggi dibandingkan tegangan 2,02 V dan 2,30 V. Penurunan pertumbuhan *nugget* secara signifikan terjadi pada tegangan 2,67 V seiring meningkatnya waktu pengelasan. Semakin tinggi tegangan listrik dan waktu pengelasan mengakibatkan terjadinya

penurunan hambatan resistansi dinamik ($\mu\Omega$). Hambatan resistansi dinamik berbanding lurus dengan hambatan *sheet*. Penurunan hambatan *sheet* mengakibatkan pertumbuhan diameter *nugget* sisi antar muka menurun. Secara teoritis tegangan 2,67 V dengan waktu pengelasan 3 detik menghasilkan *heat input* lebih rendah dibandingkan tegangan 2,30 V dengan waktu pengelasan 7,5 detik, tetapi diameter *nugget* sisi antar muka yang dihasilkan lebih tinggi. Hal ini dikarenakan *heat input* yang muncul pada tegangan 2,30 V terdistribusi ke arah *sheet* tengah yang memiliki konduktivitas termal tinggi. Panas yang terdistribusi pada waktu pengelasan 7,5 detik lebih banyak dibandingkan waktu pengelasan 3 detik.

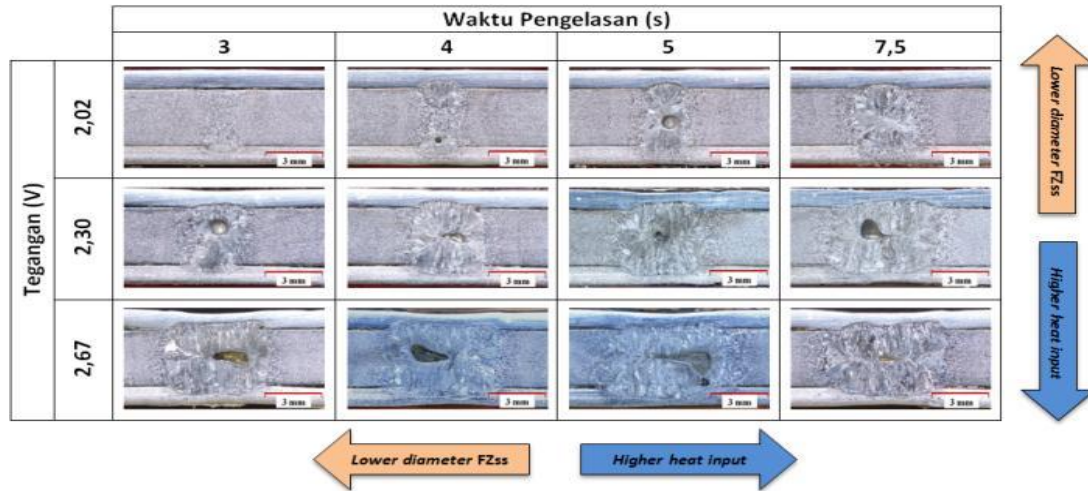
Struktur makro menunjukkan bahwa sebagian besar hasil lasan untuk semua variasi tegangan dan waktu pengelasan menghasilkan cacat berupa lubang (*cavities*). *Cavities* terbentuk akibat adanya penyusutan (*shrinkage*) pada saat *nugget* mengalami proses pembekuan. Pembekuan ini terjadi dikarenakan logam memiliki konduktivitas termal yang mengakibatkan panas ditransferkan ke lingkungan. Bagian terluar dari *nugget* mengalami pembekuan terlebih dahulu sehingga leburan pada bagian tengah akan tertarik ke arah luar *nugget*. Cacat tersebut tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kekuatan statis dan dinamis sambungan las. Hal ini dikarenakan tegangan bernilai nol pada daerah tengah sambungan las.

Uji struktur mikro dilakukan untuk mengambil foto mikro pada daerah logam induk, HAZ, dan *nugget*. Logam induk merupakan daerah terkena panas tetapi tidak mengalami perubahan struktur mikro seperti ditunjukkan pada gambar 5. Gambar 6 menunjukkan struktur mikro daerah *nugget* dan HAZ. HAZ (*Heat Effected Zone*) merupakan daerah terkena panas dan mengalami perubahan struktur mikro tetapi tidak sampai terjadi peleburan. *Nugget* merupakan daerah logam las yang mengalami peleburan dan kemudian membeku. Hasil uji mikro menunjukkan daerah logam induk baja SS 400 terdiri dari fasa ferit dan perlit (Fe + Fe₃C). Ferit memiliki warna terang sedangkan perlit cenderung berwarna gelap. Ferit pada baja tahan karat memiliki warna gelap dan austenit berwarna terang disertai dengan adanya kembaran anil (*annealing twins*). *Annealing twins* merupakan kembaran anil yang terbentuk akibat adanya proses *heat treatment* pada pembuatan pelat stainless steel. Kembaran ini hanya muncul pada logam yang memiliki struktur kristal FCC (*Face Center Cubic*).

Hasil penelitian ini menunjukkan baja SS 400 memiliki 3 daerah HAZ. HAZ 1 merupakan daerah HAZ yang terletak berdekatan dengan logam induk. Temperatur pada HAZ 1 tidak terlalu tinggi disertai pendinginan yang lambat sehingga daerah ini memiliki ukuran butir ferit α dan perlit yang lebih

besar dibandingkan daerah logam induk. Ukuran butir mengalami perubahan dari ukuran besar (HAZ 1) menjadi lebih kecil, bahkan lebih kecil dibandingkan logam induk yaitu pada daerah HAZ 2. Penghalusan butir (*grain refinement*) terjadi pada HAZ 2. HAZ 3

merupakan daerah HAZ yang terletak berdekatan dengan *nugget*. Pengkasaran butir (*grain coarsened*) terjadi pada daerah HAZ 3 sehingga butir ferit terlihat kasar.



Gambar 3 Struktur makro sambungan las

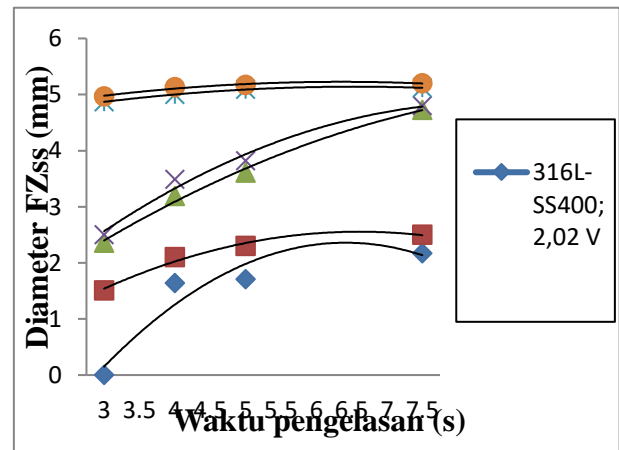
Hasil uji mikro menunjukkan baja tahan karat J1 dan 316L hanya memiliki satu daerah HAZ untuk semua variasi tegangan listrik dan waktu pengelasan. Ukuran butir tumbuh menjadi besar akibat terkena panas yang tidak terlalu tinggi disertai dengan pendinginan yang lambat. Luasan area HAZ dipengaruhi oleh konduktifitas termal logam tersebut. Konduktifitas termal adalah kemampuan suatu material untuk mendistribusikan panas dari suhu tinggi ke suhu rendah. Baja karbon rendah memiliki konduktifitas termal yang tinggi yaitu sekitar $52 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$, sedangkan baja tahan karat sekitar $16,2 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$. Konduktifitas termal baja karbon lebih tinggi dibandingkan baja tahan karat, sehingga daerah HAZ yang dihasilkan baja SS 400 lebih luas dibandingkan baja tahan karat J1 dan 316L. Peningkatan waktu pengelasan menyebabkan butir pada daerah HAZ baja tahan karat semakin besar dan luas.

Nugget merupakan daerah logam yang mengalami peleburan dan pendinginan cepat, sehingga menghasilkan bentuk butir yang jauh berbeda dibandingkan logam induk dan HAZ. Daerah ini memiliki bentuk butir berupa kolom panjang (*columnar*). Arah pembentukan butir *columnar* searah dengan arah gaya penekanan elektroda.

Kekuatan tarik geser (Tensile load bearing capacity)

Pengujian geser dilakukan untuk mengetahui kemampuan sambungan las titik menahan beban. Beban yang diberikan pada

sambungan las titik merupakan beban statik. Hasil penelitian menunjukkan tegangan listrik dan waktu pengelasan berpengaruh terhadap *tensile load bearing capacity* (TLBC) sambungan las. Peningkatan *tensile load bearing capacity* terjadi dikarenakan meningkatnya tegangan listrik dan waktu pengelasan.

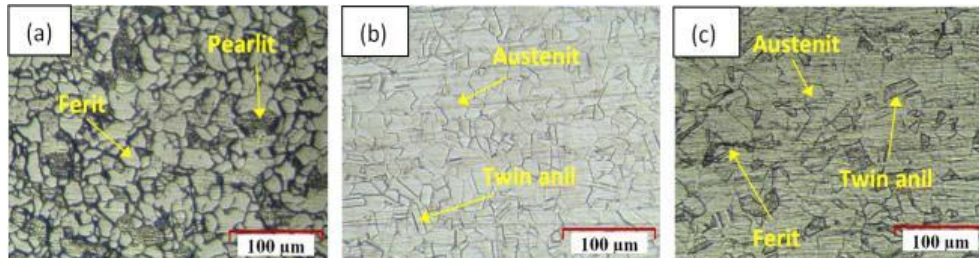


Gambar 4 Hubungan antara tegangan listrik dan waktu pengelasan dengan diameter sisi antarmuka (FZss)

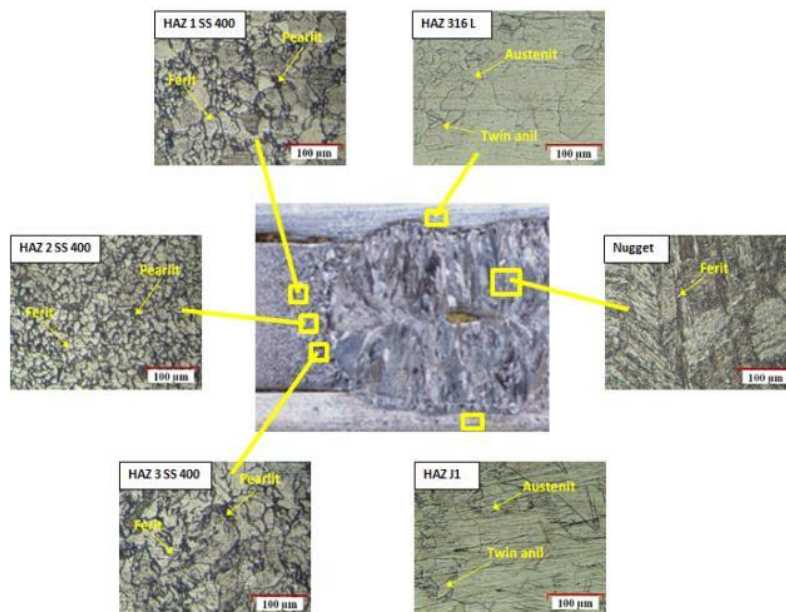
Gambar 4 menunjukkan untuk tegangan 2,02 V pada variasi waktu pengelasan 3; 4; 5; 7,5 detik memiliki kemampuan daya beban dukung sebesar 0 kN. Mesin UTM (*Universal Testing*

Machine) yang digunakan merupakan mesin dengan pencekam otomatis. Daya beban dukung yang dimiliki tegangan 2,02 V untuk semua variasi tidak mampu menahan beban yang ditimbulkan saat pencekaman, sehingga sambungan terlepas sebelum ditarik. Tegangan 2,30 V pada variasi waktu pengelasan 3; 4; 5; 7,5 detik memiliki kemampuan

daya beban dukung sebesar 7,61 kN; 8,19 kN; 8,61 kN; 9,18 kN, sedangkan tegangan 2,67 V sebesar 10,37 kN; 10,64 kN; 10,92 kN; 11,19 kN. *Tensile load bearing capacity* meningkat seiring dengan meningkatnya diameter *nugget* hasil sambungan las.



Gambar 5 Struktur mikro logam induk: (a) SS 400, (b) 316L, (c) J1



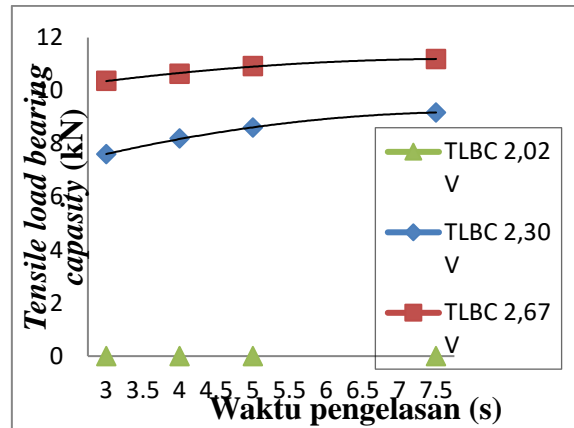
Gambar 6 Struktur mikro daerah lasan

Gambar 5 menunjukkan jenis kegagalan yang dihasilkan dalam penelitian las ini terdiri dari dua jenis mode kegagalan yaitu *interfacial failure mode* dan *pull out failure mode*. Hasil penelitian ini menunjukkan tegangan 2,02 V dan 2,30 V untuk variasi waktu pengelasan 3; 4; 5; 7,5 detik menghasilkan kegagalan *interfacial failure mode*, sedangkan 2,67 V berupa *pull out failure mode*. *Pull out failure mode* merupakan jenis kegagalan hasil sambungan las titik yang memiliki *tensile load bearing capacity* tinggi.

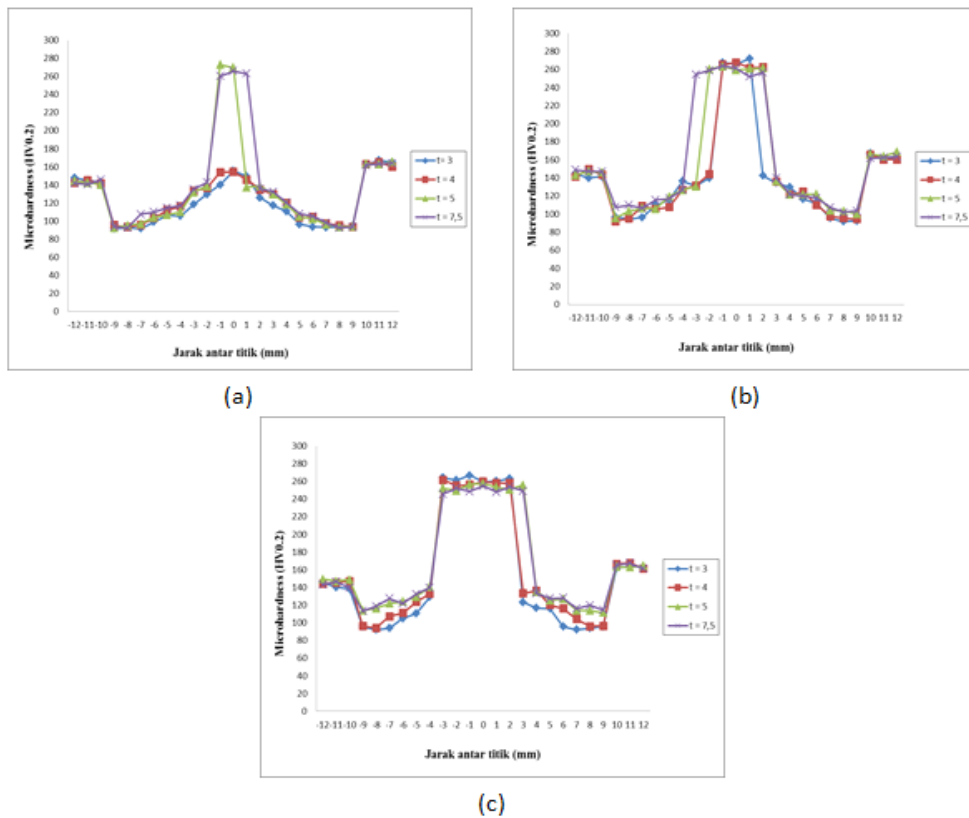
Kekerasan mikro (vickers microhardness)

Pengujian keras vickers dilakukan untuk mengetahui kekerasan pada logam induk, HAZ dan *nugget*. Uji keras vickers dilakukan secara diagonal. Hasil penelitian menunjukkan logam induk baja karbon SS 400 memiliki kekerasan sebesar ± 93 HV0.2, baja tahan karat J1 sebesar ± 163 HV0.2 dan 316L sebesar ± 145 HV0.2, sedangkan daerah *nugget* memiliki kekerasan di atas 240 HV0.2. *Nugget* memiliki kekerasan yang sangat tinggi dikarenakan daerah ini memiliki bentuk butir *columnar* disertai adanya fasa martensit. Daerah HAZ memiliki kekerasan lebih tinggi dibandingkan logam induk. Kekerasan HAZ

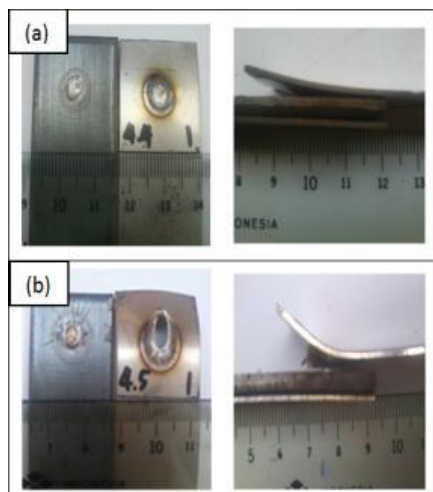
mengalami peningkatan ketika berdekatan dengan *nugget* untuk semua variasi tegangan listrik dan waktu pengelasan. Kekerasan meningkat dikarenakan HAZ mengalami pengkasaran butir akibat suhu yang tinggi dan waktu pendinginan yang cukup cepat [12].



Gambar 7 Pengaruh waktu pengelasan terhadap daya beban dukung tarik geser sambungan las



Gambar 8 Distribusi kekerasan pada daerah lasan pada tegangan listrik: (a) 2,02 V, (b) 2,30 V, 2,67 V



Gambar 9 Mode kegagalan hasil uji tarik geser:
(a) *interfacial failure mode*, (b) *pull out failure mode*

Gambar 9 menunjukkan kekerasan *nugget* pada tegangan 2,02 V dengan waktu pengelasan 5; 7,5 detik sebesar ± 271 HV0.2 dan ± 262 HV0.2. Waktu pengelasan 3 dan 4 detik menghasilkan kekerasan pada daerah *nugget* sebesar ± 130 HV0.2. Kekerasan daerah *nugget* mengalami penurunan yang sangat signifikan karena waktu pengelasan 3 dan 4 detik hanya terjadi fusi pada sisi antarmuka. Tegangan 2,30 V menghasilkan *nugget* lebih luas dibandingkan tegangan 2,02 V untuk semua variasi waktu pengelasan seperti ditunjukkan pada gambar 4.21. Kekerasan *nugget* yang dihasilkan pada tegangan 2,30 V dengan waktu pengelasan 3; 4; 5; 7,5 detik sebesar ± 268 HV0.2; ± 264 HV0.2, ± 260 HV0.2; ± 257 HV0.2. Tegangan 2,67 V menghasilkan *nugget* yang lebih luas dibandingkan tegangan 2,02 V dan 2,30 V untuk semua variasi waktu pengelasan seperti ditunjukkan pada gambar 4.22. Kekerasan *nugget* yang dihasilkan pada tegangan 2,67 V dengan waktu pengelasan 3; 4; 5; 7,5 detik sebesar ± 262 HV0.2; ± 258 HV0.2, ± 253 HV0.2; ± 250 HV0.2.

KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh tegangan listrik dan waktu pengelasan terhadap sifat fisik dan mekanik hasil sambungan las titik 3 lapis 316L-SS 400-J1 telah dilakukan. Berdasarkan analisis data dan pembahasan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengelasan antara baja karbon rendah dengan baja tahan karat untuk semua variasi tegangan listrik dan waktu pengelasan menghasilkan struktur butir columnar di daerah *nugget*.

2. Kekuatan sambungan las titik (*tensile shear load bearing capacity*) tertinggi terdapat pada tegangan 2,67 V dan waktu pengelasan 7,5 detik sebesar 11,19 kN dengan tipe kerusakan berupa *pull out failure mode*.
3. Kekerasan tertinggi terdapat pada daerah *nugget* sebesar ± 260 HV0.2 dan distribusi kekerasan pada daerah *nugget* hampir sama untuk semua variasi tegangan listrik dan waktu pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Pouranvari, "Effect of welding current on the mechanical response of resistance spot welds of unequal thickness steel sheets in tensile-shear loading condition," *International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering*, vol. 2, pp. 178-189, 2011.
- [2] M. Vural, A. Akkuş, and B. Eryürek, "Effect of welding nugget diameter on the fatigue strength of the resistance spot welded joints of different steel sheets," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 176, pp. 127-132, 2006.
- [3] H. Eizadi and S. Marashi, "On the resistance spot welding of four-sheet stack of unequal sheet thickness," *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 21, pp. 632-637, 2016.
- [4] Y. Li, F. Yan, Z. Luo, Y. Chao, S. Ao, and X. Cui, "Weld growth mechanisms and failure behavior of three-sheet resistance spot welds made of 5052 aluminum alloy," *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 24, pp. 2546-2555, 2015.
- [5] S. Wei, R. Liu, D. Lv, L. Lin, R. Xu, J. Guo, *et al.*, "Weldability and mechanical properties of similar and dissimilar resistance spot welds of three-layer advanced high strength steels," *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 20, pp. 20-26, 2015.
- [6] R. Chtourou, N. Leconte, F. Chaari, G. Haugou, É. Markiewicz, and B. Zouari, "Macro-modeling of the strength and failure of multi-layer multi-steel grade spot welds: Connector formulation, assembly model and identification procedure," *Thin-Walled Structures*, vol. 113, pp. 228-239, 2017.
- [7] C. V. Nielsen, K. S. Friis, W. Zhang, and N. Bay, "Three-sheet spot welding of advanced high-strength steels," *Welding journal*, vol. 90, 2011.
- [8] N. Ma and H. Murakawa, "Numerical and experimental study on nugget formation in resistance spot welding for high strength steel sheets in automobile bodies," *Transactions of JWRI*, vol. 38, pp. 19-24, 2009.
- [9] M. Pouranvari and S. Marashi, "Critical sheet thickness for weld nugget growth during

- resistance spot welding of three-steel sheets," *Science and Technology of Welding and Joining*, vol. 16, pp. 162-165, 2011.
- [10]S. Aslanlar, "The effect of nucleus size on mechanical properties in electrical resistance spot welding of sheets used in automotive industry," *Materials & Design*, vol. 27, pp. 125-131, 2006.
- [11]F. Hayat, "Resistance spot weldability of dissimilar materials: BH180-AISI304L steels and BH180-IF7123 steels," *Journal of Materials Science & Technology*, vol. 27, pp. 1047-1058, 2011.
- [12]W. Harsono and T. Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam Pradnya Paramita," ed: Jakarta, 1981.

RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG KENTANG BERBENTUK *STICK*

Edi Irwan, Saparin, Eka Sari Wijianti, dan Yudi Setiawan

Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik, Universitas Bangka Belitung

Desa Balunijuk, Kecamatan Merawang, Kabupaten Bangka

email : saparinpdca@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini merupakan rancang bangun mesin pemotong kentang. Tujuan akhir dari pembuatan mesin adalah produksi kentang berbentuk dadu. Dalam perencanaan mesin akan diproses untuk menghasilkan potongan kentang berbentuk *stick*. Desain mesin dibuat dengan dimensi 660 mm x 800 mm x 710 mm menggunakan motor listrik ½ Hp. Sistem penurunan putaran menggunakan *pulley* dan *belt* 1:2 dan diteruskan *gearbox* dengan rasio 1:40, cara kerja mesin adalah memutar poros engkol untuk menggerakkan piston/penekan kentang dengan putaran 17,5 rpm. Penelitian dilakukan 3 kali dengan 1000 gram kentang dengan rata-rata hasil terpotong baik sebanyak 702 gram, tidak berhasil 27 gram, tertinggal 271 gram. Kapasitas produksi mesin pemotong kentang berbentuk *stick* ini mampu memotong sebanyak 20,29 kg/jam dengan efisiensi produksi mesin sebesar 70,02%.

Kata kunci: Kentang, Mesin pemotong kentang, Motor listrik

Abstract

This research is a design of a potato cutting machine. The ultimate goal of making the machine is the production of potato cubes. In planning the machine will be processed to produce stick-shaped potato pieces. The machine design is made with dimensions of 660 mm x 800 mm x 710 mm using an electric motor ½ Hp. The system of lowering the rotation uses a pulley and belt 1: 2 and continued with a gearbox with a ratio of 1:40, the way the engine works is to rotate the crankshaft to move the piston / potato suppressor with a rotation of 17.5 Rpm. The study was conducted 3 times with 1000 grams of potatoes with an average yield of 702 grams of good cut, 27 grams unsuccessful, 271 grams behind. The production capacity of this stick-shaped potato cutting machine is capable of cutting as much as 20.29 kg / hour with a machine production efficiency of 70.02%.

Keywords: potato, potato cutting machine, electric motor

PENDAHULUAN

Kentang (*solanum tuberosum linn*) merupakan salah satu tanaman umbi umbian yang memiliki karbohidrat yang tinggi. Wibowo (2015) mengatakan tingginya kandungan karbohidrat menyebabkan kentang dikenal sebagai bahan pangan pengganti beras, jagung, dan gandum. Hal ini kentang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Kentang biasa dibuat berbagai jenis makanan misalnya seperti kentang goreng, keripik kentang, dan sop, dan masakan lainnya. Dalam proses pembuatan masakan sop, maka kentang perlu diolah terlebih dahulu misalnya dikupas, dan dipotong menjadi potongan *stick* dan kemudian dipotong berbentuk dadu. Saat ini kentang cukup sering digunakan untuk pembuatan masakan sop.

Dalam penggunaan kentang untuk pembuatan sop, maka kentang perlu dipotong

berbentuk dadu. Sebelum pemotongan kentang berbentuk dadu kentang perlu dipotong berbentuk *stick* terlebih dahulu untuk memudahkan pemotongan kentang berbentuk dadu. Pemilik usaha kuliner memotong kentang untuk pembuatan masakan sop pada umumnya masih menggunakan cara manual untuk memotong kentang berbentuk *stick* dalam membuat kentang berbentuk dadu dengan jumlah yang banyak, yaitu memotong dengan menggunakan pisau. Kekurangan saat memotong kentang berbentuk *stick* menggunakan pisau yaitu memerlukan waktu yang cukup lama dan menguras tenaga dibandingkan memotong kentang menggunakan mesin. Memotong secara manual memiliki resiko kecelakaan kerja yang cukup besar sebab pada saat memotong kentang menggunakan pisau jika tidak hati-hati bisa mengiris tangan pekerja itu sendiri.

Maka dari itu, dilakukan penelitian tentang mesin pemotong kentang. Tujuan akhir dari pembuatan mesin adalah produksi kentang berbentuk dadu. Dalam perencanaan mesin dibuat dua tahap pengerjaan, yaitu proses pertama pemotongan

berbentuk *stick*, dan kedua proses pemotongan berbentuk dadu. Untuk penelitian ini difokuskan pada proses pertama yaitu pemotongan kentang berbentuk *stick*.

Mesin pemotong kentang berbentuk *stick* ini sebelumnya sudah ada tetapi alat sebelumnya masih semi otomatis belum menggunakan motor untuk sistem penggerak poros penekannya tetapi masih mengandalkan tenaga manusia. Mesin pemotong kentang berbentuk *stick* sangat membantu pemilik usaha kuliner untuk memotong kentang agar efektif dan efisien.

METODE PENELITIAN

2.1 Elemen Mesin

Komponen-komponen mesin pemotong kentang berbentuk *stick* tersebut terdiri dari 7 elemen.

1. Motor listrik

Motor listrik adalah suatu mesin yang berfungsi sebagai penggerak untuk memutar poros engkol supaya menekan kentang menuju mata pisau.

2. Kerangka

Kerangka berfungsi sebagai penghubung komponen-komponen mesin pemotong kentang berbentuk *stick* seperti motor listrik, mata pisau, dan lain lainnya. Kerangka terbuat dari baja siku yang telah dibentuk dan kemudian dilas sesuai dengan desain mesin.

3. Hopper

Hopper adalah tempat atau wadah penampung kentang sebelum kentang masuk ke proses pencetakan stik kentang. *Hopper* ini terbuat dari *stainless steel*.

4. Mata pisau

Mata pisau berfungsi untuk memotong kentang supaya berbentuk persegi panjang seperti *stick*. Mata pisau ini disusun berbentuk kotak-kotak dengan jarak dan ukuran yang sesuai dengan bentuk *stick* kentang.

5. Bearing

Bearing merupakan elemen mesin yang penting berfungsi sebagai tumpuan poros sehingga poros tidak menerima beban gesek dan untuk memperlancar putaran poros dan menghilangkan beban gesek yang terjadi pada poros.

6. Pulley dan belt

Pulley dan *belt* digunakan untuk mentransmisikan daya dari putaran motor penggerak ke elemen yang digerakan, maka diperlukan suatu elemen yang dapat mentransmisikan daya maupun putaran tersebut.

7. Elemen pengikat (pengelasan, mur, dan baut)

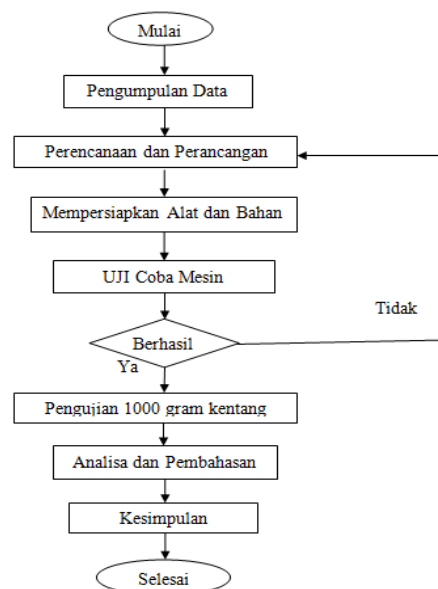
Elemen pengikat digunakan sebagai pengikat 2 komponen atau lebih, baut dan mur bisa berfungsi sebagai pemegang, penutup, penyetel, dan penyambung yang tidak bersifat permanen.

Metode French

Sebelum melakukan sebuah proses perancang sebuah alat atau mesin ada beberapa metode penting yang harus dimiliki saat perancangan. Dalam perancangan penelitian yang dibuat ini memilih menggunakan metode *french*. Alasannya menggunakan metode *french* karena terdapat desain yang dianggap lebih mudah dipahami, dan mudah dikerjakan dari metode-metode lainnya. Adapun tahapan dari metode perancangan menggunakan metode *french* adalah sebagai berikut:

1. Analisis masalah (*Problem Analysis*)
2. Konseptual desain (*Conceptual Design*)
3. Perwujudan skema (*Embodiment Sechema*)
4. Perincian (*Detailing*)

Diagram alir



Gambar 1 Diagram Alir

Pengumpulan Data

Pengumpulan data yaitu mencari data-data yang saling berkaitan dengan judul penelitian dan

mencangkup segala kebutuhan yang diperlukan. Metode pengumpulan data yang diterapkan antara lain:

1. Survey Lapangan

Survei lapangan dilakukan dengan mengunjungi pemilik usaha kuliner yang biasanya membuat masakan menggunakan kentang. Survei ini dilakukan untuk mendapatkan informasi tentang pemotongan kentang untuk digunakan untuk membuat suatu masakan.

2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan mengunjungi perpustakaan Universitas Bangka Belitung untuk mendapatkan buku-buku referensi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan serta mengunjungi situs internet untuk mendapatkan jurnal-jurnal yang mendukung penelitian.

3. Wawancara

Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data yang diperlukan dengan mengunjungi pemilik usaha kuliner yaitu bapak Huzaini yang beralamat dikelurahan Bukit Sari Pangkal Pinang untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam proses pemotongan kentang secara manual, dan mengetahui ukuran kentang yang dipotong berbentuk *stick* dan dadu untuk membuat masakan sop.

Bahan

1. Motor Listrik

Motor Listrik yang digunakan adalah motor listrik dengan daya 1/2 HP, dengan kecepatan 1400 rpm.

2. Belt dan Pulley

Belt dan *Pulley* digunakan untuk mentransmisi daya dari putaran motor penggerak ke elemen yang digerakan, maka diperlukan suatu elemen yang dapat mentransmisikan daya maupun putaran tersebut.

3. Baut dan mur

Elemen pengikat digunakan sebagai pengikat 2 komponen atau lebih, baut dan mur bisa berfungsi sebagai pemegang, penutup, penyetel dan penyambung yang tidak bersifat permanen.

4. Bearing

Bearing merupakan tempat dudukan poros yang berotasi sehingga poros tidak mengalami gesekan langsung.

5. Profil L baja

Profil L digunakan untuk membuat rangka mesin sebagai dudukan semua komponen-komponen alat/mesin.

6. Poros

Poros merupakan komponen atau elemen mesin berbentuk silinder yang berfungsi sebagai penerus gaya putar.

7. kayu

kayu digunakan untuk membuat piston atau penekan kentang untuk mendorong kentang kearah mata pisau.

8. Plat stainless steel

Plat *stainless steel* digunakan untuk membuat hopper dan mata pisau pada mesin pemotong kentang.

Prosedur Uji Coba Mesin

Adapun prosedur uji coba mesin pemotong kentang berbentuk *stick* dapat dilihat sebagai berikut:

1. Siapkan kentang yang telah dikupas.
2. Siapkan mesin pemotong kentang berbentuk *stick*.
3. Hubungkan mesin ke *stop contact*.
4. Masukkan kentang kedalam *hopper* pada mesin.
5. Tekan tombol on *stop contact* pada mesin.
6. Setelah itu catat waktu menggunakan *stopwatch* dan matikan mesin dengan menekan tombol *off* pada mesin.
7. Hasil akhir dari uji coba mesin adalah kentang berbentuk *stick*.
8. Timbang berapa hasil kentang yang terpotong berbentu *stick*.

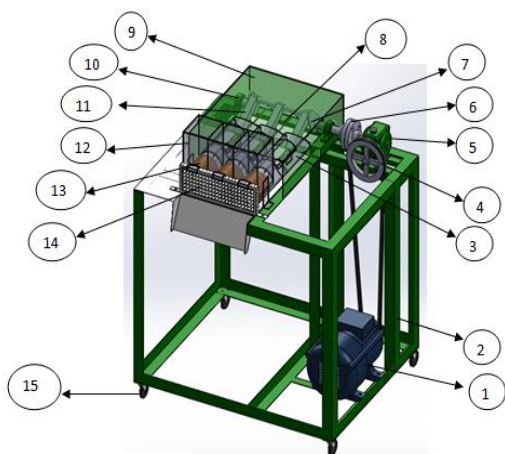
Kategori hasil pengujian

Kategori hasil pengujian dikelompokan sebagai berikut:

- a. Berhasil yaitu apabila kentang mampu terpotong berbentuk *stick* dan bentuk bagaian pinggir kentang disesuaikan dengan kondisi profil kentang.
- b. Tidak berhasil yaitu apabila kentang pecah atau patah dan tidak berbentuk *stick*.
- c. Tertinggal yaitu apabila kentang tidak jatuh ke wadah dan tertinggal dimata pisau atau dimesin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar Mesin



Gambar 2 Mesin Pemotong Kentang

Tabel 1 Komponen mesin dan fungsi komponen

No	Nama Komponen	Fungsi Komponen Mesin
1	Motor listrik	Sebagai tenaga penggerak
2	Rangka	Penopang komponen
3	Tabung	Sebagai ruang piston
4	Pulley dan belt	Mentransmisi daya
5	Gearbox	Sebagai penghantar daya
6	Kopling	Menghubungkan dua poros
7	Poros engkol	Sebagai penggerak piston
8	Penarik	Sebagai penarik piston
9	cover	Pelindung komponen mesin
10	Bearing	Sebagai dudukan poros
11	Pendorong	Sebagai penekan piston
12	Hopper input	wadah masuk kentang
13	Penekan	Sebagai penekan kentang
14	Mata pisau	Sebagai pemotong kentang
15	Roda	Memudah untuk memindah

Prinsip Kerja Mesin

Prinsip kerja mesin pemotong kentang berbentuk *stick* yaitu dengan cara memanfaatkan putaran dari motor listrik ½ Hp dengan sistem penurunan putaran menggunakan *pulley* dan *belt* 1:2 yaitu *pulley* satu berdiameter 3 inci dan *pulley* dua berdiameter 6 inci dan putaran diturunkan lagi oleh *gerbox* dengan rasio 1:40 sehingga putaran diporos engkol menjadi 17,5 rpm dan poros engkol menggerakkan tuas pendorong untuk menekan piston supaya piston bergerak menuju arah mata pisau sehingga kentang terpotong berbentuk *stick*.

Data Hasil Penelitian

Hasil yang diperoleh dengan melakukan rangkaian pengujian mesin. Dari hasil yang diperoleh maka akan diketahui berapa kapasitas produksi mesin. Untuk mendapatkan data pengujian tersebut maka dilakukan pengujian mesin dimana pengujian dilakukan sebanyak 3 kali pengujian dengan masing-masing sampel adalah 1000 gram kentang. Bahan uji terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3 Bahan uji

Hasil yang diperoleh selanjutnya diidentifikasi dan dilakukan perhitungan terhadap hasil yang tergolong berhasil dan tidak berhasil dipotong.



Gambar 4 Hasil Pengujian

Hasil pemotongan kentang berbentuk *stick* menggunakan mesin yang telah dibuat dan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali menggunakan kentang 1000 gram setiap 1 kali pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Dari tabel 2 dapat diketahui bahwa hasil pemotongan kentang yang berhasil, tidak berhasil, dan tertinggal adalah 702 gram berhasil, 27 gram tidak berhasil, dan 271 gram tertinggal.

Tabel 2 Hasil Pengujian

No	Berat (Gram)	Waktu (Menit)	Hasil pengujian gram		
			Berhasil / sesuai bentuk (Gram)	Tidak berhasil / tidak sesuai bentuk (Gram)	Tertinggal (Gram)
1	1000	2,15	720	24	256
2	1000	2,03	677	25	298
3	1000	2,05	709	32	259
Rata-rata		2,08	702	27	271

Kapasitas Mesin Pemotong Kentang Berbentuk Stick

Untuk menghitung kapasitas dari mesin pemotong kentang berbentuk *stick* yang telah dirancang dihitung rata-rata kentang yang berhasil terpotong pada pengujian yang telah dilakukan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{rata-rata} &= \frac{\frac{m_1}{t_1} + \frac{m_2}{t_2} + \frac{m_3}{t_3}}{\text{jumlah sampel}} \left(\frac{\text{gram}}{\text{menit}} \right) \\ &= \frac{\frac{720}{129} + \frac{677}{122} + \frac{709}{123}}{\frac{60}{60} + \frac{60}{60} + \frac{60}{60}} \left(\frac{\text{gram}}{\text{menit}} \right) \\ &= \frac{\frac{720}{2,15} + \frac{677}{2,03} + \frac{709}{2,05}}{3} \left(\frac{\text{gram}}{\text{menit}} \right) \\ &= 338,07 \left(\frac{\text{gram}}{\text{menit}} \right) \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas, *output* mesin diperoleh adalah 338,07 gram/menit atau dalam satu jam:

$$\frac{338,07 \text{ gram}}{1 \text{ menit}} = \frac{0,33807 \text{ kg}}{0,01666 \text{ jam}} = 20,29 \text{ kg/jam.}$$

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Desain mesin pemotong kentang berbentuk *stick* dibuat dengan dimensi ukuran 660 mm x 800 mm x 710 mm (P x L x T). Menggunakan motor listrik dengan daya ½ Hp. Sistem penurunan putaran menggunakan *pully* dan *belt* 1:2 dan diteruskan *gerbox* dengan rasio 1:140 dengan

cara kerja memutar poros engkol untuk menggerakkan pendorong piston dengan putaran 17,5 rpm.

2. Dari 3 kali pengujian hasil rata-rata pemotongan kentang yang berhasil, tidak berhasil, dan tertinggal adalah 702 gram berhasil, 27 gram tidak berhasil, dan 271 gram tertinggal.

3. Mesin pemotong kentang berbentuk *stick* yang telah dirancang memiliki kapasitas produksi 20,29 kg/jam.

4. Efisiensi produksi mesin pemotong kentang berbentuk *stick* yang telah dirancang memiliki efisiensi produksi mesin 70,2% hasil pemotongan berhasil dan 27,1% kentang tertinggal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indra, Kus. 2019. Modifikasi Mesin Pengiris Bawang Menggunakan Motor Listrik Dengan Daya 200 Watt. Skripsi. Universitas Bangka Belitung.
- [2] James R. Thrower, 1976. Technical Statics and Strength Of Materials. Buku Halaman 151.
- [3] Maizar, Nurul. 2019. Rancang Bangun Mesin Parut Kelapa untuk Pakan Ternak Ayam Sistem Mata Pisau Horizontal. Skripsi. Universitas Bangka Belitung.
- [4] Rosa, Firly, Saparin. 2018. Analisa Kecepatan Dan Percepatan Poros Ekaentrik Mesin Penubuk Beras Aruk. Skripsi. Universitas Bangka Belitung.
- [5] Siti, Amimah. 2015. *Pengembangan Alat Pemotong Tipe Manual Menjadi Stick Kentang (Solanum tuberosum)*. Diploma thesis, Teknologi Pertanian, Universitas Andalas, Padang.
- [6] Tri Prasetyo Aji, 2017. Rancang Bangun Dan Analisa Struktur Alat Pencetak Nasi Guna Proses Pencetakan Nasi Pada Usaha Katering. Departemen Teknik Mesin Industri. Fakultas Vokasi. Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.
- [7] Wibowo, Angga, C. 2015. Perancangan Alat Pemotong Kentang. Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta.

ANALISIS MATERIAL KONTRUKSI CHASIS MOBIL LISTRIK LAKSAMANA V2 MENGUNAKAN SOFTWARE AUTODESK INVENTOR

Aris Toteles¹ Firman alhaffis²

Program Studi Sarjana Terapan Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Bengkalis

Bengkalis, Indonesia

Email: arishtoteles99@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mendapatkan material penyusun konstruksi yang lebih ringan dan kuat sebagai penyusun konstruksi chasis mobil listrik laksamana V2. Dengan menggunakan sistem komputasi *software Autodesk Inventor Pro 2020* dengan metode *Finite Element Analysis*. Proses analisis dilakukan di lab Desain dan Perancangan Teknik Mesin di kampus Politeknik Negeri Bengkalis. Pemodelan dilakukan dengan melakukan pengukuran dimensi konstruksi chasis mobil listrik Laksamana V2. Dengan melakukan analisis kekuatan konstruksi dan melakukan variasi material dengan tiga material yang digunakan yaitu *Stainless Steel*, Aluminium 6061 dan Baja karbon. Hasil penelitian didapatkan Baja karbon memiliki massa 27,2494 kg dengan memiliki kekuatan konstruksi berupa tegangan 77,3 Mpa, Regangan 3744×10^{-4} , *Displacement* 1,5 mm dan *Safety factor* 1,54

Kata kunci: Metode FEA, tegangan, regangan, material

Abstract

This study aims to obtain a lighter and stronger construction material for the construction of the Admiral V2 electric car chassis. By using the Autodesk Inventor Pro 2020 software computation system with the Finite Element Analysis method. The analysis process was carried out in the Mechanical Engineering Design and Design lab at the Bengkalis State Polytechnic campus. Modeling is done by measuring the construction dimensions of the Admiral V2 electric car chassis. By analyzing the strength of the construction and varying the materials with the three materials used, namely stainless steel, 6061 aluminum and carbon steel. The results showed that carbon steel has a mass of 27.2494 kg with a construction strength of 77.3 Mpa stress, 3744×10^{-4} strain, 1.5 mm displacement and a safety factor of 1.54.

Keywords: FEA method, Stress, strain, material

PENDAHULUAN

Kendaraan merupakan sarana transportasi yang sangat penting penggunaannya pada saat ini. Perkembangan kendaraan saat ini begitu pesat dengan digunakannya beberapa alternatif energi untuk menghasilkan daya pada kendaraan tersebut. Kendaraan dengan menggunakan energi listrik mengalami perkembangan yang cukup besar dimana semakin beralihnya kendaraan dengan sumber energi yang menggunakan *Ignition Combustion Engine Vehicle* (ICEVs) menjadi kendaraan dengan menggunakan energi listrik atau *electric vehicle* (EVs). Perkembangan kendaraan listrik akan sangat pesat dengan adanya kompetisi untuk membuat

kendaraan yang layak dipasarkan. Salah satu kompetisi yang diadakan di Indonesia yaitu Kontes Mobil Listrik Indonesia yang merupakan kompetisi tingkat mahasiswa.

Chasis kendaraan merupakan rangka yang berfungsi sebagai penopang berat kendaraan, mesin penumpang, serta beban-beban lain. Biasanya chasis terbuat dari kerangka baja yang memegang *body* dan *engine* dari sebuah kendaraan. Saat proses manufaktur *body* kendaraan dibentuk sesuai dengan struktur chasis-nya. Chasis mobil biasanya terbuat dari logam atau pun komposit. Material tersebut harus memiliki kekuatan untuk menopang beban dari kendaraan.

Politeknik Negeri Bengkalis merupakan perguruan tinggi vokasi yang telah memiliki tim mobil listrik dengan nama LECT (*Laksamana Electric Cars Team*) dengan mobil bernama Laksamana V2. Chasis mobil yang dibuat adalah jenis

tubular space frame. Mobil listrik Laksamana V2 menggunakan material pipa galvanis dengan keunggulan murah, mudah didapat, ringan dan tidak mudah berkarat. Mobil listrik laksamana V2 mengalami *overdesain* diakibatkan beberapa faktor salah satunya berat material yang digunakan pada konstruksi chasis. Dalam hal ini perlu dilakukan analisis untuk mengetahui kekuatan material yang digunakan sebagai konstruksi chasis terhadap beban statik yang diterima konstruksi yang kemudian akan divariasikan dengan material lain untuk memperoleh material yang memiliki kekuatan yang kuat menahan beban statik dan dengan konstruksi chasis yang lebih ringan.

Analisis yang dilakukan menggunakan sistem komputasi dengan metode Metode FEA (*Finite Element Analysis*). Metode ini dapat menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat untuk menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi hingga umur *fatigue*. Keunggulan dari metode FEA adalah penggunaan waktu dan biaya yang minimum, bahkan metode ini dapat digunakan sebelum *prototype* yang sebenarnya dengan menggunakan *software autodesk inventor*. Dari uraian di atas peneliti mengambil judul penelitian “Analisis Kontruksi Chasis Mobil Listrik Laksamana V2 Menggunakan *Software Autodesk Inventor*”.

Berdasarkan dari latar belakang diatas maka didapat rumusan masalah yang bisa diambil oleh penulis yaitu Material apa yang lebih ringan dan memiliki kekuatan yang kuat sebagai penyusun konstruksi chasis mobil listrik Laksamana V2. Penelitian ini bertujuan mendapatkan material penyusun konstruksi yang lebih ringan dan kuat sebagai penyusun konstruksi chasis mobil listrik laksamana V2.

Setiap material (benda) adalah elastis pada keadaan alaminya. Maka jika gaya luar yang bekerja pada benda tersebut akan mengalami deformasi tahanan ini yang dipersatukan luas diistilahkan tegangan. Besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan (*stress*). Gaya yang bekerja sebanding dengan panjang benda dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Besarnya gaya yang bekerja dibagi dengan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan (*stress*).

Regangan didefinisikan sebagai hasil bagi antara pertambahan panjang dengan panjang awal. Contohnya benda yang menggantung pada tali, menimbulkan gaya tarik pada tali, sehingga tali memberikan perlawanan berupa gaya dalam yang sebanding dengan berat beban yang dipikulnya (gaya aksi = reaksi). Respon perlawanan dari tali terhadap beban yang bekerja padanya akan mengakibatkan tali menegang sekaligus juga meregang sebagai efek terjadinya pergeseran internal di tingkat atom pada

partikel-partikel yang menyusun tali, sehingga tali mengalami pertambahan panjang.

Modulus elastisitas sering disebut sebagai *Modulus Young* yang merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan aksial dalam deformasi yang elastis, sehingga modulus elastisitas menunjukkan kecenderungan suatu material untuk berubah bentuk dan kembali lagi kebentuk semula bila diberi beban. Modulus elastisitas merupakan ukuran kekakuan suatu material, sehingga semakin tinggi nilai modulus elastisitas bahan, maka semakin sedikit perubahan bentuk yang terjadi apabila diberi gaya. Jadi, semakin besar nilai modulus ini maka semakin kecil regangan elastis yang terjadi atau semakin kaku. Besarnya pertambahan panjang yang dialami oleh setiap benda ketika merenggang adalah berbeda antara satu dengan yang lainnya tergantung dari elastisitas bahannya.

Finite Element Analysis (FEA) atau disebut juga metode elemen hingga. Metode elemen hingga ini adalah metode yang sampai saat ini terbukti cukup berhasil dengan baik digunakan untuk menganalisis tegangan-tegangan yang terjadi pada struktur. Konsep dasar dari metode ini adalah diskritasi yaitu membagi benda menjadi bentuk-bentuk yang lebih kecil di mana masih mempunyai sifat yang sama seperti benda penyusunnya. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari suatu gejala fisis. Tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur. Tipe-tipe permasalahan struktur meliputi Analisa tegangan (*stress*), *buckling*, dan getaran, sedang permasalahan non struktur meliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, dan distribusi dari potensial listrik dan potensial magnet.

Autodesk Inventor merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti desain produk, desain mesin, desain *mold*, desain konstruksi, atau keperluan teknik lainnya. *Autodesk inventor* adalah program pemodelan *solid* berbasis fitur parametrik, artinya semua objek dan hubungan antargeometri dapat dimodifikasi kembali meski geometrinya sudah jadi, tanpa perlu mengulang lagi dari awal. Hal ini sangat memudahkan kita ketika sedang dalam proses desain suatu produk atau rancangan. Untuk membuat suatu model 3D yang *solid* ataupun *surface*, kita harus membuat *sketch* nya terlebih dahulu atau mengimpor gambar 2D dari Autodesk Autocad. Setelah gambar atau model 3D tersebut jadi, kita dapat membuat gambar kerjanya menggunakan fasilitas *drawing*.

Stress Analysis

Stress analysis merupakan salah satu alat pengujian struktur pada *Autodesk Inventor* yang dilakukan dengan menerapkan konsep *Finite Element Analysis* (FEA). Cara kerjanya adalah dengan memecah suatu objek struktur yang akan diuji menjadi elemen – elemen berhingga yang saling terhubung satu sama lain yang akan dikelola dengan perhitungan khusus oleh *software*, sehingga menghasilkan hasil yang lebih akurat.

Frame Analysis

Selain *stress analysis*, pada *autodesk inventor* juga terdapat alat pengujian struktur yang lain, yaitu *frame analysis*. Konsep dari pengujian ini adalah dengan menerapkan ilmu mekanika teknik yaitu berkaitan dengan struktur *truss*, *beam*, dan *frame*. Input data beban dan tumpuan, sedangkan outputnya diagram tegangan, regangan dan *displacement*.

METODE PENELITIAN

Alat

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Komputer

Merupakan perangkat pengelolaan informasi yang digunakan untuk menyimpan dan mengelola data.

2. Software Autodesk Inventor professional 2020

Merupakan program yang dirancang khusus untuk keperluan bidang teknik seperti desain produk, yang digunakan untuk melakukan pemodelan desain dan melakukan Analisis von mises pada konstruksi chasis mobil listrik laksamana V2.

3. Meteran

Meteran digunakan pada saat pengukuran langsung dimensi rangka chasis mobil listrik yang akan di buat pemodelan dengan menggunakan Autodesk Inventor.

4. Jangka Sorong (sigmat)

Jangka sorong (sigmat) digunakan untuk mengukur diameter rangka yang berbentuk silinder.

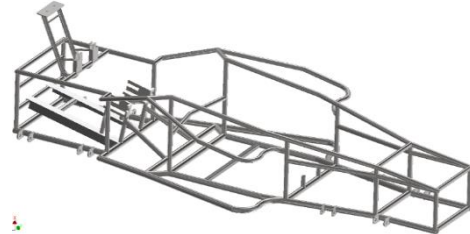
5. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur berat setiap komponen mobil listrik untuk pengambilan data beban tetap pada chasis mobil listrik Laksamana V2.

Bahan

Ada beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian ini.

1. Desain konstruksi chasis mobil listrik Laksamana V2



Gambar 1 Desain Kontruksi Chasis mobil Listrik Laksamana V2

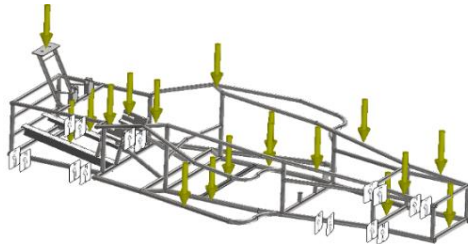
2. Berat beban tetap pada konstruksi chasis mobil listrik Laksamana V2

Tabel 1 Berat Berat Tetap Kontruksi Chasis

NO	NAMA	JUMLAH	BERAT (kg)
1	Batrai GS <i>Calcium Batrai</i> (kanan)	2	24,4
2	Batrai GS <i>Calcium Batrai</i> (kiri)	2	24,4
3	<i>Contoller</i> kedudukan	1	7
4	Motor BLDC	1	13,3
5	Gerdan Mobil	1	12,2
6	<i>Rack and Pinion</i>	1	5
7	Body Fiber Depan	1	13
8	<i>Bemfer</i> Mobil	1	3,5
9	<i>Driver</i>	1	60
10	Fiber Bagian Tengah	2	10,7
11	Fiber Bagian Belakang	1	5
Total			162,8

Sumber : Data Penelitian

3. Arah beban tetap yang di terima konstruksi chasis mobil listrik Laksamana V2



Gambar 2 Arah Beban Tetap Kontruksi Chasis

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian mencakup langkah-langkah pelaksanaan penelitian dari awal hingga akhir. Untuk mencapai tujuan dan sebagai kerangka pemikiran penelitian, direncanakan metodologi dengan ringkasan sebagai berikut:

1. Tahapan dalam penelitian ini diawali dengan penentuan masalah, dan masalah yang diangkat pada penelitian ini yaitu masalah besarnya untuk mengetahui kekuatan kontruksi chasis mobil listrik laksamana V2 dengan terhadap tegangan von mises
2. Pada tahap ini dilakukan pembuatan model yang didasarkan pada pengamatan dan pengukuran manual/langsung pada struktur kontruksi chasis mobil listrik Laksamana V2 yang diteliti. Langkah-langkah dalam permodelan sebagai berikut:
 - a. Melakukan pengamatan dan pengukuran langsung pada kontruksi chasis mobil listrik Laksamana V2 yang akan diteliti.
 - b. Pengambilan foto kontruksi chasis mobil listrik Laksamana V2 sebagai acuan dalam permodelan dan sebagai bahan dokumentasi.
 - c. Penggambaran geometri kontruksi chasis sesuai foto dan data yang telah diperoleh dari pengukuran.
 - d. Permodelan atau mendesain gambar kontruksi chasis mobil listrik Laksamana V2 dalam bentuk tiga dimensi.
3. Pemasukan data material di Autodesk Inventor dapat diakses melalui menu Engineering Data. Data untuk pipa galvanis yang digunakan dalam pembuatan kontruksi chasis mobil listrik diperoleh dari hasil observasi dan pengujian pada kontruksi chasis.
4. Tahapan berikutnya ialah pengasumsian beban desain yang digunakan untuk memudahkan dalam melakukan analisis. Adapun beberapa asumsi yang diperlukan dalam analisis tegangan adalah.
5. Beban kelengkapan mobil listrik (chasing body, motor, baterai, Controller, penumpang dan lain-lain).

6. Pengujian kontruksi chasis mobil listrik dilakukan dengan menggunakan software Autodesk Inventor profesional 2020.
7. Interpretasi Hasil (output) analisis berupa data distribusi tegangan, regangan, displacement dan safety factor yang ditampilkan dalam kontur warna pada geometri rangka chasis mobil listrik serta angka-angka dan grafik yang menunjukkan besarnya tegangan, regangan, displacement dan safety factor yang terjadi

HASIL DAN PEMBAHASAN

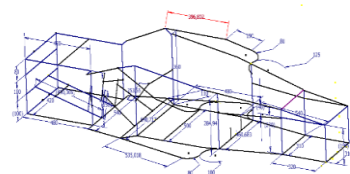
Identifikasi Masalah

Berdasarkan penjelasan pada bab 1 telah ditemukan beberapa masalah, yaitu mobil listrik Laksamana V2 mengalami *overdesign* (desain berlebihan) hal ini dikarenakan salah satu faktornya adalah penggunaan material yang kurang efektif serta rancangan desain rangka yang berlebihan dari beban yang diterima. Sehingga dilakukan analisa tegangan (*strees analysis*) terhadap rangka mobil listrik Laksamana V2 dengan mengetahui perbandingan kekuatan kontruks terhadap beban statik yang diterima.

Pemodelan Desain Rangka Laksamana V2

Pemodelan merupakan penggambaran kembali rangka Laksamana V2 dengan menggunakan software Autodesk Inventor profesional 2020. Adapun prosedur yang dilakukan dalam proses pemodelan adalah sebagai berikut :

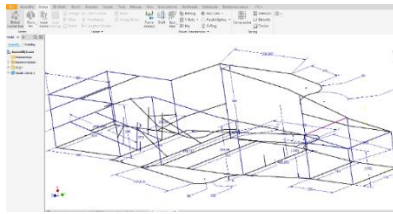
1. Pengukuran dimensi rangka dengan menggunakan meter, pengukuran ini dilakukan dengan membongkar komponen penyusun pada rangka utama mobil
2. Penggambaran desain rangka dengan menggunakan Autodesk Inventor dimulai dengan penggambaran sketsa dua dimensi pada pemodelan *Part* yang digambar dengan menggunakan *Plan* pada *tool inventor*.



Gambar 3 Desain Sketsa 2 Dimensi

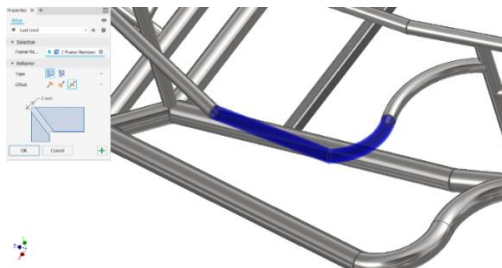
3. Pembentukan pemodelan rangka, yaitu dengan menggunakan *layout assembly* dengan memasukkan desain part dua dimensi

menggunakan *tools Place component*. Pembentukan pemodelan rangka dilakukan dengan *tools Frame Generator*



Gambar 4 Layout Assembly

4. Insert Frame, merupakan tools dari frame generator yang berfungsi melakukan input rangka penyusun dengan berbagai standart dan variasi ukuran serta jenis material yang digunakan telah tersedia pada insert frame.
5. Verifikasi material pada pada desain rangka dua dimensi. Bahan yang digunakan yaitu pipa galvanized dengan ukuran pipa 1/2 inchi (21,3 mm x 1.6 mm) dan pipa 3/4 inchi (27 mm x 1,6 mm) menggunakan standart ISO
6. Penggabungan Frame, yaitu melakukan penyambungan pipa satu kesatuan dengan menggunakan tools miter untuk penyambungan sudut dengan jarak antar pipa 0 mm untuk dilakukan penyambungan dan clout untuk penyambungan mengikuti alur.



Gambar 5 Miter

Proses Analisa Tegangan (Stress Analysis)

1. *Infut Materials Frame*

Rangka mobil listrik laksamana V2 menggunakan material *galvanized* pada rangka pipa utama dan juga terdapat beberapa bagian pada rangka utama yang menggunakan material *Steel mild* yang memiliki kekuatan mekanik material sebagai berikut :

Tabel 2 Kekuatan Mekanik Galvanized

Name	Steel,Galvanized	
General	Mass Density	1g/cm ³
	Yield Strength	207 Mpa

	Ultimate Tensile Strength	345 Mpa
Strees	Young's Modulus	200 Gpa
	Poisson's Ration	0.275 ul
	Shear Modulus	76,9231 Gpa

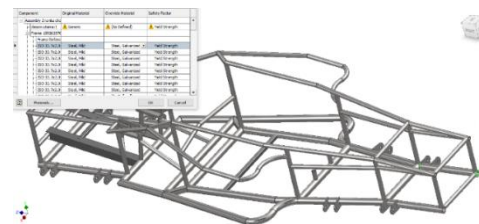
Sumber : Report *Strees Analysis*

Tabel 3 Kekuatan Mekanik Steel Mild

Name	Steel Mild	
General	Mass Density	7.85 g/cm ³
	Yield Strength	207 Mpa
	Ultimate Tensile Strength	345 Mpa
Strees	Young's Modulus	220 Gpa
	Poisson's Ration	0.3 ul
	Shear Modulus	86,2745 Gpa

Sumber : Report *Strees Analysis*

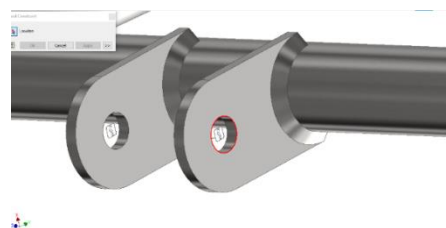
Input data material dilakukan pada *tools assign materials*. Data material secara umum telah terdapa pada *inventor*, data material umum pada rangka menggunakan *steel mild* dan data material khusus diisi pada kolom *Override Materials* dengan menggunakan material *galvanized*.



Gambar 6 Assign Materials

2. *Constraint/ Titik Pegangan*

Pada *strees analysis inventor* terdapat tiga jenis *constraints* yang bisa digunakan yaitu *fixed constraints* (tetap), *Pin* (momen), *frietionless* (tampa gesekan). Untuk simulasi *strees analysis* rangka mobil dengan beban statik menggunakan *fixed constraint* sebagai tumpuan yang dipasang pada setiap *lower plinger* penghubung dengan jumlah 16 *fixed constraint*.



Gambar 7 Fixed Constraint

3. Loads (Menentukan Vektor)

Rangka mobil listrik laksamana V2 mengguakan gaya pebebanan statik dengan searah sumbu y pada pemodelan rangka atau dari arah atas ke bawah. Pada *software inventor* untuk melakukan *strees analysis* pembebanan dihitung dalam satuan Newton sehingga perlu dilakukan konversi satuan dari kg ke Newton.

Tabel 4 Beban Rangka Mobil.

NO	NAMA	JUMLAH	BERAT (kg)	BEBAN (Newton)
1	Batrai GS Calcium Batrai (kanan)	2	24.4	239,12
2	Batrai GS Calcium Batrai (kiri)	2	24,4	239,12
3	Contoller dan kedudukan	1	7	68,6
4	Motor BLDC	1	13,3	130,34
5	Gardan Mobil	1	12,2	119,56
6	Rack and Pinion	1	5	49
7	Body Fiber Depan	1	13	127,4
8	Bemfer Mobil	1	3,5	34,335
9	Driver	1	60	588
10	Fiber Bagian Tengah	2	10,7	104,967
11	Spoiler	1	5	49.05
Total			162,8	1597,068

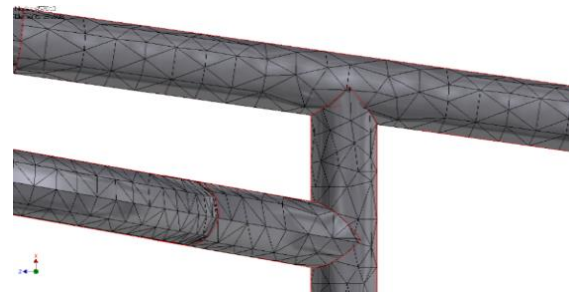
Sumber : Data Penelitian

Nilai pembebanan didapat dengan melakukan pembongkaran komponen penyusun pada rangka mobil listrik yang kemudian ditimbang menggunakan timbangan duduk dalam satuan kilogram yang selanjutnya dikonversi salam satuan Newton.

4. Mesh

Mesh berfungsi membagi suatu geomerti menjadi potongan-potongan kecil yang disebut elemen. Sudut setiap elemen adalah simpul dan perhitungan dilakukan di *node* sehingga elemen-elemen dan simpulan ini membentuk. Dalam penelitian ini, struktur rangka mobil laksamana V2 didiskritisasi (*Meshing*) dengan jumlah *Node*

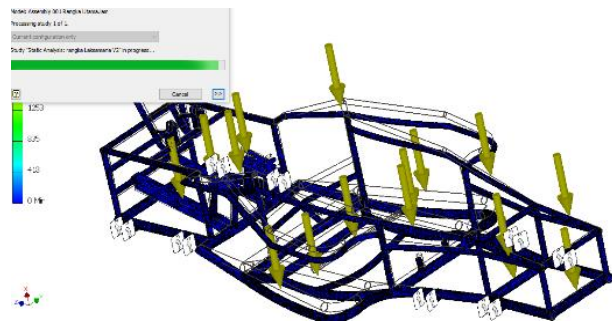
mencapai 609.923 dan elemen mencapai 296.806 dengan menggunakan mesh berbentuk segi tiga.



Gambar 8 Mesh

5. Running Simulation

Proses *Running* dilakukan setelah seluruh prosedur *Assing material, constraint, loads* dan *default meshing* dilakukan pada model rangka mobil tersebut. Proses *running* berjalan dengan pembacaan proses perhitungan metode *Finite Elemen Analysis* (FEA).



Gambar 9 Running Simulation

Hasil Simulasi Stress Analysis

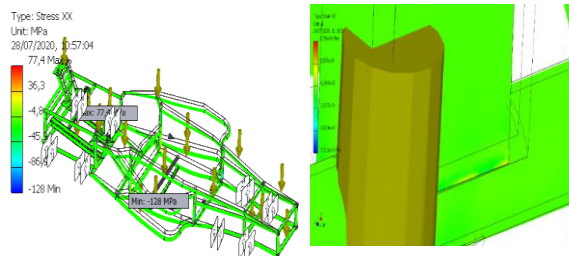
Pada simulasi stress analysis terdapat ketentuan untuk membaca hasil simulasi yang ditampilkan yaitu dengan ketentuan varian warna. Warna biru menunjukkan nilai minimum adapun warna hijau, kuning dan *orange* menunjukkan perubahan warna dari nilai minimum ke nilai maksimum sedangkan warna merah menunjukkan nilai maksimum yang terjadi.

Berdasarkan data *strees analysis* yang telah dilakukan simulasi didapatkan dari *Report Strees Analysis* bahwa kontruksi chasis dengan material galvanis memiliki massa 27,7699 kg, dengan volume chasis 3467500 mm³

1. Strees (Tegangan)

Pada simulasi *strees analysis*, untuk analisa *strees* yang terjadi pada kontruksi chasis inventor membagi hasil analisis menjadi beberapa bidang yaitu bidang XX, XY, XZ, YY, YZ, ZZ. Pada penelitian ini hasil yang menjadi acuan hanya diambil

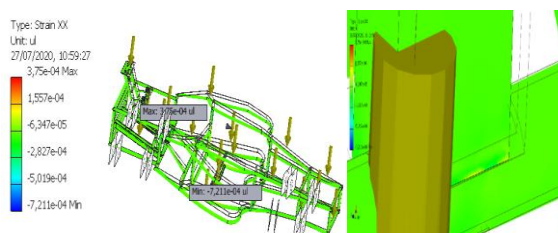
pada bidang XX. Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada rangka mobil listrik laksamana V2 sebesar 77,3 Mpa yang mana tegangan yang terjadi ini pada bidang XX pada bagian komponen chasis yang merupakan tempat tumpuan dari *Spoiler*. *Strees* yang terjadi digambarkan dengan sedikit warna *orange* yang terdapat pada bagian yang terjadi *strees*.



Gambar 10 *Strees* Bidang XX

2. Strain (Regangan)

Pada simulasi *strees analysis*, untuk analisa *strain* yang terjadi pada kontruksi chasis inventor membagi pembacaan menjadi beberapa bidang yaitu bidang XX, XY, XZ, YY, YZ. Pada penelitian ini bidang yang menjadi acuan dalam menentukan *strain* yang terjadi adalah bidang XX. Nilai regangan yang terjadi pada rangka berdasarkan hasil simulasi *Strees analysis* yang dilakukan sebesar 0,0003749 ul (3749×10^{-4}). *Strain* yang terjadi pada bagian komponen chasis yang merupakan tempat tumpuan dari *spoiler*. *Strain* yang terjadi digambarkan dengan sedikit warna *orange* yang terdapat pada bagian yang terjadi *strain*.

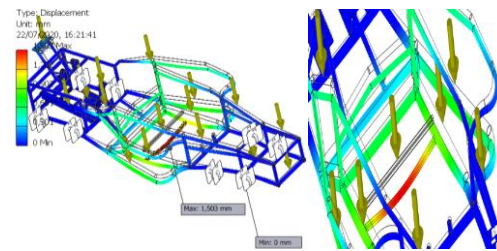


Gambar 11 *Strain* Bidang X

3. Displacement

Dari hasil simulasi *strees analysis* pada *inventor*, terjadinya *displacement* diuraikan dengan sumbu X, Sumbu Y, sumbu Z. Pada analisa ini nilai *displacement* diambil pada sumbu X dikarenakan penggambaran model kontruksi dengan menggunakan sumbu X. *Displacement* sumbu X dari hasil simulasi yang dilakukan didapatkan data *displacement* yang terjadi pada sumbu X dengan nilai maksimum yang terjadi sebesar 1,5 mm pada sumbu X yang berada pada bagian batangan tengah rangka

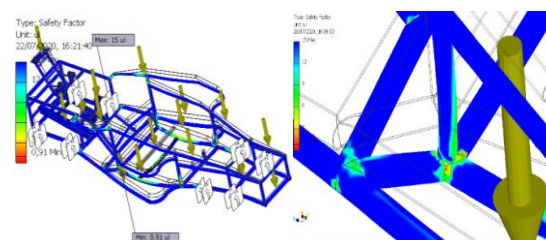
mobil yang merupakan tumpuan beban dari driver yang dapat dilihat dapat dengan orientasi warna dan angka yang tercantum dalam aplikasi setelah proses simulasi yang dilakukan



Gambar 12 *Displacement*

4. Safety Factor

Safety factor diperhitungkan dengan acuan pada hasil bagi dari besar tegangan izin dibagi dengan tegangan yang terjadi. Pada hasil simulasi dilakukan menunjukkan bahwa *safety factor* yang terjadi pada rangka mobil listrik Laksamana V2 terjadi sebesar 0,9 *safety factor* yang terjadi pada bagian pipa tegak penyambung pada pipa bagian tengah. Pada gambar simulasi ditunjukkan tingkatan nilai terendah pada *safety factor* ditunjukkan dengan warna kuning. Pada nilai *safety factor* yang terjadi pada kontruksi chasis dengan berbahan material galvanis kurang dari 1,0 sehingga dikatakan kurang baik.



Gambar 13 *Safety Factor*

Berdasarkan dari data simulasi *stress analysis* yang dilakukan pada rangka mobil listrik laksamana V2 didapatkan bahwa rangka mobil listrik mengalami *dicplacement* dan *safety factor*, dengan *Strees* yang dialami berada pada titik dibawah tegangan luluh atau *yield strength*. Sehingga kontruksi chasis dengan material galvanis masih dalam batas aman untuk menerima pembebanan statik. Dengan nilai yang masih berapa pada ambang aman sehingga kontruksi aman. namun pembebanan ini adalah pembebanan statik sehingga kontruksi hanya menerima beban dalam keadaan diam.

KESIMPULAN

Analisis menggunakan *Software Autodesk Inventor Pro 2020* dengan menggunakan fitur *stress analysis* didapatkan hasil dari *stress analysis* yang dilakukan pada rangka mobil listrik laksana V2 didapatkan bahwa rangka mobil listrik mengalami *dicplacement* dan *safety factor*, dengan *Strees* yang dialami berada pada titik dibawah tegangan luluh atau *yield strength* sehingga konstruksi chasis nyatakan aman terhadap pembebanan statik yang diterima.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Agustina Sri, Nalaprana Nugroho,(2015) Analisa Motor Dc (Direct Current) Sebagai Penggerak Mobil Listrik jurnal UNSRI
- [2] Andersson, Carl Eurenus, 2009, "Analysis of Composite Chassis", The Department of Applied Mechanics, Division of Vehicle Engineering and A utonomous Systems, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- [3] Masudi,nanang (2014) Desain Controller Motor Bldc Untuk Meningkatkan Performa (Daya Output) Sepeda Motor Listrik. Program Studi D3 Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya..
- [4] Fadila, Ary, 2012, Menggunakan Analisis Simulasi Struktur Chassis Mobil Mesin, USU Berbahan Besi Struktur Terhadap Beban Statik Dengan Perangkat Lunak Ansys 14, (ISSN 2338-1035), Universitas Sumatera Utara.
- [5] Mott, R. L. 2009. Elemen-Elemen Mesin dalam Perancangan Mekanis. Translated by Rines, Agus Unggul Santoso, Wibowo Kusbandono, Rusdi Sambada, I Gusti Ketut Puja, dan A. Teguh Siswanto. Yogyakarta: ANDI.
- [6] Syarifuddi,hasan (2015).Analisis Tegangan Von Mises Pegas Daun Mobil Listrik Angkutan Massal Menggunakan Metode Elemen Hingga. Jurusan Tekniks Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang
- [7] Bambang Setyono, Setyo Gunawan (2015). Perancangan dan Analisis Chassis Mobil Listrik "Semut Abang " Menggunakan Software Autodesk Inventor Pro 2013, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan III 2015 ISBN 978-602-98569-1-

STRUCTURE DESIGN AND STRENGTH ANALYSIS OF CHILD SEAT FOR MOTORCYCLE

D. Ginanti, H. N. Fauzah, M.B.N. Akbar, F. Triawan

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Sampoerna University

Jl. Raya Pasar Minggu Kav.16, Pancoran, Kota Jakarta Selatan 12780

dara.ginanti@sampoernauniversity.ac.id

Abstrak

Banyak orang di Indonesia mengalami masalah keselamatan yang serius dalam membawa anak-anak mereka mengendarai sepeda motor. Kursi anak yang layak diperlukan untuk menjamin keselamatan anak dan pengendara itu sendiri. Dalam tulisan ini, desain struktur kursi anak sepeda motor yang menggunakan sistem spring-damper disajikan sebagai acuan untuk membangun tempat duduk yang aman dan nyaman. Analisis kondisi statik, kondisi dinamika, tekuk, dan juga kelelahan juga dilakukan dihitung dan menghasilkan beberapa faktor keamanan. Faktor keamanan ditemukan dalam kisaran 1-11. Berbasis Dari hasil analisis tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa kursi anak tersebut aman. Karena beberapa perhatian terkait dengan keselamatan, inovasi ini direkomendasikan untuk diterapkan untuk produksi massal, selanjutnya perbaikan dan optimalisasi juga dimungkinkan untuk desain ini.

Kata kunci: Child seat, motorcycle usage, structure design, strength analysis, static dan fatigue loads.

Abstract

Many people in Indonesia are having a serious safety issue in bringing their children to ride a motorcycle. A proper child seat is needed to guarantee the safety of the child and the rider itself. In this paper, the structural design of a child seat for a motorcycle using a spring-damper system is presented as a reference to build a safe and comfortable seat. Analysis of the static condition, dynamics condition, buckling, and also fatigue is also done calculated and it is resulting in some safety factors. The safety factors are found to be in the range of 1-11. Based on that analysis result, the conclusion that can be highlighted is that the child seat is safe. Due to some concern related to safety, this innovation is recommended to be applied for mass production, furthermore, improvement, and optimization is also possible for this design.

Keywords: Child seat, motorcycle usage, structure design, strength analysis, static dan fatigue loads.

PENDAHULUAN

Nowadays, a lot of Indonesian citizens are using a motorcycle in their daily life. In 2018, the number of motorcycles itself in Jakarta is up until 14,745 units. [1] Those number is still increasing until now due to the flexibility of the motorcycle itself to ride in various kinds of roads, its affordable cost, and also its functionality. Along with this increasing number, the rate of transportation accidents on the road is also increasing. An accident does not only happen to adults, but also to children who are brought to ride. A data found by Phyllis Agran et al in their journal shows that seventy percent of children in a range of 4 to 9 years old sustained a head or face

injury due to they are brought to ride in a motorcycle with less safety. [5] Upper-torso and extremity injuries were infrequent, despite, lower torso injuries are more frequent to happen and it occurred primarily in frontal impacts in both the back and front seats. [5] Frontal impacts resulted in a greater proportion of serious injuries than rear impacts. [5] Due to this high possibility of an accident, many people are worried to bring their child to ride.

In this paper, a safety child seat is designed to solve this worry. Analysis of the safety of this design is done by calculating the safety factor on the static condition and dynamics conditions. To see how strong and durable this design is, a buckling and fatigue analysis is also done.

The child seat is designed to be placed in the front of the motorcycle, it also equipped with a clamping system using bolts and a seat belt to give an

extra protection for the child. This clamping and seat belt system is applied to the seat to keep the child stay in its position when some unwanted impact occurs.

METODE PENELITIAN

The methodology that is used during this work to design a child seat is a literature review to some e-journals, papers, and online shopping sites. Market research is also done to make some specifications that meet the needs of the consumer. Those specification researches are becoming the first step in making this child seat. Consideration is also made to make the rider comfortable to use this child seat. A specific dimension is designed for the child seat so that it will not disturb the rider to ride the motorcycle. A too high seat may cover the rider view and a too-wide seat may make the driver difficult to ride the motorcycle. If the rider is disturbed, it will increase the possibility of an accident to happen. Hence why this consideration is very important because it will not only affect the comfort of the user but also affecting safety.

There are three categories of specification, those categories are primary, secondary, and tertiary. The primary specification is the main specification that is being prioritized on designing the seat. Then, the secondary and the tertiary specification is made to complete the function and the features of the seat. These three specification categories are becoming the goals of the designed seat. At the end of the designing process, the seat should meet all the specification that is listed. Below is the list of the specification that is set to design this child seat.

Primary:

- Having a feature of shock resistance, for both vibration (when the motorcycle roads in a rough way) and impact (when an accident happens, and some unwanted movement is occurring).
- Safe for the child. This is the primary specification of the product. The product must be safe for the user. It should be placed in a safe position somewhere in the motorcycle. It also should strength enough to hold the weight of the baby.

Secondary:

- Comfortable for the rider. The product must be in the right dimension to avoid uncomfortable of the rider. A too big size or too high dimension may affect the comfort of the rider to ride the motorcycle.

- Soft, the material for the pillow seat must be soft enough to make the child feel comfortable during the usage.
- Strong but light. This specification is the second most needed specification based on the research to the marketplace. Most people are love to but a product that is strong but it does not make the weight become a problem.
- Not consuming a lot of space. Usually, the more features a product can offer, the bigger the size the product will be. However, for this designed seat, it is set for having many features, but still in the proper size to not consuming a lot of sizes.

Tertiary:

Unique design. This specification can be fulfilled if the first and second specification is fulfilled. The unique design that is proposed should not disturb the other specification.

After evaluating the specification, the next step is to brainstorm the design of the chair itself. This brainstorming process includes some hand sketching and the output of this process is a proposed design that later on will be designed using software to make the 3D design. All the 3D design shown in this paper is made using the Solid work application.

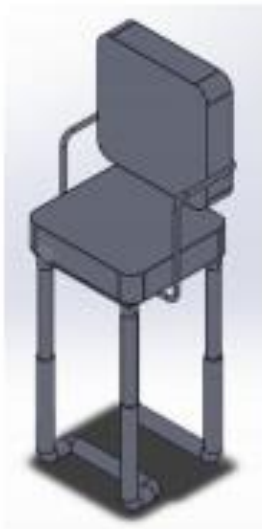
The next processes are to determine the specific working system and the material of the product. In this step, an iterative review is done again to make sure that the design meets the specification that has been set. This process includes dimensioning for some detailed components.

Ultimately, the analysis process is done to evaluate whether the designed child seat is safe for the user or not. Four kinds of analysis are done, those analyses are the static analysis, dynamics analysis, buckling analysis, and fatigue analysis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Considering the safety, market needs, and engineering theories of component design are very important to apply for designing this product. By considering those fields, the product may work effectively and securely. From the three possible place options to place the child seat (front-side, backside, and adaptable places), the chosen one is lending on the front-side design. This designed seat is also equipped with a seat belt, this seat belt works as extra protection for the child and will keep the child safe to sit while the motorcycle is on riding. Furthermore, for the seat itself, it will be clamped to the motorcycle with some bolts. This clamping

mechanism will make the seat stay on its position although some vibration applied to it while the motorcycle is on riding. With this system, seat falls are avoided. Here, figure 1 is showing the 3D design of the child seat.

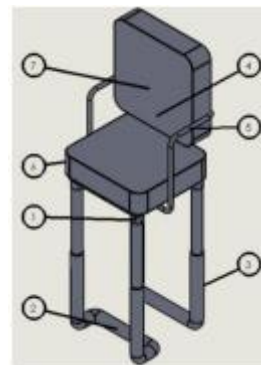


Gambar 1 3D design of the chair

The biggest improvement that is made in this designed seat is lending on its features of shock resistance. This feature is supported by a spring damper system that is just similar to a spring system on a bicycle. [10] By applying this damping system, it can minimize the failure of the structure and the effect of vibration due to the rough road. [6] This also makes the seat more comfortable. Hence, the child who seats in the child seat will feel less vibration. A damping system is the most suitable, simple, and effective method to reduce vibration and increase the safety of the child. [7]

The other improvement also exists on its base. The two front legs and the two back legs are connected. This connection will minimize the different rates of vibration on each of the leg thus the seat will be more stable and can stand steadily during the using time.

The designed chair is composed of seven main parts. Figure 2 below will show the detailed component on the chair.



Gambar 2 3D design and its detailed parts

Tabel 1 Name of the Components

No	Part
1	Frame
2	Front leg
3	Behind Leg
4	Connector
5	Handle
6	Seat Pillow
7	Back Pillow

After defining the components, another research is done in purpose to choose the most suitable material for the seat. In this stage, dimensioning is also be done for the whole component. These two stages are very important to define the strength of the seat product. All the data that are decided here will be used on the analysis stage. Hence why the detailed data for each of the material should be obtained. If at the end of the analysis process the safety factors are not big and safe enough for the seat, the changing on the material and the dimension is much recommended for the optimization and safety factors improvements.

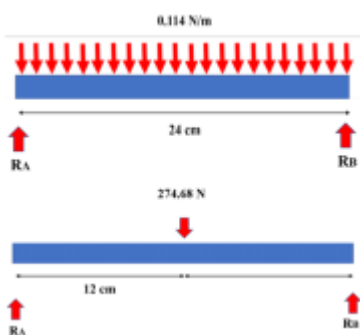
The next process is the analysis process. The first analysis that must be done is static. Static analysis will give the data on how to strengthen the product will be when it is used in a static condition. This is the most fundamental analysis, if the structure fails to pass the static analysis, it cannot go to the next analysis and the design must have some modification. In this designed child seat, the critical part of the structure is lending on the frame. Thus, the part that will be analyzed is the frame. The frame is the component that connects the pillow seat and the legs. This component is critical because it will become the first part that fails in a condition of overload forces.

Table 2 Detailed Component of the Chair

No	Material	Dimension
6 & 7	Polyester	5 cm in height
1	Hollow Pipe Stainless Steel [1]	Thickness = 1.4 mm ; Diameter = 2.54 cm
2 & 3	Spring Damper [2]	10mm
4	Stainless Steel [3]	Thickness = 1 cm Length = 20 cm
5	Hollow Pipe Stainless Steel	Diameter = 5 mm Thickness = 1 mm
Seat Belt	Woven Nylon [4]	4.8 mm in width



Gambar 3 The frame component below the seat



Gambar 4 The Free Body Diagram of the Frame

To do the analysis, some assumptions should be set. Then, a free body diagram should be presented as a guide to doing the analysis correctly. The assumption must be clearly defined to avoid a wrong analysis. A consideration on which part should be neglected is also needed, in this analysis, the engineering sense is needed.

The reaction force of the frame can be obtained from a calculation of moment at point A using the equation (1). The output of this calculation is the force at point B or RB. Furthermore, to get the other reaction, equation (2) is applied. From this calculation, the result is RA. In this case, RA and RB are having the same value, the value is 137.34 N.

Assumption:

- The thickness of the foam is neglected
- The calculation of each joint is neglected
- The legs of the chair have the same radius

- 2D analysis
- Handle analysis is neglected
- Static analysis in the frame
Max child weight = 25 kg
Max chair weight = 3 kg
Total max weight = 28 kg = 274.68 N
Sy = 120 MPa
σy = 240 MPa

$$\sum M_a = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$-274.68 (0.12) + R_b (0.24) = 0$$

$$R_b(0.24) = 32.96$$

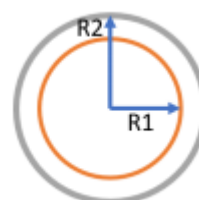
$$R_b = 137.34 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 \dots\dots\dots (2)$$

$$R_a - 274.68 + 137.34 = 0$$

$$R_a = 137.34 \text{ N}$$

The cross-section of the legs is shown in figure 5 below.



Gambar 5 The cross-section area of the legs

The smaller diameter can be found using equation (3), then, the inertia can be found using equation (4).

$$R_1 = R_2 - t \dots\dots\dots (3)$$

$$R_1 = 1.27 - 0.14$$

$$R_1 = 1.13 \text{ cm}$$

$$R_2 = 1.27 \text{ cm}$$

$$I_x = \frac{1}{4}\pi(R_2^4 - R_1^4) \dots\dots\dots (4)$$

$$I_x = \frac{1}{4}\pi(1.27^4 - 1.13^4)$$

$$I_x = 0.763 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Therefore, after getting the value of inertia, to find the principal stresses of the structure, it is compulsory to find the normal stress and the shear stress that is applied to the frame. By using equation (5) and (6), the normal stress is known to be 54.86 MPa, while the shear stress is 5.08 MPa. Those values will be used to calculate the principal stress of the frame, the equation that is used to find the principal stresses is equation (7). The result from this calculation shows that the value of the principal stresses is 55.326 MPa and -0.466 MPa.

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \dots\dots\dots (5)$$

$$\sigma = \frac{31.96 \times 1.27 \times 10^{-2}}{0.763 \times 10^{-8}} = 54.86 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{VQ}{It} \dots\dots\dots (6)$$

$$\tau = \frac{137.34 \times 0.404 \times 10^{-6}}{0.763 \times 10^{-8} \times 1.4 \times 10^{-3}} = 5.08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{2} + \tau^2} \dots\dots\dots (7)$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{54.86}{2} \pm \sqrt{\frac{54.86^2}{2} + 5.08^2}$$

$$\sigma_{1,2} = 27.43 \pm 27,849 \text{ MPa}$$

After getting the value of the principal stresses, it needs to be categorized whether includes in case 1, case 2, or case 3. Case 1 is a case when the two principal stresses have positive values. Despite, case 2 is a case when one of the principal stresses is positive and the other one is negative. For case 3, it is applied when both the value of the principal stresses are negative. From the previous calculation, it is known that the child seat structure is categorized as case 2, thus, the safety factor can be calculated by using equation (8). From this calculation, the safety factor of the static analysis is found to be 2.15.

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1 - \sigma_2} \dots\dots\dots (8)$$

$$n = \frac{120 \text{ MPa}}{55.792 \text{ MPa}} = 2.15$$

The next analysis is buckling analysis. The leg structure of the child seat is quite long (0.21 m) and the beam may buckle. Thus, a buckling analysis is needed to make sure that the structure of the seat will not buckle when it is being used to hold the child. The assumption that is set to do this analysis is that each of the leg's structure receives a load which has a value of P = 68.67 N. This P is coming from the total force that is received by the frame, then it is distributed to the four legs. This value is substituted to the formula to find the P critical and the P allowable. Moreover, the normal stress is found by using equation (9), the value is found to be 30.807 MPa. Next is to find the critical normal stress, it is done using equation (10), the value is found to be 356.16 MPa. In this analysis, the safety factor is found by using the equation (11) and the value is 11.56.



Gambar 6 The leg component that is analyzed

$$\sigma = \frac{P_{all}}{A} = \frac{P_{cr}}{AxS} = \frac{\pi EI}{AxSxLe^2} \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma = \frac{\pi \times 180 \times 10^9 \times 0.763 \times 10^8}{0.056 \times 10^{-4} \times 23.62 \times 0.42^2} = 30.897 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cr} = 0.877 \frac{E\pi^2}{(L_e)^2} \dots\dots\dots (10)$$

$$\sigma_{cr} = 0.877 \times 406.11 \text{ MPa} = 356.16 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{\sigma_{cr}}{\sigma} \dots\dots\dots (11)$$

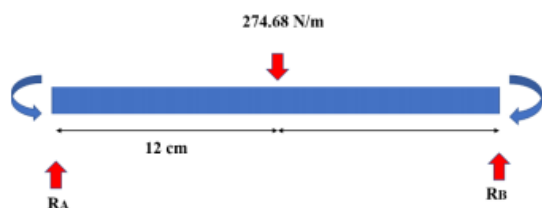
$$n = \frac{356.16}{30.807} = 11.56$$

After done the static and buckling analysis, the finding shows that the structure is safe enough to hold a child. Then, the analysis is continued to the next condition which is dynamic. An analysis in a dynamics condition is called as a dynamics analysis. In other words, a dynamics analysis is an analysis of how strong the seat will be if it is used in a driven motorcycle.

This analysis works on the frame structure. In this analysis, a couple of moments are added on both sides of the frame in the same direction. The assumption that was taken in this analysis is that the child seat is on use to hold a child with a maximum weight of 25kg and the motorcycle is ridden with a velocity of 60km/hour along 100 meters distance. The value of the additional moment can be found by finding the value of the kinetic energy first, then this value is substituted to the equation of work in (13) to find F. Ultimately, the value of F is multiplied with the distance to find the moment.

The further step is to find the principal stresses by using equation (5), (6), and (7). Then, the last step for the analysis of the whole dynamics is

done by finding the safety factor using equation (8). The value is found to be 1.687.



Gambar 7 The frame in dynamics analysis

$$n = \frac{1}{2}mv^2 \dots\dots\dots (12)$$

$$n = \frac{1}{2} \times 28 \times 16.67^2 = 3890.44 \text{ J}$$

$$W = Fxd \dots\dots\dots (13)$$

$$F = \frac{W}{a} = \frac{3890.44}{100} = 38.90 \text{ N}$$

$$Mc = Fxs = 38.90 \times 0.24 = 9.34 \text{ Nm}$$

$$\sigma = \frac{Mc}{I} = \frac{42.296 \times 1.27 \times 10^{-2}}{0.763 \times 10^{-8}} = 70.40 \text{ MPa}$$

$$\tau = \frac{VQ}{It}$$

$$\tau = \frac{137.34 \times 0.404 \times 10^{-6}}{0.763 \times 10^{-8} \times 1.4 \times 10^{-3}} = 5.08 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^2}{2} + \tau^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{70.40}{2} \pm \sqrt{\frac{70.40^2}{2} + 5.08^2}$$

$$\sigma_{1,2} = 35.20 \pm 35.56 \text{ MPa}$$

$$\sigma_1 = 70.765 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -0.36 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{Sy}{\sigma_1 - \sigma_2}$$

$$n = \frac{120 \text{ MPa}}{71.125 \text{ MPa}} = 1.687$$

After having all the analyses on the structure, the next analysis that should be done is the fatigue analysis to determining the fatigue failure on the child seat. The fatigue analysis of the leg and the frame is the same. It is because they have the same material also the same size for the diameter. The aim of calculating the fatigue itself is measuring the endurance limit of the structure (14), the marine factor as the factors that can affect the endurance limit on equation (15) also the final endurance limit because during the use because the initial endurance already affected by the marine factor in equation (16). Therefore, the concentration stress occurs because of the hole in the beam. The calculation occurs on the

equation (17). Therefore, by taking the value of the normal stress from the principal stress in the dynamic analysis, the assumption of maximum and minimum normal stress can be obtained to find the normal stress reverse. The formula to find the normal stress reverse is shown on equation (20), the value is found to be 58.14 MPa.

From the data, the findings are:

$$Sy = 120 \text{ MPa and } Sut = 420 \text{ MPa}$$

Since $Sut < 1400 \text{ MPa}$

$$Se' = 0.5 Sut \dots\dots\dots (14)$$

$$Se' = 210 \text{ MPa}$$

Taking a resource from the Singley book, the parameter of the marine factor with machine finished and the cold draw is known to be:

$$a = 4.51 \text{ and } b = -0.265$$

Then, the marine factor can be calculated using the steps below:

$$Ka = ax Sut^b \dots\dots\dots (15)$$

$$Ka = 0.91$$

$$Kb = 1 \text{ (axial loading)}$$

$$Kc = 0.85 \text{ (axial loading)}$$

$$Kd = Ke = 1$$

The endurance limit will be:

$$Se = Ka Kb Kc Kd Ke Se' \dots\dots\dots (16)$$

$$Se = 162.435 \text{ MPa}$$

Using the appendix on the Shigley book. [8] Specifically in figure A-15-11 that shows a rod shaft generated in bending with a transverse hole. Therefore, the FBD will show in figure (8) below.



Gambar 8 The stress concentration on frame

$$D = 2.54 \text{ cm; } d = 1 \text{ cm } Ka = 0.91$$

$$\frac{d}{D} = 0.39$$

From figure 3 – $Kt = 1.9$

$$\sqrt{a} = 0.246 - 3.08 \times 10^{-3} \times 60.92 + 1.52 \times 10^{-5} \times 60.92^2 - 2.67 \times 10^{-8} \times 60.92^3$$

$$\sqrt{a} = 0.108 \sqrt{in} = 0.546 \sqrt{mm}$$

$$Kf = 1 + \frac{(Kt-1)}{1 + \sqrt{\frac{a}{r}}} \dots\dots\dots (17)$$

$$Kf = 1 + \frac{(1.9-1)}{1 + \sqrt{\frac{a}{r}}} = 1.61$$

From the dynamic calculation, the value of the fluctuating stresses is found to be:

$$\sigma_1 = 70.765 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -0.36 \text{ MPa}$$

To avoid the negative stress from the analysis of the dynamics, a new assumption is made to calculate the sigma m and sigma a.

$$\sigma_{max} = 71 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{mn} = 10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = Kf \times \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \dots\dots\dots (18)$$

$$\sigma_m = \frac{71+10}{2} = 40.5 \times 1.61 = 65.21 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = Kf \times \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \dots\dots\dots (19)$$

$$\sigma_a = \frac{71-10}{2} = 30.5 \times 1.61 = 49.11 \text{ MPa}$$

Using Modified Goodman

$$\sigma_{rev} = \frac{\sigma_a}{1 - \frac{\sigma_m}{Sut}} = \frac{49.11}{1 - \frac{65.21}{420}} = 58.14 \text{ MPa} \dots\dots (20)$$

After having the value of the normal stress reverse using equation (20), then the next analysis is to compare it with the yield strength of the structure (Sy = 120 MPa). From this comparison, the information on whether the structure will be yielding or not will be known. In this case, since the value of the normal stress reverse is smaller than the yield strength and endurance limit, then, yielding will not occur and the structure will have infinite life.

$$nf = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{Se} - \frac{\sigma_m}{Sut}} = \frac{1}{0.15} = 6.18 \dots\dots\dots (21)$$

The last analysis is the fatigue safety factor and lifespan. Using the Modified Good-man formula, the safety factor of the structure and the lifespan can be found. Ultimately, it shows that the structure will have an infinite life and the safety factor is 6.8. From all the analysis calculations that already conducted, it can be concluded that the highest safety factor is in

the buckling analysis. It is important to give more attention to the safety factor of the legs because of its height since it not only ordinary legs. It includes the damping spring that will minimize the vibration. This is one of the originalities of the product, which makes the baby feel comfortable and minimize the vibration during the motion on the motorcycle.

KESIMPULAN

The structural design of a child seat for a motorcycle is presented in this paper with some specific specifications following the consumers' needs. What makes this design different from the other product is the base of the legs that are designed to be connected with a certain shape. This shape will allow the seat to stay in its position to avoid falling. The seat is also equipped with a spring-damper system just like what is installed in a bicycle. This spring damper will reduce the effect of vibration due to the motorcycle is ridden on a rough road.[9] In this research, the deal is that a safe child seat for a motorcycle is highly needed. From the analysis that is done in this paper, it comes up with some safety factor values in range 1 until 11. The lowest value is 1.687 from the analysis of the dynamics and the highest is 11.56 from the buckling analysis. The two other safety factors are 2.15 from the static analysis and 6.8 from the fatigue analysis.

By seeing to these data, the conclusion that is highlighted is that the designed child seat is strength enough to hold a child in a range of 1-5 years old. From the fatigue analysis, the finding also says that the structure is having an infinite life which means that it will not end in a certain cycle. Moreover, no yielding will occur in the structure. This finding shows the strength of the seat and how safe the seat is.

Therefore, from this analysis, some improvement and optimization are possible to be done. Some changing on the dimension or changing to the material may improve the safety factor of the child seat and the seat may become safer. However, for the overall design, this child seat has met its specification and the needs of the consumer. Hence why this innovation is recommended to be applied in the future. A big production for selling this child seat is possible to happen.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Baddoo NR. Stainless steel in construction: A review of research, applications, challenges, and opportunities. Journal of Constructional Steel Research. 2008 Nov 1;64(11):1199-206.

- [2] Fukai Z, inventor; Oki Electric Industry Co Ltd, assignee. Shock-absorbing device and chair. The United States patent application US 12/461,669. 2010 Apr 22.
- [3] Bitsch HU, inventor; Bitsch Hans Ulrich, assignee. Seating piece of furniture. United States patent US 4,518,202. 1985 May 21.
- [4] Cameron RW, inventor; Cameron Robert W, assignee. Vehicle seatbelt having an integral airbag. United States patent US 5,062,662. 1991 Nov 5.
- [5] Agran P, Winn D, Dunkle D. Injuries Among 4- to 9-Year-Old Restrained Motor Vehicle Occupants by Seat Location and Crash Impact Site. *Am J Dis Child*. 1989;143(11):1317–1321.
- [6] Jain S, Saboo S, Pruncu CI, Unune DR. Performance Investigation of Integrated Model of Quarter Car Semi-Active Seat Suspension with Human Model. *Applied Sciences*. 2020; 10(9):3185.
- [7] Nguyen, SD, Nguyen, QH, Choi, S-B. A hybrid clustering based fuzzy structure for vibration control – part 2: an application to semi-active vehicle seat-suspension system. *Mech Syst Signal Process* 2015; 56: 288–301.
- [8] R. G. Budynas, J. K. Nisbett, and J. E. Shigley, *Shigley mechanical engineering design*. New York, NY: McGraw-Hill Education, 2020.
- [9] Sochacki W, Bold M. Damped vibrations of hydraulic cylinder with a spring-damper system in supports. *Procedia Engineering*. 2017 Jan 1;177:41-8.
- [10] Aoki T, Yamashita Y, Tsubakino D. Vibration Suppression of Mass-Spring-Damper System with Dynamic Dampers using IDA-PBC. *IFAC Proceedings Volumes*. 2012 Jan 1;45(19):42-7.

Petunjuk Umum

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

Petunjuk Penulisan

Petunjuk penulisan antara lain sebagai berikut:

1. Judul Jurnal Ilmiah

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

2. Nama penulis

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

3. Abstrak

Abstrak hanya satu paragraf maksimum 250 kata, memuat uraian singkat mengenai masalah dan tujuan penelitian, metode yang digunakan, dan hasil penelitian. Tekanan penulisan abstrak terutama pada hasil penelitian. Abstrak ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Kata kunci perlu dicantumkan untuk menggambarkan ranah masalah yang diteliti dan istilah-istilah pokok yang mendasari pelaksanaan penelitian. Kata-kata kunci dapat berupa kata tunggal atau gabungan kata. Jumlah kata kunci 3-5 kata. Kata kunci ini diperlukan untuk komputerisasi. Pencarian judul penelitian dan abstraknya dipermudah dengan kata-kata kunci tersebut. Pengetikan abstrak dilakukan dengan spasi tunggal, huruf Times New Roman 10, spacing before 12 pt, after 2 pt.

4. Pendahuluan

Pendahuluan memuat latar belakang penelitian secara ringkas dan padat, dan tujuan. Dukungan teori tidak perlu dimasukkan pada bagian ini, tetapi penelitian sejenis yang dilakukan dapat dinyatakan. Pengetikan menggunakan huruf Times New Roman 10, spasi 1, spacing before 12 pt, after 2 pt.

5. Metode penelitian

Pada dasarnya bagian ini menjelaskan bagaimana penelitian itu dilakukan. Materi pokok bagian ini adalah : (1) rancangan penelitian; (2) populasi dan sampel (sasaran penelitian); (3) teknik pengumpulan data dan pengembangan instrumen; (4) dan teknik analisis data. Untuk penelitian menggunakan alat dan bahan, perlu dituliskan spesifikasi alat dan bahannya. Spesifikasi alat menggambarkan kecanggihan alat yang digunakan sedangkan spesifikasi bahan menggambarkan bahan yang digunakan.

Untuk penelitian kualitatif seperti penelitian tindakan kelas, etnografi, fenomenologi, studi kasus dan lain-lain, perlu ditambahkan kehadiran peneliti, subjek penelitian, informan yang ikut membantu beserta cara-cara menggali data-data penelitian, lokasi dan lama penelitian serta uraian mengenai pengecekan keabsahan hasil penelitian.

6. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini memuat data (dalam bentuk ringkas), analisis data dan interpretasi terhadap hasil. Pembahasan dilakukan dengan mengaitkan studi empiris atau teori interpretasi. Jika dilihat dari proporsi tulisan, bagian ini harusnya mengambil proporsi terbanyak bisa mencapai 50% atau lebih.

7. Penutup

Bagian ini memuat kesimpulan dan saran. Kesimpulan dan saran dapat dibuat dalam sub bagian terpisah. Kesimpulan menjawab tujuan, bukan mengulang teori, berarti menyatakan hasil penelitian secara ringkas. Saran merupakan penelitian lanjutan yang dirasa masih diperlukan untuk penyempurnaan hasil penelitian

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

8. Daftar Pustaka

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

9. Penulisan persamaan

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

10. Penyajian Gambar dan Tabel

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

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

Template Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Universitas Bangka Belitung

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

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

Nama penulis ¹, nama penulis² (Style Penulis :11 pt, Bold, Line Spacing Single, Spacing After 6 point)

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

Alamat Universitas

² Program Studi, Fakultas, Universitas

Alamat Universitas

Email penulis ¹

<Style normal>

Abstrak (Style Absrak: 10 pt, Bold)

<Style normal>

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

<Style normal>

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

<Style normal>

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

<Style normal>

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

<Style normal>

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

<Style normal>

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

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

METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan prosedur dan teknik penelitian. Antara satu penelitian dengan penelitian yang lain, prosedur dan tekniknya akan berbeda. Kalau tidak berbeda, berarti penelitian itu hanya mengulang penelitian yang sudah ada sebelumnya. Tapi bukan berarti harus berbeda semuanya. Untuk penelitian sosial misalnya, populasi

penelitian mungkin saja sama, tapi teknik samplingnya berbeda, teknik pengumpulan datanya berbeda, analisis datanya berbeda, dan lain.lain. Mohon diuraikan dengan jelas, bukan hanya mengopi dari penelitian lain. Kalau mau disertakan penelitian yang dilakukan termasuk ke dalam kategori penelitian yang mana, mohon diperhatikan dengan baik, jangan asal mengopi. Bagian ini bisa dibagi menjadi beberapa sub bab, tetapi tidak perlu mencantumkan penomorannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Jika menggunakan tabel, maka penulisannya seperti pada tabel 1.

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

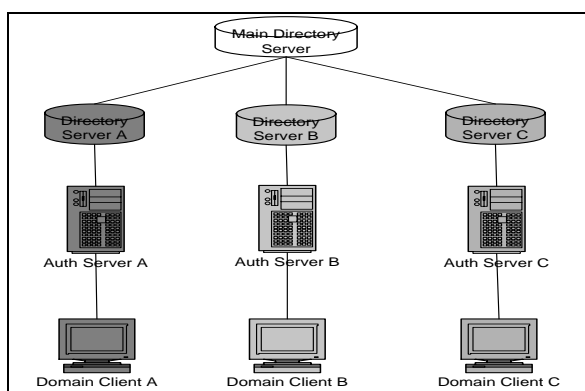
| Kolom 1 | Kolom 2 | Kolom 3 | Kolom 4 |
|---------|---------|---------|---------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Sumber : xxxxxxxx

<Style normal>

Jika menggunakan gambar, maka penggambarannya dibuat sebagai berikut:

<Style normal>



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

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

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

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

Citation And Reference List

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

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

KESIMPULAN

Berisikan kesimpulan hasil dari pembahasan.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Moghal A. A. B., Dafalla M. A., Elkady T. Y., and Al-Shamrani M.A., Lime Leachability Studies on Stabilized Expansive Semi-Arid Soil. International Journal of GEOMATE, Vol. 9, Issue 18, 2015, pp.1467-1471.
- [2] Awal A.S.M.A, Hosseini H. and Hossain M.Z., Strength, Modulus of Elasticity and Shrinkage Behaviour of Concrete Containing Waste Carpet Fiber, International Journal of GEOMATE, Vol. 9, Issue 17, 2015, pp. 1441-1446.
- [3] Hossain M.Z., For Chapter in a Book, Soil Mechics, 4th ed. Vol. 2, Sakai, Ed. Sankeisha Publisher's Name, Year, pp. 11-60.
- [4] Author H., A Book New York Publisher, Year, pp.1-200.
- [5] Annnn B., Unpublished Work but Accepted, Vol., Issue, Year.
- [6] Kimura S., Journal Paper Title, J. of Computer Science, Vol. 1, Issue 2, 1987, pp. 23-49.
- [7] Islam M.R., Conference proceedings, in Proc. 2nd Int. Conf. on GEOMATE, 2011, pp. 8-13.
- [8] Hossain M.Z. and Awal A.S.M.A., Experimental Validation of a Theoretical Model for Flexural Modulus of Elasticity of Thin Cement Composite, Const. Build. Mat., Vol.25, No.3, 2011, pp.1460-1465.



MACHINE Jurnal Teknik Mesin

Alamat Redaksi :

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

