

Perancangan mesin pencacah limbah medis padat dengan metode french

Heririswanto^a, Dedi Rosa Putra Cupu^{a,1}, Nazaruddin^a, Syafri^a, Kaspul Anuar^a,
Annisa Wulansari^a, Vindo Dwi Refki^a

^aProgram Studi Teknik Mesin, Universitas Riau, Pekanbaru

¹dedi.cupu@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Hospital solid waste can be in the form of medical and non-medical solid waste, which includes infectious waste, pharmaceutical waste, sharp objects, chemical waste, heavy metal content waste, and pressurized containers. Regulation of the Minister of Health of the Republic of Indonesia number 1204 of 2004 states that solid medical waste may not be disposed directly into a final disposal site before it is safe for health. One of the tools used is a solid medical waste chopping machine. Before making the tool, a design is needed with the final result in the form of technical drawings and material specifications. This study aims to design a solid medical waste chopping machine using the French design method. The French design concept begins with the product concept design, in which three concepts are produced in this study. The design concept criteria decision matrix chooses one concept based on the highest score. The design of the components on this machine refers to the design of Sularso. From the results of this design, a technical protective drawing for a medical waste chopping machine is produced that is safe, easy to assemble and portable.

Keywords: medical waste chopping machine, French method design, solid medical waste, syringes

Received 30 September 2023; **Presented** 5 October 2023; **Publication** 27 May 2024

PENDAHULUAN

Peraturan Menteri Kesehatan RI nomor 1204 tahun 2004 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit menyatakan bahwa limbah rumah sakit adalah semua limbah yang dihasilkan dari kegiatan rumah sakit berbentuk padat, cair atau gas. Secara umum, limbah padat rumah sakit dapat berupa limbah padat medis dan non medis dimana limbah padat medis dapat berupa limbah infeksius, limbah farmasi seperti obat-obatan dan vaksin, material radioaktif, limbah benda tajam seperti jarum suntik dan pisau bedah, limbah kimiawi seperti pelarut (*solvent*) dan desinfektan, limbah kandungan logam berat, dan kontainer bertekanan. Peraturan tersebut juga menyebutkan bahwa limbah medis padat tidak boleh dibuang langsung ke tempat pembuangan akhir sebelum aman bagi kesehatan. Selain itu disebutkan juga cara atau teknologi pengolahan atau pemusnahan limbah medis padat disesuaikan dengan kemampuan rumah sakit dan jenis limbah medis padat yang ada. Paparan limbah medis padat berbahaya ini menimbulkan bahaya fisik, kimia, atau mikrobiologis terhadap populasi dan pekerja perawatan medis terkait dengan penanganan, pengolahan dan pembuangan limbah [1]. Limbah medis infeksius mengandung patogen yang dapat menimbulkan penyakit menular. Oleh karena itu, diperlukan

perlakuan khusus untuk menonaktifkan *biohazard* yang terkait [1]. Pertambahan jumlah limbah medis secara global meningkat dengan laju per tahun sekitar 20 % yang disebabkan karena terjadinya peningkatan jumlah lansia, peningkatan kesadaran kesehatan dan kualitas hidup yang lebih baik, peningkatan pengeluaran layanan medis, penggunaan kemasan yang tidak dapat dikembalikan, dan perkembangan teknologi medis [2]. Peningkatan jumlah limbah medis meningkat secara drastis sejak terjadinya pandemi covid-19 (Gambar 1) [3].

Masalah yang sering muncul dalam pengolahan limbah medis adalah tidak semua rumah sakit memiliki atau menggunakan alat penghancur sampah medis padat (*incinerator*) [4]. Di Indonesia, dari sekitar 2800-an rumah sakit menghasilkan limbah medis mencapai 242 ton per hari [5] dan dari ribuan rumah sakit tersebut hanya 86 rumah sakit yang memiliki *incinerator* yang memenuhi standar teknis. Di Pekanbaru diketahui dari sekitar 30 rumah sakit menghasilkan sekitar 600 kg sampah medis per hari [6]. Pengolahan limbah padat medis yang sudah dikemas dalam kantong khusus akan ditimbang terlebih dahulu. Semakin berat limbah medis tentu semakin besar biaya yang diperlukan. Biaya tersebut dapat ditekan dengan mengurangi limbah medis yang perlu dikelola oleh

pihak ketiga, sehingga biaya pengolahan limbah medis dapat dialihkan untuk keperluan lainnya.

Mesin untuk pengolahan limbah medis berupa mesin pencacah yang efektif dan efisien serta *portable* diperlukan untuk mengurangi beban pengolahan limbah medis padat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang alat penghancur limbah medis yang efektif dan efisien di mana limbah medis padat dihancurkan menjadi bagian yang lebih kecil dan langsung dimusnahkan atau dileburkan dengan menggunakan alat yang sama. Adapun metode perancangan produk yang digunakan pada penelitian ini adalah metode

French karena dinilai mampu mengakomodasi pemilihan varian secara lebih efisien [7] dan metode ini sering digunakan untuk produk baru atau sedikit pesaing [8]. Perancangan produk pada penelitian ini terdapat tiga variasi alat penghancur limbah medis dan dengan menggunakan matriks keputusan, salah satu variasi tersebut dipilih untuk dirancang lebih lanjut. Perancangan masing-masing komponen atau elemen mesin merujuk kepada Sularso dan Kuga [9]. Analisis struktur statis dilakukan pada rangka yang dirancang dan analisis tegangan dan defleksi juga dihitung pada poros.



Gambar 1. Perkiraan limbah medis terkait covid-19 [3]

METODE PENELITIAN

Perancangan Metode French

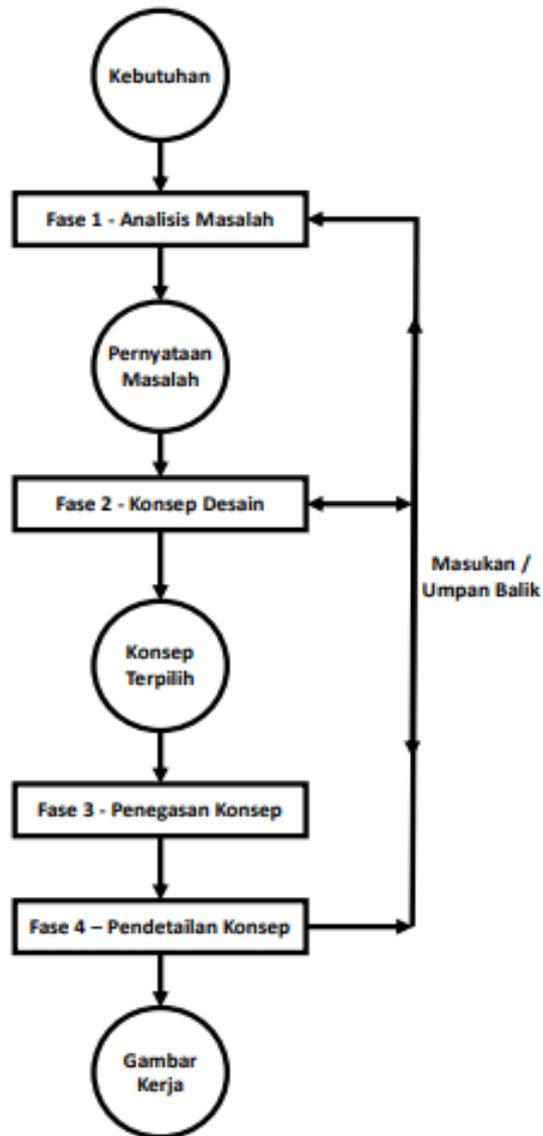
Perancangan pada penelitian ini menggunakan metodologi yang dibuat oleh Michael J. French. Metode ini dinilai mampu untuk mengakomodasi pemilihan varian secara lebih efisien pada perancangan produk yang memiliki banyak batasan pada varian. Secara ringkas, metode *French* dimulai dari kebutuhan (*needs*) sampai menghasilkan gambar kerja (*working drawing*) seperti terlihat pada diagram alir Gambar 2. lingkaran menunjukkan hasil kegiatan yang mendahuluinya, sedangkan segiempat menyatakan kegiatan yang berlangsung [10]. Ada empat fase dalam mengubah kebutuhan menjadi benda kerja pada perancangan metode *French* yaitu fase analisis masalah (*analysis of problem*), desain konseptual (*conceptual design*), penegasan atau perwujudan konsep (*embodiment of scheme*) dan pembuatan detail konsep (*detailling*).

Penilaian ketiga konsep desain dengan kriteria seleksi dapat dilihat pada Tabel 1

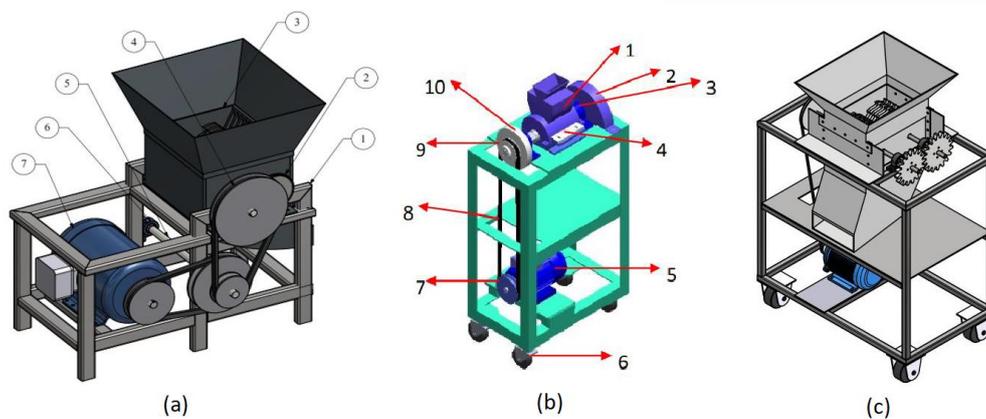
Pada fase pertama dilakukan analisis yaitu penyederhanaan proses pada fase pencacahan agar hasil yang didapat sesuai dengan yang diinginkan. Adapun fase kedua dilakukan identifikasi kebutuhan yang harus dipenuhi pada sebuah mesin pencacah limbah medis padat menghasilkan tiga variasi produk seperti terlihat pada Gambar 3 di mana konsep (b) diperoleh dari referensi [11].

Fase selanjutnya dalam perancangan metode *French* adalah penegasan konsep dengan memberikan penilaian terhadap variasi produk yang dihasilkan pada fase sebelumnya. Pada penelitian ini, penilaian dilakukan dengan skor sebagai berikut:

- +1 : memenuhi keinginan pengguna lebih baik.
- 0 : kemampuan sama dengan konsep desain.
- 1 : kemampuan kurang dari desain referensi.



Gambar 2. Diagram alir perancangan metode *French* [10]



Gambar 3. Variasi alat pencacah limbah medis padat

Tabel 1. Kriteria konsep desain

No	Kriteria Seleksi	Kriteria konsep desain		
		D1	D2	D3
1	Kuat dan tahan lama	0	0	0
2	Komponen tidak banyak	0	0	0
3	Dimensi alat	-	0	0
4	Biaya material murah	0	0	0
5	Biaya pembuatan	-	-	+
6	Mudah dipindahkan	-	+	+
7	Pengoperasian mudah	0	0	0
8	Pemeliharaan mudah	0	0	0
9	Dapat digunakan semua orang	0	0	0
1	Kemungkinan produksi massal	0	0	0
11	Keamanan pen-goperasian	+	-	+
Total		-2	-1	2

Fase terakhir perancangan metode *French* adalah pendetailan konsep dimana konsep yang terpilih dirancang lebih detail terhadap komponen dan elemennya menghasilkan gambar teknik. Adapun perhitungan masing-masing elemen pada penelitian ini merujuk kepada teori Kiyokatsu Suga dan Sularso [9].

Perancangan Elemen Mesin

1. Pemilihan motor listrik

Perhitungan daya motor listrik yang dibutuhkan berdasarkan rencana penggunaan motor dengan putaran 1430 rpm, 220 V, frekuensi 50 Hz dan arus 7 A. Gaya berat elemen dihitung dari massa total poros dan elemen yang melekat pada poros seperti *pulley* dan pisau beserta *spacer* dan braketnya. Adapun torsi dapat dihitung dengan persamaan (1) berikut:

$$T = F \cdot r \quad (1)$$

Adapun kecepatan sudut diperoleh dari persamaan (2) berikut:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_2}{60} \quad (2)$$

dimana n_2 adalah output putaran yang direncanakan yang diperoleh dari persamaan (3). Sehingga daya motor yang dibutuhkan dapat dihitung dari persamaan (4):

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (3)$$

$$P = T \cdot \omega \quad (4)$$

2. Perancangan poros

Perhitungan geometri poros dilakukan dengan menggunakan persamaan (5) – (9) yang dirujuk dari buku Sularso dan Suga [9].

$$P_d = f_c \cdot P \quad (5)$$

$$T = 9,74 \cdot 10^5 \frac{P_d}{n_1} \quad (6)$$

$$M_R = \sqrt{(M_H)^2 + (M_V)^2} \quad (7)$$

$$\tau_{ba} = \frac{\sigma_b}{s f_1 \cdot s f_2} \quad (8)$$

$$d_s \geq \left[\left(\frac{5,1}{\tau_{ba}} \right) \sqrt{(K_m M)^2 + (K_t T)^2} \right]^{1/3} \quad (9)$$

3. Perancangan belt dan pulley

Diameter *pulley* 1 (yang kecil) dan 2 (besar) dirancang dengan ukuran $D_1 = 88,9$ mm dan $D_2 = 101,4$ mm. Adapun jarak sumbu poros (C) sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter pulley yang besar (D_2) sehingga jarak sumbu poros adalah

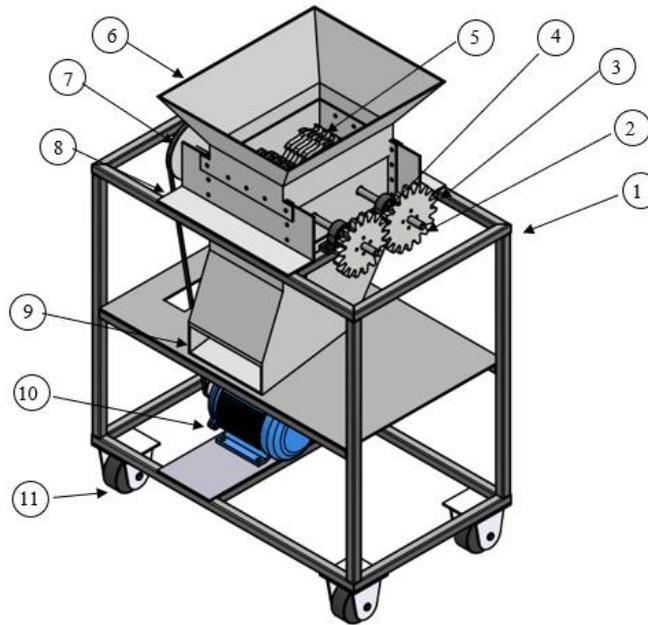
202,8 mm. Panjang minimal *belt* yang dibutuhkan dapat dihitung dari persamaan (10) berikut:

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{1}{4C}(D_2 - D_1)^2 \quad (10)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perancangan

Dari hasil perhitungan komponen dan elemen mesin berdasarkan persamaan-persamaan pada Bab Metodologi Penelitian, diperoleh sebuah rancangan mesin pencacah limbah medis seperti terlihat pada Gambar 4. Keterangan dari masing-masing elemen pada Gambar 4 ditabulasikan dalam Tabel 2.



Gambar 4. Bagian mesin pencacah limbah medis padat

Tabel 2. Keterangan bagian mesin pencacah limbah medis

No	Nama Komponen	Spesifikasi	Jml.
1	Rangka utama	Baja hollow	1
2	Poros	Baja ST37	2
3	<i>Spur gear</i>	Aluminium	2
4	<i>Ball bearing</i>	UCP-207	4
5	Pisau pemotong	Aluminium	13
6	<i>Hopper</i>	Plat	1
7	<i>Pulley</i>	Aluminium	2
8	<i>Belt</i>	<i>Type A</i>	1
9	<i>Funnel output</i>	Plat	1
10	Motor listrik	5,5 HP	1
11	Roda	-	4

Adapun spesifikasi dari masing-masing elemen adalah sebagai berikut:

1. Rangka

Rangka yang dipakai yaitu rangka jenis baja *hollow* dengan dimensi penampang (30x30x2) mm.

2. Poros

Poros yang dipakai yaitu baja ST37 dengan jumlah 2 buah.

3. Spur gear

Spur gear digunakan untuk meneruskan putaran poros dari *v-belt* sehingga pisau dapat berputar. Untuk jenis material digunakan aluminium karena tahan terhadap getaran dan pengikisan dan juga lebih murah dibanding material baja. Jumlah *spur gear* ada 2 buah.

4. Pisau pemotong

Pisau pemotong digunakan untuk mencacah sampah/limbah medis yang dimasukkan ke dalam *hopper* dengan jumlah pisau 13 buah dan jenis material yang digunakan yaitu aluminium.

5. Hopper

Digunakan sebagai tempat memasukkan limbah medis padat yang berbahan dari plat dengan tebal 3 mm berbahan *carbon steel*.

6. Pulley

Pulley digunakan sebagai transmisi putaran dari motor ke poros, material yang dipakai yaitu aluminium dikarenakan lebih ringan dan lebih murah.

7. Belt

Digunakan sebagai penerus putaran motor penggerak ke *pulley* yang digerakkan. Tipe yang digunakan yaitu tipe belt A-52.

8. Funnel output

Yaitu tempat hasil keluaran hasil cacahan sampah medis padat dengan plat tebal 3 mm berbahan *carbon steel*.

9. Motor listrik

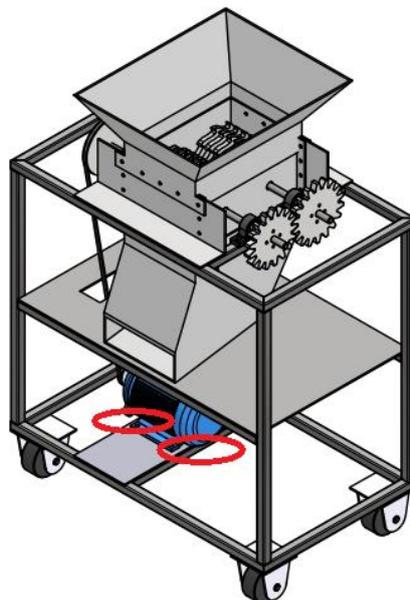
Setelah melakukan perhitungan dipilih motor listrik dengan daya 5 kW.

10. Roda

Digunakan sebagai alat bantu untuk menggerakkan atau memindahkan alat pencacah medis jadi lebih mudah.

Analisis Statis Rangka

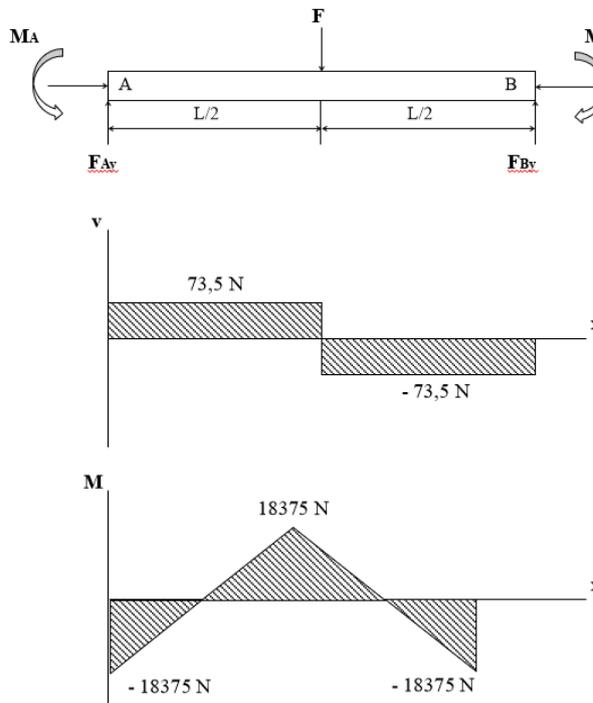
Analisis statis rangka yang dilakukan pada penelitian ini adalah batang yang menerima beban yaitu pada dudukan motor, seperti terlihat pada Gambar 5. Pada rancangan rangka ini dudukan motor ditumpu oleh dua batang profil baja *hollow* sepanjang 1000 mm. Beban yang bekerja pada dua batang dalam perancangan ini adalah 30 kg (294 N) sehingga masing-masing batang untuk menahan beban 15 kg (147 N).



Gambar 5. Analisis rangka pada batang dudukan Motor

Dengan menggunakan hukum kesetimbangan gaya, maka gaya-gaya dalam seperti gaya geser dan momen lentur pada batang tersebut dapat dihitung. Gambar 6 menunjukkan diagram gaya geser dan momen yang terjadi pada batang dudukan motor.

Dari diagram gaya dalam pada Gambar 6 diperoleh nilai gaya geser maksimum dan momen *bending* maksimum sebesar 73,5 N dan 18.375 N.mm. Gaya geser dan momen bending ini menyebabkan tegangan geser dan tegangan normal pada batang dengan nilai $\tau_{xy} = 0,063$ MPa dan $\sigma_x = 14,3$ MPa seperti pada



Gambar 6. Diagram Gaya Geser dan Diagram Momen Dudukan Motor

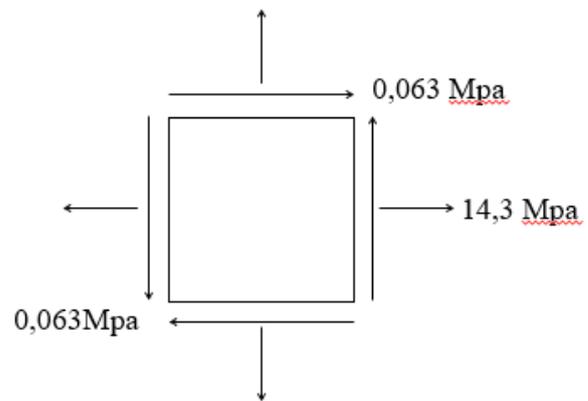
Gambar 7. Tegangan geser maksimum (τ_{max}) dan tegangan akibat momen bending maksimum (σ_{max}) pada penampang batang dudukan (Gambar 8) dihitung dengan menggunakan konsep Lingkaran Mohr (Gambar 9).

Dari diagram lingkaran Mohr Gambar 9 dapat diketahui bahwa tegangan geser maksimum (τ_{max}) adalah 7,15 MPa dan tegangan normal maksimum adalah (σ_{max}) 21,45 MPa.

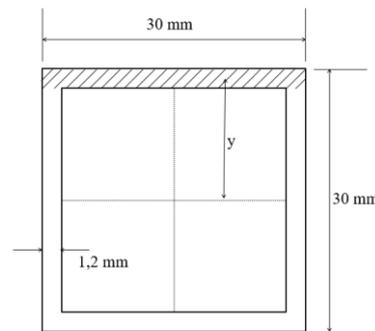
KESIMPULAN

Pada penelitian ini perancangan mesin pencacah limbah medis padat telah dilakukan dengan menggunakan metode *French*. Perencanaan masing-masing elemen dihitung berdasarkan persamaan-persamaan pada buku “Dasar

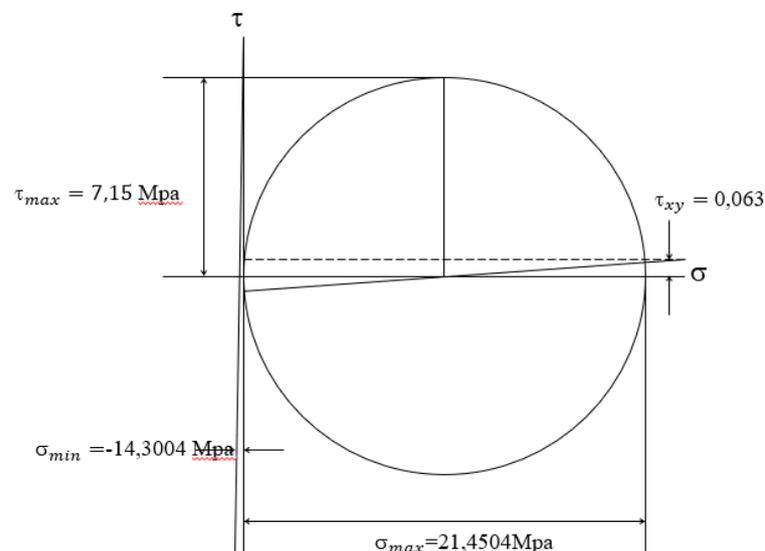
Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin” karya Sularso dan Suga [9]. Perhitungan tegangan geser maksimum dan tegangan akibat beban momen maksimum dilakukan secara manual menggunakan konsep lingkaran Mohr. Hasil perhitungan lingkaran Mohr diperoleh tegangan geser maksimum adalah 7,15 MPa sedangkan tegangan tarik maksimum adalah 21,45 MPa.



Gambar 7. Tegangan geser dan tegangan normal



Gambar 8. Dimensi penampang batang dudukan motor



Gambar 9. Lingkaran Mohr untuk kasus batang dudukan motor

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Riau.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Z. M. Shareefdeen, Medical Waste Management, and Control, *J Environ Prot* (Irvine, Calif). 03 (2012) 1625–1628. <https://doi.org/10.4236/jep.2012.312179>.
- [2] R. Gai, C. Kuroiwa, L. Xu, X. Wang, Y. Zhang, H. Li, C. Zhou, J. He, W. Tang, Hospital medical waste management in Shandong Province, China, *Waste Management and Research*. 27 (2009) 336–342. <https://doi.org/10.1177/0734242X09104384>.
- [3] Y. Liang, Q. Song, N. Wu, J. Li, Y. Zhong, W. Zeng, Repercussions of COVID-19 pandemic on solid waste generation and management strategies, *Front Environ Sci Eng*. 15 (2021). <https://doi.org/10.1007/s11783-021-1407-5>.
- [4] Adhani, R. (2018). *Pengelolaan Limbah Medis Pelayanan Kesehatan*. Banjarmasin: Lambung Mangkurat University Press.
- [5] PERSI. (2018). KLHK: Limbah Medis Seluruh Indonesia Capai 242 Ton per Hari. Diambil tanggal 28 Januari 2019 dari <http://www.persi.or.id/78-berita/berita-persi/531-klhk-limbah-medis-seluruh-indonesia-capai-242-ton-per-hari>.
- [6] Utari, D.P (2017). *Analisis Pengelolaan Limbah Medis Padat di Rumah Sakit X tahun 2017*. Skripsi: Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Andalas.
- [7] R. Anbazhagan, G. Rekka, R. Kalidoss, D. Danesh, L. Dinesh, and M. Jeevanandhan, “Design and Analysis of Spring Compression Tool in Tow Hook,” vol. 41, pp. 149–157, 2021.
- [8] S. Purwo and K. Widigdo, “Perancangan Mesin Pencetak Acetabular Cup Berbahan Bioceramic,” vol. 4, pp. 255–265, 2019.
- [9] Sularso and Suga, K., *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, Jakarta: Pradnya Paramita, 1997.
- [10] Harsokusoemo, D, *Pengantar Perancangan Teknik*. Institut Teknologi Bandung,

Bandung, 2010.

- [11] Sanyoto, B.L., Husodo, N., Mursid, M., Nurhadi, H., Wardatul, J.H.T., Putra, D.J. (2018). *Mesin Penghancur Sampah Jarum Suntik dan Tabung Suntik Plastik*. ISSN 2085-4218.