

# PERANCANGAN ALAT PENGOLAH LIMBAH MINYAK PELUMAS MOTOR *PORTABLE* KAPASITAS 13,21 LTR PER JAM

**Indra Wdarmadi**

*Program Studi Teknik Mesin, FTI, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta  
indrawidarmadi8@gmail.com*

## Abstrak

Minyak pelumas atau yang lebih dikenal oli memang banyak ragam dan macamnya tergantung jenis penggunaan mesin yang membutuhkan oli yang tepat. Hal ini bertujuan untuk menjaga agar mesin dapat beroperasi sesuai dengan spesifikasi teknis dan berfungsi sebagai pendingin. Minyak pelumas dibuat dengan bahan dasar yang relatif sama tetapi memiliki usia pakai berbeda sehingga harus diganti apabila usia pakai sudah tercapai. Penggantian oli yang rutin diganti secara berkala mengakibatkan penumpukan limbah pelumas yang dapat merusak lingkungan. Oleh karena itu, untuk membantu mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari limbah minyak pelumas dibutuhkan sebuah alat yang dapat mengolah limbah minyak pelumas tersebut. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengatasi pencemaran limbah minyak pelumas dan membantu masyarakat khususnya industri bengkel motor dalam mengolah limbah minyak pelumas menjadi bahan bakar alternatif (*base oil*). Pada perancangan alat pengolah limbah minyak pelumas ini terdapat aspek yang berperan penting yaitu aspek pemanas, pengaduk, dan material. Perancangan dilakukan dengan metode teoritis perhitungan pada sebuah alat pengolah limbah minyak pelumas dengan kapasitas 13,21ℓ. Hasil perancangan menunjukkan bahwa diperlukan *heater* pemanas untuk memanaskan limbah minyak pelumas adalah 60,44 kw, dengan kecepatan pengaduk sebesar 5 rpm, ukuran jari-jari tangki 145 mm, dan tinggi minyak pelumas di dalam tangki 200 mm.

Kata Kunci: Limbah pelumas, pemanas, pengaduk, alat pengolah, kecepatan pengaduk.

## 1. PENDAHULUAN

Pengguna kendaraan bermotor di Indonesia mengalami peningkatan pada tiap tahunnya. Berdasarkan Badan Pusat Statistik pada tahun 2016, jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebesar 13.338.593 kendaraan. Pada tahun 2017, jumlah kendaraan bermotor mengalami peningkatan hingga sebesar 14.137.126 kendaraan. Jumlah tersebut terus mengalami peningkatan pada tahun 2018 yaitu sebesar 15.037.359 kendaraan (Badan Pusat Statistik, 2020). Dengan kata lain, peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Provinsi DKI Jakarta dapat mencapai 1 juta atau bahkan lebih banyak lagi pada tiap tahunnya. (BPS, 2020)<sup>(1)</sup>

Peningkatan jumlah kendaraan bermotor akan mempengaruhi penggunaan minyak pelumas atau oli. Semakin banyak jumlah kendaraan bermotor maka akan semakin meningkat pula jumlah sisa atau buangan limbah minyak pelumas. Minyak pelumas atau oli yang sudah terpakai dan tidak digunakan kembali biasanya akan diletakkan di dalam drum-drum tempat penyimpanan yang selanjutnya akan diambil oleh pengepul oli bekas untuk diolah kembali. Penyimpanan maupun pengelolaan oli bekas ini harus benar-

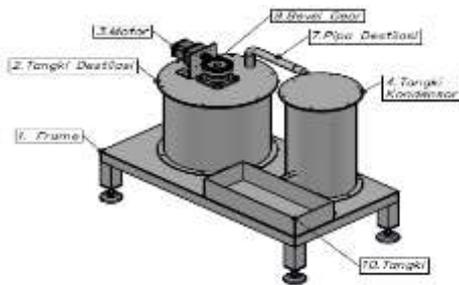
benar diperhatikan agar tidak membahayakan dan merugikan makhluk hidup serta lingkungan di sekitarnya. Selain itu, pengelolaan atau pemanfaatan oli bekas membutuhkan biaya yang cukup mahal sehingga hanya beberapa industri saja yang dapat melaksanakannya. (Ratman, .C.R, & Syafrudin, 2010)<sup>(2)</sup>

Untuk membantu mengatasi pencemaran lingkungan yang diakibatkan dari limbah minyak pelumas, saya mempunyai sebuah rancangan alat pengolah limbah minyak pelumas. Dengan tujuan mengatasi pencemaran limbah minyak pelumas dan dapat membantu masyarakat khususnya industri bengkel motor dalam mengolah limbah minyak pelumas yang dihasilkan menjadi bahan bakar alternatif.

Minyak pelumas bekas dihasilkan dari berbagai macam jenis mesin seperti mesin kendaraan bermotor, mesin motor diesel, maupun mesin turbin. Secara umum minyak pelumas bekas bersumber dari dua jenis produksi minyak pelumas yakni pelumas berbasis minyak bumi (*petroleum source*) atau *mineral base oil* dan *synthetic base oil*. Minyak pelumas bekas telah terkontaminasi oleh kotoran biasa ataupun bahan kimia akibat

dari penggunaannya. Terdapat berbagai macam kontaminan asing pada minyak pelumas bekas, baik dalam bentuk padatan maupun liquid campuran. Kontaminan dalam bentuk padatan masuk melalui udara di sekitar dan partikel logam dari mesin. Kontaminan dari udara berupa debu, tanah, dan kelembaban, maka dapat dikatakan sebagai limbah. Inilah yang melatar belakangi pembuatan destilator oli bekas yang dapat merubah oli bekas menjadi *base oil*. Berikut penjelasan singkat tentang *base oil*, *Base oil* adalah bahan bakar dasar yang digunakan untuk pembuatan minyak pelumas, berdasarkan dari komposisi kimia yang terkandung dalam *base oil* terdiri atas 6 unsur kimia yang terdiri dari *carbon, hydrogen, sulphur, nitrogen, oxygen dan metal*. (Mulyono, 2012)<sup>(3)</sup>

Gambar 1. Desain awal Alat Pengolah Limbah



Minyak Pelumas. (Sumber Dokumen Pribadi)

Pada proses perancangan mesin pengolah limbah ini beberapa hal yang menjadi perhitungan yaitu: rangka mesin, perencanaan tangki destilasi, perencanaan heater, perencanaan motor listrik, perencanaan poros pengaduk, perencanaan gigi kerucut, dan bantalan. Proses kerja alat menggunakan metode *destilasi*, metode *destilasi* adalah suatu metode pemisahan bahan kimia berdasarkan perbedaan kecepatan atau kemudahan menguap (*viskositas*) bahan. Minyak pelumas sebanyak 13,21ltr dipanaskan di dalam tangki destilasi dengan temperatur 250 Derajat Celcius (523K) selama 2 jam (7200s). Jari-jari tangki destilasi 145 mm dan tinggi minyak pelumass didalam tangki sebanyak 200mm. dalam proses *destilasi* membutuhkan poros pengaduk yang bertujuan sebagai pemerataan *heat transfer* pada *fluida* agar lebih cepat dan *efisien*, proses pengadaukan dilakukan secara terus menerus dengan kecepatan 5 rpm dengan motor

sebagai penggeraknya. Hasil *destilasi* minyak pelumas kemudian di salurkan ke tangki kondensor yang berfungsi untuk merubah uap menjadi zat cair/ hasil destilasi.

Tabel 1. Modulus Elastisitas Berbagai Bahan.

Zat	Modulus elastisitas E ( N/m <sup>2</sup> )
Besi	100 x 10 <sup>9</sup>
Baja	200 x 10 <sup>9</sup>
Tembaga	110 x 10 <sup>9</sup>
Perunggu	100 x 10 <sup>9</sup>
Alumunium	70 x 10 <sup>9</sup>
Beton	20 x 10 <sup>9</sup>
Batu bara	14 x 10 <sup>9</sup>
Marmer	50 x 10 <sup>9</sup>
Granit	45 x 10 <sup>9</sup>
Nilon	5 x 10 <sup>9</sup>
Karet	0,5 x 10 <sup>9</sup>

(Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Jakarta, PT Pradnya Paramita)<sup>(4)</sup>

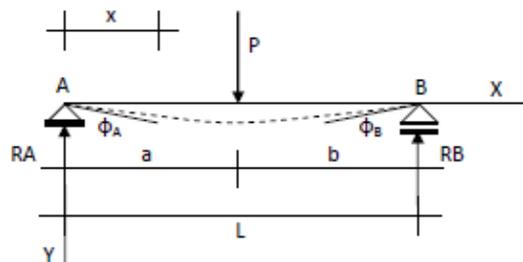
Dari data tabel 1, bahwa dalam perancangan mesin pemisah pegas ini menggunakan besi dengan modulus elastisitas

$$E = 100 \times 10^9 \text{ N/m}^2$$

Rumus momen inersia sebagai berikut :

(Mott, Robert L, 2009)<sup>(5)</sup>

$$I = \frac{T.H^3}{12} \dots\dots\dots(1.1)$$



Gambar 2. Beban Terpusat  
Sumber: (Irawan A.P, 2007).<sup>[6]</sup>

$$RA = Pb / L \qquad RB = Pa / L$$

Lendutan terbesar untuk keadaan a = b = 1/2 L akan terjadi di titik x = 1/2 L :

$$Y_{max} = \frac{PL^3}{48 EIz} \dots\dots\dots(1.2)$$

Untuk menentukan kapasitas isi tabung yang dipergunakan, maka rumus yang digunakan adalah :

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h \dots\dots\dots(1.3)$$

Dimana:

- V = volume oli didalam drum (ℓ)
- r = jari-jari tangki (m)
- h = tinggi oli di dalam tangki (m)

Persamaan yang digunakan untuk menghitung massa oli didalam drum yang terbuka bagian atasnya adalah:

$$M = \rho \cdot V \dots\dots\dots(1.4)$$

Dimana:

- m = massa oli di dalam tangki (kg)
- ρ = massa jenis oli (kg/m<sup>3</sup>) = 800 kg/m<sup>3</sup>
- V = volume oli di dalam tangki (ℓ)

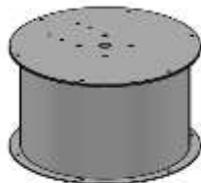
Menghitung gaya berat minyak pelumas di dalam tangki :

Persamaan yang digunakan untuk menghitung gaya berat minyak pelumas didalam tangki adalah :

$$W = m \cdot g \dots\dots\dots(1.5)$$

Dimana:

- W = gaya berat pelumas (N)
- m = massa oli di dalam tangki (kg)
- g = gravitasi (m/s<sup>2</sup>)



Gambar 3. Tangki Destilasi (Sumber Dokumen Pribadi)



Gambar 4. Sketsa Heater (Sumber: dokumen pribadi)

Untuk Mengetahui berapa besarnya daya heater yang dibutuhkan dari tiap heater yang akan digunakan , maka diperlukan perhitungan sebagai berikut:  
(Joko P.W, Dedy H, Giarno, Anhar R.A, 2018)<sup>(7)</sup>

Menghitung besarnya daya heater yang dibutuhkan pada tabung adalah :

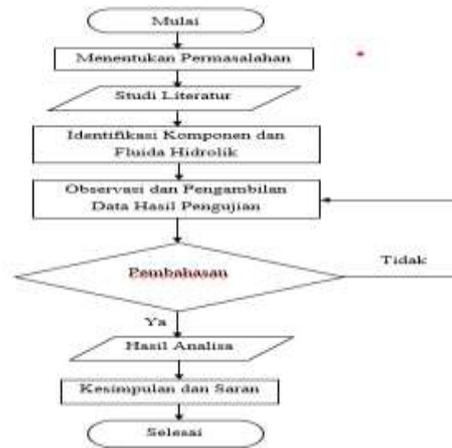
$$Q = m \cdot Cp \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{dt} \dots\dots\dots(1.6)$$

Dimana:

- Q = daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan oli (W)
- m = massa oli di dalam tangka (kg)
- Cp = kalor jenis minyak pelumas (j/kg.k) 1915 j/kg.k
- dT = selisih temperature saturasi terhadap temperature oli di dalam drum (K)
- dt = waktu yang dibutuhkan untuk memanaskan oli di dalam drum (s)

**2. METODOLOGI**

Penelitian dilaksanakan sesuai urutan diagram alir sebagai berikut :



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian (Sumber dokumen pribadi)

Kontaminasi oli terjadi adanya benda-benda asing atau partikel pencemar di dalam oli. Terdapat beberapa macam benda pencemar bisa terdapat dalam oli yakni :

1. Keausan elemen, ini menunjukkan beberapa elemen biasanya terdiri dari tembaga, besi, chrominium, aluminium, timah, molybdenum, silicon, nikel atau magnesium.
2. Kotoran atau jelaga, kotoran dapat masuk kedalam oli melalui embusan udara lewat sela-sela ring dan melalui sela lapisan oli tipis kemudian merambat menuruni dinding selinder, jelaga timbul dari bahan bakar yang tidak habis.

Tabel 2. Tabel spesifikasi oli bekas.

No.	Keadaan Fisik	Cairan
1	Warna	Kuning - Kecoklatan
2	Bau	Khas Pelumas
3	Titik Nyala	220 Derajat Celcius
4	Viskositas	57,74 cSt pada 40 Derajat Celcius
		9,96 cSt pada 100 Derajat Celcius
5	Berat Jenis	874 kg/m <sup>3</sup> pada 20 Derajat Celcius
6	Kelarutan	Tidak larut dalam air

(Azharudin, Almadora, Anwar Sani, Jurnal Autenit Vol. 12, Politeknik Sriwijaya, 2020)<sup>(8)</sup>

Berikut spesifikasi alat pengolah limbah minyak pelumas:

1. Sumber energy yang digunakan untuk menghidupkan motor pengaduk adalah listrik dari energy yang berasal dari accu atau baterai dengan arus DC 12 volt dan 10 ampere .
2. Tabung atau tangki destilasi menggunakan material sus304 dengan diameter 290 mm dan tinggi 300 mm dengan ketebalan 2mm. dengan tinggi
3. minyak pelumas didalam tabung adalah 200 mm.
4. Pipa penyalur gas destilasi oli menggunakan pipa stainless steel dengan diameter luar 8mm dan diameter dalam 6,5mm dengan ketebalan 2mm.
5. Rangka mesin menggunakan besi hollow dengan ukuran 40mm x 40mm dengan tebal 1,2mm dengan dimensi rangka 750 mm x 400 mm x 206 mm.
6. Pemanas(*Heater*) menggunakan 2 buah *heater* untuk memanaskan minyak pelumas didalam tanki dengan temperature sebesar 250 Derajat Celcius (523 K), dan waktu yang diinginkan untuk mencapai temperature minyak pelumas 250 Derajat Celcius adalah 2 jam (7200 s).
7. Poros pengaduk menggunakan material S45C dengan massa jenis 7,85 kg/m<sup>3</sup>.
8. Bantalan yang digunakan untuk mesin ini adalah berjenis “*Single Ball-Bearing*” . Bantalan yang digunakan berjenis UCF dengan type204.
9. Pinion gear menggunakan modul m = 2, dan jumlah gigi z1 dan z2 adlah 12

dan 42 dengan ratio putaran 1:2. Motor penggerak menggunakan motor DC 12 volt, 0,12 kw, putaran 300rpm, dengan perbandingan gearbox 1:30.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Volume beban pada alat pengolah limbah minyak pelumas beserta komponennya didapat dengan menggunakan perintah MASSPROP pada autocad dengan cara:

- Aktifkan perintah MASSPROP
- Klik desain 3D
- Setelah itu akan muncul properties dari desain 3D yang kita klik, kita cukup fokus pada nilai volume-nya saya. Lebih jelasnya liat pada gambar dibawah ini:

```

----- SOLIDS -----
Mass:                4054905.4205
Volume:              4054905.4205
Bounding box:        X: 220.4982 -- 370.4982
                    Y: 30.1813 -- 490.1813
                    Z: -107.0500 -- 308.0500
Centroid:            X: 567.6403
                    Y: 306.0328
                    Z: 40.3230
Moments of inertia:  X: 5.2762E+11
                    Y: 1.5841E+12
                    Z: 1.5946E+12
Products of inertia: XY: -6.9940E+11
                    YZ: -6.6974E+10
                    ZX: -6.5684E+10
Radii of gyration:   X: 360.7200
                    Y: 625.0381
                    Z: 693.5524
Principal moments and X-Y-Z directions about centroid:
I: 1.3054E+12 along [0.9347 -0.0747 -0.3476]
J: 2.7513E+12 along [-0.0149 0.3486 -0.2481]
K: 2.1477E+12 along [0.3552 0.2370 0.9042]

```

Gambar 6. Menentukan volume komponen pada desain dengan MASSPROP pada auto-cad. (Dokumen Pribadi)

Diketahui dari hitungan volume komponennya adalah 4054905,4 mm<sup>3</sup> = 0,0040549054 m<sup>3</sup>, dengan material sus304 dengan massa jenis 8000 kg/m<sup>3</sup>. Untuk menentukan berat pada komponen dapat dihitung sbb. (Nostrad, D. Van, 1955)<sup>(9)</sup>

Menentukan massa komponen;

$$m = p \cdot V$$

Dimana:

m = massa (kg)

p = massa jenis material SUS 404 (kg/m<sup>3</sup>) = 8000 kg/m<sup>3</sup>

V = volume material komponen (m<sup>3</sup>)

Maka, massa komponen adalah sebagai berikut:

$$m = p \cdot V$$

$$m = 8000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0040549054 \text{ m}^3$$

$$m = 32,4392432 \text{ kg} \approx 32,4 \text{ kg}$$

Beban komponen yang telah dihitung didapat beban sebesar 32,4 kg. langkah selanjutnya adalah menentukan gaya berat komponen:

$$W = m \cdot g$$

Dimana

$$\begin{aligned} W &= \text{gaya berat komponen (N)} \\ m &= \text{massa komponen (kg)} \\ g &= \text{gravitasi (m/s}^2\text{)} \end{aligned}$$

Maka, gaya berat komponen adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} W &= m \cdot g \\ W &= 32,4 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 \\ W &= 317,52 \text{ N} \end{aligned}$$

Dalam perancangan alat pengolah limbah minyak pelumas ini, rangka yang digunakan adalah hollow  $40 \times 40 \text{ mm}$  yang memiliki modulus elastisitas  $E = 100 \times 10^9 \text{ N/m}^2$  (lihat pada tabel 1). Hollow yang digunakan dalam rancang bangun alat *pengolah limbah minyak pelumas* ini memiliki ketebalan 1,2 mm. Untuk menghitung momen inersia (I) pada rangka hollow, dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$I = \frac{T.H^3}{12}$$

$$I = \frac{40 \times 38,8^3}{12}$$

$$I = 194703,58 \text{ mm}^3$$

Penampang rangka pada hollow mengalami *defleksi* (lendutan) pembebanan terpusat diujung rangka dengan rangka yang panjangnya 750 mm = 0,75 m. maka dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Y_{max} = \frac{-WL}{3EI}$$

$$Y_{max} = \frac{-317,52 \times 0,75^3}{3(100 \times 10^9)(1,9470358 \times 10^{-4})}$$

$$Y_{max} = -0,00000229329 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan diatas, **nilai defleksi**

**pada kerangka** adalah  $-0,00000229329 \text{ m}$ . Karena nilai  $-0,00000229329 \text{ m} < 1$ , maka hasilnya adalah aman.

Menentukan kapasitas oli pelumas di dalam tangki

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot h$$

$$V = 3,14 \cdot 0,145 \text{ m} \cdot 0,145 \text{ m} \cdot 0,2 \text{ m}$$

$$V = 0,01321 \text{ m}^3$$

$$V = 13,21 \text{ l}$$

Menentukan massa minyak pelumas di dalam tangki dimana  $p =$  massa jenis oli ( $\text{kg/m}^3$ ) =  $800 \text{ kg/m}^3$

Maka, massa minyak pelumas di dalam tangki adalah sebagai berikut:

$$m = p \cdot V$$

$$m = 800 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,01321 \text{ m}^3$$

$$m = 10,57 \text{ kg}$$

Gaya berat minyak di dalam tangki adalah sebagai berikut:

$$W = m \cdot g$$

$$W = 10,57 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$W = 103,586 \text{ N}$$

Untuk mengetahui berapa besarnya daya *heater* yang dibutuhkan dari tiap heater yang akan dipasang dengan temperature heater yang akan dicapai untuk memanaskan minyak pelumas didalam tangki adalah sebesar 250 derajat celcius (523 kelvin), dan waktu yang diinginkan untuk mencapai temperature minyak pelumas 250 Derajat Celcius adalah 2 jam (7200 s), maka perlu dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{dt}$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Cp &= \text{k calor jenis minyak pelumas (j/kg.k)} \\ &= 1915 \text{ j/kg.k} \end{aligned}$$

Maka, daya *heater* yang dibutuhkan adalah:

$$Q = m \cdot Cp \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{dt}$$

$$Q = 10,57 \text{ kg} \cdot 1915 \frac{\text{j}}{\text{kgk}} \cdot \frac{(523 - 308) \text{ k}}{7200 \text{ s}}$$

$$Q = 604,4 \text{ W}$$

$$Q = 60,44 \text{ kW}$$

Sedangkan Daya Motor diketahui dari data tegangan 12 Volt & kuat arus 10 A, maka :

$$P = V \times I$$

$$P = 12 \text{ volt} \times 10 \text{ ampere}$$

$$P = 120 \text{ Watt} = 0,12 \text{ kW}$$

Selanjutnya untuk menghitung daya rencana adalah : [16]

$$P_d = \text{Daya Rencana (kW)}$$

$$F_c = \text{Faktor Koreksi (1,0)}$$

$$P = \text{Daya Motor (kW)}$$

Jadi :

$$P_d = P \cdot f_c$$

$$P_d = 0,12 \text{ kW} \cdot 1,0$$

$$P_d = 0,12 \text{ kW} = 0,16 \text{ Hp}$$

Dari hasil yang didapat maka digunakan **motor 0,3 Hp agar lebih aman** dalam penggunaannya.

Untuk menghitung torsi rencana yang dihasilkan sebagai berikut :

$$T = \text{Torsi ( Nm )}$$

$$F = \text{beban pada tabung ( N )} = \text{kapasitas pelumas di dalam tanki}$$

$$r = \text{jari-jari tabung ( m )}$$

Penyelesaian :

$$T = F \cdot r$$

$$T = 103,586 \text{ N} \cdot 0,145 \text{ m}$$

$$T = 15,019 \text{ Nm}$$

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penentuan komponen pengolah limbah minyak pelumas motor portable kapasitas 13.21 ltr/jam:

1. Hasil perhitungan pembebanan pada rangka sebesar 317,52 N, rangka yang digunakan yaitu besi hollow 40mmx40mm dengan tebal hollow 1.2mm dengan panjang rangka 750mm dan dimensi tabung berdiameter 290 mm dan tinggi 300 mm. dengan tinggi minyak pelumas di dalam tabung 200 mm. tabung dapat menampung limbah minyak pelumas sebesar 13,21 l adalah **Aman**.
2. Daya heater yang dibutuhkan untuk memanaskan limbah minyak pelumas (250 C) adalah 60,44 kw dengan waktu 2 jam (7200 s).
3. Menggunakan baterai berarus DC 12 volt, 10 ampere dengan putaran

pengaduk 5 rpm. Dengan daya motor 0,12 kW maka torsi rencana yang dihasilkan 15,019 Nm (**aman**).

4. Dengan menggunakan material S45C dengan kekuatan tarik 3,22 kg/mm<sup>2</sup>. Perencanaan poros yang didapat adalah 19,81 mm (**aman**).

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1.] Badan Pusat Statistik 2020. Jakarta: Perkembangan Jumlah kendaraan Bermotor Menurut Jenis Tahun 2016-2020. Diakses tanggal 20 Agustus 2022. Tersedia dari: <https://jakarta.bps.go.id/backend/images/kendaraan-bermotor-2020-ind.JPG>.
- [2.] Ratman, C. R. dan Syafrudin. 2010. Penerapan Pengolahan Limbah B3 di PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia. *Jurnal Presipitasi, c.*
- [3.] Mulyono, 2012. *Bahan Dasar Minyak Pelumas Mineral : Base Oli, Majalah Ilmiah Pusdiklat, 2(3):35-43.* diakses pada 20/08/2022.
- [4.] Sularso dan Kiyokatsu Suga, 2004. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin.* Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- [5.] Mott, Robert L, 2009. *Elemen Mesin dan Perancangan Mekanis.* Yogyakarta: Penerbit Andi
- [6.] Irawan. A. P. (2007) *Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur).* Jakarta: Universitas Tarumanegara.
- [7.] Joko Prasetyo Witoko, Dedy Haryanto, Giarno, Mukhinun Hadi Kusuma, Mulya Juarsa, Anhar R.A (2018). *Jurnal Seminar Nasional Mesin dan Industri (SNMI XII), yang berjudul "Perhitungan Kebutuhan Daya Heater Padda Kolam Pemanas Heat Pipe"* diakses pada 19/09/2022.
- [8.] Azharudin, Almadora Anwar Sani, Muhammad Ade Ariasnya (Politeknik Negeri Sriwijaya, 2020) Judul Jurnal Autenit Vol12 No.2, Oktober 2020, ISSN:2085-1286 E-ISSN:2622-7649 yang berjudul "Proses Pengolahan Limbah B3 (Oli Bekass) Menjadi Bahan Bakar Cair Dengan Perlakuan Panas Yang Konstan".
- [9.] Nostrad, D.Van. 1955. *Defleksi balok-balok yang dibebani secara lateral,* diakses pada 19/09/2022.