

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan oleh (Irsyad, 2019) dari jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya mengenai “Pengaruh *Temperature* Terhadap Kecepatan Pengendapan Sludge Dan Analisis Mass Balance Pada Continuous Settling Tank”. Membahas tentang pengaruh temperature terhadap kecepatan pengendapan sludge, dengan menggunakan variasi *temperature* 70°C - 75°C - 80°C - 85°C - 90°C - 95°C. Pemanasan temperature penulis menggunakan oven dan masing-masing sampel dipanaskan di dalam oven dengan waktu 1 jam untuk mencapai variable temperature yang diinginkan.

Temperatur (°C)	Kecepatan pengendapan (cm. s ⁻¹)
70	0,1582
75	0,1652
80	0,1764
85	0,1852
90	0,2024
95	0,2313

Gambar 2. 1 Hubungan antara temperature dengan kecepatan pengendapan pada sludge
(Sumber : Muhammad Irsyad, 2017)

Dari data diatas dapat disimpulkan bahwa temperature sangat berpengaruh terhadap nilai viskositas, dimana semakin tinggi temperature akan menyebabkan nilai viskositas semakin kecil sehingga dengan menggunakan perhitungan hokum stokes kecepatan pengendapan sludge akan semakin meningkat. Kecepatan yang maksimal pada table diatas yaitu pada temperature 95°C dengan kecepatan pengendapan 0.2313 cm. s⁻¹.

Untuk mengetahui lebih detail hubungan antara kenaikan temperature terhadap kecepatan pengendapan *sludge* pada *Continuous Settling Tank* dengan cara menentukannya melalui metode kolerasi dari data temperature dengan

kecepatan pengendapan *sludge* yang tertera pada Gambar 2. 2, dengan melambangkan kecepatan pengendapan *sludge* dengan variable (y) dan untuk variable (x) untuk temperature.

No.	x	y	x ²	y ²	xy
1.	70	0,1582	4900	0,0250	11,0740
2.	75	0,1652	5625	0,0273	12,3900
3.	80	0,1764	6400	0,0311	14,1120
4.	85	0,1852	7225	0,0343	15,7420
5.	90	0,2024	8100	0,0410	18,2160
6.	95	0,2313	9025	0,0535	21,9735
$\sum N = 6$	495	1,1187	41275	0,2122	93,5075

Gambar 2. 2 Korelasi antara temperature dengan kecepatan pengendapan pada *sludge* (Sumber : Muhammad Irsyad, 2017)

Sebelumnya (Anita, 2009) telah melakukan penelitian mengenai “Pengaruh *Temperature* Terhadap Kecepatan Pengendapan *Sludge* Dalam *Crude Palm Oil* Pada *Continuous Settling Tank*”. penelitian ini membahas tentang pengaruh kenaikan temperature terhadap kecepatan pengendapan *sludge* dalam *crude oil tank* pada *continuous settling tank*.

No	X	Y	X ²	Y ²	XY
1	60	0,241	3600	0,058	14,472
2	70	0,275	4900	0,076	19,257
3	75	0,302	5625	0,091	22,6425
4	80	0,336	6400	0,113	26,888
5	85	0,342	7225	0,117	29,104
6	90	0,351	8100	0,123	31,563
$\sum N = 6$	$\sum X = 460$	$\sum Y = 1,847$	$\sum X^2 = 35850$	$\sum Y^2 = 0,578$	$\sum XY = 143,926$

Gambar 2. 3 Pengolahan Data untuk Menghitung Adanya Kolerasi (Sumber : Zulisman Anita, 2009)

Pengaruh kenaikan temperatur terhadap kecepatan pengendapan *sludge* dalam *crude oil tank* pada *continious settling tank* adalah signifikan, yang artinya 99% pengendapan *sludge* dipengaruhi oleh kenaikan temperatur, dimana $r_{hitung} = 0,98$. Dan nilai korelasi r antara x dan y berada diantara -1 dan 1 yang dapat dinyatakan sebagai $-1 \leq r \leq 1$. Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa hubungan antara kenaikan temperatur dan kecepatan pengendapan *sludge* dalam *crude palm oil* pada *Continious Settling Tank* sangat kuat dan positif.

Dari hasil pengamatan menunjukkan bahwa kenaikan temperature berbanding lurus dengan kecepatan pengendapan, semakin tinggi temperature kecepatan pengendapan akan semakin cepat dan sebaliknya jika temperature rendah kecepatan pengendapan akan lambat. Hal ini disebabkan oleh tinggi rendahnya viskositas minyak. Viskositas minyak yang kecil dapat mempercepat proses pengendapan minyak dan sebaliknya viskositas yang besar menyebabkan proses pengendapan berjalan lambat. Dan temperature yang sesuai digunakan adalah $80^{\circ}\text{C} - 90^{\circ}\text{C}$. Jika $\text{temperature} < 80^{\circ}\text{C}$ kecepatan pengendapan *sludge* akan sangat lambat dan sebaliknya jika $\text{temperature} > 90^{\circ}\text{C}$ akan menyebabkan proses pengendapan tidak berjalan dengan baik disebabkan air yang berada dilapisan bawah *continuous settling tank* akan menguap sehingga akan mendorong *sludge* keatas dan bercampur kembali dengan minyak yang telah terpisahkan.

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu, hubungan antara *temperature* dengan kecepatan pengendapan *sludge* dalam *Crude Palm Oil* adalah berbanding lurus. Semakin tinggi temperature maka pengendapan *sludge* akan semakin cepat. *Temperature* yang optimal pada *continuous settling tank* adalah 90°C dengan kecepatan pengendapan $0,3507 \text{ cm/detik}$.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Wibowo dkk, 2020) dari jurusan Teknik Mesin Industri, Politeknik ATMI Surakarta mengenai “Perancangan *Belt Oil Skimmer Machine* Untuk Pengolahan *Coolant* Di Politeknik ATMI Surakarta” Pada penelitian ini Perancangan konsep *oil skimmer* ini dilakukan dalam beberapa tahap, yaitu pemilihan jenis *oil skimmer*, kriteria pembobotan, kriteria penilaian, dan perhitungan untuk mendapatkan sebuah konsep pemenang yang sesuai dengan kebutuhan.

	<i>Belt Oil Skimmer</i>	<i>Disc Oil Skimmer</i>	<i>Floating Oil Skimmer</i>	<i>Drum Oil Skimmer</i>	<i>Brush Oil Skimmer</i>
Daya Serap	3	2	4	3	2
Umur Pakai	4	2	4	3	2
<i>Maintenance</i>	3	4	3	2	3
Total	10	8	11	8	7

Keterangan: 1. Sangat Kurang
2. Kurang
3. Sedang
4. Baik
5. Sangat Baik

Gambar 2. 4 Tabel Berdasarkan Mekanisme

	<i>Belt Oil Skimmer</i>	<i>Disc Oil Skimmer</i>	<i>Floating Oil Skimmer</i>	<i>Drum Oil Skimmer</i>	<i>Brush Oil Skimmer</i>
Harga	3	4	1	2	2
Ketersediaan Part	4	3	2	2	2
Biaya Operasional	3	4	3	2	3
Ruangan	4	5	2	2	2
Total	14	16	8	8	9

Keterangan: 1. Sangat Buruk
2. Buruk
3. Sedang
4. Baik
5. Sangat Baik

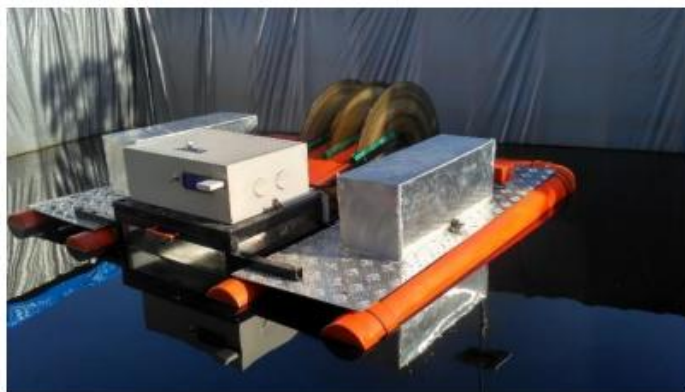
Gambar 2. 5 Tabel Berdasarkan Ekonomis

Pembobotan Nilai Akhir	<i>Belt Oil Skimmer</i>	<i>Disc Oil Skimmer</i>	<i>Floating Oil Skimmer</i>
Ekonomis (1)	14	16	8
Mekanisme (2)	20	16	22
Total	34	32	30

Gambar 2. 6 Tabel Penilaian Akhir

Berdasarkan data penilaian pada tabel, mesin *oil skimmer* dengan tipe belt dipilih untuk dirancang. Pemilihan jenis oil skimmer tersebut juga memperhitungkan kondisi serta kebutuhan yang ada pada Politeknik ATMI Surakarta, sehingga mesin tersebut dapat digunakan secara optimal dalam pengolahan coolant.

Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Supriyono dkk, 2021) dari jurusan Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Cilacap mengenai “Kajian Penanganan Tumpahan Minyak Menggunakan *Oil Skimmer Type Rotary Disc* pada Jenis Bahan Bakar Berbeda” pada penelitian ini Pengambilan tumpahan minyak dilakukan dalam kolam buatan yang ditunjukkan pada Gambar 2.7 Kolam ini berbentuk segi empat dan disetiap sisinya terdapat terpal yang tidak tembus air untuk menampung air dan minyak. Sebelum eksperimen dilakukan terlebih dahulu kolam buatan diisi dengan air dan minyak dengan persentasi 160 : 1 (4800 liter air dan 30 liter minyak). Setelah itu oil skimmer dimasukkan kedalam kolam buatan, atur kecepatan *rotary disc* dan tunggu hingga kecepatannya stabil. Setelah kecepatan *rotary disc* stabil, gerakkan *oil skimmer* ke titik yang terdapat minyak. Proses pengambilan data dilakukan pada tiga variasi kecepatan *rotary disc* dan tiga jenis bahan bakar yang berbeda. Bahan bakar yang terambil oleh *oil skimmer* selanjutnya ditentukan volumenya menggunakan gelas ukur.



Gambar 2. 7 Oil skimmer pada saat di dalam kolam buatan (Sumber : Supriyono dkk, 2021)

Dalam penelitian ini, *oil skimmer* diuji performanya pada tiga kecepatan *rotary disc* dan jenis bahan bakar yang berbeda. Dalam eksperimen ini bahan bakar yang digunakan sebagai sampel tumpahan minyak adalah Pertamina, Pertalite, dan solar. Gambar 2.8 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pada tumpahan Pertamina pada 3 kecepatan berbeda (16 rpm, 18 rpm, dan 20 rpm). Pada saat kecepatan *rotary disc* 16 rpm, volume Pertamina yang terambil adalah 324 ml. Pada saat kecepatan *rotary disc* 18 rpm, volume Pertamina yang terambil adalah 338 ml.

Sedangkan pada saat kecepatan *rotary disc* 20 rpm, volume Pertamina yang terambil adalah 587 ml. Secara singkat dapat disimpulkan dari eksperimen ini bahwa semakin tinggi kecepatan *rotary disc* maka semakin banyak tumpahan Pertamina yang terambil oleh *oil skimmer*.

No	Kecepatan <i>Rotary disc</i> (rpm)	Volume Pertamina yang terambil (ml)
1	16	324
2	18	338
3	20	587

Gambar 2. 8 Eksperimen pada tumpahan Pertamina dengan kecepatan berbeda

Gambar 2.9 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pada tumpahan Peralite pada 3 kecepatan berbeda (16 rpm, 18 rpm, dan 20 rpm). Pada saat kecepatan *rotary disc* 16 rpm, volume Pertamina yang terambil adalah 218 ml. Pada saat kecepatan *rotary disc* 18 rpm, volume Pertamina yang terambil adalah 491 ml. Sedangkan pada saat kecepatan *rotary disc* 20 rpm, volume Pertamina yang terambil adalah 708 ml. Hasil ini sama dengan data hasil eksperimen pada tumpahan Pertamina. Semakin tinggi kecepatan *rotary disc* maka volume tumpahan Peralite akan semakin banyak. Kesamaan karakteristik ini diduga karena adanya kesamaan karakteristik antara Pertamina dan Peralite.

No	Kecepatan <i>Rotary Disc</i> (rpm)	Volume Peralite yang terambil (ml)
1	16	218
2	18	491
3	20	708

Gambar 2. 9 Eksperimen pada tumpahan Peralite dengan kecepatan berbeda

Gambar 2.10 di bawah ini menunjukkan hasil percobaan pada tumpahan solar. Pada saat kecepatan *rotary disc* 16 rpm, volume solar yang terambil adalah 580 ml dan pada saat kecepatan *rotary disc* 18 rpm, volume solar yang terambil adalah 675 ml. Namun pada saat kecepatan *rotary disc* 20 rpm, volume solar yang terambil turun menjadi 430 ml. Ini terjadi karena faktor viskositas bahan bakar

yang mana viskositas merupakan salah satu faktor yang sangat berpengaruh pada proses pengambilan minyak menggunakan *oil skimmer*. Viskositas bahan bakar solar ini nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan viskositas Pertalite dan Pertamina . Penurunan jumlah solar yang terkumpul juga dapat diakibatkan karena adanya kontribusi gaya sentrifugal pada *rotary disc* yang berputar. Ketika kecepatan putaran *rotary disc* semakin tinggi maka gaya sentrifugal juga akan semakin besar. Jika gaya tarik menarik antara molekul pada solar dan pada *rotary disc* (gaya adhesi) lebih kecil dibandingkan gaya sentrifugalnya maka akan mengakibatkan solar yang telah menempel pada *rotary disc* menjadi terlempar keluar akibatnya volume solar yang terambil menjadi menurun karena adanya solar yang jatuh/terlempar pada saat pengambilan data. Dari eksperimen ini dapat disimpulkan bahwa dalam pengambilan/penanganan tumpahan minyak menggunakan *oil skimmer* tipe *rotary disc*, kecepatan *rotary disc* harus diperhatikan pada saat percobaan.

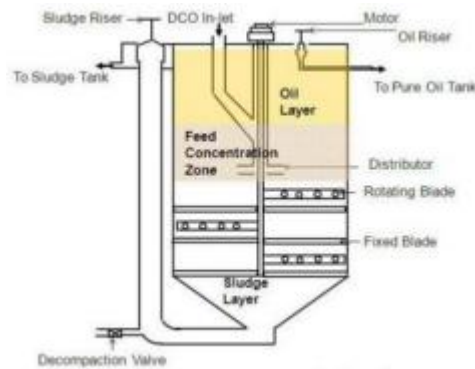
No	Kecepatan <i>Rotary disc</i> (rpm)	<i>Volume</i> solar yang terambil (ml)
1	16	580
2	18	675
3	20	430

Gambar 2. 10 Eksperimen pada tumpahan solar dengan kecepatan berbeda

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Definisi *Sand Trap Tank*

Sand Trap Tank atau *Continuous Settling Tank (CST)* adalah tangki yang berbentuk silinder tegak dengan volume atau kapasitas yang bervariasi tergantung dari kapasitas cairan yang pabrik inginkan untuk diolah, dan juga tangki pemisah yang pertama antara minyak dan *sludge* dengan menggunakan prinsip pengendapan. Agar pengendapan berlangsung dengan maksimal dan sempurna maka ada beberapa unsur atau parameter yang harus diperhatikan dalam pemrosesan di unit CST ini, seperti suhu yang harus konstan dalam kisaran tertentu, putaran pengaduk yang membuatnya sempurna pemisah, tinggi lapisan minyak dan *sludge* agar tidak mengganggu pemrosesan di CST. (Irsyad, 2019)



Gambar 2. 11 *Sand Trap Tank* atau *Continuous Settling Tank*

Minyak yang mengapung di bagian atas di ambil melalui 2 (dua) pipa limpahan (*skimmer*) yang ujungnya berbentuk kerucut terbalik yang ketinggiannya dapat diatur. *Sludge* akan dikeluarkan dari dasar tangki atau pipa *underflow*. Tangki dilengkapi dengan pengaduk dengan sumbu vertical yang berputar lambat (3-5 rpm), daun adukan bergerak dalam bidang horizontal yang bertujuan memberi efek pengurangan viskositas. (Pardamean, 2008) Demikian juga dengan suhu minyak yang tinggi akan mempercepat proses pemisahan minyak suhu hendaknya berkisar antara 80°C - 90°C. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan steam pada pipa tertutup. (Naibaho, 1996)

2.2.2 Definisi *Oil Skimmer*

Skimmer adalah alat untuk memulihkan minyak yang tumpah dari permukaan air. Skimmer dapat digerakkan sendiri, digunakan dari pantai, atau dioperasikan dari kapal. Efisiensi *skimmer* sangat tergantung pada kondisi di laut. Dalam air yang cukup kasar atau berombak, *skimmer* cenderung memulihkan lebih banyak air daripada minyak. Berbagai jenis *skimmer* menawarkan keuntungan dan kerugian tergantung pada jenis minyak yang dipulihkan, kondisi laut selama upaya pembersihan, dan keberadaan es atau puing-puing di dalam air. (United States Environmental Protection Agency, 2021)

2.2.3 Jenis – Jenis *Oil Skimmer*

Oil Skimmer memiliki beberapa jenis antara lain sebagai berikut :

1. *Belt Oil Skimmer*

Oil Skimmer tipe sabuk menggunakan sabuk tak berujung dari baja tahan korosi atau media sintetis, yang diturunkan ke dalam tangki atau bejana untuk disaring. Sabuk melewati *wiper blade* dimana minyak dikeluarkan dari kedua sisi media. Mesin *belt* menyediakan metode sederhana, dapat diandalkan, dan hemat biaya untuk menghilangkan minyak, lemak, dan hidrokarbon lain dari air. (Abanaki Oil Skimmer, 2022)



Gambar 2. 12 *Belt Oil Skimmer*

2. *Disc Oil Skimmer*

Skimmer minyak ini memutar media berbentuk cakram melalui cairan. Minyak dihapus dan dibuang ke wadah pengumpulan dengan cara yang mirip dengan *skimmer* minyak sabuk. Penting untuk mempertimbangkan jangkauan, bagian *disc* yang benar-benar terendam, saat melihat *skimmer oil disc*. Lebih sedikit disk dalam cairan berarti lebih sedikit minyak yang dikeluarkan. Jelas, cairan yang berfluktuasi bisa menjadi masalah nyata bagi *skimmer oli disc*.



Gambar 2. 13 *Disc Oil Skimmer*

3. *Drum/Barrel Styles*

Mirip dengan jenis *disc*, tetapi menggunakan media berbentuk drum yang berputar. Dibandingkan dengan jenis *disc*, mereka biasanya lebih kasar dan memiliki kapasitas penghapusan yang lebih tinggi. Tergantung pada desainnya, unit-unit ini juga dapat menjadi tidak efektif dengan fluktuasi level cairan. Juga, pengambilan air dengan *skimmer* minyak jenis ini bisa tinggi.

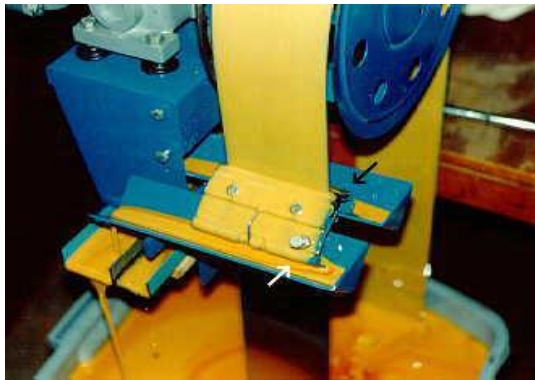


Gambar 2. 14 *Drum Oil Skimmer*

(Sumber : (AsOs Spesialis Oil Separator))

4. *Mop Oil Skimmer*

Skimmer minyak ini menggunakan media tak berujung berbentuk seperti tali dan memiliki sulur seperti pel yang mengambil minyak. Saat media meninggalkan cairan dan memasuki unit penggerak, media ditekan dan diperas dengan rol penjepit. Untuk oli dengan viskositas lebih tinggi, media cenderung menjadi kusut dan kehilangan keefektifannya. Sistem penuangan adalah suatu keharusan untuk unit-unit ini, karena pengambilan air bisa sangat tinggi. Juga, pel minyak pengganti bisa sangat mahal, jadi periksa harga penggantian sebelum membeli.



Gambar 2. 15 *Mop Oil Skimmer*

(Sumber : *Abanaki Oil Skimmer*, 2022)

5. *Large Tube Oil Skimmer*

Oil Skimmer tabung menggunakan selang plastik mengambang yang meliuk-liuk di atas permukaan cairan dan kemudian ditarik kembali melalui unit penggerak tempat oil dikeluarkan. Desain ini membutuhkan luas permukaan yang relatif besar untuk pengoperasian yang tepat. Skimmer minyak ini dapat meluncur dari tangki yang sangat dangkal. Biasanya, kapasitas pelepasan lebih rendah dari skimmer oli tipe sabuk, drum atau pel.



Gambar 2. 16 *Large Tube Oil Skimmer*

6. *Mini Tube Oil Skimmer*

Sangat mirip dengan unit tabung besar, tetapi menggunakan tabung 3/16" atau 5/16" alih-alih 1". Tingkat pengambilan bervariasi dari 1 liter/jam hingga 1,5 gph tergantung pada diameter tabung. Unit ini cukup kompak, dan bisa muat di tempat yang sempit. Unit yang lebih baik akan memiliki motor yang dipasang di bawahnya, untuk membawa ruang yang dibutuhkan di atas bibir tangki hingga mendekati nol. Tabung berdiameter 5/16" lebih disukai karena memiliki kapasitas penghilangan 1 gph dan kekakuan yang cukup untuk tidak menyeret rumahan dan menyeka minyak sebelum waktunya saat ditarik ke dalam unit.

7. *Floating Oil Skimmer*

Floating Oil Skimmer memiliki beberapa variasi bentuk, dan bekerja dengan cara mengambang. Floating oil skimmer paling cocok untuk lapisan minyak yang relatif tebal (1/4 inci atau lebih tinggi); jika tidak, mereka cenderung menelan air dalam jumlah besar. Beberapa mesin benar-benar akan mengemulsi minyak karena mengaduk saat melewati pompa hisap. Skimmer minyak jenis ini membutuhkan penggabungan atau setidaknya unit penuang agar efektif. Penggerak standar pada semua unit adalah motor listrik dan peredam gigi. Jenis drive lain yang tersedia.



Gambar 2. 17 *Floating Oil Skimmer*

(Sumber : (DESMI, 2020))

2.2.4 *Crude Palm Oil (CPO)*

Seperti namanya, *crude palm oil* merupakan minyak kelapa sawit mentah. Produk ini diperoleh dari hasil ekstraksi atau proses pengempaan daging buah (*mesocarp*) kelapa sawit umumnya dari spesies *Elaeis guineensis* dan belum mengalami pemurnian. Minyak kelapa sawit mentah berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) sekalipun keduanya dihasilkan oleh buah yang

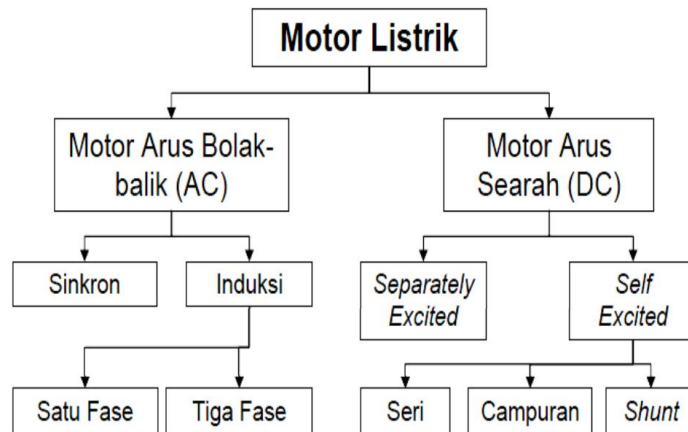
sama. Selain itu, minyak kelapa sawit mentah juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaan ini terletak pada kandungan yang dimiliki oleh masing-masing jenis minyak. CPO pada dasarnya mempunyai warna kemerahan karena adanya kandungan beta-karoten yang tinggi. Beta karoten sendiri merupakan senyawa awalan vitamin A yang juga merupakan pigmen berwarna dominan merah-jingga yang secara alami ada pada tumbuhan termasuk buah-buahan. Sementara itu, inti minyak kelapa sawit tidak memiliki kandungan beta-karoten sehingga dari komposisi warnanya pun berbeda. Adapun perbedaan kandungan lemak jenuh di antara minyak kelapa sawit mentah, minyak inti kelapa, dan minyak kelapa cukup signifikan, yakni berturut-turut 41%, 81%, dan 86%. (Mutu Institute, 2021)

2.2.5 Motor

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Begitu juga dengan sebaliknya yaitu alat untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik yang biasanya disebut dengan generator atau dynamo. Pada motor listrik yang tenaga listrik diubah menjadi tenaga mekanik. Perubahan ini dilakukan dengan mengubah tenaga listrik menjadi magnet yang disebut sebagai elektro magnet. (Bagia & Parsa, 2018)

2.2.6 Jenis – Jenis Motor Listrik

Secara umum motor listrik ada 2 yaitu motor listrik AC dan motor listrik DC. motor listrik AC dan motor listrik DC juga terbagi lagi menjadi beberapa bagian-bagian lagi, jika digambarkan maka akan terlihat seperti pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 2. 18 Klasifikasi Jenis Utama Motor Listrik

1. Motor DC

Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/ *direct-unidirectional*. Motor DC digunakan pada penggunaan khusus dimana diperlukan penyalan *torque* yang tinggi atau percepatan yang tetap untuk kisaran kecepatan yang luas.



Gambar 2. 19 Motor DC

2. Motor AC

Motor AC adalah sebuah motor listrik yang digerakkan oleh *Alternating Current* atau arus bolak balik (AC). Umumnya, motor AC terdiri dari dua komponen utama yaitu stator dan rotor. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya pada motor DC, stator adalah bagian yang diam dan letaknya berada di luar. Stator mempunyai *coil* yang di aliri oleh arus listrik bolak balik dan nantinya akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Bagian yang kedua yaitu rotor. Rotor adalah bagian yang berputar dan letaknya berada di dalam (di sebelah dalam

stator). Rotor bisa bergerak karena adanya torsi yang bekerja pada poros dimana torsi tersebut dihasilkan oleh medan magnet yang berputar.

1) Jenis – Jenis Motor AC

Berdasarkan karakteristik dari arus listrik yang mengalir, motor AC (*Alternating Current*, Arus Bolak-balik) terdiri dari 2 jenis, yaitu:

a. Motor Listrik Sinkron

Motor sinkron adalah motor AC yang bekerja pada kecepatan tetap pada sistem frekuensi tertentu. Motor ini memerlukan arus searah (DC) untuk pembangkitan daya dan memiliki torque awal yang rendah, dan oleh karena itu motor sinkron cocok untuk penggunaan awal dengan beban rendah, seperti kompresor udara, perubahan frekuensi dan generator motor. Motor sinkron mampu untuk memperbaiki faktor daya sistem, sehingga sering digunakan pada sistem yang menggunakan banyak listrik.

b. Motor Listrik Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak balik (AC) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magneticfield*) yang dihasilkan oleh arus stator. Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar. Motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah. contoh penerapan motor induksi ini di industry diperlihatkan pada gambar 2.20



Gambar 2. 20 Motor Industri

2.2.7 Torsi Motor

Untuk menghitung torsi yang diperlukan pada motor dapat menggunakan persamaan 2.1:

$$T_m = Mpk/i \dots \dots \dots (2.1)$$

Keterangan:

T_m = Torsi Motor (Nm)

Mpk = Momen puntir konstruksi (Kg/cm)

i = Rasio putaran

2.2.8 Kecepatan Sudut

Untuk menghitung kecepatan sudut pada motor dapat menggunakan persamaan 2.2:

$$\omega = \frac{2.\pi.N}{60} \dots \dots \dots (2.2)$$

Keterangan:

N = Kecepatan putaran (rpm)

2.2.9 Daya Motor

Daya merupakan besarnya kerja motor selama kurun waktu tertentu. Untuk menghitung daya yang diperlukan pada motor dapat menggunakan persamaan 2.3:

$$P = T_m \times \omega_1 \dots \dots \dots (2.3)$$

Keterangan:

T_m = Torsi Motor (Nm)

ω = Kecepatan Sudut (rad/s)

P = Daya Motor (Watt)

2.2.10 Daya Rencana

Daya rencana merupakan daya yang akan ditransmisikan melalui mesin induk ke roda gigi antara, poros baling-baling dan baling-baling. Apabila poros bekerja secara normal, maka momen yang dipindahkan oleh roda gigi memberikan beban puntir pada poros. Hal ini terjadi akibat variasi momen puntir. (KILMANUN, 2012). Untuk menghitung daya rencana dapat melihat persamaan 2.4:

$$P_d = F_c \times P \dots \dots \dots (2.4)$$

Keterangan :

F_c = Faktor Koreksi

P = Daya Motor (Watt)

P_d = Daya Rencana

2.2.11 Gearbox

Gearbox berfungsi untuk merubah kecepatan dan arah putaran dari motor (Mobley, 2002). *Gearbox* merupakan suatu alat khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen/daya) dari motor yang berputar, dan gearbox juga adalah alat pengubah daya dari motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar. *Gearbox* merupakan suatu alat khusus yang diperlukan untuk menyesuaikan daya atau torsi (momen/daya) dari motor yang berputar, dan gearbox juga adalah alat pengubah daya motor yang berputar menjadi tenaga yang lebih besar atau sebagai speed reducer.

Gearbox atau transmisi adalah salah satu komponen utama motor yang disebut sebagai sistem pemindah tenaga, transmisi berfungsi untuk memindahkan dan mengubah tenaga dari motor yang berputar, yang digunakan untuk memutar spindel mesin maupun melakukan gerakan *feeding*. Transmisi juga berfungsi untuk mengatur kecepatan gerak dan torsi serta berbalik putaran, sehingga dapat

bergerak maju dan mundur. Transmisi manual atau lebih dikenal dengan sebutan gearbox, mempunyai beberapa fungsi antara lain :

- a) Merubah momen puntir yang akan diteruskan ke spindel mesin.
- b) Menyediakan rasio gigi yang sesuai dengan beban mesin.
- c) Menghasilkan putaran mesin tanpa selip.

Selain sebagai “*Speed Reducer*” fungsi lain *Gearbox* terutama dalam keperluan industri seperti pabrik, pertambangan, perikanan, dan lainnya adalah untuk memperkuat daya/tenaga dari electric motor. Seiring dengan fungsi utama gearbox sebagai pengurang kecepatan, secara otomatis gearbox juga berfungsi untuk memperkuat torsi dari dinamo atau diesel. Tanpa didukung oleh gearbox yang sesuai, dinamo motor atau mesin diesel akan kesulitan untuk mengangkat benda-benda berat , jika dipaksa akan dapat mempercepat usia dinamo motor atau bahkan merusak motor tersebut. (Setiawan, 2016)



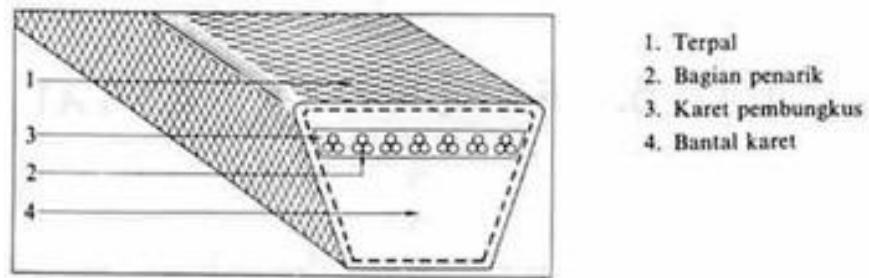
Gambar 2. 21 Gearbox

(Sumber : (YingYi Transmission, 2020))

2.2.12 Transmisi Sabuk –V

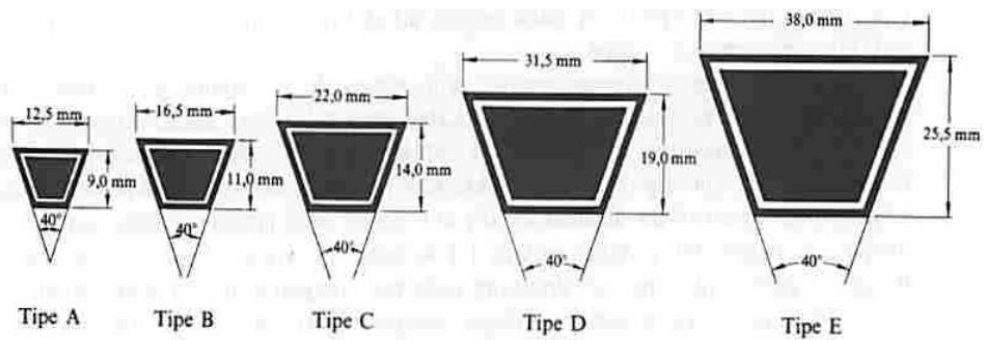
Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar (Gambar 2.22). Sabuk-V dibelitkan di keliling alur puli yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang sedang membelit pada puli ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Hal

ini merupakan salah satu keunggulan sabuk-V dibandingkan dengan sabuk rata.
(Sularso & Suga, 2002)



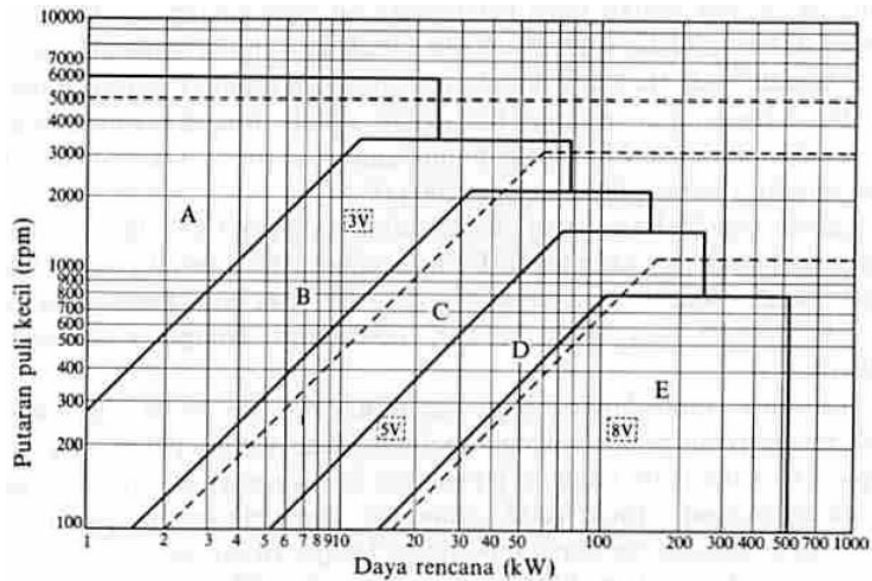
Gambar 2. 22 Konstruksi Sabuk-V

(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))



Gambar 2. 23 Ukuran Penampang Sabuk-V

(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))



Gambar 2. 24 Diagram Pemilihan Sabuk-V

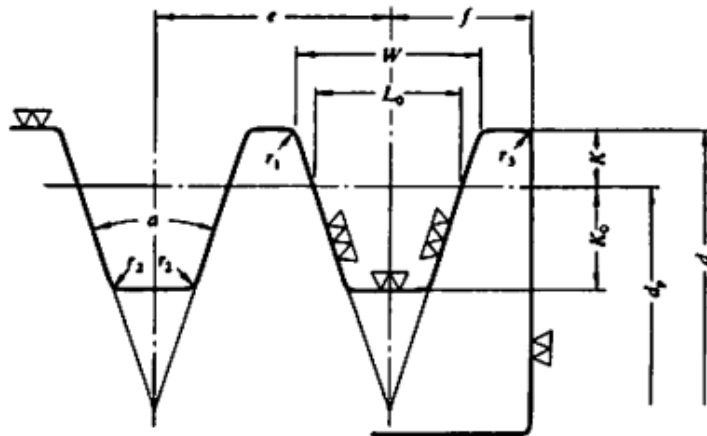
(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))

Dalam Gambar 2.23 diberikan berbagai proporsi panampang sabuk-V yang umum dipakai. Atas dasar daya rencana dan putaran poros penggerak, penampang sabuk-V yang sesuai dapat diperoleh dari Gambar 2.24. Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang akan diteruskan dengan faktor koreksi dalam Gambar 2.25. Diameter nominal puli-V dinyatakan sebagai diameter d_p (mm) dari suatu lingkaran di mana lebar alurnya di dalam Gambar 2.26 menjadi l_0 dalam Gambar 2.27. Transmisi sabuk-V hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. Dibandingkan dengan transmisi roda gigi atau rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Untuk mempertinggi daya yang ditransmisikan, dapat dipakai beberapa sabuk-V yang dipasang sebelah-menyebelah. (Sularso & Suga, 2002)

Mesin yang digerakkan		Penggerak					
		Momen puntir puncak 200%			Momen puntir puncak > 200%		
		Motor arus bolak-balik (momen normal, sangkar baging, sinkron), motor arus searah (lilitan shunt)			Motor arus bolak-balik (momen tinggi, fasa tunggal, lilitan seri), motor arus searah (lilitan kompon, lilitan seri), mesin torak, kopling tak tetap		
		Jumlah jam kerja tiap hari			Jumlah jam kerja tiap hari		
		3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam	3-5 jam	8-10 jam	16-24 jam
Variasi beban sangat kecil	Pengaduk zat cair, kipas angin, blower (sampai 7,5 kW) pompa sentrifugal, konveyor tugas ringan	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
Variasi beban kecil	Konveyor sabuk (pasir, batu bara), pengaduk, kipas angin (lebih dari 7,5 kW), mesin torak, peluncur, mesin perkakas, mesin percetakan.	1,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6
Variasi beban sedang	Konveyor (ember, sekrup), pompa torak, kompresor, gilingan palu, pengocok, roots-blower, mesin tekstil, mesin kayu	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
Variasi beban besar	Penghancur, gilingan bola atau batang, pengangkat, mesin pabrik karet (rol, kalender)	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0

Gambar 2. 25 Faktor Koreksi

(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))



Gambar 2. 26 Profil Alur Sabuk-V

(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))

Penampang sabuk-V	Diameter nominal (diameter lingkaran jarak bagi d_p)	$\alpha(^{\circ})$	W^*	L_o	K	K_o	e	f
A	71 – 100	34	11,95	9,2	4,5	8,0	15,0	10,0
	101 – 125	36	12,12					
	126 atau lebih	38	12,30					
B	125 – 160	34	15,86	12,5	5,5	9,5	19,0	12,5
	161 – 200	36	16,07					
	201 atau lebih	38	16,29					
C	200 – 250	34	21,18	16,9	7,0	12,0	25,5	17,0
	251 – 315	36	21,45					
	316 atau lebih	38	21,72					
D	355 – 450	36	30,77	24,6	9,5	15,5	37,0	24,0
	451 atau lebih	38	31,14					
E	500 – 630	36	36,95	28,7	12,7	19,3	44,5	29,0
	631 atau lebih	38	37,45					

* Harga-harga dalam kolom W menyatakan ukuran standar.

Gambar 2. 27 Ukuran Puli-V

Sumber : (Sularso & Suga, 2002))

Untuk menentukan panjang keliling sabuk-v dapat menggunakan persamaan 2.5 :

$$L = 2 \times Cr + \frac{\pi}{2} (Dp + dp) + \frac{1}{4 \times Cr} (Dp - dp)^2 \dots \dots \dots (2.5)$$

Putaran puli kecil (rpm)	Penampang-A								Penampang-B							
	Merek merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran				Merek merah		Standar		Harga tambahan karena perbandingan putaran			
	67mm	100mm	67mm	100mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-	118mm	150mm	118mm	150mm	1,25-1,34	1,35-1,51	1,52-1,99	2,00-
200	0,15	0,31	0,12	0,26	0,01	0,02	0,02	0,02	0,51	0,77	0,43	0,67	0,04	0,05	0,06	0,07
400	0,26	0,55	0,21	0,48	0,04	0,04	0,04	0,05	0,90	1,38	0,74	1,18	0,09	0,10	0,12	0,13
600	0,33	0,77	0,27	0,67	0,05	0,06	0,07	0,07	1,24	1,93	1,00	1,64	0,13	0,15	0,18	0,20
800	0,44	0,98	0,33	0,84	0,07	0,08	0,09	0,10	1,56	2,43	1,25	2,07	0,18	0,20	0,23	0,26
1000	0,52	1,18	0,39	1,00	0,08	0,10	0,11	0,12	1,85	2,91	1,46	2,46	0,22	0,26	0,30	0,33
1200	0,59	1,37	0,43	1,16	0,10	0,12	0,13	0,15	2,11	3,35	1,65	2,82	0,26	0,31	0,35	0,40
1400	0,66	1,54	0,48	1,31	0,12	0,13	0,15	0,18	2,35	3,75	1,83	3,14	0,31	0,36	0,41	0,46
1600	0,72	1,71	0,51	1,43	0,13	0,15	0,18	0,20	2,67	4,12	1,98	3,42	0,35	0,41	0,47	0,53

Gambar 2. 28 Kapasitas yang ditransmisikan untuk sabuk tunggal

(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))

2.2.13 Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. (Sularso & Suga, 2002)

Standar dan macam	Lambang	Perlakuan panas	Kekuatan tarik (kg/mm ²)	Keterangan
Baja karbon konstruksi mesin (JIS G 4501)	S30C	Penormalan	48	
	S35C	"	52	
	S40C	"	55	
	S45C	"	58	
	S50C	"	62	
	S55C	"	66	
Batang baja yang difinis dingin	S35C-D	—	53	ditarik dingin, digerinda, dibubut, atau gabungan antara hal-hal tersebut
	S45C-D	—	60	
	S55C-D	—	72	

Gambar 2. 29 Baja Karbon untuk konstruksi mesin

Macam-macam poros :

a. Poros Transmisi

Poros macam ini mendapat beban puntir murni atau puntir dan lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, puli sabuk atau sproket rantai, dll. Untuk menghitung tegangan geser izin dapat dihitung dengan persamaan 2.6 :

$$\tau_a = \frac{\sigma_b}{sf_1 \times sf_2} \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

σ_b = Kekuatan tarik (kg/mm²)

Untuk menghitung momen puntir poros transmisi dapat dihitung dengan persamaan 2.7:

$$T_2 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n_2} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan :

T = Momen Puntir (Kg.mm)

Pd = Daya Rencana

N = Putaran (RPM)

Untuk menghitung nilai diameter poros motor (D_1) dan diameter poros yang digerakkan atau transmisi (D_2) dapat dihitung dengan persamaan 2.8 dan 2.9 :

$$D_1 \left[\frac{5,1}{\tau\alpha} \times T_1 \times kt \times cb \right]^{1/3} \dots\dots\dots(2.8)$$

$$D_2 \left[\frac{5,1}{\tau\alpha} \sqrt{(cb \times mb)^2 + (T_2 \times kt)^2} \right]^{1/3} \dots\dots\dots(2.9)$$

Keterangan :

D_1 = Diameter poros Motor (mm)

D_2 = Diameter poros yang digerakkan atau transmisi (mm)

$\tau\alpha$ = Tegangan geser izin (kg/mm²)

kt = Factor koreksi punter atau tumbukan (1,0)

cb = Factor lenturan (1,2 – 2,3)

mb = Momen bengkok (kg.mm)

T_1 = Momen punter motor (kg.mm / Nm)

T_2 = Momen punter poros *oil skimmer*

Untuk menghitung momen bengkok (M_b) dan momen punter (M_p) dapat menggunakan persamaan 2.10 dan 2.11 :

$$M_b = \frac{1}{2} \times L \times F \dots\dots\dots(2.10)$$

$$M_p = \frac{1}{2} \times D \times F \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan :

L = Panjang poros (mm)

F = Beban (kg)

D = Diameter poros (mm)

b. Spindel

Poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran, disebut spindel. Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti. Untuk menghitung momen punter spindel dapat dihitung dengan persamaan 2.12:

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{Pd}{n_1} \dots\dots\dots(2.12)$$

Keterangan :

T = Momen Puntir (Kg.mm)

Pd = Daya Rencana

N = Putaran (RPM)

c. Gandar

Poros seperti yang dipasang di antara roda-roda kereta barang, dimana tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar, disebut gandar. Gandar ini hanya mendapat beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir juga. Menurut bentuknya, poros dapat digolongkan atas poros lurus umum, poros engkol sebagai poros utama dari mesin totak, dll., poros luwes untuk transmisi daya kecil agar terdapat kebebasan bagi perubahan arah, dan lain-lain.

2.2.14 Pulley

Pulley adalah elemen mesin yang berfungsi untuk meneruskan daya dari satu poros ke poros yang lain dengan menggunakan sabuk. Puli bekerja dengan mengubah arah gaya yang diberikan, mengirim gerak dan mengubah arah rotasi. Puli tersebut dari besi cor, baja cor, baja pres atau aluminium. (QORIANJAYA, 2017).

Fungsi *Pulley*:

- 1) Mentransmisikan daya putaran dari poros motor ke poros motor
- 2) Mereduksi putaran
- 3) Mempercepat putaran
- 4) Memperbesar dan memperkecil torsi

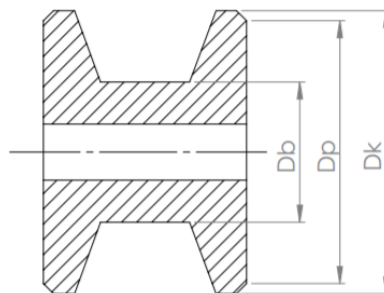
Untuk menentukan besar diameter pulley motor harus sesuai standart yang ada sehingga syarat diameter yang dianjurkan terpenuhi, dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

Penampang	A	B	C	D	E
Diameter min. yang diizinkan	65	115	175	300	450
Diameter min. yang dianjurkan	95	145	225	350	550

Gambar 2. 30 Diameter pulley yang diizinkan dan dianjurkan

(Sumber : (Sularso & Suga, 2002))

Dalam menentukan besar diameter nominal masing-masing pulley dapat digunakan persamaan :



$$D_p = d_p \times i \dots \dots \dots (2.13)$$

$$D_b = d_p - (2 \times k \theta) \dots \dots \dots (2.14)$$

$$D_k = d_p + (2 \times k) \dots \dots \dots (2.15)$$

Keterangan:

D_p, D_b, D_k = Dimensi diameter nominal pulley (mm)

Perhitungan sudut kontak (θ) harus diperhatikan karena akan menjadi data penentu pemilihan nilai faktor koreksi K_θ dalam menentukan jumlah sabuk dalam pulley nanti.

Untuk menentukan besar sudut kontak yang terjadi dapat menggunakan persamaan 2.16:

$$\theta = 180^\circ - \left[\frac{180^\circ}{\pi} \times \frac{(Dp-dp)}{c} \right] \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

C = Jarak sumbu poros ideal (mm)

2.2.15 Tabung

Tabung adalah sebuah bangun ruang 3 dimensi yang dibentuk oleh 2 buah lingkaran identik yang sejajar dan sebuah persegi panjang yang mengelilingi kedua lingkaran tersebut. (Emma, 2022)

Sebuah tabung memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- 1) Mempunyai 2 rusuk
- 2) Alas dan tutup berbentuk lingkaran
- 3) Mempunyai 3 bidang sisi (bidang alas, bidang selimut, bidang penutup/atap)

Untuk menghitung volume tabung dapat menggunakan persamaan 2.17:

$$V = \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

V = Volume (m³)

r = Jari-jari (m)

t = Tinggi (m)

2.2.16 Kerucut

Secara umum, kerucut merupakan sebuah bangun_ruang yang memiliki satu buah titik sudut dan dua buah sisi. Salah satu sisinya adalah alas kerucut yang berbentuk lingkaran, dan sisi yang lain merupakan selimut bangun kerucut (Wisnu, 2022). Untuk menghitung volume kerucut dapat menggunakan persamaan 2.18 :

$$V = \frac{1}{3} \times \pi \times r^2 \times t \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan :

V = Volume (m^3)

r = Jari-jari (m)

t = Tinggi (m)

2.2.17 Tekanan

Tekanan adalah besarnya gaya yang bekerja tiap satuan luas permukaan atau bidang tekanan. Fenomena tersebut timbul sebagai akibat dari gaya tekan yang bekerja pada benda per satuan luas permukaan dengan arah yang tegak lurus. Suatu tekanan akan sangat bergantung pada besarnya gaya. Besarnya tekanan yang dihasilkan sejalan dengan besar gaya yang diberikan atau berbanding lurus dengan gaya. Di satu sisi, tekanan berbanding terbalik dengan luas permukaan. Apabila luas permukaan tekan bidang diperbesar, maka tekanan akan mengecil (Mulachela, 2021).

Untuk menghitung tekanan pada dinding tabung dapat menggunakan persamaan 2.19 :

$$P = \frac{\rho \times v \times g}{A} \dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan :

ρ = Massa Jenis CPO

V = Volume (m)

g = Gravitasi bumi (N/m)

A = Luas Penampang (m)

Untuk menghitung luas penampang pada dinding tabung dapat menggunakan persamaan 2.20 :

$$A = 2 \times \pi \times r \times t \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan :

r = Jari-jari (m)

t = tinggi

Untuk menghitung tekanan pada alas tabung dapat menggunakan persamaan 2.21 :

$$P = \frac{\rho \times v \times g}{A} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan :

ρ = Massa Jenis CPO

V = Volume (m)

g = Gravitasi bumi (N/m)

A = Luas Penampang (m)

Untuk menghitung luas penampang pada alas tabung dapat menggunakan persamaan 2.22 :

$$A \pi \times r^2 \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan :

r = Jari-jari (m)

t = Tinggi (m)

2.2.18 Kalor

Berdasarkan kamus besar Bahasa Indonesia, kalor adalah tenaga panas yang dapat diterima dan diteruskan oleh suatu benda ke benda lain secara hantaran (konduksi), penyinaran (radiasi), atau aliran (konveksi). Kalor juga disebut sebagai energi panas yang berpindah dari benda bersuhu lebih tinggi ke benda yang bersuhu lebih rendah. dalam satuan internasional, kalor dinyatakan dengan joule (J), satuan lainnya dikenal dengan kalori (kal) yang biasa digunakan dibidang gizi. Satu kalori adalah jumlah energi panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu 1 gram air hingga naik sebesar 1 derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$) satu kalori = 4,184 J atau sering dibulatkan menjadi 4,2 J (Aninsi, 2021).

Rumus kapasitas kalor dapat dilihat pada persamaan 2.23:

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \dots\dots\dots (2.23)$$

Keterangan :

C = kapasitas kalor (J/K)

Q = banyak kalor (J)

ΔT = perubahan suhu (K)

Ada juga rumus yang menentukan kapasitas kalor itu sendiri pada persamaan 2.24:

$$C = m \times c \dots\dots\dots (2.24)$$

Keterangan :

C = kapasitas kalor (J/K)

m = massa benda yang menerima atau melepas kalor (kg)

c = kalor jenis zat (J/kg.K)

Kalor dapat menaikkan atau menurunkan suhu. Semakin besar kenaikan suhu kalor yang diterima semakin banyak, semakin kecil kenaikan suhu maka kalor yang diterima semakin sedikit. Artinya hubungan kalor (Q) berbanding lurus atau sebanding dengan kenaikan suhu (ΔT), jika massa (m) dan kalor jenis zat (c) tetap. Sehingga secara matematis dapat dirumuskan pada persamaan 2.25 :

$$Q = m \times c \times \Delta T \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan :

Q = kalor yang dibutuhkan (J)

m = massa benda (kg)

ΔT = perubahan suhu ($^{\circ}\text{C}$)

Jika minyak mengalir sebagai lapisan tipis menuju skimmer :

$$Q = vA \dots\dots\dots (2.26)$$

$$A = bh \dots\dots\dots (2.27)$$

sehingga

$$Q = vbh \dots\dots\dots (2.28)$$

Keterangan:

v = kecepatan aliran minyak (m/s)

b = lebar skimmer (m)

h = ketebalan lapisan minyak (m)

Rumus kapasitas pengutipan (Q) :

$$Q = \frac{v}{t} \dots\dots\dots (2.29)$$

Dimana:

Q = Kapasitas pengutipan

v = Volume CPO terkutip (L)

t = Waktu (detik)