

**ANALISIS KINERJA POMPA GEAR PUMP TERHADAP
KAPASITAS ALIRAN MINYAK CPO**

SKRIPSI

OLEH :

**JULIVER JAYA SAMOSIR
198130045**

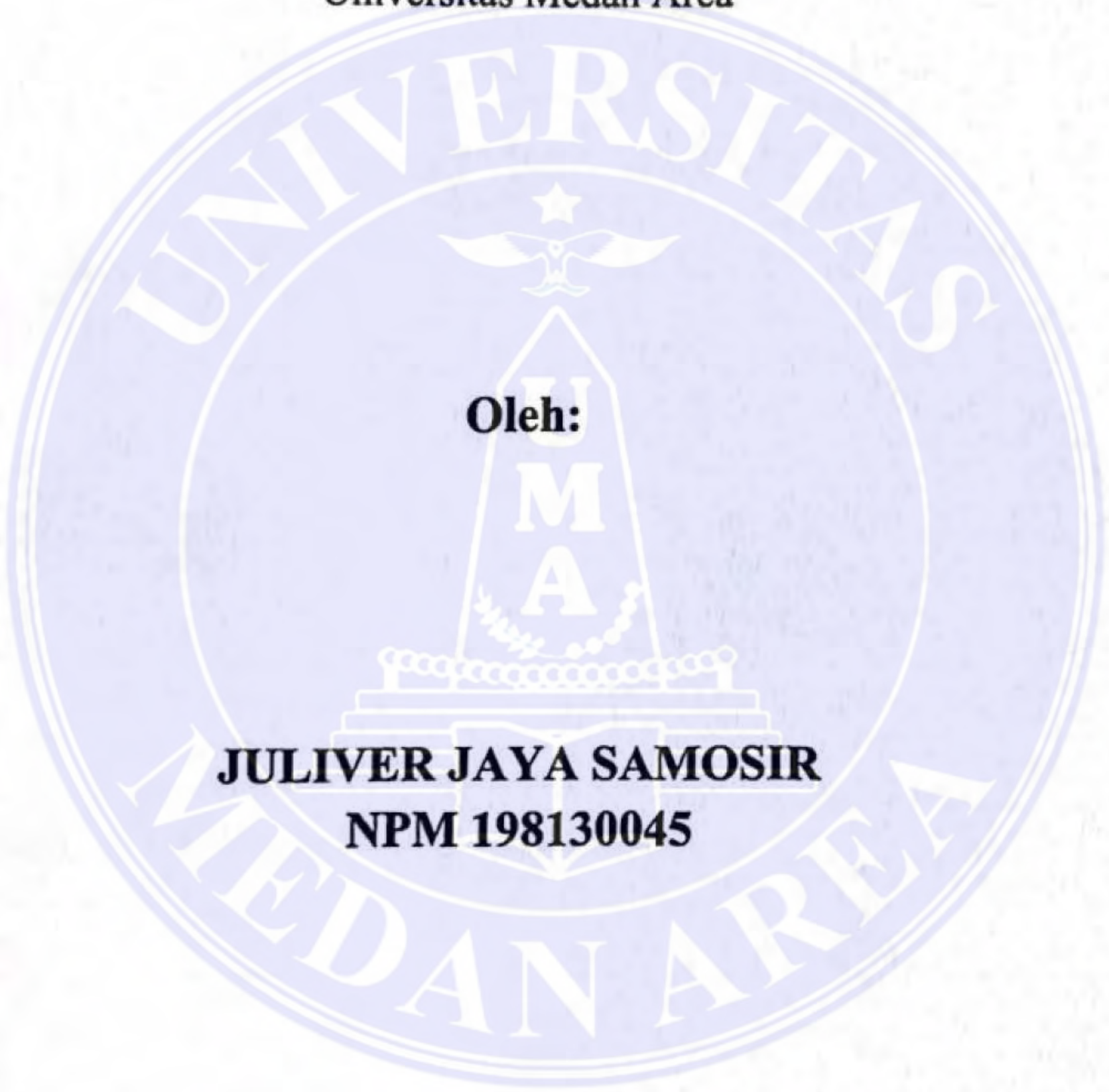


**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

**ANALISIS KINERJA POMPA GEAR PUMP TERHADAP
KAPASITAS ALIRAN MINYAK CPO**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**



Oleh:

**JULIVER JAYA SAMOSIR
NPM 198130045**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MEDAN AREA
MEDAN
2024**

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Proposal

Nama Mahasiswa

NIM

Fakultas

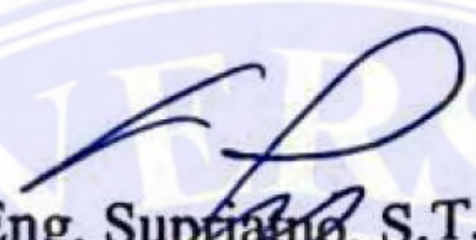
: Analisis kinerja pompa gear pump terhadap kapasitas aliran minyak cpo

: Juliver Jaya Samosir

: 198130045

: Teknik

Disetujui Oleh
Komisi Pembimbing


Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T
Pembimbing


Dr. Eng. Supriatno, S.T., M.T
Dekan


Dr. Iswandi, ST., MT.
Ka Prodi



Tanggal Lulus: 18 September 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 18 September 2024



Juliver Jaya Samosir
NPM 198130045

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sevitak akademik Universitas Medan Area saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Juliver Jaya Samosir
NPM : 198130045
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*non-exclusive- free right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: ANALISIS KINERJA POMPA GEAR PUMP TERHADAP KAPASITAS MINYAK CPO

Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini buat dengan sebenarnya.

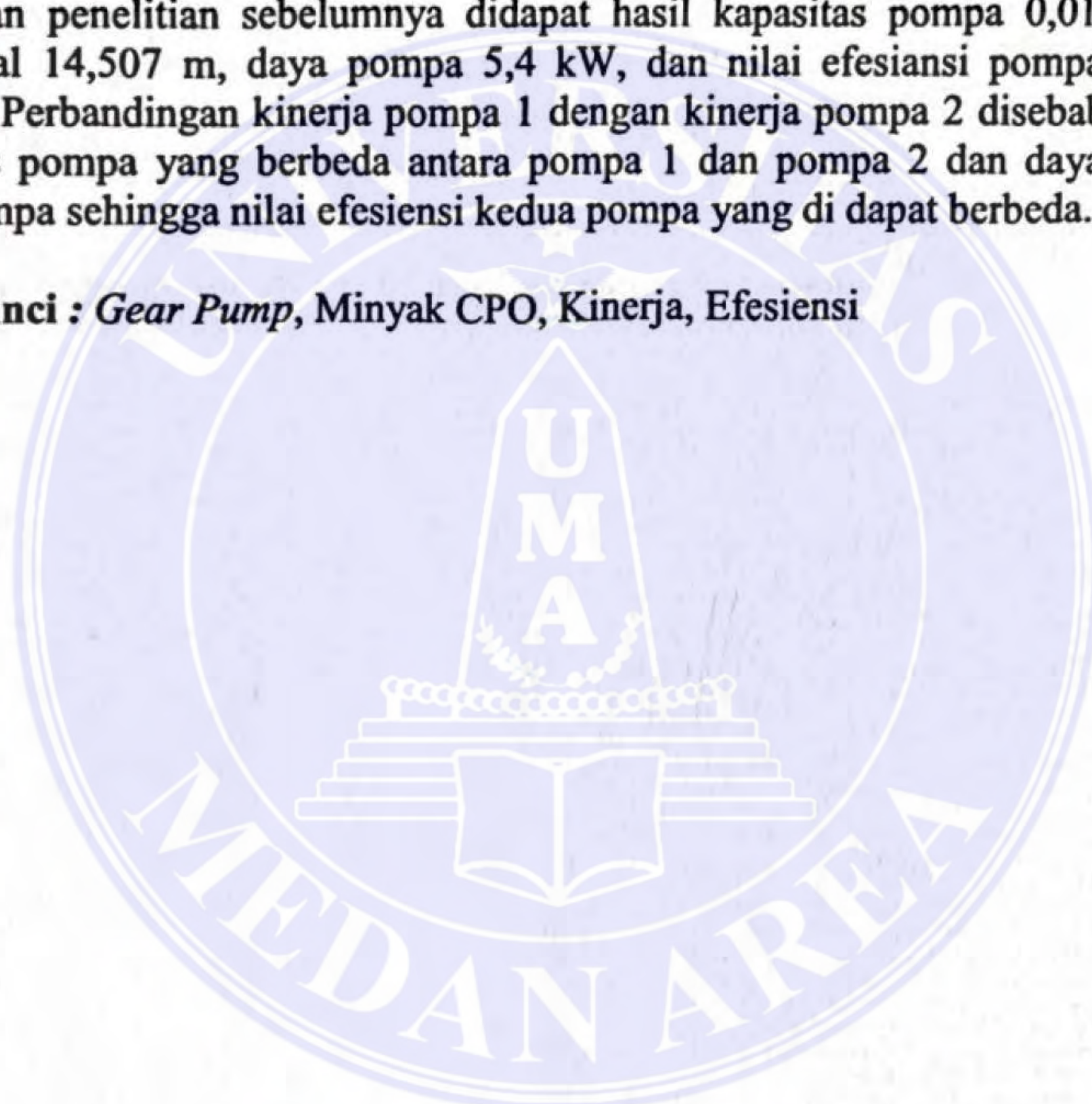
Di buat di : Medan
Pada tanggal : 18 September 2024
Yang menyatakan

(Juliver Jaya Samosir)
198130045

ABSTRAK

Kapasitas aliran minyak CPO berhubungan terhadap kinerja pompa *gear pump*. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh kapasitas terhadap kinerja pompa *gear pump*, serta membandingkan kinerja pompa saat pentransferan minyak CPO. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah dilakukan dengan cara observasi, melakukan pengukuran dan pengambilan data. Hasil penelitian ini adalah kapasitas (Q) pompa didapat sebesar 0,00833 m³/s dengan jenis aliran turbulen dikarenakan nilai *Reynold Number* $Re > 4000$. Perhitungan *head* total pada *gear pump* berkisar 11,11 m dengan tekanan pompa adalah 0,94 bar, daya pompa adalah 0,8 kW dan efesiensi pada pompa sebesar 36 % sedangkan penelitian sebelumnya didapat hasil kapasitas pompa 0,0181 m³/s, *head* total 14,507 m, daya pompa 5,4 kW, dan nilai efesiensi pompa sebesar 42,70%. Perbandingan kinerja pompa 1 dengan kinerja pompa 2 disebabkan dari kapasitas pompa yang berbeda antara pompa 1 dan pompa 2 dan daya pompa, *head* pompa sehingga nilai efesiensi kedua pompa yang di dapat berbeda.

Kata Kunci : *Gear Pump*, Minyak CPO, Kinerja, Efesiensi



ABSTRACT

The flow capacity of CPO oil is correlated with the performance of the gear pump. The purpose of this research was to analyze the effect of capacity on the performance of the gear pump and to compare the pump's performance during CPO oil transfer. The method used in this research was quantitative. Data collection techniques included observation, measurement, and data collection. The results of this research indicated that the pump capacity (Q) was 0.00833 m³/s with a turbulent flow type due to the Reynolds Number $Re > 4000$. The calculated total head on the gear pump was around 11.11 m, with a pump pressure of 0.94 bar, pump power of 0.8 kW, and pump efficiency of 36%. In previous research, the pump capacity was 0.0181 m³/s, the total head was 14.507 m, pump power was 5.4 kW, and pump efficiency was 42.70%. The performance difference between pump 1 and pump 2 was due to the different capacities between the two pumps and variations in pump power and head, resulting in different efficiency values.

Keywords: Gear Pump, CPO Oil, Performance, Efficiency.

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Senayan pada tanggal 11 Januari 1999 dari Ayah K.Samosir dan R.Nababan. Penulis merupakan putra ketiga dari empat bersaudara.

Pada tahun 2017 penulis lulus dari SMKN 1 Lubuk Pakam dan terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Mesin Universitas Medan Area. Selama mengikuti perkuliahan, tepatnya pada tahun 2022 penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PMKS Siancimun di Padang Lawas.



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunia Nya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Analisis Kinerja Pompa Gear Pump Terhadap Kapasitas Aliran Minyak CPO.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Dr.Eng.Supriatno,ST,MT. selaku pembimbing yang telah banyak memberikan saran. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Ayah Saya K.Samosir dan Ibu Saya R.Nababan serta seluruh keluarga atas segala doa dan perhatiannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir/skripsi ini masih memiliki kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan tugas akhir/skripsi ini. Penulis berharap tugas akhir/skripsi ini dapat bermanfaat baik untuk kalangan pendidikan dan juga masyarakat. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis



Juliver Jaya Samosir

NPM. 198130045

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL..... i

HALAMAN PENGESAHAN SEMINAR HASIL..... ii

HALAMAN PERNYATAAN ii

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI..... iv

ABSTRAK..... viii

ABSTRACT..... vi

DAFTAR RIWAYAT vii

KATA PENGANTAR viii

DAFTAR ISI..... ix

DAFTAR TABEL..... x

DAFTAR GAMBAR..... xi

DAFTAR NOTASI..... xii

BAB I PENDAHULUAN..... 1

1.1. Latar Belakang Masalah..... 1

1.2. Perumusan Masalah..... 5

1.3. Tujuan Penelitian..... 5

1.4. Hipotesis Penelitian..... 5

1.5. Manfaat Penelitian..... 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 6

2.1. Pompa Roda Gigi 6

2.2. Jenis Pompa Roda Gigi 7

2.3. Macam-macam Pompa 8

2.4. Karakteristik *Gear Pump* Untuk Industri CPO 13

2.5. Debit/Kapasitas Pompa 15

2.6. Heat Total (H_{tot}) 16

2.7. Daya Hidrolik 17

2.8. Daya Poros (P)..... 17

2.9. Efisiensi Pompa 18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... 20

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian 20

3.2. Bahan dan Alat 20

3.3. Metode Penelitian..... 21

3.4. Populasi dan Sampel..... 23

3.5. Prosedur Kerja 23

3.6. Diagram Alir Penelitian..... 24

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 25

4.1. Spesifikasi dan Jenis Pompa..... 25

4.2. Analisa Aliran Fluida yang Dialirkan oleh Pompa..... 26

4.3. Analisa Kinerja Pompa 28

4.4. Pembahasan 30

BAB V SIMPULAN DAN SARAN 34

5.1. Simpulan..... 34

5.2. Saran 34

DAFTAR PUSTAKA 35

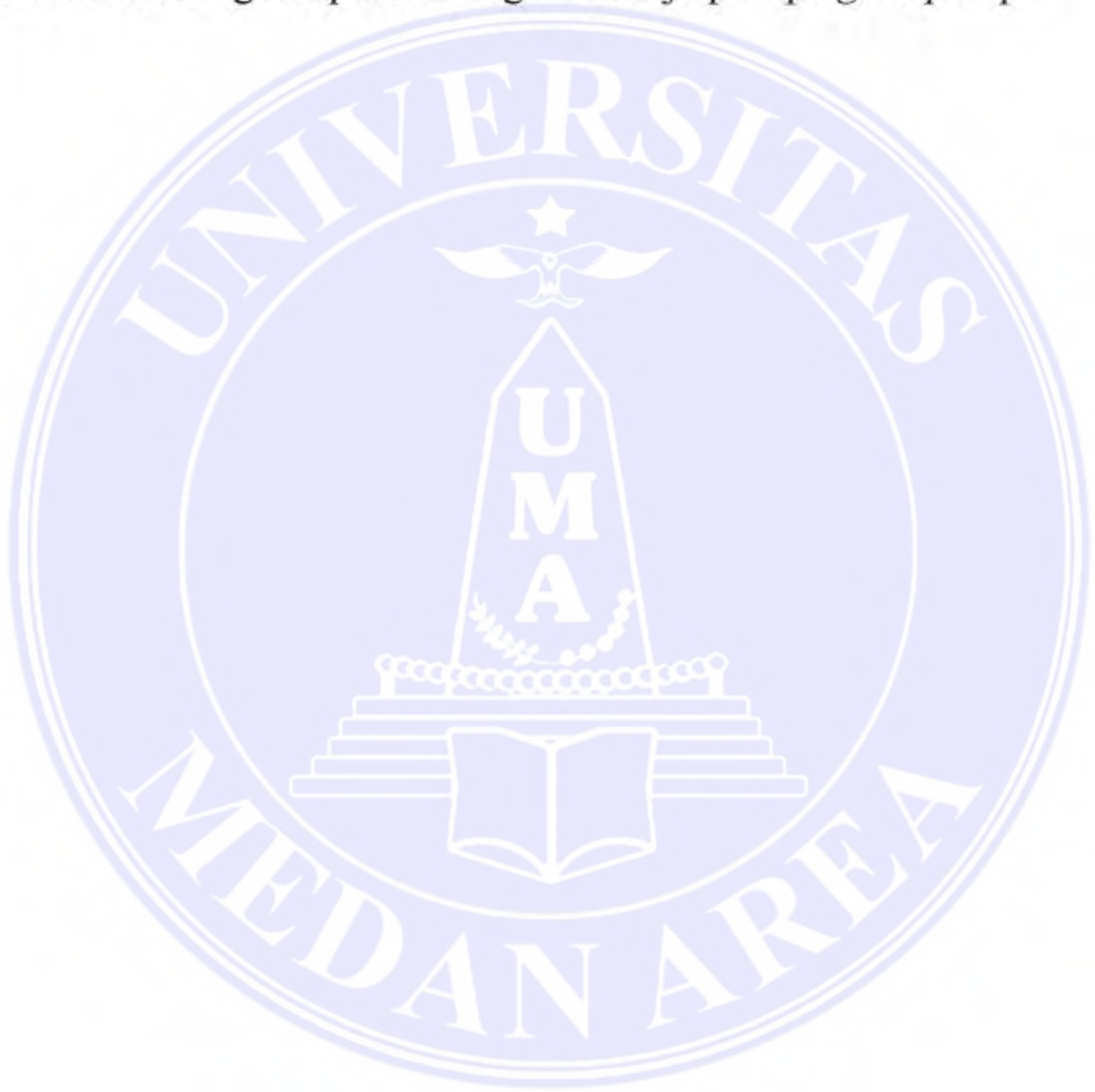
DAFTAR TABEL

Tabel 3.1. Jadwal Tugas Akhir	25
Tabel 4.1. Spesifikasi Pompa	30
Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Data Kinerja pompa	36



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Pompa <i>Sentrifugal</i>	10
Gambar 2.2. Pompa Aksial	10
Gambar 2.3. Prinsip <i>Screw Pump</i>	12
Gambar 2.4. Prinsip <i>Rotary Vane Pump</i>	12
Gambar 2.5. Cara kerja Pompa roda gigi luar (<i>External gear pump</i>)	13
Gambar 3.1. <i>Gear Pump</i>	26
Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 4.2. Koefesien Sambungan Pipa	34
Gambar 4.3. Grafik Kinerja Pompa Terhadap Kapasitas Pompa	37
Gambar 4.4. Grafik Kinerja pompa terhadap <i>head</i> total	38
Gambar 4.5. Grafik pengaruh losis terhadap efesiensi kinerja pompa	39
Gambar 4 6. Grafik garis perbandingan kinerja pompa <i>gera pump</i>	40



DAFTAR NOTASI

Q	= Kapasitas pompa (m^3/s)
V	= Volume air (m^3)
T	= Selang waktu (s)
Q	= Debit aliran m^3/s
D_{pi}	= Diameter pipa (inchi atau m)
V	= kecepatan aliran (m/s)
A	= luas penampang pipa (m)
Q	= Kapasitas pompa (m^3/s)
d	= Diameter pipa (m)
t	= Waktu (sekon)
h_a	= Head statis total (m)
Δh_p	= Perbedaan head tekanan (m)
h_l	= Berbagai kerugian head dipipa, katup, belokan, sambungan, dll.
$v^2/2g$	= Head kecepatan keluar (m)
g	= Percepatan gravitasi ($9,8\text{ m/s}^2$)
γ	= Berat fluida per satuan volume (kgf/l)
Q	= Kapasitas (m^3/min)
H	= Head total pompa (m)
P_w	= Daya Fluida (kw)
P	= Daya poros sebuah pompa (KW)
P_w	= Daya Fluida (KW)
η_p	= Efisiensi pompa
η_p	= Efisiensi Pompa (%)
P_w	= Daya Hidrolik (Watt)
P	= Daya Poros (Watt)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Teknologi terus berkembang, khususnya di bidang perindustrian. Kita tahu bahwa pompa tidak memengaruhi industri skala kecil, menengah, dan besar. Mesin yang digunakan untuk memindahkan fluida dari posisi yang rendah ke posisi yang lebih tinggi atau dari posisi bertekanan rendah ke posisi bertekanan tinggi adalah pompa. Ini dilakukan dengan melewati fluida dari sistem perpipaan.

Pompa roda gigi, juga dikenal sebagai pompa roda gigi, adalah jenis pompa dengan perpindahan positif di mana cairan mengalir melalui celah antara roda gigi dan dinding bangunan. Fluida yang dialirkan biasanya cair (*liquid*) atau bubur (*slurry*). Pompa dengan aliran positif menghisap sejumlah fluida yang terjebak, kemudian ditekan, dan dipindahkan ke keluaran (*outlet*). Untuk aplikasi daya fluida hidrolik, pump gear sering digunakan. Namun, pada bidang kimia, mereka juga sering digunakan untuk mengalirkan fluida dengan kekentalan (viskositas) tinggi. Dua jenis pompa putar, pompa putar luar dan pompa putar dalam, diklasifikasikan sebagai pompa perpindahan tetap (perpindahan tetap) karena jumlah fluida yang dialirkan setiap putaran pompa selalu tetap. Pump roda gigi.

Pompa dengan roda gigi luar (*eksternal gear pump*) memiliki banyak keuntungan, termasuk tidak memerlukan head yang tinggi jika dibandingkan dengan pompa sentrifugal, memiliki putaran yang tinggi, memiliki kemampuan

untuk memompa cairan yang mengandung uap dan gas, dan tidak ada beban bearing di atasnya. saat beroperasi.

Menurut penelitian Tauhid (2012), pompa sirkulasi minyak sawit mengalami perubahan dalam beberapa indikator selama beroperasi pada tahun 2015. Loading steam generator CSP yang berubah dapat menyebabkan perubahan tekanan dan kapasitas aliran. Usia kerja pompa sirkulasi minyak sawit (beroperasi selama 9 jam/ hari) juga dapat menyebabkan kinerja pompa sirkulasi minyak sawit menurun. performance dari kondisi awal pompa beroperasi pada tahun 2013 hingga tahun 2015.

Menurut penelitian Saidah (2017) membahas kinerja pompa kargo, membandingkannya dengan saat pertama kali dipasang, dan memberikan solusi untuk masalah yang mungkin terjadi di kapal sehingga pembongkaran kargo tetap sesuai rencana.

Kapasitas (Q) pemompaan menjadi lebih lama karena kenaikan dari $0,2778 \text{ m}^3/\text{detik}$ (spesifikasi pompa) menjadi $0,2234 \text{ m}^3/\text{detik}$ (hasil perhitungan di lapangan), atau sekitar 19,6 %. Menurut hasil perhitungan, head total (H) pompa adalah 27,12 m, sedangkan yang terpasang di lapangan adalah 130 m. Faktor-faktor yang menyebabkan perbedaan ini adalah panjang pipa yang berbeda yang dihitung secara dasar dan perbedaan head statis (ketinggian keluarnya fluida). Selain itu, pompa ini dirancang untuk membongkar muatan air dan mengantisipasi perubahan dalam instalasi di atas kapal. Daya poros berbeda karena head total pompa berbeda. Daya penggerak poros (P) adalah 74,04 kW berdasarkan perhitungan, dan 512 kW di lapangan.

Menurut penelitian Nahrusin et al. (2013), gangguan jalur instalasi perpipaan dan saringan (filter) adalah penyebab kapasitas pompa muatan cair kapal menurun. Untuk menghindari kebocoran, daerah luar rumah pompa harus lebih bersih, dicek secara teratur, dan dicat anti korosi.

Selain itu, penggantian segel mekanis sesuai dengan waktu kerjanya untuk mencegah kebocoran. Perhatikan bantalan (bearing) pompa agar tidak terjadi getaran tinggi yang mengakibatkan ausnya roda gigi. Selain itu, perhatikan saringan pompa agar kotoran dan benda padat tidak masuk ke dalam pompa, sehingga roda gigi pompa tidak rusak, yang mengakibatkan mengurangi kinerjanya.

Menurut penelitian Umartono et al. (2016), dalam penelitian mereka, mereka menunjukkan bahwa pompa Sebuah pompa yang dapat digunakan untuk mengalirkan fluida Natrium Hidroksida (NaOH) harus memiliki kapasitas sebesar 60 m³/jam, meskipun pompa saat ini hanya dapat menghasilkan 38,6 m³/jam. Berdasarkan hasil perhitungan dan diskusi, debit aliran diperkirakan adalah 60 m³/jam atau 1 m³/menit. Hasilnya adalah pipa berdiameter 80 meter, kehilangan kepala utama 79 meter, faktor tekanan pipa dan peralatan 12,66 meter, dan kepala pompa total 96,8 meter.

Pengetahuan yang cukup diperlukan untuk memilih jenis pompa yang tepat untuk kondisi dan lingkungan yang akan digunakan karena pompa dengan berbagai jenis dan bentuk dapat digunakan secara luas. Pompa adalah peralatan pendukung yang sangat penting bagi industri tertentu. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa pompa banyak digunakan dalam berbagai fungsi, termasuk sirkulasi

air pendingin, penggerak fluida dalam sistem hidrolik, dan sirkulasi minyak pelumasan ke mesin.

Faktor yang mempengaruhi kinerja pompa *gear pump* dalam proses mentransfer minyak cpo adalah terjadinya endapan *sludge* di dalam mesin pompa menyebabkan korosi dan pengaruh kandungan pada minyak cpo sehingga mempengaruhi kapasitas aliran masuk pompa tersebut. Dengan demikian penulis membuat penelitian dengan judul “Analisis Kinerja Pompa *Gear Pump* Terhadap Kapasitas Aliran Minyak CPO.”

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui bagaimana kinerja pompa gear terhadap kapasitas aliran minyak CPO.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan di atas, adalah untuk mengetahui bagaimana kualitas pompa gear mempengaruhi terhadap kapasitas aliran minyak CPO.

1.4. Hipotesis Penelitian

Hipotesis penelitian ini adalah untuk menganalisis kinerja pompa gear jika dibandingkan dengan kapasitas aliran minyak CPO. Ini akan melakukan dengan melihat berbagai jenis pompa yang digunakan di PKS PT. Paluta Inti Sawit di Desa Siancimun, Kecamatan Halongonan Timur, Kabupaten Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatra Utara.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini adalah dapat memberi masukan kepada perusahaan terkait dengan pengendalian kualitas dan dapat memperbaiki penyimpangan yang terjadi dalam proses produksi agar dapat bersaing dengan perusahaan sejenisnya.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pompa Roda Gigi

Gear pump (pompa roda gigi) adalah jenis pompa *positive displacement* dimana fluida akan mengalir melalui celah-celah roda gigi dengan dinding rumahnya disebut sebagai pompa karena fluida yang dialirkan pada umumnya berupa cairan (*liquid*) atau bubur (*slurry*). Sedangkan pompa *positive displacement* berarti pompa tersebut menghisap sejumlah fluida yang terjebak yang kemudian ditekan dan dipindahkan ke arah keluaran (*outlet*). *Gear pump* sering digunakan untuk aplikasi *hydraulic fluid power*. Dalam pengoperasiannya sebuah komponen *gear pump excavator* dapat mengalami kegagalan, meskipun komponen tersebut masih dalam keadaan bagus atau baru. Untuk menganalisa penyebab terjadi kegagalan gear pump ini dilakukan pengujian yang meliputi pengujian yang bersifat merusak (*destructive material testing*) menggunakan uji kekerasan dan pengujian yang tidak merusak (*non-destructive material testing*) menggunakan uji fraktografi, metallografi dan pengujian komposisi kimia. Dari hasil pemeriksaan di labor menunjukan bahwa *Gear Pump Excavator* mengalami kerusakan pada gigi penggerak di bagian luar dan gigi bagian dalam, photo makro roda gigi bagian luar dalam penampang melintang menunjukan adanya cacat Deformasi / Perubahan Bentuk akibat beban bentur pada permukaan roda gigi. Roda gigi yang menerima beban putar/ gesek mengalami aus sesuai dengan arah putaran gear dan pada permukaan patahan dan menunjukkan terdapatnya inklusi yang terkonsentrasi mengarah ke permukaan material *gear pump excavator*

sehingga menyebabkan terjadinya aus. Pada material *gear pump excavator* yang mengalami kegagalan bila dilihat dari bentuk patahannya termasuk kepada jenis beban fatik karena sebelum patah *gear pump excavator* mengalami cacat deformasi.

2.2. Jenis Pompa Roda Gigi

Secara umum pompa dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*. Dua kelompok besar ini masih terbagi kedalam beberapa macam lagi, antara lain Pompa Dinamik *Dynamic pump* atau pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial, dan pompa spesial-efek (*special-effect pump*). Pompa-pompa ini beroperasi dengan menghasilkan kecepatan fluida tinggi dan mengkonversi kecepatan menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Jenis pompa ini biasanya juga memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada tipe *positive displacement pump*, tetapi memiliki biaya yang lebih rendah untuk perawatannya. Pompa dinamik juga bisa beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi.

a. Pompa Sentrifugal

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah impeler dan saluran *inlet* di tengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat impeler berputar, fluida mengalir menuju casing di sekitar impeler sebagai akibat dari gaya sentrifugal. Casing ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putar impeler tetap tinggi.

Kecepatan fluida dikonversikan menjadi tekanan oleh casing sehingga

fluida dapat menuju titik outletnya. Beberapa keuntungan dari penggunaan pompa sentrifugal yakni aliran yang halus (*smooth*) di dalam pompa dan tekanan yang seragam pada discharge pompa, biaya rendah, serta dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi sehingga pada aplikasi selanjutnya dapat dikoneksikan langsung dengan turbin uap dan motor elektrik. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada *pompa positive-displacement*.

b. Pompa Aksial

Pompa aksial juga disebut dengan pompa propeler. Pompa ini menghasilkan sebagian besar tekanan dari propeler dan gaya lifting dari sudu terhadap fluida. Pompa ini banyak digunakan di sistem drainase dan irigasi. Pompa aksial vertikal *single-stage* lebih umum digunakan, akan tetapi kadang pompa aksial *two-stage* (dua stage) lebih ekonomis penerapannya. Pompa aksial horisontal digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dan biasanya melibatkan efek *sifon* dalam alirannya.

2.3. Macam-macam Pompa

Secara umum pompa dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu *dynamic pump* dan *positive displacement pump*. Dua kelompok besar ini masih terbagi ke dalam beberapa macam lagi, antara lain:

a. Pompa Dinamik

Dynamic pump atau pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial, dan pompa spesial-efek (*special-effect pump*). Pompa-pompa ini beroperasi dengan menghasilkan kecepatan fluida

tinggi dan mengkonversi kecepatan menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Jenis pompa ini biasanya juga memiliki efisiensi yang lebih rendah daripada tipe *positive displacement pump*, tetapi memiliki biaya yang lebih rendah untuk perawatannya. Pompa dinamik juga bisa beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi.

b. Pompa Sentrifugal

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah impeler dan saluran inlet di tengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat impeler berputar, fluida mengalir menuju *casing* di sekitar impeler sebagai akibat dari gaya sentrifugal. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putar impeler tetap tinggi. Kecepatan fluida dikonversikan menjadi tekanan oleh *casing* sehingga fluida dapat menuju titik outletnya. Beberapa keuntungan dari penggunaan pompa sentrifugal yakni aliran yang halus (*smooth*) di dalam pompa dan tekanan yang seragam pada *discharge* pompa, biaya rendah, serta dapat bekerja pada kecepatan yang tinggi sehingga pada aplikasi selanjutnya dapat dikoneksikan langsung dengan turbin uap dan motor elektrik. Penggunaan pompa sentrifugal di dunia mencapai angka 80% karena penggunaannya yang cocok untuk mengatasi jumlah fluida yang besar daripada pompa *positive-displacement*.



Gambar 2.1. Pompa Sentrifugal

c. Pompa Aksial

Pompa aksial juga disebut dengan pompa propeler. Pompa ini menghasilkan sebagian besar tekanan dari propeler dan gaya *lifting* dari sudu terhadap fluida. Pompa ini banyak digunakan di sistem drainase dan irigasi. Pompa aksial vertikal *single-stage* lebih umum digunakan, akan tetapi kadang pompa aksial *two-stage* (dua stage) lebih ekonomis penerapannya. Pompa aksial horisontal digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dan biasanya melibatkan efek sifon dalam alirannya.



Gambar 2.2. Pompa Aksial

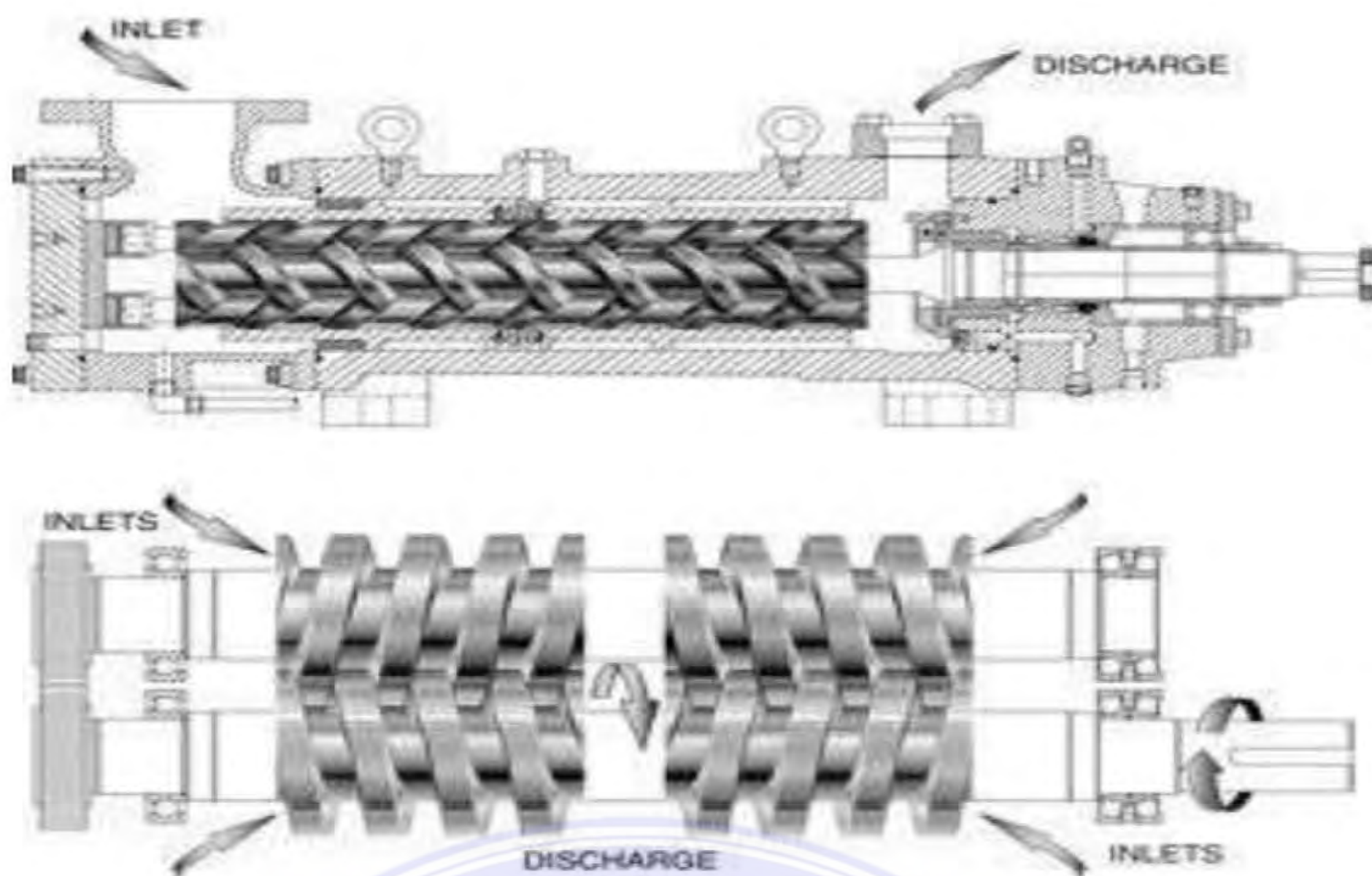
d. Pompa Positive Displacement

Macam-macam pompa positive displacement adalah pompa rotary. Pompa positive displacement bekerja dengan cara memberikan gaya tertentu pada volume fluida tetap dari sisi inlet menuju titik outlet pompa. Kelebihan dari penggunaan pompa jenis ini adalah dapat menghasilkan power density (gaya per satuan berat) yang lebih besar. Dan juga memberikan perpindahan fluida yang tetap/stabil di setiap putarannya.

e. *Rotary Pump*

Adalah pompa yang menggerakkan fluida dengan menggunakan prinsip rotasi. Vakum terbentuk oleh rotasi dari pompa dan selanjutnya menghisap fluida masuk. Keuntungan dari tipe ini adalah efisiensi yang tinggi karena secara natural ia mengeluarkan udara dari pipa alirannya, dan mengurangi kebutuhan pengguna untuk mengeluarkan udara tersebut secara manual. Bukan berarti pompa jenis ini tanpa kelemahan, karena sifat alaminya maka *clearance* antara sudu putar dan sudu pengikutnya harus sekecil mungkin, dan mengharuskan pompa berputar pada kecepatan yang rendah dan stabil. Apabila pompa bekerja pada kecepatan yang terlalu tinggi, maka fluida kerjanya justru dapat menyebabkan erosi pada sudu-sudu pompa.

Pompa rotari dapat diklasifikasikan kembali menjadi beberapa tipe yaitu: *Screw pumps* - pompa ini menggunakan dua ulir yang bertemu dan berputar untuk menghasilkan aliran fluida sesuai dengan yang diinginkan.



Gambar 2.3. Prinsip *Screw Pump*

2.4. *Rotary Vane Pump*

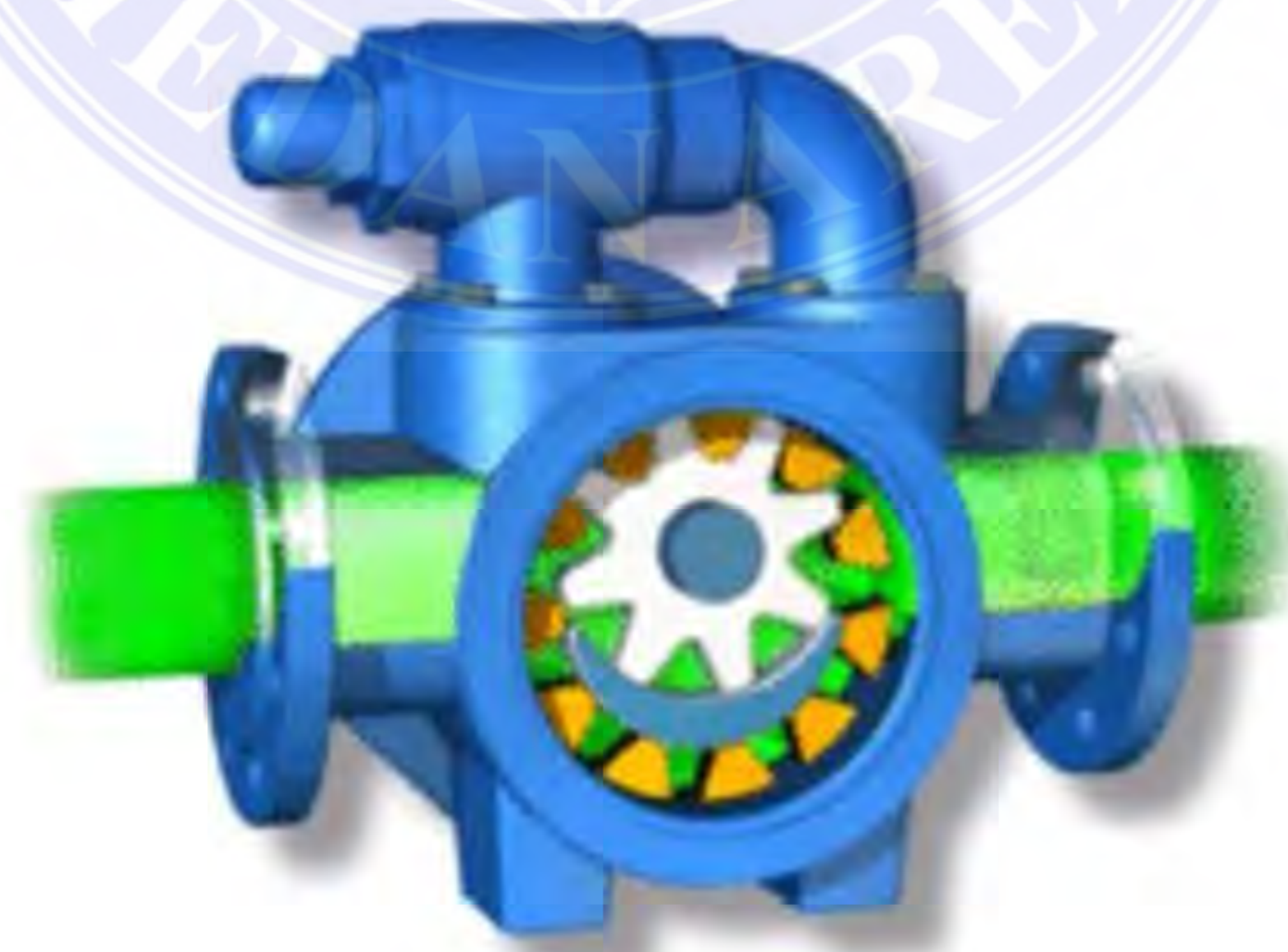
Rotary Vane Pump memiliki prinsip yang sama dengan kompresor *scroll*, yang menggunakan *rotor silindrik* yang berputar secara harmonis menghasilkan tekanan fluida tertentu.



Gambar 2.4. Prinsip *Rotary Vane Pump*

2.5. *Gear Pumps*

Gear pumps merupakan pompa rotari yang simpel dimana fluida ditekan dengan menggunakan dua roda gigi. Cara kerja pompa roda gigi luar berdasarkan pemindahan cairan berada diantara celah-celah gigi dan casing dari sisi isap menuju sisi tekan ketika roda gigi berputar. Apabila gerigi roda gigi berpisah dari sisi isap, cairan akan mengisi ruangan yang ada diantara gerigi tersebut. Kemudian cairan ini akan berputar dan ditekan keluar apabila geriginya bersatu lagi. Roda gigi dapat berupa heliks tunggal, heliks ganda atau gigi lurus. Beberapa desain mempunyai lubang fluida yang radial pada roda gigi bebas dari bagian atas dan akar gerigi sampai ke lubang dalam roda gigi. Ini akan memungkinkan cairan melakukan jalan pintas dari satu gigi ke gigi lainnya, yaitu menghindari tekanan yang berlebihan yang akan membebani bantalan secara berlebihan dan menimbulkan kebisingan.



Gambar 2. 5. Cara kerja Pompa roda gigi luar (*External gear pump*)

Keuntungan pemakaian pompa roda gigi:

1. *Self priming* (menghisap sendiri)
2. Kapasitas konstan pada putaran tertentu
3. Aliran hampir kontinyu
4. Arah pemompaannya dapat dibalik
5. Ringan, menghemat tempat
6. Dapat memompa cairan yang mengandung uap dan gas.

Kelemahan pemakaian pompa roda gigi:

1. Cairan harus relative bersih
2. Pompa tidak dapat di operasikan dengan saluran tekan tertutup
3. *Clearance* antara bagian-bagian yang berputar harus sekecil-kecilnya
4. Poros harus diberi *seal*
5. Cairan yang mengandung uap atau gas dapat mengakibatkan erosi permukaan
6. Pompa tidak dapat dioperasikan dalam keadaan kosong.

2.6. Karakteristik Gear Pump Untuk Idustri CPO

Gear pump berguna untuk memindahkan cairan. Pada industri *Crude Plam Oil (CPO)*, *gear pump* berguna untuk memindahkan minyak sawit dengan kapasitas tinggi. Beberapa *gear pump* untuk industri CPO memiliki karakteristik tertentu. Alasan utama penggunaan *gear pump* pada industri CPO adalah efisiensi tinggi dalam hal konsumsi daya dan kehilangan tekanan yang kecil.

Fungsi *gear pump* di industri pengolahan minyak sawit (CPO) adalah untuk memindahkan cairan minyak sawit dari satu lokasi ke lokasi lainnya selama proses pengolahan. *Gear pump* juga dapat digunakan untuk memompa minyak

sawit dari tangki timbun ke truk minyak atau ke kapal tanker. Selain itu, *gear pump* juga dapat digunakan untuk mengalirkan bahan kimia ke dalam proses pengolahan untuk memastikan hasil yang *optimal*. Secara khusus, industri CPO dikenal dengan penggunaan teknologi pompa *gear pump* karena kondisi cairan yang kental seringkali membutuhkan penggunaan bahan yang tahan terhadap *korosi* dan *abrasi*.

Bahan seperti baja tahan karat, baja *karbon*, kuningan, dan perunggu dapat digunakan dalam beberapa kasus, tetapi plastik biasanya tidak cocok untuk jenis aplikasi ini. Untuk kapasitas pengaliran minyak ada bermacam-macam yang selalu dapat dipesan sesuai kebutuhan. Rentang aliran per menit pada *gear pump* untuk industri CPO antara 18 liter per menit hingga 10.000 liter per menit. Karakteristik ini sangat penting mengingat beberapa negara menerapkan *standard* kepatuhan pada industri CPO, termasuk penggunaan pompa transfer.

Di industri pengolahan minyak sawit, jenis *gear pump* yang paling banyak digunakan adalah *internal gear pump*. Hal ini karena *internal gear pump* memiliki kemampuan yang baik dalam mengatasi cairan dengan *viskositas* tinggi seperti minyak sawit. Penggunaan *internal gear pump* sangat penting untuk memastikan proses transfer dan pengisian tangki. Tujuannya agar proses tersebut berjalan dengan lancar dan hasil yang *optimal*.

Memilih *gear pump* yang tepat untuk industri pengolahan minyak sawit (CPO) harus mempertimbangkan beberapa faktor, seperti:

1. Kapasitas aliran: pastikan bahwa *gear pump* yang dipilih memiliki kapasitas aliran yang sesuai dengan kebutuhan proses pengolahan.
2. *Viskositas* cairan: pilihlah *gear pump* yang mampu mengatasi

viskositas cairan minyak sawit yang akan dipindahkan.

3. Tingkat tekanan: pastikan bahwa *gear pump* yang dipilih memiliki tingkat tekanan yang sesuai dengan kebutuhan proses pengolahan.
4. Kualitas dan keandalan: pilihlah *gear pump* dari *produsen* yang memiliki reputasi baik dan memastikan bahwa *gear pump* memiliki kualitas dan keandalan yang tinggi.
5. Biaya: pertimbangkan biaya *gear pump* dan bandingkan dengan produk lain untuk memastikan bahwa Anda memilih *gear pump* dengan harga yang wajar dan memiliki rasio harga-performa yang baik.

Dengan mempertimbangkan faktor-faktor tersebut, dapat memilih *gear pump* yang tepat untuk industri pengolahan minyak sawit (CPO) dan memastikan proses pengolahan berjalan dengan lancar dan hasil yang optimal.

2.7. Debit/Kapasitas Pompa

Debit atau kapasitas pompa adalah ukuran banyaknya volume fluida yang mengalir dalam suatu penampang per satuan waktu. Debit/kapasitas aliran dapat diketahui dengan menggunakan persamaan dibawah:

$$Q = v / t \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

Q : Kapasitas pompa (m^3/s)

V : Volume air (m^3)

t : Selang waktu (s)

Kecepatan suatu aliran dihitung dari data debit/kapasitas yang diperoleh:

Q : Debit aliran m^3/s

D_{pi} : Diameter pipa (inchi atau m)

Kemudian dihitung luas penampang pipa $A = \pi D^2 / 4 \dots \dots \dots \text{m}^2$

Rumus debit yaitu $Q = A.v$, maka kecepatan aliran (V) adalah:

$$V = Q / A$$

$$V = Q / (1/4 \pi d^2) \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

V = kecepatan aliran (m/s)

A = luas penampang pipa (m)

Q = Kapasitas pompa (m^3/s)

d = Diameter pipa (m)

t = Waktu (sekon)

2.8. Head Total (H_{tot})

Head total pompa yang dibutuhkan untuk mengalirkan jumlah suatu fluida cair dengan kapasitas yang telah direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi pipa yang akan dilayani oleh pompa. Untuk mengetahui head total, semua head yang ada di sistem pompa tersebut harus diperhitungkan sebagai berikut :

$$H_{tot} = h_a + \Delta h_p + h_l + v^2 d / 2g \dots \dots \dots (2.3)$$

Dimana :

h_a = Head statis total (m)

Δh_p = Perbedaan head tekanan (m)

h_l = Berbagai kerugian head dipipa, katup, belokan, sambungan, dll.

$$v^2/2g = \text{Head kecepatan keluar (m)}$$

$$g = \text{Percepatan gravitasi (9,8 m/s}^2\text{)}$$

2.9. Daya Hidrolik

Daya hidrolik pompa adalah daya yang dibutuhkan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, parameter dalam perhitungan hidrolik pompa adalah kapasitas pompa, head total, dan berat spesifik cairan. Dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$P_w = 0,163 \gamma QH \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

$$\gamma = \text{Berat fluida per satuan volume (kgf/l)}$$

$$Q = \text{Kapasitas (m}^3\text{/min)}$$

$$H = \text{Head total pompa (m)}$$

$$P_w = \text{Daya Fluida (kw)}$$

2.10. Daya Poros (P)

Daya poros adalah daya yang diperlukan untuk menggerakkan sebuah pompa adalah sama dengan daya air ditambah kerugian daya pada poros pompa.

Daya ini dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$P = P_w / \eta_p \dots\dots\dots(2.5)$$

Dimana :

$$P = \text{Daya poros sebuah pompa (KW)}$$

$$P_w = \text{Daya Fluida (KW)}$$

$$\eta_p = \text{Efisiensi pompa}$$

2.11. Efisiensi Pompa

Merupakan rasio antara daya air pompa terhadap daya poros pompa, yang di rumuskan sebagaiberikut :

$$\eta_p = P_w / P \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana :

η_p = Efisiensi Pompa (%)

P_w = Daya Hidrolik (Watt)

P = Daya Poros (Watt)

2.12. Jenis-Jenis Fluida

Fluida adalah sutau zat yang jika diberikan gaya tidak dapat mempertahankan posisinya dan akan mengikuti bentuk dari wadahnya. Fluida merupakan zat cair yang dapat mengalir. Dengan kata lain , fluida adalah zat yang mengalami deformasi secara berkesinambungan jika terkena gaya geser (gaya tangensial) walaupun gaya tersebut kecil sekalipun. Sedangkan zat cair memiliki masa tertentu dan volumenya tidak tergantung pada bentuk wadah. Fluda adalah zat yang terus-menerus berubah bentuk kaerna adanya tegangan geser,walaupun tegangan gesernya kecil .fluida meliputifase padat,gas dan cair. Aliran fluida merupakan fenomena yang sering ditemukan dalam kehidupan kita sehari-hari.

Dalam industri perminyakan tidak terlepas dari penggunaan dan menghasilakn fluida. Dalam dunia industri pengolahan minyak *Crude Palm Oil* (CPO) pada Pabrik Minyak Kelapa Sawit (PKS) fluida yang sering digunakan adalah minyak,gas dan air. Secara umum jenis –jenis fluida ada beberapa bagian

yaitu fluida newtonian dan fluida nonnewtonian. Fluida juga dibagi menjadi 2 jenis yaitu fluida cair dan gas. Fluida cair yakni, air, minyak, dan lain sebagainya. Sedangkan untuk fluida gas berbentuk gas dan uap.

2.12.1. Fluida Newtonian

Fluida Newtonian adalah Fluida Newtonian atau zat alir Newton (istilah yang diperoleh dari nama Isaac Newton) adalah suatu fluida yang memiliki lengkungan tegangan/regangan yang linear. Contoh umum dari fluida yang memiliki kecirian ini adalah air. Keunikan dari fluida Newtonian adalah fluida ini akan terus mengalir sekalipun terdapat gaya yang bekerja atau bergerak pada fluida. Hal ini disebabkan karena kekentalan dari suatu fluida Newtonian tidak berubah ketika terdapat gaya yang bekerja pada fluida. Kekentalan dari suatu fluida Newtonian hanya bergantung pada suhu dan tekanan. Kekentalan sendiri merupakan suatu tetapan yang menghubungkan besar tegangan geser dan gradien kecepatan pada persamaan.

$$\tau = \mu \frac{dv}{dx}$$

Dimana

τ = Tegangan Geser (Pa)

μ = Kekentalan fluida

$\frac{dv}{dx}$ = Gradient kecepatan yang arahnya tegak lurus dengan arah geser

Perbedaan kecirian akan dijumpai pada fluida non-Newtonian. Pada fluida jenis ini, kekentalan fluida akan berubah bila terdapat gaya yang bekerja pada fluida (seperti pengadukan).

2.12.2. Fluida No-newtonian

Fluida non-Newtonian atau zat alir bukan Newton adalah zat alir dengan gradien kecepatan yang mempengaruhi koefisien kekentalan. Garis lengkung tegangannya tidak linier sehingga tidak memenuhi kriteria hukum gerak Newton dalam linierisasi. Penerapan gaya pada fluida non-Newtonian menghasilkan kekentalan tanpa tetapan. Jenis-jenis fluida non-Newtonian yaitu fluida viskoelastis, fluida pseudoplastik, fluida reopektik, dan fluida tiksotropik.

Contoh umum dari kebalikannya, cairan pengencer geser, atau cairan pseudoplastik, adalah cat tembok. Cat harus mengalir dengan mudah dari kuas saat diaplikasikan ke permukaan tetapi tidak menetes berlebihan. Perhatikan bahwa semua cairan tixotropik sangat mengencerkan geser, tetapi sangat bergantung pada waktu, sedangkan cairan "pengencer geser" koloidal merespons perubahan laju geser secara instan. Jadi, untuk menghindari kebingungan, klasifikasi terakhir lebih jelas disebut pseudoplastik. Contoh lain dari fluida pengencer geser adalah darah. Aplikasi ini sangat disukai di dalam tubuh, karena memungkinkan viskositas darah menurun seiring dengan peningkatan laju regangan geser. Ada pula fluida yang laju regangannya merupakan fungsi waktu. Fluida yang memerlukan tegangan geser yang meningkat secara bertahap untuk mempertahankan laju regangan yang konstan disebut sebagai rheopectic. Kasus yang berlawanan dari ini adalah fluida yang menipis seiring waktu dan

memerlukan tegangan yang menurun untuk mempertahankan laju regangan yang konstan (tikotropik).

2.13. Jenis-Jenis Aliran Fluida

Fluida yang mengalir akan mengalami perubahan alirannya mengikuti bentuk aliran dan kecepatan alirannya juga akan berubah dipengaruhi oleh tekanan dan jenis fluidanya. Selain itu, kekasaran permukaan media yang dialiri fluida juga akan berpengaruh.

2.13.1. Aliran Laminer

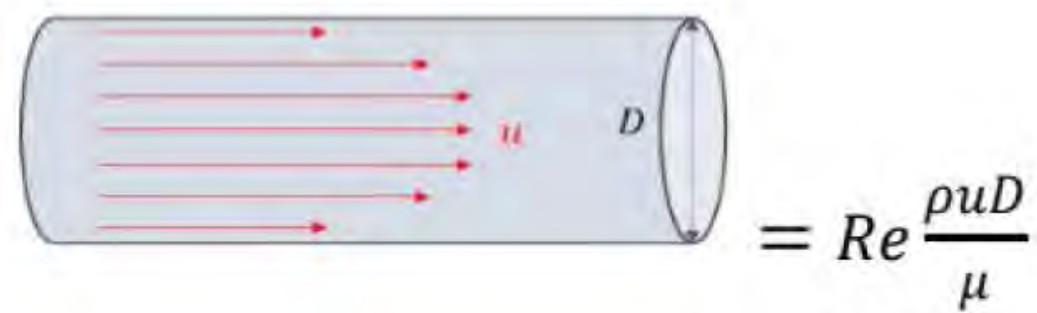
Aliran Laminer adalah Aliran laminar, juga disebut aliran arus, halus dan berlapis. Aliran ini lebih mungkin terjadi pada laju aliran yang lebih rendah, di saluran aliran kecil, dan dengan cairan dengan viskositas tinggi. Aliran laminar menunjukkan profil kecepatan yang seragam di seluruh saluran. Cairan yang mengalir di dekat pusat saluran bergerak dengan kecepatan tertinggi, dan dapat diprediksi berkurang saat mendekati dinding saluran. Pada kondisi aliran laminar, ada hubungan linear antara penurunan tekanan dan kecepatan aliran.

Bilangan Reynolds adalah bilangan tak berdimensi yang merangkum karakteristik aliran fluida dengan baik. Untuk aliran internal, aliran laminar sesuai dengan nilai bilangan Reynolds kurang dari sekitar 2300, di mana batasnya mungkin berbeda untuk aliran eksternal. Dengan kata lain, perancang sistem dapat yakin bahwa aliran fluida akan bersifat laminar selama:

- Laju alirannya cukup rendah.
- Kepadatan fluida cukup rendah.
- Luas penampang pipa atau rongga kecil.

- Cairan tersebut memiliki viskositas dinamis yang tinggi.

Berikut ini adalah bentuk Aliran Laminar/ aliran fluida yang bergerak searah laju aliran tetap.



Dimana

ρ = Densitas Fluida

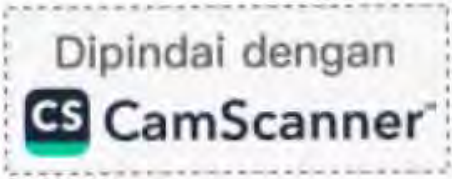
μ = Viskositas Dinamis Fluida Yang Mengalir

u = laju aliran massalnya menjauh dari lapisan batas



2.13.2. Aliran Turbulen

Aliran Turbulen adalah aliran fluida yang mengalir mengalami turbulensi atau bentuk alirannya tidak searah. Transisi dari aliran laminar ke aliran turbulen sesuai dengan bilangan Reynolds dari sekitar 2300 hingga 4000. Di atas sekitar 4000, aliran dianggap sepenuhnya turbulen dan akan menunjukkan perilaku kacau pada skala panjang yang kecil. Setiap garis arus yang dilacak di sepanjang aliran akan tetap mengikuti gradien tekanan, meskipun fluktuasi kacau dapat diamati pada skala panjang yang kecil. Aliran ini sering terjadi karena adanya tekanan, pusaran dan fluida yang mengalir terdapat hambatan sehingga kecepatan fluidanya berubah-ubah.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan mulai bulan Februari sampai bulan Maret 2024 di PKS PT Paluta Inti Sawit Desa Siancimun Kecamatan Halongonan Kabupaten Padang Lawas Utara Provinsi Sumatera Utara.

Tabel 3. 1. Jadwal Tugas Akhir

Aktivitas	2023			2024		
	Mei	Nov	Des	Feb-Maret	Agus	Sep
Pengajuan Judul						
Penulisan Proposal						
Seminar Proposal						
Proses Penelitian Pengolahan Data						
Penyelesaian Laporan						
Seminar Hasil						
Evaluasi dan Persiapan Sidang						
Sidang Sarjana						

3.2 Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1. Data CPO
- 2. Pompa Gear Pump





Gambar 3.1. Gear Pump

3. Alat tulis
4. Laptop

3.3 Metode penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan beberapa metode pencarian data, antara lain :

1. Studi menggunakan metode survei/observasi untuk mengumpulkan data dengan melihat subjek penelitian secara langsung.
2. Metode wawancara atau wawancara mengumpulkan data dengan berbicara atau bertanya kepada pekerja dan operator lapangan.
3. Studi pustaka, juga dikenal sebagai studi literatur, adalah metode pengumpulan data dengan mempelajari buku-buku yang telah ditulis sebelumnya tentang topik yang akan dibahas.
4. Tahap Pengambilan Data yaitu tahap pengambilan data yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Mengumpulkan data instalasi dari buku panduan, arsip perusahaan, dan dokumen lain. Ini termasuk spesifikasi pompa gear pump.
- b. Sebelum proses pentransferan, mengukur masa operasi dengan menggunakan termometer sounding pada fluida atau minyak (CPO) yang ada di dalam tangki penyimpanan. Selain itu, selama proses pentransferan minyak CPO ke kapal tongkang, gunakan termometer inframerah untuk mengukur suhu atau perubahan suhu di dalam pipa.
- c. Mengukur dan mengumpulkan data tentang kinerja pompa gear untuk menghitung kapasitas, waktu, putaran, dan tekanan aliran masuk dan keluar.
- d. Setelah mendapatkan semua data yang diperlukan, barulah mulai menghitung unjuk kerja dan berkonsultasi dengan dosen pembimbing untuk menghasilkan perhitungan yang tepat dan mengevaluasi kinerja pompa gear.

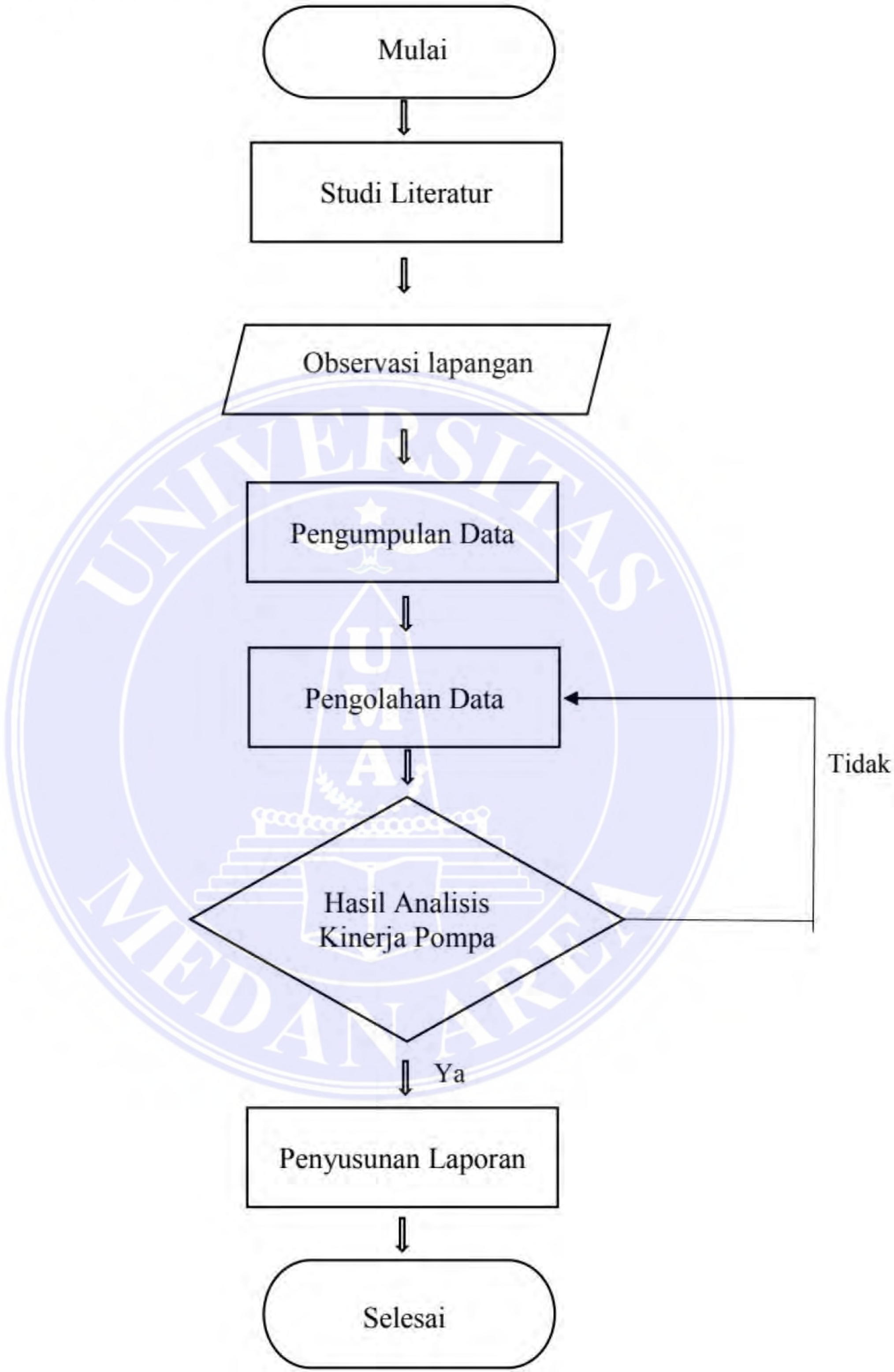
3.4 Populasi dan Sampel

Dalam penelitian ini, data dikumpulkan melalui eksperimen. Dengan mengukur atau menguji objek, penelitian ini mengumpulkan data di PKS PT Paluta Inti Sawit Desa Siancimun Kecamatan Halongonan Kabupaten Padang Lawas Utara Provinsi Sumatera Utara. Kemudian, semua data yang diperlukan untuk setiap pengujian dicatat. Hasil penelitian ini berupa tabel data kuantitatif.

3.5 Prosedur penelitian

1. Mengumpulkan literatur sebagai bahan referensi penelitian Melakukan observasi lapangan pengamatan di PKS PT. Paluta Inti Sawit Desa Siancimun, Kec. Halongonan Timur, Kab. Padang Lawas Utara, Provinsi Sumatra Utara.
2. Mengumpulkan data yang akan dibutuhkan penelitian
3. Perhitungan pengolahan data yang diperoleh
4. Menentukan hasil perhitungan data
5. Menyusun laporan
6. Menarik kesimpulan dari analisis yang telah dilakukan
7. Memberi saran.

3.6 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2. Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Dari data hasil perhitungan maka dapat diambil simpulan bahwa.

1. Kapasitas (Q) pompa didapat sebesar $0,00833 \text{ m}^3/\text{s}$ dan jenis aliran fluida pada pompa gear PKS. Paluta Inti Sawit adalah aliran turbulen karena memiliki nilai *Reynold Number* $Re > 4000$.
2. Head Total (H) pompa, hasil perhitungan head total pada pompa gear sebesar 11,11 m dengan tekanan pompa gear pump adalah 0,94 Bar.
3. Hasil perhitungan daya hidrolis pada gear pump pada PKS. Paluta Inti Sawit adalah berkisar 0,8 Kw, dan efesiensi pada pompa dari hasil perhitungan di dapat adalah 36%.

5.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah.

1. Untuk proses transfer minyak CPO di pompa gear pump diperlukan pengawasan agar tidak terjadi hambatan ataupun kebocoran terhadap pipa maupun di dalam gear pump dan diperlukan perawatan pada pompa gear supaya dalam proses kerjanya lebih efesian untuk mengantarkan minyak CPO menuju BST.
2. Untuk penelitian selanjutnya diperlukan untuk menganalisa penyebab korosi atau kebocoran pada pompa gear dalam mentranfer minyak CPO.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri Sofian. *Manajemen Produksi dan Operasi (edisi revisi)*. Lembaga Penerbitan Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta. 1999.
- Astuti, W.Y. *Aplikasi Statistik Kendali Mutu Pada Proses Pengukuran Kadar Air Dalam Tembakau*, UNS, Semarang, 2007.
- Basiron, Y. *Baileys Industrial Oil and Fat Products*. Hoboken, 2005.
- Crosby, philip B. *“Quality is free”*. Penguin, 2003.
- Denny Dwinata Herianto. *Analisa Daya Saing Industri CPO Indonesia Di Pasar Internasional*. Institut Pertanian Bogor, 2008.
- Fitriyono, Ayustaningwarno. *Proses Pengolahan dan Aplikasi Minyak Kelapa Sawit Merah Pada Industri Pangan*. Universitas Diponegoro, 2012.
- Haming. *“Manajemen Produksi Modern Operasi Manufaktur dan Jasa”*. Bumi Aksara, Jakarta, 2007.
- Hilda, Julia. *Analisis Konsistensi Mutu dan Rendemen CPO di Pabrik kelapa Sawit Tamiang PT. Padang Palma Permai*. Sumatra Utara (Medan), 2009.
- H. Semangun. *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. UGM-Press, Yogyakarta, 2003.
- Indriyo, Gitosudarmo. *Management Produksi*. Badan Penerbit Fakultas Ekonomi. Yogyakarta, 1986.
- Ivanto, Muhammad. *“Pengendalian Kualitas Produksi Koran Menggunakan Seven Tools Pada PT. Akcaya Pariwisata Kabupaten Kubu Raya.”* Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, 2013.
- Ketaren, S. *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak*. UI-Press, Jakarta, 1986.
- Naibaho, P.M. *Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan, 1996.
- Pasaribu, N. *Minyak Buah Kelapa Sawit*. USU, Medan, 2004.
- Patel, A. *Quality Assurance In Social Services Departments. International Journal Of Health Care Quality Assurance*.

www.emerald-library.com, 1994.

Risza, S. *Kelapa Sawit Upaya Peningkatan Produktivitas*. Yogyakarta, 1994.

Rosnani, Ginting. "*Sistem Produksi*." Graha Ilmu, Candi Gerbang Permai Blok R/6 Yogyakarta, 2007.

Sukanto. *58 Kiat Meningkatkan Produktivitas dan Mutu Kelapa Sawit*. Swadaya, Jakarta, 2008.

Yamit, Zulian. *Manajemen Kualitas Produk dan Jasa Ekonisia*. Yogyakarta, 2010.

Yuri, M.Z, dan Rahmat, Nurcahyo. "*TQM Manajemen Kualitas Total Dalam Perspektif Teknik Industri*." PT.Indeks, Jakarta, 2013.

