

PERENCANAAN MESIN FLUIDA (POMPA CENTRIFUGAL)UNTUK MENGALIRKAN MINYAK SAWIT DARI TANGKI HARIAN KE STORAGE TANK DENGAN KAPASITAS 5, 28 TON /JAM

Oleh:

Amoi Simolon ¹⁾

Billy C Manurung ²⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2)}

E-mail:

Amoisimbolon46@gmail.com ¹⁾

billy.mnrg@gmail.com ²⁾

ABSTRACT

The fluid engine (centrifugal pump) is a dynamic pressure pump that uses the concept of pressure velocity to increase the working pressure of the fluid, where the shaft is the seat of the impeller equipped with blades. The impeller is usually rotated by means of a motor and is enclosed by a pump housing (casing). The working principle of the pump works to move / transfer a fluid from one place to another desired. In this case, a pump will be planned to transfer palm oil from the daily tank to the storage tank in a palm oil mill. This report focuses on the calculation of the main components of the engine fluid (centrifugal pump) to flow palm oil from the daily tank to the storage tank with a capacity of 5.28 Tons/hour such as pump capacity, drive motor, specific speed, level, and power efficiency of pumps and motors. Operation and maintenance must be considered so that the pump engine can operate optimally, durable according to its capabilities. Work safety is also considered to avoid unwanted work accidents.

Keywords: CENTRIFUGAL PUMP, PALM OIL, STRONGE TANK

ABSTRAK

Mesin Fluida (pompa sentrifugal) adalah pompa tekanan dinamis yang menggunakan konsep kecepatan tekanan untuk menaikkan tekanan kerja fluida, dimana poros merupakan tempat kedudukan impeller yang dilengkapi dengan vanes (sudu-sudu). Impeller biasanya diputar dengan memakai motor dan diselubungi oleh rumah pompa (casing). Prinsip kerja pompa tersebut berfungsi untuk memindahkan/mentransfer suatu fluida dari suatu tempat ketempat lainnya yang diinginkan. Dalam hal ini akan direncanakan suatu pompa untuk mentransfer minyak sawit dari tangki harian ke tangki timbun (Stronge tank) pada suatu pabrik kelapa sawit. Laporan skripsi ini memfokuskan pada perhitungan komponen utama mesin fluida (pompa centrifugal) untuk mengalirkan minyak sawit dari tangki harian ke storage tank kapasitas 5,28 Ton/Jam seperti kapasitas pompa, motor penggerak, kecepatan spesifik, jumlah tingkat, dan efisiensi daya pompa dan motor penggerak. Pengoperasian dan perawatannya harus diperhatikan agar mesin pompa dapat beroperasi dengan optimal, awet sesuai dengan fungsinya. Keselamatan kerja juga diperhatikan untuk menghindari kecelakaan kerja yang tidak diinginkan.

Kata Kunci : Pompa Centrifugal, Minyak Sawit, Stronge Tank

1. PENDAHULUAN

Kemajuan pembangunan dewasa ini, baik pembangunan di bidang industri, pertanian maupun perkebunan terasa sangat pesat sekali.

Hal ini terjadi adalah untuk mengimbangi kebutuhan manusia sesuai dengan pertumbuhan penduduk itu sendiri, sehingga pembangunan itu dapat memberikan kehidupan yang lebih layak.

Bila ditinjau dari kultur historis, Indonesia sejak dahulu hingga saat ini terkenal sebagai suatu negara agraris, dimana sebahagian besar devisa negara berasal dari sektor pertanian dan perkebunan disamping dari sektor minyak dan gas bumi.

Sehubungan dengan hal diatas tersebut, pada Pelita IV pemerintah sedang giat-giatnya melaksanakan program pembangunan terutama dibidang pertanian/perkebunan dengan menitik beratkan produksi hasil-hasil perkebunan khususnya kelapa sawit.

Dalam kedudukan sebagai pengexport minyak sawit untuk memenuhi kebutuhan dunia, Indonesia menduduki tempat kedua setelah Malaysia.

Mengingat sifat minyak kelapa sawit yang dapat dipertahankan, maka

semakin kuatlah peranan komoditi non-migas ini dalam percaturan perdagangan dunia maupun untuk memenuhi kebutuhan domestik dimasa yang akan datang.

Ditinjau dari segi oprasional suatu pabrik apakah itu pabrik kelapa sawit ataupun pabrik lainnya, maka pada pabrik tersebut tidak terlepas dari penggunaan suatu pompa. Dimana pompa tersebut berfungsi untuk memindahkan/mentransfer suatu fluida dari suatu tempat ketempat lainnya yang diinginkan.

Dalam hal ini akan direncanakan suatu pompa untuk mentransfer minyak sawit dari tangki harian ke tangki timbun (*Stronge tank*) pada suatu pabrik kelapa sawit.

Proses Pabrik Minyak Kelapa Sawit

Pada suatu pabrik minyak kelapa sawit ada beberapa proses yang dilalui untuk hasil pengolahan, yaitu :

1. Perebusan
2. Penebah
3. Pengadukan
4. Pisau Penekan

Tandan buah segar (TBS) yang tiba di pabrik, setelah ditimbang lalu dibawa ke loading ramp. Setelah itu tandan buah segar tersebut akan

meluncur mengisi lori yang kemudian ditarik dengan tali yang digerakkan oleh motor untuk dimasukkan kedalam tangki perebusan (sterilizer) untuk direbus. Tandan buah segar (TBS) tersebut dengan menggunakan uap (*steam*) perebusannya dilakukan. Uap tersebut berasal dari ketel.

Tujuan Perebusan ini adalah :

- a. Untuk melunakkan buah.
- b. Memastikan enzim-enzim peromak minyak.
- c. Mempermudah terlepasnya buah dari janjangnya.
- d. Mengurangi kadar air dalam buah.

Setelah selesai dengan proses perebusan, kemudian diteruskan keproses pemisah bromdolan dengan janjangnya yang dilakukan pada *thresing machine* (penebah). Proses pemisahan ini berlangsung oleh kerjasama antara berat tandan dengan gaya sentrifugal yang timbul akibat berputarnya tromol penebah. Putaran tromol diatur sedemikian rupa sehingga tandan buah terangkat dan terlempar keatas kemudian jatuh kedasar tromol dan janjangnya dapat terpisah. Untuk proses selanjutnya brondolan dibawa ke pengaduk sedangkan janjangnya dibawa menuju pembakaran

Pada pengadukan, brondolan akan dilepaskan/dipisahkan dari bijinya dengan cara pengadukan. Buah sawit (brondol) diahncurkan oleh beberapa pasang pisau yang berputar dan kontruksinya disusun silang menyilang.

Agar proses pengadukan berlangsung dengan baik maka harus dipenuhi syarta-syarat sebagai berikut:

1. Bentuk pisau/kontruksinya perlu diperhatikan agar dapat menimbulkan gaya gesek pada waktu operasi.
2. Tinggi tangki pengadukan cukup dan volumenya harus penuh.
3. Karena gesekan pisau, maka massa buah itu sendiri harus merupakan tekanan.

Dari pengadukan kemudian dimasukkan kedalam pisau penekan. Dari tekanan ini terjadi 2 hasil produksi, akibat dari penekanan ini yaitu :

a. Ampas

Gumpalan ampas dan biji diangkut oleh pesawat pengangkat untuk proses lanjutan

b. Minyak kasar

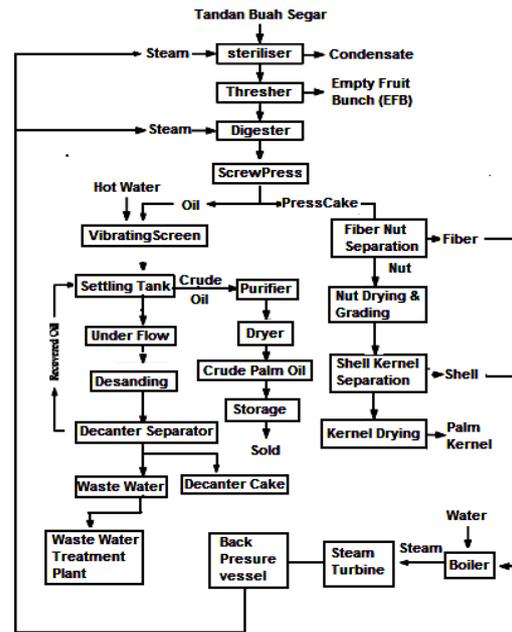
Minyak kasar atau *crude oil* masuk kedalam tangki minyak dasar (*Raw oil tank*), kemudia

masuk ke pengolahan untuk diproses kembali. Hasil dari pengolahan adalah solid basah yang dikirim ke pengering menjadi produksi dan berupa cairan yang dialirkan kedalam tangki lanjutan.

Pada tangki ini minyak akan terpisah menjadi dua lapisan, yaitu :

1. Lapisan bawah (minyak kotor) yang masuk ke tangki minyak kotor, kemudian dengan bantuan pompa akan dialirkan ke bagian pembersih. Dari bagian pembersih, minyak bersih dikirim kembali ke tangki lanjutan, sedangkan kotoran dibuang ke drap akhir.
2. Lapisan atas (minyak bersih), selanjutnya dialirkan ke bagian bawah dan kemudian masuk ke bagian pemurnian untuk menjalani proses pemurnian minyak dari air dan kotoran yang masih terdapat pada air. Setelah aliran minyak ini dibersihkan lalu minyak tersebut dialirkan lagi ke pengering hampa (*vacuum dryer*), tujuannya agar kadar air yang masih ada pada minyak berkurang sebanyak mungkin. Dari

pengering hampa, dengan bantuan pompa, minyak tersebut dipindahkan ke bak penampung, setelah itu minyak murni tersebut dipindahkan ke tangki timbun.



Gambar 1. Diagram Proses Pengolahan Minyak Sawit di Pabrik Kelapa Sawit

2. TINJAUAN PUSTAKA

Mesin-mesin Fluida

Mesin-mesin fluida adalah suatu mesin yang berfungsi sebagai pengkonversi energi, dimana mesin ini dapat merubah energi potensial fluida menjadi energi mekanik, ataupun sebaliknya yaitu dapat merubah energi mekanik menjadi energi fluida.

Berdasarkan perubahan energi

fluida, secara umum mesin-mesin fluida dapat dibagi atas 2 bagian, yaitu :

1. Mesin Kerja

Mesin kerja adalah mesin yang berfungsi sebagai pengubah energi mekanik menjadi energi potensial. Adapun yang termasuk bagian ini adalah : Blower, Kompresor, Pompa, dan lain-lain.

2. Mesin Tenaga

Mesin tenaga adalah mesin yang berfungsi untuk merubah energi potensial menjadi energi mekanik. Yang termasuk dalam bagian ini adalah : Turbin air, Kincir air, Kincir angin, dan lain-lain.

Pompa dapat diklasifikasikan atas 2 bagian, yaitu :

1. Pompa Statis,
2. Pompa Dinamis.

Pompa Statis

Pompa ini disebut juga pompa hidrostatik atau pompa tekan statis. Pompa ini biasanya mempunyai satu atau lebih ruangan yang secara bergantian berisi dengan fluida yang dipompakan, sedangkan langkah berikutnya kosong kembali.

Pompa statis dapat dibagi atas dua macam :

1. Pompa Torak

2. Pompa Putar

1. Pompa Torak

Pompa ini mempunyai bagian utama berupa torak (piston), Pluyer atau diafragma yang bergerak bolak-balik didalam silinder atau rumah pompa yang dilengkapi dengan klep untuk mengalirkan secara kontiniu ke suatu arah. Fluida yang bertekanan rendah diisap melalui katup isap didalam silinder kemudian ditekan oleh torak sehingga tekanan statisnya naik dan mengalir keluar melalui katup tekan.

2. Pompa Putar

Pompa putar ini terdiri dari system pemutar tunggal dan system pemutar jamak. Bagian utama pompa ini adalah rotor yang berputar di dalam rumah pompa. Fluida diisap dari sisi isap kemudian didorong lagi keluar kearah sisi tekan dengan gerak putar sehingga tekanan statisnya naik.

Pompa Dinamis

Pompa ini bekerja tergantung kepada perubahan sudut momentum dari vane (sudut), dimana energi terus-menerus diberikan untuk memutar sudu tersebut. Sehingga menimbulkan gaya momentum yang bertukar diantar sudu yang selanjutnya akan mendorong fluida keluar sudu dan seterusnya.

Pompa ini mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

- a. Mempunyai bagian utama berupa roda, dengan karangan sudu-sudu disekelilingnya.
- b. Melalui sudu mengalir fluida secara kontiniu dimana antara fluida dan sudu terjadi pertukaran momentum yang mengalir melalui sudu.

Pompa sentrifugal adalah pompa tekanan dynamis yang menggunakan konsep kecepatan tekanan untuk menaikkan tekanan kerja fluida, dimana poros merupakan tempat kedudukan impeller yang dilengkapi dengan vanes (sudu-sudu). Impeller biasanya diputar dengan memakai motor dan diselubungi oleh rumah pompa (*casing*)/



Gambar 2. Mesin Fluida (Pompa Sentrifugal)

3. METODE PENELITIAN

Sebelum Perancangan dan mendesain mesin maka terlebih dahulu dilakukan tahapan-tahapan sebelum perancangan dapat dilihat sebagai berikut :

1. Tahap persiapan

Tahap persiapan yang dilakukan antara lain sebagai berikut :

a. Studi pendahuluan

Studi pendahuluan dilakukan dengan mengumpulkan informasi-informasi berkaitan dengan alat yang akan dirancang melalui sumber yang jelas seperti jurnal, buku dan sebagainya

b. Identifikasi masalah

Identifikasi masalah dapat dilakukan setelah didapatkan permasalahan dalam perancangan alat, dalam tahap ini diketahui bahwa masalah yang didapat adalah bagaimana merancang sebuah mesin fluida yang efisiensi.

c. Tujuan perancangan

Berdasarkan identifikasi masalah, maka ditetapkan tujuan yang dicapai dari perancangan adalah merancang mesin fluida (pompa setrifugal) sehingga dapat menghasilkan perancangan yang baik.

2. Perancangan Konsep Desain

Dalam perancangan konsep desain

penulis melakukan studi literatur tentang berapa berat kapasitas mesin fluida (pompa Sentrugal) yang biasanya dipakai PKS.

3. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data disini penulis melakukan analisis yang berhubungan dengan perancangan yang akan dilakukan. Tahap pengumpulan data yang digunakan dengan data sekunder merupakan sumber data yang diperoleh penulis secara tidak langsung melalui media perantara. Data sekunder pada perancangan ini diperoleh dari data-data tertulis lainnya yang berkaitan dengan perancangan seperti literatur-literatur, jurnal penelitian dan perancangan maupun dokumen lainnya. Data sekunder yang didapatkan sebagai acuan yaitu mengenai perancangan mesin fluida (pompa Sentrifugal), jurnal tentang pompa sentrifugal.

4. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data merupakan tahap dimana data-data mentah yang sudah didapatkan sebelumnya diolah sehingga bisa mendapatkan hasil untuk proses perancangan dan desain mesin.

5. Pembuatan Desain Gambar

Setelah perhitungan dilakukan sehingga didapatkan dimensi-dimensi maka dirancang gambar yang sesuai dengan

dimensi-dimensi yang telah didapatkan, desain gambar ini hasil akhir dari proses perancangan mesin fluida (Pompa Sentrifugal).

6. Simpulan

Setelah melakukan perhitungan perencanaan, pengujian terhadap komponen-komponen yang direncanakan, maka diperoleh data-data, kesimpulan dan saran.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kapasitas Pompa

Pada perencanaan ini kapasitas pompa merupakan jumlah (banyaknya) minyak murni hasil produksi dari PKS yang berkapasitas 24 Ton TBS/J. Berdasarkan survey dan literature yang ada, maka jumlah minyak yang diperoleh/ dihasilkan sebesar 22% dari kapasitas pabrik.

Maka jumlah minyak yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned} Q_m &= 24 \text{ Ton TBS/j} \times 22 \% \\ &= 5,28 \text{ Ton/j} \end{aligned}$$

Volume minyak yang harus dipompakan adalah :

$$\begin{aligned} Q_{pi} &= \frac{Q_m}{\gamma} \quad \gamma = \text{berat jenis minyak} \\ &= \frac{5280}{0,85} (0,853 \text{ kg/l atau } 853 \text{ kg/m}^3) \\ &= 6211,7 \text{ l/j} \end{aligned}$$

$$= 6,2117 \text{ m}^3/\text{j}$$

Untuk mengimbangi kebocoran-kebocoran pipa atau kerugian dan kesalahan-kesalahan yang terjadi pada perhitungan, maka diambil faktor pengalih sebesar (1,1 – 1,5).

Maka kapasitas pompa adalah :

$$\begin{aligned} Q_p &= Q_{pi} \times 1,15 \\ &= 6,2117 \times 1,15 \\ &= 7,24 \text{ m}^3/\text{j} \end{aligned}$$

Ditinjau dari pengoprasian pompa yang kontiniu, maka kebutuhan akan jumlah pompa perlu diperhatikan. Terutama untuk tangki yang berkapasitas besar dengan kemungkinan kebutuhan pemompaan bervariasi.

Kiranya lebih efisiensi untuk beberapa unit pompa yang berkapasitas kecil disusun parallel bila dibandingkan dengan pemasangan satu unit pompa yang berkapasitas besar.

Hal ini berdasarkan pertimbangan-pertimbangan antara lain :

1. Bila kebutuhan menurun, satu unit pompa atau lebih dapat dihentikan pengoprasiaannya. Dengan demikian pompa tetap beroperasi pada titik efisiensinya. Sedangkan

bila pompa tersebut akan bekerja pada efisiensi yang menurun.

2. Apabila pompa rusak atau tidak dapat beroperasi, maka penyediaan cadangan pompa perlu diperhatikan. Berdasarkan pertimbangan diatas, maka pada perencanaan ini ditetapkan jumlah pompa sebagai berikut :

- a. Satu unit beroperasi
- b. Satu unit cadangan

Sehingga jumlah pompa keseluruhan 2 (dua) unit.

Berdasarkan atas listrik yang tersedia dari suatu pabrik kelapa sawit, maka alternative pilihan terbaik yang digunakan sebagai penggerak pompa dalam pengoprasiaannya adalah motor listrik dibandingkan dengan tenaga penggerak lain.

Adapun keuntungan dari penggunaan motor listrik adalah sebagai berikut :

1. Melihat kerja pompa yang berkesinambungan, maka lebih ekonomis bila dibanding motor diesel dan motor bensin
2. Motor listrik dapat dikopel langsung dengan pompa
3. Ringan dan tidak menimbulkan getaran yang besar
4. Pengontrol lebih mudah
5. Putarannya konstan

6. Tidak menimbulkan populasi
Putaran motor listrik dapat ditentukan dengan rumus :

$$N_m = f \frac{120}{P} \dots \dots \dots \text{Lit I 17 I}$$

Dimana :

F = Frekuensi arus listrik = 50 Hz

P = Pole (jumlah pasangan katup) = 2

$$N_m = 50 \frac{120}{2}$$

$$= 3000 \text{ rpm}$$

Efisiensi transmisi (η_t) = 100%,
karena dikopel langsung maka putaran pompa = 3000 rpm.

Daya pompa

$$N_p = \frac{0,163 \cdot \gamma \cdot Q \cdot H}{\eta_p} \dots \dots \dots \text{Lit I 20 I}$$

Dimana:

- γ = Berat jenis minyak (kgf/1)
- Q = Kapasitas pompa (m³/min)
- H = Hulu total pompa (m)
- N_p = daya pompa (Kw)

Maka :

$$N_p = \frac{0,163 \cdot 0,853 \cdot 0,12 \cdot 30}{0,40}$$

$$= 1,25 \text{ kW}$$

$$= 1,25 \cdot 1,36$$

$$= 1,7 \text{ Hp (diambil ukuran standard } N_p = 2 \text{ Hp)}$$

Daya motor penggerak

Daya motor penggerak dapat dihitung sebagai berikut :

$$N_m = c \frac{N_p}{\eta_t}$$

Dimana :

- C = exes power, untuk motor listrik = 1,10 – 1,20 = 1,5 (ditetapkan)
- η_t = efisiensi transmisi (100%) (dikopel langsung)

maka :

$$N_m = 1,15 \frac{2}{100\%}$$

$$= 3 \text{ Hp}$$

Perhitungan kecepatan spesifik

Secara sistematis kecepatan spesifik dapat ditulis :

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{n\sqrt{Q}}{H^{3/4}} \dots \dots \dots \text{Lit I 18 I}$$

Dimana :

- n = putaran pompa (3000 rpm)
- Q = kapasitas pompa (0,0020 m³/s)
- H = head pompa (30m)

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{3000\sqrt{0,0020}}{30^{3/4}}$$

$$= 38,20$$

Ternyata n_s yang diperoleh dibawah range dari harga table impeller, berarti jenis pompa adalah multy stage.

Pemilihan jumlah tingkat

Jumlah tingkat dari pompa multy stage dapat dicari dengan rumus :

$$i = \left(\frac{n_{si}}{n_s}\right)^{4/3} \dots \dots \dots \text{Lit I 19 I}$$

dimana :

n_{si} = putaran spesifik untuk satu tingkat impeller, diambil dari low speed pump (40 – 80) rpm = 65 (ditetapkan)

$$i = \left(\frac{65}{38,03}\right)^{4/3} = 2,03$$

i = 2 tingkat

kecepatan spesifik sebenarnya adalah :

$$n_s = 3,65 \frac{n\sqrt{0}}{H_1^{3/4}}$$

dimana :

$$H_1 = H_t / 2 = 30 / 2 = 15 \text{ m}$$

Maka :

$$n_s = 3,65 \cdot \frac{3000\sqrt{0.0020}}{15^{3/4}} = 64,26$$

Spesifik pompa hasil rancangan

- Kapasitas pompa = 7,24 m³/j
- Head pompa = 30 m
- Putaran pompa = 3000 rpm
- Jenis impeller = Impeller kecepatan rendah
- Putaran spesifik = 38,20
- Daya pompa = 2Hp
- Jumlah tingkat = 2 tingkat

Spesifikasi motor penggerak

- Daya = 3 Hp
- Frekuensi = 50 Hz
- Putaran = 3000 rpm

NPSH yang tersedia

$$h_{sv} = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - h_s - h_{ls} \dots \dots \text{Lit I 64 I}$$

dimana :

h_{sv} = NPSH yang tersedia (m)
 P_a = Tekanan mutlak yang bekerja pada permukaan zat cair (kgf/m²)
= 1 atm = 1,0332 kg/cm²
= 10332 kg/m²

γ = Berat jenis minyak = 853 kg/m³

P_v = Tekanan uap jenuh
= $h \cdot \gamma$,

h = tinggi tangki harian 3 m
= 3 · 853
= 2559 kg/m²

h_s = hulu isap statis
= -3, besarnya (-) karena permukaan zat cair lebih tinggi dari sisi hisap Pompa

h_{ls} = kerugian hulu sepanjang pipa

hisap = 0,463 m

$$h_{sv} = \frac{10332}{853} - \frac{2559}{853} - (-3) - 0,463 = 11,65 \text{ m}$$

NPSH yang diperlukan

NPSH yang diperlukan dapat dihitung dari hubungan :

$$r = \frac{H_{svn}}{H_n} \dots \dots \dots \text{Lit 65 I}$$

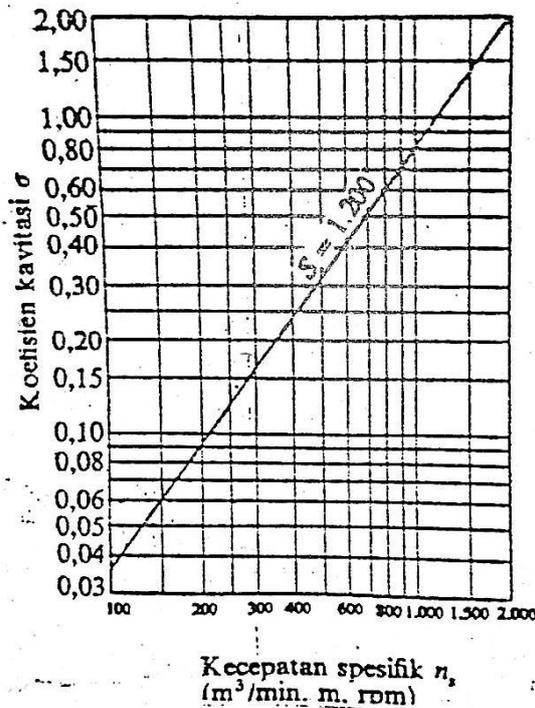
Dimana :

H_{svn} = NPSH yang diperlukan

H_n = head pompa

r = koefisien thoma (dapat diperoleh dari ns)

$$\begin{aligned}
 ns &= \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}} \\
 &= \frac{3000 \cdot \sqrt{0,12}}{15^{3/4}} \\
 &= 136,35
 \end{aligned}$$



Gambar . Hubungan kecepatan spesifik (ns) dengan koefisien kavitasi (σ)
 Dari grafik, untuk kecepatan spesifik 136,35 diperoleh σ 0,05

Maka :

NPSH yang diperlukan = Hsvn
 adalah :

$$\begin{aligned}
 Hsvn &= 0,05 \cdot 15 \\
 &= 0,75 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan sehingga pompa aman dari kavitasi.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan pada perencanaan ini untuk pompa produksi yang digunakan dalam mengairkan produksi minyak sawit dari tangki harian ke tangki timbun (storage tank) dengan kapasitas pabrik 24 Ton TBS/Jam.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Austin. H. Chrusch, *Pompa dan Blower Centrifugal*, Erlangga, Jakarta, 1986, hal : 53.
- J. J. Olie and T.D. Tjeng, *The extraction of palm oil*, 1980, hal : 11.
- Sularso, Harua Tahara, *Pompa dan compressor*, PT. Pradya Paramita, Jakarta, 1985, hal : 15. Ibid , I I I, hal : 11.
- Igor. J. Karassik, *Pump han book*, 1982, hal : 73.
- Renald. V. Giles, *Mekanika fluida dan hidrolika*, Edisi 2, Erlangga, Jakarta, 1976, hal : 276.
- H. E. Bovay. Jr, *Hand book of mechanical system for building*, 1979, hal : 13.
- I. M. Khetagurov, *Marine Auxialiary Mechineery and system*, 1974, hal : 205.

Sularso, *Dasar perencanaan elemen mesin*, PT. Pradya Paramita, 1979.

Ditzel Fritz, *Turbin pompa dan compressor*, Erlangga, Jakarta, 1980.

Kiewieze. S.I, *Impeller pump*, Pergamun press warsawa, 1950.

A.J. Stepanoff, *Centrifugal and Axial flow pump*, new york, 1948.