

PERENCANAAN POMPA SENTRIFUGAL UNTUK PENGADAAN AIR PABRIK KELAPA SAWIT KAPASITAS 60 TON TBS/JAM

Oleh:

Rizki Norman¹⁾

Joshua Andreano Telaumbanua²⁾

Rasta Purba³⁾

Universitas Darma Agung^{1,2,3)}

E-mail:

rizkinormantoga97@gmail.com¹⁾

Joshuaandreano123@gmail.com²⁾

Rastapurba.uda@gmail.com³⁾

ABSTRACT

The function of the centrifugal pump is to move liquids from a lower place to a higher place, resulting from the difference in suction pressure and exhaust pressure, where the centrifugal pump converts mechanical energy into hydraulic energy by using centrifugal force. Centrifugal pumps work when the mechanical energy from the motor moves the pump blades (rotor), and then the mechanical energy will carry the fluid so that the fluid will be thrown out due to the centrifugal force. The construction of this centrifugal pump consists of a casing, suction port and discharge port, shaft, impeller, vane and radial bearing. This pump planning is planned for water supply in the palm oil mill with a factory capacity of 60 Tons FFB/hour. The water source is taken from river water not far from the factory before the water is used for factory needs, it must be treated after treatment the water is used for water boiler feed, housing (domestic), workshops, offices, laboratories and factory processing installations and others. The purpose of this plan is to calculate pump power, electromotor power and motor rotation followed by calculations for other pump components, so that they can serve water supply in one mill.

Keywords: *Water Sources, Pump Calculations, Factory Needs, Needs Domestic Han, Results*

ABSTRAK

Fungsi pompa sentrifugal berguna untuk memindahkan zat cair (fluida) dari suatu tempat yang lebih rendah ke suatu tempat yang lebih tinggi, diakibatkan dari perbedaan tekanan isap dan tekanan buang, dimana pompa sentrifugal tersebut mengubah energi mekanik menjadi energi hidrolis dengan menggunakan gaya sentrifugal. Pompa sentrifugal bekerja ketika energi mekanik dari *motor* menggerakkan sudu-sudu pompa (*rotor*), dan berikutnya energi mekanik tersebut akan membawa fluida sehingga fluida tersebut akan terlempar keluar dikarenakan gaya sentrifugal. Konstruksi dari pompa sentrifugal ini terdiri dari *casing*, lubang isap (*Suction Port*) dan lubang tekan (*Discharge Port*), poros, *impeller*, *vane* dan bantalan *radial*. Perencanaan pompa ini direncanakan untuk pengadaan air di pabrik kelapa sawit dengan kapasitas pabrik sebesar 60 Ton TBS/jam. Sumber air yang diambil dari air sungai tidak jauh dari pabrik sebelum air dipakai untuk kebutuhan pabrik, harus di *treatment* setelah di *treatment* air tersebut dipergunakan untuk air umpan *boiler*, perumahan (domestik), bengkel, kantor, *laboratorium* dan instalasi pengolahan pabrik dan lain-lain. Tujuan perencanaan ini adalah untuk menghitung daya pompa, daya *electromotor* dan putaran *motor* diikuti dengan perhitungan-perhitungan komponen-komponen pompa lainnya, sehingga dapat melayani pengadaan air dalam satu pabrik PKS.

Kata Kunci: *Sumber Air, Perhitungan-Perhitungan Pompa, Kebutuhan Pabrik, Kebutuhan Domestik, Hasil*

1. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang mempunyai hutannya sangat luas bila dibandingkan dengan negara-negara asia dan juga mempunyai luas tanah yang sangat luas juga, dalam keluasan hutan dan tanahnya terdapat jenis tumbuh-tumbuhan seperti, pohon pala, pohon karet, pohon kopi, pohon coklat dan lain sebagainya. Dari kesemua pohon-pohon tersebut diatas yaitu ada tanaman yang banyak di tanam orang yaitu pohon sawit, bisnis yang mempunyai prospek masa depan yang menjanjikan. Indonesia mempunyai luas perkebunan kelapa sawit menurut Badan Pusat Statistik (BPS) mencapai 14.660 juta hektar sedang luas kebun sawit di Sumatra Utara berkisar 440.000 dengan hasil produksi 7 juta per tahun.

Dimana buah kelapa sawit dapat dipanen dalam 12 bulan atau 1 tahun. Pohon kelapa sawit dapat tumbuh mencapai tinggi 20 m, setiap tandan mengandung minyak sekitar 50 %. Biji buah sawit disebut dengan kernel, umur pohon sawit dapat hidup mencapai 20 sampai 25 tahun. Tanaman kelapa sawit ini tentunya membutuhkan air hujan agar air yang diserapnya dapat menyuburkan sehingga buah yang dihasilkan dapat berbuah dengan maksimal. Disamping ini juga pohon kelapa sawit membutuhkan pupuk

Seperti pupuk urea, ZA, KCL, Dolomit, TSP dan Borate dan tidak lupa juga para peteni memberikan pupuk berupa campuran Cuprum dan Ferrit. Dengan adanya kebun sawit ini para pengusaha bersemangat untuk membangun pabrik kelapa sawit yang tujuannya adalah untuk memproduksi CPO yang akan diolah untuk sangat beragam, terutama sebagai bahan pangan, industri kosmetik, industri kimia, industri pakan ternak dan lain-lain sebagainya.

Dalam pembangunan pabrik kelapa sawit ini tentunya banyak hal yang dipikirkan salah satunya adalah pengadaan air sebagai media untuk kebutuhan pabrik

sehari-hari seperti kebutuhan domestik, kebutuhan air untuk ketel uap yang akan diproses menjadi uap sebagai jantung untuk menjalankan turbin uap untuk sebagai penggerak listrik agar mesin-mesin di pabrik kelapa sawit ini dapat berjalan secara berproses masing-masing sehingga akan menghasilkan randemen yang di rencanakan. Dalam hal ini untuk memenuhi kebutuhan air, disini penulis akan merencanakan sebuah pompa sentrifugal untuk pengadaan air pabrik kelapa sawit dengan kapasitas pabrik 60 ton/jam.

2 Rumusan Masalah

Dalam ruang lingkup pengadaan air untuk kebutuhan pabrik kelapa sawit, rumusan masalah ini dapat di rumuskan seperti dibawah ini :

1. Yang perlu di permasalahan bila air sungai takut tercemar oleh pembuangan air limbah bahan kimia di kemudian hari oleh orang yang tidak bertanggung jawab.
2. Pompa air di sungai dan pipa-pipanya harus dirawat berkala sedemikian rupa agar terhindar dari kerusakan-kerusakan yng tidak diinginkan, agar water treatmentnya berjalan dengan lancar
3. Untuk mengantisipasi agar jangan muncul masalah pabrik harus membuat air sumur bor sebagai sumber alternatif agar pabrik berjalan sedemikian rupa.

3 Batasan Masalah

Dalam batasan masalah ini, penulis hanya membatasi perhitungan pengadaan air untuk 1 pabrik kelapa sawit saja mengikuti hasil rancangan mesin fluida yaitu Pompa Setrifugal yang dirancang dengan hasil perincian perhitungan-perhitungan kekuatan bahan pompa beserta ukuran komponen-komponen pompa.

4 Tujuan Umum

1. Untuk mengetahui perencanaan ini

dari penyediaan sumber air sungai untuk kebutuhan pabrik dengan menjalankan hasil rancangan pompa ini.

2. Sebagai bahan referensi untuk mengembangkan ilmu pengetahuan tentang proses pengadaan air untuk pabrik kelapa sawit.

5 Tujuan Khusus

1. Agar dapat bagi pengusaha melancarkan usahanya di kemudian hari.

2. Dengan lancarnya pengadaan air di pabrik ini sehingga dapat menghasilkan produksi *crude palm oil (CPO)* yang diinginkan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

1 Pengolahan Kelapa Sawit

Pada pengolahan kelapa sawit akan dihasilkan :

- Minyak sawit
- Minyak inti sawit

Minyak sawit merupakan yang diperoleh dari lapisan serabut/kulit buah sawit. Sedangkan minyak inti sawit merupakan minyak yang diperoleh dari inti sawit. Pembagian pekerjaan dalam proses pengolahan kelapa sawit dibagi dalam dua pekerjaan yaitu :

1. Pengolahan Minyak Kelapa Sawit
2. Pengolahan Inti Sawit

Pengolahan Minyak Kelapa sawit

Minyak kelapa sawit merupakan minyak berasal dari buah kelapa sawit yang telah mengalami proses pengolahan pada suatu pabrik kelapa sawit.

Proses-proses tersebut meliputi :

- Penimbangan pada jembatan timbang
- Sortasi buah
- Perebusan buah (*sterilizer*)
- Penebahan
- Pengadukan
- Pengempaan.

Klasifikasi meliputi proses instalasi :

- *Continuos settling tank*
- *Top oil tank*
- *Vacum dryer*
- *Sludge tank*

Pengolahan Inti Kelapa Sawit

Pengolahan inti kelapa sawit pada

pabrik pengolahan kelapa sawit meliputi beberapa proses-proses pada instalasi :

- *Cake breaker conveyor*
- *Depri carper*
- *Nut polishing drum*
- Nut bin
- *Hidro cyclon*
- *Kernel bin*
- *Kernel cyclon*
- *Gudang kernel*

2 Sumber air

Air adalah suatu kebutuhan utama dalam suatu pabrik pengolahan. Air tersebut digunakan sebagai pembentukan uap untuk pembangkit dan proses disamping itu juga untuk keperluan domestik dan lain sebagainya. Untuk keperluan diatas kita perlu sumber air yang cocok untuk dipilih seperti telah dijelaskan sebelumnya bahwa sumber air diambil dari air sungai mengingat sangat potensial, yang dapat diterangkan adalah sebagai berikut :

- Persediaan air terjamin, karena menurut hasil survei bahwa sungai yang dipakai tidak pernah mengalami kekeringan.
- Daerah aliran sungai terletak ditengah-tengah kebun penghasil TBS kelapa sawit. sehingga biaya eksploitasi pengangkutan lebih murah,
- Keadaan permukaan air lebih rendah dari air sumur.
- Sulitnya mendapatkan sumber-sumber lain yang potensial.
- Sumber diambil berjarak lebih kurang 500 m dari lokasi pabrik.

3 Pengolahan Air

Air yang diambil dari sungai masih banyak mengandung lumpur akibat adanya erosi dari hulu sungai dan pencemaran lainnya. Air tersebut dapat dipergunakan haruslah melalui pengolahan, selanjutnya untuk proses pengolahan tersebut maka kita harus mengetahui jumlah air yang harus kita gunakan dalam kepentingan pabrik, domestik dan lainnya. Masing-masing kebutuhan air pada penggunaan ini

adalah sebagai berikut :

1. Air umpam *boiler*
2. Perumahan (domestik)
3. Bengkel/kantor/*laboratorium*
4. Instansi pengolahan pabrik

Dibawah ini dapat dilihat *diagram 2.1 water treatment plant* di bawah ini

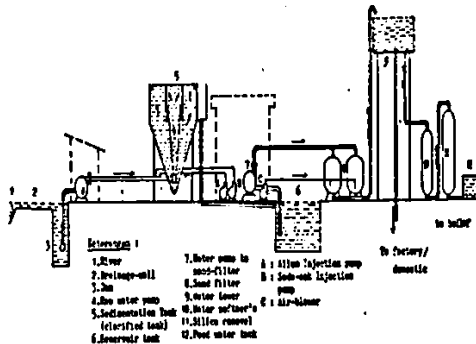
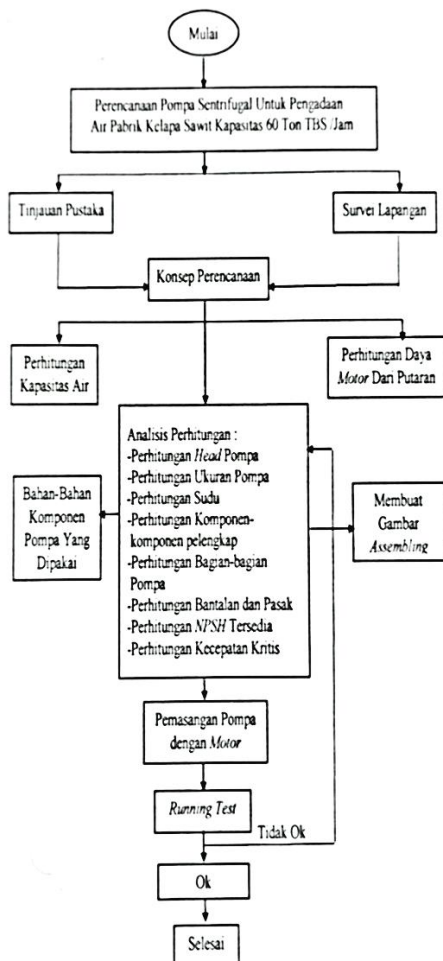


Diagram 2.1 Water Treatment Plant

3. METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Perencanaan



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan Kapasitas

Dalam perencanaan ini kapasitas pompa atau air yang harus disuplai oleh pompa ditentukan oleh pemakaian atau kebutuhan air dalam pabrik pengolahan kepala sawit dan kebutuhan lainnya untuk pengadaan air bersih, maka sebelumnya harus dilakukan analisa (uraian) pemakai air yang diperlukan. Adapun pabrik pengolahan kelapa sawit (PKS) dengan kapasitas 60 ton/jam, pengadaan airnya untuk keperluan proses pengolahan dan lain-lain yang berhubungan serta keperluan lainnya, meliputi antara lain :

- Pengisian air boiler.
- Bengkel/kantor/*laboratorium* m.
- Perumahan.
- Mesin-mesin pengolahan instalasi pengolahan.

Kapasitas Air Untuk Pengisian Ketel

Dalam pengolahan kelapa sawit proses perebusan dilakukan dengan uap bekas yang diperoleh dari turbin uap. Menurut pengamatan di lapangan, uap yang dibutuhkan sebagai keperluan proses pada pabrik pengolahan kelapa sawit 60 ton TBS/jam adalah sebagai berikut :

- Kebutuhan uap pada sterilizer untuk 1 ton TBS = 190,56 kg, maka untuk 60 ton TBS/jam adalah $60 \times 190,56 \text{ kg} = 11433,6 \text{ kg/jam}$.
- Kebutuhan uap pada digester dan process : 1633,938 kg/jam.
- Kebutuhan uap pada nut drying 55 m^3 nut silo untuk satu unit : 725,95 kg/jam. Maka untuk 4 unit diperlukan 2903,8 kg/jam.
- Kebutuhan uap satu unit kernel 30 m^3 nut silo = 907,44 kg/jam.
- Kebutuhan uap pada cake breaker conveyor adalah 1361,16 kg/jam.
- Kebutuhan uap untuk pemanasan crude oil, sludge (lumpur) dan air panas = 2540,835 kg/jam.
- Kebutuhan uap untuk deserator adalah sebesar 6352,087 kg/jam.

Total untuk kebutuhan uap pada proses diatas = 29855,18 kg/jam atau 29,855 ton uap/jam.

Penentuan Head

Head adalah pertambahan energi total persatuan berat fluida (air) antara flens isap dan flens tekan, yang dinyatakan dengan meter. Head pompa dalam perencanaan ini adalah jumlah energi/hambatan harus diatasi oleh pompa untuk menaikkan atau memindahkan air dari sungai (waduk) ke suatu resevoir penampungan (*clarifir tank*) dan selanjutnya mengalami proses *water treatment*. Berdasarkan hal diatas maka head pompa yang direncanakan di sini merupakan jumlah ketinggian air yang dapat dinaikkan oleh pompa ditambah dengan hambatan-hambatan yang terdapat di sepanjang pipa isap dan pipa tekan, oleh karena itu dalam perencanaan ini harus diperhatikan uninstalasi pompa dan pemipaan dari pompa yang direncanakan tersebut.

Head pompa dapat dinyatakan secara matematis sebagai berikut :

$$HP = H_a + \Delta h_p + H_1 + \frac{Vd^2}{2g} \dots\dots\text{Sularso}$$

Pompa Dan Kompresor Hal 26

Dimana :

H_p = Head pompa.

H_a = Head statis pompa adalah head akibat perbedaan permukaan antara isap dan tekan (*discharge*).

H_1 = Jumlah hambatan yang terjadi pada sisi isap dan tekan dalam pipa.

Δh_p = Perbedaan tekanan pada kedua permukaan, dalam hal ini = 0.

$\frac{Vd^2}{2g}$ = Head kecepatan luar.

g = Percepatan grafitasi (9,81 m/det²).

5. SIMPULAN

Dari hasil perhitungan diatas, maka diperoleh data-data Perencanaan Pompa Sentrifugal Untuk Pengadaan Air Pabrik Kelapa Sawit Kapasitas 60 Ton TBS/Jam sebagai berikut :

1. Kebutuhan Pemakaian Uap Alat-Alat Pabrik
 - Kebutuhan Uap pada *sterilizer* : 11433,6 kg/jam
 - Kebutuhan uap pada *digester* : 1633,938 kg/jam
 - Kebutuhan uap pada nut drying 55 m³ unit : 2903,8 kg/jam
 - Kebutuhan uap satu unit kernel 30 m³ nut silo : 907,44 kg/jam.
 - Kebutuhan uap pada *cake breaker conveyor* : 1361,16 kg/jam.
 - Kebutuhan uap untuk pemanasan *crude oil, sludge* (lumpur) dan air panas : 2540,835 kg/jam
 - Kebutuhan uap untuk *dearator* adalah sebesar : 6352,087 kg/jam.
2. Kapasita Pompa Yang Dibutuhkan
 - Kapasitas pompa Qp1 : 36,68 m³/jam
 - Kapasitas untuk domestik Qp2 : 4,95 m³/jam
 - Kapasitas untuk mesin-mesin pengolahan/instalasi pengolahan Qp3 : 45,9 m³/jam
 - Kapasitas air untuk *back wash* : 2,912 m³/jam
 - Kapasitas pompa yang direncanakan Qp : 100 m³/jam
3. Diameter Pipa Isap, Tekan dan Kecepatan
 - Diameter pipa isap Ds : 5 Inch
 - Kecepatan pipa isap : 2,8 m/det
 - Diameter pipa tekan Dd : 6 inch
 - Kecepatan pipa tekan : 3,4 m/det
4. Head- Head Losses Dan Head Pompa
 - Head statis Hst : 11 m
 - Total head losses pada pipa isap hfs : 0,215 m
 - Total head losses pada pipa tekan hfd : 21,565 m
 - Total head losses pada instalasi $\Sigma \Delta h$: 21,78 m
 - Total head pompa Hp : 38 m
5. Putaran Pompa
 - Putaran pompa spesifik ns : 59,6 rpm
 - Frekwensi pompa f : 50 Hz

- Putaran pompa n : 1500 rpm
 - *Type impeller* yang dipakai adalah *low speed impeller*
6. Daya pompa N_p jenis pompa *single suction centryfugal* : 23,4 Hp
7. Daya motor Penggerak
- Daya motor penggerak N_e : 28 Hp
8. Ukuran-Ukuran Utama Pompa
- Diameter poros D_s : 2,9 cm
 - Diameter hub D_h : 44 mm
 - Diameter eye D_o : 116,3 mm
 - Lebar laluan pada *inlet* b_1 : 30 mm
 - Kecepatan tangensial pada *inlet* U_1 : 29,97 ft/det
 - Sudut sudu pada sisi masuk β_1 : $19,3^0$
 - Kecepatan relatif pada sisi masuk W_1 : 9,7 m/det
 - Diameter sisi keluar *impeller* D_2 : 291 mm
 - Kecepatan keliling sisi keluar U_2 : 22,86 m/det
 - Lebar impeller pada sisi keluar b_2 : 11,28 mm
 - Sudu-susu pada sisi keluar β_2 : 34^0
 - Sudut aliran fluida meninggalkan *impeller* α_2 : $9,2^0$
 - Kecepatan absoulut dan relatif pada *out let* V_2 : 18,77 m/det
 - Kecepatan relatif W_2 : 5,35 m/det
 - Kecepatan tangensial virtual pada sisi luar $V_{v2'}$: 12,9 m/det
 - Kecepatan absolut pada outlet V_2' : 13,24 m/det
 - Sudut aliran fluida pada out let, α_2' : 13^0
 - Kecepatan relatif, W_2' : 8,25 m/det
 - Sudut sudu sisi keluar, β_2' : 20^0
 - Jumlah sudu, Z : 9 bh
 - Jarak sudu, t_1 : 40,6 mm
 - Jarak sudu t_2 : 76,4 mm
 - Tebal sudu pada sisi masuk S_1 : 1,80 mm
 - Tebal sudu pada sisi keluar S_2 : 3,86 mm
9. Pemeriksaan Terhadap *Head*
- Tinggi tekanan semu (H_{vir}) : 42,94 m
 - Tinggi tekan total H : 38 m
10. Melukis bentuk Sudu
- Lingkaran dalam R_1 : 58,15 mm
 - Lingkaran dalam R_2 : 145,5 mm
11. Perhitungan ukuran-ukuran *volute*
- Throat area (A_{th}) : $0,00229 \text{ m}^2$
 - Lebar *volute* yang terbuka dari *impeller* (b_3) : 21 mm
 - Celah antara sudu dengan *casing* (t) : 10 mm
 - Tebal rumah pompa S : 4 mm
12. Gaya Aksial
- Tekanan fluida di belakang *impeller* (sisi tekan) P_t : 16790 kg/mm^2
 - Besarnya gaya aksial F_a : 329,5 kg
 - Gaya axial yang diakibatkan oleh perubahan momentum F_m : 8,78 kg
 - Gaya aksial total $F_{a_{tot}}$: 320,7 kg
13. Berat Poros (dapat dilihat pada tabel 4.5 halaman 89)
14. Berat Tiap-Tiap Bagian *Impeller* (dapat dilihat pada tabel 4.6 halaman 90)
15. Berat sudu (*vane*), G_v : 0,034 kg
- Berat 9 buah sudu G_i : 3,9 kg
16. Berat Poros Per Satuan Panjang Q_1 : $0,00993 \text{ kg/mm}$
- Reaksi pada tumpuan A R_a : 2,14 kg
 - Reaksi pada tumpuan B R_b : 6,9111 kg
17. Bantalan *Radial*
- No. Bantalan : 6208
 - Diameter dalam d : 40 mm
 - Diameter luar D : 80 mm
 - Lebar bantalan B : 18 mm
 - Jari-jari r : 2 mm
 - Kapasitas nominal dinamis spessifik C : 2380 kg
 - Kapasitas nominal statis spesifik C_o : 1650 kg
 - Beban eqivalen dinamis P : 98,91 kg
 - Umur bantalan dalam pemakaian teris menerus L_h : 30.000 jam
18. Pasak Kopling
- Diameter poros D_s : 35 mm
 - Lebar pasak b : 10 mm

- Tinggi pasak h : 8 mm
 - Panjang pasak L : 132 mm
 - Gaya tangensial pada permukaan poros F : 818,5 kg
 - Tegangan geser yang timbul τ_k : $1,46 \text{ kg/mm}^2$
 - Tekanan yang terjadi pada permukaan P : $6,09 \text{ kg/mm}^2$
19. Pasak *Impeller*
- Lebar pasak b : 10 mm
 - Tinggi pasak h : 8 mm
 - Panjang pasak L : 56 mm
 - Tebal pasak kedalam poros t_1 5 mm
 - tebal pasak diluar poros t_2 : 2,4 mm
20. Kecepatan Kritis
- *Diameter* poros rata-rata d_r : 39,46 mm
 - Momen *inertia* I : $0,286 \text{ in}^4$
 - Panjang poros L : 546 mm
 - Deflexi statis y_0 : $9,668 \times 10^{-6} \text{ in}$
 - Kecepatan sudut W_c : 2009 rpm
 - Kecepatan putaran kritis n_c : 319,90 rpm
21. *Net Positive Suction Head*
- Tekanan uap jenuh P_v : $238,3 \text{ kg/mm}^2$
 - NPSH Yang Tersedia h_{sv} : 7,4 m
 - Kecepatan spesifik pompa W_s : 843 rpm
 - NPSH yang diperlukan h_{dip} : 2,592 m

Saran

Dalam perencanaan ini tentunya kelebihan dan kekurangan masih dijumpai, maka dengan ini penulis akan memberikan saran yang positif guna untuk melengkapi perencanaan ini lebih lengkap lagi yaitu :

1. Persiapan sebelum pompa di start meliputi :
 - a. Pemeriksaan pipa isap yang baru selesai dipasang maupun yang udah lama gak dipakai.
 - b. Pemeriksaan kelurusan rumah pompa dan pipa isapnya, pada pompa akan berpengaruh dengan bantalannya, sedang untuk pipanya akan terjadi keretakan di sambung-sambungannya, atau bisa bocor.

- c. Yakinkan sistim kabel listrik dalam keadaan aman semuanya.
 - d. Pemeriksaan pelumas bantalan yaitu pakai minyak gemuk yang harus bersih.
 - e. Periksa poros pompa harus diputar dengan tangan.
 - f. Untuk menghidupkan pompa, pertama-tama harus dipancing dengan air berguna mencegah cincin penahan air supaya tidak macet.
 - g. Katub pipa isap harus dibukak penuh pada saat pengisapan air, agar airnya yang dihisap lancar keluar.
2. Pipa-pipa yang bendnya (bengkokannya) terlalu banyak agar diperpendek untuk mengurangi *losses* yang terjadi pada pompa sehingga pompa dapat bekerja dengan baik.
 3. Disarankan sering melihat kualitas air yang keluar dari pompa, mana tahu air yang keluar dalam keadaan kotor atau bersih.
 4. Untuk mengantisipasi pompa rusak agar dibuatkan pompa cadangan dipasang secara *parallel*.
 5. Bagi operator yang menjalankan pompa ini di haruskan mengecek dan mendengar suara *hammering* (ketukan) yang terjadi agar tidak mempengaruhi efisiensi pompa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Austin H. Church*, 1986, *Pompa dan Blower Centrifugal*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Hendraji, LWP Manchi, 1976, *Pompa*, Pustaka Beta, Jakarta.
- Igor J Karassik*, 1967, *Centrifugal Pump*, *Yohn Willey and Sons Inc, New York*
- Kent, s* 1965, *Mechanical Engineer Hand Book Design and Production*, *Willey Hand Book, Seris, New York*.

Khetagurov, 1972, Marine Auxilliary Machinery and Sstims, Peace Publisher, Moscow.

Ranald V. Gilles, 1980, Mekanika Fluida dan Hidraulik, Seri Buku Schaum, Edidisi Kedua, Penerbit Pradnya, Jakarta.

A.J Stepanoff, 1957, Centrifugal and Axial Flow Pump, 2nd Edition, Yohn Willey and Sons Inc, New York.

M.F. Spoots, 1981, Design Og Machine Elements, Prentice Hall of India Private Limited, New

Sularso, Haruo Tahara, 1985, Pompa dan Kompresor, Pemilihan dsan Pemakaian dan Pemeliharaan, Paradnya Paramita, Jakarta.

Sularso, Kiyokatsu Suga, 1983, Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin, Pradnya Paramita, Jakarta.

S.Timoshenko,1976, Strength Of Materials. Part 1 Elementry, Robert