

ANALISA PENGARUH PERBEDAAN LETAK POMPA SENTRIFUGAL TERHADAP KAPASITAS POMPA

Slamet Anwar, Sunarto

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Gresik

ABSTRAK

Pompa merupakan suatu mesin yang digunakan untuk mengangkut air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi dan dari tekanan yang rendah ketekanan yang lebih tinggi. Sehingga sering di dapati kapasitas pompa yang bervariasi. Pemasangan pompa dengan perbedaan letak pompa dengan permukaan air yang berbeda-beda atau dengan ketinggian suction yang tidak sama. Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan cara meletakkan pompa dengan suction 4 meter, discharge 1 meter dan suction 1 meter, discharge 4 meter. Setelah dilakukan pengujian dan perhitungan kapasitas pompa dengan suction 4 meter sebesar 0,41 liter / detik, kapasitas pompa dengan suction 1 meter sebesar 0,45 liter / detik. Maka pompa dengan suction lebih pendek (jarak pompa lebih dekat dengan permukaan air) lebih efektif karena kapasitas pompa lebih besar dari pada pompa dengan suction panjang (letak pompa jauh dari permukaan air).

Kata kunci : Pompa, Capacity, Suction, Discharge.

PENDAHULUAN

Penggunaan pompa oleh manusia sudah ada sejak ratusan tahun yang lalu sampai sekarang masih banyak di gunakan. Teknologi penggunaan pompa di Indonesia sekarang ini juga sangat berkembang pesat seiring dengan kemajuan ilmu teknologi. Saat ini pompa kompresor mempunyai peranan yang sangat penting di segala bidang kegiatan misalnya di bidang industri, rumahan, pertanian dan lainnya. Jenis dan ukurannya juga bermacam-macam sesuai dengan pemakaian dan kebutuhan yang di butuhkan.

Pompa merupakan suatu mesin yang digunakan untuk mengangkut air dari tempat rendah ke tempat yang lebih tinggi dan dari tekanan yang rendah ketekanan yang lebih tinggi. Adapun jenis pompa sentrifugal termasuk kedalam jenis pompa tekanan dinamis, di mana pompa jenis ini mempunyai *impeller* yang

berfungsi untuk mengangkut air dari tempat rendah ketempat yang lebih tinggi. Pada penggunaannya pompa juga sering di pakai di tempat yang di bawah dan di atas. Dalam hal ini hasil dari kinerja pompa yang di taruh di bawah dan di atas jelas mempengaruhi perbedaan kapasitas nya. Dan masyarakat belum mengetahui perbedaan kinerja dari pompa yang di taruh di bawah dan di atas. Tujuan penulis menyusun karya ilmiah ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan hasil dari letak pompa.

KAJIAN TEORI

Definisi Pompa

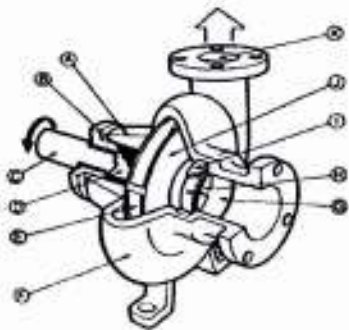
Pompa adalah suatu alat yang di gunakan untuk memindahkan suatu zat cair dari suatu tempat ketempat lain dengan cara menaikkan tekanan cairan tersebut. Kenaikan tekanan cairan tersebut di gunakan untuk mengatasi hambatan-

hambatan pengaliran. Hambatan-hambatan pengaliran itu dapat berupa perbedaan tekanan, perbedaan ketinggian atau hambatan gesek.

Secara umum pompa dapat di klasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu pompa kerja positif (*positive displacement pump*) dan pompa kerja dinamis (*non positive displacement pump*).

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah impeller dan saluran *inlet* di tengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat impeller berputar, fluida mengalir menuju *casing* di sekitar impeller sebagai akibat dari gaya sentrifugal. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran fluida sementara kecepatan putar impeller tetap tinggi. Kecepatan fluida di konversikan menjadi tekanan oleh *casing* sehingga fluida dapat menuju titik luarnya.

Secara umum bagian-bagian utama pompa sentrifugal dapat di lihat seperti gambar berikut :



Gambar 2.1 : Bagian-bagian utama pompa sentrifugal.

A. *Stuffing Box*

Stuffing Box berfungsi untuk mencegah kebocoran pada daerah di mana poros pompa menembus *casing*.

B. *Packing*

Di gunakan untuk mencegah dan mengurangi bocoran cairan dari casing pompa melalui poros. Biasanya terbuat dari asbes atau teflon.

C. *Shaft* (poros)

Poros berfungsi untuk meneruskan momen puntir dari penggerak selama beroperasi dan tempat kedudukan impeller dan bagian-bagian berputar lainnya.

D. *Shaft sleeve*

Shaft sleeve berfungsi untuk melindungi poros dari erosi, korosi dan keausan pada *stuffing box*. Pada pompa *multi stage* dapat sebagai *leakage joint*, *internal bearing* dan *interstage* atau *distance sleeve*.

E. *Vane*

Sudut dari *impeller* sebagai tempat berlalunya cairan pada *impeller*.

F. *Casing*

Merupakan bagian paling luar dari pompa yang berfungsi sebagai pelindung elemen yang berputar, tempat kedudukan *diffusor* (*guide vane*), *inlet* dan *outlet nozel* serta tempat memberikan arah aliran dari *impeller* dan mengkonversikan energi kecepatan cairan menjadi energi dinamis (*single stage*).

G. *Eye of Impeller*

Bagian sisi masuk pada arah isap *impeller*.

H. *Impeller*

Impeller berfungsi untuk mengubah energi mekanis dari pompa menjadi energi kecepatan pada cairan yang di pompakan secara kontinyu, sehingga cairan pada sisi isap secara terus menerus akan masuk mengisi kekosongan akibat perpindahan dari cairan yang masuk sebelumnya.

I. *Wearing Ring*

Wearing ring berfungsi untuk memperkecil kebocoran cairan yang melewati bagian depan impeller maupun bagian belakang impeller, dengan cara memperkecil celah antara casing dengan impeller.

J. *Bearing*

Bearing (bantalan) berfungsi untuk menumpu dan menahan beban dari poros agar dapat berputar, baik berupa beban radial maupun beban axial. *Bearing* juga

memungkinkan poros untuk dapat berputar dengan lancar dan tetap pada tempatnya, sehingga kerugian gesek menjadi kecil.

K. *Discharge Nozzle*

Merupakan bagian dari pompa yang berfungsi sebagai tempat keluarnya fluida hasil pemompaan.

Terciptanya Gaya Sentrifugal

Cairan proses memasuki nosel sisi masuk menuju titik tengah impeller yang berputar. Ketika berputar, impeller akan memutar cairan yang ada dan mendorongnya keluar antara dua siripnya, serta menciptakan percepatan sentrifugal. Ketika cairan meninggalkan titik tengah impeller, menciptakan daerah bertekanan rendah sehingga cairan dibelakangnya mengalir ke arah sisi masuk. Karena sirip impeller berbentuk kurva, cairan akan terdorong ke arah tangensial dan radial oleh gaya sentrifugal.

Gaya ini terjadi di dalam pompa seperti halnya yang di alami air dalam ember yang di putar di ujung seutas tali. Intinya adalah bahwa energi yang di ciptakan oleh gaya sentrifugal adalah energi kinetik. Jumlah energi yang di berikan ke cairan sebanding dengan kecepatan pada piringan luar impeller. Semakin cepat impeller berputar atau semakin besar energi di berikan kepada cairan. Energi kinetik cairan yang keluar dari impeller tertahan dengan penciptaan terhadap aliran. Tahanan pertama diciptakan oleh rumah pompa (*volute*) yang menangkap cairan dan memperlambatnya. Pada nosel keluar, cairan makin di perlambat dan kecepatannya diubah menjadi tekanan sesuai dengan prinsip *bernoulli*.

Klasifikasi pompa sentrifugal

Klasifikasi menurut jenis impeller

Impeller memiliki beberapa jenis, di antaranya adalah impeller jenis tertutup, impeller jenis setengah terbuka, dan

impeller jenis terbuka. Masing-masing jenis impeller akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Impeller tertutup

Sudu-sudu di tutup oleh dua buah dinding yang merupakan satu kesatuan, di gunakan untuk memompa zat cair yang bersih atau sedikit mengandung kotoran. Impeller tertutup dapat di lihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 : impeller tertutup

b. Impeller Setengah Terbuka

Impeller jenis ini terbuka di sebelah sisi masuk (depan) dan tertutup di sebelah belakang. Di gunakan untuk memompa zat cair yang mengandung sedikit kotoran, misalnya air yang bercampur pasir. Impeller setengah terbuka di tunjukkan pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 : impeller setengah terbuka

c. Impeller Terbuka

Impeller jenis ini tidak ada dindingnya di depan ataupun di belakang, bagian belakang ada sedikit dinding yang di sisakan untuk memperkuat sudu-sudu. Jenis ini banyak di gunakan untuk memompa zat cair yang banyak mengandung kotoran yang volumenya lebih besar dari butiran pasir. Impeller terbuka di tunjukkan pada gambar 2.4.

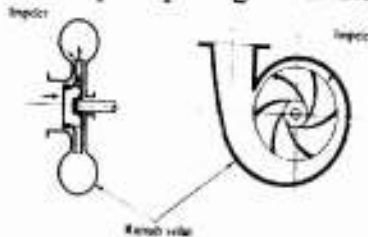


Gambar 2.4 : impeller terbuka

Klasifikasi menurut bentuk rumah

a) Pompa Volute

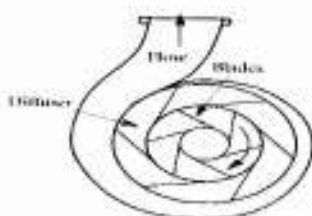
Pada sebuah pompa sentrifugal, zat cair pada impeller secara langsung di bawa ke rumah volut, pompa volut di perlihatkan seperti pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 : rumah pompa volute

b) Pompa diffuser

Pompa sentrifugal ini di lengkapi dengan sudu diffuser di keliling luar impeller, konstruksi dan bagian-bagian dari pompa ini sama dengan pompa volut. Fungsi dari diffuser adalah untuk meningkatkan efisiensi pompa dan konstruksinya lebih kuat, maka konstruksi ini sering di pakai pada pompa besar dengan head tinggi. pompa ini juga sering di pakai sebagai pompa bertingkat. banyak karena aliran dari tingkat satu ke tingkat berikutnya dapat di lakukan tanpa menggunakan rumah volut. Pompa diffuser di tunjukkan pada gambar 2.6.

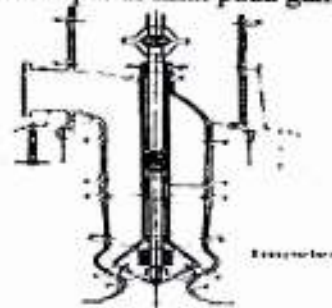


Gambar 2.6 : rumah pompa diffuser

Klasifikasi menurut letak poros

a) Pompa jenis poros tegak (vertical)

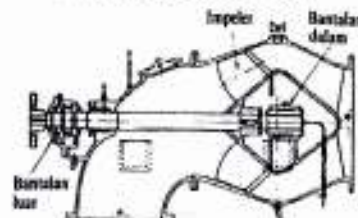
Pompa aliran campur dan pompa aliran aksial sering di buat dengan poros tegak (vertical). Poros ini di pegang di beberapa tempat sepanjang pipa kolom oleh bantalan yang terbuat dari karet. pompa ini dapat di lihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 : pompa jenis poros tegak (vertical)

b) Pompa jenis poros mendatar (horizontal)

Pompa ini mempunyai poros dengan posisi mendatar, pompa jenis ini dapat di lihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 : pompa jenis poros mendatar (horizontal)

Dasar perhitungan

a. Persamaan Bernouli

Persamaan bernouli adalah persamaan yang menghubungkan perubahan tinggi kecepatan, tinggi tekanan, dan tinggi letak dari fluida. Persamaan bernouli dinyatakan dengan persamaan 2.1 (Austin H., Crunch., 1993).

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} + g \cdot z = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho g} + z = H \dots \dots \dots 2.1 \quad ($$

Austin H., Crunch., 1993).

Keterangan :

V = kecepatan aliran rata-rata (m/s)

G = kecepatan gravitasi (m/s²)

ρ = kerapatan fluida (kg/m³)
 z = tinggi letak dalam meter (m)
 H = tinggi energi dalam meter (m)

$\frac{v^2}{2g}$ = tinggi kecepatan dalam meter (m)

$\frac{P}{\rho g}$ = tinggi tekanan dalam meter (m)

b. Persamaan kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah persamaan yang menyatakan bahwa di dalam aliran cairan termampatkan, jumlah aliran pada setiap satuan waktu adalah sama pada semua penampang di sepanjang aliran. Persamaan kontinuitas dapat di nyatakan dengan persamaan 2.2 dan 2.3 (Austin H., Crunch., 1993).

$$\rho_s \cdot v_s \cdot A_s = \rho_d \cdot v_d \cdot A_d$$

Diketahui bahwa

$$Q = V \cdot A$$

Maka

$$\rho_s \cdot Q_s = \rho_d \cdot Q_d$$

Untuk cairan tidak termampatkan (*Incompressible*) nilai ρ (massa jenis) adalah tetap. Karena air adalah termasuk jenis fluida tidak termampatkan maka:

$$Q = Q_s = Q_d$$

$$Q = V_s \cdot A_s = V_d \cdot A_d \dots \dots \dots 2.3$$

(Austin H., Crunch., 1993).

Keterangan :

Q = debit (m³/s)

V_s = kecepatan aliran rata-rata dibagian pipa masuk (m/s)

V_d = kecepatan aliran rata-rata dibagian pipa keluar (m/s)

A_s = luas penampang pipa bagian dalam pada pipa masuk (m²)

A_d = luas penampang pipa bagian dalam pada pipa keluar (m²)

c. Efisiensi pompa

Efisiensi pompa di nyatakan dengan persamaan 2.4 (Careca F., dkk., 2011).

$$\eta_{pompa} = \frac{P_b}{BHP} \cdot 100\% \dots \dots \dots 2.4 \text{ (Careca F., dkk., 2011).}$$

Keterangan :

η_{pompa} = efisiensi pompa

P_b = daya hidrolis (watt)

BHP = daya poros (watt)

d. Daya poros (BHP)

Daya poros adalah daya yang bekerja pada poros untuk menggerakkan sebuah pompa atau biasa di sebut BHP (*Break Horse Power*). Daya ini di nyatakan dengan persamaan 2.5 (Careca F., dkk., 2011).

$$BHP = T \cdot \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n \cdot T}{60} \dots \dots \dots 2.5 \text{ (Careca F., dkk., 2011).}$$

Keterangan :

BHP = daya poros (watt)

T = torsi (Nm)

ω = kecepatan sudut poros (rad/s)

N = kecepatan putaran (rpm)

e. Torsi

Torsi atau momen gaya adalah hasil kali antara gaya F dan panjang lengan momennya (m). Torsi dinyatakan dengan persamaan 2.6 (Careca F., dkk., 2011).

$$T = F \cdot L \dots \dots \dots 2.6 \text{ (Careca F., dkk., 2011).}$$

Keterangan :

T = torsi (Nm)

F = gaya (kgf)

L = panjang (m)

f. Daya hidrolis (P_b)

Daya Hidrolis adalah daya dari pompa sentrifugal yang di pindahkan ke dalam fluida, daya ini dapat di nyatakan dengan persamaan 2.7 (Careca F., dkk., 2011).

$$P_b = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \dots \dots \dots 2.7 \text{ (Careca F., dkk., 2011).}$$

Keterangan :

P_b = daya hidrolis (watt)

ρ = kerapatan fluida (kg/m³)

G = percepatan gravitasi (m/s²)

Q = kapasitas fluida yang di pompa (m³/s)

H = head total pompa (m)

g. Head total

Head total pompa pada sebuah penampang adalah head yang terdiri dari beberapa head, di antaranya adalah head tekanan, head kecepatan, dan head potensial. Ketiga head ini adalah energi mekanik yang di kandung oleh satu satuan berat (kgf) zat cair yang mengalir pada penampang, satuan energy per satuan berat adalah ekuivalen dengan satuan panjang yaitu meter, seperti yang di perlihatkan pada gambar (2.10) maka head total dapat di nyatakan dengan persamaan 2.8 (Sularso., 2004).

$$H = h_p + h_v + h_a + h_L$$

$$H = \left(\frac{P_d - P_s}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \right) + h_a + h_L \dots \dots \dots 2.8$$

(Sularso., 2004).

Keterangan :

- H = head total pompa (m)
- h_p = head karena tekanan (m)
- h_v = head karena kecepatan (m)
- h_a = head statis total (m)

head ini adalah perbedaan tinggi antara permukaan air di sisi keluar dan di sisi isap.

HL = berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan (m)

h. Head karena tekanan (h_p)

Head tekanan dapat di nyatakan dengan persamaan 2.9 (Sularso., 2004).

$$h_p = \frac{\Delta P}{\gamma} = \frac{P_d - P_s}{\gamma} \dots \dots \dots 2.9$$

(Sularso., 2004).

Keterangan :

- h_p = head yang di akibatkan karena tekanan (m)
- P_d = tekanan keluar absolute (N/m²)
- P_s = tekanan masuk absolute (N/m²)
- γ = berat per satuan zat cair yang di pompa (N/m³)

i. Head karena kecepatan (h_v)

Head yang di akibatkan karena kecepatan dapat di nyatakan dengan persamaan 2.10 (Sularso., 2004).

$$h_v = \frac{\Delta v^2}{2g} = \frac{v_d^2 - v_s^2}{2g} \dots \dots \dots 2.10$$

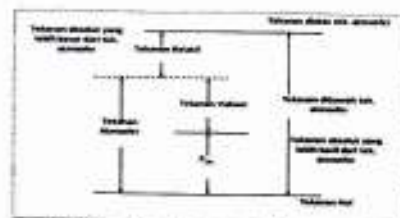
(Sularso., 2004).

Keterangan :

- h_v = head yang di akibatkan karena kecepatan (m)
- v_d = kecepatan aliran rata-rata di bagian pipa keluar (m/s)
- v_s = kecepatan aliran rata-rata di bagian pipa masuk (m/s)
- g = percepatan gravitasi (9.8 m/s²)

j. Tekanan

Tekanan yang di gunakan untuk perhitungan adalah tekanan absolute atau tekanan total hasil penjumlahan tekanan terukur (gauge pressure) dengan tekanan atmosfer (udara) yang dapat di lihat pada persamaan 2.9. Bukan hanya zat cair saja, namun udarapun memiliki tekanan yang disebut tekanan atmosfer (udara), sehingga jika di hitung secara total antara tekanan udara yang menekan zat cair di dalam sebuah penampang tentu akan semakin besar. Tekanan terukur yang lebih kecil dari pada tekanan atmosfer di sebut tekanan terukur yang lebih besar dari pada tekanan atmosfer di sebut tekanan terukur positif, lebih lengkapnya di tunjukkan pada gambar 2.9 berikut:



Gambar 2.9 : skala pengukuran tekanan

Jadi untuk menentukan nilai tekanan absolute adalah sebagai berikut :

$$P_{abs} = P_{atm} + P_{terukur} \dots \dots \dots 2.11$$

(Sularso., 2004)

Keterangan :

- P_{abs} = tekanan absolute (N/m²)

P_{atm} = tekanan atmosfer (N/m^2)
 $P_{terukur}$ = tekanan yang terukur pada alat ukur tekanan fluida (N/m^2)

V = volume fluida (m^3)
 T = waktu (s)

METODE PENELITIAN

k. Laju aliran fluida (v)

Perhitungan laju aliran fluida dapat di hitung dengan menggunakan persamaan 2.12 (Sularso., 2004) berikut:

$$v = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots 2.12 \text{ (Sularso., 2004)}.$$

Keterangan :

V = laju aliran fluida (m/s)
 Q = debit (m^3/s)
 A = luas penampang pipa bagian dalam (m^2)
 Luas penampang pipa adalah :

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \dots \dots \dots 2.13 \text{ (Sularso., 2004)}$$

Keterangan :

A = luas penampang pipa bagian dalam (m^2)
 D = diameter pipa (m)

Jadi laju aliran pada pipa bagian keluar dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_d = \frac{Q_d}{A_d} \dots \dots \dots 2.14 \text{ (Sularso., 2004)}$$

Untuk mencari nilai dari laju aliran pada pipa hisap dapat di hitung menggunakan persamaan kontinuitas sebagai berikut :

$$Q = v \cdot A$$

$$\text{Jika, } Q_d = Q_s$$

$$\text{Maka, } v_s \cdot A_s = v_d \cdot A_d$$

$$v_s = \frac{v_d \cdot A_d}{A_s} \dots \dots \dots 2.15 \text{ (Sularso., 2004)}$$

l. Debit

Perhitungan debit dapat di nyatakan pada persamaan 2.17 dengan pengambilan waktu sebanyak 3 kali maka waktu rata-rata (t) adalah:

$$t = \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3} \dots \dots \dots 2.16 \text{ (Sularso., 2004)}$$

Sehingga di peroleh aliran sebagai berikut :

$$Q = \frac{V}{t} \dots \dots \dots 2.17 \text{ (Sularso., 2004)}$$

Keterangan :

Q = debit (m^3/s)

Metode penelitian di rancang untuk bisa menganalisa pengaruh perbedaan letak pompa terhadap kapasitasnya, pompa nasional, daya hisap 9 meter, daya dorong 24 meter, tinggi total maksiml 33 meter terhadap kapasitasnya. Untuk mencapai tujuan ini, pendekatan eksperimen di lakukan untuk mensimulasikan kondisi di lapangan. Diagram alir proses penelitian dapat di lihat pada gambar 3.1.

Tempat dan waktu penelitian

Penelitian di lakukan di Desa Sumari RT 02, RW 01 kecamatan Duduk Sampeyan Gresik dan waktu pengambilan data dimulai dari 20 Maret 2015.

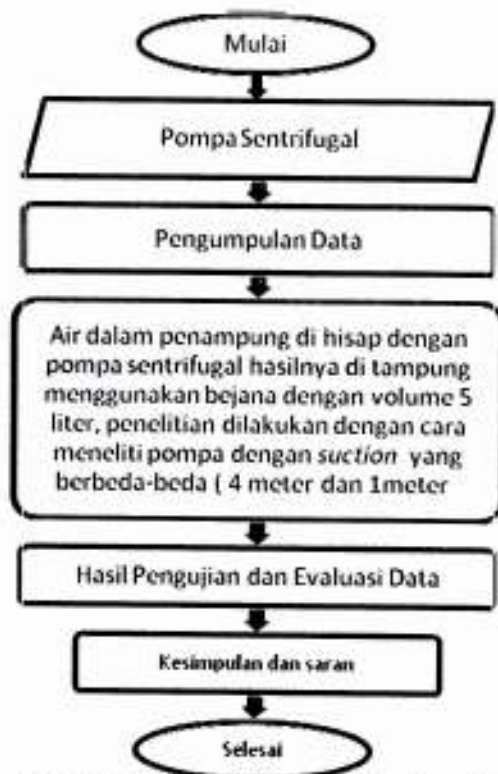
Pengumpulan data

Data yang di peroleh untuk penelitian ini merupakan data sekunder berupa laporan hasil percobaan teknik terdiri dari laporan perbedaan letak pompa terhadap kapasitas pompa.

Data yang di kumpulkan meliputi :

- Perbedaan letak pompa terhadap kapasitas.

Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 : Diagram Alir Penelitian Langkah-langkah penelitian dapat di jelaskan sebagai berikut:

1. Tahap identifikasi

Identifikasi merupakan sebuah tahapan awal dalam melakukan sebuah penelitian yang bertujuan mengidentifikasi dan merumuskan masalah secara tepat yaitu masalah pengaruh perbedaan letak pompa terhadap kapasitasnya.

Tahapan identifikasi yang di lakukan terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

a. Penentuan objek uji

Benda uji yang di gunakan adalah pompa sentrifugal, pipa paralon, Elbow, bejana dengan volume 5 liter.

b. Pengujian awal

Benda yang akan di uji di rangkai terlebih dahulu sesuai dengan yang di butuhkan secara baik dan benar sebagai dasar awal pengujian.

2. Tahap pengumpulan dan pengolahan data

Dalam tahap ini akan di lakukan perhitungan perbedaan letak pompa sentrifugal terhadap kapasitas pompa data yang meliputi :

- Merek pompa : National
- Daya hisap : 9 meter
- Daya dorong : 24 meter
- Tinggi total maksimal: 33 meter
- Kapasitas maksimal : 36 liter / menit
- Kapasitor : 6 μ / 450 v
- Suhu cairan maksimal: 35 $^{\circ}$ c
- Tegangan : 220 v
- Daya masukan : 250 watt
- Rpm : 2850
- Frekuensi : 50 Hz
- Diameter pipa : 1 in
- Elbow 90 $^{\circ}$: 2 pcs
- Matrial pipa : Paralon
- Panjang pipa : 4 meter, 1 meter
- Bejana : 5 liter

Langkah-langkah kerja :

- Menyiapkan pompa sentrifugal.
- Pipa paralon diameter 1" dengan suction 4 meter, discharge 1 meter dan suction 1 meter, discharge 4 meter.
- Pipa paralon elbow 2 pcs dengan diameter 1".
- Bejana air volume 5 liter.
- Saringan 1 pcs, ukuran 1".
- Sambungan pipa 1 ulir 3 pcs, ukuran 1".
- Lem pipa paralon.
- Uji pertama di mulai dengan penyambungan pipa paralon suction 4 meter, discharge 1 meter, uji kedua pipa paralon suction 1 meter, discharge 4 meter dan elbow 90 $^{\circ}$ dengan cara di lem kemudian di pasang kepompa sentrifugal, di atur suction 4 meter, discharge 1 meter dan suction 1 meter, discharge 4 meter.
- kita isi bag penampung dengan air .

- Setelah di setel sesuai yang di inginkan di mulai menyalakan pompa sentrifugal tetapi di tunggu beberapa saat sampai aliran normal, nyalakan pengatur waktu bersamaan menyiapkan bejana air volume 5 liter.
- Matikan pengatur waktu bila bejana air volume 5 liter penuh.
- Hasil uji tersebut dicatat terlebih dahulu agar tidak lupa.

3. Tahap pembuatan saran dan kesimpulan
 Dalam tahap ini setelah di dapatkan perbandingan data dari proses pengumpulan data sehingga bisa di ketahui perbedaan dari awal hingga akhir proses sehingga bisa diambil kesimpulan yang terjadi dalam proses analisa pengaruh perbedaan letak pompa sentrifugal terhadap kapasitas pompa.

- Rpm : 2850
- Frekuensi : 50 Hz
- Diameter pipa : 1 in

Penjelasan tentang percobaan

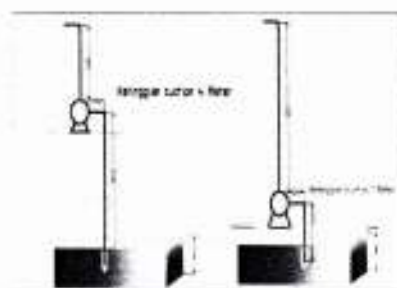
Penelitian di lakukan di Desa Sumari RT 02, RW 01 kecamatan Duduk Sampayan Gresik dan waktu pengambilan data jam 08.00 sampai jam 12.00 di mulai dari 20 Maret 2015. Dalam eksperimen ini saya menggunakan pipa pvc suction 4 meter, discharge 1 meter dengan diameter dalam 27 mm. Memakai elbow 90° dengan diameter 32,1 mm, sebanyak 3 pcs. Dan menggunakan filter. Sebagai tempat penampung air menggunakan bejana dengan volume 5 liter. Untuk menghitung waktu menggunakan stop watch.

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN



Gambar 4.1 pompa air

- Merek pompa : National
- Daya hisap : 9 meter
- Daya dorong : 24 meter
- Tinggi total maksimal: 33 meter
- Kapasitas maksimal: 36 liter / mnt
- Kapasitor : 6 μ / 450 v
- Suhu cairan maksimal: 35 ° c
- Tegangan : 220 v
- Daya masukan : 250 watt



Gambar 4.2 : pompa dengan suction 4 meter dan suction 1 meter

Ket lengkap :

Pipa pvc

- Merek pipa : Winlon AW
- Diameter dalam : 27 mm
- Diameter luar : 31,9 mm
- Panjang pipa : 4 m, 1 m

Elbow 90°

- Merek elbow : Trillium
- Diameter dalam : 32.1 mm
- Diameter luar : 39 mm
- Jumlah : 2 pcs

Sambungan pipa 1 ulir

- Merek sambungan: Trillium
- Ukuran : 1"
- Jumlah : 3 pcs

Saringan

- Merek : Decota
- Ukuran : 1"
- Jumlah : 1 pcs

a. Cara melakukan percobaan

- Menyiapkan pompa sentrifugal.
- Pipa paralon diameter 1" dengan suction 4 meter, discharge 1 meter dan suction 1 meter, discharge 4 meter.
- Pipa paralon elbow 2 pcs dengan diameter 1".
- Bejana air dengan volume 5 liter.
- Filter 1 pcs, ukuran 1".
- Sambungan pipa 1 ulir 3 pcs, ukuran 1".
- Lem pipa paralon.
- Uji pertama di mulai dengan penyambungan pipa paralon suction 4 meter, discharge 1 meter, uji kedua pipa paralon suction 1 meter, discharge 4 meter dan elbow 90° dengan cara di lem kemudian di pasang kepompa sentrifugal, di atur suction 4 meter, discharge 1 meter dan suction 1 meter, discharge 4 meter.
- Isi bak penampung dengan air .
- Setelah di setel sesuai yang di inginkan di mulai menyalakan pompa sentrifugal tetapi di tunggu beberapa saat sampai aliran normal, nyalakan pengatur waktu bersamaan menyiapkan bejana air dengan volume 5 liter.
- Matikan pengatur waktu bila bejana air dengan volume 5 liter penuh.
- Hasil uji tersebut di catat terlebih dahulu agar tidak lupa.

b. Hasil dan pengujian

Hasil pengujian pompa suction 4 meter, discharge 1 meter

1. h_s : 4 meter
2. h_d : 1 meter

3. V_{air} : 5 liter = 0,005 m³

4. t : 12 s

Hasil pengujian pompa suction 1 meter, discharge 4 meter

1. h_s : 1 meter

2. h_d : 4 meter

3. V_{air} : 5 liter = 0,005 m³

4. t : 11 s

PERHITUNGAN HASIL PENGUJIAN

Perhitungan pompa suction 4 meter, discharge 1 meter

a. Kapasitas (Q)

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{0,005 \text{ m}^3}{12 \text{ s}}$$

$$= 4,1667 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} = 0,41 \text{ Liter / s}$$

b. Luas Penampang Pipa (A)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 0,027^2$$

$$= 0,00057 \text{ m}^2 = 0,57 \text{ mm}^2$$

c. Laju Aliran Fluida (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{4,1667 \times 10^{-4}}{0,00057}$$

$$= 0,731 \text{ m / s}$$

d. Head Statis Total (h_a)

$$h_a = h_s + h_d$$

$$= 3,1 + 1$$

$$= 4,1 \text{ m}$$

e. Head Tekanan (Δh_p)

Karena P_1 dan P_2 merupakan tangki terbuka, maka P_1 dan $P_2 = 0$, sehingga :

$$\Delta h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} = 0 \text{ m}$$

f. Kerugian Head (HL)

Sebelum mencari head, ditentukan terlebih dahulu apakah aliran yang terjadi adalah aliran laminar atau aliran turbulen dengan menggunakan bilangan Reynolds, yaitu :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{999,97 \times 0,731 \times 0,027}{0,801 \times 10^{-4}}$$

$$= 2,463971 \times 10^5$$

Karena $Re < 2300$ maka aliran yang berifat laminar.

Untuk menghitung kerugian gesek menggunakan rumus :

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$= \frac{64}{2,463971 \times 10^5}$$

$$= 0,0002597433 \text{ m} = 0,259 \text{ mm}$$

g. Mayor Head Loss (h_{lp})

$$h_{lp} = f \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$= 0,0002597433 \frac{5 \times 0,731^2}{0,027 \times 19,6}$$

$$= 0,0002597433 \times 5,04876228$$

$$= 0,001311382 \text{ m} = 1,311 \text{ mm}$$

h. Minor loss (h_{lf})

$$h_{lf} = n \cdot k \cdot \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Elbow} = 2 \cdot 1,5 \cdot \frac{0,731^2}{19,6}$$

$$= 2 \cdot 1,5 \cdot 0,02726332$$

$$= 0,08178996 \text{ m} = 81,789 \text{ mm}$$

$$\text{filter} = 1 \cdot 1,97 \cdot 0,02726332$$

$$= 0,05370874 \text{ m} = 53,708 \text{ mm}$$

$$h_{lf} = h_{lf} \text{ elbow} + h_{lf} \text{ saringan}$$

$$= 0,08178996 + 0,05370874$$

$$= 0,1354987 \text{ m} = 135,498 \text{ mm}$$

$$HL = h_{lp} + h_{lf}$$

$$= 0,001311382 + 0,1354987$$

$$= 0,13681008 \text{ m} = 136,81 \text{ mm}$$

i. Head Total Pompa (H)

$$H = h_c + \Delta h_p + h_z + \frac{v^2}{2g}$$

$$= 4,1 + 0 + 0,13681008$$

$$+ 0,02726332$$

$$= 4,2640734 \text{ m} = 4264,07 \text{ mm}$$

Perhitungan pompa suction 1 meter, discharge 4 meter

a. Kapasitas (Q)

$$Q = \frac{V}{t}$$

$$= \frac{0,005 \text{ m}^3}{11 \text{ s}}$$

$$= 4,5455 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 0,45 \text{ Liter / s}$$

b. Luas Penampang Pipa (A)

$$A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= \frac{3,14}{4} 0,027^2$$

$$= 0,00057 \text{ m}^2 = 0,57 \text{ mm}$$

c. Laju Aliran Fluida (v)

$$v = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{4,5455 \times 10^{-4}}{0,00057}$$

$$= 0,79745614 \text{ m / s}$$

d. Head Statis Total (h_a)

$$h_a = h_s + h_d$$

$$= 0,1 + 4$$

$$= 4,1 \text{ m}$$

e. Head Tekanan (Δh_p)

Karena P_1 dan P_2 merupakan tangki terbuka, maka P_1 dan $P_2 = 0$, sehingga :

$$\Delta h_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g} = 0 \text{ m}$$

f. Kerugian Head (HL)

Sebelum mencari head, ditentukan terlebih dahulu apakah aliran yang terjadi adalah aliran laminar atau aliran turbulen dengan menggunakan bilangan *Reynolds*, yaitu :

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$$= \frac{999,97 \times 0,79745614 \times 0,027}{0,801 \times 10^{-4}}$$

$$= 2,687976 \times 10^5$$

Karena $Re < 2300$ maka aliran yang berifat laminar.

Untuk menghitung kerugian gesek menggunakan rumus :

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$= \frac{64}{2,687976 \times 10^5}$$

$$= 0,0002380974 \text{ m} = 0,238 \text{ mm}$$

g. Mayor Head Loss (h_{lp})

$$h_{lp} = f \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$= 0,0002380974 \frac{5 \times 0,79745614^2}{0,027 \times 19,6}$$

$$= 0,0002380974 \times 2308,21332$$

$$= 0,54957959 \text{ m} = 549,57 \text{ mm}$$

h. Minor loss (h_{lf})

$$h_{lf} = f \frac{L \cdot v^2}{d \cdot 2g}$$

$$\text{Elbow} = 2 \cdot 1,5 \cdot \frac{0,7874561^2}{19,6}$$

$$= 2 \cdot 1,5 \cdot 0,03244573$$

$$= 0,09733719 \text{ m} = 97,33 \text{ mm}$$

$$\text{Filter} = 1 \cdot 1,97 \cdot 0,03244573$$

$$= 0,06391809 \text{ m} = 63,91 \text{ mm}$$

$$h_{lf} = h_{lf} \text{ elbow} + h_{lf} \text{ saringan}$$

$$= 0,09733719 + 0,06391809$$

$$= 0,16125528 \text{ m} = 161,25 \text{ mm}$$

$$\text{HL} = h_{lp} + h_{lf}$$

$$= 0,54957959 + 0,16125528$$

$$= 0,71083487 \text{ m} = 710,83 \text{ mm}$$

i. Hasil Total Head (H)

$$H = h_a + \Delta h_p + h_z + \frac{v^2}{2g}$$

$$= 4,1 + 0 + 0,71083487 + 0,03244573$$

$$= 4,8432806 \text{ m} = 4843,28 \text{ mm}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Austin, H.C.1990, Pompa dan Blower Centrifugal, Jakarta : PT. Erlangga.
- Dietzel, F., 1992, Turbin, Pompa dan Kompresor, Jakarta : PT. Erlangga.
- Fox, W.Robert, and Mc Donald, Alan T, 1998. *Introductions to Fluid Mechanics*, 5th edition, Canada : Jhon Wiley and Sons, Inc.
- Munson, Bruce R., Young, Donald F., and Okiishi, Theodore H. 2003. *Mekanika Fluida* Jilid 2. Jakarta : Erlangga.
- Sularso, Tahara, H., 2004, Pompa dan Kompresor, Jakarta : PT. Pradnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dasar teori setelah melakukan eksperimen dan menganalisa pengaruh perbedaan letak pompa sentrifugal, maka di dapatkan kesimpulan :

Bahwa pompa dengan *suction* lebih pendek (jarak pompa lebih dekat dengan permukaan air) lebih efektif karena kapasitas pompa lebih besar dari pada pompa dengan *suction* panjang (letak pompa jauh dari permukaan air).

Saran

Berdasarkan hasil eksperimen untuk perbedaan letak pompa terhadap kapasitas pompa di sarankan untuk pemakaian pompa sentrifugal di usahakan pompa lebih dekat dengan permukaan air.

cetakan. Agar proses produksi tidak terganggu maka belt conveyor harus bisa berjalan secara optimal, untuk itu perlu di terapkan sistem perawatan baik *preventive maintenance* yang bertujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan maupun *corrective maintenance* yang bertujuan untuk memperbaiki kerusakan yang terjadi. Selama ini, kegiatan *preventive maintenance* yang dilakukan hanya dalam hal *inspection, lubrication, cleaning* maupun kegiatan servis lainnya. Walaupun telah dilakukan *preventive maintenance*, tetapi frekuensi *breakdown* dari mesin *belt conveyor system* masih cukup tinggi. Padahal perusahaan menginginkan frekuensi *breakdown* mesin produksi dapat ditekan seminimal mungkin agar produksi dapat berjalan dengan lancar.

Untuk mendapatkan perencanaan perawatan yang baik tentu kita harus memahami karakter mesin yang ditangani dan untuk mengetahui kapan perlu dilakukan perawatan yang tepat terlebih dulu dihitung keandalan komponen mesin *belt conveyor system*.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan tindakan perawatan pada mesin melalui analisa sistem adalah metode *Reliability Centered Maintenance (RCM)*. Metode RCM merupakan suatu proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilakukan untuk menjamin agar mesin dapat berlangsung terus memenuhi fungsi yang diharapkan dalam konteks operasinya saat ini, atau dengan kata lain mencegah mesin mengalami kegagalan fungsi dengan tetap memperhatikan konsekuensi yang mungkin timbul dari setiap kerusakan yang terjadi. Tujuan dilakukan perhitungan adalah Untuk mengetahui nilai keandalan *belt conveyor system* yang digunakan untuk alat angkut pasir cetakan.

KAJIAN TEORI

Belt Conveyor

Belt conveyor system atau konveyor sabuk adalah pesawat pengangkut yang digunakan untuk memindahkan muatan dalam bentuk satuan atau tumpahan, dengan arah *horizontal* atau membentuk sudut kemiringan dari suatu sistem yang satu ke sistem yang lain dalam suatu *line* proses produksi, yang menggunakan sabuk sebagai penghantar muatannya. *Belt conveyor system* pada dasarnya merupakan peralatan yang sederhana, alat tersebut terdiri dari sabuk yang tahan terhadap pengangkutan benda padat. *Belt conveyor sistem* memiliki komponen utama berupa sabuk yang berada diatas roller-roller penumpu. Sabuk digerakkan oleh motor penggerak melalui suatu *pulley*, sabuk bergerak secara translasi dengan melintas datar atau miring tergantung kepada kebutuhan dan perencanaan. Material diletakkan diatas sabuk dan bersama sabuk bergerak kesatu arah. Pada pengoperasiannya konveyor sabuk menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik dengan perantara roda gigi dan rantai (*chain*). Sabuk yang berada diatas roller-roller akan bergerak melintasi *roller-roller* dengan kecepatan sesuai putaran dan *gear* penggerak.

Belt conveyor system adalah mesin pemindah yang paling universal karenakapasitas cukup besar (500 s.d 5000 m³/jam) sanggup memindahkan material pada jarak relatif panjang (500 s/d 1000 m) desain yang sangat sederhana dan pengoperasian yang baik. *Belt conveyor system* dapat digunakan untuk memindahkan berbagai unit material sepanjang arah *horizontal* atau pada suatu kemiringan tertentu pada berbagai industri. Contohnya pada industri pengecoran logam, tambang batubara, produksi beton, industri makanan dan lain-lain.

Ada beberapa pertimbangan yang mendasari dalam penelitian pesawat pengangkut :

- 1) Karakteristik pemakaian, hal ini menyangkut jenis dan ukuran material, sifat material, serta kondisi medan atau ruang kerja alat.
- 2) Proses produksi, mengangkut kapasitas perjam dari unit, kontinuitas pemindahan, metode penumpukan material dan lamanya alat beroperasi.
- 3) Prinsip-prinsip ekonomi, meliputi ongkos pembuatan, pemeliharaan, pemasangan, biaya operasi dan juga biaya penyusutan dari harga awal alat tersebut.

Berdasarkan pertimbangan diatas maka dipilihnya *belt conveyor system* sebagai pesawat pengangkut yang paling sesuai untuk mengangkut pasir cetakan kedalam proses *mixer* dalam produksi pengecoran.

Kelebihan *belt conveyor system*:

- 1) Mampu membawa beban berkapasitas besar.
- 2) Kecepatan sabuk dapat diatur untuk menetapkan jumlah material yang dipindahkan persatuan waktu.
- 3) Dapat bekerja dalam arah yang miring tanpa membahayakan operator yang mengoperasikannya.
- 4) Memerlukan daya yang lebih kecil, sehingga menekan biaya operasinya.
- 5) Tidak mengganggu lingkungan karena tingkat kebisingan dan polusi yang rendah.
- 6) Lebih ringan dari pada *conveyor* rantai maupun *bucket conveyor*.
- 7) Aliran pengangkutan berlansung secara terus menerus.

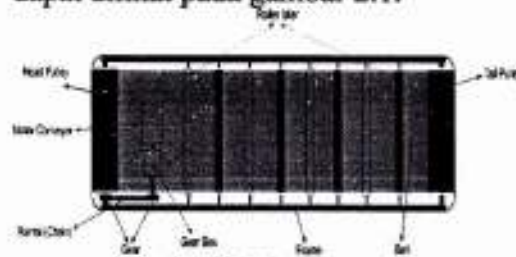
Kelemahan *belt conveyor system*.

- 1) Sabuk sangat peka terhadap pengaruh luar, misalnya timbul kerusakan pada pinggir dan permukaan *belt*, sabuk bisa robek karena batuan yang keras dan tajam atau lepasnya sambungan sabuk.
- 2) Biaya perawatannya sangat mahal.

- 3) Jalur pemindahan (*transfer line*). Karena untuk satu unit *belt conveyor system* hanya bisa dipasang untuk jalur lurus.
- 4) Kemiringan/sudut inklinasi yang terbatas.

Komponen *Belt Conveyor System*

Belt conveyor system mempunyai beberapa komponen utama. Komponen – komponen utama *belt conveyor system* dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 komponen – komponen utama *belt conveyor system*

Komponen *belt conveyor system* terdiri dari :

1. Rangka (*frame*).
2. Motor penggerak (*motor conveyor*).
3. Gear box.
4. Gear
5. Rantai (*chain*).
6. *Head pulley* (pulley penggerak).
7. *Roller idler*.
8. *Belt* (sabuk).
9. *Tail pulley*.

Belt (sabuk).

Belt terbuat dari bahan tekstil, baja lembaran atau jalinan kawat baja. *Belt* yang terbuat dari tekstil berlapis karet paling banyak di temukan dan digunakan dilapangan. Syarat – syarat *belt* untuk *conveyor system* adalah:

1. Tahan terhadap beban tarik.
2. Tahan beban kejut.
3. Perpanjangan spesifik rendah.
4. Harus *fleksibel*.
5. Tidak menyerap air.
6. Ringan.

Belt yang digunakan pada *belt conveyor system* terdiri dari beberapa tipe seperti bulu unta, katun dan beberapa jenis

belt tekstil berlapis karet. *Belt* harus memenuhi persyaratan, yaitu kemampuan menyerap air rendah, kekuatan tinggi, ringan, lentur, regangan kecil, ketahanan pemisahan lapisan yang tinggi dan umur pakai panjang. Untuk persyaratan tersebut, *belt* berlapis karet adalah yang terbaik. *Belt* tekstil berlapis karet terbuat dari beberapa lapisan yang dikenal dengan *plies*. Lapisan-lapisan tersebut dihubungkan dengan menggunakan *vulkanisasi* atau dengan karet alam maupun sintetis. *Belt* dilengkapi dengan *cover* karet untuk melindungi tekstil dari kerusakan-kerusakan. Karena beberapa jenis material yang dibawa mempunyai sifat *abrasif*. Bentuk penampang *belt* diperlihatkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Penampang *belt* (sabuk).

- 1 : Lapisan.
- 2 : *Cover*.
- 3 : Tebal *belt* (sabuk).
- 4 : Bagian yang dibebani.

Jumlah lapisan *belt* (sabuk) tergantung lebar *belt* (sabuk).

Roller idler.

Belt (sabuk) ditahan oleh *idler*. Jenis *idler* yang digunakan kebanyakan adalah *roller idler*. Berdasarkan lokasi *idler* di *belt conveyor system*, dapat membedakan menjadi *idler atas* dan *idler bawah*. Sudut antara *idler bawah* dan atas dapat divariasikan sesuai keperluan. Gambar susunan *idler atas* dapat di lihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 *Idler* bagian atas

Idler atas menyangga *belt* yang membawa beban. *Idler* atas bisa merupakan *idler tunggal* atau tiga *idler*. Sudut kemiringan *idler* bagian atas dapat mencapai 45° terhadap *horizontal*. Akan tetapi untuk mencegah tekukan sabuk terlalu tajam umumnya dibatasi berkisar antara 20° sampai 35° . Jarak antara *roller idler* yang satu dengan yang lain tergantung dari muatan yang diangkut dan kekuatan sabuk. Untuk mencegah melekatnya *idler* keporos digunakan bantalan atau *bearing*. Pelumasan *bearing idler* merupakan hal yang cukup penting diperhatikan. Pelumasan dengan oil dapat merusak *belt* maka perlu dilumasi dengan *grease* atau gemuk. Sedangkan untuk *idler bawah* digunakan *idler tunggal*. Gambar *idler bawah* dapat dilihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 *Idler* bagian bawah

Idler bagian bawah dibuat sedemikian rupa sehingga mudah untuk dibongkar pasang. Ini dimaksudkan untuk memudahkan perawatan. Jika salah satu komponen *idler* rusak dapat di lakukan penggantian secara cepat. Diameter (*D*) *idler* tergantung pada lebar *belt* (*B*) yang ditumpunya.

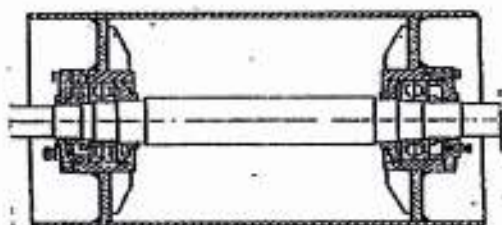
Tabel: 2.1: ketentuan lebar *belt* (sabuk) dengan diameter *idler*.

<i>Idler diameter</i> (<i>D</i>)	<i>Belt Width</i> (<i>B</i>)
------------------------------------	--------------------------------

)
108	400 - 800
159	800 - 1600
194	1600 - 2000

Head pulley.

Head pulley dibuat dari baja yang berbentuk tabung, tetapi pada permukaannya dikasih lapisan karet agar tidak banyak gesekan antara head pulley dengan belt (sabuk). Head pulley ditumpu oleh poros dan dilengkapi bantalan (bearing). Konstruksi head pulley beserta bantalan dan rumah bantalan dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.5. konstruksi head pulley

Untuk menjaga belt (sabuk) tidak lepas dari head pulley maka head pulley dianjurkan lebih lebar 100 sampai 200 mm dari belt (sabuk).

Perawatan (Maintenance)

Untuk mendukung suatu proses produksi yang mempunyai daya saing dipasaran perawatan mesin adalah salah satu factor yang penting dalam mendukung proses produksi. Produk yang dibuat industri haruslah mempunyai hal-hal sebagai berikut:

1. Kualitas baik.
2. Harga pantas.
3. Di produksi dan di serahkan ke konsumen tepat waktu dan cepat.

Oleh karena itu proses produksi harus didukung oleh peralatan yang siap bekerja setiap saat dan handal. Untuk mencapai itu maka peralatan-peralatan penunjang proses produksi harus selalu mendapatkan perawatan yang teratur dan terencana. Menurut Corder (1992), perawatan adalah

suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang dalam atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang bisa diterima.

Menurut Assauri (1999), perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas peralatan pabrik dan mengadakan perbaikan atau penggantian yang memuaskan sesuai dengan apa yang direncanakan.

Berdasarkan pada teori diatas dapat diambil kesimpulan bahwa perawatan adalah kegiatan untuk memelihara atau menjaga fasilitas, mesin dan peralatan pabrik, mengadakan perbaikan, penyesuaian atau penggantian yang diperlukan agar terdapat suatu keadaan operasi produksi yang memuaskan sesuai dengan apa yang diharapkan.

Manajemen perawatan adalah pengorganisasian operasi perawatan untuk memberikan pandangan umum mengenai perawatan fasilitas industri. Pengorganisasian ini mencakup penerapan dari metode manajemen dan metode yang menunjang keberhasilan manajemen ini adalah dengan mengembangkan dan menggunakan suatu penguraian sederhana yang diperluas melalui gagasan dan tindakan.

Menurut Assauri (1999), beberapa tujuan dari manajemen perawatan adalah untuk menunjang aktivitas dalam bidang perawatan (Maintenance) adalah sebagai berikut :

- a. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produksi itu sendiri dan kegiatan produksi yang terganggu.
- c. Untuk membantu mengurangi pemakaian dan penyimpangan yang diluar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan mengenai investasi tersebut.

- d. Untuk mencapai tingkat biaya maintenance serendah mungkin, dengan melaksanakan kegiatan maintenance secara efektif dan efisien keseluruhannya.
 - e. Menghindari kegiatan pemeliharaan yang dapat membahayakan keselamatan.
 - f. Mengadakan suatu kerjasama yang erat dengan fungsi – fungsi utama lainnya dari suatu perusahaan, dalam rangka untuk mencapai tujuan utama perusahaan yaitu tingkat keuntungan yang sebaik mungkin dan total biaya yang terendah.
- c. Membentuk PM dan tugas yang berhubungan yang dapat mengembalikan kehandalan dan keamanan pada *level*nya semula pada saat terjadinya penurunan kondisi peralatan atau mesin.

Keandalan (*Reliability*)

Pemeliharaan tidak dapat dipisahkan terhadap keandalan. Jika suatu *instrument* dapat di buat betul-betul handal maka sama sekali tidak di perlukan pekerjaan pemeliharaan, oleh sebab itu sangat *essensial* bagi orang-orang pemeliharaan mengetahui tentang keandalan dan hubungannya dengan masalah pemeliharaan. Pengetahuan tentang komponen yang hampir seluruhnya andal, mana yang kurang handal akan sangat membantu tugas pemeliharaan. Efek-efek terhadap keandalan dan juga *maintenance* dari fakto-faktor: *temperature*, kelembaban dan guncangan adalah juga sangat penting, disamping metode khusus seperti redundansi, dimana kehandalan dapat diperbaiki pada tahap desain.

Keandalan (*reliability*) di definisikan sebagai probalitas bahwa suatu komponen atau sistem akan melakukan fungsi yang diinginkan sepanjang suatu periode waktu tertentu bilamana digunakan pada kondisi-kondisi pengoperasian yang telah ditentukan atau dalam perkataan yang singkat keandalan merupakan probabilitas dari ketidak gagaln terhadap waktu.

Reliability atau keandalan dari suatu produk atau sistem menyampaikan konsep dapat dihandalkan atau sitem tersebut sukses beroperasi dengan tidak adanya kegagalan. Lebih tepatnya *reliability* didefinisikan sebagai suatu konsep terkait sebagai kehandalan produk atau sistem adalah

Reliability Centered Maintenance (RCM)

Pada dasarnya *Reliability Centered Maintenance (RCM)* di gunakan untuk menentukan suatu metode perawatan yang paling efektif. Menurut Moubray (1997:7), *reliability centred maintenance* diartikan sebagai suatu proses yang di gunakan untuk menjelaskan apa yang harus dilakukan untuk menjamin suatu asset fisik dapat berjalan dengan baik sesuai dengan keinginan penggunanya. Dhillon (2002) menyebutkan bahwa *Reability Centered maintenance* adalah sistematis proses yang digunakan untuk menentukan apa yang harus dilaksanakan untuk memastikan setiap fasilitas untuk dapat terus menjalankan fungsinya dalam opsional. RCM berfokus pada *preventive maintenance (PM)* terhadap kegagalan yang sering terjadi.

Beberapa tujuan penting RCM adalah :

- a. Membentuk desain yang berhubungan supaya dapat memfasilitasi *preventive maintenance*.
- b. Mendapatkan informasi yang berguna untuk meningkatkan desain dari produk atau mesin yang ternyata tidak memuaskan , yang berhubungan dengan kehandalan.

probabilitas suatu barang atau sistem mampu melakukan fungsi tertentu untuk periode waktu tertentu jika beroperasi secara normal. Jika merujuk pada pendapat ahli di bawah ini di dapat bahwa:

- a. Menurut Charles E Ebeling (1997) *Reliability* didefinisikan sebagai *probabilitas* bahwa sistem (komponen) akan berfungsi selama periode waktu tertentu ketika digunakan dalam kondisi operasi beberapa periode waktu (t).

Adapun fungsi keandalan adalah (Blanchard 1994)

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

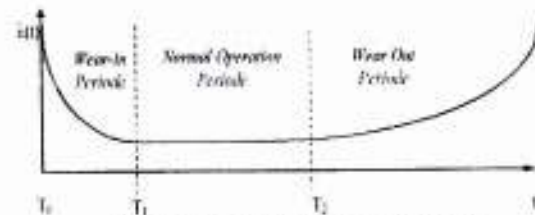
Jika t tak terhingga, maka R(t) menuju 0. F(t) merupakan distribusi kerusakan atau fungsi ketidak handalan.

- b. Menurut Blanchard (1994) *Reliability* atau keandalan merupakan probabilitas bahwa sebuah unit akan memberikan kemampuan yang memuaskan untuk suatu tujuan tertentu dalam periode waktu tertentu ketika dalam kondisi lingkungan tertentu.
- c. Menurut Leith (1995) *Reliability* atau keandalan suatu produk adalah ukuran terhadap kemampuan produk tersebut untuk melakukan fungsinya pada saat dibutuhkan untuk waktu tertentu pula.

Laju Kegagalan

Laju kegagalan atau *hazard rate function* adalah banyaknya kegagalan persatuan waktu. Laju kegagalan juga merupakan perbandingan antara banyaknya kegagalan yang terjadi selama selang waktu tertentu dengan total waktu operasi dari suatu sistem (komponen). Laju kegagalan dapat digambarkan dalam bentuk kurva yaitu kurva bak mandi (*bathub curve*). Kurva bak mandi digunakan untuk mengetahui tingkat kegagalan dari suatu sistem atau

komponen yang dilihat berdasarkan waktu.



Gambar 2.11. Kurva Bathtub

Sumber : Moubray (1997 : 249)

Kurva bak mandi mempunyai 3 periode fase yaitu :

a) *Wear-In Periode*

Periode ini sering disebut periode kerusakan awal. Pada periode T0 sampai T1 mempunyai waktu yang pendek pada permulaan bekerjanya peralatan.

b) *Normal Operation Periode*

Periode T1 sampai T2 mempunyai laju kerusakan paling kecil dan tetap yang disebut *Constant Failure Rate* (CFR). Kerusakan yang terjadi bersifat random yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan bekerjanya peralatan.

c) *Wear - Out Periode*

Pada periode setelah T2 menunjukkan kenaikan laju kerusakan dengan bertambahnya waktu yang sering disebut dengan *Increasing Failure Rate* (IFR). Hal ini terjadi karena keausan peralatan.

Fungsi laju kerusakan

Laju kerusakan (*failure rate*) merupakan laju dimana kerusakan terjadi pada interval waktu yang ditetapkan. Laju kerusakan (λ) dirumuskan sebagai berikut (Blanchard, 1994) :

$$\lambda = \frac{f}{t}$$

Dimana :

λ = Laju kerusakan.

f = Jumlah kerusakan yang terjadi.

t = Waktu operasi keseluruhan.

2.5.1. Maintainability dan availability.

Maintainability adalah probabilitas mesin yang mengalami kerusakan dapat dioperasikan kembali dalam suatu selang down time tertentu. Untuk

mengoptimalkan maintainabilitas system ada dua faktor yang perlu diperhatikan yaitu model pemeliharaan (maintenance model) dan perancangan untuk mendapatkan tingkat maintainabilitas tertentu. Perhitungan-perhitungan dalam maintainability antara lain adalah:

1. Mean time between maintenance (MTBM).

Waktu rata-rata diantara pemeliharaan meliputi kebutuhan pemeliharaan preventif (terjadwal) dan pemeliharaan korektif (tidak terjadwal).

$$MTBM = \frac{\text{total waktu operasi}}{\text{frekuensi pemeliharaan}}$$

$$F_{pt} = \frac{1 - (\lambda \times MTBM)}{MTBM}$$

Dimana : λ = laju kerusakan.

f_{pt} = laju pemeliharaan preventif.

2. Waktu rata-rata pemeliharaan aktif (M).

$$M = MTBM (\lambda \times M_{ct}) - (f_{pt} \times M_{pt})$$

Dimana :

M_{ct} = waktu rata-rata pemeliharaan korektif.

M_{pt} = waktu rata-rata pemeliharaan preventif.

Ketersediaan (*Availability*) dan Kesiapan Sistem Beroperasi.

Ketersediaan (*availability*) suatu sistem atau peralatan adalah kemampuan sistem atau peralatan tersebut dapat beroperasi secara memuaskan pada saat tepat pada waktunya dan pada keadaan yang telah ditentukan. Waktu total perhitungan ketersediaan didasarkan pada waktu operasi. Secara definisi ada 3 macam ketersediaan (*availability*) yaitu:

- a. Inheren Availability (A_i).

Kemungkinan suatu sistem atau peralatan dalam keadaan ideal yang beroperasi secara memuaskan pada tiap waktu yang ditentukan. Inheren availability dinyatakan dalam :

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + M_{ct}}$$

Dimana :

MTBF = Mean Time Between Failure.

M_{ct} = Mean time corrective maintenance time.

- b. Achieved Availability (A_a).

Secara definisi sama dengan inheren availability, hanya A_a waktu kegiatan pencegahan dimasukkan sehingga achieved availability dinyatakan dalam:

$$A_a = \frac{MTBM}{MTBM + M}$$

Dimana :

MTBM = Mean time between maintenance.

M = Waktu rata-rata pemeliharaan aktif.

- c. Operasional Availability (A_o).

Probabilitas suatu sistem atau peralatan dalam keadaan sebenarnya akan beroperasi secara memuaskan. Operasi availability dinyatakan dalam:

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

Dimana :

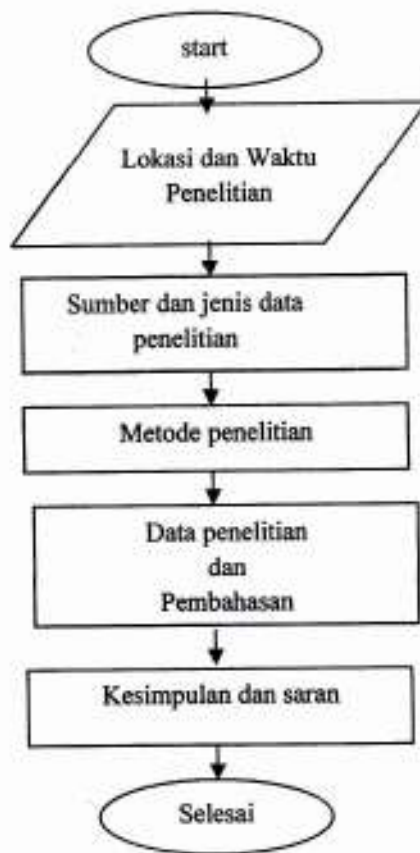
MDT = Mean Maintenance Down Time.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian di lakukan pada PT.BARATA INDONESIA (persero) yang terletak di jalan Veteran 241 kabupaten Gresik, Jawa Timur. Penelitian di lakukan pada bulan Januari 2014 sampai dengan data yang diperlukan memenuhi. Penelitian dimulai dari peninjauan, pengumpulan data dan wawancara langsung disertai dengan *meriview* dokumen-dokumen perusahaan yang berhubungan dengan penelitian. Berdasarkan sifatnya, maka penelitian ini digolongkan sebagai penelitian *deskriptif* yaitu penelitian yang berusaha untuk memaparkan masalah terhadap suatu masalah yang ada sekarang secara sistimatis dan aktual berdasarkan data-data. Jadi penelitian ini meliputi proses pengumpulan, penyajian dan pengolahan data serta *analisis* dan *interpretasi*.

Metodologi penelitian digambarkan pada diagram alir berikut ini.



Gambar 3.1. Sistimatis metodologi penelitian

Tahap awal dari penelitian adalah dengan dilakukannya pemilihan sistem kritis pada *belt conveyor system*, dengan memperhatikan frekuensi kerusakannya.

Metode Pengumpulan Data

Suatu penelitian di dukung oleh data yang akurat untuk menunjang agar dapat mencapai tujuan penelitian yang optimal. Yang di lakukan pada tahap ini adalah mengumpulkan data yang di butuhkan dalam penelitian. Berdasarkan cara untuk memperoleh data penelitian, data dibagi menjadi jenis yaitu data primer dan data sekunder.

Metode Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan pada saat data yang diperlukan dalam pengolahan telah terkumpul. Pengolahan data bertujuan untuk melakukan penyelesaian dan pembahasan dari masalah yang sedang dianalisis. Langkah-langkah yang di lakukan dalam pengelolaan data meliputi:

1. Penentuan komponen kritis pada *belt conveyor system*.

Penentuan komponen kritis ini dilakukan berdasarkan pada data *downtime* dengan frekuensi terbesar. Pemilihan komponen kritis ini menggunakan tabel agar lebih memudahkan dalam menentukan frekuensi yang terbesar diantara komponen yang satu dengan komponen yang lainnya.

2. *Functional Block Diagram*

Functional Block Diagram digunakan untuk mendeskripsikan sytem kerja dari *belt conveyor* dan komponen didalamnya.

3. Identifikasi Penyebab Kegagalan

Penyusunan tabel *Failure Modes and Effect Analysis* (FMEA) dilakukan berdasarkan data fungsi komponen dan laporan perawatan yang kemudian dapat ditentukan berbagai penyebab kegagalan (*failure mode*) yang mengakibatkan kegagalan fungsi (*failures functional*) serta efek atau dampak (*failure effect*) yang ditimbulkan dari kegagalan fungsi.

4. RCM digunakan untuk mencari jenis kegiatan yang tepat dan memiliki kemungkinan untuk dapat mengatasi setiap *failure* (kegagalan).

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Kondisi Perawatan *Belt Conveyor System*

Belt conveyor system merupakan komponen terpenting didalam pabrik

pengecoran. *Belt conveyor system* berfungsi menyalurkan pasir cetakan dari mesin *shake out* menuju ke *hopper* dan selanjutnya dari *hopper* pasir di masukan ke *mixer* dan dijadikan cetakan untuk dituangi cairan baja. Karena untuk menyalurkan pasir cetakan yang masih panas sekitar 80⁰ C dan adanya pasir yang tumpah sehingga menyebabkan komponen-komponen *belt conveyor system* terjadi pemuaian dan terpendam memerlukan waktu rata-rata kurang lebih 5 jam. Selain itu, penggantian komponen memerlukan teknisi perbaikan sebanyak 4 (orang) yang bertugas membongkar komponen, memasang komponen dan melakukan instalasi komponen. Data jam kerja efektif mesin *belt conveyor system* tercantum pada tabel 4.1.

Tabel : 4.1. Data jam kerja efektif

Bulan	Jam kerja efektif (jam)
Januari (21 hari)	336
Pebruari (20 hari)	320
Maret (20 hari)	320
April (21 hari)	336
Mei (18 hari)	288
Juni (22 hari)	352
Jumlah	2912

Sedangkan kegiatan *corective maintenance* dilakukan tepat pada saat komponen mengalami kerusakan dan diganti dengan yang baru, dalam hal ini menyebabkan terjadinya *downtime*. Data mengenai *downtime* komponen *belt conveyor system* tercantum pada tabel 4.2.

pasir cetakan. Pemuaian dan tumpahan pasir cetakan ini menyebabkan beberapa komponen *belt conveyor system* tersebut rusak sehingga tidak dapat digunakan lagi. Padahal kondisi *bearing belt conveyor system* vibrasinya bagus.

Perawatan berupa penggantian komponen *belt conveyor system* dilakukan jika komponen tersebut mengalami kerusakan. Kegiatan penggantian komponen *belt conveyor system*

Tabel: 4.2. Data *down time*

Nama komponen <i>belt conveyor system</i>	Jumlah pemeliharaan korektif (kali)	Total waktu pemeliharaan korektif (jam)
<i>Bearing head pulley</i>	38	133
<i>Belt (sabuk)</i>	28	140
<i>Bearing roller idler</i>	20	60
Jumlah	86	333

Dari tabel pemeliharaan korektif di tabel 4.2 dihitung waktu rata-rata pemeliharaan korektif (Mct) dimana:

$$Mct = \frac{\text{Total waktu pemeliharaan korektif}}{\text{Banyaknya pemeliharaan korektif}}$$

$$Mct = \frac{333}{86} = 3,8720 \text{ jam.}$$

Menentukan Nilai Parameter Reliability

Laju kerusakan.

Laju kerusakan (λ) komponen – komponen *belt conveyor system*.

Persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung jumlah kaju kerusakan menggunakan rumus:

$$\lambda = \frac{\text{Jumlah pemeliharaan korektif}}{\text{Jumlah jam efektif mesin}}$$

1. Laju kerusakan *bearing head pulley*.

$$\lambda = \frac{28}{2912} = 0,0130 \text{ (kerusakan per jam)}$$

2. Laju kerusakan *belt* (sabuk).

$$\lambda = \frac{28}{2912} = 0,0096 \text{ (kerusakan per jam)}$$

3. Laju kerusakan *bearing roller idler*.

$$\lambda = \frac{20}{2912} = 0,0068 \text{ (kerusakan per jam)}$$

Menghitung waktu antar kerusakan.

Menghitung waktu antara kerusakan (MTBF) komponen *belt conveyor system* yang secara matematis menggunakan rumus:

$$MTBF(\theta) = \frac{1}{\lambda}$$

1. MTBF *bearing head pulley*.

$$\theta = \frac{1}{0,0130} = 76,92 \text{ jam.}$$

2. MTBF *belt* (sabuk).

$$\theta = \frac{1}{0,0096} = 104,16 \text{ jam.}$$

3. MTBF *bearing roller idler*.

$$\theta = \frac{1}{0,0068} = 147,05 \text{ jam.}$$

Menghitung fungsi ketidak andalan $F(t)$.

Fungsi ketidak andalan dapat diartikan peluang mesin akan rusak pada waktu (t). Persamaan matematis yang digunakan.

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

1. Ketidak andalan untuk *bearing head pulley*.

$$\begin{aligned} F(t) &= 1 - e^{-\lambda t} \\ &= 1 - 2,718^{-0,0130 \times 8} \\ &= 1 - 0,9012 \\ &= 0,098 \\ &= 9,8 \% \end{aligned}$$

2. Ketidak andalan untuk *belt* (sabuk).

$$\begin{aligned} F(t) &= 1 - e^{-\lambda t} \\ &= 1 - 2,718^{-0,0096 \times 8} \\ &= 1 - 0,9268 \\ &= 0,073 \\ &= 7,3 \% \end{aligned}$$

3. Ketidak andalan pada *bearing roller idler*.

$$\begin{aligned} F(t) &= 1 - e^{-\lambda t} \\ &= 1 - 2,718^{-0,0068 \times 8} \end{aligned}$$

$$= 1 - 0,9474$$

$$= 0,052$$

$$= 5,2 \%$$

Menghitung keandalan mesin *belt conveyor system*.

Persamaan yang digunakan untuk menghitung keandalan mesin *belt conveyor system* adalah

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

$$e = 2,718 \quad t = 8$$

1. Keandalan untuk *bearing head pulley*.

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-\lambda t} \\ &= 2,718^{-0,0130 \times 8} \\ &= 0,901 \\ &= 90,1 \% \end{aligned}$$

2. Keandalan untuk *belt* (sabuk).

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-\lambda t} \\ &= 2,718^{-0,0096 \times 8} \\ &= 0,926 \\ &= 92,6 \% \end{aligned}$$

3. Keandalan untuk *bearing roller idler*.

$$\begin{aligned} R(t) &= e^{-\lambda t} \\ &= 2,718^{-0,0068 \times 8} \\ &= 0,947 \\ &= 94,7 \% \end{aligned}$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Mesin *belt conveyor system* pada PT. BARATA INDONESIA yang digunakan untuk mengangkut pasir cetakan memiliki keandalan pada *bearing head pulley* 90,1%, *belt* (sabuk) 92,6%, *bearing roller idler* 94,7%. Sehingga mesin tersebut sering rusak atau mempunyai frekuensi kerusakan yang tinggi, hal ini dapat dilihat dari nilai MTBF *bearing head pulley* 76,92 jam, *belt* (sabuk) 104 jam, dan untuk *bearing roller idler* 147,05