

## **BAB II**

### **TINJAUAN UMUM**

#### **2.1 Pengertian *Hydraulic Ram Pump***

*Hydraulic Ram Pump* (Pompa hidram) adalah salah satu alat yang digunakan untuk memompa air dari suatu tempat yang lebih rendah ke tempat yang lebih tinggi dengan memanfaatkan energi potensial dari sumber air yang akan dialirkan. Pompa hidram ini memompa air secara kontinyu dengan hanya menggunakan energi potensial dari sumber air itu sendiri tanpa menggunakan sumber energi dari luar.

Pompa hidram hanya dapat digunakan pada aliran sumber air yang memiliki kemiringan sebab pompa ini membutuhkan energi terjunan air. Dalam kerjanya alat ini, tekanan dinamik air yang ditimbulkan memungkinkan air mengalir dari tinggi yang rendah, ke tempat yang lebih tinggi. Penggunaan hidram tidak terbatas hanya pada penyediaan air untuk kebutuhan rumah tangga, tapi juga dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan air untuk pertanian, peternakan dan perikanan darat.



**Gambar 2.1 *Hydraulic Ram Pump***  
(Sumber: [www.Bengkuluinteraktif.com](http://www.Bengkuluinteraktif.com), 2022)

Di beberapa pedesaan di Jepang, alat ini telah banyak digunakan sebagai alat penyediaan air untuk kegiatan pertanian maupun untuk keperluan domestik. Dalam operasinya, alat ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, yaitu tidak membutuhkan sumber tenaga tambahan, biaya operasinya murah, tidak memerlukan pelumasan, hanya memiliki dua bagian yang bergerak

sehingga dapat memperkecil terjadinya keausan, perawatannya sederhana dan dapat bekerja dengan efisien.

## **2.2 Sejarah *Hydraulic Ram Pump***

Pompa hidram sendiri telah digunakan sejak lebih dari dua abad yang lalu di banyak tempat di dunia. Pompa hidram pertama dibuat oleh John Whitehurst pada tahun 1775. Kesederhanaan dan kemudahan dalam pemeliharaan dan perawatan membuat pompa hidram sukses secara komersial, terutama di Eropa sebelum digunakannya secara luas tenaga listrik dan mesin pompa. Di Amerika, pompa hidram terbesar pernah dibuat dengan diameter 300 mm yang mampu memompa air sebanyak 1700 liter/menit sampai ketinggian 43 meter. Namun karena perkembangan teknologi yang pesat dan meningkatnya ketergantungan pada bahan bakar fosil, maka pompa hidram menjadi terabaikan.

## **2.3 Mekanisme Kerja *Hydraulic Ram Pump***

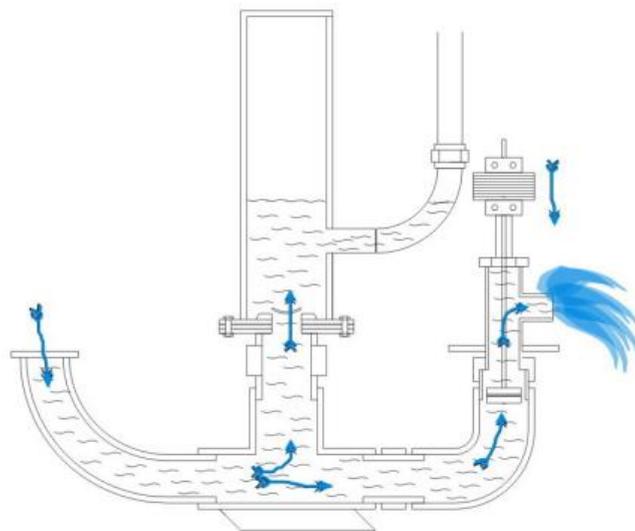
Prinsip kerja pompa hidram merupakan proses perubahan energi kinetis aliran air menjadi tekanan dinamik dan sebagai akibatnya menimbulkan efek palu air (*water hammer*) sehingga terjadi tekanan tinggi dalam pipa. Dengan mengusahakan agar katup limbah (*waste valve*) dan katup penghantar (*delivery valve*) terbuka dan tertutup secara bergantian, maka tekanan dinamik diteruskan sehingga tekanan inersia yang terjadi dalam pipa pemasukan memaksa air naik ke pipa penghantar.

Aliran air yang melalui katup limbah cukup cepat, maka tekanan dinamik yang merupakan gaya ke atas mendorong katup limbah sehingga tertutup secara tiba-tiba sambil menghentikan aliran air dalam pipa pemasukan. Aliran air yang terhenti mengakibatkan tekanan tinggi terjadi dalam ram, jika tekanan cukup besar akan mengatasi tekanan dalam ruang udara pada katup pengantar dengan demikian membiarkan air mengalir ke dalam ruang udara dan seterusnya ke tangki penampungan.

Agar lebih jelas lihatlah siklus pompa hidram di bawah ini:

Periode 1 : Kecepatan air melalui ram mulai bertambah, air melalui katup limbah yang sedang terbuka, timbul sedikit hisapan pada rumah pompa untuk menghisap air dari *reservoir*.

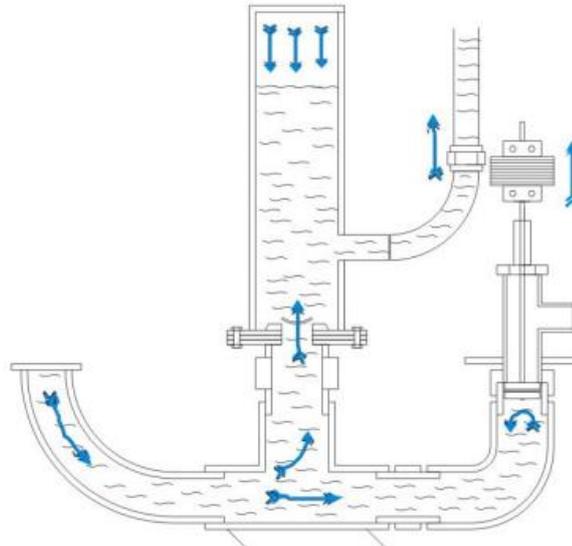
Periode 2 : Aliran bertambah sampai maksimum melalui katup limbah yang terbuka dan tekanan dalam pipa pemasukan juga bertambah secara bertahap.



**Gambar 2.2** Periode 1 sampai 2

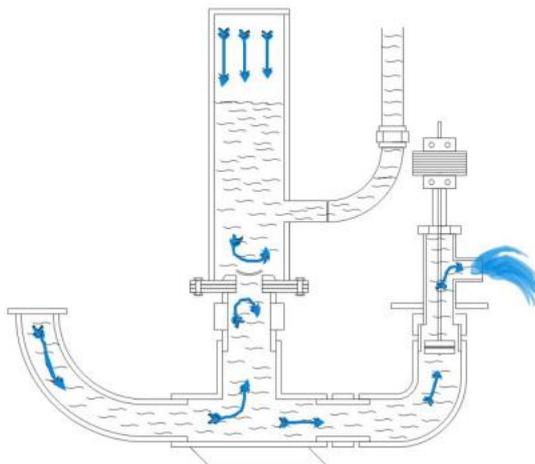
Periode 3 : katup limbah mulai menutup akibat dorongan air, air semakin sulit untuk keluar melalui katup limbah dengan demikian menyebabkan naiknya tekanan dalam pompa hidram. Kecepatan aliran dalam pipa pemasukan telah mencapai maksimum.

Periode 4 : Katup limbah tertutup, menyebabkan terjadinya palu air (*water hammer*) yang mendorong air melalui katup penghantar. Kecepatan aliran pipa pemasukan berkurang dengan cepat.



**Gambar 2.3** Periode 3 sampai 4

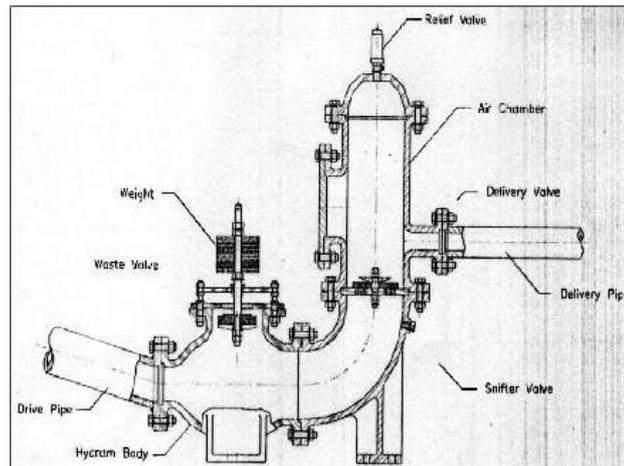
Periode 5 : Denyut tekanan terpukul ke dalam pipa pemasukan pada periode 4 menyebabkan timbulnya hisapan kecil yang mengakibatkan berkurangnya tekanan pada rumah pompa. Pada waktu yang sama katup penghantar menutup dan katup limbah mulai terbuka karena hisapan tersebut dan juga karena beratnya sendiri. Air mulai mengalir lagi melalui katup limbah dan siklus pompa hidram terulang kembali.



**Gambar 2.4** Periode 5

Bagian-bagian utama yang menyusun alat ini terdiri dari pipa air masuk (*drive pipe*), pipa air keluar (*delivery valve*), katup udara (*air valve*) dan ruang udara (*air chamber*).

## 2.4 Konstruksi Pada Bagian *Hydraulic Ram Pump*

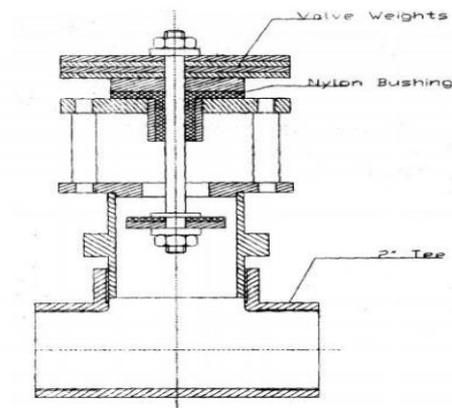


**Gambar 2.5** Desain Pompa Hidram

### 2.4.1 Katup Limbah (*Waste Valve*)

Katup limbah merupakan salah satu bagian penting dari pompa hidram, dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah dengan tegangan yang berat dan jarak antar lubang klep dengan karet klep cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar sehingga pada saat klep limbah menutup, terjadi energi tekanan yang besar dan menimbulkan gejala palu air (*water hammer*).

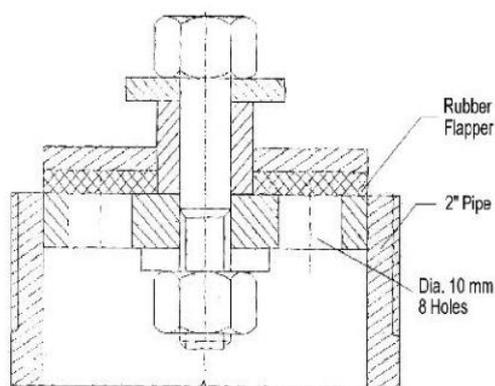
Klep limbah yang ringan dan gerakannya pendek akan memberikan pukulan atau denyutan yang lebih cepat dan menyebabkan hasil pemompaan lebih besar pada jarak pemompaan yang rendah. Penelitian mengenai bentuk terbaik dari klep limbah masih kurang, tetapi pada saat ini jenis klep limbah sederhana nampaknya bekerja cukup baik.



**Gambar 2.6** Desain Klep Limbah

#### 2.4.2 Katup Penghantar (*Delivery Valve*)

Klep penghantar harus mempunyai lubang yang besar, sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran. Klep ini dibuat dengan bentuk yang sederhana dan dinamakan klep searah (*non return*). Klep searah (*one direction*) ini yang akan mencegah air yang sudah dipompa untuk kembali ke pompa.



**Gambar 2.7** Desain Klep Penghantar

#### 2.4.3 Tabung Udara (*Air Chamber*)

Ruang udara harus dibuat sebesar mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tegangan tekanan (*pressure pulse*) dari siklus ram, memungkinkan aliran air secara tetap melalui pipa penghantar dan kehilangan tenaga karena gesekan diperkecil. Jika ruang udara penuh dengan air, ram akan bergetar keras

dan dapat mengakibatkan ruang udara pecah. Jika hal ini terjadi ram harus dihentikan segera.

Beberapa ahli menyarankan bahwa volume ruang udara harus sama dengan volume air dalam pipa penghantar. Pada pipa penghantar yang panjang hal ini akan membutuhkan ruang udara yang tidak terlalu besar dan untuk itu sebaiknya dirancang ruang udara dengan ukuran kecil.

#### **2.4.4 Pipa *Input* dan Pipa *Output* (*Delivery Pipe*)**

Hidram dapat memompa air pada ketinggian yang cukup tinggi. Dengan menggunakan pipa penghantar yang panjang akan menyebabkan ram harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa penghantar dapat dibuat dari bahan apapun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat bahan tersebut dapat menahan tekanan air.

Untuk menentukan panjang pipa masuk dapat digunakan beberapa referensi yang telah tersedia berikut ini:

$$6H < L < 12H \text{ (Eropa dan Amerika Utara)}$$

$$L = 900 H / (N^2 * D) \text{ (Rusia)}$$

$$L = 150 < L/D < 1000 \text{ (Calvert)}$$

dengan :

L = panjang pipa masuk

H = head supply

h = head output

D = diameter pipa masuk

N = jumlah ketukan per menit

Menurut beberapa penelitian yang dilakukan, referensi perhitungan Calvert memiliki hasil yang lebih bagus. (Ahmad Nur, 2010)

### **2.5 Kelebihan dan Kekurangan *Hydraulic Ram Pump***

Kelebihan *Hydraulic Ram Pump* :

1. Tidak membutuhkan bahan bakar listrik maupun bensin.

2. Tidak membutuhkan pelumasan.
3. Konstruksinya sangat sederhana sehingga lebih mudah untuk dibuat.
4. Biaya pembuatannya serta pemeliharannya bisa dikatakan sangat murah.
5. Dapat beroperasi secara kontinu selama 24 jam.

Kekurangan *Hydraulic Ram Pump* :

1. Performa pompa sangat bergantung pada kondisi sumber air.
2. Pemasangan pompa harus cermat dan teliti.
3. Lebih banyak membutuhkan tempat dibandingkan dengan pompa yang lainnya.

## **2.6 Gejala Palu Air (*Water Hammer*)**

Gejala ini terjadi bila suatu aliran zat cair di dalam pipa dengan tiba-tiba dihentikan, misalnya dengan menutup katup secara sangat cepat. Disini seolah-olah zat cair membentur katup sehingga menimbulkan tekanan yang melonjak dan diikuti fluktuasi tekanan di sepanjang pipa untuk beberapa saat.

Pada pipa yang dihubungkan dengan pompa gejala benturan air ini juga dapat terjadi. Misalnya, bila sebuah pompa yang sedang bekerja tiba-tiba mati (karena dimatikan atau karena listrik padam) maka aliran akan terhalang *impeller* sehingga mengalami perlambatan yang mendadak. Di sini terjadi lonjakan tekanan pada pompa dan pipa seperti peristiwa penutupan katup secara tiba-tiba.

Lonjakan tekanan juga dapat terjadi jika pompa dijalankan dengan tiba-tiba atau katup dibuka secara cepat. Besarnya lonjakan atau jatuhnya tekanan karena benturan air, tergantung pada laju perubahan kecepatan aliran. Dalam hal katup, tergantung pada kecepatan penutupan atau pembukaan katup, dan dalam hal pompa, tergantung pada cara menjalankan dan menghentikan pompa. Selain itu, panjang pipa, kecepatan aliran air dan karakteristik pompa merupakan faktor –faktor yang sangat menentukan besarnya lonjakan atau jatuhnya tekanan karena benturan air.

## 2.7 Persamaan yang Digunakan dalam *Hydraulic Ram Pump*.

Adapun beberapa persamaan yang digunakan dalam merencanakan sebuah pompa hidram adalah sebagai berikut :

Energi yang terjadi pada input

$$Pow_s = \rho g Q_s H_s$$

(Sumber : Wanchai Asvapoositkul, 2019, Determination of Hydraulic Ram Pump Performance Experimental Results)

Energi yang terjadi pada output dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Pow_d = \rho g Q_d H_d$$

(Sumber : Wanchai Asvapoositkul, 2019, Determination of Hydraulic Ram Pump Performance Experimental Results)

Debit air dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$Q_s = \frac{V_s}{t_s} \quad \text{dan} \quad Q_d = \frac{V_d}{t_d}, \quad \text{atau} \quad Q = v \times A$$

(Sumber : Franky Tombokan 2021, Identifikasi dan Pengukuran Debit Aliran Sungai Sario)

Untuk mencari kecepatan air dapat menggunakan rumus :

$$v = \sqrt{2gh}$$

(Sumber : Franky Tombokan, 2021, Identifikasi dan Pengukuran Debit Aliran Sungai Sario)

Energi potensial pada beban katup limbah dapat dicari dengan rumus :

$$E_p = m \times g \times h \dots\dots\dots (\text{Lit.2.1})$$

(Sumber : Steven Lim, 2019, Implementasi Energi Potensial Pada Percobaansederhana Menggunakan Media Sederhana)

Tekanan hidrostatik dapat dicari dengan menggunakan rumus :

$$P = \rho \times g \times h$$

(Sumber : Petrus Ongga, 2009, Konsepsi Mahasiswa Tentang Tekanan Hidrostatik)

Efisiensi pompa hidram dapat juga dihitung dengan menggunakan persamaan dari D'Aubuisson, yaitu :

$$\eta = \frac{Q_d \times H_d}{(Q_w + Q_d) H_s}$$

(Sumber : Wanchai Asvapoositkul, 2019, Determination of Hydraulic Ram Pump Performance Experimental Results)

Untuk mencari kerugian tekanan air pada pompa hidram, maka perlu untuk mencari *Dynamic Head Loss* dan *Statistic Head Loss* yang terjadi.

***Dynamic Head Loss* terbagi menjadi dua :**

1. *Major Head Loss* adalah kerugian tekanan fluida akibat bergesekan pada dinding-dinding pipa lurus yang ukuran penampangnya tidak berubah, dapat dicari dengan menggunakan rumus *Darcy-Weisbach* :

$$\Delta Pf = f \frac{L}{D} \times \frac{\rho v^2}{2}$$

Keterangan :

$\Delta Pf$  = Kehilangan Tekanan (Pa)

$f$  = *Friction factor*

$L$  = Panjang pipa (m)

$D$  = Diameter pipa (m)

$\rho$  = Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )

$v$  = Kecepatan air (m/s)

Untuk mencari bilangan Reynold :

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

(Sumber :Harwan ahyadi, 2021, *Analisis Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Di Anjungan Lepas Pantai Pt. X*)

Keterangan :

$Re$  = Bilangan Reynold

$\rho$  = Massa jenis ( $\text{Kg/m}^3$ )

$v$  = Kecepatan air (m/s)

$D$  = Diameter pipa (m)

$\mu$  = Viskositas air

Untuk mencari Relatif kekasaran pipa :

$$\frac{\varepsilon}{d}$$

(Sumber :Harwan ahyadi, 2021, *Analisis Kinerja Sistem Distribusi Air Bersih Di Anjungan Lepas Pantai Pt. X*)

Keterangan :

$\varepsilon$  = Kekasaran pipa

$d$  = Diameter pipa (mm)

2. *Minor Head Loss* adalah kerugian tekanan fluida akibat *fitting* maupun *valve*. Kerugian tekanan ini dapat dicari dengan menggunakan rumus *Darcy-Weisbach* :

$$hf = k \frac{v^2}{2g}$$

Keterangan :

$hf$  = Kehilangan tekanan (m)

$k$  = Koefisien

$v$  = Kecepatan (m/s)

$g$  = Gaya gravitasi ( $m/m^2$ )

## 2.8 Perawatan pada *Hydraulic Ram Pump*

Peralatan-peralatan yang digunakan dalam operasional sebuah usaha bisnis tentunya memerlukan perawatan atau *maintenance*. Peralatan ini sudah bekerja dari sekian waktu. Perusahaan harus mementingkan perawatan dan pemeliharaan peralatan. *Maintenance* peralatan diadakan juga tentu untuk kepentingan perusahaan. Perusahaan tentu menginginkan produktivitas yang lebih. Jika peralatan tidak mendapat *maintenance* yang baik, nantinya alat-alat tersebut mengalami kerusakan dan justru akan menghambat produktivitas perusahaan.

*Maintenance* yang dimaksud di sini adalah suatu kegiatan untuk merawat atau memelihara dan menjaga mesin/peralatan tetap pada kondisi yang baik supaya dapat digunakan untuk melakukan produksi sesuai yang direncanakan.

*Maintenance* adalah kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan (*retaining*) dan mengembalikan (*restoring*) mesin ataupun peralatan kerja ke kondisi yang terbaik sehingga dapat melakukan produksi dengan optimal. Jika mesin/peralatan diminimalisir kerusakannya, tentu akan berpengaruh pada produktivitas, kualitas, efisiensi, yang dapat menguntungkan perusahaan.

Kegiatan *maintenance* di antaranya meliputi:

- Pemeriksaan (*checking*)

- Meminyaki (*lubrication*)
- Perbaiki (*repairing*)
- Penggantian suku cadang (*spare part*)

Dalam kegiatan *maintenance* pada pompa hidram terdapat beberapa jenis pula yang dikategorikan sesuai dengan waktu dan kondisinya, jenis- jenis *maintenance* (perawatan) ini di antaranya:

1. *Breakdown Maintenance* (Perawatan saat terjadi kerusakan)

*Breakdown maintenance* ini adalah perawatan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan pada pompa, yang menyebabkan pompa tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhenti secara total di waktu yang mendadak. Sebaiknya, *breakdown maintenance* ini dihindari karena dapat mengakibatkan kerugian dari tidak beroperasinya pompa ini.

2. *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

*Preventive maintenance* ini sering disebut dengan *preventative maintenance* ini adalah termasuk *maintenance* pencegahan, dilakukan ketika belum terjadi kerusakan. Biasanya dilakukan pengecekan secara berkala, dilakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala.

*Preventive maintenance* terdiri dari dua jenis, yaitu:

a. *Periodic Maintenance* (Perawatan Berkala)

*Periodic maintenance* biasanya adalah perawatan rutin yang terjadwal, yang biasa dilakukan adalah pembersihan mesin, inspeksi mesin, meminyaki mesin, dan juga penggantian suku cadang jika ada perlu diganti menghindari kerusakan mesin yang mendadak dan mengakibatkan mesin tidak dapat beroperasi. *Periodic maintenance* biasanya dilakukan dalam waktu harian, mingguan, bulanan, maupun tahunan.

Untuk perawatan pencegahan pompa hidram secara periodik yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut:

a. Pembersihan

Pembersihan ini bertujuan untuk mencegah penyumbatan pada air yang masuk pada hidram.

- Pipa penyuplai

Pembersihan pada pipa penyuplai ini bertujuan untuk mencegahnya kotoran yang menyumbat masuknya air pada pompa hidram.

- *Check Valve*

Pembersihan pada *check valve* ini dilakukan untuk memperlancar penghantaran air ke *air vessel*.

- *Waste Valve*

Pembersihan *waste valve* ini bertujuan agar tekanan yang diberikan oleh pemberat lebih optimal.

b. Melakukan pengecekan pipa yang pecah

Pengecekan ini bertujuan untuk memeriksa adanya pipa yang pecah sehingga akan mengurangi tekanan dan kecepatan air pada pompa dan ini akan berpengaruh pada tingginya air yang keluar.

b. *Predictive Maintenance* (Perawatan Prediktif)

*Predictive maintenance* adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan sebelum terjadinya kerusakan total. *Predictive maintenance* akan memeriksa melalui analisa tren perilaku pompa. Dengan analisa tren ini dapat memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada mesin di komponen tertentu. *predictive maintenance* akan lebih melihat pada kondisi mesin.

Hal-hal yang mungkin bisa terjadi pada pompa hidram adalah sebagai berikut:

- a. Tekanan yang berkurang, hal ini bisa disebabkan adanya kebocoran pada pipa penyuplai, bodi hidram, dan tabung.

- b. Debit air yang dialirkan ke atas berkurang, hal ini bisa disebabkan debit air pada penyuplai berkurang, adanya kebocoran pada tabung dan kurangnya beban pemberat *waste valve*, dan adanya kotoran.
- c. *Waste valve* yang tidak bekerja, jika *waste valve* menutup hal ini disebabkan oleh pemberat yang terlalu berat dan jika *waste valve* membuka hal itu disebabkan oleh pemberat yang terlalu ringan.

### 3. *Corrective Maintenance* (Perawatan Korektif)

*Corrective maintenance* adalah perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan lalu memperbaiki sehingga pompa bisa digunakan kembali secara normal. *Corrective maintenance* biasanya dilakukan pada pompa yang beroperasi secara upnormal yaitu pompa yang masih bisa digunakan tetapi tidak optimal.

Perawatan di atas tentu dilakukan demi kepentingan sebuah perusahaan untuk terus bisa produktif, namun selain itu memiliki tujuan di antaranya dapat memperpanjang usia pompa, atau peralatan kerja, berkurangnya *downtime*, menjaga keselamatan karyawan/pengguna yang menggunakan, pencegahan kerusakan berat yang mengakibatkan biaya lebih tinggi.

### 4. Perawatan Setiap Bagian

Dengan telah ditentukan waktu mengganti peralatan dengan peralatan yang baru, berarti tidak memerlukan waktu lama untuk melakukan perawatan, kecuali untuk melakukan perawatan dasar yang ringan seperti pembersihan. Ketika peralatan telah menurun kondisinya langsung diganti dengan yang baru.

Adapun perawatan komponen pada pompa hidram antara lain:

#### a. *Check Valve*

Cara merawatnya antara lain:

- a. Periksa apakah masih layak digunakan atau tidak.
- b. Bersihkan *valve* dari kotoran dan lumut.

- c. Dengan makin lamanya usia pompa biasanya akan terjadi keausan pada klepnya dan kehilangan kompresi, maka harus dilakukan penggantian pada *check valve* minimal setahun sekali.

b. *Air Vessel*

Cara merawatnya antara lain:

- a. Periksa bodi dan sambungan *air vessel* dari kebocoran.
- b. Bersihkan *air vessel* jika perlu.
- c. Jika bodi *air vessel* mengalami pecah ganti dengan yang baru, bila sambungan antara cap pipa dan *reducer* bocor maka lakukan pengeleman kembali.

c. Pipa penghantar/penyuplai

Cara merawatnya antara lain:

- a. Periksa pipa-pipa apakah ada kebocoran tiap sambungannya atau tidak.
- b. Kemudian periksa apakah ada pipa yang pecah atau tidak.
- c. Ganti pipa dengan yang baru jika pipa mengalami pecah atau retak agar pompa bekerja dengan semestinya.

d. *Waste Valve*

Sama dengan *check valve*, dilakukan penggantian jika tekanan air mulai berkurang dan tidak mampu lagi akselerasi, maka mengganti *waste valve* dengan yang baru minimal setahun sekali.