

PENINGKATAN UMUR BEARING PADA POMPA CENTRIFUGAL DENGAN OPTIMASI PENGGUNAAN ANGULAR CONTACT BALL BEARING

Dedi Wardianto

Dosen Teknik Mesin Fakultas Teknik UMSB

Abstract

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida dari tekanan yang lebih rendah ke tekanan yang lebih tinggi dan/ atau posisi yang lebih rendah ke posisi yang lebih tinggi. Salah satu jenis pompa yang banyak dipakai untuk kebutuhan industri adalah pompa sentrifugal. Pada pompa centrifugal salah satu komponen yang penting adalah bearing sebagai penunpu poros untuk menggerakkan impeler pada pompa centrifugal. Akibat adanya gaya-gaya yang timbul sebagai akibat dari putaran pada impeler pompa, timbul gaya aksial yang menyebabkan bantalan/ bearing tipe 6305 mudah mengalami kerusakan. Oleh sebab itu, digunakan bantalan/ bearing tipe 7305 BE sebagai pengganti bantalan tipe 6305 yang sanggup menerima gaya-gaya aksial yang ditimbulkan akibat putaran pada poros impeler pompa. Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diketahui bahwa Akibat putaran dari impeller maka timbul juga gaya aksial sehingga bearing tipe 6305 tidak dapat mengatasi gaya-gaya yang timbul tersebut. Penggunaan angular contact ball bearing tipe 7305 BE menggantikan deep groove ball bearing tipe 6305 pada pompa centrifugal produksi RRC tipe XA40/26 dapat meningkatkan umur bearing hingga 200%.

Kata kunci : pompa centrifugal, angular contact ball bearing, gaya aksial.

PENDAHULUAN

Dewasa ini pompa semakin banyak digunakan dan penggunaannya semakin bermacam-macam. Dahulu pompa hanya digunakan untuk memindahkan air saja tetapi sekarang penggunaannya semakin luas yaitu juga digunakan untuk memindahkan bahan-bahan kimia serta benda cair lainnya. Pompa merupakan suatu alat yang digunakan untuk mempermudah kerja manusia terutama untuk memindahkan benda yang berupa fluida cair.



Gambar 1. Pompa Intake Kampung Koto

Pompa adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan fluida cair dari tekanan rendah ke tekanan dan / atau posisi yang rendah ke posisi yang tinggi. Pompa centrifugal mempunyai sebuah impeler untuk mengangkat zat cair dari tempat yang lebih

rendah ke tempat yang lebih tinggi. Daya dari luar diberikan kepada poros pompa untuk memutar impeler didalam zat cair, maka zat cair yang ada di dalam impeler oleh dorongan sudu-sudu ikut berputar.

Bearing yang dipasang pada pompa harus benar agar bearing tersebut dapat tahan lama dan berfungsi sebagaimana mestinya yaitu untuk menopang poros pada saat berputar. Pada pemilihan dan pemasangan bearing harus dicermati terlebih dahulu gaya apa saja yang terjadi pada poros tersebut agar dapat dipilih *bearing* yang sesuai dengan kebutuhan tersebut.

2. Alat-alat Percobaan

2.1 Pompa centrifugal buatan RRC tipe XA 40/26 dengan spesifikasi:

Total Head: 40 m

Kapasitas: 26 m³/jam

2.2 Elektromotor dengan spesifikasi:

Daya 18 KW

Putaran 3000 rpm

Jumlah kutub 2 kutub

2.3 *Deep Groove ball bearing* tipe 6305

Principal dimensions :

Diameter luar = 40 mm

Diameter dalam = 90 mm

Tebal = 23 mm

Basic load rating :

Dynamic (C) = 41000 N

Static (Co) = 24000 N

Fatigue load limit (pu) = 1020 N

Speed ratings :

Lubrication grease = 7500 rpm

Lubrication Oil = 9000 rpm

Mass = 0,63 kg

2.4 *Angular contact ball bearing* tipe 7305 BE

- *Principal dimensions* :

Diameter luar = 40 mm

Diameter dalam = 90 mm

Tebal = 23 mm

- *Basic load rating* :

Dynamic (C) = 49400 N

Static (Co) = 33500 N

Fatigue load limit (pu) = 1400 N

- *Speed ratings* :

Lubrication grease = 6700 rpm

Lubrication Oil = 9000 rpm

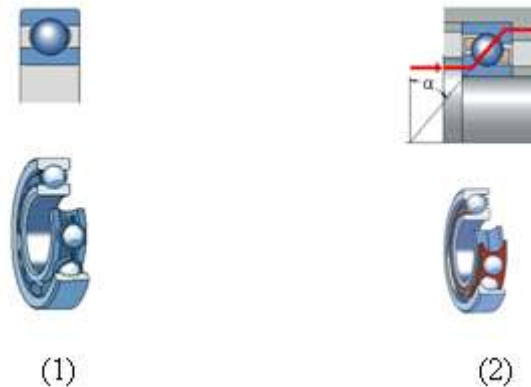
- *Mass* = 0,63 kg

3. Teori Dasar

3.1 Bantalan/ *Bearing*

Bantalan merupakan salah satu bagian dari elemen mesin yang memegang peranan cukup penting karena fungsi dari bantalan yaitu untuk menumpu sebuah poros agar poros dapat berputar tanpa mengalami gesekan yang berlebihan. Bantalan harus cukup kuat untuk memungkinkan poros serta elemen mesin lainnya bekerja

dengan baik. Berikut ini adalah gambar jenis-jenis bantalan *Deep groove ball bearings* dan *Angular contact ball bearing* :



Gambar 2. Gambar perbedaan antara dua *bearing* yang dipergunakan *Deep groove ball bearing*(1), *Angular contact ball bearing* (2).

Sumber: www.skf.com

Pada umumnya bantalan dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian yaitu.

a. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros

- Bantalan luncur

Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan pelumas.

- Bantalan gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol, dan rol bulat.

b. Berdasarkan arah beban terhadap poros

- Bantalan radial

Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu.

- Bantalan aksial

Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros.

- Bantalan gelinding khusus

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

Meskipun bantalan gelinding menguntungkan, orang tetap memilih bantalan luncur dalam hal tertentu, contohnya bila kebisingan bantalan mengganggu, pada *kejutan yang kuat* dalam putaran bebas.

Permasalahan

Kerusakan bantalan gelinding dapat disebabkan karena:

- Kesalahan bahan (faktor produsen) yaitu retaknya bantalan setelah produksi baik retak halus maupun berat, kesalahan toleransi, kesalahan celah bantalan.
- Kesalahan pada saat pemasangan.
 - Pemasangan yang terlalu longgar yang akibatnya cincin dalam atau cincin luar yang berputar yang menimbulkan gesekan dengan housing/poros.
 - Pemasangan yang terlalu erat yang akibatnya ventilasi atau celah yang kurang sehingga pada saat berputar suhu bantalan akan cepat meningkat dan terjadi konsentrasi tegangan yang lebih.
 - Terjadi pembenjolan pada jalur jalan atau pada roll sehingga bantalan saat berputar akan tersendat-sendat.
- Kesalahan operasi seperti.

- Bahan pelumas yang tidak sesuai akibatnya akan terjadi korosi atau penggumpalan pelumas yang dapat menghambat berputarnya bantalan.
- Pengotoran dari debu atau daerah sekitarnya yang akibatnya bantalan akan mengalami keausan dan berputarnya dengan bushing.
- Pemasangan yang tidak sejajar maka akan menimbulkan guncangan pada saat berputar yang dapat merusak bantalan.

II. Pembacaan nomor nominal pada bantalan gelinding.

Dalam praktek, bantalan gelinding standart dipilih dari katalog bantalan. Ukuran utama bantalan adalah

- Diameter lubang
- Diameter luar
- lebar
- Lengkungan sudut

Nomor nominal bantalan gelinding terdiri dari nomor dasar dan nomor pelengkap. Nomor dasar yang ada merupakan lambang jenis, lambang ukuran(lambang lebar, diameter luar). Nomor diameter lubang dan lambang sudut kontak penulisannya bervariasi tergantung produsen bearing yang ada.

Bagian Nomor nominal

A B C D

A menyatakan jenis dari bantalan yang ada.

Jika A berharga

0 maka hal tersebut menunjukkan jenis Angular contact ball bearings, double row.

1 maka hal tersebut menunjukkan jenis Self-aligning ball bearing.

2 maka hal tersebut menunjukkan jenis spherical roller bearings and spherical roller thrust bearings.

3 maka hal tersebut menunjukkan jenis taper roller bearings.

4 maka hal tersebut menunjukkan jenis Deep groove ball bearings, double row.

5 maka hal tersebut menunjukkan jenis thrust ball bearings.

6 maka hal tersebut menunjukkan jenis Deep groove ball bearings, single row.

7 maka hal tersebut menunjukkan jenis Angular contact ball bearings, single row.

8 maka hal tersebut menunjukkan jenis cylindrical roller thrust bearings.

B menyatakan lambang diameter luar.

Jika B berharga 0 dan 1 menyatakan penggunaan untuk beban yang sangat ringan.

Jika B berharga 2 menyatakan penggunaan untuk beban yang ringan.

Jika B berharga 3 menyatakan penggunaan untuk beban yang sedang.

Jika B berharga 4 menyatakan penggunaan untuk beban yang berat.

C D menyatakan lambang diameter dalam

Untuk bearing yang berdiameter 20 - 500 mm, kalikanlah 2 angka lambang tersebut untuk mendapatkan diameter lubang sesungguhnya dalam mm.

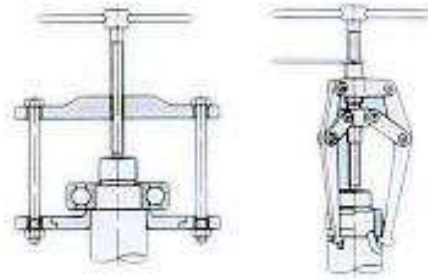
Nomor tersebut biasanya bertingkat dengan kenaikan 5 mm tiap tingkatnya.

III. Pengoperasian yang bebas dari kerusakan (*Trouble Free Operation*)

Untuk dapat melaksanakan TFO maka faktor-faktor penting perlu diperhatikan:

1. Kualitas. Kualitas yang dimaksud adalah kualitas dari bearing yang ada yang dipengaruhi oleh:
 - Pemilihan desain. Pemilihan desain ini meliputi perhitungan penggambaran dan perencanaan.
 - Dukungan teknik dari produsen yang meliputi informasi dan pelatihan.
 - Training atau seminar tentang bearing kepada konsumen sehingga dapat memahami karakteristik dari bearing.
 - R & D produsen untuk mengembangkan produknya sesuai dengan kebutuhan konsumen.
 - Quality Control.
 - Bahan dasar bearing.
2. Proses pemasangan bearing.
 - Proses balancing. Pemasangan bearing pada komponen mesin, komponen tersebut pertama-tama harus benar-benar balance agar bearing dapat bertahan dengan baik.
 - Alignment (pengaturan sumbu poros pada mesin harus benar-benar sejajar).
 - Proses pemberian beban. Pemberian beban ini harus sesuai dengan jenis bearing yang digunakan apakah itu beban radial atau beban aksial.
 - Pengaturan posisi bearing pada poros.
 - Clearance bearing. Metode pemasangan dan peralatan yang digunakan.
 - Toleransi dan ketepatan yang diperlukan. Pada saat pemasangan bearing pada poros, maka toleransi poros pada proses pembubutan harus diperhatikan karena hal tersebut mempengaruhi keadaan bearing.
3. Environment/lingkungan tempat bearing dioperasikan.
 - Pemberian Seal pada bearing agar bebas terhadap debu atau air.
 - Sistem pendinginan bearing jika beroperasi pada suhu tinggi.
 - Sistem pemanasan jika beroperasi pada suhu rendah.
 - Penyimpanan bearing.
4. Maintenance atau perawatannya yang terbagi menjadi
 - Sistem pelumasannya menggunakan olie atau grease.
 - Pemeriksaan visual.
 - Pemonitoran dari kondisi yang ada seperti :
 - Kondisi getarannya.
 - Analisis olihnya.
 - Aliran, tekanan dan arus yang mungkin timbul.
 - Pemonitoran secara kontinyu.
 - Sistem perlindungannya seperti rumah bearing, dan lain-lain.

Untuk proses mounting & dismounting atau pemasangan dan pelepasan bearing dapat dilihat langsung bagian berikut ini.



Gambar 3. Pemasangan dan pelepasan bearing
Sumber: www.vista-bearing.com

Pada prakteknya untuk memilih bantalan, bantalan tersebut harus dihitung umur pada bantalan selama menerima gaya-gaya yang terjadi
Perhitungan untuk umur bantalan adalah sebagai berikut :

Dimana :

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^t \frac{10^6}{n \cdot 60} \text{ jam} \quad (i)$$

C = gaya yang bekerja pada poros (tabel)

P = beban ekivalen

n = putaran poros

$$P = v \cdot x \cdot Fr + y \cdot Fa$$

Dimana :

Fr = gaya radial

Fa = gaya aksial

v = faktor ring

1 jika ring dalam berputar

1,2 jika ring luar berputar

y = gaya aksial (y)

x = gaya radial (x)

PEMBAHASAN

Dalam sebuah pompa unjuk kerja dari setiap pompa ditentukan oleh ukuran-ukuran dasar sebagai berikut :

- Tinggi kenaikan isap (*suction head*), tinggi kenaikan tekan (*delivery head*) dan tinggi kenaikan total (*total head*)
- Kapasitas

Kapasitas adalah jumlah fluida yang ditransfer oleh pompa selama satuan waktu tertentu.

- Daya
- Efisiensi

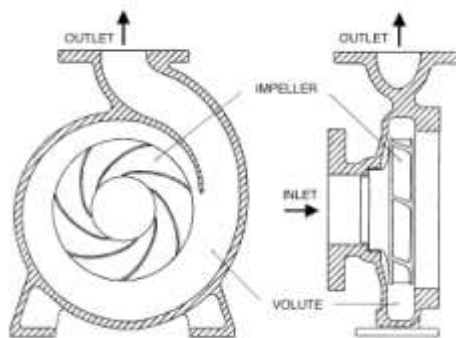
Pompa sentrifugal terdiri dari bermacam-macam komponen dan bagian. Pada gambar 4 terlihat pompa sentrifugal dan bagian-bagian penyusunnya :



Gambar 4. Pompa sentrifugal dan bagian-bagiannya
 Sumber: www.lytron.com

Pada gambar 5 terlihat bahwa pada saat *impeller* berputar, ruang pada pompa mempunyai tekanan P_1 pada ruang *inlet* yang lebih rendah dari tekanan P_2 pada bagian *outlet*. Jika tidak ada gerakan berputar, maka tekanan pada celah-celah 1 dan 2 seperti terlihat pada gambar 5 tersebut sama dengan P_2 . Tetapi karena pengaruh *viskositas* cairan dan putaran *impeller*, distribusi tekanan pada celah 1 dan 2 tidak *uniform* seperti terlihat pada gambar 5 di bawah ini.

Tekanan cairan yang terjadi pada bidang lingkaran dengan lebar D_2-D_0 , dari kiri dan kanan *impeller* adalah sama dan berlawanan arah sehingga saling meniadakan. Jadi, yang tidak sama adalah gaya-gaya R_1 dan R_2 yang bekerja dari kanan dan kiri bidang lingkaran sebelah D_0 -dsh.



Gambar 5. Irisan pompa centrifugal
 Sumber: www.fao.orgp[

Jika tekanan yang bekerja pada bagian *inlet* adalah sebesar P_1 dan pada celah 2 adalah P_2 , maka :

$$R' = R_2 - R_1 \tag{ii}$$

Dimana R' adalah cairan masuk ke dalam *impeller* secara aksial dan selanjutnya melalui *impeller* arahnya dirubah menjadi *radial* pada saat keluar *impeller*. Akibatnya, terjadi gaya aksial R_3 dari kiri ke kanan. Dengan rumus momentum, didapatkan:

$$R_3 = m.C_0 = \frac{\gamma.Q_s}{g}.C_o \tag{iii}$$

Keterangan :

R_3 = gaya *axial* pada daerah 3

m = massa fluida

V = volume jenis fluida

Q_3 = kapasitas fluida

g = percepatan gravitasi

C_0 = kecepatan aliran pada saat memasuki *impeller*

aka gaya-gaya resultan yang terjadi :

$$R = R' - R_3$$

Pada pompa *multistage*, gaya *axial* total sama dengan jumlah seluruh gaya-gaya *axial* masing-masing *impeller* dan ini bisa mencapai beberapa ton.

Cara membalans gaya-gaya *axial* tersebut :

- Memakai peralatan pembalans tipe hidrolik
- Memakai bantalan aksial
- Memakai pemasukan ganda (*double admission*) paralel dari pada cairan yang masuk ke dalam *impeller*.

4. Hasil Percobaan dan Analisa

- Data waktu pergantian *bearing* tipe 6305 pada pompa ke -1 :

Tahun	2014		2015	
Bulan	Maret	Desember	April	Agustus

- Data waktu pergantian *bearing* tipe 7305 BE pada pompa ke -1:

Tahun	2015	2016
Bulan	Agustus	September

- Data waktu pergantian *bearing* tipe 6305 pada pompa ke -2 :

Tahun	2014		2015	
Bulan	Maret	November	April	September

- Data waktu pergantian *bearing* tipe 7305 BE pada pompa ke -2:

Tahun	2015	2016
Bulan	September	Oktober

- Data waktu pergantian *bearing* tipe 6305 pada pompa ke -3 :

Tahun	2014		2015	
Bulan	Februari	November	April	September

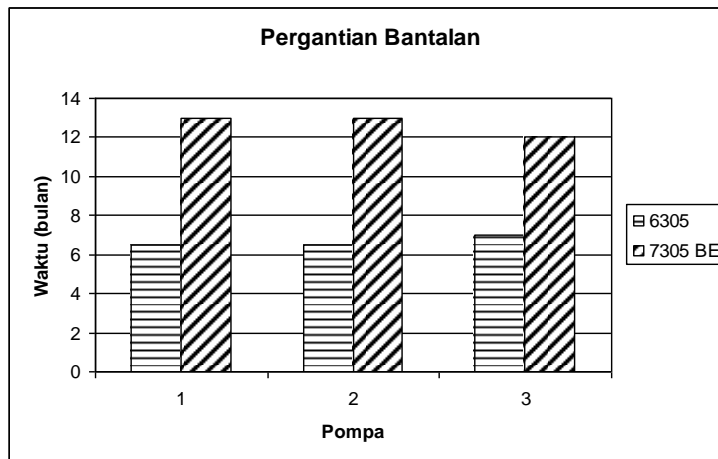
- Data waktu pergantian *bearing* tipe 7305 BE pada pompa ke -3:

Tahun	2015	2016
Bulan	September	September

Percobaan dan pengamatan yang dilakukan adalah dengan melakukan pengamatan selama pompa tersebut bekerja pada keadaan normal (14 jam/ hari). Kemudian kerusakan *bearing* pada ke tiga pompa yang diuji dalam kurun waktu tiga tahun dicatat dan didapatkan hasil seperti tabel diatas

Berikut ini adalah tabel perbandingan umur rata-rata penggunaan *bearing* tipe 6305 dan *bearing* tipe 7305 BE:

Pompa ke	Bearing 6305	Bearing 7305 BE
1	6,5 bulan	13 bulan
2	6,5 bulan	13 bulan
3	7 bulan	12 bulan
Rata-rata	6,7 bulan	12,7 bulan



Gambar 6. Diagram pergantian bantalan

- Dari data-data di atas dapat dilihat bahwa *bearing* tipe 7305 BE *angular contact ball bearing* lebih baik dibandingkan tipe 6305 *deep groove ball bearing*. Untuk lebih jelas dapat dilihat diagram batangnya pada gambar 6. Hal ini disebabkan *bearing* tipe 7305 BE sanggup menerima beban *axial* yang timbul karena adanya putaran dari *impeler*.
- Pemakaian *bearing* tipe 6305 pada pompa sentrifugal tipe XA 40/26 mempunyai rata rata umur *bearing* 6,7 bulan yang dimana umur tersebut terlalu singkat. Umur *bearing* yang singkat tersebut disebabkan oleh adanya ketidak *balansan* gaya-gaya *axial* yang terjadi pada pompa, sehingga perlu dilakukan cara untuk membalans gaya-gaya *axial* tersebut antara lain dengan memakai peralatan pembalans tipe hidrolis, memakai pemasangan fluida ganda dan memakai bantalan yang tahan terhadap gaya *axial* (bantalan *axial*). Dari tipe-tipe peralatan pembalans yang ada, dipilih memakai bantalan yang tahan terhadap gaya *axial* (bantalan *axial*) karena yang dilakukan dalam cara tersebut sangat sederhana yaitu hanya mengganti *bearing* tipe *deep groove ball bearing* dengan *angular contact ball bearing* serta tidak perlu alat-alat tambahan dan tidak perlu melakukan modifikasi yang sulit pada pompa tersebut.

KESIMPULAN

Dari pengamatan, pengukuran dan pengujian yang dilakukan didapat :

1. Akibat putaran dari *impeller* maka timbul juga gaya aksial sehingga *bearing* tipe 6305 tidak dapat mengatasi gaya yang timbul tersebut dan perlu dilakukan penggantian dengan *bearing* tipe 7305 BE yaitu suatu pemecahan yang paling sederhana dan paling mudah cara membalans gaya-gaya yang terjadi pada pompa sentrifugal yang sedang beroperasi.
2. Penggunaan *Angular contact ball bearing* tipe 7305 BE lebih baik dan memiliki umur yang lebih panjang dibandingkan dengan *deep groove ball bearing* tipe 6305 pada pompa sentrifugal tipe XA 40/26.
3. *Angular contact ball bearing* tipe 7305 BE mempunyai ketahanan *axial* yang lebih baik sehingga mempengaruhi umur bearing rata-rata lebih lama menjadi 13,4 bulan yang semula hanya berumur 6,7 bulan jika memakai *bearing* tipe 6305 pada pompa XA 40/26

Saran

1. Dalam pengoperasian pompa dan motor sebaiknya dilakukan menurut prosedur yang telah ada.
2. Pekerjaan sebaiknya dilakukan oleh tenaga yang ahli di bidang tersebut dan memahami pekerjaan yang di tangani, baik secara teknis maupun secara teoritis.
3. Memberikan kesempatan kepada karyawan yang berprestasi baik untuk belajar guna meningkatkan kemampuan dan profesionalisme.

DAFTAR PUSTAKA

1. SKF General Katalog, Media-Print Informationstechnologie, Paderborn, 1994.
2. Torishima Pump Handbook, P.T. Torishima Guna Indonesia, 1994.
3. Ir. I Made Arya Djoni, Msc, *Pompa dan compressor*. Jurusan teknik mesin, FTI – ITS, 1984.
4. Ir. Joni Dewanto, Msc, *Jurnal Dimensi vol.34 Nopember 1998* , LPPM UKP, Surabaya
5. Sularso, Haruo Tahara, *Pompa & Kompresor*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
6. Ferdinand P. Beer, E. Russell Jonston, *Mechanics for Engineers*, Mc. Graw-Hill, 1987.
7. A.R Holowenko, *Dynamics of Machinery*, John Wiley & Son, 1955.
8. William T. Thomson, *Teori Getaran Dengan Penerapan*, Diterjemahkan oleh Lea Prasetyo, Penerbit Erlangga, Surabaya, 1981.
9. John W.Dufour, William E.Nelson , “*Centrifugal Pump Sourcebook*”, Mc Graw-Hill, Inc, 1992
10. Corley, James E., “*The Vibration Analysis of Pumps, A Tutorial*,” Texas A & M University, Huston, Tex, 1987
11. M.D.Aisentein, “*A New Method of Separating the Hydroulic Losses in a Centrifugal Pump*,” A.S.M.E, 1927
12. J.Lichtenstein,”*A Method of Analyzing the Performance of Centrifugal Pumps*,” A.S.M.E, 1927
13. “*Cavitation Characteristics of Centrifugal Pumps Described by Sjmlarity Considerations*,” A.S.M.E, 1939
14. L.H.Garnar,”*NPSH and the Centrifugal Pump*,” Refiner & Natural Gasoline Manufacturer, 1996
15. A.J. Stepanoff, “*Pumping Viscous Oils with Centrifugal Pumps*,” Oil and Gas Journal, 1940
16. M.D. Aisenstein, “*Characteristics of Performance of Centrifugal Pumps when Pumping Oil*,” Gouls Pumps, Inc., Buletin 126
17. R.L. Daugherty, “*A Further Investigation of the Performance of Centrifugal Pumps when Pumping Oil*,” Gouls Pumps, Inc., Buletin 130, 1926
18. Austine H.Church, Zulkifli Harahap, “*Pompa dan Blower Sentrifugal*,” Erlangga, 1944.