

PENGHEMATAN ENERGI PADA POMPA

Oleh : Sonden Winarto *)

ABSTRAK

Kenaikan harga energi dan tarif listrik akhir-akhir ini mengakibatkan biaya operasi meningkat dan menurunnya sumber pemasukan bagi Konsumen. Karena itu mencari alternatif dengan penghematan energi menjadi kebutuhan bijaksana yang mendesak. Menghemat energi menjadi menarik bagi masyarakat khususnya industri dan bangunan komersil mengingat fraksi biaya energinya cukup tinggi dalam biaya operasi keseluruhan. Potensi penghematan energi pada sebagian besar industri berkisar antara 10 - 20 %. Sebagian besar potensi ini dapat dengan mudah diimplementasikan melalui perbaikan prosedur operasi dan pemeliharaan yang relatif tidak memerlukan investasi atau hanya dengan sedikit investasi. Penghematan energi yang lebih besar hingga 30 % dapat diperoleh jika dilakukan modifikasi namun memerlukan investasi dengan payback kurang dari 2 tahun.

I. PENDAHULUAN

a. TUJUAN PENULISAN

Energi sebagaimana sumber daya lainnya harus dikelola secara profesional untuk peningkatan produktivitas dan daya saing serta untuk menghemat cadangan sumber energi yang terbatas agar dapat digunakan selama mungkin bagi kepentingan generasi mendatang. Energi sebagai kebutuhan pokok manusia dapat diibaratkan sebagai uang, pemakaiannya haruslah bijaksana, produktif dan efisien. Kita harus menyadari bahwa sumber energi yang kita pakai seperti minyak bumi cadangannya terbatas dan tidak dapat diperbaharui. Kenyataan ini mendorong kita untuk mencari alternatif guna mengamankan kebutuhan energi. Permasalahannya bahwa upaya mencari energi pengganti ini belum membuahkan hasil optimal. Oleh karena itu, kita dengan kearifan serta akal yang dikaruniakan Tuhan harus dapat melakukan penghematan energi. Upaya penghematan energi menjadi relevan akhir-akhir ini

dimana keadaan sosial ekonomi dan krisis ekonomi masih berkepanjangan.

b. BATASAN MASALAH

Penulisan akan di batasi permasalahan mengenai pentingnya menghemat pemakaian energi pada peralatan lain (Pompa) yang berdampak pada besarnya biaya dari konsumsi energi.

II. DASAR TEORI

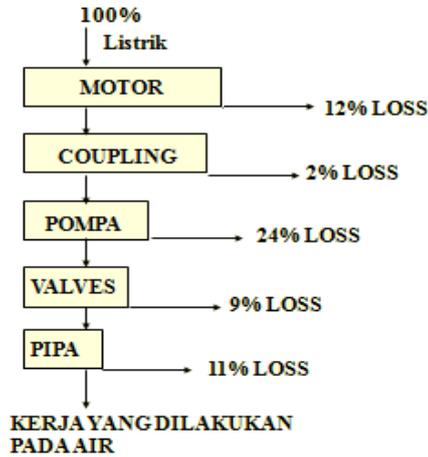
a. Penghematan Energi Pada Pompa

Pompa sering ditemukan pada berbagai keperluan di bangunan gedung, industri maupun rumah tangga. Pompa umumnya digerakkan oleh motor listrik secara terus menerus maupun periodik sehingga konsumsi energinya cukup besar dalam periode setahun.

b. Sistem Pompa

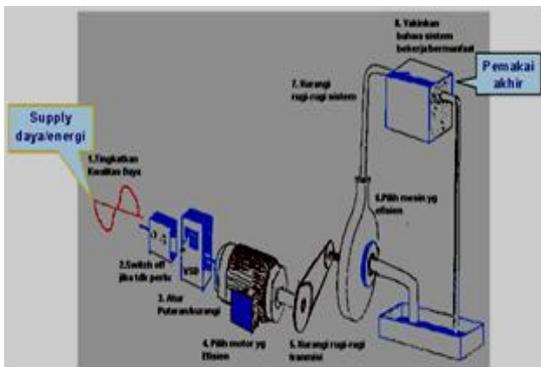
Mesin pompa adalah salah satu komponen utama sistem pompa, komponen lain adalah motor, transmisi katup dan pipa. Kurang dari separoh dari energi listrik yang diinputkan ke sistem pompa dikonversikan menjadi energi

aliran fluida yang bermanfaat. Sisanya merupakan rugi-rugi energi pada berbagai komponen sistem pompa seperti tertera pada neraca energi berikut.



Gambar : Neraca Energi Pompa

Rugi-rugi energi tersebut akan lebih besar lagi jika pompa dioperasikan diluar disain *operating point* (uraian lebih rinci akan disampaikan pada bab selanjutnya). Ini berarti bahwa potensi penghematan pada pompa dapat direalisasikan dengan cara perbaikan efisiensi dan desain sistem yang lebih baik pada masing-masing komponen sistem pompa. Peluang hemat energi lainnya sistem pompa adalah yang berkaitan dengan kualitas daya listrik sebagaimana diperlihatkan dalam gambar berikut.

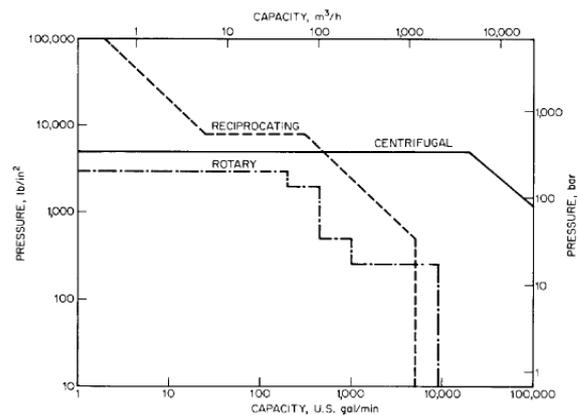


Gambar : Sistem pompa

c. Aplikasi Pompa

Pompa bervariasi berdasarkan ukuran dan aplikasi. Dalam aplikasinya pompa sentrifugal sering digunakan, sedangkan pompa reciprocating banyak digunakan untuk keperluan tekanan tinggi. Secara prinsip semua jenis fluida dapat dilayani dengan berbagai desain pompa. Meskipun secara prinsip semua jenis pompa dapat digunakan namun pompa sentrifugal adalah yang paling ekonomis disusul oleh pompa rotary dan reciprocating. Informasi yang diperlukan dalam aplikasi pompa adalah sbb:

- Flowrate
- Static suction head
- Static discharge head
- Diameter dalam pipa Suction
- Panjang pipa suction & material
- Diameter dalam pipa discharge
- Panjang pipa discharge & material
- Temperature
- Details of solids
- Ketinggian di atas muka laut .
- Detail penggunaan jika fluida bukan air : full liquid description, specific gravity, viscosity dan pH.



$$1 \text{ gallon} = 0.003785 \text{ m}^3$$

Gambar : Aplikasi Pompa

Pompa positive displacement secara umum lebih efisien dari pompa sentrifugal, tetapi karena biaya pemeliharannya relatif tinggi, maka

pompa centrifugal secara keseluruhan masih lebih menarik. Dan oleh karena itu pembahasan dalam tulisan ini difokuskan pada pompa centrifugal.

d. Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal adalah suatu rotating machine dimana aliran dan tekanan fluida dibangkitkan secara dinamik. Pompa ini memindahkan energi ke fluida melalui perubahan kecepatan aliran fluida didalam impeller dan rumah pompa sebagai laluan tetap. Pompa sentrifugal – *volute* merupakan jenis pompa mayoritas yang digunakan di industri dan bangunan gedung.

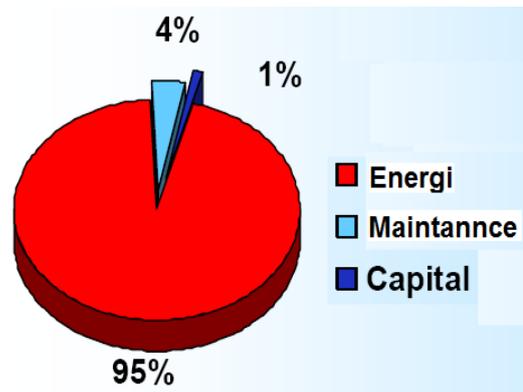
III. LANGKAH PENGHEMATAN ENERGI PADA POMPA

Potensi penghematan energi pada pompa umumnya cukup besar. Potensi tersebut dapat direalisasikan melalui langkah langkah: pemilihan, pengoperasian dan pemeliharaan pompa yang tepat sebagai berikut.

- Memilih tipe dan ukuran pompa yang sesuai.
- Mengoperasikan pompa pada kondisi operating point dimana tingkat efisiensi pompa maksimum (*best efficiency point* - B.E.P.)
- Menghindari throttling (penggunaan katup untuk mengurangi laju aliran).
- Mengontrol putaran pompa.
- Menjaga tekanan-debet aliran selalu pada kondisi operasi yang benar sesuai kebutuhan.
- Mengatur jumlah pompa yang beroperasi sesuai dengan debet alir dan kinerja pompa yang sesuai.

Langkah penghematan energi pada pompa sebagaimana dijelaskan di atas perlu dipahami oleh petugas energi

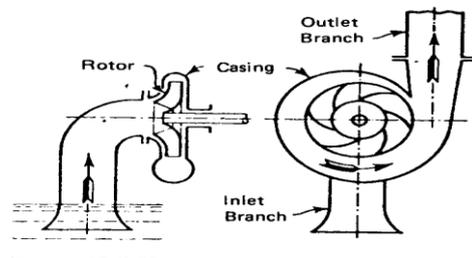
mengingat biaya energi dalam biaya keseluruhan pompa selama life time pompa tersebut relatif sangat tinggi. Secara umum persentase (%) komponen biaya suatu pompa dalam periode *life time cost* dengan umur operasi normal adalah sebagai berikut :



- *Initial capital cost* - pompa dan motor : 1 %
- *Maintanance* : 4 %
- Biaya operasi – energy : **95 %**

Contoh : Biaya Listrik Pompa

Suatu pompa kapasitas 200 m³/jam, head 95.35 m dan efisiensi pompa : 77.69 %, digunakan untuk memompa air ke menara pendingin suatu industri. Pompa digerakkan oleh motor listrik dengan efisiensi : 89 %. Tarif listrik industri adalah : 460 Rp/kWh.



- Kapasitas pompa 200 m³/jam = 55.55 liter/second.
- Power yang dibutuhkan pompa : $(55.55 \text{ l/s} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \times 95.35 \times 1) / 0.7769 \times 1000 \text{ kW} = 66.88 \text{ kW}$.

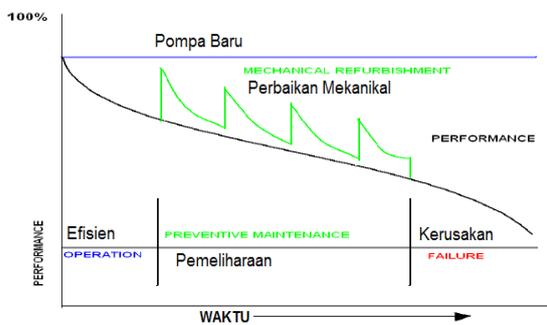
- Power input motor : $66.88 / 0.89 = 75 \text{ kW}$
- Biaya operasi per tahun :

$75 \text{ kW} \times 24 \text{ jam} \times 7 \text{ hari} \times 52 \text{ minggu} \times 700 \text{ Rp/kWh} = \text{Rp. } 458,640,000,- \text{ per tahun.}$

Jika life time pompa adalah 10 tahun, maka biaya operasi/energi selama umur operasi pompa lebih dari 3 milyar rupiah. Suatu jumlah yang cukup besar dibandingkan dengan biaya pembelian pompa sekitar 30 juta rupiah.

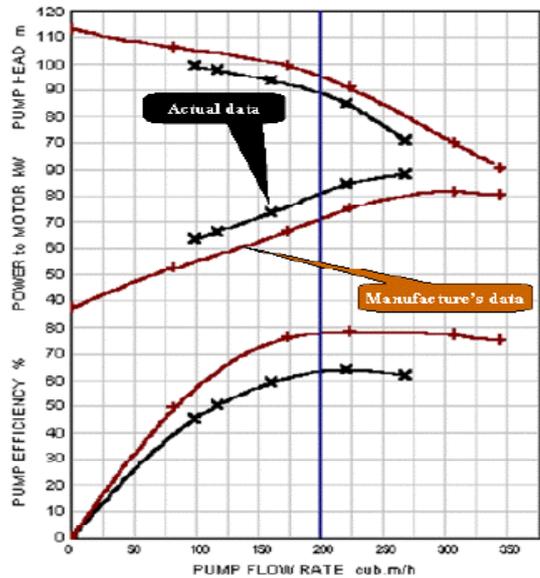
a. Penurunan Kinerja Pompa

Kinerja pompa akan menurun akibat faktor waktu, oleh karena itu perawatan/pemeliharaan pompa diperlukan. Meskipun perawatan telah dilakukan dengan baik efisiensi pompa seperti semula (baru) tidak mungkin diperoleh. Dengan kata lain selalu ada penurunan efisiensi pompa akibat perjalanan waktu (lihat gambar).



Gambar : Penurunan Kinerja Pompa terhadap Waktu

Jika tidak dilakukan monitoring efisiensi pompa, maka operator tidak pernah tau bahwa dalam operasinya pompa telah mengalami penurunan efisiensi dan daya pompa meningkat rata-rata sekitar 13.2 % sebagaimana ditunjukkan dalam gambar dan tabel berikut.



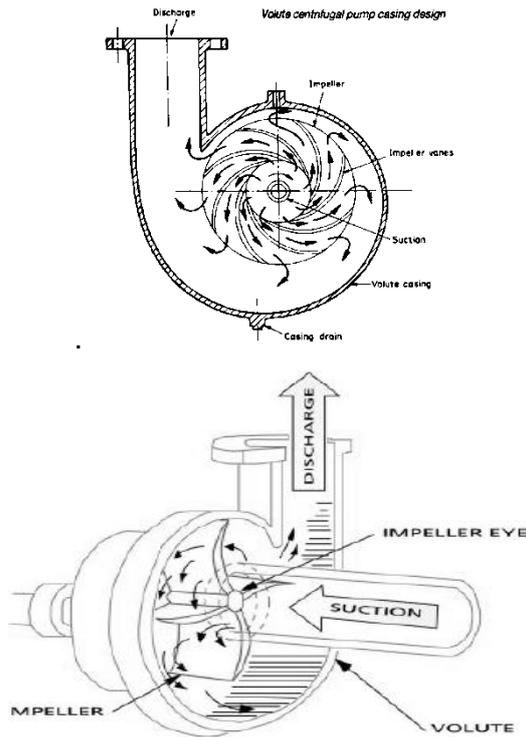
Gambar : Perubahan Kinerja Operasi Pompa Terjadi tanpa Disadari

	Manuf. data	Actual data	Perbedaan
Head	95.35 m	88.78 m	-6.89 %
Efficiency	77.67 %	63.31 %	-14.8 %
Konsumsi Energy	71.04 kW	80.93 kW	+13.2 %
Flow	200 m³/h	200 m³/h	

Dengan contoh sebagaimana diuraikan di atas tanpa disadari biaya energi yang cukup besar hingga puluhan juta rupiah per bulan dapat terjadi karena perubahan efisiensi operasi dan menimbulkan pemborosan pada pompa.

b. Pemilihan Jenis Pompa

Semua tipe pompa mempunyai batasan operasional. Hal ini akan jadi pertimbangan pemilihan jenis pompa (positive displacement atau centrifugal. Single volute centrifugal pump sering digunakan namun memiliki batasan operasi dan jika tidak dipertimbangkan akan menimbulkan masalah yaitu umur pakai beberapa komponen pompa turun secara drastis



c. Efisiensi Pompa

Efisiensi adalah penting dalam pemasaran maupun dalam pengoperasian suatu sistem pompa. Informasi dalam brosur penjualan berbagai produk pompa sering mengaitkan antara harga dan efisiensi. Sayangnya informasi efisiensi dalam brosur itu tidak selalu akurat, apa saja yang termasuk dalam informasi tersebut, apa asumsinya dan apa yang kurang atau yang tidak dimasukkan dalam informasi tersebut tidak selalu dijelaskan misalnya :

- Apakah data dalam brosur diperoleh dengan putaran motor konstan.
- Apakah nantinya pompa beroperasi sama dengan putaran di brosur. Daya (kW) pompa berubah secara cubic (pangkat tiga) terhadap putaran sehingga perubahan sedikit saja terjadi pada putaran pengaruhnya sangat besar terhadap daya pompa.
- Apakah penggerak pompa motor induksi dengan slip 2-5 % atau tidak.

- Daya (kW) dalam brosur diuji dengan menggunakan jenis seal dan sistem transmisi apa?. Seal atau paking serta sistem transmisi daya sangat berpengaruh terhadap konsumsi daya pompa.
- Faktor lain yang penting adalah efisiensi motor penggerak dan efisiensi motor listrik tergantung pada kualitas daya, beban, dan faktor daya ($\cos \phi$).

Pemilihan pompa saat awal penting untuk menghindari kerugian energi akibat efisiensi operasi pompa yang rendah dikemudian hari. Toleransi keamanan yang terlalu besar yang diberikan pada saat pengadaan membuat pompa *oversize* baik kapasitas maupun head. Dan akibatnya dalam operasi aktual pompa tersebut akan boros. Oleh karena itu dari sejak penentuan pompa hal-hal berikut sudah harus diperhatikan.

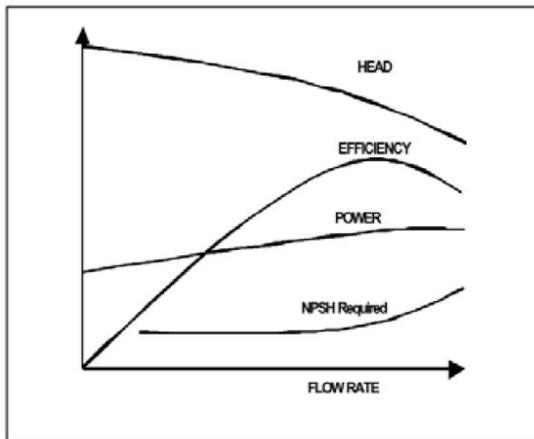
- Kapasitas dan head system agar diestimasi seakurat mungkin.
- Tidak perlu menambah "margin for safety" pada head system.

Dengan alasan safety margins yang sengaja ditambahkan pada perkiraan awal sistem pompa dan karena banyak orang terlibat dalam pengambilan keputusan pembelian pompa dan masing-masing merekomendasikan tambahan kapasitas sebagai kompensasi kekhawatirannya atas pompa yang terlalu kecil untuk pekerjaan dimaksud.

Mengantisipasi keperluan yang lebih besar dimasa mendatang sering digunakan sebagai alasan untuk memasang pompa dengan kapasitas besar dengan pertimbangan lebih baik membeli pompa dengan ukuran lebih besar daripada nanti saat kapasitas produksi naik harus mengganti pompa lagi. Ukuran pompa yang ada di dealer tidak ada yang sama dengan yang

diinginkan, dalam kasus seperti ini ukuran pompa yang besar tidak dapat dihindari. Pembelian/penggantian dilakukan dengan mengikuti ukuran pompa yang lama yang sebenarnya adalah juga oversized.

Kurva performance pompa dapat dilihat pada gambar berikut. Pada sumbu horizontal ditunjukkan laju alir (debet) pompa sedangkan pada sumbu vertikal digambarkan ber turut-turut head, efisiensi, daya dan NPSH pompa. Dalam hal ini tekanan pompa digambarkan dengan head yang dinyatakan dengan ketinggian kolom air dalam meter.



Gambar : Performance Pompa

d. Specific speed (N_s) Mempengaruhi Efisiensi Pompa.

Hasil survei pompa menunjukkan bahwa efisiensi pompa berkisar antara 15 – 90 %.

Pertanyaannya adalah apakah range efisiensi yang cukup besar tersebut akibat dari pemilihan pompa yang keliru, desain pompa jelek atau ada faktor lain yang berpengaruh terhadap kinerja pompa?. Perlu diketahui bahwa efisiensi pompa berkaitan langsung dengan "the specific speed number" (N_s).

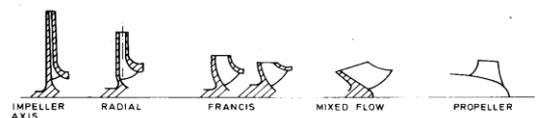
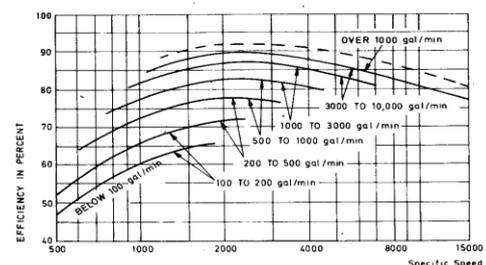
Efisiensi pompa akan turun secara drastis jika N_s kurang dari 1000. Hasil pengujian

juga menunjukkan bahwa pompa dengan desain kapasitas kecil menunjukkan efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan pompa kapasitas besar. Berdasarkan uraian di atas kita sudah memahami bahwa efisiensi pompa berkaitan dengan bentuk impeller, dan perlu diketahui bahwa bentuk impeller dapat dipengaruhi oleh kondisi operasi.

Specific speed (N_s) adalah istilah yang diberikan untuk menjelaskan bentuk geometri impeller pompa.

Specific speed diartikan sebagai "the speed of an ideal pump geometrically similar to the actual pump, which when running at this speed will raise a unit of volume, in a unit of time through a unit of head".

Namun specific speed number (N_s) dapat digunakan untuk menentukan aplikasi pompa yang tepat.



Petugas yang bertanggung jawab atas pemilihan dan penggunaan pompa dapat menggunakan informasi N_s ini sebagai dasar pertimbangan :

- Memilih bentuk curva pompa.
- Menentukan efisiensi pompa.
- Memilih pompa yang paling murah biaya operasi penggunaannya.

- Memperkirakan N.P.S.H yang diperlukan.
- Anticipate masalah *overloading* motor.

Kinerja suatu pompa sentrifugal dinyatakan dalam : putaran (pump speed), total head, dan debit atau laju alir. Informasi ini disediakan oleh manufaktur pompa. Specific speed dihitung dari formula berikut (data diambil dari curve pompa pada *best efficiency point* - B.E.P.):

$$\text{Specific speed: } n_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Dengan :

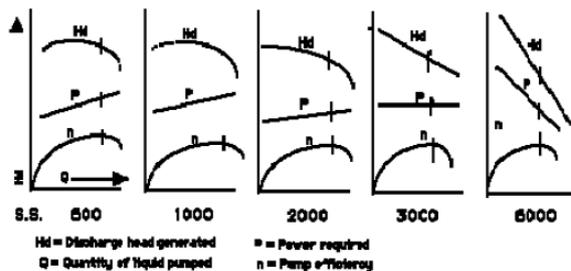
n = Putaran pompa dalam (rpm.)

Q = The flow rate (debit) dalam liters per menit (single/double suction impellers)

H = Total dynamic head dalam (meter).

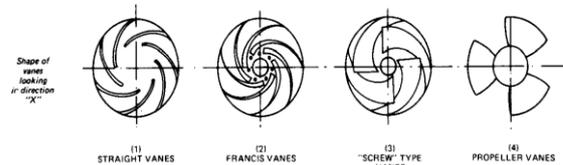
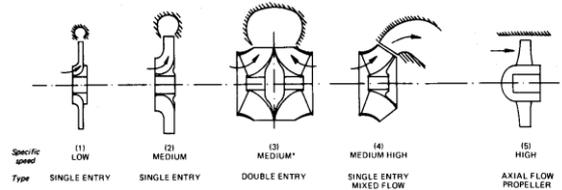
Pada tipe pompa dengan Ns rendah, konsumsi energi minimum terjadi saat laju aliran ditutup dan meningkat sejalan dengan meningkatnya aliran/debit. Ini berarti motor dapat over load pada saat beban pompa yang tinggi kecuali hal ini sudah diantisipasi saat pembelian pompa. Specific speed range untuk double suction impeller dan single suction impellers berkisar antar 1000 – 6000.

Tipe pompa dengan nilai Ns sedang : Daya maksimum pompa terjadi pada sekitar efisiensi desain (BEP). Ini berarti motor pompa akan aman (tdk overload) beroperasi disekitar area disain point dengan putaran yang diperlukan.

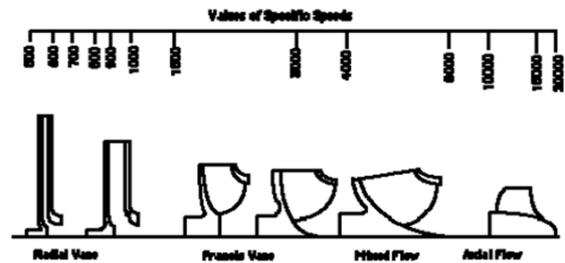


Gambar : Curva spesifik speed typical

Pada tipe pompa dengan nilai Ns tinggi daya pompa maksimum terjadi pada laju aliran/debit minimum, ini berarti menghidupkan (start) pompa dengan kondisi katup discharge tertutup dapat membuat motor overload-terbakar. Jika throttling diperlukan pada operasi pompa, maka motor harus dipasang dengan daya besar.



Gambar berikut menunjukkan bentuk impeller dan hubungannya terhadap Ns



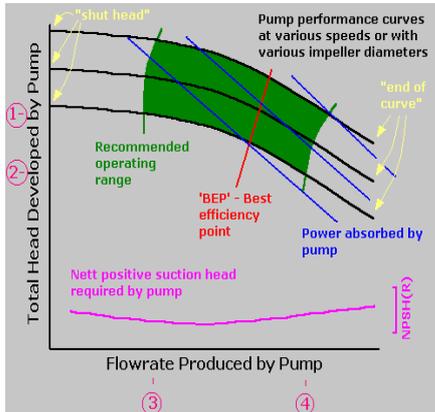
Gambar : Bentuk Impeller dan Ns

Pada gambar dan grafik berikut ditunjukkan tipe dan posisi rugi-rugi daya pada dan rugi-rugi head suatu pompa sentrifugal.

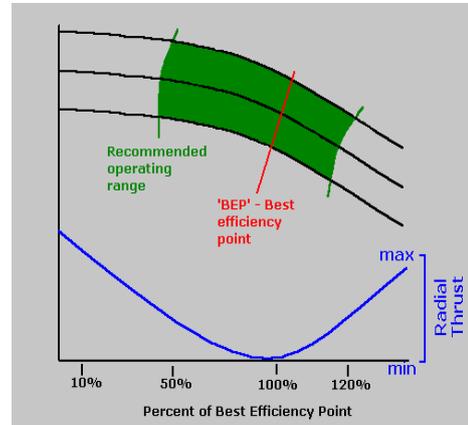
e. Mengoperasikan Pompa Pada Best Efficiency Point.

Jika pompa dipasang dalam suatu instalasi, sistem operasi pompa dapat digambarkan secara grafik antara karakteristik pompa dengan curva sistem. Perpotongan antara curva sistem dan curva pompa (curva total head vs flow) disebut dengan *operating point*. Setiap pompa memiliki karakteristik sendiri

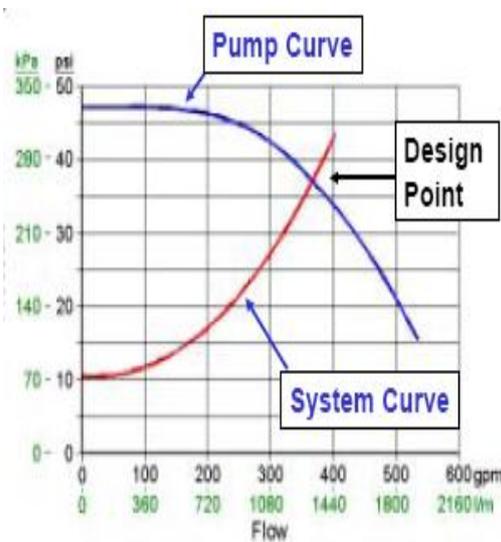
sebagaimana gambar berikut (contoh karakteristik pompa sentrifugal).



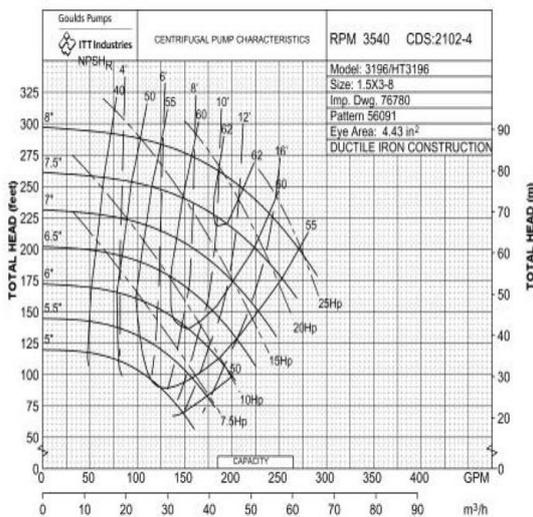
dimana kecepatan aliran dan tekanan fluida di dalam impeller dan rumah pompa (volute) adalah sama.



Gambar : Best efficiency point



Jika *operating point* bergeser dari *Best Efficiency Point*, maka kecepatan alir fluida berubah, dan menimbulkan perubahan tekanan pada satu sisi impeller. Hal ini akan menimbulkan gaya - *radial thrust* yang dapat menimbulkan defleksi pada poros pompa, excess load pada bearings, excess deflection pada mechanical seal, keausan yang tak lajim pada gland packing atau poros / sleeve. Kerusakan dapat juga menimbulkan berkurangnya umur pakai bearing / seal atau poros.



Gambar : Karakteristik Pompa.

f. Perhitungan Daya Pompa

Untuk pompa sentrifugal daya penggerak pompa dihitung sebagai berikut :

$$\text{Hydraulic Power} : P = Q \text{ (m}^3\text{/s)} \times \text{Total head, } h_d - h_s \text{ (m)} \times \rho \text{ (kg/m}^3\text{)} \times g \text{ (m/s}^2\text{)} / 1000$$

- Daya hidrolis pompa :
- $P = 0.163 \times \rho \times Q \times H \dots \text{ (kW)}$.

Dengan : ρ , adalah berat jenis fluida (kg/liter); untuk air $\rho = 1$.

Q , adalah laju alir (m³/menit)
 H , adalah total head pompa (m);
 $H = (H_d - H_s)$, H_d = tekanan discharge, H_s = tekanan suction.

Best efficiency point (lihat gambar berikut) adalah titik *operating point* dengan efisiensi pompa tertinggi, dan juga titik

- **Daya poros pompa :**

$$(P)_p = \text{Daya hidrolis} / \eta.$$

Dengan η adalah efisiensi pompa.

$$(P)_p = (0.163 \times \rho \times Q \times H) / \eta \dots (\text{kW}).$$

- **Daya motor penggerak :**

$$(P)_m = (P) / \eta_m \dots (\text{kW}).$$

Dengan η_m adalah efisiensi motor.

$$(P)_m = (0.163 \times \rho \times Q \times H) / (\eta \times \eta_m) \dots (\text{kW})$$

Untuk mengetahui apakah data dalam brosur pemasaran pompa tersebut adalah jujur, maka buatlah perhitungan daya dan efisiensi pompa.

Untuk sistem metrik daya pompa dihitung dengan formula berikut :

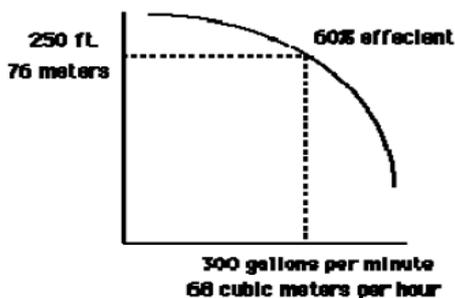
$$\text{kW} = Q \times H / 360$$

Dengan : kW : daya pompa (water kilowatts) pada *best efisiensi point*

H : total discharge head dalam m kolom air.

Q : Debet air m³/jam.

Sesuai dengan diagram karakteristik pompa (gambar berikut) :



Daya pompa = $76 \times 68 / 360 = 14.6 \text{ kW}$.

Dengan efisiensi pompa 60 %, maka daya motor adalah : $14.6 / 0.6 = 23.93 \text{ kW}$.

Ternyata konsumsi daya aktual (pengukuran) lebih besar dari adalah 30 kW, maka efisiensi pompa aktual adalah : $14.6 / 30 = 48 \%$.

Contoh di atas menjelaskan kepada kita bahwa efisiensi pompa bukanlah satu-

satunya informasi yang kita perlukan dalam pembelian pompa.

Pompa jarang dioperasikan tepat pada *best operating point*, sehingga angka efisiensi aktual akan lebih kecil dari yang tertera dalam brosur pembelian. Oleh karena itu hal lain yang perlu diperhatikan selain efisiensi pompa adalah debit dan head (Q & H). Setelah besaran Q&H ditetapkan maka perhatikan apakah jenis paking/seal yang digunakan adalah benar, tidak merusak poros, mudah disesuaikan dengan keausan normal sehingga efisiensi dapat dipertahankan, mampukah seal terhadap thermal growth, bagaimana bearing dilumasi. Apakah pompa centerline disain, hal ini harus jika suhu fluida atau produk yang dipompa diatas 100C.

g. Head Pompa

Head pompa senrifugal terdiri atas discharge head (head pipa tekan) dan suction head (head pada pipa isap)

Discharge head ada tiga macam yaitu :

1. Statik head: adalah tinggi permukaan air yang akan dipompa, atau tinggi discharge piping outlet dimana tangki air diisi dari atas. Jika pengisian dilakukan dari bawah, maka statik head akan berubah-ubah karena permukaan air akan naik selama pengisian.
2. Pressure head : yaitu jika pemompaan dilakukan pada tangki bertekanan misalnya boiler. Dalam hal ini satuan tekanan (bar atau psi) harus dikonversi menjadi satuan head (meter kolom air).
3. Dinamik atau sistem head : yaitu disebabkan tahanan atau gesekan pipa, katup dan sistem komponen.

Demikian juga suction head ditentukan dengan cara yang sama.

1. Jika permukaan air yang akan dipompa berada di atas pusat poros pompa, maka disebut suction head positif.
2. Jika level air yang akan dipompakan berada di bawah poros pompa disebut suction head negatif.
3. Jika fluida dipompa dari tangki bertekanan, maka unit tekanan tersebut dikonversikan menjadi positif suction head dan sebaliknya jika vakum dikonversikan menjadi negatif suction head.
4. Gesekan pipa, katup dan sistem lainnya adalah suction head negatif.

Total discharge head (H) adalah : Suction head negatif ditambahkan dengan discharge head atau positif suction head dikurangkan dari discharge head.

Perlu diketahui bahwa daya hidrolis pompa adalah pada fluida bukan pada motor penggerak. Motor umumnya memiliki efisiensi sekitar 85 %, dan jika motor tersebut menggerakkan pompa dengan efisiensi 76 %, maka efisiensi keseluruhan pompa dan motor adalah = $0.85 \times 0.76 = 65 \%$.

Oleh karena itu harus hati-hati kondisi operasi yang dapat mempengaruhi efisiensi pompa antara lain.

- Keausan rings dan impeller clearances adalah kritikal. Apapun yang menyebabkan keausan tolerances akan berakibat terjadinya sirkulasi internal akan memboroskan energi akibat fluida yang kembali / balik ke suction pompa.
- A bypass line yang dipasang dari discharge ke pipa suction . Panas yang dihasilkan dari recirkulasi

kadang dapat menimbulkan kapitasi karena menaikkan suhu fluida masuk.

- A double volute design pump restricts the discharge passage lowering the overall efficiency.
- Running the pump with a throttled discharge valve.
- Eroded or corroded internal pump passages will cause fluid turbulence.
- Any restrictions in the pump or piping passages such as product build up, a foreign object, or a stuck check valve.
- Over lubricated or over loaded bearings.
- Misalignment between the pump and driver.
- Impeller imbalance.
- A bent shaft.
- A close fitting bushing.
- Loose hardware.
- A protruding gasket rubbing against the mechanical seal.
- Cavitation.
- Harmonic vibration.
- Improper assembly of the bearings, seal, wear rings, packing, lip seals etc..
- Thermal expansion of various components in high temperature applications. The impeller can hit the volute, the wear rings can come into physical contact etc.

h. Pemeriksaan Sistem Pompa

Langkah awal penghematan energi sistem pompa adalah memeriksa data umum misalnya kebutuhan air untuk berbagai kebutuhan. Neraca air (water balance) sebaiknya dianalisis untuk menghindari kebutuhan air yang tidak perlu atau kemungkinan melakukan recycle water. Mengurangi kebutuhan air yang tidak perlu adalah cara sederhana

menghemat energi pada sistem pompa. Ada baiknya memeriksa peralatan yang *stand by* atau yang tidak dioperasikan, karena dalam prakteknya peralatan yang tidak beroperasi seperti ini masih tetap mengkonsumsi air. Perhatikan kemungkinan adanya pengoperasian unit pompa bertekanan tinggi misalnya kebutuhan tekanan tinggi hanya satu unit tetapi seluruh unit pompa yang ada beroperasi dengan tekanan tinggi yang sama.

Kegiatan pemeriksaan selanjutnya adalah

- Spesifikasi pompa (tipe, debit, head, discharge pressure)
- Kapasitas motor penggerak.
- Kondisi operasi (operating point).
- Parameter operasi.
 - Listrik (tegangan, arus, $\cos \varphi$).
 - Laju alir aktua.
 - Tekanan discharge.
- Dapatkan curva performance dari manufaktur.
- Plot operating point dan desain point (discharge pressure dan efisiensi).

- Bandingkan operating point dan desain point (discharge pressure dan efisiensi).

IV. KESIMPULAN

salah satu permasalahan mengapa kita belum berhasil dalam program penghematan energi. Kunci sukses dari manajemen energi adalah adanya pengelola energi yang bertanggungjawab atas pengelolaan energi dan menghubungkan semua masalah tentang energi yang terjadi di bagian utilitas/teknik dengan biaya energi yang dibayar oleh perusahaan.

Potensi penghematan energi pada sebagian besar industri berkisar antara 10 - 20 %. Sebagian besar potensi ini dapat dengan mudah diimplementasikan melalui perbaikan prosedur operasi dan pemeliharaan yang relatif tidak memerlukan investasi atau hanya dengan sedikit investasi. Penghematan energi yang lebih besar hingga 30 % dapat diperoleh jika dilakukan modifikasi namun memerlukan investasi dengan payback kurang dari 2 tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Able, Stephen D., B.S. (M.E.), MBA, M.S. (Eng), P.E. Diaphragm pump Mps, Late Principal Engineer, Ingersoll-Rand Fluid Products, Bryan, Oh

Addie, Graeme, B.S. (M.E.) Application and Construction of Centrifugal, Solids handling pump, Vice President, Engineering And R&D, GIW Industries, Inc., Grovetown, GA

Tullo, C. J., P.E. Centrifugal Pump Priming, *Chief Engineer (Retired), Centrifugal Pump Engineering, Worthington Pump, Znc., Harrison, NJ*

Lev Nelik, P.E., APICS and Jim Brennan 2005, Progressing Cavity Pumps, Downhole Pumps, And Mudmotors, Gulf Publishing Company, Houston, Texas.

**) Sonden Winarto adalah Pejabat Fungsional Widyaiswara Muda Pusdiklat Migas di Cepu*