PENGARUH USIA-PAKAI TERHADAP PRESTASI KERJA PADA POMPA SENTRIFUGAL

Jules H.F. Saroinsong

Abstrak: Efisiensi pompa sentrifugal tergantung pada sejumlah faktor, yang terpenting di antaranya adalah: (a) kerugian hidrolik; (b) gesekan cakra; (c) kerugian mekanis pada bantalan dan paking; dan (d) kerugian kebocoran. Pengoperasian pompa santrifugal dalam suatu jangka waktu tertentu, biasanya akan memberikan sesuatu pengaruh terhadap prestasi kerja yang pada dasarnya akan menunjukkan penyimpangan dari kondisi kerja yang diharapkan. Tampaknya prestasi kerja pompa sentrifugal tidak mungkin dapat dipertahankan tetap konstan, sehingga upaya yang akan diusahakan adalah laju kerusakan karena usia-pakai ditahan sekecil mungkin.

Kata-kata kunci : Pompa sentrifugal, usia-pakai, prestasi kerja.

Yedidiah, seorang ahli teknik yang mengkhususkan keahliannya dalam mesin pompa sentrifugal dan juga menjadi anggota ASME (American Society of Mechanical Engineers) tercatat sebagai ahli profesional, berkomentar: "Seperti layaknya tidak ada seorang pun dapat terhindar dari pengaruh pertambahan usia-hidup, demikian pula mesin pompa sentrifugal sehubungan dengan usia-pakai yang tidak terhindar dari perubahan prestasi kerjanya". Apabila kita memilih pompa sentrifugal, salah satu hal yang harus diingat bahwa prestasi pompa akan jarang terjadi pada keadaan tetap konstan. Tentulah itu akan berubah secara terus menerus.

Perubahan ini dapat diakibatkan oleh penyebab eksternal seperti perubahan kebutuhan yang bervariasi dalam pemompaan, atau akumulasi sedimen dalam saluran-saluran pipa. Atau ini dapat terjadi sebagai akibat dari penyebab internal seperti: (1) bertambah besarnya celah cincin penahan aus, yang satu dipasang pada sudut jalan dan yang satu lagi pada rumah pompa; (2) perubahan kekasaran permukaan internal; atau (3) perubahan ukuran lintasan aliran dalam pompa. Artikel ini difokuskan pada pengaruh tiga faktor internal ini.

Jules H.F. Saroinsong adalah dosen Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FPTK IKIP MALANG

Sedangkan tidak banyak yang dapat dilakukan untuk mencegah kerusakan-pakai atau pengaruh usia-pakai, harus dimengerti alasan-alasan untuk merubah efisiensi pompa dan mengetahui di mana memandang dan bagaimana mengetahui pengaruh kerusakan-pakai. Pada dasarnya bahwa pompa dapat bekerja normal kembali setelah diadakan perbaikan dengan mengganti bagian-bagian yang rusak sesuai keadaan aslinya.

KERUSAKAN-PAKAI MENINGKATKAN RUGI-KEBOCORAN

Perhatikan sebuah pompa sentrifugal isapan ujung yang ditunjukkan dalam Gambar 1. Likuid memasuki sudut jalan di zone E dan keluar di zone 2. Tetapi tekanan likuid di laluan keluar lebih tinggi daripada di laluan masuk, ada kecenderungan untuk likuid mengalir dari zone 2 ke zone E. Untuk meminimalkan aliran balik seperti itu, pada permukaan sudu jalan dan rumah pompa dilengkapi dengan cincin penahan aus W dengan kelonggaran b di antara kedua permukaan yang diatur sekecil mungkin.

Stepanoff, seorang ahli mesin pompa, telah melakukan pengkajian rugi-rugi kebocoran untuk berbagai jenis cincin, dan juga dirumuskan metode bagaimana jumlah kebocoran ini dapat ditaksir. Kajian ini dituangkan dalam karya ilmia berjudul "*Leakage Loss and Axial Thrust in Centrifugal Pump*" (Austin, 1972).

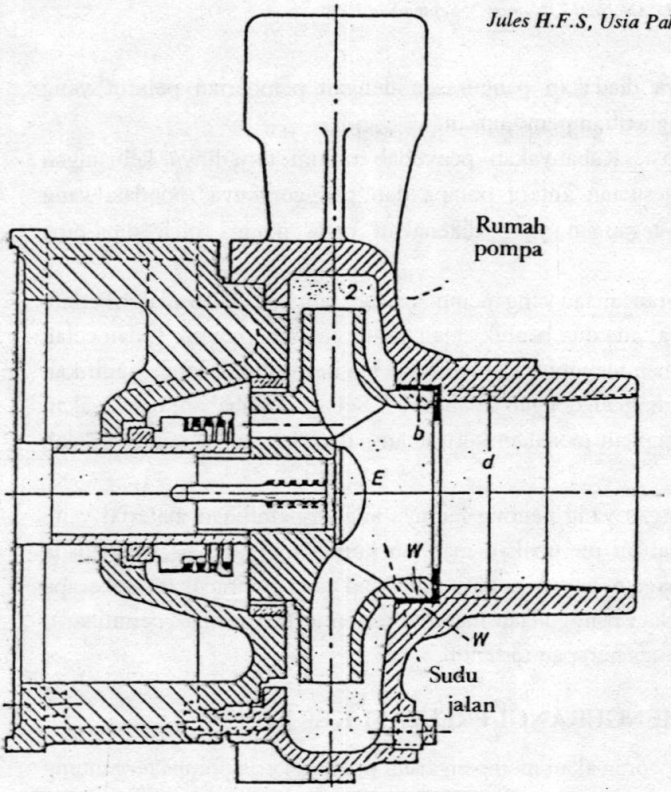
Jumlah kebocoran Ql yang mengalir balik dalam celah, dapat dihitung dengan rumus:

$$Ql = K \Pi db (2gH) 1/2$$

dimana b adalah lebar celah, d adalah diameter rata-rata celah, H adalah tinggi-tekan (head) antara sisi-sisi cincin, g adalah percepatan gravitas, dan K adalah koefisien aliran yang tergantung pada jenis cincin yang dipakai dimana harganya bervariasi dari 0,35 sampai 0,65. Stepanoff menemukan bahwa tinggi-tekan antara sisi-sisi cincin adalah

$$H = \frac{3}{4} \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g}$$

di mana u1 dan u2 masing-masing adalah kecepatan keliling di sisi masuk dan sisi keluar sudu jalan.



Gambar 1 Penampang Melintang Pompa Sentrifugal Isapan Ujung

Untuk pompa-pompa yang baru, kelonggaran b sangat kecil. Tetapi setelah waktu operasi tertentu, kelonggaran akan meningkat karena kerusakan-pakai. Laju kerusakan ini tergantung kondisi operasi pompa dan dari bentuk perencanaan tertentu. Contoh-contoh kondisi operasi meliputi :

(1) Adanya kandungan zat padat di dalam likuid yang dipompakan. Konsentrasi zat padat yang lebih tinggi akan mengakibatkan laju kerusakan-pakai menjadi lebih tinggi pula. Walaupun demikian, laju kerusakan dapat juga tergantung pada kekerasan, bentuk, dan ukuran partikel-partikel.

(2) Adanya zat padat yang dapat larut di dalam likuid yang dipompakan. Dalam keadaan pemompaan berhenti, sebagian zat padat ini akan terjadi rekristalisasi karena adanya perubahan temperatur atau penguapan.
Jika dihidupkan kembali, zat padat dapat menyebabkan kerusakan yang berat pada celah di antara suku jalan dan rumah pompa. Untuk mencegah kerusakan

ini, pompa hendaknya diadakan pengurasan dengan pemberian pelarut yang sesuai pada setiap penghentian pemompaan.

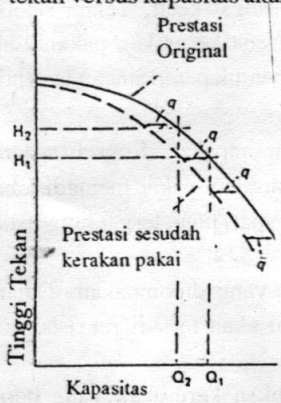
(3) Kebisingan dan vibrasi. Kebanyakan penyebab umum terjadinya kebisingan suara adalah ketidaksesuaian antara pompa dan penggeraknya, pondasi yang tidak baik, tegangan-tegangan yang dikenakan pada pompa oleh pipa-pipa aliran, dan kavitasi.

Salah satu faktor perencanaan yang mempengaruhi laju kerusakan adalah bentuk dari celah. Pada umumnya, ada dua bentuk celah yaitu, celah berbentuk L dan celah berbentuk lurus. Pengalaman menunjukkan bahwa celah berbentuk L lebih signifikan menahan kerusakan dibandingkan dengan celah lurus. Sebagai tambahan, bahwa akan terjadi peningkatan kemampuan menahan kerusakan-pakai dengan merancang celah yang cukup panjang.

Pengaruh perancangan yang penting lainnya adalah pemilihan material yang sesuai. Kadang-kadang hal ini merupakan masalah kompleks, yang berfokus pada keselarasan kimia antara bagian- bagian pompa dan likuid yang dipompakan. Beberapa pabrik telah mengembangkan penggunaan material tertentu (dengan hak pemilikan), yang biasanya sesuai untuk penerapan tertentu.

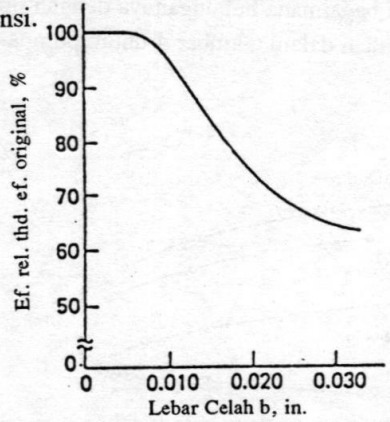
RUGI KEBOCORAN MENGURANGI PRESTASI KERJA

Kenaikan rugi-kebocoran akan mempengaruhi prestasi kerja pompa tergantung pada beberapa faktor, termasuk kecepatan spesifik pompa (Ns = NQ 0,5 / H 0,75, dimana N adalah kecepatan aktual) dan lebar celah b. Untuk harga b yang kecil, kurve tinggi-tekan versus kapasitas akan berubah mendekati seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.



Gambar 2 Kurve Tinggi tekan vs Kapasitas

Sambil lebar celah bertambah karena usia pakai, demikian pula aliran rugi kebocoran. Jadi, untuk tinggi tekan H1 tertentu, pompa akan memberikan laju aliran Q2 yang merupakan laju aliran original Q1 dikurangi kenaikan q dalam aliran rugi kebocoran. Sebaliknya, tinggi tekan H2 pada laju aliran Q2 akan berkurang menjadi H1. Fenomena ini dapat lebih baik dimengerti jika kita memandang akibat gabungan pada tinggi tekan dan kapasitas dengan memperhatikan efisiensi pompa sebagai fungsi lebar celah, seperti ditunjukkan dalam Gambar 3. Sampai pada harga mendekati b = 0,01 in., lebar celah ini tidak akan memberikan akibat pada efisiensi. Untuk kelonggaran yang lebih besar, efisiensi menurun terus sampai kira-kira 30 sampai 40 persen. Kemudian dengan adanya tambahan kenaikan b, akan terlihat tidak akan memberikan akibat pada efisiensi.



Gambar 3 Kurve Efisiensi Relatif Terhadap Efisiensi Original vs Lebar Celah

Perilaku ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

Untuk harga-harga b kurang dari kira-kira 0,01 in., lapisan batas pada kedua sisi celah biasanya memenuhi seluruh lebar laluan. Oleh karena itu, perubahan lebar celah mempunyai pengaruh yang dapat diabaikan pada laju aliran total pemompaan.

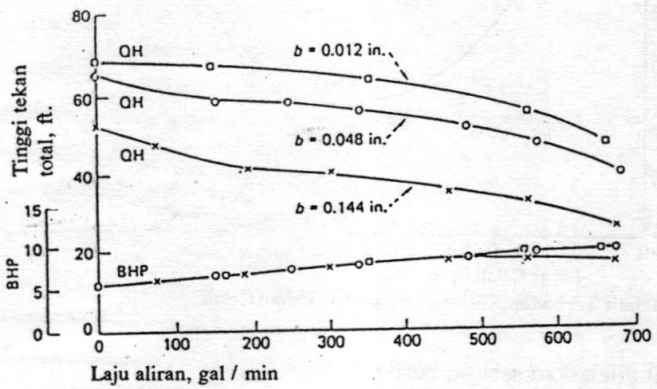
Untuk b lebih besar daripada 0,01 in., aliran ke dalam celah meningkat dengan ciri hampir linier dengan lebar celah. Walaupun demikian, sepanjang harga absolut b tetap relatif kecil, penahanan terhadap rugi kebocoran itu begitu besar dengan hilangnya semua tinggi tekan daripada likuid yang bocor, dan harga efisiensi turun sampai hampir linier dengan b.

Sambil harga b terus bertambah, pertambahan kerugian yang tidak dapat dihitung dari likuid bocor akan mendapatkan pengurangan secara progresif. Likuid bocor mulai

berbalik ke mata sudu jalan dengan kandungan energi yang lebih tinggi daripada likuid yang memasuki sudu jalan dari luar. Sebagai akibat dari campuran dua aliran ini, sebagian energi yang hilang karena rugi kebocoran akan berbalik ke likuid yang masuk. Ini mengakibatkan kerugian efisiensi yang kecil. Pada harga b yang sangat besar, suatu keseimbangan terjadi dan efisiensi menjadi hampir konstan.

Hasil yang tertera dalam Gambar 3 didasarkan pada pengalaman dan analisis seorang ahli yang disebutkan di atas (S. Yedidiah), dan itu dapat dipakai hanya untuk membantu sebagai ilustrasi umum dari akibat lebar celah pada pengaruhnya terhadap prestasi kerja pompa.

Sebagai contoh suatu ciri bagaimana hubungannya dengan prestasi yang dipengaruhi lebar celah cincin, disajikan dalam Gambar 4 untuk pompa-pompa khusus.

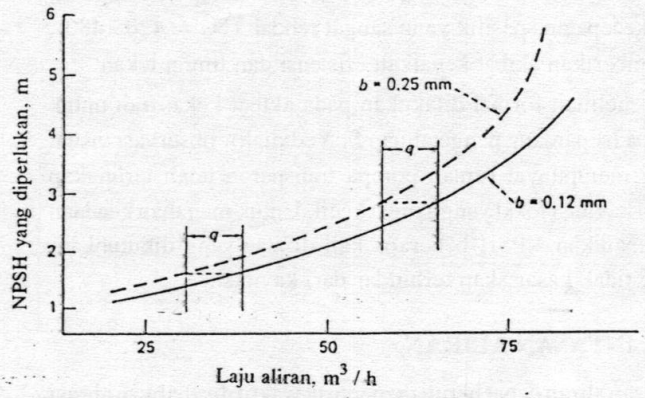


Gambar 4 Kenaikan Lebar Celah, Efisiensi Pompa Menurun

Pompa yang ditinjau ini mempunyai kecepatan spesifik kira-kira 2000. Kalau kelonggaran b = 0,012 in., pompa akan memompakan 660 gal/min pada tinggi tekan 47 ft. Apabila b = 0,048 in., laju aliran pada tinggi tekan yang sama akan turun sampai 580 gal/min. Akhirnya, apabila b mencapai 0,144 in., laju aliran akan turun sampai kira-kira 75 gal/min.

Untuk kenaikan yang relatif kecil lebar celah cicnin, akibat kebocoran pada NPSH (net positive suction head) yang diperlukan adalah sama dengan akibat pada kurve tinggi tekan versus kepasitas. NPSH yang sama akan dibutuhkan untuk suatu

laju aliran yang sama dengan aliran original dikurangi kenaikan aliran rugi kebocoran, seperti ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 5 Prestasi Pompa yang Bekerja pada 1760 rpm

Dalam hal kelonggaran yang lebih besar, bagaimanapun juga likuid bocor melalui celah pada cincin dapat merubah model aliran likuid memasuki sudu jalan. Ini biasanya mempengaruhi NPSH yang diperlukan dalam hal yang tak terduga. Pengalaman S. Yedidiah dalam menekuni permasalahan menyangkut pompa, didapatkan bahwa kenaikan lebar celah menghasilkan NPSH yang diperlukan lebih tinggi daripada apa yang diharapkan berdasarkan pada Gambar 5.

PERUBAHAN KEKASARAN PERMUKAAN

Tergantung pada material konstruksi dan sifat-sifat likuid yang dipompakan, kekasaran lintasan aliran dapat juga berubah menurut waktu. Dalam beberapa contoh, saluran dapat dilakukan pemolesan yang halus, dan lainnya dengan pemolesan kasar. Kedua kondisi ini memberikan pengaruh yang berarti pada prestasi pompa.

Perubahan dalam kekasaran dari rumah pompa akan memberikan pengaruh terhadap prestasi yang berbeda dengan perubahan kekasaran pada sudu jalan. Suatu kenaikan kekasaran di dalam rumah pompa biasanya akan menurunkan tinggi tekan total dan efisiensi. Bagaimanapun juga, perubahan kekasaran permukaan pada sudu jalan tentu akan memberikan akibat yang lebih kompleks. Harus dibedakan antara perubahan kekasaran lintasan aliran bagian dalam sudu jalan dan perubahan kekasaran permukaan dinding luar. Lintasan aliran bagian dalam yang lebih kasar biasanya

menghasilkan penurunan tinggi tekan dan efisiensi. Pada pihak lain, dinding yang lebih kasar kadang-kadang menghasilkan tinggi tekan yang lebih tinggi yang cukup berarti, dan biasanya menghasilkan efisiensi yang lebih rendah; walaupun demikian, dalam beberapa hal di mana kecepatan spesifik yang sangat rendah (Ns = 420 - 480), dinding yang lebih kasar memberikan akibat kenaikan efisiensi dan tinggi tekan.

Meskipun tidak ada penelitian formal dilakukan pada akibat kekasaran untuk NPSH yang dibutuhkan pompa (sepanjang pengetahuan S. Yedidiah), observasi visual aliran di dalam pompa yang mempunyai rumah pompa transparan telah terungkap bahwa biasanya menyebabkan kavitasi lokal yang sangat kecil. Untuk menahan keadaan ini, kadang-kadang perlu menaikkan NPSH beberapa kali di atas yang dibutuhkan, sehingga tempat-tempat yang tidak kasar akan terhindar dari kavitasi.

PERUBAHAN UKURAN LINTASAN ALIRAN

Dimensi-dimensi lintasan aliran dapat berubah menurut waktu disebabkan abrasi atau erosi, yang biasanya meningkatkan dimensi-dimensi lintasan aliran, atau mengelupas, berkarat atau sedimentasi, yang biasanya mengurangi ukuran lintasan aliran. Yang terakhir ini tercantum cenderung terjadi di dalam pompa yang bekerja secara tidak terus menerus.

Sebagai aturan umum, suatu kenaikan ukuran lintasan aliran, akan meningkatkan laju aliran pada suatu tinggi tekan tertentu. Sebaliknya, suatu pengurangan ukuran lintasan aliran akan mengurangi laju aliran.

KESIMPULAN

Prestasi kerja pompa sentrigufal sangat tergantung pada banyak faktor penyebab, antara lain penyebab eksternal dan internal. Secara khusus, uraian secara rinci penyebab internal yang disajikan di atas memberikan gambaran jelas bahwa prestasi kerja pompa merupakan fungsi waktu (usia pakai).

Pada dasarnya bahwa prestasi pompa tidak dapat dipertahankan tetap konstan, di mana akan terjadi penurunan prestasi setelah usia pakai tertentu. Hal yang menarik dalam perubahan prestasi ini adalah hubungan yang saling terkait antara tinggi tekan, kapasitas, efisiensi, dan usia pakai dengan menghasilkan fenomena-fenomena tertentu seperti dituangkan dalam Gambar-gambar 2, 3, 4 dan 5.

Jadi, upaya untuk mencegah terjadinya penurunan prestasi secara tidak proporsional adalah bagaimana sehingga tidak terjadi perubahan pada: celah cincin penahan aus, kekasaran permukaan internal, dan ukuran lintasan aliran di dalam pompa. Jelas-

nya, bahwa permasalahan untuk membahas prestasi kerja pompa adalah sangat kompleks, tetapi bagaimanapun juga setiap kasus penyebab terjadinya penurunan prestasi kerja dapat diupayakan penanggulangiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Austin H. Church, 1972. *Centrifugal Pumps and Blowers. Huntington, N.Y. : Robert E. Krieger Publishing Company.*

Blosh, H.P. 1982. How to select a centrifugal pump vendor. *Pump Handbook Problems*, Gulf Publishing Company, hlm. 17-19.

Buse dan Fred, 1976. Power Pumps. *Pump Handbook*, New York: McGraw-Hill, Inc.

Tyler G. Hicks, 1968. *Pump Selction and Application*. New York: Hydraulic Institute.

Yedidiah, S. 1968. Effects of Age on Centrifugal Pumps. *Chemical Engineering*, A McGraw-Hill Publication, 20 Juni 1988, hlm. 139-142.