

EKSPERIMEN MODEL UJI KAVITASI POMPA SENTRIFUGAL

Rahmat dan Senen

Abstract

The aim for this research is getting a real description about plan result of setting up plans and the model experiment of the model cavitation centrifugal pump. In this research a centrifugal pump repaired in a test model cavitation that accept the treatment on suction side. The treatment on suction side in the form of abstruption fluida flow make use of stop faucet until reached of cavitation. The phase to research this cavitation started from the pressure on suction side minus 5 cmHg. From the result of test we get that cavitation happened of the moment pressure reached of minus 69 cmHg. With followed the signes happened of cavitation like situation of high vibration.

Keyword : Cavitation of the centrifugal pump.

Pendahuluan

Prestasi kerja pompa dapat ditunjukkan oleh besaran-besaran yang meliputi: penghasilan/ debit pompa, head pompa, ketinggian isap atau NPSH, daya yang diperlukan dan efisiensi pompa. Data prestasi kerja pompa demikian pentingnya untuk dipergunakan sebagai acuan baik bagi perancang pompa maupun pada penerapan instalasi pompa. Karakteristik pompa dapat diketahui baik melalui teoritis, maupun menggunakan perhitungan pendekatan. Namun kenyataan yang terjadi di lapangan sering didapatkan penyimpangan dari hasil perhitungan yang telah dilakukan. Disadari sepenuhnya, karena terdapat banyak faktor yang dapat menyebabkan terjadinya penyimpangan antara lain: faktor

pengerjaan, faktor bahan, faktor perubahan kondisi fluida, faktor lingkungan, dan faktor umur alat tersebut. Untuk mengetahui karakteristik kinerja pompa yang sebenarnya, maka dilakukan pengujian dengan dua cara yaitu:

- a. Pengujian di lapangan sesuai dengan penerapannya.
- b. Pengujian di laboratorium dengan menggunakan model alat uji.

Cara yang kedua merupakan cara yang tepat, murah dan menghasilkan data yang lebih akurat, tetapi pengujian tersebut belum memasyarakat. Hasil pengujian pompa lebih lazim dinyatakan dalam bentuk kurva karakteristik kinerja pompa yaitu yang menggambarkan karakteristik hubungan

* Staf Pengajar Program Studi D-III Teknik Mesin Fakultas Teknik - UNDIP

antara head-debit dan efisiensi-debit. Namun karena ada fenomena khusus pada sisi isap pompa, yang disebut kavitas, karakteristik pompa juga sering disajikan dalam diagram hubungan antara daya, head dan efisiensi sebagai fungsi tekanan absolut fluida tepat pada sisi isap. Kavitas merupakan fenomena dalam aliran fluida yang harus diperhatikan khususnya jika fluida cukup tinggi seperti air panas, air ketel dan sistem hidrolis. Kavitas dapat menurunkan kapasitas dan kemampuan isap pompa tidak efisien lagi. Oleh karena itu alat uji kavitas pompa sangat penting bagi pengguna pompa untuk mengetahui karakteristik pompa.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan suatu gambaran yang nyata dari hasil perancangan dan studi eksperimen suatu model atau simulator uji kavitas untuk pompa sentrifugal.

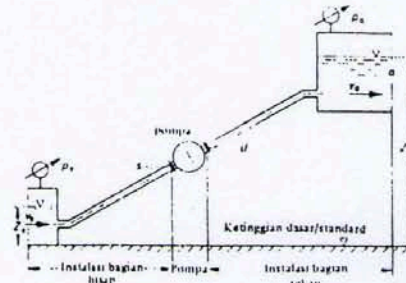
Dari penelitian ini diharapkan model uji atau simulator yang dirancang dapat digunakan untuk pengujian pompa baik pompa yang lama maupun yang baru terutama yang berkaitan dengan penghasilan dan kemampuan isap pompa atau karakteristik kavitas pompa.

Tinjauan Pustaka

Karakteristik instalasi pompa

Fungsi dari suatu pompa adalah membawa cairan yang berada di dalam suatu instalasi yang diberikan dari suatu ketinggian yang jalannya keluar atau dalam selisih

permukaan yang berbeda, seperti pada gambar 1.



Gambar 1. Instalasi pompa

Tinggi kenaikan dari instalasi H_A adalah tidak konstan, karena pada waktu bekerja dipengaruhi oleh perubahan tekanan statistik p_a , p_e dipengaruhi dengan kecepatan cairan/fluida v_a , v_e dengan perubahan perbedaan ketinggian geodasi z_a , z_e dan dengan perubahan kapasitas V . Karakteristik instalasi pada gambar 1, menunjukkan pada waktu pompa bekerja terdapat suatu hubungan yang saling bergantung antara H_A dan V , dan untuk perhitungan sebagai berikut:

$$H_A = \left\{ \frac{(p_a - p_e)}{g} \right\} + \left\{ \frac{(v_a^2 - v_e^2)}{2g} \right\} + z_a - z_e + H_{ves} + H_{vds}$$

Dimana:

H_A = tinggi kenaikan (m)

p_a = tekanan pada titik a (kg/cm)

p_e = tekanan pada titik e (kg/cm)

v_a = kecepatan rata-rata fluida pada titik a (m/dt)

v_e = kecepatan rata-rata fluida pada titik e (m/dt)

- z_a = ketinggian instalasi dari dasar sampai ketinggian permukaan air bagian atas (m)
 z_e = ketinggian pipa dari dasar sampai permukaan atas pada tangki bawah (m)
 H_{ves} = kerugian gesekan pada pipa masuk (m)
 H_{ved} = kerugian gesekan pada pipa lurus/tekan (m)
 g = gravitasi bumi
 = $9,8 \text{ m/dt}^2$

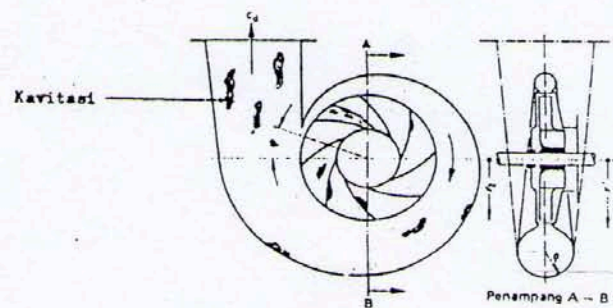
Kavitasi

- Pengertian

Dalam suatu kasus fluida yang bergerak pada saluran tertutup atau sisi dibawah tekanan atmosfer, terdapat sebuah fenomena sebagai akibat perubahan keadaan fisik fluida, yaitu adanya penguapan evolusi gas yang larut di dalam zat cair. Jika dipandang sistem aliran fluidanya, apabila zat cair mengalir pada saluran tertutup yang menyempit, maka kecepatan akan naik dan tekanan akan turun. Apabila tekanan absolut turun sampai sama dengan tekanan uap zat cair tersebut, penguapan zat cair akan terjadi dan gas akan mengembang. Sering diistilahkan zat cair akan mendidih secara lokal.

Apabila saluran kemudi diperbesar sehabis penyempitan tadi, kecepatan fluida akan turun dan tekanan akan naik, selanjutnya penguapan akan terhenti, bahkan uap mungkin terkondensasi sebagian atau seluruhnya dan gaspun melarut kembali. Penguapan atau pendidihan lokal didalam zat cair tersebut dinamakan kavitasi.

- Pengaruh buruk dari kavitasi
 Kavitasi selalu ditandai dengan karakteristik suara dan getaran. Kavitasi yang berkepanjangan menimbulkan efek korosif pada dinding logam dan sudu-sudu pompa (lihat gambar 2). Penyebabnya ialah bahwa kondensasi uap terjadi dengan sangat cepat dan kavitasi yang sangat tinggi oleh pengaruh water hammer lokal. Bopeng-bopeng tidak terjadi pada tempat dimana penguapan itu terjadi, melainkan kavitasi mempunyai efek buruk bagi saluran sistem hidraulis.



Gambar 2. Pengaruh kavitasi pada sudu atau saluran

Dalam perencanaan instalasi pompa hal-hal berikut ini harus diperhitungkan untuk menghindari kavitasi adalah sebagai berikut :

1. Ketinggian letak pompa terhadap permukaan zat cair yang harus dibuat serendah mungkin agar head hisap statis menjadi rendah pula.
2. Pipa hisap harus dibuat sependek mungkin, jika terpaksa dipakai pipa hisap yang panjang, sebaiknya diambil

- pipa yang berdiameter satu nomor lebih besar untuk mengurangi kerugian gesek.
3. Sama sekali tidak dibenarkan untuk memperkecil laju aliran dengan menghambat aliran di sisi isap.
 4. Jika pompa mempunyai head total yang berlebihan, maka pompa akan bekerja dengan kapasitas aliran yang berlebihan pula sehingga kemungkinan akan terjadi kavitasi yang lebih sedemikian hingga sesuai dengan diperlukan pada kondisi operasi yang sesungguhnya.
 5. Bila head total pompa sangat berfluktuasi, maka pada keadaan head terjadinya kavitasi. Dalam hal ini perlu dipilih bahan impeller yang tahan erosi karena kavitasi.

Metodologi Penelitian

Dalam bab ini akan dibahas hal mengenai sampel penelitian, variabel penelitian, perangkat penelitian atau pengambilan data serta proses pengambilan data. Adapun uraian-uraian yang akan dibahas didasari oleh penjelasan yang telah diuraikan pada pembahasan sebelumnya.

Sampel

Dalam penelitian ini ditentukan sampel sebuah pompa sentrifugal (pompa sentrifugal) yang banyak beredar dan banyak digunakan oleh masyarakat dengan data teknis sebagai berikut :

- a. Motor penggerak = induksi/1 fase
- b. Sumber daya listrik 220 Volt/50 Hz
- c. Pemakaian daya = 100 Watt

- d. Pemakaian arus = 1,2 Ampere
- e. Daya isap = 9 meter
- e. Total head maksimum = 24 meter
- f. Kapasitas maksimum = 24 liter/menit
- g. Pipa isap/tekan = ¾ inci

Pompa tersebut diatas dirangkai pada instalasi model uji kavitasi pompa sentrifugal memakai sumber arus dari PLN dengan tegangan terukur 220 Volt.

Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini ditetapkan suatu variabel penelitian, sebab penentuan variabel merupakan parameter utama yang mempengaruhi hasil penelitian yang akan dicapai. Ditetapkan variabel penelitian sebagai berikut :

1. Variabel bebas
Variabel bebas dalam penelitian ini adalah tekanan pada sisi isap yang nilainya negatif (-) dibawah nol yang mengakibatkan kavitasi. Instalasi pompa diberi stop kran pada sisi isap. Besar kevakuman dimulai saat stop kran terbuka penuh sampai tidak menghasilkan pemompaan.
2. Variabel kendali
Sedangkan sebagai variabel kendali dalam penelitian ini adalah kemampuan isap maksimum pompa baru yang digunakan sebagai instrumen standar.

Pengambilan Data

Pada pembahasan ini akan diawali dari metode pengambilan data, peralatan pengambilan data

dan diakhiri dengan pelaksanaan pengambilan data.

Metode Pengambilan Data

Proses pengambilan data digunakan metode eksperimen yaitu menyiapkan sarana eksperimen model uji kavitas. Sebelum digunakan sebagai peralatan pengambilan data, instalasi pompa tersebut diadakan pengujian pendahuluan. Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Program DIII T. Mesin Fakultas Teknik UNDIP Semarang. Data yang diambil berupa:

- tekanan pada sisi isap.
- debit aliran pada berbagai tingkat kevakuman.
- penggunaan arus listrik.

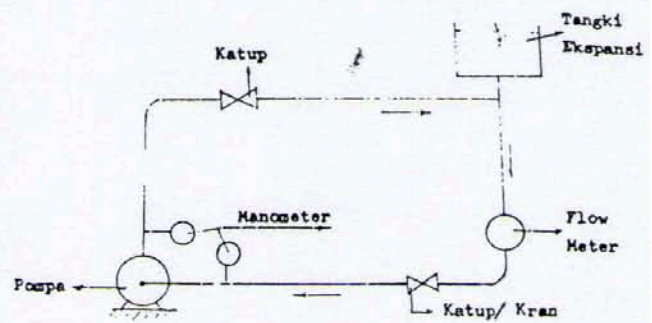
Peralatan Pengambilan Data

Peralatan pengambilan data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Manometer (alat pengukur tekanan)
2. Flowmeter (alat pengukur aliran)
3. Stopwatch (pencatat waktu)
4. Amperemeter (alat pengukur arus listrik)
5. Voltmeter (alat pengukur tegangan)
6. Alat pencatat (data yang akan diambil/diukur)

Pelaksanaan Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan setelah sistem instalasi pengujian kavitas pompa sentrifugal yang dipersiapkan diyakini dapat beroperasi dengan baik. Langkah persiapan yang dilakukan berupa pemasangan instalasi pengujian seperti gambar 3.



Gambar 3. Instalasi model uji kavitas

Alat pengukur untuk pengambilan data, alat pencatat data dan personalnya dipersiapkan dengan koordinasi antar satu dengan lainnya, dengan harapan proses pengambilan data yang dilakukan akan mendapat hasil yang akurat. Pengambilan data dimulai dari kondisi pemompaan normal tanpa perlakuan khusus dengan mencatat kebutuhan arus listrik saat operasi dan debit aliran dari sistem tersebut. Pengukuran data dilaksanakan pada tingkat kevakuman -5 cmHg, -10 cmHg, -15 cmHg, -20 cmHg, -25 cmHg, -30 cmHg, -35 cmHg, -40 cmHg, -45 cmHg, -50 cmHg, -55 cmHg, -60 cmHg dan sampai tidak menghasilkan pemompaan (debit nol) atau tidak terjadi pemompaan. Untuk pertama kali pengambilan data, kran pada sisi isap ditutup setengah putaran hingga mencapai kevakuman yang besar di atas -20 cmHg. Kemudian kran dibuka perlahan-lahan hingga mencapai kevakuman yang ditentukan -5 cmHg. Hal tersebut di atas dilakukan agar petunjuk ukuran pada manometer dapat mencapai kondisi stabil.

Langkah berikutnya adalah melakukan pengukuran untuk kevakuman -10 cmHg dilanjutkan sampai selesai dengan tidak lupa mengamati kevakuman yang mengakibatkan proses terjadinya getaran yang besar sebagai tanda terjadinya kavitasi.

Hasil Penelitian dan Pembahasan

Dari hasil pengujian kavitasi pada pompa sentrifugal didapat data sebagai berikut:

- waktu yang digunakan dalam pengaliran fluida
- banyaknya fluida yang dipompa
- tekanan pada sisi isap dalam satuan kg/cm²

Data yang didapat disusun dalam tabel I di bawah ini.

Tabel I. Hubungan tekanan sisi isap dengan waktu pengaliran

No.	Tekanan - Pv	Pemompaan (liter)	Waktu t (detik)
1	0,00	10,00	26,96
2	10,00	10,00	28,58
3	15,00	10,00	34,52
4	20,00	10,00	36,55
5	25,00	10,00	37,53
6	30,00	10,00	38,84
7	35,00	10,00	40,37
8	40,00	10,00	43,57
9	45,00	10,00	45,54
10	50,00	10,00	47,19
11	55,00	10,00	50,89
12	60,00	10,00	51,32
13	65,00	10,00	68,44
14	67,50	10,00	325,32
15	69,00	1,00	10.000,0

Kemudian dari tabel I dihitung besarnya debit aliran dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{W}{T}$$

Dimana:

Q = debit aliran (liter/menit)

W = hasil pemompaan fluida (liter)

t = waktu pengaliran (detik)

Setelah data diolah menjadi debit aliran dalam m³/detik maka disusun dalam tabel II dibawah ini.

Tabel II. Hubungan antara tekanan sisi isap dengan debit aliran

No.	Tekanan Isap Absolut (Pv)	Debit (Q) (liter/menit)
1	76,00	22,26
2	66,00	20,99
3	61,00	17,38
4	56,00	16,42
5	51,00	15,99
6	46,00	15,45
7	41,00	14,66
8	36,00	13,77
9	31,00	13,18
10	26,00	12,71
11	21,00	11,79
12	16,00	11,69
13	11,00	8,77
14	8,50	1,84
15	7,00	0,01

Kalau dilihat dari hasil pengamatan yang diplot pada diagram Q-Pv, kemudian masing-masing titik dihubungkan dengan garis, maka akan membentuk kurva kasar yang melukiskan watak Q-Pv. Pada keadaan dimana Pv > 20 cmHg dan < dari 70 cmHg, watak kurva seolah-olah linear artinya bahwa penurunan harga Q sebanding dengan penurunan harga Pv, akan tetapi untuk daerah Pv < 20 cmHg. Dengan melihat bentuk awal kurva tersebut, dapat dipilih

persamaan pendekatan type eksponensial:

$$Q = a \cdot P_v^b$$

Dalam hal ini nilai a dan b merupakan koefisien yang perlu dicari menggunakan data hasil pengamatan, untuk itu digunakan metode List Square Line dengan prosedur sebagai berikut: Persamaan eksponensial tersebut di transformasi ke bentuk linear :

$$\log Q = \log a + b \log P_v \text{ atau}$$
$$Q' = a' + b' \cdot P_v' \text{ yang analog}$$

dengan persamaan

$$Y = a' + b' \cdot X$$

Dari tabel hasil pengamatan yang menunjukkan hubungan antara tekanan pada sisi isap dan debit pada pompa sentrifugal disusun dalam tabel III terlampir.

Dan untuk menentukan nilai a dan b digunakan rumus:

$$\Sigma Y' = n \cdot a + b \cdot \Sigma X'$$
$$\Sigma X' \cdot Y' = a \cdot \Sigma X' + b \cdot (\Sigma X'^2)$$

Setelah dilakukan perhitungan didapat:

$$\text{Nilai } a = 0,73$$
$$\text{Nilai } b = 0,28$$

Dari hasil List Square Line diperoleh persamaan:

$$\log Q = 0,73 + 0,28 \log P_v$$

Sehingga data hubungan antara tekanan dengan debit ditunjukkan dalam tabel tersebut.

Pembahasan Hasil Penelitian

Setelah data yang didapat dianalisa sesuai dengan dasar teori yang telah diuraikan di tinjauan pustaka pada pembahasan sebelumnya, dalam pengamatan dapat diambil beberapa hal, yaitu:

1. Karena P_v sebanding dengan tinggi hisap (yang memenuhi persamaan $H = P_v/\rho$), maka semakin tinggi jarak isap akan menurunkan debit pompa.
2. Untuk harga P_v antara 20-76 cmHg (absolut), atau ketinggian isap antara 9 m sampai 0 m penurunan debit (Q) agak datar dengan penurunannya level isap, namun debit (Q) akan mendadak turun tajam pada $P_v < 20$ cmHg.
3. Tinggi isap maksimum terjadi pada $H = 9$ m, pada ketinggian tersebut debitnya 0 m³/det.
4. Debit maksimum terjadi pada tinggi isap = 0 ($P_v = 7$ cmHg) sebesar 22 liter/menit.
5. Gejala kavitasi muncul pada ketinggian isap = 9 m (tekanan tinggi isap mencapai 69 cmHg) yang mampu menghentikan aliran dan dalam hal ini juga ditandai pula dengan adanya getaran yang besar pada sistem instalasi model uji.

Kesimpulan

Dari beberapa hal diatas dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat hubungan eksponensial, pengaruh tinggi isap terhadap debit aliran. Bila tinggi isap semakin besar maka debit semakin menurun.

2. Penurunan debit yang sangat dratis pada ketinggian isap yang bertekanan rendah, dengan model uji demikian masih sukar diketahui posisi yang tepat terjadinya kavitasi karena keterbatasan alat uji.

Saran

Untuk mengetahui secara pasti posisi terjadinya kavitasi, maka perlu diadakan penelitian lebih lanjut dengan sistem alat uji yang lebih baik.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Dekan Fakultas Teknik Undip Semarang, Ketua Program DIII FT. Undip dan Program DIII Teknik Mesin FT. Undip atas bantuan fasilitas sehingga

penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Pustaka

1. Fritz Dietzel, (1990), *Turbin Pompa Kompresor*, Erlangga, Jakarta.
2. Khetagurof M, *Marine Auxiliary Machinery and System*, Peace Publiser Moscow
3. King H.W, (1984), *Hydraulics*, Wiley International End.
4. Roberson, (1981), *Engineering Fluid Mechanics*, Houghton Mifflin 2nd.
5. Ronald Y. Giles, (1976), *Fluid Mechanics and Hydraulics*, Mc Graw Hill, 2nd.
6. Vektor L Streeter, (1981), *Fluid Mechanics*, Mc. Graw Hill, 1st SI Metric.

Tabel III. Analisis statistik hasil pengamatan

N o.	X	Y	(X-7)	Y' log Y	X' log X	X ²	X' . Y'
1	7,00	0,01	0,00	- 2,00	- 10,00	49,00	20,00
2	8,50	1,87	1,50	0,27	0,18	72,25	0,05
3	11,00	8,77	4,00	0,94	0,60	121,00	0,57
4	16,00	11,69	9,00	1,07	0,95	256,00	1,02
5	21,00	11,79	14,00	1,07	1,15	441,00	1,23
6	26,00	12,71	19,00	1,10	1,28	676,00	1,41
7	31,00	13,81	24,00	1,12	1,38	961,00	1,55
8	36,00	13,77	29,00	1,14	1,46	1296,00	1,67
9	41,00	14,86	34,00	1,17	1,53	1681,00	1,79
10	46,00	15,45	39,00	1,19	1,59	2116,00	1,89
11	51,00	15,99	44,00	1,20	1,64	2601,00	1,98
12	56,00	16,42	49,00	1,22	1,69	3136,00	2,05
13	61,00	17,38	54,00	1,24	1,73	3721,00	2,15
14	66,00	20,99	59,00	1,32	1,77	4356,00	2,34
15	76,00	22,26	69,00	1,35	1,84	5776,00	2,48