

## **ANALISA KAPASITAS ALIRAN DAN TEKANAN POMPA SENTRIFUGAL RANGKAIAN SERI DENGAN SISI ISAP NEGATIF**

**Oleh :**  
**Nazaruddin**  
**Dosen Jurusan Teknik Mesin**  
**Sekolah Tinggi Teknologi Pekanbaru**

### **Abstrak**

Salah satu kebutuhan di dunia industri adalah dapat diaturnya jumlah produksi sesuai dengan permintaan. Dalam hal perpompaan, apabila hanya tersedia beberapa pompa dengan kapasitas kecil padahal fluida yang akan dipindahkan jumlahnya banyak maka diperlukan sebuah konfigurasi dari pompa – pompa kecil tersebut untuk dapat memenuhi kebutuhan yang diminta. Untuk menghasilkan kapasitas yang lebih besar, diperlukan sebuah rangkaian pompa seri.

Pengujian pompa harus pada kondisi yang mendekati kondisi sebenarnya dilapangan untuk memperoleh hasil yang maksimal. Rangkaian pompa akan diuji pada suatu instalasi sederhana untuk menganalisa kapasitas aliran dan tekanan dua buah pompa sentrifugal yang dirangkai secara seri dengan sisi isap negatif. Pompa diuji secara individual kemudian dilanjutkan dengan menguji kedua pompa secara seri. Untuk variasi tekanan dan kapasitas, dilakukan *throttling* pada *discharge header*. Selanjutnya hasil yang didapatkan akan dianalisa dan dibuat grafik untuk masing – masing pengujian. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah air.

Pada hasil pengujian rangkaian seri, kapasitas total yang didapat bukan merupakan hasil penjumlahan kapasitas 2 pompa tetapi lebih kecil. Demikian juga untuk tekanan total yang didapat tidak sama dengan pompa tunggal, melainkan lebih besar. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah tingginya head gesekan dari sistem pemipaan. Hal ini berdasarkan dari teori bahwa semakin tinggi head gesekan maka tekanan akan semakin besar dan kapasitas akan berkurang

Kata Kunci : Kapasitas, Pompa, Rangkaian seri.

## 1. PENDAHULUAN

Pengujian pompa didalam suatu rangkaian merupakan cara terbaik untuk mengetahui karakteristik dan prestasi pompa yang sebenarnya. Berdasarkan keperluan tersebut dipilih suatu alat peraga dengan memanfaatkan pompa yang banyak dijual dipasaran, yang nantinya dapat digunakan untuk mendapatkan karakteristik dan prestasi dari satu ataupun beberapa pompa yang dirangkai dengan sistem seri maupun paralel. Penulis hanya melakukan pengujian pada pompa dengan *suction negative* yaitu pompa tunggal C dan D serta pompa rangkaian seri C – D. Pengujian ini merupakan pengembangan dari pengujian sebelumnya.

Penulis/Nazaruddin (2010) telah pernah melakukan pengujian dengan menganalisa kapasitas aliran dan tekanan pompa rangkaian paralel dengan sisi isap negatip. Pengujian menghasilkan gabungan kurva head sistem dan *head-capacity* pompa akan mendapatkan titik operasi dari pompa tunggal maupun rangkaian paralel. Titik ini menjadi salah satu target penting dalam mendesain sistem pemipaan karena harus sama atau mendekati BEP pompa. Muh.Dallil (2010) melakukan studi tentang pengaruh *throttling* katup sisi keluar terhadap tekanan dan debit rangkaian seri pompa sentrifugal, dan kurva karakteristik rangkaian seri yang diperoleh dengan dua pompa berbeda karakteristiknya dapat dibuktikan bahwa fungsi dari rangkaian seri adalah untuk menaikkan head disisi keluar. Hal ini terbukti dengan perubahan kenaikan nilai head

yang signifikan saat katup  $K_7$  pada pengaturan bukaan sebesar 30%.

Pengujian pompa ini harus pada kondisi yang mendekati kondisi sebenarnya dilapangan untuk memperoleh hasil yang maksimal. Pada pengujian ini, rangkaian pompa akan diuji pada suatu instalasi sederhana dan diamati tekanan pada keluarannya. Hasil yang diperoleh dalam pengujian ini adalah kurva karakteristik pompa dan rangkaiannya.

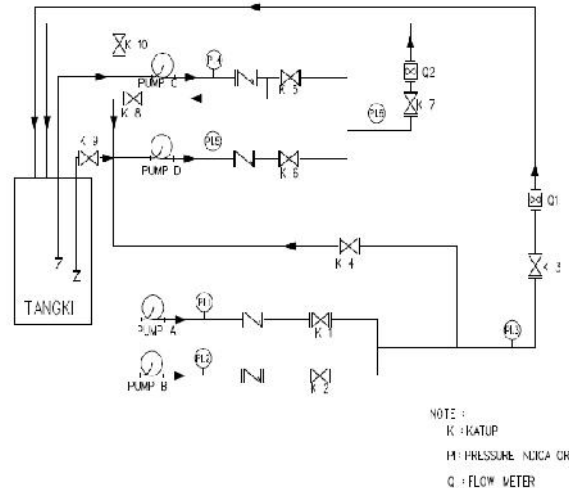
Tujuan Penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menganalisa kapasitas aliran dan tekanan pompa secara seri.
2. Membuktikan adanya kebenaran terhadap perhitungan head secara teoritis dan kondisi di lapangan.
3. Membuat kurva karakteristik pompa rangkaian seri.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Rangkaian Alat Uji

Alat uji yang digunakan adalah sebuah rangkaian 4 buah pompa sentrifugal yang bisa di tes secara tunggal maupun secara rangkaian 2 pompa. Saluran isap pompa masing – masing dihubungkan ke tangki air, 2 pompa berada di atas level air dan 2 pompa lagi di bawah level air dalam tangki. Pompa yang berada di atas level air tangki, mempunyai *suction lift* atau yang disebut *suction* negatif. Sedangkan 2 pompa di bawah level air tangki mempunyai *suction* positif. Pompa atas dan bawah masing – masing mempunyai saluran tekan terpadu (*discharge header*) yang dilengkapi dengan *pressure gauge* dan *flowmeter*.



**Gambar 1.** Alat uji dan sketsa rangkaian pompa

**Debit Aliran/Rate of Discharge**

Sesuai dengan hukum kontinuitas, maka debit aliran dapat dicari dengan rumus (Sularso,1983) :

$$Q = V A \quad (1)$$

Dimana : V = kecepatan aliran (m/s)

A = luas penampang pipa (m)

**Head pompa**

Untuk mengetahui head total, semua head yang ada di sistem pompa tersebut harus diperhitungkan (Sularso, 1983) :

$$H_{tot} = h_s + h_p + h_f + \frac{v_d^2}{2} \quad (2)$$

Dimana :  $h_s$  = head statis total (m)

$h_p$  = Perbedaan head tekanan(m)

$h_f$  = Berbagai kerugian head di pipa, katup, belokan, sambungan, dan lain-lain.

**Kerugian head di katup.**

Kerugian ini ditentukan (Sularso,1983):

$$h_f = K \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

Dimana: k = koefisien kerugian katup

g = percepatan gravitasi(m/s<sup>2</sup>)

**Kurva head sistem.**

Untuk menggambar kurva head sistem, head total pada sistem dihitung untuk beberapa variasi debit sehingga akan didapat garis parabolik X. Rumus yang dipakai untuk menggambar parabolik X adalah:

$$\text{Head sistem} = h_s + \left(\frac{Q_x}{Q_d}\right)^2 h_f \quad (3)$$

Dimana :

$h_s$  = head statis total (m)

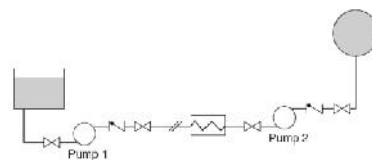
$h_f$  = head gesekan (m)

$Q_x$  = variasi debit diinginkan (m<sup>3</sup>/h)

$Q_d$  = debit desain (m<sup>3</sup>/h)

**Rangkaian Seri**

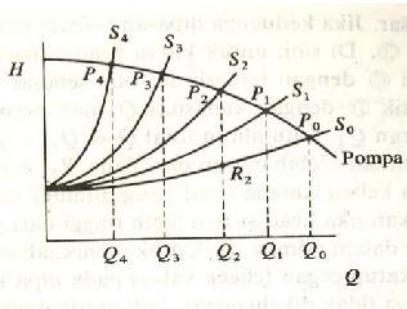
Dalam rangkaian ini, saluran tekan dari satu pompa masuk atau mengisi ke pompa saluran isap pompa selanjutnya. Debit yang mengalir melalui rangkaian ini adalah sama sebab berapa pun debit yang melalui satu pompa pasti akan melewati pompa berikutnya.



**Gambar 2.** Rangkaian pompa seri (Michael Volk, 2005)

**Pengaturan Buka-an Katup**

Cara pengaturan ini menggunakan katup pengatur yang dipasang di pipa keluar pompa. Aliran diatur dengan jalan menghambat aliran dengan merubah-rubah pembukaan katup ini.



**Gambar 3.** Kurva H – Q dengan variasi bukaan katup (Sunyoto,2008)

Pada penelitian ini penulis menganalisa kapasitas aliran dan tekanan dua buah pompa sentrifugal yang dirangkai secara seri dengan sisi isap negatif. Pompa diuji secara individual kemudian dilanjutkan dengan menguji kedua pompa secara seri. Untuk variasi tekanan dan kapasitas, dilakukan *throttling* pada *discharge header*. Selanjutnya hasil yang didapatkan akan dianalisa dan dibuat grafik untuk masing – masing pengujian. Fluida yang digunakan dalam penelitian ini adalah air.

#### Penggunaan Alat.

Alat uji yang digunakan:

##### 1. Pompa.

Pompa yang digunakan adalah 2 buah pompa sentrifugal jenis *peripheral* dengan head dan kapasitas yang berbeda.

2. Pipa dan *fitting*. Untuk merangkai sebuah sistem digunakan pipa PVC (*Polyvinyl Chloride*) dan *fitting* yang disambung dengan lem.

##### 3. Komponen Pengukuran.

Untuk pengukuran digunakan *pressure gauge* dan *flowmeter*.

#### 2.2 Pengambilan Data

**Tabel 1.** Hasil pengujian pompa C tunggal

NO	BUKAAN K <sub>7</sub>	P <sub>4</sub> (psi)	P <sub>6</sub> (psi)	FLOWRATE (m <sup>3</sup> /h)
1	100%	8	7	1.294
2	90%	8	7	1.290
3	80%	8	7	1.289
4	70%	8	7	1.288

Data yang diambil merupakan data hasil pembacaan selama pengujian dan perhitungan memakai rumus – rumus. Pengambilan data pengujian untuk setiap kondisi dilakukan sebanyak 5 kali dan hasilnya dirata – rata.

#### Teknik Analisa

##### 1. Pompa tunggal

Data tekanan dan debit dari hasil pengujian dan perhitungan, dilakukan analisa apakah kerugian gesek pada pipa dan *fitting* ada kesesuaian.

##### 2. Pompa rangkaian seri

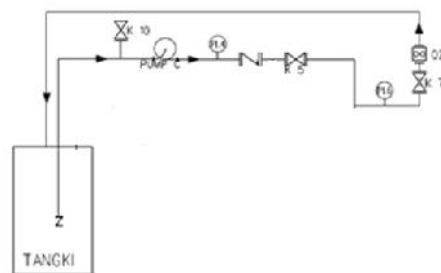
Data head dan debit dari hasil pengujian dimasukkan dalam tabel dan dibuat grafik untuk pompa C dan D. Data rangkaian seri juga dibuat tabel dan grafik kemudian dianalisa apakah head dan debit sesuai dengan tiori.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pompa dilakukan dalam 2 tahap yaitu pompa tunggal dan pompa rangkaian. Data yang didapatkan adalah tekanan (psi) dan debit (m<sup>3</sup>/h).

#### 1. Pompa C

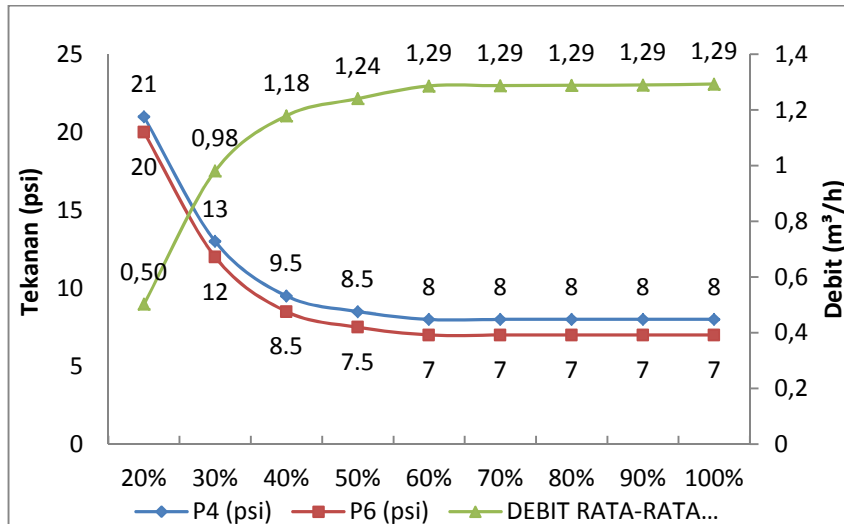
Sketsa rangkaian pompa C digambarkan seperti gambar 4. dibawah ini.



**Gambar 4.** Sketsa rangkaian pompa C

5	60%	8	7	1.287
6	50%	8,5	7,5	1.241
7	40%	9,5	8,5	1.179
8	30%	13	12	0.982
9	20%	21	20	0.503

Hasil yang didapat digambarkan dalam bentuk grafik.

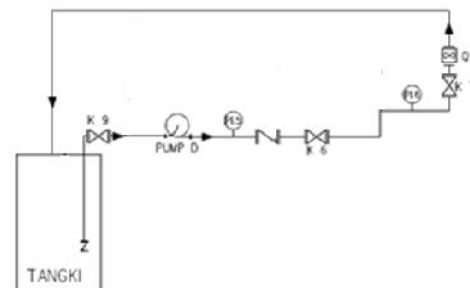


**Gambar 5.** Grafik Tekanan – debit pompa C

Dari gambar 5. menunjukkan tekanan pompa C yang terbaca pada posisi bukaan katup  $K_7$  mulai berubah pada bukaan 50% sampai 20%. Mulai di titik inilah proses *throttling* berlangsung. Antara  $P_4$  dan  $P_6$  terjadi sedikit perbedaan tekanan 1 psi pada setiap posisi bukaan katup  $K_7$ . Artinya tekanan pada saluran tekan pompa sebelum *check valve* berbeda dengan tekanan pada sisi keluar setelah *check valve*. Laju aliran atau debit mulai berubah di titik bukaan katup  $K_7$  pada posisi 50%. Hal ini sejalan dengan perubahan tekanan pada setiap bukaan katup  $K_7$ . Kapasitas maksimum yang terbaca pada *flowmeter* adalah 1.29  $m^3/h$ . Sedangkan tekanan maksimum yang dicapai adalah 21 psi pada bukaan katup  $K_7$  20%.

## 2. Pompa D

Sketsa rangkaian pompa D digambarkan seperti gambar 6. dibawah ini.



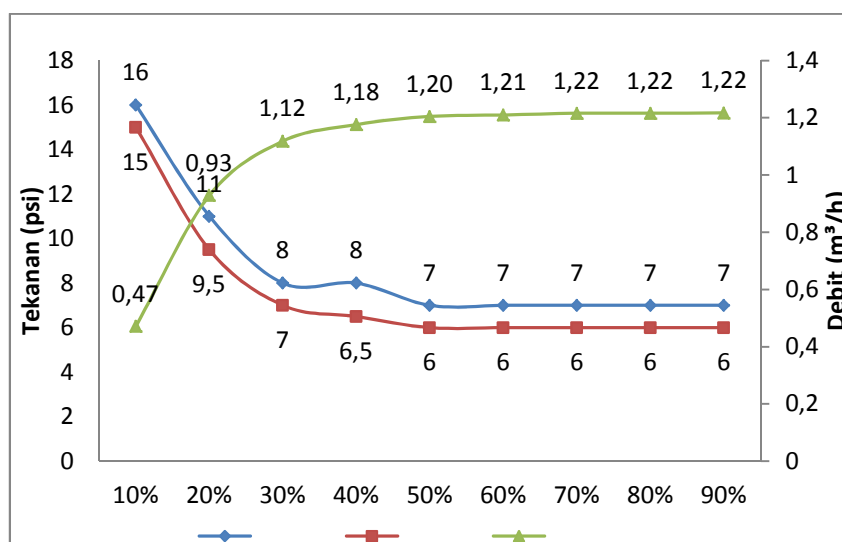
**Gambar 6.** Sketsa rangkaian pompa D

**Tabel 2.** Hasil pengujian pompa D tunggal

NO	BUKAAN $K_7$	P5 (psi)	P6 (psi)	FLOWRATE ( $m^3/h$ )
1	100%	7	6	1.217
2	90%	7	6	1.216
3	80%	7	6	1.216
4	70%	7	6	1.209

5	60%	7	6	1.205
6	50%	8	6.5	1.176
7	40%	8	7	1.118
8	30%	11	9.5	0.929
9	20%	16	15	0.472

Hasil digambarkan dalam bentuk grafik berikut:



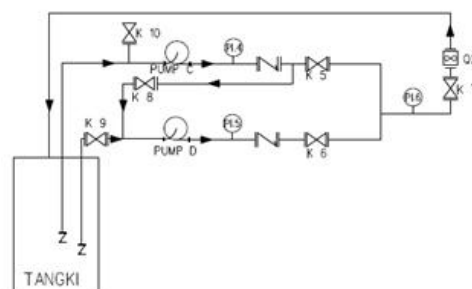
Gambar 7. Grafik Tekanan – Debit pompa D

Seperti terlihat pada gambar 7, tekanan pompa D yang terbaca pada posisi bukaan katup  $K_7$  mulai berubah pada bukaan 50% sampai 20%. Mulai di titik inilah proses *throttling* berlangsung. Antara  $P_4$  dan  $P_6$  terjadi sedikit perbedaan tekanan 1–1,5 psi pada setiap posisi bukaan katup  $K_7$ . Hal ini menunjukkan bahwa tekanan pada saluran tekan pompa sebelum *check valve* berbeda dengan tekanan pada sisi keluar setelah *check valve*.

Laju aliran atau debit mulai berubah di titik bukaan katup  $K_7$  pada posisi 50%. Hal ini sejalan dengan perubahan tekanan pada setiap bukaan katup  $K_7$ . Kapasitas maksimum yang terbaca pada *flowmeter* adalah 1.22 m<sup>3</sup>/h. Sedangkan tekanan maksimum yang dicapai adalah 16 psi pada bukaan katup  $K_7$  20%.

### 3. Pompa Rangkaian Seri

Sketsa rangkaian pompa seri C-D digambarkan seperti gambar 8 dibawah ini.

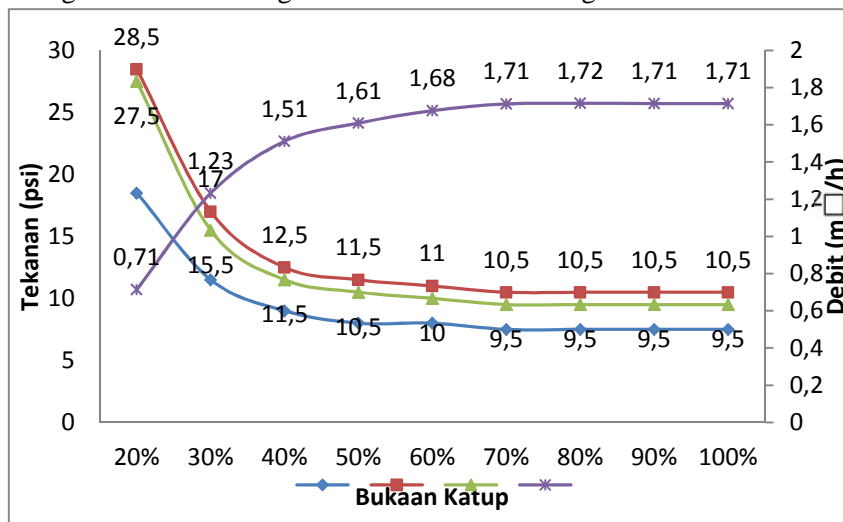


Gambar 8. Sketsa rangk.pompa seri C-D

**Tabel 3.** Hasil pengujian pompa rangkaian seri C-D

NO	BUKAAN	P <sub>4</sub> (psi)	P <sub>5</sub> (psi)	P <sub>6</sub> (psi)	FLOWRATE (m <sup>3</sup> /h)
1	100%	7,5	10,5	9,5	1,446
2	90%	7,5	10,5	9,5	1,439
3	80%	7,5	10,5	9,5	1,435
4	70%	7,5	10,5	9,5	1,422
5	60%	8	11	10	1,410
6	50%	8	11,5	10,5	1,400
7	40%	9	12,5	11,5	1,357
8	30%	11,5	17	15,5	1,226
9	20%	18,5	28,5	27,5	0,871

Hasil pengujian pompa rangkaian seri C-D digambarkan dalam bentuk grafik berikut :



**Gambar 9.** Grafik Tekanan-Debit pompa rangkaian seri C dan D

Pada rangkaian seri pompa C dan D, tekanan yang terjadi meningkat dibandingkan dengan pompa tunggal C maupun D. Peningkatan terjadi pada masing – masing pompa di sisi keluar pompa. Tekanan pompa C dan D di P<sub>4</sub> dan P<sub>5</sub> nilainya sejajar, hal ini menunjukkan bahwa dengan dirangkai menggunakan sistem seri perubahan tekanan di setiap bukaan sama. Perbedaan tekanan antara P<sub>5</sub> dengan P<sub>6</sub> merata pada semua posisi bukaan katup K<sub>7</sub> sebesar 1 psi. Hal ini serupa dengan percobaan pompa tunggal. Debit pada rangkaian ini juga mengalami peningkatan dibanding dengan pompa tunggal walaupun tidak signifikan. Debit mulai berkurang pada titik bukaan katup K<sub>7</sub> 50%.

Teori yang ada mengatakan bahwa pada dua buah pompa yang berbeda karakteristiknya dengan dirangkai seri, untuk head total dari rangkaian seri

adalah penjumlahan head dari kedua pompa. Dari hasil percobaan head total maksimum pompa C adalah 14,79 m dan pompa D adalah 11,27 m. Sedangkan untuk head total maksimum dalam rangkaian ini adalah sebesar 20,07 meter. Pada percobaan ini tidak terbukti adanya penambahan tersebut. Hal ini terjadi karena rangkaian saat pompa individual dan saat seri sistem pemipanya berbeda yang disebabkan rugi-rugi gesek *minor* dan *mayor*.

#### Data Perhitungan

Perhitungan dimulai dengan menghitung head statis total dari sistem pemipaan yang ada. Kapasitas pompa C dan D diketahui sehingga kecepatan (v) setiap pompa dan rangkaian dapat dihitung. Untuk rangkaian seri penulis mengasumsikan bahwa head rangkaian seri adalah

penjumlahan head pompa C dan D. Untuk sistem isap negatif, head statis merupakan penjumlahan ketinggian titik tengah impeler dari permukaan air pada tangki (*suction lift*) dengan ketinggian maksimum dari sistem pemipaan. Alat uji yang dipakai menggunakan tangki penampung air jenis terbuka dimana air tersebut akan bersirkulasi sehingga tidak ada perbedaan tekanan antara tangki isap dengan tangki tekan.

Dari data spesifikasi pompa dan sistem pemipaan, jenis aliran dalam pipa dapat diketahui dengan menghitung bilangan Reynolds. Untuk air dengan suhu 30° C maka dapat ditentukan bahwa harga kinematic viscosity ( $\nu$ ) =  $0.801 \times 10^{-6}$ .  $\nu$  ditentukan dengan menambahkan kecepatan pada pompa C dan D maka didapatkan  $Re = 56444$ . Karena  $Re > 4000$  maka masuk dalam kategori

aliran turbulen. Selanjutnya adalah menghitung kerugian gesekan pada sistem pemipaan yang terdiri dari kerugian gesek pada pipa (mayor) dan *fitting* (minor). Pipa PVC mempunyai harga kekasaran permukaan = 0,0000043. Apabila diplot pada Diagram Moody akan didapatkan harga  $f = 0.0222$ . Panjang pipa diukur untuk masing-masing pompa dan pompa rangkaian untuk menghitung kerugian geseknya. Kerugian gesek akibat *fitting* dihitung dengan harga  $k$ . Jenis dan jumlah *fitting* yang digunakan di data sesuai dengan nilai  $k$ . Perhitungan dilakukan dengan posisi katup pengatur (*throttle valve*)  $K_7$  pada berbagai posisi bukaan 100%, 90%, 80%, 70%, 60%, 50%, 40%, 30% dan 20%. Harga faktor gesekan ( $k$ ) pada  $K_7$  diasumsikan linier dengan metode interpolasi.

**Tabel 4.** Kerugian gesek minor

Pompa	Sistem	JUMLAH FITTING											$h_f = K \frac{v^2}{2g}$
		foot valve k= 9.7	tee flow k=0.46	tee branch k= 1.38	elbow 90 k= 0.69	socket k= 0.08	ball valve k= 0.05	union k= 0.08	reducer k= 1	Increaser k= 1.4	check valve k= 13.08	flowmeter k= 5	
Pompa C	Suction	1	1	0	2	2	0	1	0	0	0	0	3.484486
	Discharge	0	3	2	4	3	1	0	0	1	0	0	
Pompa D	Suction	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2.029487
	Discharge	0	1	1	1	3	1	0	0	1	1	0	
Seri	Header	0	1	0	5	2	1	0	1	1	0	1	9.372996

Hasil perhitungan head total dari pompa C, D dan rangkaian seri dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 5.** Head total untuk setiap kondisi sistem

		BUKAAN KATUP $K_7$								
P= gh		100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%
Pump C	H-hitung(m)	4.42	4.49	4.57	4.65	4.65	6.32	9.18	12.04	15.17
Pump D	H-hitung(m)	2.96	3.01	3.06	3.11	3.11	4.18	6.01	7.84	9.84
Seri	H-hitung(m)	15.56	15.81	16.07	16.33	16.33	21.73	30.99	40.25	50.39

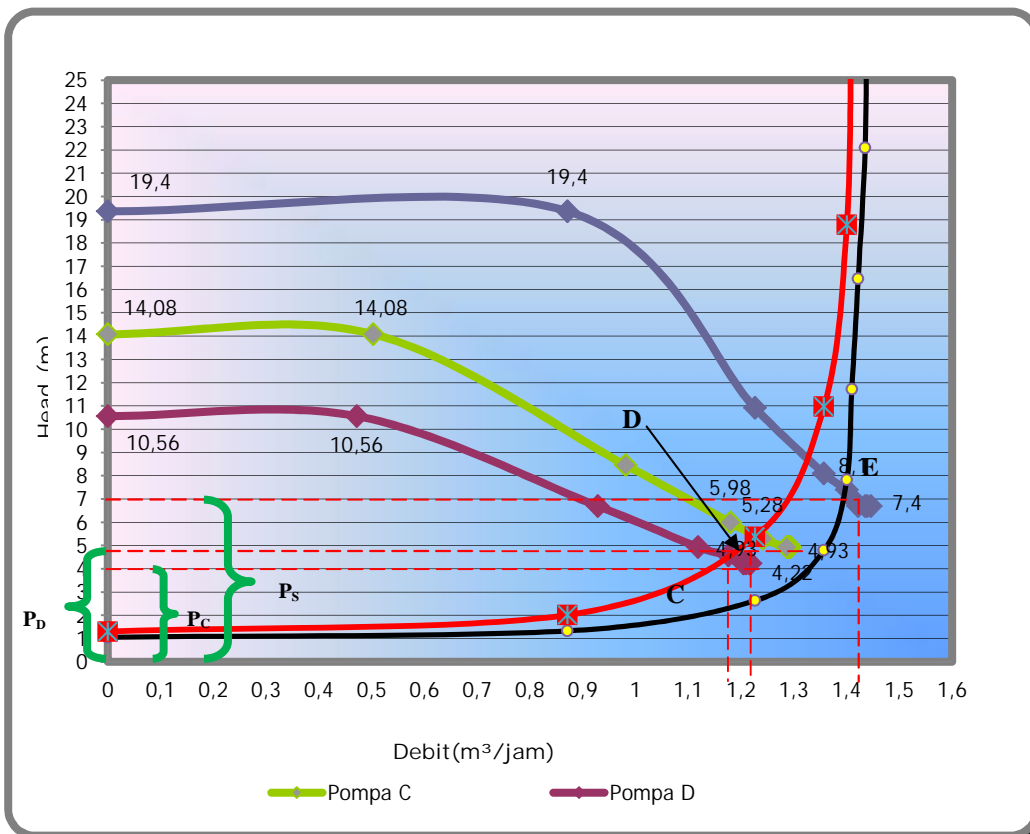
**Kurva Head - Debit Hasil Percobaan**

Setelah melakukan percobaan dan perhitungan pompa baik tunggal maupun seri, maka parameter tekanan, debit, head total dan kerugian gesek dapat diketahui. Dari data-data tersebut maka dapat digambar kurva head sistem pada sistem tersebut. Dalam hal ini penulis hanya akan menggambar kurva head sistem untuk pompa rangkaian seri. Dalam membuat variasi debit ( $Q_x$ ), penulis mengisikan dengan nilai 3 – 45 m<sup>3</sup>/h. Penulis mengasumsikan bahwa pada saat katup  $K_7$  ditutup penuh, debit pompa sama dengan nol dan tekanan sama dengan bukaan 20%. Nilai kerugian gesek yang dipakai adalah kerugian gesekan pada rangkaian seri.

Data yang sudah dihitung tersebut kemudian disajikan dalam sebuah grafik seperti pada Gambar 8. Sumbu  $x$  menunjukkan debit dan sumbu  $y$  menunjukkan head pompa. Kurva sistem head ditunjukkan oleh garis yang memotong kurva kapasitas pompa C, D dan seri C-D. Dari titik-titik yang dihitung pada kurva head dapat menggambarkan besarnya head dan gesekan yang dilawan pompa merupakan penjumlahan head statis ( $h_s$ ) dan kerugian gesekan ( $h_f$ ).



SISTEM HEAD POMPA SERI C-D										
Seri	0%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Q3 (m <sup>3</sup> /jam)	0	0.8712	1.2264	1.3572	1.4004	1.41	1.422	1.4352	1.4388	1.446
X3 (m)	0.954251	1.050698	1.502792844	2.256284	3.311171	4.667455	6.325136	8.284212	10.54469	13.10656
P3 (m)	0	19.36242	10.913364	8.097012	7.392924	7.04088	6.688836	6.688836	6.688836	6.688836
Q1 (m <sup>3</sup> /jam)	0	0.5028	0.9816	1.1796	1.2408	1.2864	1.2876	1.2888	1.29	1.2936
X1 (m)	0.944169	1.022693	1.390770794	2.004234	2.863083	3.967317	5.316937	6.911942	8.752333	10.83811
P1 (m)	0	14.08176	8.449056	5.984748	5.28066	4.928616	4.928616	4.928616	4.928616	4.928616
Q (m <sup>3</sup> /jam)	0	0.4716	0.9288	1.1184	1.176	1.2048	1.2096	1.218	1.2156	1.2168
X (m)	0.929608	0.982246	1.228982214	1.64021	2.215929	2.956139	3.86084	4.930032	6.163715	7.56189
P2 (m)	0	10.56132	6.688836	4.928616	4.576572	4.224528	4.224528	4.224528	4.224528	4.224528
Bukaan katup K <sub>7</sub> =30%	1.302511	2.018086	5.372345292	10.96278	18.78938	28.85216	41.15111	55.68623	72.45752	91.46499



Gambar 10. Kurva Head – Debit pompa rangkaian seri C-D

Titik potong pada kurva pompa kemudian ditarik garis ke bawah sampai pada sumbu x sehingga akan menunjukkan besarnya tekanan pompa C ( $P_C$ ), D ( $P_D$ ) dan seri C-D ( $P_S$ ). Titik-titik tersebut adalah titik dimana head sistem yang dapat dipenuhi oleh head pompa. Atau dengan kata lain titik ini mendekati *Best Efficiency Point* (BEP) pompa. Titik  $P_D$  menunjukkan head pompa D sebesar 5 meter. Titik  $P_C$  untuk pompa C sebesar 4 meter dan  $P_S$  untuk pompa rangkaian seri C-D sebesar 8,2 meter. Dari data ini dapat dilihat bahwa penjumlahan head pompa C dan D tidak sama dengan head rangkaian seri pompa C-D.

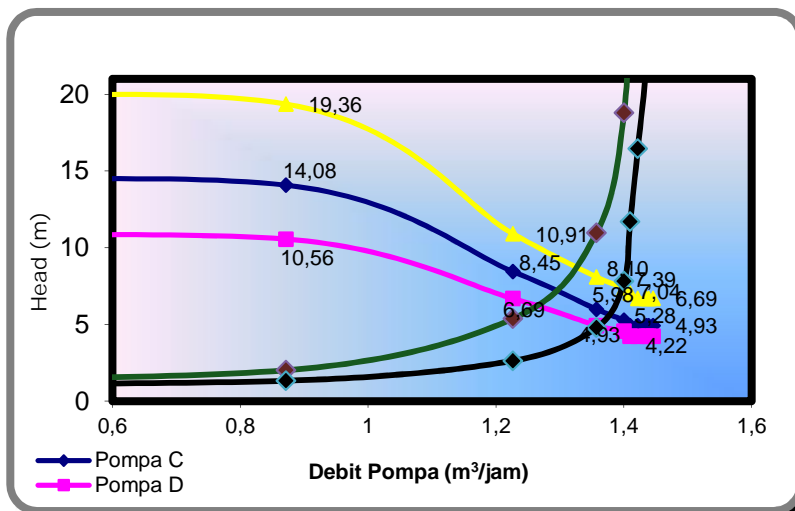
Namun nilai yang terbaca sudah mendekati penjumlahan head dari kedua pompa. Hal ini bisa dikategorikan bahwa pompa ini bekerja di area yang aman. Pada grafik pada pompa rangkaian seri sama dengan grafik yang ditunjukkan pada gambar 2. Dari gambar tersebut, dapat dinyatakan bahwa rangkaian seri dengan sisi isap negatif dapat dibuktikan sesuai dengan grafik dari karakteristik pompa rangkaian seri dengan karakteristik pompa berbeda. Namun demikian pada bukaan katup  $K_7$  60 %, kondisi grafik sedikit ada perubahan. Hal ini disebabkan karena ukuran pipa dan *ball valve* yang digunakan adalah 1” sedangkan *flowmeter* yang

digunakan adalah ukuran ½". Dengan kondisi seperti ini seolah-olah sudah tidak ada perubahan lagi dalam rangkaian pompa ini.

### 3.2 Analisa

Pada hasil percobaan rangkaian, head total yang didapat bukan merupakan hasil penjumlahan head dua pompa tetapi lebih kecil. Namun untuk

debit total dari rangkaian ini lebih besar dibandingkan dengan individual pompa walaupun tidak signifikan. Salah satu kemungkinan penyebabnya adalah tingginya head gesekan dari sistem pemipaan. Hal ini berdasarkan dari teori bahwa semakin tinggi head gesekan maka tekanan akan semakin besar dan debitnya akan berkurang (Michael W. Volk, 2005).



**Gambar 11.** Kurva Head-Kapasitas rangkaian pompa seri C-D pada

Kurva head sistem tersebut akan terus berubah bila katup  $K_7$  dibuka dengan berbagai variasi sejalan dengan naiknya kerugian gesekan. Dalam aplikasinya, cara ini merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengatur kapasitas pompa.

#### 4. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil perhitungan head pada pompa C, D dan seri C-D lebih tinggi dibandingkan dengan data hasil pengujian. Head teoritis pompa C 15,17 meter, aktualnya 14,08. Head teoritis pompa D 9,84 meter, aktualnya 10,56 meter. Sedangkan pompa seri C-D head teoritis 50,39 meter, aktualnya 19,36 meter. Head total dari rangkaian seri bukan penjumlahan dari head pompa C dan D. Hal ini disebabkan oleh perbedaan rugi-rugi yang terjadi pada rangkaian. Debit rangkaian pompa seri C-D lebih tinggi dibandingkan dengan pompa C dan D. Debit maksimum pompa C  $1.2936 \text{ m}^3/\text{jam}$ , pompa D  $1.2168 \text{ m}^3/\text{jam}$  dan rangkaian seri pompa C-D  $1.446 \text{ m}^3/\text{jam}$ . Namun perbedaan debit maksimum dari dua pompa yang dirangkai seri dengan pompa tunggal tidak terlalu besar. Dalam grafik percobaan pompa C, D dan seri C-D, pada bukaan katup  $K_7$  50% sampai dengan 20% tidak linier seperti hitungan secara teoritis. Walaupun pada bukaan 20% head tekan sudah mendekati teoritis. Hal ini juga disebabkan karena katup  $K_7$  tidak dilengkapi penunjuk dari produsennya. Gabungan kurva head sistem dan head-debit pompa akan mendapatkan titik operasi dari pompa tunggal maupun rangkaian seri. Titik ini menjadi salah satu target penting dalam mendesain sistem pemipaan karena harus sama atau mendekati BEP pompa.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Muh Jallil, Analisa pengaruh *throttling* katup sisi keluar terhadap tekanan dan debit pada rangkaian seri pompa sentrifugal, 2010.
- Nazaruddin, Analisa Kapasitas Aliran dan Tekanan Pompa Sentrifugal Rangkaian Paralel dengan Sisi Isap Negatif. ISSN 1411-4615, Jurnal Ilmiah Ekotrans, vol.10 1 Januari 2010.

Sularso & Haruo Tahara, *Pompa & Kompresor*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1983.

Sunyoto, Teknik Mesin Industri, Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional, 2008.

Michael Volk, *Pump Characteristics & Applications*, Second Edition, Taylor & Francis, 2005.

