

Perbandingan Head dan Kapasitas Pompa Sentrifugal Tunggal dan Seri

Djoko Wahyudi

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga
Jl. Yos Sudarso 107 Pabean Dringu Probolinggo 67271
E-mail: djokowahyudi@gmail.com

ABSTRAK

Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa non energi potensial dimana energi kecepatan yang dihasilkan berasal dari perubahan energi statis menjadi energi dinamis. Perubahan energi statis menjadi energi dinamis tersebut terjadi karena pengaruh putaran impeler pompa. Variabel penelitian dengan melakukan pengukuran head pompa secara tunggal dan seri dengan sistem konversi berdasarkan tekanan dan pengukuran debit pompa secara tunggal dan seri berdasarkan sampel waktu.

Perbandingan nilai head dan tekanan pada pompa rangkaian seri hampir dua kali lipat dari pompa tunggal, hal ini dikarenakan fluida yang masuk pada pompa dua sudah bertekanan sehingga keluaran pompa dua tekanan dan headnya menjadi meningkat, akan tetapi tidak tepat dua kalinya karena adanya faktor kerugian primer yang bertambah akibat pertambahan panjang pipa.

Kata kunci : pompa sentrifugal, energi, head, kapasitas.

ABSTRACT

Centrifugal pump is the type of pump non potential energy where energy the speed with which produced derived from the alteration of energy static became energy dynamic .Change energy static became energy dynamic was caused by the influence of round impeler pump .Variable research with the take measurements of head pump singly and series with the conversion systems based on pressure and measurement of discharge pump singly and series based on sample time .Comparison value head and pressure at the pumps series circuits almost doubled from the pump single , it was because fluid who come on pump two have pressurized so output pump two pressure and headnya to rise , but it exactly two time because the factors loss primary has due to increase a length of pipe .

Key words: *Centrifugal pump, Energy, Head, Ccapacity.*

PENDAHULUAN

Manusia dalam kehidupannya tidak pernah lepas dari air. Selain digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, air juga dipergunakan sebagai kebutuhan di dunia industri. Air merupakan salah satu kebutuhan utama yang diperlukan oleh tubuh kita, karena sebagian besar tubuh kita terdiri dari cairan. Sedangkan di industri air biasanya dipergunakan sebagai bahan baku produksi atau sebagai bahan pendingin pada beberapa jenis mesin, yang pada akhirnya juga dipergunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia. Kebutuhan terhadap air setiap tahun terus meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk. Adapun cara-cara yang biasa dilakukan dalam memenuhi kebutuhan akan air adalah dengan memompa aliran air yang ada (sungai) atau dengan

melakukan pengeboran untuk mendapatkan sumber air tanah. Pada daerah-daerah dataran rendah yang ketinggian sumber mata air dengan tempat pengolahan ataupun tempat pemanfaatan airnya tidak terlalu tinggi masih bisa menggunakan pompa-pompa air yang terdapat di pasaran. Adapun jenis pompa yang banyak dipergunakan adalah jenis pompa sentrifugal.

Pompa sentrifugal merupakan jenis pompa non energi potensial dimana energi kecepatan yang dihasilkan berasal dari perubahan energi statis menjadi energi dinamis. Perubahan energi statis menjadi energi dinamis tersebut terjadi karena pengaruh putaran impeler pompa. Menurut Nouwen keuntungan-keuntungan yang dimiliki oleh pompa sentrifugal adalah sebagai berikut:

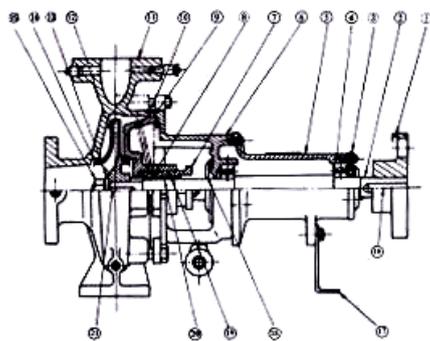
1. Dibandingkan jenis pompa lain yang menghasilkan aliran sama, harga pembelian lebih rendah;
2. Tidak banyak elemen pompa yang bergerak (tidak ada katup dan sebagainya), jadi biaya pemeliharaan lebih rendah;
3. Lebih sedikit memerlukan tempat;
4. Jumlah putaran tinggi sehingga mampu memberikan penggerak langsung pada sebuah elektromotor atau turbin;
5. Getaran yang ditimbulkan kecil sehingga fondasi dapat dibuat lebih ringan;
6. Dapat mengalirkan zat cair yang mengandung kotoran;
7. Aliran zat cair yang tak terputus.

Disamping kelebihan yang telah disebutkan di atas, masalah yang muncul adalah apabila terjadi perbedaan ketinggian yang ekstrim di daerah dataran tinggi antara sumber air dengan tempat pengolahan ataupun tempat pemanfaatannya, karena pada pompa sentrifugal memiliki spesifikasi tertentu yang membatasi pada ketinggian berapa pompa tersebut dapat bekerja maksimal. Spesifikasi yang dimaksud adalah head pompa.

Pompa Sentrifugal

Pompa sentrifugal mempunyai konstruksi sedemikian rupa sehingga aliran zat cair yang keluar dari impeler akan melalui sebuah bidang tegak lurus pompa.

Adapun bagian – bagian dari pompa sentrifugal dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Pompa Sentrifugal

Tabel 1. Nama Bagian Pompa Sentrifugal (dari gambar diatas)

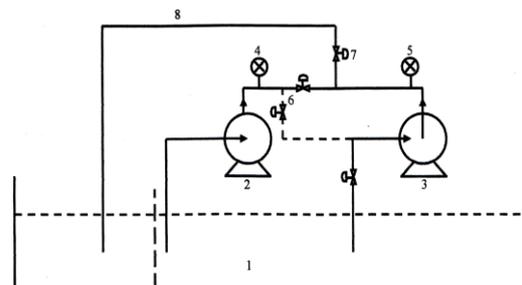
NO	NAMA	NO	NAMA
----	------	----	------

BAGIAN		BAGIAN	
1	Kopling	12	Impeler
2	Poros	13	Cincin
3	Tutup Bantalan	14	Cincin Perapat (Wearing Ring)
4	Bantalan Bola		Mur Impeler
5	Rumah Bantalan	15	Pasak
6	Penyangga	16	Penopang
7	Penekan Paking (gland)	17	Pelempar Zat Cair Bocoran
8	Cincin Lentera	18	Paking Tekan
9	Tutup Rumah	20	Selubung Poros
10	Paking Karet	21	Pasak
11	Rumah		

METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Panca Marga. Setiap kajian dalam memecahkan permasalahan ini selalu dilakukan kegiatan mempelajari berbagai literatur yang menunjang dan berhubungan dengan perancangan alat ini. Ada dua jenis data yang dipergunakan dalam kajian ini, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer adalah spesifikasi dari hasil pengujian alat yang dibuat dalam, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari hasil kajian uji kinerja pompa sentrifugal yang disusun secara seri.

Instalasi Peralatan Pengujian



Gambar 2. Instalasi Pengujian

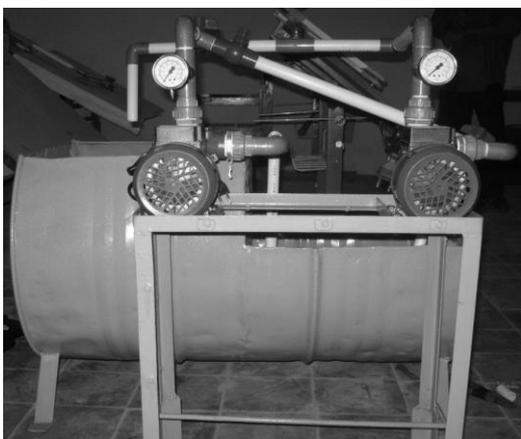
Keterangan :

1. Bak penampungan air
2. Pompa 1
3. Pompa 2
4. Pressure Gauge 1
5. Pressure Gauge 2
6. Katup 1
7. Katup 2
8. Pipa pvc

Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam uji kinerja pompa sentrifugal susunan paralel adalah

- Pompa
- Pipa PVC
- Kran
- Pressure gauge
- Stop watch atau jam
- Elbow dan Tee
- Meteran
- Gergaji
- Lem
- Selip
- Besi siku
- Drum



Gambar 3. Peralatan Pengujian

Variabel Penelitian

Penelitian yang dilakukan meliputi :

- Pengukuran head pompa secara tunggal dan seri dengan sistem konversi berdasarkan tekanan.
- Pengukuran debit pompa secara tunggal dan seri berdasarkan sampel waktu.

Pengujian Alat

Untuk pengujian alat pompa susunan seri ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Siapkan kedua pompa sentrifugal.
- Buka katup yang menghubungkan saluran keluar pompa 1 dengan saluran masuk pompa 2.

- Buka katup yang menghubungkan saluran keluar dari pompa 2 menuju saluran keluar akhir.
- Nyalakan kedua pompa secara bersama-sama;
- Catat tekanan pada saluran keluar pompa 2, serta jumlah air yang diperoleh dalam sampel waktu 5 detik menggunakan tempat yang sudah memiliki takaran.
- Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh volume yang ditentukan dengan bantuan *stopwatch*.
- Lakukan pengujian sampel debit air pada setiap tekanan berbeda sebanyak minimal 5 kali, untuk mendapatkan hasil rata-rata debit air per menit.

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Spesifikasi Peralatan Yang Digunakan

- Equipment : Dua buah pompa sentrifugal
- Merk : Efos
- Model : DB – 125 A
- Electrical supply : 220 V, 50 hz, 1 phase

Tabel 2. Spesifikasi Pompa

	Pompa 1	Pompa 2
Motor type	108 C Pompa sumur dangkal (non otomatis)	108 C Pompa sumur dangkal (non otomatis)
Power	0,125 kw	0,125 kw
Putaran	2850 rpm	2850 rpm
Such head	9 meter	9 meter
Disc head	24 meter	24 meter
Total head	33 meter	33 meter
Capasitas	42 liter/menit	42 liter/menit
Dimensi	23,3x12,5x16 cm	23,3x12,5x16 cm

Data pengambilan sampel percobaan pompa sentrifugal tunggal sebagai berikut :

Tabel 3. Percobaan 1

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
0	2	5
0	2,1	5
0	2	5
0	2	5
0	2,1	5

Tabel 4. Percobaan 2

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
5	1,5	5
5	1,6	5
5	1,6	5
5	1,5	5
5	1,6	5

Tabel 5. Percobaan 3

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
10	1,1	5
10	1,1	5
10	1	5
10	1,1	5
10	1	5

Tabel 6. Percobaan 4

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
12	0,8	5
12	0,8	5
12	0,9	5
12	0,9	5
12	0,9	5

Tabel 7. Percobaan 5

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
16	0,3	5
16	0,4	5
16	0,3	5
16	0,3	5
16	0,4	5

Tabel 8. Percobaan 6

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
18	0	5

Dari data awal pengambilan sampel diatas kemudian nilai kapasitas rata-rata dikonversikan dalam L/menit dengan faktor pengali 12, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Pada tekanan 0 Psi

$$\frac{2,04 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 24,48 \text{ L/menit}$$

2. Pada tekanan 5 Psi

$$\frac{1,4 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 18,72 \text{ L/menit}$$

3. Pada tekanan 10 Psi

$$\frac{1,1 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 12,72 \text{ L/menit}$$

4. Pada tekanan 12 Psi

$$\frac{0,9 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 10,32 \text{ L/menit}$$

5. Pada tekanan 16 Psi

$$\frac{0,3 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 4,08 \text{ L/menit}$$

6. Pada tekanan 18 Psi

$$\frac{0 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 0$$

Dari hasil percobaan pompa tunggal diatas juga diketahui tekanan maksimal dari pompa pada saat katup ditutup penuh yakni 18 Psi. Tekanan 18 Psi ini dapat dianalogikan sebagai daya dorong maksimal yang apabila dikonversikan dalam meter kolom air sama dengan ketinggian atau head maksimal. Adapun hasil konversinya adalah sebagai berikut.

- a. 1 Psi = 0,0703 kg/cm²;

- b. 1 m kolom air = 0,1 kg/cm²;

maka,

$$1 \text{ Psi} = \frac{0,0703 \text{ kg/cm}^2}{0,1 \text{ kg/cm}^2} \times 1 \text{ m kolom air} = 0,703 \text{ m kolom air}$$

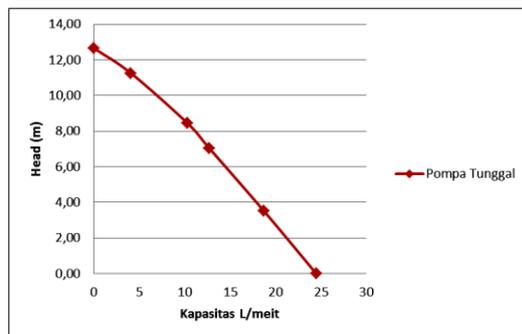
Berdasarkan konversi diatas head keluar maksimal yang bisa dicapai pompa pada tekanan maksimal 18 Psi adalah

$$\frac{18 \text{ Psi}}{1 \text{ Psi}} \times 0,703 \text{ m} = 12.65 \text{ m}$$

Jika data-data tersebut dimasukkan kedalam sebuah tabel akan menjadi sebagai berikut.

Tabel 9. Data Pompa Tunggal

Kapasitas (L/min)	Head (M)	Tekanan (Psi)
24.48	0.00	0
18.72	3.52	5
12.72	7.03	10
10.32	8.44	12
4.08	11.25	16
0.0	12.65	18



Gambar 4. Grafik Hubungan Head dan Kapasitas Pompa Tunggal

Data pengambilan sampel percobaan pompa sentrifugal seri sebagai berikut :

Tabel 10. Percobaan 1

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
0	2.1	5
0	2	5
0	2.1	5
0	2.1	5
0	2	5

Tabel 11. Percobaan 2

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
5	1.8	5
5	1.8	5
5	1.9	5

5	1.9	5
5	1.9	5

Tabel 12. Percobaan 3

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
10	1.6	5
10	1.6	5
10	1.7	5
10	1.7	5
10	1.7	5

Tabel 13. Percobaan 4

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
15	1.4	5
15	1.4	5
15	1.5	5
15	1.5	5
15	1.5	5

Tabel 14. Percobaan 5

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
20	1.2	5
20	1.2	5
20	1.2	5
20	1.3	5
20	1.2	5

Tabel 15. Percobaan 6

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
26	0.7	5
26	0.7	5
26	0.8	5
26	0.7	5
26	0.8	5

Tabel 16. Percobaan 7

Tekanan (Psi)	Volume (liter)	Waktu (Detik)
34	0	5

Dari data awal pengambilan sampel diatas, kemudian nilai kapasitas rata-rata dikonversikan dalam L/menit dengan faktor pengali 12, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

1. Pada tekanan 0 Psi

$$\frac{2,1 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 24,72 L/menit$$
2. Pada tekanan 5 Psi

$$\frac{1,9 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 22,32 L/menit$$
3. Pada tekanan 10 Psi

$$\frac{1,7 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 19,29 L/menit$$
4. Pada tekanan 15 Psi

$$\frac{1,5 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 17,52 L/menit$$
5. Pada tekanan 20 Psi

$$\frac{1,2 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 14,64 L/menit$$
6. Pada tekanan 26 Psi

$$\frac{0,7 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 8,88 L/menit$$
7. Pada tekanan 34 Psi

$$\frac{0 L}{5 \text{ detik}} \times 60 \text{ detik} = 0$$

Dari hasil percobaan pompa rangkaian seri diatas juga diketahui tekanan maksimal dari pompa pada saat katup ditutup penuh yakni 34 Psi, mendekati dua kali lipat dari tekanan maksimal pompa tunggal. Tekanan 34 Psi ini dapat dianalogikan sebagai daya dorong maksimal yang apabila dikonversikan dalam meter kolom air sama dengan ketinggian atau head maksimal. Adapun hasil konversinya adalah sebagai berikut.

- a. 1 Psi = 0,0703 kg/cm²;
 - b. 1 m kolom air = 0,1 kg/cm²;
- maka,
- $$1Psi = \frac{0,0703 \text{ kg/cm}^2}{0,1 \text{ kg/cm}^2} \times 1 \text{ m kolom air} = 0,703 \text{ m kolom air}$$

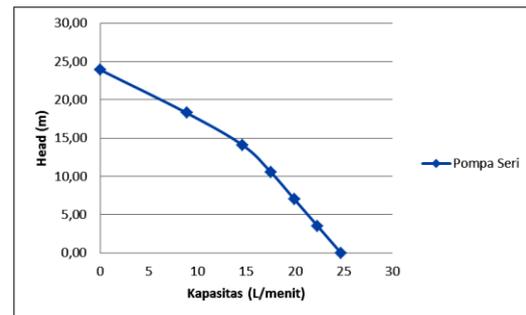
Berdasarkan konversi diatas head keluar maksimal yang bisa dicapai pompa pada tekanan maksimal 34 Psi adalah

$$\frac{34 \text{ Psi}}{1 \text{ Psi}} \times 0,703 \text{ m} = 23,90 \text{ m}$$

Jika data-data tersebut dimasukkan kedalam sebuah tabel akan menjadi sebagai berikut.

Tabel 17. Data Pompa Seri

Kapasitas (L/min)	Head (M)	Tekanan (Psi)
24.72	0.00	0
21.12	3.52	5
19.92	7.03	10
17.52	10.55	15
14.64	14.06	20
8.88	18.28	26
0	23.90	34



Gambar 5. Grafik Hubungan Head dan Kapasitas Pompa Seri

Dari hasil pengujian pompa rangkaian seri tampak bahwa ketinggian maksimal yang mampu dicapai pompa mendekati dua kali ketinggian pada pompa tunggal. Hal ini dapat terjadi karena masukan atau air yang dihisap pompa dua berasal dari keluaran pompa 1 yang sudah memiliki tekanan sampai 18 Psi kemudian setelah masuk pompa dua keluarannya bertambah tekanannya menjadi 34 Psi.

Kerugian Head

Pada perhitungan kerugian head rangkaian pompa diatas didapat kerugian gesek dalam pipa, dapat dirumuskan:

$$h_f = \lambda \frac{L V^2}{D 2g}$$

Dengan:

h_f = head kerugian gesek dalam pipa (m)

λ = koefisien kerugian gesek

g = percepatan gravitasi (9,8 m/s²)

L = panjang pipa (2 m)

D = diameter dalam pipa (0.01905 m)

V^2 = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

Untuk menentukan koefisien gesek pipa terlebih dahulu kita tentukan angka Reynold (Re) dengan rumus:

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{vDA}{Q}$$

Dengan:

Re = bilangan Reynold

V = kecepatan rata-rata aliran dalam pipa (m/s)

D = diameter dalam pipa (0.01905 m)

A = luas penampang pipa (m²)

Q = kapasitas air (9,6L/menit)

ν = viskositas kinematik zat cair (0,801 m²/s)

sehingga,

$$Re = \frac{0,801 \text{ m}^2/\text{s} \times 0,01905^3 \text{ m}^3 \times \frac{1}{4} \times \pi}{2,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} = 20,5045$$

Jika angka $Re < 2300$, maka jenis alirannya adalah laminar (Sularso, 2000:29), sehingga koefisien geseknya dapat dirumuskan:

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{20,5045} = 3,121$$

sehingga,

$$h_f = 3,121 \frac{12,03 \text{ m} \times \left(\frac{2,12 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{1}{4} \times \pi \times (0,01905 \text{ m})^2} \right)^2}{0,01905 \text{ m} \times 2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 5,566 \times 10^{-2} \text{ m}$$

Jadi kerugian head akibat gesekan adalah 2,4823 m.

1. Kerugian head akibat saringan, dapat dirumuskan:

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 1,97 \frac{(0,0744 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 5,563 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Jadi kerugian gesek akibat saringan adalah $5,563 \times 10^{-4} \text{ m}$

2. Kerugian akibat belokan 90°, untuk satu belokan dapat dirumuskan (Sularso, 2000:32)

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 1,129 \frac{(0,0744 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 3,188 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Jadi kerugian gesek akibat 2 belokan 90° adalah $2 \times 3,188 \times 10^{-4} \text{ m} = 6,376 \times 10^{-4} \text{ m}$

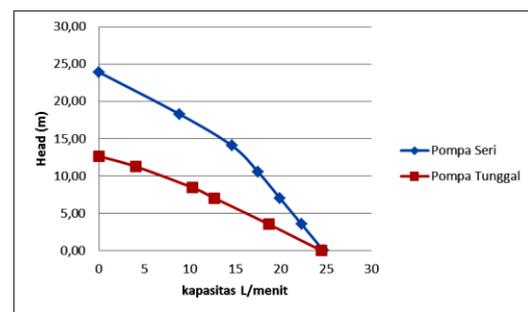
3. Kerugian head akibat stop kran berupa katup bola dapat dirumuskan (Sularso, 2000:32)

$$h_f = f \frac{v^2}{2g}$$

$$h_f = 13 \times \frac{(0,0744 \text{ m/s})^2}{2 \times 9,8 \text{ m/s}^2} = 0,04935 \text{ m}$$

Jadi kerugian gesek akibat katup bola adalah 0,04935 m.

Berdasarkan perhitungan kerugian head diatas total kerugian head yang terjadi adalah $556,6 \times 10^{-4} \text{ m} + 5,563 \times 10^{-4} \text{ m} + 6,376 \times 10^{-4} \text{ m} + 0,04935 \text{ m} = 0,1062 \text{ m}$.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Head dan Kapasitas pada Pompa Tunggal dan Seri

Berdasarkan gambar grafik perbandingan diatas terlihat bahwa kapasitas yang dihasilkan oleh pompa yang dirangkai

secara seri tidak jauh berbeda atau hampir sama dengan pompa tunggal, akan tetapi head atau ketinggian keluar dari pompa seri hampir atau mendekati dua kali head yang dihasilkan oleh pompa tunggal.

Dengan demikian rangkaian pompa seri dapat dijadikan pilihan untuk mengatasi kekurangan head pada pompa tunggal, namun tetap harus memperhitungkan terlebih dahulu berapa head yang sebenarnya dibutuhkan dan disesuaikan dengan kemampuan atau spesifikasi dari pompa itu sendiri.

SIMPULAN

Perbandingan nilai head dan tekanan pada pompa rangkaian seri hampir dua kali lipat dari pompa tunggal, hal ini dikarenakan fluida yang masuk pada pompa dua sudah bertekanan sehingga keluaran pompa dua tekanan dan headnya menjadi meningkat, akan tetapi tidak tepat dua kalinya karena adanya faktor kerugian primer yang bertambah akibat pertambahan panjang pipa. Sedangkan kapasitas yang dihasilkan sama dengan kapasitas pompa tunggal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sularso, Tahara H, 2000, *Pompa dan Kompresor*, PT Pradnya Paramita Jakarta
- [2] Dietzel F, Sriyono D, 2000, *Turbin, Pompa Dan Kompresor*, Erlangga Jakarta
- [3] Church A. H, 2001, *Pompa dan Blower Sentrifugal*, Erlangga Jakarta
- [4] Djokosetyardjo. M. J, 2002, *Ketel Uap*, PT Pradnya Paramita
- [5] Raswari, 2003, *Teknologi dan Perencanaan Sistem Perpipaian*, Universitas Indonesia
- [6] Sumarlin, 2004, *Dasar – Dasar Mekanika Fluida*, Universitas Negeri Malang
- [7] Hickr, Edward, 2006, *Teknologi Pemakian Pompa*, Erlangga Jakarta
- [8] Diyon S. L, 2006 *Mekanika Fluida, Termodinamika*, Universitas Indonesia
- [9] Pudjanarsa A, Nursuhud D, 2006, *Mesin Konversi Energi*, Penerbit Andi Yogyakarta
- [10] Suyoto, 2008, *Teknik Mesin Industri*, Departemen Pendidikan Nasional
- [11] Sutrisno, 2008, *Merawat dan Memperbaiki Pompa Air*, PT Kawan Pustaka
- [12] Sasongko D, Fransini J.B, 2003, *Teknik Sumber Daya Air*, Erlangga