

## **Analisa Head Mayor Dan Minor Pompa Chiller dengan Bukaannya Katup Instalasi Pompa Tunggal**

**Arief Muliawan<sup>1\*</sup>, Ahmad Yani<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Bontang

<sup>2</sup>Teknik Mesin, Universitas Trunajaya Bontang

\*Email: ariefstitek@gmail.com

### **Abstract**

*Centrifugal pump is one type of pump that is widely used in the fields of industry, agriculture and household. Centrifugal pumps can be found in Chiller pumps used in PT. X Bontang. Research and analysis of single chiller pumps has been conducted. This study aims to calculate the head losses mayor and head losses minor on the variation of the opening of the single pump installation valve. In chiller pump research which writer do, use variation of valve opening 100%, 75%, 50%, 25% and 10%. From the test results in the largest debit field shown on 100% opening with 0.0053 m<sup>3</sup>/s. From the calculation results for head losses mayor obtained 4.629 m 100% opening and 1.151 m openings 10%. In the calculation of head losses minor obtained 9.7 m openings 100% and 2.1 m openings 10%. From the data obtained that the greater the valve opening the greater the head losses mayor and head losses minor.*

**Keywords:** *chiller pump, head losses mayor, head losses minor*

### **Abstrak**

Pompa sentrifugal merupakan salah satu jenis pompa yang banyak digunakan dalam bidang industri, pertanian dan rumah tangga. Pompa sentrifugal dapat dijumpai pada pompa Chiller yang dipakai di perusahaan PT.X Bontang. Telah dilakukan penelitian dan analisis terhadap pompa *chiller* yang dipasang tunggal. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung *head losses mayor* dan *head losses minor* pada variasi bukaan katup instalasi pompa tunggal. Dalam penelitian pompa *chiller* yang penulis lakukan, menggunakan variasi bukaan katup 100%, 75%, 50%, 25%, dan 10%. Dari hasil pengujian dilapangan debit terbesar ditunjukkan pada bukaan 100% dengan 0,0053 m<sup>3</sup>/s. Dari hasil perhitungan untuk *head losses mayor* diperoleh 4,629 m bukaan 100% dan 1,151 m bukaan 10%. Perhitungan *head losses minor* diperoleh 9,7 m bukaan 100% dan 2,1 m bukaan 10%. Dari data yang diperoleh bahwa semakin besar bukaan katup maka semakin besar pula *head losses mayor* dan *head losses minor*.

**Kata kunci:** *pompa chiller, head losses mayor, head losses minor*

### **1. Pendahuluan**

Pompa merupakan suatu alat untuk memindahkan air melalui distribusi pemipaan dimana terdapat perbedaan tekanan. Sehingga dibutuhkan pompa untuk membangkitkan perbedaan itu. Kebutuhan terhadap alat ini sangat besar karena fungsinya yang khusus dan spesifik yaitu dapat mengalirkan dan berperan sebagai pompa sirkulasi dalam suatu unit plant atau dapat juga diartikan sebagai alat untuk memindahkan

fluida dari suatu unit operasi ke unit operasi selanjutnya. Telah banyak dilakukan pengujian pompa sebagai pembangkit listrik mikrohidro untuk menentukan daya hasil keluaran maupun pengujian sudu turbin [1], [2] dan [3].

Karakteristik pompa merupakan hubungan antara tinggi tekan (*head*), kapasitas, daya dan efisiensi. Hubungan tinggi tekan akan digambarkan pada akibat kerugian gesekan (*head losses mayor*) dan kerugian akibat jalur pemipaan (*head losses*

minor) [4]. Dengan pemahaman akan akibat kerugian dalam penggunaan pompa dan pemipaan maka dapat membantu meminimalisir kehilangan energi pada sistem pemipaan yang dipergunakan [5]. Telah banyak dilakukan simulasi penggunaan karakteristik jalus distribusi air seperti yang dilakukan oleh Chanson [6].

Pompa yang ada di PT.X Bontang umumnya bersifat sentrifugal. Pompa tersebut dipakai untuk mensirkulasikan air di chiller dan untuk proses absorber unit. Jenis pompa *chiller* yang digunakan dalam sistem tersebut adalah jenis pompa sentrifugal dengan poros dipasang horizontal dengan kapasitas 0,0053 m<sup>3</sup>/s. Dengan jumlah pompa sejenis yang terpasang sebanyak 3 buah yang terpasang secara seri dan paralel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Pompa *chiller* sentrifugal susunan seri

Pada penelitian ini akan diketahui kehilangan energi pada pompa *chiller* yang dipakai secara rinci sehingga dapat dijadikan suatu pertimbangan alternatif pemakaian dalam pembuatan instalasi pompa dengan karakteristik fluida yang sama. Penelitian ini akan mempergunakan pompa tunggal yang berfungsi untuk menaikkan fluida dari bak penampungan ke pompa, selanjutnya dilakukan pengamatan pada *flowmeter* untuk melihat besarnya debit air. Penelitian kerugian aliran pada instalasi pompa bertujuan untuk menganalisis kerugian gesekan (*head losses mayor*) dan kerugian pemipaan (*head losses minor*) pada pemakaian pompa *chiller* yang dipasang tunggal.

**1.1. Kajian Literatur**

Kapasitas (*Q*) biasanya dinyatakan dalam m<sup>3</sup>/s. Fluida pada dasarnya berhubungan langsung antara kapasitas dalam pipa dan kecepatan aliran. Hubungan ini sebagaimana ditunjukkan dalam Pers. (1) [7].

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{atau} \quad Q = v \times A \dots\dots\dots \text{Pers. (1)}$$

Dimana, *Q* adalah kapasitas aliran (m<sup>3</sup>/s), *V* adalah volume aliran (m<sup>3</sup>), *t* adalah waktu aliran (s), *v* adalah kecepatan aliran (m/s), dan *A* adalah luas penampang (m<sup>2</sup>).

*Head* pompa merupakan energi per satuan berat yang harus disediakan untuk mengalirkan sejumlah zat cair yang direncanakan sesuai dengan kondisi instalasi pompa, atau tekanan untuk mengalirkan sejumlah zat cair, yang umumnya dinyatakan dalam satuan panjang. Dalam persamaan Bernauli, ada tiga macam *head* (energi) fluida dari sistem instalasi aliran, yaitu, energi tekanan, energi kinetik dan energi potensial Hal ini dapat dinyatakan dengan Pers. (2).

$$H_t = H_d + H_s + H_f + H_m \dots\dots\dots \text{Pers. (2)}$$

Dimana *H<sub>p</sub>* adalah *head statis pompa* (m), *H<sub>d</sub>* adalah *head discharge* (m), *H<sub>s</sub>* adalah *head suction* (m), *H<sub>f</sub>* adalah *head losses mayor* (m), dan *H<sub>m</sub>* adalah *head losses minor* (m).

Permukaan air berubah-ubah dengan perbedaan besar, *head statis* total harus ditentukan dengan mempertimbangkan karakteristik pompa, besarnya selisih perubahan permukaan air, dan dasar yang di pakai untuk menentukan jumlah air yang harus dipompa. Sehingga dalam penggunaan pompa *chiller* perlu diperhitungkan *head Losses mayor* dan *minor*.

Untuk menghitung kerugian gesek (*head losses mayor*) di dalam pipa dapat dipakai Pers. (3) [7].

$$H_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Pers. (3)}$$

Dimana *v* adalah kecepatan rata-rata aliran di dalam pipa (m/s), *H<sub>f</sub>* adalah *head* kerugian gesek dalam pipa (m), *f* adalah koefisien kerugian gesek, *g* adalah percepatan gravitasi (9,8 m/s<sup>2</sup>), dan *L* adalah panjang pipa (m).

Selanjutnya, untuk aliran yang laminar dan yang turbulen terdapat rumus yang berbeda. Sebagai patokan apakah suatu aliran itu laminar atau turbulen, dipakai bilangan *Reynolds*, seperti Pers. (4).

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu} \dots\dots\dots \text{Pers. (4)}$$

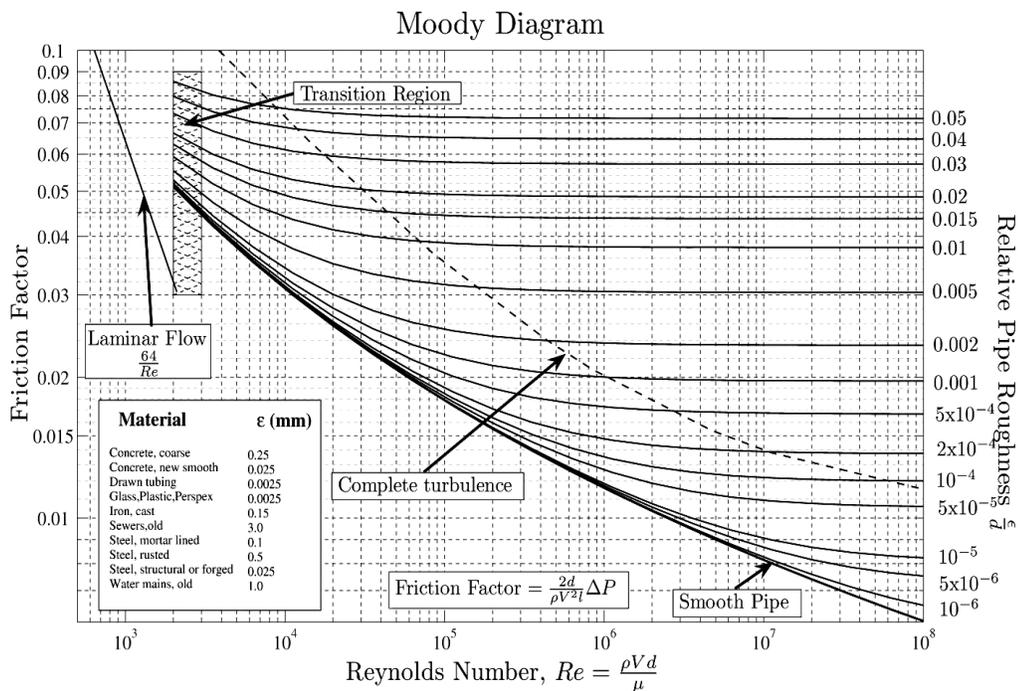
$$f = \frac{64}{RE} \dots\dots\dots \text{Pers. (5)}$$

Dimana  $Re$  adalah *Reynold Number*,  $\rho$  adalah massa jenis cairan ( $\text{kg/m}^3$ ),  $v$  adalah kecepatan rata-rata aliran (m/s), dan  $\mu$  adalah *viscositas* absolut cairan ( $\text{kg/m.s}$ ). Pada  $Re < 2300$ , aliran bersifat laminar. Pada  $Re > 4000$ , aliran bersifat *turbulen*. Pada  $Re = 2300-4000$  terdapat daerah transisi, dimana aliran dapat bersifat laminar atau turbulen tergantung pada kondisi pipa atau aliran.

Dalam hal aliran laminar, koefisien kerugian gesek untuk pipa ( $f$ ) dinyatakan dalam Pers. (5).

Untuk menghitung kerugian gesek pada pipa pada aliran turbulen terdapat berbagai rumus empiris. Untuk mencari koefisien gesek pipa ( $f$ ) dapat menggunakan diagram *Moody* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Untuk mengetahui kekasaran *relative* pipa dapat dicari dengan menggunakan Pers. (6).

$$\text{Kekasaran relative} = \epsilon/d \dots\dots\dots \text{Pers. (6)}$$



Gambar 2. Diagram *Moody*

Untuk menghitung kerugian dalam jalur pipa (*head losses minor*) di dalam aliran melalui jalur pipa, kerugian akan terjadi apabila ukuran pipa bentuk penampang, atau arah aliran berubah, kerugian *head* ditempat-tempat transisi yang dimiliki itu dapat dinyatakan secara umum dengan Pers. (7) [7].

$$H_{fm} = nf \cdot k \cdot \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (7)$$

Dimana  $H_{fm}$  adalah *head losses minor* (m),  $nf$  adalah jumlah *fitting* atau *valve* untuk diameter

yang sama,  $k$  adalah koefisien friksi,  $v$  adalah kecepatan rata-rata aliran (m/s), dan  $g$  adalah percepatan gravitasi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

**2. Metoda Penelitian**

**2.1. Alat Dan Bahan**

Alat yang dipergunakan dalam penelitian ini yakni:

- a. Meteran air
- b. *Valve*
- c. *Elbow*
- d. *Pressure gauge*

Dengan spesifikasi pompa *chiller* dengan jenis EBARA model FSA80X65 FS4JA sebagai berikut:

Kapasitas: 85 USGPM = 0,0053 m<sup>3</sup>/s

Discharge pressure: 2.6 bar

Suction Pressure: -0.1 bar

Differensial Pressure: 2,7 bar

Head: 20 m

Speed: 1500 rpm

Diameter *impeller*: 80/65 mm

Density: 997,1 kg/m<sup>3</sup> pada suhu 25 °C

Viscosity: 0.8 cp = 0,0008 Ns/m<sup>2</sup>

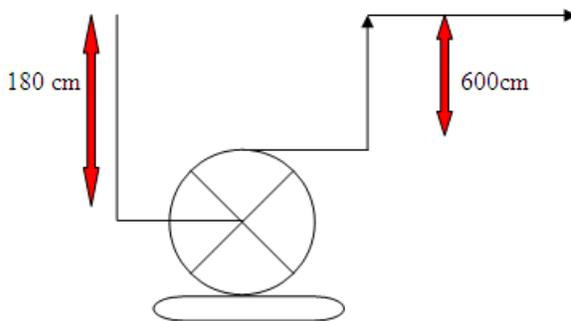
Liquid: *chiller water*

Panjang keseluruhan pipa: 128 m

**2.2. Pengujian**

Panjang keseluruhan pipa dengan diameter 65 mm yang digunakan pada pengujian pompa tunggal adalah 128 m. Prosedur pengujian dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik pompa *chiller* tunggal diantaranya:

- Mengukur volume air, putaran poros pompa dan waktu.
- Pengukuran dilakukan berulang dengan bukaan katup 100%, 75%, 50%, 25% dan 10%.
- Menyusun pompa sesuai Gambar 3.
- Menghitung kecepatan aliran, bilangan *Reynold* dan memprediksi koefisien gesek untuk perhitungan *head losses mayor*.
- Menghitung koefisien pemipaan untuk perhitungan *head losses minor*.



Gambar 3. Skema pompa tunggal

**3. Hasil Penelitian**

**3.1. Kapasitas Aktual Pompa**

Pengukuran dilakukan dengan mengukur volume air menggunakan *water meter* selama 60 detik disetiap bukaan katup. Variasi bukaan katup dilakukan pada bukaan katup 100%, 75 %, 50%, 25% dan 10 %. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1. Dari hasil pengukuran dilapangan yang ditunjukkan pada Tabel 1 pada bukaan *valve*

dapat diperoleh kapasitas air dengan menggunakan Pers. (1). Dengan memanfaatkan Pers. (1) diperoleh kapasitas pompa untuk setiap bukaan dapat ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengukuran terhadap pompa *chiller*

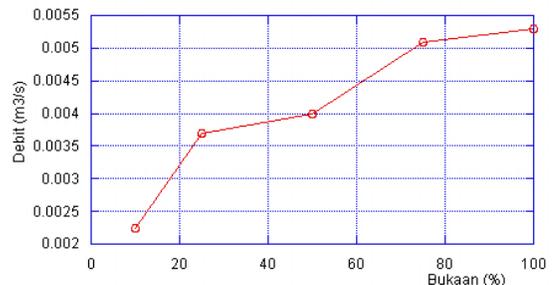
Pengukuran	Bukaan Katup (%)	Volum e (m <sup>3</sup> )	Waktu (s)	Tekanan (kgf/cm <sup>2</sup> )
I	100	0.318	60	2,8
II	75	0.310	60	3,1
III	50	0.295	60	3,3
IV	25	0.225	60	3,6
V	10	0.15	60	4

Tabel 2. Kapasitas air pompa *chiller* tunggal

Bukaan Katup (%)	Kapasitas air (m <sup>3</sup> /s)
100	0.0053
75	0.0051
50	0.0040
25	0.0037
10	0.00225

Dari hasil perhitungan diperoleh gambaran kapasitas air terhadap bukaan katup pada pompa *chiller* tunggal ditunjukkan pada Gambar 4.

Dari Gambar 4 pengaruh bukaan katup terhadap kapasitas pompa dapat dilihat bahwa perubahan bukaan yang meningkat mengakibatkan debit keluaran semakin besar.



Gambar 4. Pengaruh bukaan katup terhadap kapasitas pompa

**3.2. Head Losses Mayor**

Untuk mencari *head* kerugian gesek (*head losses mayor*) pada instalasi pompa tunggal pipa diameter 65 mm bukaan katup 100% menggunakan Pers. (3). Terlebih dahulu ditentukan

besar kecepatan aliran dengan menggunakan Pers. (1) sehingga:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0.0053}{\frac{\pi}{4} \cdot 0.065^2} = 1.60 \text{ m/s}$$

Maka didapatkan kecepatan aliran ( $v$ ) pada bukaan katup 100 % adalah sebesar 1,60 m/s. Untuk mencari faktor gesekan ( $f$ ) pada pipa maka harus diketahui bilangan *Reynold* untuk mengetahui rumus empirik yang akan digunakan Pers. (4). Dari tabel sifat fisik air pada suhu 25 °C didapat  $\rho = 997,1 \text{ kg/m}^3$  dan  $\mu = 0,0008 \text{ Ns/m}^2$ . Maka Bilangan *Reynold* ( $Re$ ) adalah:

$$Re = \frac{997,1 \text{ kg/m}^3 \cdot 1,60 \text{ m/s} \cdot 0,065 \text{ m}}{0.0008 \text{ N}_s / \text{m}^2}$$

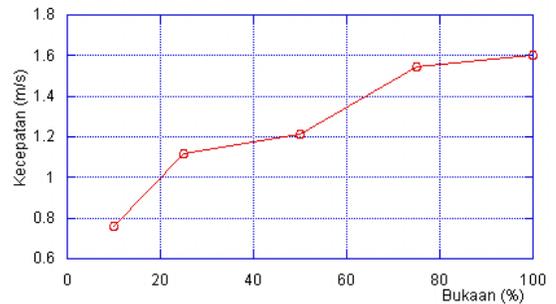
$$Re = 129623 \text{ (Turbulen)}$$

Untuk mengetahui kekasaran *relative* pipa dapat dicari dengan menggunakan Pers. (6). Dimana, untuk *stainless steel* adalah 0,015 mm = 0,000015 m.

$$\text{Kekasaran relatif} = \frac{0,000015}{0,065} = 0,00023 \text{ mm}$$

Dari diagram *Moody* dapat dilihat bahwa koefisien gesek pada bilangan *Reynold* kisaran 120000 dan pada kekasaran *relative* 0,00023 adalah berkisar kurang lebih 0,018. Dengan diperolehnya nilai koefisien gesek maka dapat dihitung *head* kerugian gesek (*head losses mayor*) sebagai berikut:

$$H_f = f \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0.018 \frac{128}{0.065} \frac{1.60^2}{2(9.8)} = 4.629 \text{ m}$$

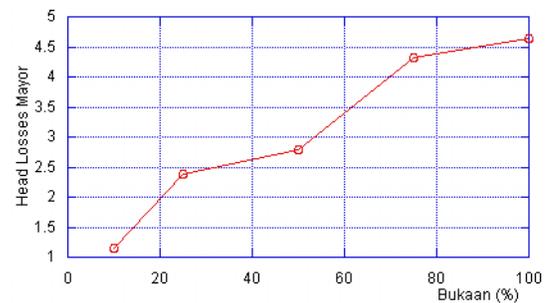


Gambar 5. Grafik pengaruh bukaan katup terhadap kecepatan air pompa tunggal

Maka *head losses mayor* untuk bukaan 100% ditunjukkan dengan nilai 4,629 m sehingga untuk setiap bukaan katup dapat ditabulasikan yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan ditunjukkan pada Gambar 5 pengaruh bukaan katup terhadap kecepatan pompa tunggal.

Gambar 5 menunjukkan grafik pengaruh bukaan katup terhadap kecepatan air pada pompa tunggal. Dapat dilihat kecepatan air maksimum adalah 1,60 m/s yakni pada bukaan katup 100% Selanjutnya untuk melihat pengaruh bukaan katup terhadap *head losses mayor* dapat dilihat pada Gambar 6.

Dari Gambar 6 dapat dilihat semakin besar bukaan katup maka *head losses mayor* semakin besar. Dimana pada bukaan katup 10% *head losses mayor* adalah 1,151 m sedangkan *head losses mayor* pada bukaan katup 100% adalah sebesar 4,629 m.



Gambar 6. Head losses mayor pada pompa tunggal

Tabel 3. *Head losses mayor* untuk setiap bukaan pompa

Bukaan Katup (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan (m/s)	Bilangan Reynold	Koefisien Gesek	<i>Head Losses Mayor</i> (m)
100	0,0053	1,60	129623	0,018	4,629
75	0,0051	1,545	125167	0,018	4,316
50	0,0040	1,21	98027	0,019	2,79
25	0,0037	1,12	90834	0,020	2,394
10	0,00225	0,757	61327	0,020	1,151

**3.3. Head Losses Minor**

Pada instalasi pompa tunggal terdapat *head kerugian* dalam pipa (*head losses minor*). Untuk mencari perubahan yang terjadi terlebih dahulu ditentukan koefisien kerugian pipa tunggal ditunjukkan pada Tabel 4.

Dari penjumlahan koefisien kerugian pada Tabel 4 maka jumlahnya pemipaan pipa 65 mm diperoleh  $\sum K = 74,3$ . Dengan menggunakan Pers. (7) pada pipa 65 mm dengan bukaan katup 100 % diperoleh:

$$H_{fm} = 74,3 \frac{1.60^2}{2 \cdot 9.8} = 9,7 \text{ m}$$

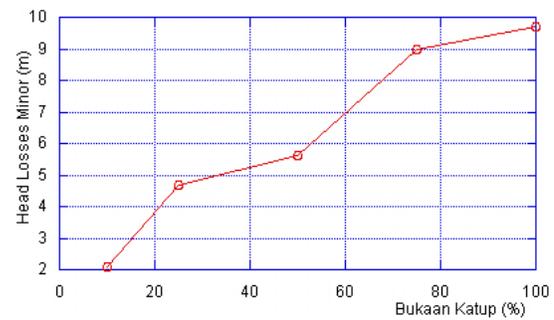
Tabel 4. Koefisien pipa pompa tunggal

Condition	N	K	NK
<i>Elbow 90<sup>0</sup></i>	25	1,5	37,5
<i>Gate valve</i>	15	0,15	1,8
<i>Gate valve, ¾ closed</i>	1	17	17
<i>Diagram valve open</i>	1	2,3	2,3
<i>Elbow, flange long radius 90<sup>0</sup></i>	1	0,7	0,7
<i>Water meter</i>	1	7	7
<i>Tee, threaded, dividing branch flow</i>	4	2	8
			74,3

Tabel 5. *Head losses minor* pompa tunggal

Bukaan Katup (%)	Debit (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan (m/s)	<i>Head Losses Minor</i> (m)
100	0,0053	1,60	9,7
75	0,0051	1,545	9,0
50	0,0040	1,21	5,6
25	0,0037	1,12	4,7
10	0,00225	0,757	2,1

Dengan menggunakan Pers. (7) maka *head loss minor* untuk semua bukaan katup dapat ditabulasikan pada Tabel 5. Dari Tabel 5 dapat ditampilkan grafik untuk meninjau fenomena pengaruh bukaan katup terhadap *head losses minor* pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik pengaruh bukaan katup terhadap *head losses minor* pada pompa tunggal

Dapat dilihat bahwa semakin besar bukaan katup maka *head losses minor* semakin besar. *Head losses minor* maksimum yakni pada bukaan 100% adalah sebesar 9,7 m.

**4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan untuk variasi bukaan katup terhadap kapasitas air diperoleh semakin besar bukaan katup semakin besar pula debit yang dihasilkan. Dalam Perhitungan kerugian gesekan (*head losses mayor*) dan kerugian pemipaan (*head losses minor*), semakin besar bukaan katup maka semakin besar pula nilai *head* yang ditimbulkan akibat bukaan tersebut.

**5. Saran**

Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut analisa *head losses mayor* dan *head losses minor* pada pompa *chiller* yang dibuat secara seri maupun secara paralel.

## 6. Daftar Pustaka

- [1] G. Suwoto, "Kaji Eksperimental Kinerja Turbin Air Hasil Modifikasi Pompa Sentrifugal Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro," in *Seminar SNTT ke-3 Universitas Wahid Hasim Semarang*, 2012, pp. 60–64
- [2] Rosmiati and A. Yani, "Pengaruh Variasi Diameter Nosel Terhadap Torsi dan Daya Turbin Air," *J. Turbo*, vol. 6, no. 1, pp. 14–21, 2017.
- [3] A. Muliawan and A. Yani, "Analisis Daya Dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner," *J. Sainstek*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [4] F. M. Sitompul and M. Hazwi, "Pengujian Pengaruh Variasi Head Supply dan Panjang Langkah Katup Limbah Terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram," *J Dinamis*, vol.8, no. 4, pp. 224–230, 2014.
- [5] Fuazen. "Pengaruh Variasi Diameter Pipa Hisap Pada Sistem Perpipaan Tunggal Terhadap Debit Pompa." *J. Suara Teknik*., vol 4, no.1, pp.1-7, 2017..
- [6] H. Chanson, "Introducing originality and innovation in engineering teaching: The hydraulic design of culverts," *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 25, no. 4, pp. 377–391, 2000.
- [7] V. L. Streeter and E. B Wylie, *Mekanika Fluida jilid 1*. Jakarta: Penerbit Erlangga, 1999.