

Analysis of the Effect of By-pass Pumping System Application on the Efficiency of the Pump and Process

Edwin Eka Yanuar*, Setyo Nugroho

*Program Studi Sistem Pembangkit Energi, Departemen Teknik Mekanika dan Energi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, Jl. Raya ITS Sukolilo 60111 Surabaya

*E-mail: edwinekayanuar@gmail.com

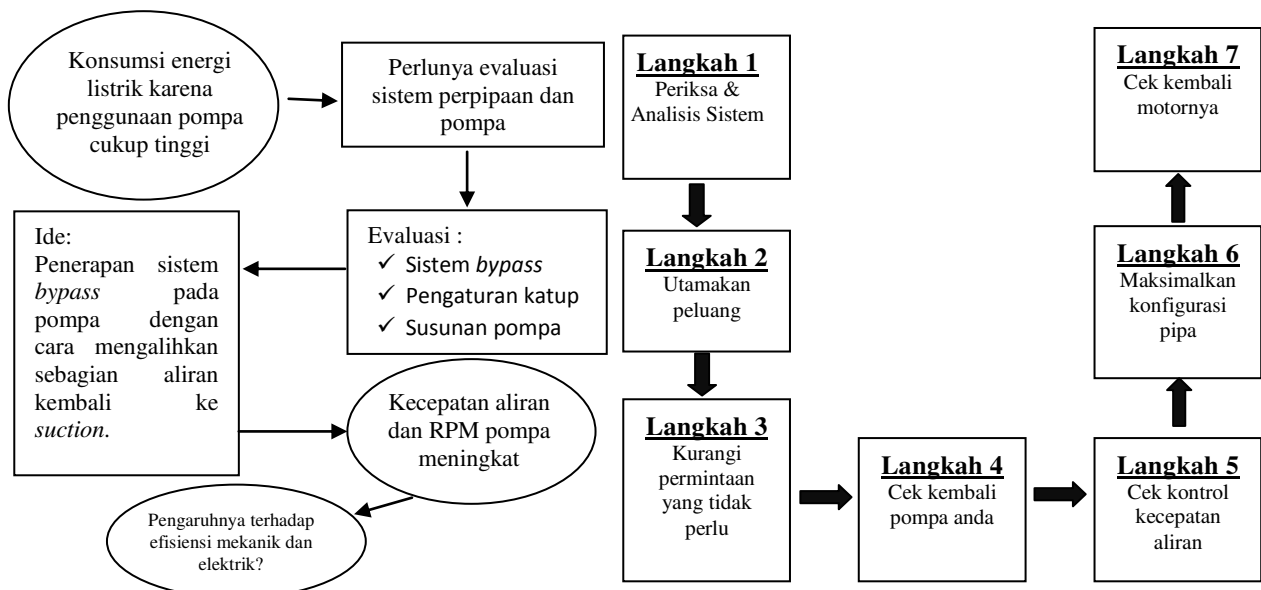
Abstract

Bypass system is a system of fluid flow with curves that cut off part of the main stream and usually use at piping system industry when repair and replace the instrument system. Bypass system is used for instrument replacement because it can take place without shutting down or cutting off. An ideas to utilize bypass system is used in the study design of the bypass pumping system by cutting partially discharge flow toward suction, it has potential to increase the velocity of flow and rotation of pump. Evaluation bypass, valve setting, the arrangement of pumps and pump motor speed regulation is a step to improve the efficiency of the pump. From the many usage of bypass system, a study to determine its effect on the efficiency of the pump is the right step to obtain efficient fluid systems. In this research, design of the bypass system module uses two angle variation there are 45^0 with elbow 45^0 and 90^0 . Also the variation in the flow bypass valve opening to get the value of BEP (Best Efficiency Point) and the best bypass system design. At the end of the project is expected to be obtained bypass system design with a smaller head loss and increase the pump efficiency more than 5%.

Keywords: Bypass system, BEP, efficiency

Pendahuluan

Pompa adalah alat untuk memindahkan cairan (fluida) dari satu tempat ke tempat lain, dengan prinsip kerja memberikan tekanan pada fluida yang didapat dari putaran poros motor listrik terhadap *impeller*. Pada jaman modern ini, pompa merupakan suatu alat yang sangat penting bagi kehidupan manusia. Pompa memiliki peranan yang sangat penting bagi rumah tangga maupun industri.



Gambar 1. Diagram alir kasus.

Gambar 2. Proses untuk meningkatkan efisiensi pada pompa



Selain dengan melakukan cara – cara diatas, penyusunan sistem perpipaan juga merupakan faktor penentu efisiensi pompa, seringkali terdapat sistem instalasi pompa yang kurang tepat, sehingga mengakibatkan performa pompa tidak maksimal yang berakhir pada biaya operasional yang tinggi. Pada sistem *bypass* sebagian aliran yang dikembalikan dari *discharge* menuju *suction* pompa akan meningkatkan kecepatan fluida sehingga akan mempengaruhi besarnya efisiensi pompa dan besarnya sudut *bypass* akan mempengaruhi besarnya *head loss* yang akan membebani pompa.

Adapun rumus yang digunakan dalam analisis ini, adalah :

Untuk menentukan *head* total menggunakan persamaan berikut:

$$h_a = \left(\frac{P_2 - P_1}{\rho g} \right) + (z_2 - z_1) + \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_L + h_f \quad (1)$$

Persamaan daya hidrolik pompa:

$$P_{hidrolik} = \rho x g x Q x h_a \quad (2)$$

Persamaan daya mekanik/poros pompa:

$$P_{mekanik} = \frac{2 x \pi x n x T}{60} \quad (3)$$

Efisiensi mekanik dapat menggunakan:

$$\eta_{mekanik} = \frac{P_{hidrolik}}{P_{mekanik}} \quad (4)$$

Daya listrik pompa menggunakan rumus berikut:

$$P_{listrik} = V x i \quad (5)$$

Efisiensi elektrik pompa dapat menggunakan rumus berikut:

$$\eta_{elektrik} = \frac{P_{mekanik}}{P_{listrik}} \quad (6)$$

Persamaan Hazen-Williams untuk mencari nilai *head loss* mayor:

$$h_f = \frac{10.66 x Q^{1.85}}{C^{1.85} x D^{4.85}} x L \quad (7)$$

Rumus yang digunakan untuk mencari nilai *head loss* minor:

$$h_L = K \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Tabel 1. Nilai kekasaran Hazen-Williams

Jenis pipa	°C
<i>Asbestos cement</i>	140
<i>Brass tube</i>	130
<i>Cast iron tube</i>	100
<i>Concrete tube</i>	110
<i>Copper tube</i>	130
<i>Corrugated steel tube</i>	60
<i>Galvanized tubing</i>	120
<i>Glass tube</i>	130
<i>Lead piping</i>	130
<i>Plastic pipe</i>	140
<i>PVC pipe</i>	150
<i>General smooth pipe</i>	140
<i>Steel pipe</i>	120
<i>Steel riveted pipe</i>	100
<i>Tar coated cast iron tube</i>	100
<i>Tin tubing</i>	130
<i>Wood stave</i>	100

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan bulan Desember 2015 dengan menggunakan modul sistem by-pass pada pompa yang telah dibuat sebelumnya. Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa studi literatur yaitu mencari dan mempelajari pustaka yang berhubungan dengan analisa perhitungan debit, kehilangan tinggi tekanan, efisiensi mekanik, dan efisiensi elektrik pada sistem pemompaan. Perhitungan kehilangan tinggi tekanan dengan persamaan Hazen-Williams menggunakan Microsoft Excel 2013 berupa buku, jurnal, artikel maupun internet.



Adapun peralatan yang digunakan untuk penelitian, antara lain pompa sentrifugal dan alat ukur dengan spesifikasi berikut:

Tabel 2. Spesifikasi pompa sentrifugal.

Voltase	220V / 50Hz 1 Phase
Daya Listrik	125 Watt (Running) / 300 Watt (Start)
Self Priming	Ya
Otomatis	Tidak
Daya Hisap	9 Meter
Daya Dorong	33 Meter
Kapasitas	18 Liter/Menit pada total head 10 Meter 10 Liter/Menit pada total head 20 Meter

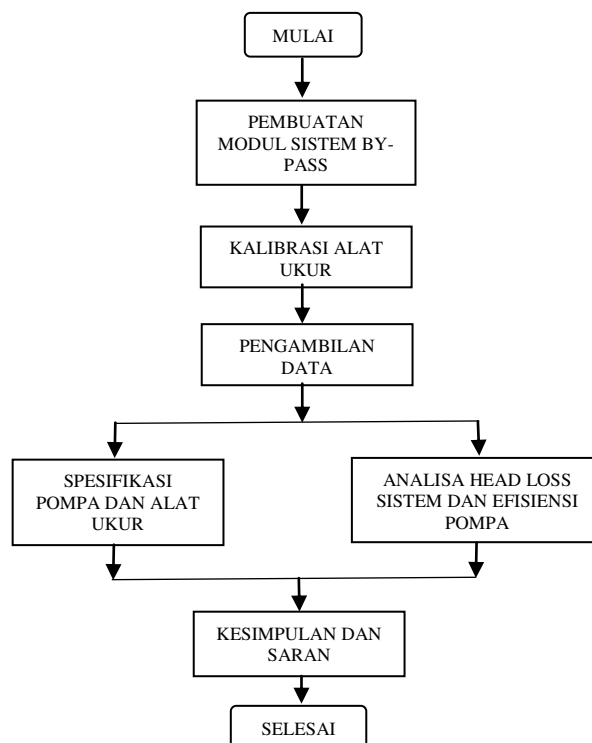
Tabel 3. Alat ukur dan kapasitasnya.

Alat Ukur	Kapasitas
Pressure Gauge Suction	-76 cmHg sampai 1,5 Kg/cm ²
Pressure Gauge Discharge	0 sampai 0,6 kg/cm ²
Flow Meter	18 Lpm atau 5Gpm
Tacho Meter	3000 RPM
Torsi Meter	1.5 Nm
Clamp Meter	100 A

Tahap pengumpulan data adalah sebagai berikut:

- Spesifikasi pompa yang digunakan;
- Spesifikasi setiap alat ukur yang digunakan;
- Data debit, tekanan hisap, tekanan keluar, diameter pipa, putaran, torsi, tegangan, dan arus listrik pompa tanpa sistem by-pass, dan menggunakan sistem by-pass belokan 45° dan 90° dengan variasi bukaan valve;
- Data *elbow*, *fitting*, *valve*, *head* pada sistem.

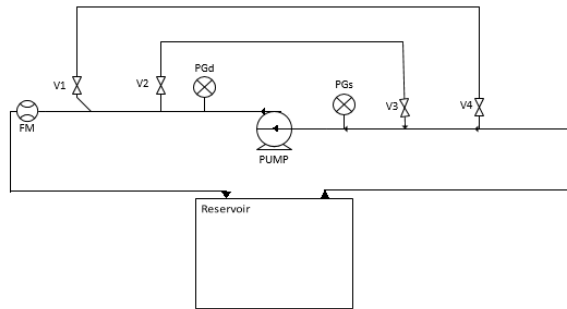
Berdasarkan alir penelitian dari penyusunan makalah ini dapat dijelaskan seperti Gambar 3.



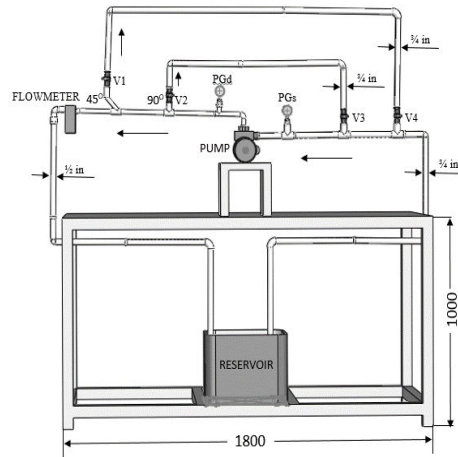
Gambar 3. Diagram Alir Metodologi Penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian dibuat modul berukuran 1,8m x 1,2m x 1m, dengan *process flow diagram* sepertipada Gambar 4 dan konfigurasi pipa by-pass menghadap keatas. Dalam melakukan pengujian nilai kehilangan tinggi tekanan (*head loss*) merupakan parameter yang sangat mempengaruhi daya hidrolis pompa, *head loss* terdapat dua macam, yakni *head loss mayor* yang diakibatkan oleh gesekan aliran pada pipa dan *head loss minor* yang diakibatkan oleh *elbow*, *fitting*, *valve* dan instrument lain yang mengganggu aliran. Berikut adalah perhitungan nilai *head loss mayor* dengan menggunakan persamaan Hanzel-Williams dan nilai *head loss minor* menggunakan software Microsoft excel.



Gambar 4. Process Flow Diagram Sistem by-pass pada pompa.



Gambar 5. Desain modul sistem by-pass pada pompa.

a) *Head loss mayor*

- *Head loss mayor* pada pipa 1/2"

$$H_{f1} = \frac{10.66 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.85}} \times L$$

$$H_{f1} = \frac{10.66 \times \frac{25.3}{60000}^{1.85}}{150^{1.85} \times \frac{20.5}{1000}^{4.85}} \times 3.4$$

$$H_{f1} = 0.3 \text{ m}$$

- *Head loss mayor* pada pipa 3/4"

$$H_{f2} = \frac{10.66 \times Q^{1.85}}{C^{1.85} \times D^{4.85}} \times L$$

$$H_{f2} = \frac{10.66 \times \frac{25.3}{60000}^{1.85}}{150^{1.85} \times \frac{21.85}{1000}^{4.85}} \times 5.5$$

$$H_{f1} = 0.36 \text{ m}$$

b) *Head loss minor*

- Tanpa by-pass

Tabel 4. Nilai *head loss minor* tanpa sistem by-pass.

Jenis Instrumen	K	1/2"	3/4"	Head loss 1/2" (m)	Head loss 3/4" (m)	Head loss Total (m)
Sambungan	0.5	-	1	0	0.315895534	0
Elbow	1.1	4	3	3.587702963	2.084910524	5.672613487
Tee 90° flow inline	0.35	1	2	0.285385463	0.442253748	0.727639211
Tee 90° branch flow	1	-	-	0	0	0
Tee 45°	0.7	-	-	0	0	0
Sudden enlargement	0.04	-	-	0	0	0
Gate valve	0.2	-	-	0	0	0
Head loss minor						6.400252697

- Variasi tee 90°

Tabel 5. Nilai *head loss minor* pada by-pass tee 90°.

Jenis Instrumen	K	1/2"	3/4"	Head loss 1/2" (m)	Head loss 3/4" (m)	Head loss Total (m)
Sambungan	0.5	-	1	0	0.315895534	0.315895534
elbow	1.1	4	5	2.24199907	2.171476432	4.413475503
tee90 flow inline	0.35	1	2	0.285385463	0.442253748	0.727639211
tee 90 branch flow	1	1	1	0.815387037	0.631791068	1.447178105
tee 45	0.7	-	-	0	0	0
sudden enlargement	0.04	-	-	0	0	0
gate valve	0.2	1	1	0.163077407	0.126358214	0.289435621
Head loss minor						7.193623973

- Variasi tee 45°

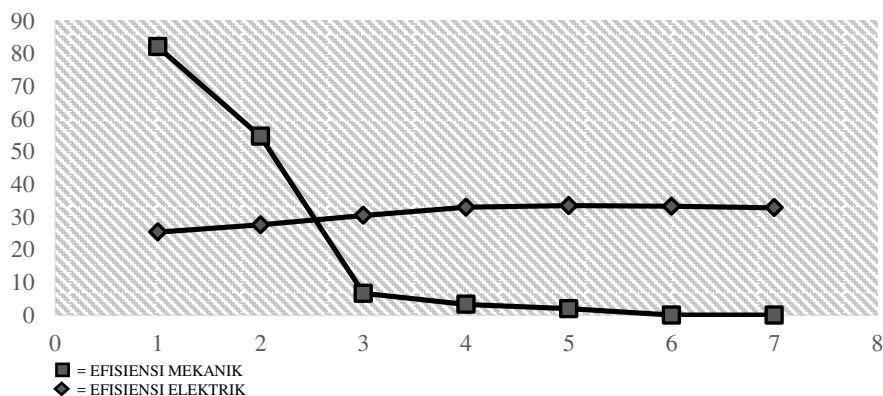
Tabel 6. Nilai *head loss minor* pada by-pass tee 45°.

Jenis Instrumen	K	1/2"	3/4"	Head loss 1/2" (m)	Head loss 3/4" (m)	Head loss Total (m)
Sambungan	0.5	-	1	0	0.0146587	0.0146587
elbow	1.1	4	5	0.166482443	0.161245697	0.32772814
tee90 flow inline	0.35	1	2	0.013242922	0.02052218	0.033765101
tee 90 branch flow	1	-	1	0	0.029317399	0.029317399
tee 45	0.7	1	-	0.259826123	0	0.259826123
sudden enlargement	0.04	1	-	0.001513477	0	0.001513477
gate valve	0.2	1	1	0.007567384	0.00586348	0.013430864
Head loss minor						0.680239804

Dari pengujian yang telah dilakukan didapat hasil berikut dengan analisa daya mekanik, daya hidrolik, daya listrik, *head loss*, efisiensi mekanik, dan efisiensi elektrik.

Tabel 7. Tabel data penelitian penerapan sistem by-pass pada pompa.

Jenis Teebypass	Tanpa bypass	Tee 90°			Tee 45° and elbow 45°		
	0°	30°	60°	90°	30°	60°	90°
Sudut valve	0°	30°	60°	90°	30°	60°	90°
Ps (kg/cm ²)	-0,186	-0,146	-0,08	-0,06	-0,08	-0,046	-0,04
Pd (kg/cm ²)	0,17	0,115	-0,013	0	-0,04	-0,026	0
ΔP (Pa)	34911.67	25595.36	6570.456	5883.99	3922.66	1961.33	3922.66
Q (lpm)	25,3	20	3,67	2	5,45	0	0
Putaran(RPM)	2945	2935	2965	2978	2963	2972	2985
Torsi (Nm)	0.20	0.23	0.25	0.27	0.27	0.27	0.27
Tegangan (V)	220	220	220	220	220	220	220
Arus listrik (A)	1.12	1.14	1.15	1.16	1.14	1.15	1.17
Daya mekanik (W)	62.57	69.29	77.13	84.25	83.9	84.2	84.56
Daya listrik (W)	246.4	250.8	253	255.2	250.8	253	257.4
Efisiensi mekanik (%)	82.11	54.7	6.66	3.29	1.94	0	0
Efisiensi elektrik (%)	25.4	27.63	30.48	33.01	33.47	33.28	32.85



Gambar 6. Grafik efisiensi mekanik dan elektrik terhadap variasi sudut tee by-pass dan bukaan valve.

Kesimpulan

1. Efisiensi mekanik pada variasi tee by-pass 90° bukaan katup 30° menurun sebesar 33,3% dari sistem tanpa by-pass dikarenakan terdapat pembagian debit yang signifikan serta penurunan perbedaan tekanan pompa.
2. Efisiensi elektrik pada variasi tee by-pass 90° bukaan katup 30° meningkat 8,7% dari sistem tanpa by-pass dikarenakan putaran poros dan torsi pompa yang meningkat.



3. Nilai *headloss* terendah pada variasi *tee* by-pass 45° karena penurunan kecepatan aliran yang signifikan pada aliran utama.
4. Pada variasi *tee* by-pass 45° maupun 90° dengan bukaan katup 60° dan 90° didapat penurunan debit yang sangat signifikan bahkan tidak terdapat aliran pada aliran utama dikarenakan aliran mengalami *looping* pada sistem by-pass.
5. Diperlukan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan perbandingan pipa keluaran pompa, pipa by-pass dan pipa keluaran aliran utama yakni 2:1:1.

Daftar Notasi

P_s	= tekanan hisap pompa [Pa]
P_s	= tekanan keluar pompa [Pa]
Q	= debit aliran [m^3/s]
v	= kecepatan aliran [m/s]
g	= percepatan gravitasi bumi = 9,81 [m/s^2]
ρ	= massa jenis fluida [kg/m^3]
n	= putaran poros [RPM]
T	= torsi [Nm]
h_f	= <i>head loss mayor</i> [m]
h_L	= <i>head loss minor</i> [m]
h_a	= <i>head</i> aktual [m]
K	= koefisien <i>losses</i>
L	= panjang pipa [m]
D	= diameter [m]
C	= koefisien kekasaran
V	= tegangan [V]
i	= kuat arus listrik [A]
$P_{mekanik}$	= daya mekanik pompa [W]
$P_{hidrolik}$	= daya hidrolik [W]
$P_{listrik}$	= daya listrik [W]
$\eta_{mekanik}$	= efisiensi mekanik [%]
$\eta_{elektrik}$	= efisiensi elektrik [%]

Daftar Pustaka

- Nurcholis L. Perhitungan laju aliran fluida pada jaringan pipa. 2008: 1593-3451.
- Munson., Bruce R, Young., Donald F, Okiishi., Theodore H., Fundamentals of Fluid Mechanics Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc, New York. 2003: 378-398.
- State Government Victoria. Best Practice Guide Pumping Systems. Sustainability Victoria, Melbourne. 2009: 8-21.
- Valves Suitable for Use as Bypass Valves. <http://www.tlv.com/global/TL/steam-theory/bypass-valves.html>. (Diakses 19 Maret 2015 pukul 12.30).
- Resistance coefficients for valves, fittings, and changes in cross section. www.vinidex.com.au/technical/pe-pressure-pipe/hydraulic-design-for-pe-pipes/. (Diakses 20 Maret 2015 pukul 20.45).
- Case studies, from various sources, published by Pump Systems Matter. www.pumpsystemsmatter.org. (Diakses 23 April 2015 pukul 19.30).
- Good Practice Guide 249: Energy savings in Industrial Water Pumping Systems, prepared by ETSU for the Department of Environment, Transport and Regions, US. September 1998.





Lembar Tanya Jawab

Moderator: Endang Kwartiningsih (UNS Surakarta)
Notulen: Andri Perdana (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Tinul Dyan

Pertanyaan : Penggunaan peneliti seperti apa? Penggunaan metode dalam Industri?

Jawaban : Teknik kecepatan alairan terbaik. Suction pump akan mendorong kerja pompa akansemakin meningkat. Kurang begitu baik, karena nm turun 33,3%, masih perlu penelitian selanjutnya
2. Penanya : Deddy Hermawan (UPN "Veteran" Yogyakarta)

Pertanyaan : Kondsisi terbaik 45% - 90% mana terbaik, Debit ? By pass muncul kebutuhan daya naik? Jenis pompa dipertimbangkan?

Jawaban : 90° dengan bukaan 60°. Sudah dilakukan pengukuran. Tidak dilakukan. kapasitas 18 L/menit. Shimitzu pemilihan pompa.

