

PENGARUH PERBEDAAN TINGGI PIPA ISAP DAN TINGGI PIPA PENGELUARAN TERHADAP KONTINUITAS ALIRAN PADA POMPA VAKUM TANPA ENERGI

Herry Supriyanto*

Abstraksi

Dari hasil analisa data diperoleh bahwa tinggi pipa isap tidak berpengaruh terhadap kontinuitas aliran. Hal ini disebabkan karena energi pengisapan pada pompa vakum tidak tergantung pada tinggi isap. Tinggi atau panjang pipa pengeluaran sangat berpengaruh terhadap kontinuitas aliran. Semakin panjang pipa pengeluaran maka akan diperoleh kontinuitas aliran, hal ini dapat dilihat pada tinggi saluran pengeluaran 1,00 m dengan tinggi pipa isap 7,5 m diperoleh beda aliran sebesar $0,088 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ atau 0,0088 liter/s.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan antara tinggi pipa isap dan tinggi pipa pengeluaran sangat berpengaruh terhadap kontinuitas aliran.

Kata Kunci: Tinggi Pipa Isap, Tinggi Pipa Pengeluaran, Kontinuitas, Pompa Vakum, Energi

PENDAHULUAN

Air bersih sangat penting dalam penggunaannya untuk menunjang kebutuhan manusia. Kebutuhan rata-rata air bersih untuk satu keluarga per harinya kurang lebih 2 m^3 sampai 3 m^3 . Berbagai cara telah digunakan oleh masyarakat untuk memperoleh air bersih untuk mencukupi kebutuhannya. Air bersih dapat diperoleh atau diusahakan dari beberapa cara, diantaranya melalui sumber air permukaan atau sumber air tanah. Sumber air permukaan dapat berasal dari mata air, danau dan sungai. Sedangkan sumber air tanah berasal dari sumur dangkal atau sumur dalam.

Sebagian besar masyarakat dalam memenuhi kebutuhan air bersih banyak menggunakan sumber air yang berasal dari sumur dangkal dengan kedalaman antara 9 meter sampai 15 meter. Pengambilan air dilakukan dengan timba katrol, pompa air tangan atau pompa air listrik. Penggunaan timba katrol untuk memenuhi kebutuhan air dalam jumlah besar kurang praktis atau kurang menguntungkan. Untuk mengatasi hal tersebut sebagian besar masyarakat menggunakan pompa air listrik.

Penggunaan pompa air listrik sebagai alat untuk mensuplai kebutuhan air bersih menyebabkan beban konsumsi listrik menjadi meningkat. Rata-rata konsumsi listrik dari pompa ini minimal 100 Watt dari daya terpasang. Dengan naiknya tarif listrik, maka biaya untuk memenuhi kebutuhan air juga menjadi lebih besar dan menjadi beban dalam pembiayaan.

Untuk mengatasi berbagai hambatan di atas, maka dicoba untuk memberikan satu alternatif penyelesaian. Diantaranya adalah penggunaan pompa vakum tanpa energi. Pompa vakum tanpa energi merupakan alat yang digunakan untuk mengalirkan air yang terdiri dari pipa isap, tabung vakum dan pipa saluran keluar. Dalam pelaksanaannya, pompa vakum ini

* Dosen Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Malang

dalam memenuhi kontinuitas aliran terdapat beberapa hambatan. Salah satu persoalannya adalah perbedaan tinggi pipa isap dan tinggi pipa pengeluaran.

KAJIAN PUSTAKA

Pengertian Pompa

Pompa merupakan mesin fluida yang mempunyai tujuan untuk memindahkan fluida atau air dari suatu tempat ke tempat lain. Fluida dapat mengalir jika terdapat perbedaan elevasi atau tekanan, maka kerja pompa adalah untuk membangkitkan perbedaan tekanan tersebut. Pompa berdasarkan cara kerjanya dapat dibedakan menjadi dua macam, pompa tersebut adalah:

- pompa yang dapat mengisap sendiri,
- pompa yang tidak dapat mengisap sendiri

Pompa yang dapat mengisap sendiri adalah pompa yang dapat mengeluarkan udara dalam saluran isapnya sehingga di dalam saluran isap terjadi vakum yang dapat menarik fluida atau air masuk ke dalam pompa dan selanjutnya dikeluarkan melalui saluran keluar pompa. Pompa yang tidak dapat mengisap sendiri pada proses kerjanya harus diisi penuh dengan fluida sampai pada pipa isapnya. Pompa ini mempunyai tekanan yang kecil sehingga tidak mampu untuk mengisap secara langsung.

Persamaan Kontinuitas

Apabila zat cair tak kompresibel mengalir secara kontinyu melalui pipa atau saluran, dengan tampang aliran konstan ataupun tidak konstan, maka volume zat cair yang lewat tiap satuan waktu adalah sama di semua tampang. Keadaan ini disebut dengan hukum kontinuitas

$$m_1 = m_2$$

$$r_1 \cdot V_1 \cdot A_1 = r_2 \cdot V_2 \cdot A_2$$

Dimana V_1 , V_2 menunjukkan kecepatan rata-rata pada masing-masing penampang dan \dot{m} ialah laju aliran massa. Kecepatan rata-rata pada suatu penampang diberikan oleh:

$$V = \frac{1}{A} \int v dA$$

Jika debit (Q) yang juga disebut laju aliran volumetrik didefinisikan sebagai :

$$Q = AV$$

Maka persamaan kontinuitas dapat berbentuk

$$\dot{m} = r_1 Q_1 = r_2 Q_2$$

Untuk aliran stedi tak mampu mampat (*incompressible steady-flow*) :

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2$$

di mana :

r_1, r_2 = Kerapatan rata-rata pada masing-masing penampang

V_1, V_2 = Kecepatan rata-rata pada masing-masing penampang

A_1, A_2 = Luas pada masing-masing penampang

Untuk aliran kerapatan konstan, baik yang stedi maupun yang tak stedi, persamaannya menjadi :

$$\int_{pk} v \cdot dA = 0$$

Yang menyatakan bahwa laju bersih aliran volume keluar adalah nol (hal ini menyatakan secara tidak langsung bahwa volume kendali berisi cairan pada setiap waktu).

Persamaan Energi

Hukum Kekekalan Energi: dalam system yang tertutup jumlah energi potensial dan energi kinetik adalah konstan.

$$E_{tot} = E_p + E_k$$

$$\text{Energi : } E = m \cdot g \cdot z + m \cdot g \cdot h + \frac{m}{2} v^2$$

$$E = r \cdot V \cdot g \cdot z + r \cdot V \cdot g \cdot h + r \cdot V \cdot \frac{v^2 \cdot g}{2g}$$

$$H = \frac{E}{G} = \frac{E}{r \cdot g \cdot h} = z + h + \frac{v^2}{2g} \quad \text{dalam m WS (meter tinggi air)}$$

Jika semua energi berubah ke dalam tinggi kecepatan dan tidak ada kehilangan energi maka

$$\text{dari } E = \frac{m}{2} v^2 \text{ didapat } H = \frac{v^2}{2g} \text{ dengan kecepatan pancaran } v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

$$\text{Saluran terbuka (z = 0) } H = h + \frac{v^2}{2g}$$

$$\text{Tekanan } H = z + \frac{p}{r \cdot g} + \frac{v^2}{2g}$$

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Penelitian

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, maka variable dalam penelitian ini adalah :

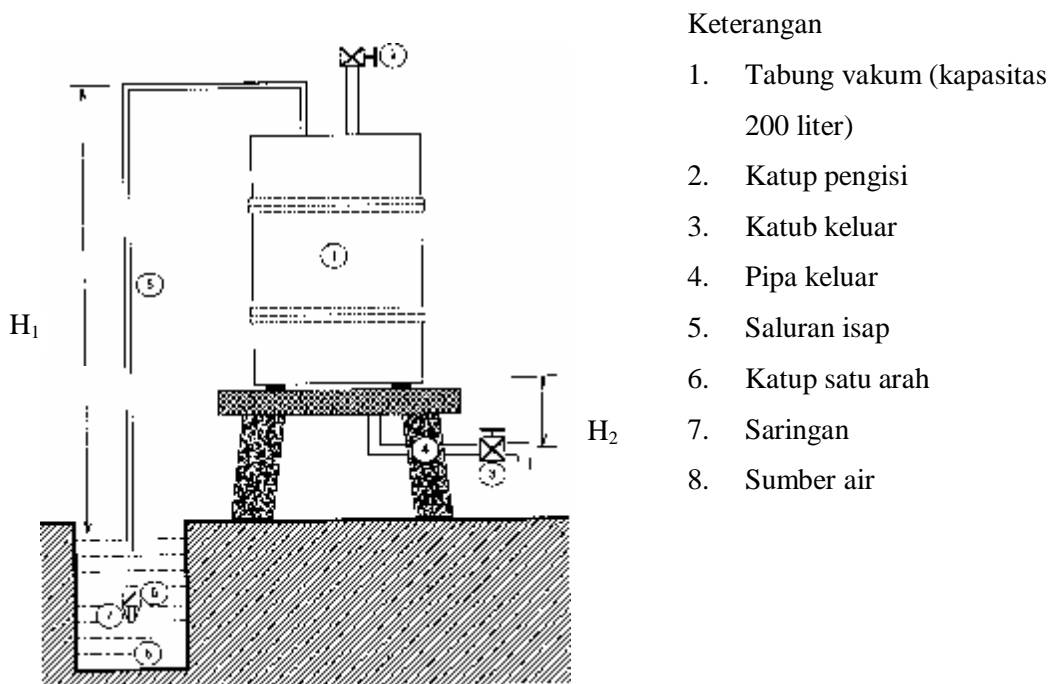
- tinggi pipa isap
- tinggi pipa pengeluaran
- kontinuitas aliran

Agar variable penelitian dapat diamati dan diukur, maka variable harus didefinisikan secara operasional. Dengan definisi ini diharapkan dapat menentukan kegiatan penelitian yang dapat dipakai untuk mengukur konsep atau variable yang diamati. Maka dalam penelitian ini variabel-variabel diatas dapat didefinisikan berdasarkan bagaimana variabel tersebut tampak, sehingga :

- Tinggi pipa isap adalah jarak atau panjang pipa dari permukaan air yang dihisap (sumur) sampai air masuk bagian atas tabung. Pada gambar instalasi dinotasikan sebagai H_1 .
- Tinggi pipa pengeluaran adalah jarak atau panjang pipa dari dasar tabung sampai pengeluaran air. Pada gambar instalasi dinotasikan sebagai H_2 .
- Kontinuitas aliran adalah perbedaan jumlah air yang keluar dan masuk tabung adalah nol. Dengan kata lain jumlah air masuk tabung dan keluar tabung adalah sama besarnya.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah satu unit instalasi pompa vakum seperti ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. *Lay-out* Pompa Air Vakum

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan rencana tentang cara mengumpulkan dan menganalisa data agar dapat dilaksanakan sesuai dengan tujuan penelitian. Ditinjau dari hubungan dengan tujuan penelitian, maka rancangan penelitian yang digunakan adalah rancangan Anava Dua Arah.

Analisa Data

Kegiatan analisa data pada penelitian berhubungan dengan analisa data secara statistika atau disebut analisa statistika. Pemilihan jenis analisa data sangat ditentukan oleh jenis data yang diperoleh dengan tetap mengacu pada tujuan yang sudah dicapai atau hipotesis yang sudah diuji. Oleh karena itu, pengujian dilakukan menggunakan Analisa Varian (ANOVA) dengan taraf signifikansi satu persen.

Tabel 1. ANOVA Dua Arah

Variasi	SS	Df	MSS	F hitung
Baris	SSR	(r-1)	$MSSR = \frac{SSR}{r-1}$	$F_{hr} = \frac{MSSR}{MSSE}$
Kolom	SSC	(c-1)	$MSSC = \frac{SSC}{c-1}$	$F_{hc} = \frac{MSSC}{MSSE}$
Error	SSE	(r-1)(c-1)	$MSSE = \frac{SSE}{(r-1)(c-1)}$	
Total	SST	(rc)-1		

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Hasil Penelitian

Tabel 2. Hasil Penelitian

		Tinggi Pipa Isap (H ₁)					
		7,5 m		8,5 m		9,0 m	
		h ₁	h ₂	h ₁	h ₂	h ₁	h ₂
Tinggi Pipa Keluar (H₂)	0,25 m	0,5	1,0	0,25	1,0	1,5	3,0
	0,50 m	0,5	2,0	0,25	2,5	1,5	2,5
	0,75 m	1,7	2,0	0,5	2,0	1,0	1,7
	1,00 m	2,0	2,2	1,5	2,0	1,0	1,5

h₁ : tinggi manometer kecepatan pada pipa isap (cm)

h₂ : tinggi manometer kecepatan pada pipa keluar (cm)

Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil percobaan belum dapat langsung dianalisa, sehingga data tersebut perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Data yang diperoleh pada tabel 2 di atas, merupakan data yang ditunjukkan oleh alat ukur manometer untuk menentukan kecepatan pada saluran pipa. Dari hasil data kecepatan aliran dapat dihitung kapasitas aliran air di dalam pipa dan kontinuitasnya.

Untuk pengolahan data diambil satu contoh dari data berikut ini:

Data hasil perlakuan I (Treatment I):

- Tinggi pipa isap : 7,5 m
- Tinggi pipa keluar : 0,25 m
- Diameter pipa isap dan keluar : ¾ “ = 0,0191 m

- Manometer pada pipa isap : 0,5 cm = 0,005 m
- Manometer pada pipa keluar : 1,0 cm = 0,01 m

Kecepatan aliran air pada pipa isap:

$$U_1 = \sqrt{2gh_1}$$

$$U_1 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,005}$$

$$U_1 = 0,313 \text{ m/s}$$

Kecepatan aliran air pada pipa keluar:

$$U_2 = \sqrt{2gh_2}$$

$$U_2 = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,01}$$

$$U_2 = 0,443 \text{ m/s}$$

Kapasitas aliran air pada pipa isap:

$$Q_1 = A_1 U_1$$

$$Q_1 = 3,14/4 (0,0191^2) (0,313)$$

$$Q_1 = 0,896 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Kapasitas aliran air pada pipa keluar:

$$Q_2 = A_2 U_2$$

$$Q_2 = 3,14/4 (0,0191^2) (0,443)$$

$$Q_2 = 1,269 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Beda aliran pada saluran:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

$$\Delta Q = 1,269 \cdot 10^{-4} - 0,896 \cdot 10^{-4} = 0,373 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Untuk data pada perlakuan yang lain dilakukan pengolahan dengan cara yang sama dan hasilnya seperti pada tabel 3.

Tabel 3. Pengolahan Data

		Kapasitas Aliran pada Tinggi Pipa Isap (x 10 ⁻⁴ m ³ /s)		
		7,5 m	8,5 m	9,0 m
Tinggi Pipa Keluar	0,25 m	0,373	0,636	0,644
	0,50 m	0,897	1,109	0,453
	0,75 m	0,138	0,897	0,386
	1,00 m	0,088	0,241	0,283

Analisa Data

Dari hasil pengolahan data pada tabel 3 sebelumnya selanjutnya dilakukan analisa menggunakan ANAVA dua arah dengan uji hipotesis menggunakan uji F pada taraf signifikan satu persen.

Tabel 4. Analisa Data Percobaan

		Kapasitas Aliran pada Tinggi Pipa Isap (x 10 ⁻⁴ m ³ /s)			
		7,5 m	8,5 m	9,0 m	TOTAL
Tinggi Pipa Keluar	0,25 m	0,373	0,636	0,644	1,653
	0,50 m	0,897	1,109	0,453	2,459
	0,75 m	0,138	0,897	0,386	1,421
	1,00 m	0,088	0,241	0,283	0,612
TOTAL		1,496	2,883	1,766	6,145

Hipotesis:

Pengaruh baris (efek tinggi pipa keluar)

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_i = 0$$

Tidak ada pengaruh tinggi pipa keluar terhadap kontinuitas aliran

$$H_1 : \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \dots \neq \alpha_j \neq 0$$

Ada pengaruh tinggi pipa keluar terhadap kontinuitas aliran

Pengaruh kolom (efek tinggi pipa isap)

$$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_i = 0$$

Tidak ada pengaruh tinggi pipa isap terhadap kontinuitas aliran

$$H_1 : \beta_1 \neq \beta_2 \neq \dots \neq \beta_j \neq 0$$

Ada pengaruh tinggi pipa isap terhadap kontinuitas aliran

Menentukan nilai F_{tabel} :

Pengaruh baris (efek tinggi pipa keluar)

Pengujian satu pihak : Pihak kanan

Taraf signifikan : 0,01

Derajat kebebasan : $v_1 = (r-1) = 4 - 1 = 3$

$$v_2 = (r-1)(c-1) = 6$$

Nilai F_{tabel} : 3,288

Pengaruh kolom (efek tinggi pipa isap)

Pengujian satu pihak : Pihak kanan

Taraf signifikan : 0,01

Derajat kebebasan : $v_1 = (c-1) = 3 - 1 = 2$

$$v_2 = (r-1)(c-1) = 6$$

Nilai F_{tabel} : 3,463

Analisa Data Percobaan:

Variasi Total:

$$SST = \sum_{I=1}^R \sum_{J=1}^C x_{IJ}^2 - \frac{(T_{..})^2}{r.c}$$

$$SST = (0,373)^2 + \dots + (0,283)^2 - \frac{(6,145)^2}{4.3}$$

$$SST = 4,3166 - 3,1467 = 1,1699$$

Variasi Baris:

$$SSR = \frac{\sum_{i=1}^r T_i^2}{c} - \frac{(T_{..})^2}{r.c}$$

$$SSR = \left\{ \left(\frac{1,653^2}{3} \right) + \dots + \left(\frac{0,612^2}{3} \right) \right\} - \frac{(6,145^2)}{4.3}$$

$$SSR = 3,7243 - 3,1467 = 0,5776$$

Variasi Kolom:

$$SSC = \frac{\sum_{j=1}^c T_{.j}^2}{r} - \frac{(T_{..})^2}{r.c}$$

$$SSC = \left\{ \left(\frac{1,496^2}{4} \right) + \dots + \left(\frac{1,766^2}{4} \right) \right\} - \frac{(6,145^2)}{4.3}$$

$$SSC = 3,4171 - 3,1467 = 0,2704$$

Variasi Error:

$$SSE = SST - SSR - SSC$$

$$SSE = 1,1699 - 0,5776 - 0,2704$$

$$SSE = 0,3219$$

Menentukan nilai F_{hitung} :

$$MSSR = \frac{SSR}{r-1} = \frac{0,5776}{4-1} = 0,1925$$

$$MSSC = \frac{SSC}{c-1} = \frac{0,2704}{3-1} = 0,1352$$

$$MSSE = \frac{SSE}{(r-1)(c-1)} = \frac{0,3219}{(4-1)(3-1)} = 0,05365$$

$$F_{hr} = \frac{MSSR}{MSSE} = \frac{0,1925}{0,05365} = 3,588$$

$$F_{hc} = \frac{MSSC}{MSSE} = \frac{0,1352}{0,05365} = 2,520$$

Hasil yang diperoleh dari analisis :

1. Pengaruh baris (efek tinggi pipa keluar):

Karena $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.

Dengan demikian ada pengaruh tinggi pipa keluar terhadap kontinuitas aliran pada pompa vakum.

2. Pengaruh kolom (efek tinggi pipa isap):

Karena $F_{hitung} < F_{tabel}$, maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

Dengan demikian tidak ada pengaruh tinggi pipa isap terhadap kontinuitas aliran pada pompa vakum.

PEMBAHASAN

Dari analisa data sebelumnya diperoleh bahwa variasi ketinggian pipa pengeluaran berpengaruh terhadap kontinuitas aliran. Hal ini dapat dijelaskan berdasarkan pada persamaan kontinuitas dan persamaan energi di bawah ini.

Berdasarkan persamaan kontinuitas:

$$A_1 U_1 = A_2 U_2$$

$$A_1 U_1 - A_2 U_2 = 0$$

Sehingga diperoleh:

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2 = 0$$

Pada tabel sebelumnya dapat dilihat bahwa untuk tinggi pipa isap 7,5 m dan tinggi pipa keluar 1,0 m diperoleh $\Delta Q = 0,088 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk kondisi perlakuan yang lain memperlihatkan perbedaan aliran yang semakin mengecil. Hal ini memberikan pengertian bahwa semakin tinggi (panjang) pipa keluar akan menghasilkan kontinuitas aliran yang semakin baik.

Berdasarkan persamaan energi:

$$m_1 g z_1 + m_1 g h_1 + \frac{m_1 U_1^2}{2} + losses = m_2 g z_2 + m_2 g h_2 + \frac{m_2 U_2^2}{2}$$

Losses pada *sudden expansion*:

$$h_e = \frac{U_1^2}{2g} \left(1 - \frac{A_1}{A_2} \right)^2$$

$$A_1 = \frac{\pi}{4} D_1^2 = \frac{3,14}{4} 0,0191^2 = 2,86 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$A_2 = \frac{\pi}{4} D_2^2 = \frac{3,14}{4} 0,8^2 = 0,5024 \text{ m}^2$$

$$U_1 = 0,626 \text{ m/s}$$

$$h_e = \frac{(0,626)^2}{2.9,81} \left(1 - \frac{2,86.10^{-4}}{0,5024} \right)^2 = 0,02m$$

Losses pada *sudden contraction*:

$$h_c = \left(\frac{1}{C} - 1 \right)^2 \left(\frac{U_2^2}{2g} \right)$$

$$C = 0,892$$

$$U_2 = 0,657 \text{ m/s}$$

$$h_c = \left(\frac{1}{0,892} - 1 \right)^2 \left(\frac{0,657^2}{2.9,81} \right) = 0,00032m$$

Karena kerugian pada *sudden contraction* sangat kecil, maka kerugian ini dapat diabaikan.

Kesetimbangan energi:

Pada sisi pipa isap:

$$m_1 = 0,179 \text{ kg/s}$$

$$h_1 = 7,5 \text{ m}$$

$$z_1 = 4,5 \text{ m}$$

$$U_1 = 0,626 \text{ m/s}$$

$$E_1 = 0,179.9,81.4,5 + 0,179.9,81.7,5 + \frac{0,179..0,626^2}{2} + 0,02 = 21,127 \text{ joule}$$

Pada sisi keluar:

$$m_2 = 0,188 \text{ kg/s}$$

$$h_2 = 2,0 \text{ m}$$

$$z_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$U_2 = 0,657 \text{ m/s}$$

$$E_2 = 0,188.9,81.1,5 + 0,188.9,81.2,0 + \frac{0,188..0,657^2}{2} = 6,496 \text{ joule}$$

$$\Delta E = E_1 - E_2 = 21,127 - 6,496 = 14,631 \text{ joule}$$

Dari kesetimbangan energi diperoleh perbedaan energi sebesar 14,631 joule. Hal ini menunjukkan bahwa untuk terjadinya kontinuitas sempurna maka pada sisi pengeluaran masih harus memberikan energi sebesar 14,496 joule.

Untuk memenuhi kondisi aliran yang kontinu maka kecepatan dan massa air pada sisi isap harus diperbesar dengan cara memperbesar penampang pipa dan panjang pipa keluar.

Untuk variasi ketinggian pipa isap tidak berpengaruh terhadap kontinuitas aliran. Jika dilakukan perhitungan atau analisa yang sama seperti pada sisi keluar, maka yang sangat berpengaruh adalah pada energi dari saluran sisi keluar.

SIMPULAN

Dari hasil analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya dari berbagai variasi perbedaan ketinggian diperoleh suatu kesimpulan berikut ini.

1. Berdasarkan analisa data statistik diperoleh bahwa ketinggian pada pipa isap tidak berpengaruh terhadap kontinuitas aliran. Sedangkan dari data percobaan memperlihatkan perbedaan yang tidak begitu signifikan.
2. Berdasarkan analisa data statistik diperoleh bahwa ketinggian pipa pengeluaran sangat berpengaruh terhadap kontinuitas aliran. Sedangkan dari data percobaan dapat dilihat bahwa untuk tinggi pipa isap 7,5 m dan tinggi pipa keluar 1,0 m diperoleh $\Delta Q = 0,088.10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$. Untuk kondisi perlakuan yang lain memperlihatkan perbedaan aliran yang semakin mengecil. Hal ini memberikan pengertian bahwa semakin tinggi (panjang) pipa keluar akan menghasilkan kontinuitas aliran yang semakin baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Bhattacharyya, G.K., R.A. Johnson, 1977, *Statistical Concepts and Methods*, John Wiley & Sons, New York.
- Blevins, Robert D., 1984, *Applied Fluid Dynamics Handbook*, Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Dougherty, R.L., J.B. Franzini, 1977, *Fluid Mechanics with Engineering Applications*, McGraw-Hill Kogakusha. Ltd, Tokyo-Japan
- Olson, Reuben M., Steven J. Wright, 1993, **Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik**, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Ramamrutham, S.,1985, *Hydraulic Machines*, Dhampat Ray & Sons, Delhi-India
- Streeter, V.L., E.B. Wylie, 1981, *Fluid Mechanics*, McGraw-Hill Kogakusha. Ltd, Tokyo-Japan.
- Triatmojo, Bambang, 1985, **Mekanika Fluida**, Erlangga, Jakarta
- White, Frank M., 1991, **Mekanika Fluida**, Erlangga, Jakarta

