

RANCANG BANGUN DAN UJI EKSPERIMENTAL PENGARUH VARIASI PANJANG *DRIVEN PIPE* DAN DIAMETER *AIR CHAMBER* TERHADAP EFISIENSI POMPA HIDRAM

Parulian Siahaan¹, Tekad Sitepu².

¹Mahasiswa Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155
Email : siahaan_lian@yahoo.com

²Staf Pengajar Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera
Utara
Jl. Almamater Kampus USU, Medan 20155
Email : tekadsitepu@gmail.com

Abstrak

Air adalah sumber kehidupan bagi makhluk hidup. Daerah yang jauh dari sumber air membutuhkan sebuah pompa untuk memindahkannya. Pada umumnya, digunakan pompa sentrifugal untuk mengatasinya, tetapi pompa ini membutuhkan energi listrik atau bahan bakar untuk mengoperasikannya, dan energi listrik atau bahan bakar ini terkadang menjadi sebuah kendala. Pompa hidram adalah solusi dari permasalahan ini karena tidak menggunakan energi listrik maupun bahan bakar, dapat beroperasi 24 jam, harganya murah, dan mudah untuk dibuat. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi panjang driven pipe dan diameter air chamber terhadap efisiensi pompa hidram. Pompa hidram yang digunakan dalam penelitian ini memiliki diameter driven pipe 1,5 inch dan diameter delivery pipe 0,5 inch. Variasi panjang driven pipe yang dilakukan adalah 8 m, 10 m, dan 12 m. Sedangkan variasi diameter air chamber yang dilakukan adalah 3 inch, dan 4 inch. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi maksimum diperoleh pada variasi panjang driven pipe 8 m dan diameter air chamber 3 inch, yaitu sebesar 37%.

Kata kunci : Pompa hidram, driven pipe, delivery pipe, air chamber.

Abstract

Water is a source of life for living things. Place that far away for the water sources require pumps to move it. In general, centrifugal pumps are used to it, but these pumps require electricity or fuel to operate, and electrical energy or fuel, it can sometimes be an obstacle. The hydraulic ram pump is the solution of this problem because it doesn't use electricity or fuel, can operate 24 hours, it's cheap and easy to made. This research is done to know influence variation long driven pipe and diameter of air chamber against efficiency of hydraulic ram pump. The hydraulic ram pump used on this experiment has 1,5 inch inlet pipe and 0,5 inch outlet pipe. The variations of the driven pipe are 8 m, 10 m, and 12 m. The variations of the diameter of air chamber are 3 inch and 4 inch. The result shows that the maximum efficiency obtained at variations long driven pipe 8 m and diameter air chamber 3 inch, is equal to 37%.

Keyword : Hydraulic ram pump, driven pipe, delivery pipe, air chamber.

1. Pendahuluan

Air adalah sumber kehidupan bagi makhluk hidup. Dalam semua aspek kehidupan, air merupakan komponen yang mutlak harus tersedia baik sebagai komponen utama maupun sebagai komponen pendukung. Usaha pemenuhan kebutuhan air dalam kehidupan sehari – hari dapat dilakukan dengan memanfaatkan kondisi alam

dan hukum dasar fisika ataupun dengan memanfaatkan peralatan mekanis hasil karya manusia.

Penggunaan pompa untuk pemenuhan kebutuhan air memang sebuah solusi tepat dan telah terbukti sukses digunakan dari generasi ke generasi. Namun jika dicermati lebih mendalam, ternyata masih ada kendala yang dihadapi ketika dihadapkan pada

kebutuhan energi sebagai sumber tenaga penggerak utama (*prime mover*) pompa. Pada umumnya, penggerak utama pompa yang digunakan adalah motor listrik yang memerlukan konsumsi energi listrik sebagai tenaga penggerak. Masalahnya, tidak semua daerah telah mendapatkan aliran listrik, masih banyak daerah yang belum dapat menikmati listrik dalam kesehariannya.

Sementara itu, jika kebutuhan energi untuk penggerak utama dipenuhi dengan menggunakan mesin diesel, akan dihadapkan pada masalah finansial dan daya beli masyarakat yang masih rendah.

Untuk menyelesaikan problem tersebut dapat digunakan pompa yang tidak memerlukan energi luar sebagai sumber tenaga penggerak utama. Pompa *Hydraulic Ram* (Hidram) adalah sebuah pompa yang tidak memerlukan energi luar sebagai sumber tenaga penggerak utama. Selain tidak memerlukan energi luar sebagai sumber tenaga penggerak utama, pompa hidram juga memiliki kelebihan lain, yaitu:

- Konstruksinya sederhana
- Tidak memerlukan pelumasan
- Dapat bekerja kontinyu selama 24 jam tanpa berhenti
- Pengoperasiannya mudah
- Biaya pembuatan dan perawatan murah

2. Tinjauan Pustaka

2.1 Pompa Hidram

Pompa hidram pertama kali dibuat oleh John Whitehurst seorang peneliti asal Inggris pada tahun 1772.

Pompa hidram otomatis pertama kali dibuat oleh seorang ilmuwan Prancis bernama Joseph Michel Montgolfier pada tahun 1796.

Pada tahun 1820, melalui Easton's Firma yang mengkhususkan usahanya di bidang air dan sistem drainase, Josiah Easton mengembangkan hidram hingga menjadi usaha ram terbaik dalam penyediaan air bersih untuk keperluan rumah tangga, peternakan dan masyarakat desa.

Di Benua Amerika, hak paten hidram pertama kali di pegang oleh J. Cernau dan SS Hallet, di New York.

Di kawasan Asia, pompa hidram mulai dioperasikan di Taj Mahal, Agra, India pada tahun 1900.

Pada akhir abad 20, penggunaan pompa hidram kembali digalakkan lagi, karena kebutuhan pembangunan teknologi di negara – negara berkembang, dan juga karena isu konservasi energi dalam mengembangkan perlindungan ozon.

2.2 Komponen Utama Pompa Hidram

✚ Katup Limbah (*Waste Valve*)

Katup limbah merupakan salah satu komponen terpenting pompa hidram, oleh sebab itu katup limbah harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan.

Katup limbah sendiri berfungsi untuk mengubah energi kinetik fluida kerja yang mengalir melalui pipa pemasukan menjadi energi tekanan dinamis fluida yang akan menaikkan fluida kerja menuju tabung udara.

❖ Katup Pengantar (*Delivery valve*)

Katup pengantar adalah sebuah katup satu arah yang berfungsi untuk menghantarkan air dari badan hidram menuju tabung udara untuk selanjutnya dinaikkan menuju tangki penampungan. Katup pengantar harus dibuat satu arah agar air yang telah masuk ke dalam tabung udara tidak dapat kembali lagi ke dalam badan hidram. Katup pengantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa hambatan pada aliran [2].

❖ Tabung Udara (*Air Chamber*)

Tabung udara harus dibuat dengan perhitungan yang tepat, karena tabung udara digunakan untuk memampatkan udara di dalamnya dan untuk menahan tekanan dari siklus ram. Selain itu, dengan adanya tabung udara memungkinkan air melewati pipa pengantar secara kontinyu. Jika tabung udara penuh terisi air, tabung udara

akan bergetar hebat, dapat menyebabkan tabung udara pecah. Jika terjadi kasus demikian, ram harus segera dihentikan.

❖ **Katup Udara (Air Valve)**

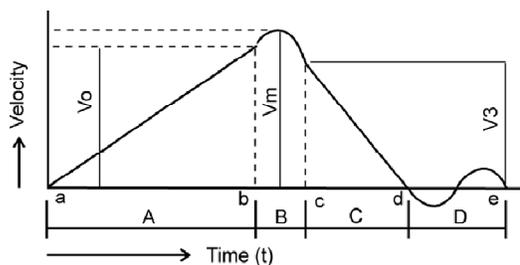
Udara dalam tabung udara, secara perlahan – lahan akan ikut terbawa ke dalam pipa pengantar karena pengaruh turbulensi air. Akibatnya, udara dalam pipa perlu diganti dengan udara baru melalui katup udara. Ukuran katup udara harus disesuaikan sehingga hanya mengeluarkan semprotan air yang kecil setiap kali langkah kompresi.

❖ **Pipa Masuk (Driven Pipe)**

Pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa hidram. Dimensi pipa masuk harus diperhitungan dengan cermat, karena sebuah pipa masuk harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya katup limbah secara tiba-tiba.

2.3 Sistem Operasi Pompa Hidram

Berdasarkan posisi katup limbah dan variasi kecepatan fluida terhadap waktu, sistem operasi sebuah pompa hidram dapat dibagi menjadi 4 periode, seperti yang digambarkan pada diagram di bawah ini:

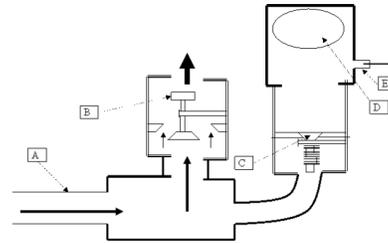


Gambar 1 Perubahan kecepatan terhadap waktu pada pipa masuk [4]

Penjelasan gambar 1 :

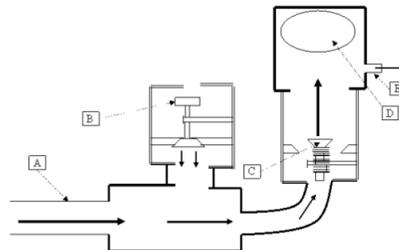
A. Katup limbah terbuka dan air mulai mengalir melalui pipa masuk, memenuhi badan hidram dan keluar melalui katup limbah. Karena pengaruh ketinggian *supply tank*, air yang mengalir tersebut mengalami percepatan sampai kecepatannya

mencapai v_0 . Posisi *delivery valve* masih tertutup. Pada kondisi awal seperti ini, tidak ada tekanan dalam tabung udara dan belum ada air yang keluar melalui *delivery pipe*.



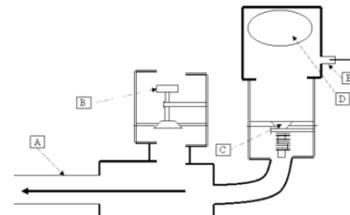
Gambar 2 Skema pompa hidram pada kondisi A [4]

B. Air telah memenuhi badan hidram, ketika tekanan air telah mencapai nilai tertentu, katup limbah mulai menutup. Pada pompa hidram yang baik, proses menutupnya katup limbah terjadi sangat cepat.



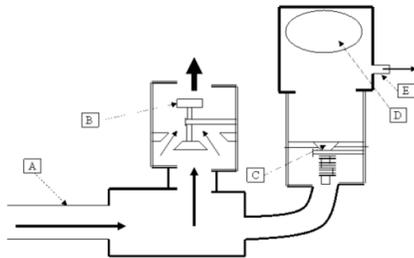
Gambar 3 Skema pompa hidram pada kondisi B [4]

C. Katup limbah masih tertutup. Penutupan katup yang dengan tiba-tiba tersebut menciptakan tekanan yang sangat besar dan melebihi tekanan statis pipa masuk. Kemudian dengan cepat katup pengantar terbuka, sebagian air terpompa masuk ke tabung udara. Udara pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan, dan mendorong air keluar melalui *delivery pipe*.



Gambar 4 Skema pompa hidram pada kondisi C [4]

D. Katup pengantar tertutup. Tekanan di dekat katup pengantar masih lebih besar dari pada tekanan statis pipa masuk, sehingga aliran berbalik arah dari bodi hidram menuju *supply tank*. Peristiwa inilah yang disebut dengan *recoil*. *Recoil* menyebabkan terjadinya kevakuman pada bodi hidram, yang mengakibatkan masuknya sejumlah udara dari luar masuk ke bodi hidram melalui katup pemapasan (*air valve*). Tekanan di sisi bawah katup limbah juga berkurang, dan juga karena berat katup limbah itu sendiri, maka katup limbah kembali terbuka. Tekanan air pada pipa kembali ke tekanan statis sebelum siklus berikutnya terjadi lagi.



Gambar 5 Skema pompa hidram pada kondisi D [4]

2.4 Perhitungan Palu Air

Untuk peningkatan tekanan akibat penutupan katup secara gradual, dapat dihitung menggunakan rumus:

$$\Delta h = \frac{Lv}{gt} \tag{1}$$

- dimana:
 Δh = kenaikan tekanan akibat palu air, (m)
 v = kecepatan aliran, (m/s)
 L = panjang pipa, (m)
 g = percepatan gravitasi, (m/s^2)
 t = waktu penutupan katup, (s)

2.5 Perhitungan Daya Pompa Hidram

Untuk menghitung daya yang dihemat oleh pompa hidram digunakan rumus [4]:

$$P = \rho g Q h_p \tag{2}$$

- dimana:
 P = daya yang dihemat (W)
 ρ = massa jenis air (kg/m^3)
 g = percepatan gravitasi (m/s^2)
 Q = debit limbah (m^3/s)

$$h_p = \text{head pemompaan (m)}$$

2.6 Efisiensi Pompa Hidram

Ada dua metode dalam perhitungan efisiensi daya pompa hidram, yaitu [1]:

❖ Menurut D' Aubuisson:

$$\eta_A = \frac{q(H+h)}{(Q+q)H} \tag{3}$$

- dimana:
 η_A = efisiensi daya pompa hidram menurut D' Aubuisson
 q = debit hasil, (m^3/s)
 Q = debit limbah, (m^3/s)
 h = head keluar, (m)
 H = head masuk, (m)

❖ Menurut Rankine:

$$\eta_R = \frac{qh}{QH} \tag{4}$$

- dimana:
 η_R = efisiensi hidram menurut Rankine
 q = debit hasil, (m^3/s)
 Q = debit limbah, (m^3/s)
 h = head keluar, (m)
 H = head masuk, (m)

3. Metodologi Penelitian

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian skripsi ini dilakukan pada bulan Oktober 2012 dan penelitian dilakukan di lantai 4 gedung Departemen Teknik Mesin Universitas Sumatera Utara.

3.2 Prototype Pompa Hidram



Gambar 6 Prototype Pompa Hidram

3.3 Prosedur Perancangan Pompa hidram

Langkah-langkah yang dilakukan dalam perancangan pompa hidram adalah sebagai berikut :

- ❖ Menentukan head masuk pompa.
Untuk penelitian ini, head masuk merupakan variabel yang ditentukan yaitu tinggi tempat tangki *water source* adalah 2 meter dan tinggi dari bak *water source* adalah 0,6 meter dalam instalasi tinggi dudukan pompa 0,3 meter, maka tinggi total head masuk adalah 2,3 meter.
- ❖ Menentukan diameter pipa masuk.
Dalam penelitian ini , diameter pipa masuk disesuaikan dengan diameter badan pompa yaitu 1,5 inci.
- ❖ Menentukan diameter pipa keluar
Dalam penelitian ini diameter pipa keluar adalah 0,5 inci.
- ❖ Menentukan Panjang pipa masuk
Dalam penelitian ini, panjang pipa masuk divariasikan yaitu 8 meter, 10 meter, dan 12 meter.
- ❖ Menentukan bahan pipa
Bahan pipa masuk adalah dari PVC dan bahan dari pipa keluar adalah pipa galvanis.
- ❖ Perancangan *Prototype* pompa
Pembuatan pompa hidram terdiri atas empat bagian pekerjaan, yakni pembuatan rumah pompa, katup limbah, katup hantar dan tabung kompresor pompa.

Keterangan:

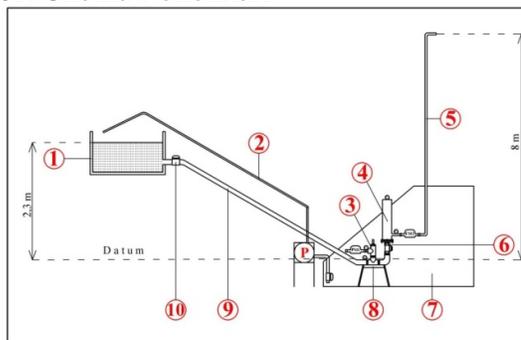
- 1 : Tangki pemasukan
- 2 : Pipa sirkulasi
- 3 : Katup limbah
- 4 : Tabung udara
- 5 : Pipa pengantar
- 6 : Katup pengantar
- 7 : Tangki penampung
- 8 : Dudukan pompa
- 9 : Pipa pemasukan
- 10 : Katup pemasukan
- FM : Flowmeter
- PG : *Pressure gauge*
- P : Pompa sirkulasi

3.5 Prosedur Pengujian

Adapun prosedur pengujian yang akan dilakukan adalah :

1. Menyiapkan *Prototype* hidram dan seluruh instalasinya pada tempat pengujian.
2. Memasang bak penyuplai pada tempat head pemasukan.
3. Memasang bak penampungan dan meletakkan pompa hidram di dalamnya.
4. Memasang pipa masuk dengan panjang sesuai dengan pengujian yang akan dilakukan.
5. Memasang pipa keluar dengan panjang sesuai head yang akan di capai.
6. Memasang semua alat ukur yang digunakan , yaitu *pressure gauge* 1 (P1) pada pipa pemasukan, *pressure gauge* 2 (P2) pada pipa keluar , *Pressure gauge* 3 (P3) pada tabung udara, *pressure gauge* 4 (P4) pada katup limbah, flowmeter 1 pada pipa keluar dan flow meter 2 di katup limbah.
7. Memasang instalasi pompa air untuk mensirkulasikan air yang keluar dari katup limbah dikembalikan lagi ke bak penyuplai.
8. Memasang ball valve pada pipa pemasukan untuk membuka dan menutup pipa pemasukan.
9. Memasang tabung udara dengan volume tabung yang sudah ditentukan.
10. Memastikan semua instalasi telah terpasang dengan baik dan memastikan tidak ada kebocoran.

3.4 Skema Penelitian



Gambar 7 Skema Penelitian Pompa Hidram

11. Untuk pengujian pertama digunakan tabung dengan diameter 76,2 mm, tinggi tabung 40 cm dan panjang pipa masuk 8 m.
12. Menjalankan sistem dan melakukan pengujian yaitu dengan mencatat tekanan pada pipa masuk (P1), tekanan pada pipa keluar (P2), tekanan pada tabung udara (P3), tekanan pada katup limbah (P4), debit air hasil (Q2), debit limbah (Q3). Pengukuran debit dengan menggunakan flow meter dan stopwatch.
13. Lakukan prosedur 12 ini sampai lima kali percobaan dengan selang waktu 5 menit untuk mendapatkan data yang akurat.
14. Untuk pengujian kedua digunakan tabung kedua dengan diameter 101,6 mm, tinggi tabung 40 cm dan panjang pipa 8 m dan lakukan kembali prosedur 12 dan 13.
15. Untuk pengujian ketiga digunakan tabung kedua dengan diameter 76,2 mm, tinggi tabung 40 cm dan panjang pipa 10 m dan lakukan kembali prosedur 12 dan 13.
16. Untuk pengujian keempat digunakan tabung kedua dengan diameter 101,6 mm, tinggi tabung 40 cm dan panjang pipa 10 m dan lakukan kembali prosedur 12 dan 13.
17. Untuk pengujian kelima digunakan tabung kedua dengan diameter 76,2 mm, tinggi tabung 40 cm dan panjang pipa 12 m dan lakukan kembali prosedur 12 dan 13.
18. Untuk pengujian keenam digunakan tabung kedua dengan diameter 101,6 mm, tinggi tabung 40 cm dan panjang pipa 12 m dan lakukan kembali prosedur 12 dan 13.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Data Hasil Percobaan

Data hasil percobaan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Data Percobaan 1

NO	Tekanan Gauge (bar)				Debit (m ³ /s)		Tinggi (m)		N (ketukan per menit)
	P1	P2	P3	P4	Q _{out} × 10 ⁻⁵	Q _{waste} × 10 ⁻⁴	Z1	Z2	
1	0,18	1,0	0,55	0,65	1,8333	4	2,3	8	64

2	0,18	1,1	0,58	0,66	1,6667	4,1667	2,3	8	64
3	0,18	1,0	0,58	0,66	1,6667	4,1667	2,3	8	64
4	0,18	1,1	0,56	0,65	1,8333	4	2,3	8	64
5	0,18	1,2	0,56	0,65	1,6667	4,1667	2,3	8	64
Rata-rata	0,18	1,08	0,566	0,654	1,7333	4,1	2,3	8	64

Tabel 2. Data Percobaan 2

NO	Tekanan Gauge (bar)				Debit (m ³ /s)		Tinggi (m)		N (ketukan per menit)
	P1	P2	P3	P4	Q _{out} × 10 ⁻⁵	Q _{waste} × 10 ⁻⁴	Z1	Z2	
1	0,19	1,2	0,6	0,7	2,1667	3,8333	2,3	8	62
2	0,19	1,1	0,6	0,7	2	4	2,3	8	62
3	0,19	1,2	0,6	0,7	2	4	2,3	8	62
4	0,19	1,2	0,6	0,7	2	3,8333	2,3	8	62
5	0,19	1,15	0,6	0,69	2	4	2,3	8	62
Rata-rata	0,19	1,17	0,6	0,698	2,0333	3,9333	2,3	8	62

Tabel 3. Data Percobaan 3

NO	Tekanan Gauge (bar)				Debit (m ³ /s)		Tinggi (m)		N (ketukan per menit)
	P1	P2	P3	P4	Q _{out} × 10 ⁻⁵	Q _{waste} × 10 ⁻⁴	Z1	Z2	
1	0,2	1,3	0,75	0,81	4,1667	3,8333	2,3	8	53
2	0,2	1,2	0,75	0,8	4,3333	3,8333	2,3	8	53
3	0,2	1,3	0,75	0,8	4,25	3,8333	2,3	8	53
4	0,2	1,3	0,75	0,8	4,1667	3,8333	2,3	8	53
5	0,2	1,2	0,75	0,79	4,3333	3,8333	2,3	8	53
Rata-rata	0,2	1,26	0,75	0,8	4,25	3,8333	2,3	8	53

Tabel 4. Data Percobaan 4

NO	Tekanan Gauge (bar)				Debit (m ³ /s)		Tinggi (m)		N (ketukan per menit)
	P1	P2	P3	P4	Q _{out} × 10 ⁻⁵	Q _{waste} × 10 ⁻⁴	Z1	Z2	
1	0,18	1,1	0,49	0,62	2,16667	3,83333	2,3	8	61
2	0,18	1,2	0,48	0,62	2,16667	3,83333	2,3	8	61
3	0,18	1,1	0,48	0,62	2,16667	3,83333	2,3	8	61
4	0,18	1,2	0,46	0,61	2,08333	3,91667	2,3	8	61
5	0,18	1,2	0,46	0,61	2,08333	3,91667	2,3	8	61
Rata-rata	0,18	1,16	0,474	0,616	2,13333	3,86667	2,3	8	61

Tabel 5. Data Percobaan 5

NO	Tekanan Gauge (bar)				Debit (m ³ /s)		Tinggi (m)		N (ketukan per menit)
	P1	P2	P3	P4	Q _{out} × 10 ⁻⁵	Q _{waste} × 10 ⁻⁴	Z1	Z2	
1	0,19	1,2	0,6	0,65	2,83333	3,6667	2,3	8	58
2	0,19	1,2	0,6	0,65	2,66667	3,8333	2,3	8	58

3	0,19	1,1	0,6	0,64	2,66667	3,8333	2,3	8	58
4	0,19	1,2	0,6	0,65	2,83333	3,6667	2,3	8	58
5	0,19	1,2	0,6	0,65	2,83333	3,8333	2,3	8	58
Rata-rata	0,19	1,18	0,6	0,648	2,76667	3,7667	2,3	8	58

4.4 Perhitungan Efisiensi Efisiensi Menurut D'Aubuisson

Nomor Tabung	Panjang Pipa Pemasukan (m)	Efisiensi Hidram Menurut D' Aubuisson
Tabung Pertama	8	14,11 %
	10	17,10 %
	12	34,72 %
Tabung Kedua	8	18,19 %
	10	23,80 %
	12	37,87 %

Tabel 6. Data Percobaan 6

NO	Tekanan Gauge (bar)				Debit (m ³ /s)		Tinggi (m)		N (ketukan per menit)
	P1	P2	P3	P4	Q _{out} × 10 ⁻⁵	Q _{waste} × 10 ⁻⁴	Z1	Z2	
1	0,2	1,3	0,7	0,75	4,75	3,8333	2,3	8	51
2	0,2	1,2	0,7	0,75	4,66667	3,8333	2,3	8	51
3	0,2	1,2	0,7	0,75	4,66667	3,8333	2,3	8	51
4	0,2	1,2	0,7	0,75	4,66667	3,8333	2,3	8	51
5	0,2	1,3	0,7	0,75	4,66667	3,8333	2,3	8	51
Rata-rata	0,2	1,24	0,7	0,75	4,68333	3,8333	2,3	8	51

Efisiensi Menurut Rankine

Nomor Tabung	Panjang Pipa Pemasukan (m)	Efisiensi Hidram Menurut Rankine
Tabung Pertama	8	10,48 %
	10	12,81 %
	12	27,48 %
Tabung Kedua	8	13,67 %
	10	18,20 %
	12	30,28 %

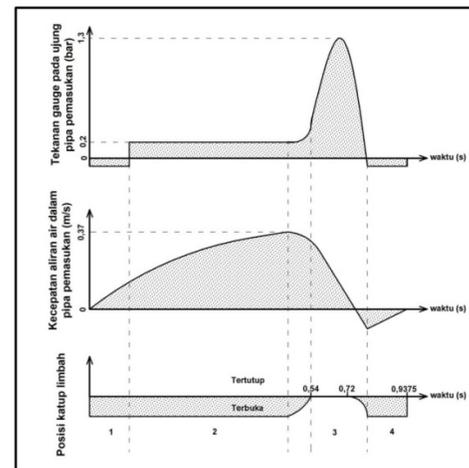
4.2 Kenaikan Tekanan akibat Palu Air

Nomor Tabung	Panjang Pipa Pemasukan (m)	Kenaikan Tekanan akibat palu air (m)
Tabung Pertama	8	0,287
	10	0,358
	12	0,500
Tabung Kedua	8	0,287
	10	0,374
	12	0,543

4.3 Daya Pompa Hidram

Nomor Tabung	Panjang Pipa Pemasukan (m)	Daya Pompa Hidram (W)
Tabung Pertama	8	22,93
	10	21,99
	12	21,44
Tabung Kedua	8	21,62
	10	21,06
	12	21,43

4.5 Diagram Satu Siklus Kerja Hidram



Gambar 8 Satu siklus kerja hidram

5. Kesimpulan

Diperoleh rancangan pompa hidram dengan efisiensi terbaik pada instalasi pompa hidram dengan menggunakan tabung 2 dengan panjang pipa pemasukan 12 m. Efisiensi yang dihasilkan yaitu sebesar 37% dihitung dengan menggunakan rumus D'Aubuisson dan sebesar 29,51% dihitung dengan menggunakan rumus Rankine.

Besarnya tekanan yang terjadi akibat proses palu air pada pengujian dengan menggunakan tabung 1 dan variasi panjang pipa pemasukan 8 m, 10 m, dan 12 m, berturut-turut yaitu 0,287 m ; 0,358 m ; dan 0,500 m. Selanjutnya besarnya tekanan yang terjadi akibat proses palu air pada pengujian dengan menggunakan tabung 2 dan variasi panjang pipa pemasukan 8 m, 10 m, dan 12 m, berturut-turut yaitu 0,287 m ; 0,374 m ; dan 0,543 m.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan pada variasi diameter tabung udara, penambahan diameter tabung udara sebanding dengan kenaikan efisiensi baik dihitung menggunakan teori D'Aubuisson maupun dihitung dengan menggunakan teori Rankine.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap variasi panjang pipa pemasukan 8 m, 10 m, dan 12 m, semakin besar nilai panjang pipa pemasukan, maka efisiensi pompa hidram akan semakin besar pula, baik menurut perhitungan menggunakan teori D'Aubuisson maupun perhitungan menggunakan teori Rankine.

Daftar Pustaka

- [1] Gupta, V.P., Alam Singh, Manish Gupta, 1999, *Fluid Mechanics, Fluid Machines and Hydraulics 3rd edition*, S.K. Jain CBS Publishers & Distributors, 4596/1A, 11 Darya Ganj, New Delhi.
- [2] Hanafie, J., de Longh, H., 1979, *Teknologi Pompa Hidraulik Ram*, Pusat Teknologi

- Pembangunan Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- [3] International Development Research Centre, 1986, *Manuscript Report Proceedings of a Workshop on Hydraulic Ram Pump (Hydram) Technology*, Canada.
- [4] Mohammed, S.N., 2007, *Design and Construction of A Hydraulic Ram Pump*, Department of Mechanical Engineering, Federal University of Technology, Minna, Nigeria.
- [5] Sularso, dan Haruo Tahara, 1987. *Pompa & Kompresor*, Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.
- [6] Taye, T., 1998, *Hydraulic Ram Pump*, *Journal of the ESME*, Vol II, No. 1
- [7] Tessema, A.A., 2000, *Hydraulic Ram Pump System Design and Application*, ESME 5th Annual Conference on Manufacturing and Process Industry, September 2000.
- [8] Widarto, L., Sudarto, FX., 1997, *Membuat Pompa Hidram*, edisi 8, Kanisius, Yogyakarta.