

Studi Eksperimental Variasi Tinggi Tabung Udara dan Jarak Lubang Tekan dengan Katup Pengantar terhadap Efisiensi Pompa Hidram 3 Inchi

¹Muhamad Jafri, ² Dominggus G.H Adoe, ³ Yakub M. Lanata
^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana
Jl. AdiSucipto, Penfui-Kupang, NTT 85001, Tlp: (0380)881597
Email : fathurja3@gmail.com

Abstrak

Penelitian tentang pengaruh tinggi tabung udara dan jarak lubang tekan terhadap katup pengantar dalam konstruksi pompa hidram yang secara teoritis dimaksudkan untuk mendapatkan aliran yang kontinyu. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tentang variasi tinggi tabung udara dan jarak lubang tekan dengan katup pengantar sehingga debit hasil yang diharapkan lebih efisien. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi tinggi tabung udara dan jarak lubang tekan terhadap katup pengantar dapat mempengaruhi efisiensi pompa hidram. Efisiensi tertinggi terdapat pada variasi tinggi tabung udara 0,5 m dan jarak lubang tekan 0,16 m. Perhitungan efisiensi *D'Aubuisson* sebesar 64,79 % dan perhitungan efisiensi *Rankine* menunjukkan tingkat efisiensi sebesar 62,40 %.

Kata kunci: water hammer, tabung udara, efisiensi D'Aubuisson, efisiensi Rankine

Abstrack

This study aims to investigate the effect of high air chamber and press against the valve hole spacing conductor in the construction of hydraulic ram which theoretically meant to get a continuous stream. Therefore, the authors conducted research on the influence of high air chamber and pipe hole spacing introductory press with results expected to discharge more efficiently. The results showed that high variation of air chamber and hole spacing with delivery valve may affect the efficiency of hydraulic ram. Where the highest efficiency variations found in the air chamber 0.5 m high and 0.16 m tap hole spacing. 62.40% is computation of rankine efficiency and 64.79 % is D'Aubuisson.

Keywords: water hammer, air chamber, efficiency of D'Aubuisson, efficiency of Rankine

PENDAHULUAN

Pompa hidram merupakan suatu alat yang digunakan untuk menaikkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi secara otomatis dengan energi yang berasal dari air itu sendiri. Mekanisme kerja pompa hidram adalah melipatgandakan kekuatan pukulan air dalam tabung udara, dimana terjadi perubahan energi kinetik air menjadi tekanan dinamik yang menimbulkan *water hammer*. Tekanan dinamik akan diteruskan ke dalam tabung udara yang berfungsi sebagai penguat. Akan tetapi kerja pompa ini tidak dapat memompa semua air yang masuk, jadi sebagian air terpompa dan sebagian dibuang melalui katup limbah.

Dalam operasinya, pompa ini mempunyai keuntungan dibandingkan dengan jenis pompa lainnya, antara lain; tidak membutuhkan sumber

tenaga tambahan, biaya operasinya murah, tidak memerlukan pelumasan, hanya mempunyai dua bagian yang bergerak yaitu katup limbah dan katup pengantar sehingga memperkecil terjadinya keausan, perawatannya sederhana dan dapat bekerja dengan efisien pada kondisi yang sesuai serta dapat dibuat dengan peralatan bengkel yang sederhana.

Tabung udara merupakan salah satu komponen utama pompa hidram. Tabung udara dapat mempengaruhi peningkatan tekanan sehingga dapat mendorong air keluar melewati lubang pipa tekan, namun dalam pengoperasian di lapangan, air tidak sampai pada tempat tujuan dan jumlah air pun sedikit akibat ukuran tabung udara yang tidak sesuai sehingga pompa bekerja dengan tidak terlalu signifikan. Tabung udara harus dibuat sebesar mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tegangan tekanan (*pressure pulse*) dari siklus pompa

hidram. Jika tabung udara penuh air, pompa hidram akan bergetar keras dan dapat mengakibatkan tabung udara pecah. Ditinjau dari hal tersebut, maka diperlukan juga penelitian tentang pengaruh tinggi tabung udara dan jarak lubang tekan terhadap katup penghantar dalam konstruksi pompa hidram yang secara teoritis dimaksudkan untuk mendapatkan efisiensi yang maksimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui variasi tinggi tabung udara dan jarak lubang tekan dengan katup pengantar terhadap efisiensi pompa hidram 3 inci.

TINJAUAN PUSTAKA

Silla, dkk (2014), melakukan penelitian tentang pengaruh diameter tabung udara dan jarak lubang pipa tekan dengan katup pengantar terhadap efisiensi pompa hidram 2 inci. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan variasi diameter tabung udara dan jarak lubang pipa tekan sangat mempengaruhi efisiensi dari pompa hidram. Terlihat bahwa pada penggunaan tabung udara dan jarak lubang pipa tekan memiliki masing-masing nilai efisiensi tertinggi dan terendah pada setiap kondisi, namun secara keseluruhan efisiensi tertinggi terjadi pada diameter tabung udara 2 inci dengan jarak lubang pipa tekan 22,5 cm sebesar 35,30% sedangkan efisiensi terendah 19,57% pada penggunaan tabung udara 2,5 inci pada jarak lubang pipa 25 cm.

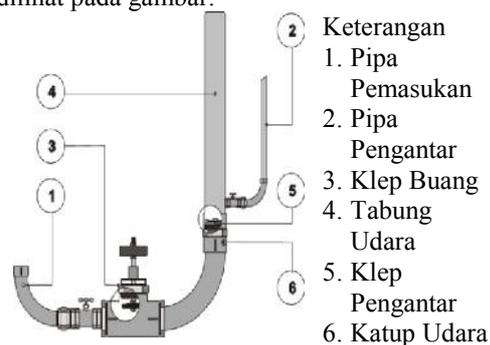
Panjaitan (2012), melakukan rancang bangun pompa hidram dan pengujian pengaruh variasi tinggi tabung udara dan panjang pipa pemasukan terhadap unjuk kerja pompa hidram. Penelitian yang dilakukan menggunakan variasi tinggi tabung udara 40 cm dan 60 cm dengan diameter 6.35 cm dan variasi panjang pipa pemasukan 8 m, 10 m dan 12 m. Tinggi saluran suplai 2,3 m dan tinggi saluran tekan 8 m. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas pompa maksimum sebesar 0.000346666 m³/s. Efisiensi maksimum pompa hidram 29,55 % pada tinggi tabung 60 cm dan panjang pipa masuk 10 m.

Dinar M. F (2013), melakukan penelitian

tentang uji efisiensi pompa hidram dengan variasi volume tabung udara. Variasi volume yang digunakan adalah volume 330 mL, 600 mL, 1000 mL, 1500 mL, dan 2000 mL. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi volume tabung udara tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi pompa hidram. Volume tabung udara yang menghasilkan efisiensi terbaik adalah 1500 mL sebesar 17,21 %.

Shodiqin (2015), meneliti tentang variasi volume tabung tekan terhadap efisiensi pompa hidram. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pompa hidram dengan tinggi permukaan reservoir tetap 3 m, panjang pipa inlet 4 m dengan diameter 0.0635 m (2,5 inci), badan pompa berdiameter 1,5 inci, dan pipa penghantar berdiameter 0,5 inci dan tinggi 6 m. Dengan variasi volume tabung tekan dengan volume 4866.35 cm³, 5677.41 cm³, dan 6488.47 cm³. Pengambilan data debit pompa dan debit spill dengan menggunakan gelas ukur. Hasil penelitian variasi volume tabung tekan berpengaruh terhadap debit dan efisiensi pompa. Pada variasi volume tabung tekan 4866.35 cm³ menghasilkan debit 0,0355 liter/detik dan efisiensi pompa 10,625 %, pada variasi volume tabung tekan 5677.41 cm³ menghasilkan debit 0.068 liter/detik dan efisiensi pompa 24.64 %, dan pada variasi volume tabung tekan 6488.47 cm³ menghasilkan debit 0.072 liter/detik dan efisiensi pompa 8,32 %.

Komponen utama pompa hidram dapat dilihat pada gambar.



Gambar 1. Komponen utama pompa Hidram (Sumber : Hanafie and Hans de Lough, 1979)

Siklus Kerja Pompa Hidram

Siklus kerja pompa hidram dapat dibagi menjadi empat periode utama berdasarkan posisi katup limbah pada waktu rata-rata saat terjadi variasi kecepatan aliran air pada pipa pemasukan yaitu; akselerasi (percepatan), kompresi, pemompaan, dan hentakan balik.

Debit Pompa, Q

Debit adalah volume fluida yang melalui suatu penampang dalam satu satuan waktu (White, 1988).

$$Q = \frac{V}{t}$$

dimana :

$$Q = \text{debit aliran (m}^3 / \text{s)}$$

$$t = \text{waktu (s)}$$

$$V = \text{volume aliran (m}^3 \text{)}$$

Bilangan Reynolds

Bilangan *Reynolds* merupakan perbandingan gaya-gaya inersia dengan gaya-gaya kekentalan. Bilangan *Reynold* digunakan untuk menentukan jenis aliran, apakah aliran turbulen, laminar atau transisi. Bilangan ini ditentukan dengan persamaan (Streeter, V. E., and Wylie, E.B dalam Priyono A, 1993) :

$$R_e = \frac{\rho v D}{\mu}$$

dimana:

$$\rho = \text{Rapat massa fluida (kg/m}^3\text{)}$$

$$v = \text{Kecepatan aliran (m/det)}$$

$$D = \text{Diameter pipa (m)}$$

$$\mu = \text{Kekentalan absolut (kg/m.det)}$$

Head Pompa

Head pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah air seperti direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa. Persamaan *head* pompa atau tinggi tekan pompa dapat ditulis sebagai berikut (Sularso dan Tahara, 2004) :

$$H = h_a + \Delta h_p + h_1 + \frac{1}{2g} (v_d^2 - v_s^2)$$

dimana :

$$H = \text{head pompa (m)}$$

$$h_a = \text{head statis pompa (m)}$$

Head ini adalah perbedaan tinggi antara muka air di sisi

keluar dan sisi isap.

Δh_p = perbedaan head tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air, $\Delta h_p = 0$, jika kedua sisi muka air berhubungan dengan udara

h_1 = kerugian gesek dan berbagai kerugian minor seperti kerugian bentuk ujung pipa, kerugian katup, kerugian belokan dan kerugian sambungan (m).

v_d = kecepatan aliran rata-rata sisi keluar (m/s)

v_s = kecepatan aliran rata-rata sisi isap (m/s)

g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)

Efisiensi Pompa Hidram

Untuk mengetahui efisiensi pompa hidram, dalam penelitian ini digunakan dua persamaan efisiensi yaitu efisiensi *D'Aubuisson* dan efisiensi *Rankine*.

Efisiensi D'Aubuisson

Daya atau tenaga yang dibutuhkan untuk menaikkan air adalah berbanding lurus dengan laju air yang di pompa dikalikan dengan ketinggian pemompannya. Demikian juga daya yang tersedia pada aliran air yang disuplai untuk mengoperasikan pompa hidram berbanding lurus dengan besarnya laju air *volumetric* air yang disuplai dikalikan dengan ketinggian suplainya. Pompa hidram bekerja dengan memanfaatkan daya yang tersedia tersebut untuk membawa aliran ke tempat yang lebih tinggi, sehingga efisiensi pompa hidram dinyatakan sebagai persamaan *D-Aubuisson* adalah sebagai berikut (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

$$\eta_D = \frac{(Q_p \times h_d)}{(Q_p + Q_w) h_s} \times 100\%$$

Dimana η_D , efisiensi pompa hidram (%), Q_p debit air hasil pemompaan (m³/s), Q_w debit air yang terbuang melalui katup limbah (m³/s), h_s tinggi jatuh air (m) dan h_d tinggi angkat pemompaan (m).

Efisiensi Rankine

Efisiensi menurut *Rankine* merupakan perbandingan antara selisih tinggi tekan isap dan sisi buang dikali kapasitas pengisian, dengan tinggi tekan isap dikalikan kapasitas air yang

dipindahkan dimana pada efisiensi *rankine* kerugian *head loss* diabaikan. Maka nilai efisiensi *rankine* dapat dihitung sebagai berikut (A. M. Michael and S. D. Kheper, 1997):

$$\eta_R = \frac{Q_p (h_d - h_s)}{(Q_w) h_s} \times 100 \%$$

Dimana : η_R efisiensi *Rankine* (%)

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang dimaksud pada penelitian ini variabel tetap, variabel bebas, dan variabel terikat. Variabel tetap pada penelitian ini adalah:

- Volume tabung udara 6500 mL konstan untuk semua variabel bebas.
- Ukuran pompa 3 inci.
- Ukuran pipa masuk 3 inci.
- Panjang pipa masuk 7 m.
- Panjang pipa pengantar 12,16 m.
- Ukuran pipa keluar 1 inci.
- Tinggi angkat 10 m.
- Tinggi jatuh 1 m.
- Diameter dalam katup limbah 2,50 inci.
- Diameter katup pengantar 1,4 inci
- Massa katup limbah 1,5 kg.
- Panjang langkah 4 cm.
- Waktu pengambilan data debit adalah 30 detik untuk setiap variasi.

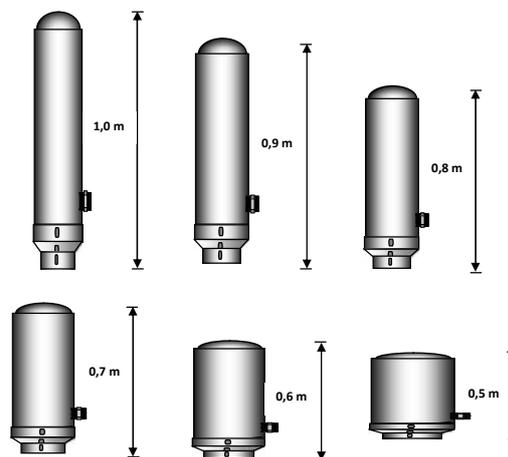
Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian dilaksanakan. Besar variabel bebas divariasikan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat sehingga tujuan penelitian dapat tercapai. Variabel bebas pada penelitian ini adalah:

- Tinggi tabung bervariasi : 0,5 m; 0,6 m; 0,7 m; 0,8 m; 0,9 m; 1 m.
- Jarak lubang tekan dengan katup pengantar (Y) bervariasi dari 0,16 m; 0,18 m; 0,20 m; 0,22 m; 0,24 m.

Sedangkan variabel terikat dalam penelitian ini adalah efisiensi pompa hidram 3 inci.

Pembuatan Dimensi Tabung Udara

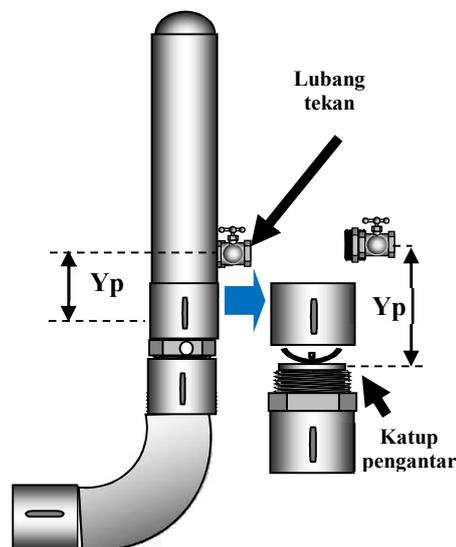
Penentuan diameter tabung sangat penting untuk menjaga volume tabung udara tetap konstan 6500 mL pada tinggi tabung 0,5 m; 0,6 m; 0,7 m; 0,8 m; 0,9 m dan 1 m.



Gambar 2. Variabel penelitian tinggi tabung

Pembuatan Jarak Lubang Tekan

Jarak lubang tekan sesuai dengan variabel penelitian yakni 0,16 m, 0,18 m, 0,20 m, 0,22 m dan 0,24 m dari katup pengantar.

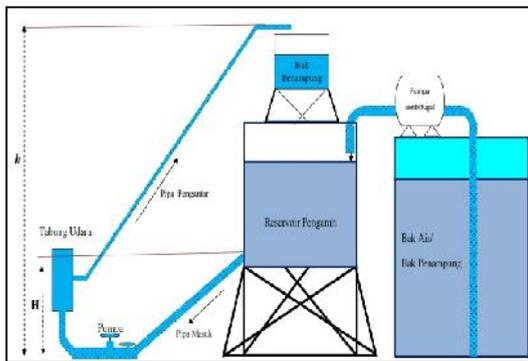


Gambar 3. Variabel penelitian jarak lubang tekan terhadap katup pengantar

Setelah hasil pengukuran jarak lubang tekan ditentukan, maka dilakukan proses pengeboran lubang tekan berdasarkan ukuran diameter pipa pengantar 1 inchi. Setelah proses pengeboran dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan proses pengelasan shock berdiameter 1 inchi untuk menghubungkan antara tabung udara dan pipa pengantar yang disebut lubang tekan.

Instalasi Pengujian

Gambar 4 berikut ini adalah skema instalasi pompa hidram sesuai dengan pelaksanaan penelitian.



Gambar 4. Skema Instalasi

Keterangan: H adalah Tinggi pemasangan
h adalah tinggi pemompaan

Berdasarkan skema instalasi pengujian di atas maka langkah kerja selanjutnya adalah sebagai berikut:

- Memasang profil tank sebagai simulator penampung air sumber
- Memasang instalasi pompa air sebagai simulator pemasok kebutuhan air sumber
- Memasang pipa masuk dengan panjang tetap 7 m
- Memasang pipa pengantar sesuai tinggi pemompaan 10 m
- Memasang pompa hidram dan seluruh instalasinya sesuai tempat pengujian
- Memasang katup limbah dan katup pengantar sesuai dengan variabel yang ditetapkan
- Memasang tabung udara sesuai dengan variasi tinggi tabung dengan jarak lubang tekan yang

telah ditentukan

- Mengatur panjang langkah katup sesuai dengan variabel yang ditetapkan
- Memastikan semua instalasi telah terpasang dengan baik dan memastikan tidak ada kebocoran dengan menjalankan pompa.

Pengambilan Data

Sesuai dengan tujuan penelitian ini, yakni untuk mengetahui efisiensi dari variasi tinggi tabung udara dan jarak lubang tekan dengan katup pengantar pompa hidram 3 inchi, maka pengumpulan data pada penelitian ini adalah:

- Data debit pemompaan (Q_p), Debit pemompaan merupakan volume air yang diukur dari hasil pemompaan yang keluar pada pipa pengantar.
- Data debit limbah (Q_w), Debit limbah merupakan volume air terbuang yang diukur dari katup limbah selama pompa dijalankan.

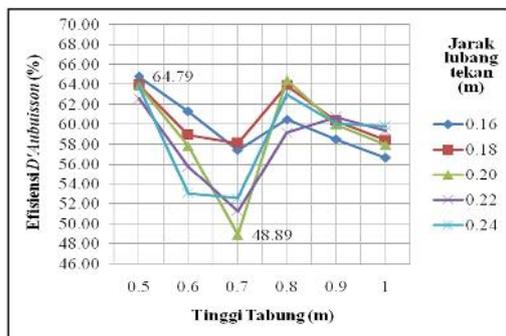
Teknik Analisa Data

Data hasil pengukuran dan pengujian dianalisa dengan menggunakan persamaan matematik yakni semua data yang diperoleh dianalisis berdasarkan rumus perhitungan yang terlampir pada bab II untuk memperoleh nilai head dan efisiensi pompa yakni antara lain:

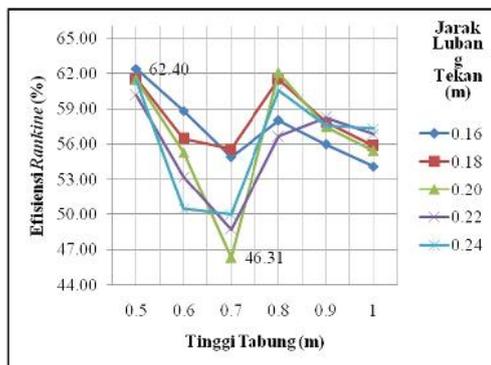
- Menghitung debit aliran pada pipa masuk dan pipa keluar untuk setiap variabel bebas.
- Menghitung kecepatan aliran air pada pipa masuk dan pipa keluar untuk setiap variabel bebas.
- Menghitung head loss total untuk setiap variabel bebas yang terdiri dari:
- Menghitung kehilangan energi utama (major head loss) akibat gesekan dengan dinding pipa untuk setiap variabel bebas pada pipa masuk dan pipa keluar.
- Menghitung kehilangan energi (minor head loss) akibat sambungan-sambungan, belokan-belokan dan katup untuk setiap variabel bebas pada pipa masuk dan pipa keluar.
- Menghitung head efektif pada pipa masuk dan pipa keluar untuk setiap variabel bebas.
- Menghitung efisiensi pompa untuk setiap variabel bebas.

PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 5 dan Gambar 6, terlihat bahwa efisiensi *D'Aubuisson* tertinggi terdapat pada variasi jarak lubang tekan 0,16 m pada tinggi tabung 0,5 m sebesar 64,79 % dan efisiensi terendah terdapat pada jarak lubang tekan 0,20 m pada tinggi tabung 0,7 m sebesar 48,89 %. Sedangkan efisiensi *Rankine* tertinggi terdapat pada variasi tinggi tabung 0,5 m dengan jarak lubang tekan 0,16 m sebesar 62,40% sebagai titik puncak maksimum dan efisiensi terendah terdapat pada tinggi tabung 0,7 m pada jarak lubang tekan 0,20 m sebesar 46,31 % sebagai titik minimum.



Gambar 5. Grafik Variasi Tinggi Tabung dan Jarak Lubang Tekan terhadap Efisiensi *D'Aubuisson*



Gambar 6. Grafik Variasi Tinggi Tabung dan Jarak Lubang Tekan terhadap Efisiensi *Rankine*

Peningkatan dan penurunan efisiensi menurut *D'Aubuisson* dan *Rankine* dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tinggi tabung udara 0,5 m, sampai dengan 0,7 m mengalami penurunan efisiensi

untuk setiap variasi jarak lubang tekan. Hal ini disebabkan karena semakin tinggi tabung udara maka perubahan volume ruang tekanan dalam tabung udara menjadi sempit karena adanya perbedaan jumlah volume air semakin banyak tetapi volume udara yang dikompresikan tetap sehingga katup pengantar lebih lambat untuk terbuka akibatnya air akan lebih banyak terbuang melewati katup limbah.

Tinggi tabung udara 0,8 m, efisiensi kembali meningkat hingga titik efisiensi maksimum untuk setiap variasi jarak lubang tekan. Hal ini disebabkan karena air yang masuk dari reservoir memiliki kecepatan yang menyebabkan katup limbah menutup dengan cepat. Ketika katup limbah tertutup maka katup pengantar terbuka. Proses buka tutup katup dengan cepat memberikan tekanan tinggi mengarah ke katup pengantar sehingga katup pengantar terbuka dan debit air yang masuk ke tabung juga besar dan udara yang tertekan akibat bertambahnya volume air tersebut kembali memberikan tekanan yang tinggi sehingga jumlah air yang terdorong menuju pipa penghantar meningkat dan efisiensi pompa hidram menjadi tinggi.

Tinggi tabung udara 0,9 m dan 1 m, efisiensi kembali menurun namun tidak mencapai titik efisiensi minimum. Hal ini disebabkan karena tinggi tabung udara yang melebihi batas optimum dimana tabung udara tidak dapat mengakumulasi air atau jumlah air dan udara tidak berbanding lurus untuk mencapai tekanan maksimum, mengakibatkan melambatnya proses buka tutup katup pengantar sehingga dapat membentuk rongga udara dalam tabung. Rongga udara dalam tabung justru menurunkan tekanan dalam tabung udara sehingga efisiensi menurun.

Hasil eksperimen dan analisa data yang ditampilkan dalam bentuk grafik pada Gambar 3 dan Gambar 4 terlihat bahwa efisiensi menurut *D'Aubuisson* dan *Rankine* memiliki nilai efisiensi yang tidak jauh berbeda atau dikatakan memiliki nilai efisiensi yang dikatakan sama. Hal ini terjadi karena dalam pelaksanaan eksperimen, variabel bebas yang di uji adalah variasi tinggi tabung udara 0,5 m, 0,6 m, 0,7 m, 0,8 m, 0,9 m, 1 m dengan variasi jarak lubang

tekan untuk setiap tinggi tabung udara adalah 0,16 m, 0,18 m, 0,20 m, 0,22 m dan 0,24 m berdasarkan tinggi jatuh dan tinggi pemompaan yang tetap untuk setiap pengujian. Faktor yang menyebabkan mengapa efisiensi *D'Aubuisson* dan *Rankine* cenderung sama adalah tinggi jatuh dan tinggi pemompaan yang tetap atau tidak berubah dalam pelaksanaan pengujian untuk setiap variabel.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan analisa data dapat disimpulkan bahwa variasi tinggi tabung udara dapat mempengaruhi efisiensi pompa hidram. Efisiensi tertinggi terdapat pada variasi tinggi tabung udara 0,5 m dan jarak lubang tekan 0,16 m, perhitungan efisiensi *Rankine* menunjukkan tingkat efisiensi sebesar 62,40 % dan perhitungan efisiensi *D'Aubuisson* sebesar 64,79 %. Hal ini disebabkan karena tekanan pada katup pengantar semakin besar akibat volume air dan udara dalam tabung berada pada titik optimum. Dimana hasil dari pemampatan udara oleh air yang masuk memberikan tekanan yang tinggi, sehingga tekanan air dari badan hidram semakin sulit untuk membuka katup pengantar. Akibatnya air mengalir secara berkelanjutan melalui pipa pengantar.

Jarak lubang tekan dengan katup pengantar mempengaruhi efisiensi kerja pompa hidram dengan perhitungan efisiensi *Rankine* sebesar sebesar 62,40 %, pada jarak lubang tekan 0,16 m dan tinggi tabung udara 0,50 m dengan debit pemompaan sebesar 0,0000826 m³/detik. Sedangkan perhitungan efisiensi *D'Aubuisson* sebesar 64,79 % dengan debit pemompaan sebesar 0,0000826 m³/detik. Hal ini disebabkan karena pada saat klep terbuka sebagian air akan terpompa masuk ke tabung udara, kemudian udara yang ada pada tabung udara mulai mengembang untuk menyeimbangkan tekanan dan mendorong air. Karena klep tekan tertutup maka aliran air akan mengalir keluar melalui pipa pengantar.

Sehingga semakin rendah jarak lubang tekan dengan katup pengantar maka semakin tinggi debit air yang mengalir keluar ke pipa pengantar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Michael, S. D. Kheper, 1997, *Water Well Pump Engineering*, McGraw Hill Publishing Compact Limited, New Delhi.
- [2] Dinar M. F., 2013. Uji Efisiensi Pompa Hidram dengan Variasi Volume Tabung Udara. Jurnal Prosiding Seminar Kontribusi Fisika (SKF2013) 2-3 Desember, Bandung, Indonesia.
- [3] Hanafie, J., de Longh, H., 1979. Teknologi Pompa Hidraolik Ram Buku Petunjuk Untuk Pembuatan dan Pemasangan. PTP-ITB Ganesha, Bandung.
- [4] Panjaitan, D.,O., 2012, Rancang Bangun Pompa Hidram dan Pengujian Pengaruh Variasi Tinggi Tabung Udara dan Panjang Pipa Pemasukan terhadap Unjuk Kerja Pompa Hidram. Jurnal e-Dinamis, Volume II, No.2 September 2012.
- [5] Shodiqin., Subroto., Sunardi Wiyono., 2015. Pengaruh Variasi Volume Tabung Tekan terhadap Efisiensi Pompa Hidram. Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah, Surakarta. Kartasura E-mail :shodiqinm692@gmail.com
- [6] Silla, C, Jafri, M., Limbong, I . S., 2014, Pengaruh Perubahan Diameter Tabung Udara dan Jarak Lubang Pipa Penyalur dengan Katup Distribusi terhadap Efisiensi Pompa Hidram. LONTAR Jurnal Teknik Mesin Undana, Vol. 01, No. 02, Oktober 2014.
- [7] Streeter, V.E., and Wylie, E.B.,1993, *Mekanika Fluida*, Diterjemahkan Oleh Priyono, A., M.S.E., Erlangga, Jakarta.
- [8] Sularso., Tahara, H., 2004. Pompa Dan Kompresor Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan. Pradya Paramita, Jakarta.
- [9] White, M.F., 1988. *Mekanika Fluida*. Erlangga, Jakarta.

