



Pengaruh Variasi Tinggi Terjunan dan Dimensi Tabung Kompresor Terhadap Unjuk Kerja Pompa *Hydrum*

Nurchayati¹, Arif Mulyanto¹, Rudy Sutanto^{1,*}, Kusuma Wardani²

¹Teknik Mesin Universitas Mataram

²Balai Wilayah Sungai Nusa Tenggara I

*Email: r_sutanto10@yahoo.com

Abstrak. Lahan kering merupakan salah satu agroekosistem sumber daya lahan yang mempunyai potensi besar untuk pengembangan pertanian. Kendala teknis pertanian lahan kering adalah dalam ketersediaan air. Untuk meningkatkan indeks pertanaman di lahan kering, perlu adanya pemanfaatan sumberdaya air permukaan seoptimal mungkin. Untuk mengatasi pemenuhan kebutuhan air irigasi di daerah lahan kering, alternatif yang bisa dikembangkan adalah dengan menggunakan sistem irigasi pompa ramah lingkungan yakni pompa *hydrum*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh rasio d/h dari tabung kompresor terhadap unjuk kerja pompa *hydrum*. Pompa *hydrum* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai ukuran 1,5 inci dan variasi tinggi terjunan 2, 3, 4 dan 5 m. Pompa *hydrum* yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai susunan ILK (input – limbah – tabung kompresor) dengan memperhitungkan pengaruh variasi rasio d/h dari tabung kompresor dengan volume konstan yakni sebesar 2650 cm³ terhadap unjuk kerja pompa *hydrum* yang meliputi : debit *output*, debit limbah, *head* maksimum dan efisiensi yang dihasilkan pompa *hydrum*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 meter tinggi terjunan maka debit *ouput* akan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 36,6% dan *head* maksimum akan meningkat sebesar 5 ÷ 6 meter. Variasi rasio d/h tabung kompresor berpengaruh terhadap debit *output* namun tidak mempengaruhi *head* maksimum pompa *hydrum*. Sedangkan efisiensi tertinggi didapat pada tinggi terjunan 2 meter dan ratio d/h tabung kompresor 0,198 yakni sebesar 33,98%.

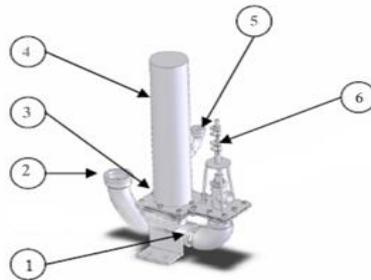
Kata kunci: *head* maksimum, pompa *hydrum*, variasi dimensi tabung, variasi terjunan

1 Pendahuluan

Dalam kegiatan budidaya pertanian baik dalam pengembangan tanaman pangan, hortikultura, peternakan maupun perkebunan. Ketersediaan air merupakan faktor yang sangat strategis. Tanpa adanya dukungan ketersediaan air yang sesuai dengan kebutuhan baik dalam dimensi jumlah, mutu, ruang, maupun waktunya, maka dapat dipastikan kegiatan budidaya tersebut akan berjalan dengan tidak optimal. Air permukaan dan air tanah merupakan sumber air utama yang digunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan pertanian,

industri, rumah tangga, dan kebutuhan-kebutuhan lainnya. Namun demikian, sampai saat ini sebagian besar kebutuhan air masih mengandalkan dari sumber air permukaan. Oleh karena itu, sumber air permukaan perlu dikelola dengan baik sehingga mampu memberikan manfaat bagi pengembangan sektor pertanian.

Air merupakan kebutuhan mutlak bagi kelangsungan kehidupan. Tanpa air tidak akan ada kehidupan di dunia ini. Khusus daerah-daerah yang berdekatan dengan sumber air atau lokasinya berada di bawah mata air, kebutuhan air tidak terlalu menjadi masalah. Sesuai dengan hukum fisika, air dengan sendirinya akan mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah. Namun, kenyataannya permukaan tanah itu tidak selalu rata, ada daerah yang berbukit-bukit atau bergelombang. Daerah yang permukaannya lebih tinggi daripada sumber air dan daerah yang bergelombang, akan mengalami kesulitan mendapatkan pasokan air secara kontinu. Salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan air, terutama di lokasi yang posisinya lebih tinggi daripada mata air, adalah menggunakan pompa air. Jenis pompa yang lazim digunakan saat ini adalah pompa air bertenaga motor listrik yang menggunakan bahan bakar minyak (solar atau bensin). Untuk daerah perkotaan kebutuhan BBM tidak terlalu menjadi masalah. Sementara itu dari data yang berhasil dihimpun, bahwa di daerah pedesaan atau daerah terpencil, keberadaan BBM sangat langka. Bila ada, harganya pun sangat mahal. Untuk mengatasi masalah inilah timbul pemikiran untuk menggunakan pompa air tanpa motor listrik, sehingga tidak memerlukan BBM. Hal ini dipenuhi oleh pompa *hydram* sebagai pilihan tepat. Pada dasarnya, prinsip kerja pompa ini merupakan proses pengubahan energi kinetik dan gaya gerak air menjadi tekanan dinamik, sehingga menimbulkan momentum atau pukulan air yang berkekuatan tinggi dalam pipa saluran. Tekanan ini mengakibatkan katup pompa dan katup pengantar dalam tabung pompa terbuka dan tertutup secara bergantian. Tekanan dinamik diteruskan untuk menghasilkan daya tekan dalam pipa pemasukan sehingga memaksa air naik ke pipa pengeluaran dan didorong ke pipa penghantar. Dengan demikian, prinsip kerja pompa ini adalah melipatgandakan kekuatan daya dorong air.



Gambar 1. Bagian-bagian pompa *hydram*

Adapun bagian-bagian dan fungsi pompa *hydram* antara lain: 1. rumah pompa, bagian ini merupakan tempat terjadinya proses pemompaan. 2. pipa masuk (*driven pipe*), pipa masuk adalah bagian yang sangat penting dari sebuah pompa *hydram*. Dimensi pipa masuk harus diperhitungkan dengan cermat, karena sebuah pipa masuk harus dapat menahan tekanan tinggi yang disebabkan oleh menutupnya katup limbah secara tiba – tiba. 3. katup penghantar (*delivery valve*), katup ini menghantarkan air dari pompa ke tabung udara serta menahan air yang sudah masuk agar tidak kembali ke rumah pompa. Katup penghantar harus mempunyai lubang yang besar sehingga memungkinkan air yang dipompa memasuki ruang udara tanpa mendapatkan hambatan pada aliran. 4. tabung kompresor (*air chamber*), tabung kompresor berfungsi meneruskan sekaligus melipat gandakan tenaga pemompaan, sehingga air yang masuk ke tabung kompresor dapat keluar dan naik ke penampungan. Ruang udara harus dibuat sebesar mungkin untuk memampatkan udara dan menahan tegangan (*pressure pulse*) dari siklus ram. 5. pipa penghantar, pompa *hydram* dapat memompa air pada ketinggian yang cukup tinggi. Penggunaan pipa penghantar yang panjang akan mengakibatkan ram harus mengatasi gesekan antara air dengan dinding pipa. Pipa penghantar dapat dibuat dari bahan apa pun, termasuk pipa plastik tetapi dengan syarat pipa tersebut dapat menahan tekanan air. 6. katup limbah (*waste valve*), katup limbah merupakan katup pembuangan air sisa (limbah) yang berfungsi memancing gerakan air yang berasal dari *reservoir* sehingga dapat menimbulkan aliran air yang bekerja sebagai sumber tenaga pompa. Katup limbah merupakan salah satu bagian terpenting dari bagian pompa *hydram* dan harus dirancang dengan baik sehingga berat dan gerakannya dapat disesuaikan. Katup limbah dengan tegangan yang berat dan jarak antara lubang katup dengan karet katup yang cukup jauh, memungkinkan kecepatan aliran air dalam pipa pemasukan lebih besar sehingga pada saat katup limbah menutup terjadi energi tekanan yang lebih besar dan menimbulkan efek palu air (*water hammer effect*).

Efisiensi sebuah pompa *hydram* ditentukan oleh berbagai faktor, selain dimensi dan bahan yang digunakan untuk membuat pompa, juga tergantung dari karakteristik instalasi pompa *hydram* yang berbeda pada masing-masing lokasi pemasangan. Efisiensi menurut D' Aubuisson yaitu:

$$\eta = \frac{q \times h}{(Q + q) \times H} \times 100\%$$

dengan :

η = Efisiensi pompa *hydram* (%)

Q = Debit air limbah (liter/detik)

q = Debit air yang dipompakan/*output* (liter/detik)

H = Tinggi terjunan air atau *input* (m)

h = Tinggi keluaran atau *output* (m)

Head tekanan balik di dalam pipa penghantar menurun dari 103,87 m tanpa menggunakan tabung udara menjadi 37,85 m dengan tabung udara. Selanjutnya, dalam pipa penyalur *head* tekanan akibat *water hammer* meningkat dari 0,29 m tanpa menggunakan tabung udara menjadi 2,9 m dengan menggunakan tabung udara. Sehingga pemasangan tabung udara dapat meningkatkan efisiensi pompa *hydram* secara signifikan dari 0,72% tanpa tabung menjadi 19,45% dengan tabung udara [7].

Semakin panjang ukuran pipa *inlet* maka debit pompa *hydram* (q) yang dihasilkan akan semakin besar. Hal ini juga berbanding lurus dengan nilai efisiensi pompa *hydram*, semakin panjang pipa *inlet* yang digunakan semakin besar nilai debit (q) yang dihasilkan. Nilai debit pompa *hydram* (q) maksimum adalah pada panjang pipa *inlet* 2,5 m, dengan pemberat 0,46 kg, dengan nilai $q = 142,126$ cm/dt. Nilai efisiensi pompa maksimum adalah efisiensi dengan menggunakan pemberat 0,46 kg pada panjang pipa *inlet* 2,5 m dan *head* pipa penghantar ($H+h$) 200 cm, dengan efisiensi debit sebesar 24,40 % dan efisiensi *D'Aubuisson* sebesar 35,87% [3].

Penelitian pompa *hydram* dengan variasi volume tabung udara 330 ml, 600 ml, 1000 ml, 1500 ml, dan 2000 ml, masing-masing volume dilakukan pengujian sebanyak tiga kali. Efisiensi pompa *hydram* mulai naik pada volume 600 ml, kemudian turun pada volume 2000 ml. Pada volume 1000 ml, penurunan efisiensi maksimum sebesar 2,46%. Nilai ini lebih kecil dibandingkan perubahan efisiensi dari volume 600 ml ke 1000 ml dan dari volume 1500 ml ke 2000 ml. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi volume tertentu tidak memberikan perubahan efisiensi yang signifikan. Berdasarkan data olahannya, efisiensi terbesar diperoleh pada sistem pompa *hydram* dengan volume tabung udara 1500 ml yaitu 17,21%. Dari debit hasil (q) yang diperoleh, volume keluaran yang dihasilkan dalam satu hari mencapai 281,66 l. Hal ini setara dengan kebutuhan air 2 orang dengan asumsi setiap orang memerlukan air 140,5 liter per hari [2].

Pengaruh diameter tabung udara dan jarak lubang pipa tekan dengan katup penghantar terhadap efisiensi pompa *hydram*. Tabung udara yang digunakan yaitu tabung dengan tinggi 1,2 meter dengan diameter 2 inci, 2,5 inci, 3 inci dan 4 inci dan jarak antara katup pengantar dengan lubang pipa pengantar yaitu 0,15 meter, 0,175 meter, 0,20 meter, 0,225 meter dan 0,25 meter. Hasil penelitian menunjukkan 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 [5].

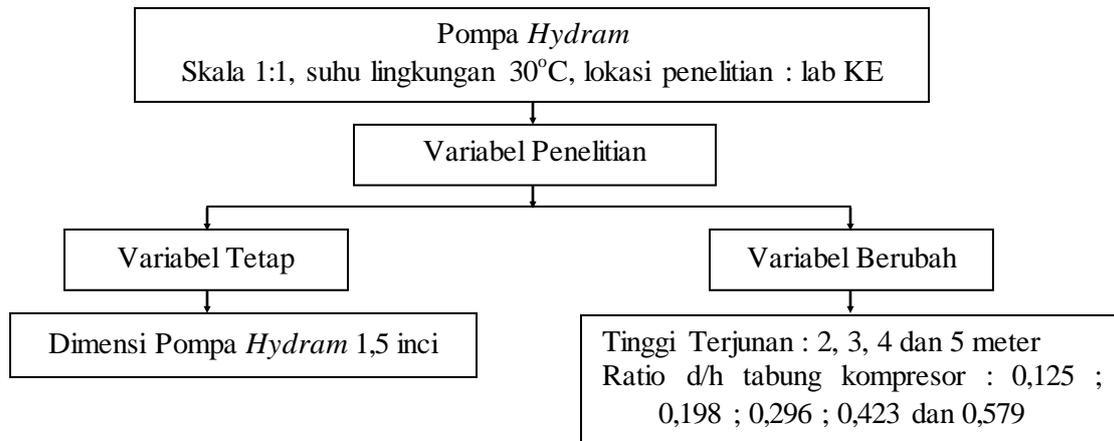
Penelitian untuk mengetahui pengaruh ketinggian terjunan, volume tabung udara dan ketinggian discharge terhadap kinerja pompa *hydram*. Pompa *hydram* yang digunakan adalah pompa *hydram* yang memiliki diameter pipa masuk 1 inci dan diameter pipa penarikan 0,5 inci. Tinggi terjunan divariasikan yaitu 1,5 meter, 1,75 meter, dan 2 meter. Sedangkan variasi volume udara yang digunakan adalah 0,00024 m³, 0,0028 m³ dan 0,0032 m³ dan variasi ketinggian *discharge* adalah 2,5 meter, 3 meter dan 3,5 meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil yang paling optimal pada ketinggian terjunan 2 meter dengan variasi volume tabung udara 0,0028 m³ dan tinggi discharge 2,5 meter, dengan kapasitas discharge sebesar 10,2 liter/menit, efisiensi volumetric 49%, dan efisiensi pompa 57%. Dari hasil analisa pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi terjunan maka semakin tinggi pula energi yang masuk, keseimbangan antara tekanan yang masuk dengan tekanan dalam tabung menyebabkan katup hantar terbuka semakin cepat sehingga kapasitas *discharge* juga meningkat [6].

2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan untuk mencapai tujuan penelitian yaitu melakukan pengujian terhadap unjuk kerja pompa *hydram* pada berbagai variasi tinggi terjunan 2, 3, 4 dan 5 m dengan variasi rasio d/h dari tabung kompresor dengan volume konstan yakni 2650 cm³ (5 variasi rasio d/h : 0,125 ; 0,198 ; 0,296 ; 0,423 dan 0,579). Pengujian unjuk kerja pompa *hydram* yang meliputi : debit *output*, debit limbah, *head* maksimum dan efisiensi yang dihasilkan pompa *hydram*. Pada penelitian ini pemilihan variasi ratio d/h dari tabung kompresor dikarenakan bagian yang sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja pompa *hydram* adalah tabung kompresor. Dimensi dari tabung kompresor sangat menentukan tekanan yang terjadi didalamnya sehingga secara tidak langsung akan menentukan besarnya debit air yang akan dipompa dan tinggi angkatnya.

2.1 Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 2.



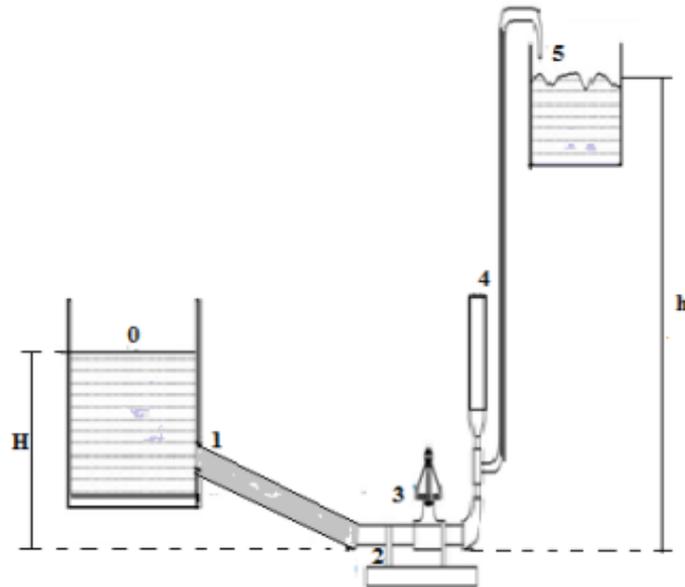
Gambar 2. Pompa *Hydrum* dengan berbagai variasi d/h tabung kompresor

2.2 Alat dan bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian: Kunci Pas, Kunci Pipa, Kunci inggris, *Pressure gauge*, Gunting, Mesin Gerinda, *Stop watch*, Gelas ukur, Kamera 8 MP, Mesin las.

Bahan: Pipa Galvanis, Knee 1,5 inci, Tee 1,5 inci, Elbow 1,5 inci dan 0,5 inci, Water mur 1,5 inci, Sok 0,5 inci, Plat, Seal tape, Keran 0,5 inci, Pipa pvc 1,5 inci dan tutup 1,5 inci.

Gambar 3 menunjukkan rangkaian alat pengujian pompa *hydram*, dimana 0. *Reservoir*, 1. *suction line*, 2. badan pompa, 3. katup limbah, 4. tabung kompresor, 5. tandon penampung air *output*.



Gambar 3 Instalasi Pengujian Pompa Hydram

2.3 Prosedur Pengujian

Purwarupa pompa *hydram* yang akan dibuat menggunakan material pipa galvanis dipadukan dengan material plat besi karena memiliki kekuatan dan ketahanan yang baik.

Pada penelitian ini, secara umum pompa *hydram* yang dibuat memiliki spesifikasi sebagai berikut: Bahan untuk pembuatan badan pompa menggunakan pipa galvanis dan material plat besi, dimensi pompa 1,5 inci, tinggi terjunan pompa 2, 3, 4 dan 5 meter.

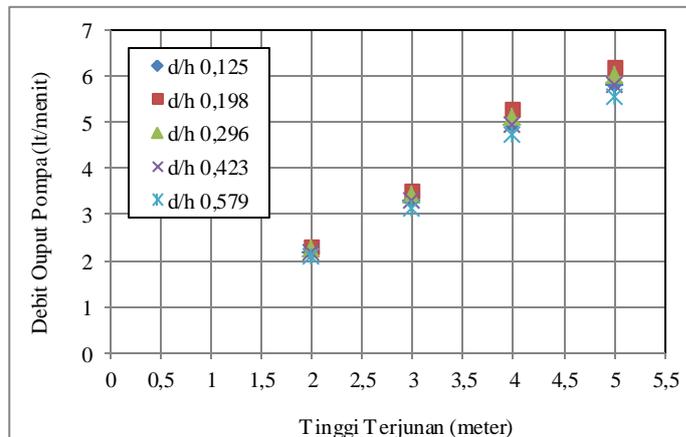
Proses pengujian ini menggunakan pompa *hydram* dengan berbagai variasi rasio d/h dari tabung kompresor dengan volume konstan yakni 2650 cm^3 (5 variasi rasio d/h : 0,125 ; 0,198 ; 0,296 ; 0,423 dan 0,579), sedangkan tinggi terjunan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi 4 variasi tinggi terjunan yakni 2, 3, 4 dan 5 meter. Pada penelitian ini variabel yang diteliti adalah pengaruh rasio

d/h dari tabung kompresor dan variasi tinggi terjunan terhadap debit *output*, debit limbah, head maksimum dan efisiensi yang dihasilkan pompa *hydram*.

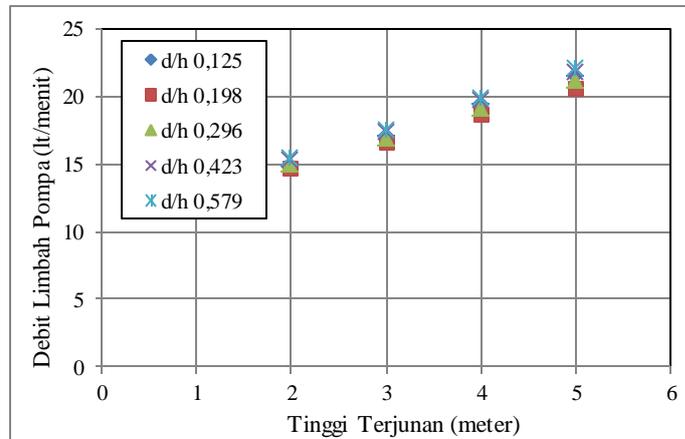
3 Hasil dan Pembahasan

Dalam analisis ini disampaikan hasil perbandingan variasi tinggi terjunan dan variasi dimensi tabung kompresor serta variasi posisi lubang *output* pompa *hydram*. Selain itu, dibandingkan antara debit limbah dan debit *output*nya dan yang terakhir mendapatkan efisiensi dari pompa *hydram*.

Semakin tinggi terjunan akan membawa dampak pada energi potensial yang terjadi akan meningkat seiring meningkatnya *head* ketinggian. *Head* ketinggian akan meningkat jika tinggi jatuh atau tinggi terjunan meningkat juga. Jika energi potensial yang terjadi semakin besar maka tekanan di dalam pompa *hydram* semakin meningkat, hal ini akan membawa pengaruh pada semakin tinggi pula *head* tekan air yang mampu dihasilkan pada sisi *discharge*. Jika *head* tekan meningkat maka secara tidak langsung debit yang dihasilkan akan semakin besar. Demikian pula yang terjadi dari hasil penelitian menunjukkan bahwa tinggi terjunan 5 meter didapatkan debit *output* pompa *hydram* yang terbesar (Gambar 4) demikian pula dengan debit limbah yang terbesar (Gambar 5). Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 meter tinggi terjunan maka debit *ouput* akan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 36,6%.



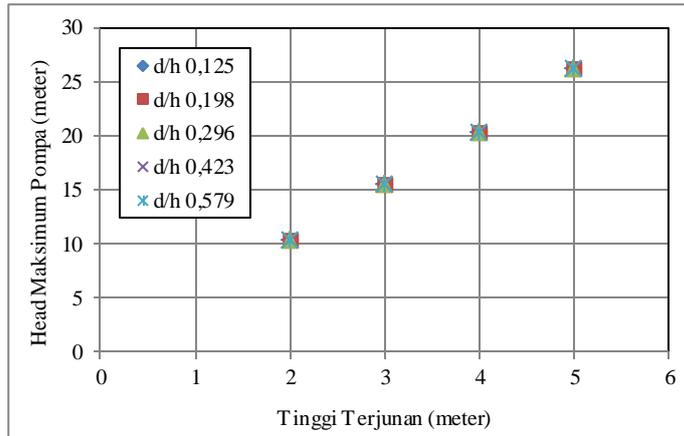
Gambar 4 Hubungan Debit *Output* Terhadap Tinggi Terjunan Pompa Dengan Berbagai Variasi Rasio d/h Tabung Kompreso



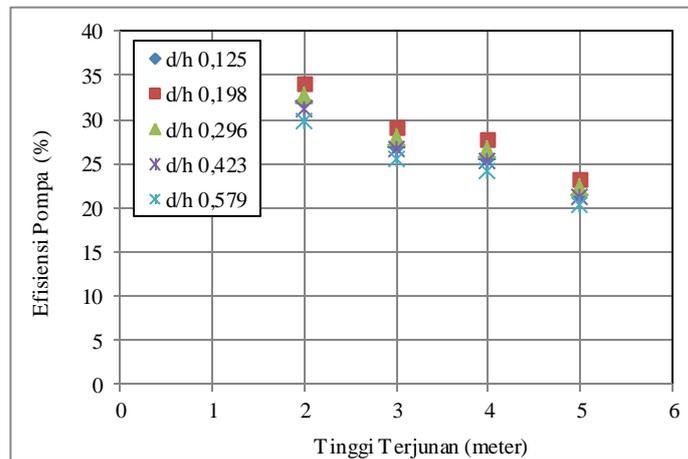
Gambar 5 Hubungan Debit Limbah Terhadap Tinggi Terjunan Pompa Dengan Berbagai Variasi Rasio d/h Tabung Kompresor

Head maksimum adalah tinggi *output* pompa terbesar yang bisa dicapai pompa tersebut. *Head* maksimum terjadi pada debit *output* minimum sebaliknya jika *head* minimum didapat pada debit *output* maksimum. Pada penelitian ini, *head* maksimum dicapai pada berbagai variasi dimensi tabung kompresor besarnya sama. Sedangkan semakin tinggi terjunan maka didapatkan semakin besar *head* maksimum yang diperoleh. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa setiap kenaikan 1 meter tinggi terjunan maka *head* maksimum akan meningkat sebesar 5 ÷ 6 meter (Gambar 6).

Hasil penelitian terhadap pengaruh variasi rasio d/h dari tabung kompresor memberikan pengaruh terhadap debit *output* pompa *hydram*. Pada berbagai variasi rasio d/h dari tabung kompresor diperoleh debit *output* (Gambar 4) dan efisiensi (Gambar 7) pompa *hydram* terbesar pada rasio d/h tabung kompresor 0,198 untuk berbagai variasi tinggi terjunan, namun tidak memberikan pengaruh terhadap *head* maksimum (Gambar 6). Hal ini terjadi dikarenakan meskipun ukuran tabung kompresor bervariasi namun volume dari tabung tersebut sama, ini menunjukkan bahwa ruang udara dengan berbagai variasi tabung kompresor memiliki ukuran yang sama. Keadaan ini secara tidak langsung memberi dampak terhadap tegangan (*pressure pulse*) yang terjadi sama pula yaitu sebesar $0,3 \text{ kg/cm}^2$ sehingga *head* maksimum yang terjadi akan sama juga atau tidak berubah.



Gambar 6 Hubungan *Head* Maksimum Terhadap Tinggi Terjunan Pompa Dengan Berbagai Variasi Rasio d/h Tabung Kompresor



Gambar 7 Hubungan Efisiensi Terhadap Tinggi Terjunan Pompa Dengan Berbagai Variasi Rasio d/h Tabung Kompresor

4 Kesimpulan

Hasil penelitian terhadap pengaruh variasi rasio d/h dari tabung kompresor memberikan pengaruh terhadap debit output pompa *hydram*. Pada berbagai variasi rasio d/h dari tabung kompresor diperoleh debit *output* dan efisiensi pompa *hydram* terbesar pada rasio d/h tabung kompresor 0,198 untuk berbagai variasi tinggi terjunan, namun tidak memberikan pengaruh terhadap *head* maksimum. Hal ini terjadi dikarenakan meskipun ukuran tabung kompresor

bervariasi namun volume dari tabung tersebut sama, ini menunjukkan bahwa ruang udara dengan berbagai variasi tabung kompresor memiliki ukuran yang sama. Keadaan ini secara tidak langsung memberi dampak terhadap tegangan (*pressure pulse*) yang terjadi sama pula yaitu sebesar $0,3 \text{ kg/cm}^2$. *Head* maksimum pompa *hydram* akan berubah atau bertambah besar pada saat tinggi terjunan mengalami peningkatan. Setiap kenaikan 1 meter tinggi terjunan maka debit *ouput* akan mengalami kenaikan rata-rata sebesar 36,6% sedangkan *head* maksimum akan meningkat rata-rata sebesar $5 \div 6$ meter.

5 Referensi

- [1] Cahyanta, Y.A. dan Taufik, I, *Studi Terhadap Prestasi Pompa Hidraulik Ram Dengan Variasi Beban Katup Limbah*, Jurusan Teknik Mesin Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, 2008.
- [2] Dinar M F., *Uji Efisiensi Pompa Hidram dengan Variasi Volume Tabung Udara*, Prosiding Seminar Kontribusi Fisika (SKF2013), Bandung, 2013.
- [3] Herawati, Y., Kuswartomo., and Wibowo, G.D., *Pengaruh Panjang Pipa Inlet Terhadap Efisiensi Pompa Hidram*, Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2009.
- [4] L. Widarto, FX. Sudarto, *Membuat Pompa Hidram*, Kanisius – Yogyakarta, 2002.
- [5] Silla, C., Jafri, m., dan Limbong, I.S., *Pengaruh Diameter Tabung Udara Dan Jarak Lubang Pipa Tekan dengan Katup Penghantar Terhadap Efisiensi Pompa Hidram*, Jurnal Teknik Mesin Undana LONTAR Vol. 01. No. 02 (1-7), 2014.
- [6] Sofwan, M., *Pengaruh Ketinggian Terjunan dan Volume Tabung Udara Terhadap Kinerja Pompa Hidram*, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, 2015.
- [7] Suarda, M. dan Wirawan, IKG, *Kajian Eksperimental Pengaruh Tabung Udara Pada Head Tekanan Pompa Hidram*, Universitas Udayana Bali, 2008.