

RANCANG BANGUN POMPA VACHYDRAM UNTUK MENGATASI PERMASALAHAN AIR PADA LAHAN YANG BERELEVASI LEBIH TINGGI DARI SUMBER AIR

M. Rizalihadi^{1*}, Mahmuddin¹ dan Ziana¹

¹ Teknik Sipil, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh
Corresponding author: maimunrizalihadi@unsyiah.ac.id

ABSTRAK: Tampungan alami (embung) merupakan salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk pertanian. Namun tidak semua lahan disekeliling embung dapat diari, khususnya lahan berelevasi lebih tinggi dari muka air embung. Selama ini, sebagian petani menggunakan pompa air listrik atau bahan bakar untuk menaikkan air ke lahannya. Namun biaya operasional dan perawatan yang dikeluarkan sangat mahal. Sehingga banyak lahan potensial pertanian tidak dapat diari secara optimal, membuat produksi hasil pertanian menurun yang berdampak pada penghasilan petani. Terkait dengan permasalahan di atas, pemanfaatan teknologi yang mampu menaikkan dan mengalirkan air dari sumbernya ke lahan pertanian sangat dibutuhkan, salah satu teknologi yang selama ini sering digunakan adalah pompa tanpa bahan bakar dan listrik seperti kincir air atau pompa hidram. Ke dua jenis pompa tersebut dapat bekerja dengan memanfaatkan energi yang dihasilkan oleh aliran air, namun tidak dapat bekerja pada sumber air dari embung yang bersifat hidrostatik. Pengabdian ini bertujuan untuk merancang bangun pompa PVC *vachydrum* (*vacuum hydraulic ram*) tanpa bahan bakar dan listrik yang mampu bekerja pada air statis dan tanap mengganggu lingkungan embung, untuk menaikkan air pada suatu elevasi tertentu. Untuk Tahap awal telah dirakit model rancang pompa *vachydrum* dengan menggabungkan pompa vakum dan hidram. Pompa vakum dirakit menggunakan 4 buah pipa PVC $\phi=4''$ dengan panjang 1 m yang dihubungkan secara paralel dan dilengkapi dengan pipa hisap PVC $\phi=1''$ dan pipa outlet PVC $\phi=2''$. Pompa hidram dirakit dari pipa besi $\phi=1''$ dengan katub buang dan hantar dari kuningan $\phi=1''$ serta pipa pembawa $\phi=1/2''$. Hasil pengujian pada sumber air dengan ketinggian 1,20-1,50 meter di atas elevasi pompa hidram dihasilkan debit berkisar antara 0,85 hingga 2,67 liter/menit (1220-3840 liter/hari) pada ketinggian 3,00 hingga 6,00 meter sejauh 40 m dari sumber air dengan efisiensi 4,3-13,8%. Hasil ini telah memberikan alternatif solusi dalam menanggulangi permasalahan ketersediaan air pada lahan yang berelevasi lebih tinggi dari sumber air. Sehingga dapat mendukung produktivitas masyarakat dalam rangka ketahanan pangan nasional, dan kesejahteraan masyarakat secara keseluruhan.

Kata Kunci: Embung, lahan pertanian, pompa hidram, vakum, *vachydrum*

ABSTRACT: Natural reservoir as called embung, is a water resource that can be used for agriculture. However, not all the land around the embung can be provided water, especially the land elevated above the water level of the embung. So far, some farmers use electric or fuel water pumps to raise water to their land. However, the operational and maintenance costs are very expensive. So that a lot of potential agricultural land cannot be used optimally, resulting in decreased agricultural production which has an impact on farmers' income. Related to the above problems, the use of technology that is able to raise and flow water from its source to agricultural land is needed. One of the technologies that have been frequently used is a pump without fuel and electricity such as a waterwheel or hydram pump. Both types of pumps can work by utilizing the energy generated by the flow of water, but they cannot work on water sources from hydrostatic reservoirs. This work aims to design a PVC *vachydrum* (*vacuum hydraulic ram*) pump without fuel and electricity that is able to work on static water and without disturbing the reservoir environment, to raise water at a certain elevation. For the initial stage, a *vachydrum* pump design model has been assembled by combining a vacuum pump and a hydram. The vacuum pump is assembled using 4 pieces of PVC pipe $\phi = 4$ "with a length of 1 m connected in parallel and equipped with a PVC suction pipe $\phi = 1$ " and a PVC outlet pipe $\phi = 2$ ". Hydram pump is assembled from iron pipe $\phi = 1$ "with brass waste and delivery valve $\phi = 1$ " and delivery pipe $\phi = 1/2$ ". The test results at a water source with a height of 1.20-1.50 meters above the elevation of the hydram pump resulted in a discharge ranging from 0.85 to 2.67 liters/minutes (1220-3840 liters/day) at an altitude of 3.00 to 6, 00 meters as far as 40 m from the water source with an efficiency of 4.3-13.8%. These results have provided alternative solutions in overcoming the problem of water availability on land that

has a higher elevation from the water source. So that it can support community productivity in the context of national food security and the welfare of society as a whole.

Keywords: Natural resources (Embung), agricultural land, hydram pump, vacuum, vachydram

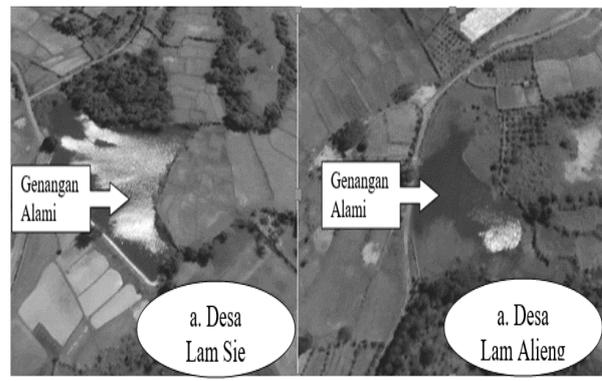
PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan kondisi terpenuhinya pangan bagi setiap masyarakat yang tecermin dari tersedianya pangan yang cukup, baik jumlah maupun mutunya, aman, merata, terjangkau, dan berbasis pada keragaman sumber daya lokal. Kondisi tersebut merupakan pendefinisian dalam Undang-Undang No 18 Tahun 2012 tentang Pangan. Indikator yang berpengaruh pada akses pangan dapat dikelompokkan menjadi tiga aspek yaitu: a) Aspek ekonomi (pendapatan, harga pangan dan non pangan, kesempatan kerja); b) Aspek fisik (sarana dan prasarana perhubungan, infrastruktur daerah, produksi pangan); dan c) Aspek sosial (preferensi terhadap makanan, pendidikan, konflik/perang, gotong royong, bantuan pangan) (PKP, 2012). Mengacu pada undang-undang tersebut, maka air dan prasarana air adalah salah satu faktor yang mendukung ketahanan pangan.

Banyak daerah-daerah di pedesaan Indonesia, secara khusus di Aceh tersedia banyak sumber air permukaan, baik dari sungai, danau atau tampungan alami. Namun kenyataan menunjukkan bahwa masih banyak daerah di pedesaan yang masih mengalami kesulitan dalam penyediaan air untuk kegiatan pertanian. Sehingga produksi pertanian dan perkebunan pada daerah tersebut tidak dapat dimaksimalkan yang berdampak pada ketahanan pangan masyarakat. Sebagai contoh adalah Kabupaten Aceh Besar, menurut data Badan Pusat Statistik (BPS Aceh, 2016) masih ada 16,88% masyarakat Aceh Besar berada di bawah kemiskinan. Angka tersebut menunjukkan tingkat kemiskinan di desa-desa yang ada di Aceh Besar masih tinggi, meskipun daerah tersebut mempunyai sumber daya alam (SDA) yang sangat kaya, khususnya industri pertanian. Salah satu desa yang masih diaah tingkat kemiskinan adalah Desa Lam Aling dan Lam Sie. Secara umum daerah ini mempunyai topografi yang bergelombang, ada bagian dataran dan ada bukit-bukit kecil dengan elevasi berkisar antara 10-150 m dpl laut. Selanjutnya karena topografi yang demikian maka banyak terdapat daerah cekungan yang menjadi genangan alami yang berpotensi sebagai sumber air pertanian, seperti terlihat pada Gambar 1.

Permasalahan yang dialami masyarakat desa adalah ketidakmampuan dari masyarakat mengeksploitasi sumber daya air yang ada mengingat lokasi sumber air yang terlalu jauh atau elevasi sumber air yang terlalu rendah di bawah lahan pertanian. Selama ini untuk mengatasi

keadaan tersebut, masyarakat dan petani menggunakan pompa air yaang digerakkan oleh tenaga listrik atau bahan bakar untuk meyediakan kebutuhan air dari sumber air tersebut. Namun penggunaan jenis pompa tersebut terbatas pada masyarakat yang mempunyai tingkat ekonomi yang lebih baik, atau dapat dikatakan banyak masyarakat pedesaan yang belum dapat memilikinya. Hal ini disebabkan karena kemampuan ekonomi masyarakat desa yang sangat lemah, disamping biaya operasi dan perawatan yang besar bila menggunakan pompa bahan bakar atau listrik.



Gambar 1 Sumber air genangan alami (*Paya*) di Aceh Besar.

Untuk menanggulangi masalah penyediaan air baik untuk kehidupan maupun untuk kegiatan pertanian, peternakan dan perikanan khususnya di daerah pedesaan, para ahli mencari alternatif solusi dalam menanggapi permasalahan tersebut. (Krol, 1951), (Molyneux, 1960), (Watt, 1982) dan (Teye, 1998) telah membuat dan menggunakan jenis pompa tanpa bahan bakar atau listrik untuk mengalirkan air dari sumber air. Pompa yang digunakan disebut *Hydraulic Ram Pump*, di mana energi utamanya berasal dari energi kinetik yang dihasilkan oleh aliran air. Sementara (Jeffery, 1992) telah menyusun cara membuat pompa hidram.

Pompa hidram bekerja tanpa menggunakan bahan bakar atau listrik. Pompa ini hanya memanfaatkan tenaga aliran air yang jatuh dari tempat suatu sumber air yang mengalir dan sebagian dari air itu dipompakan ke tempat yang lebih tinggi. Pada berbagai situasi, penggunaan pompa hidram memiliki banyak keuntungan dibandingkan penggunaan jenis pompa air lainnya.

Keuntungannya adalah tidak membutuhkan bahan bakar, cara pembuatan, pengoperasian dan pemeliharannya sangat mudah dan murah (Arie, 2006). Selain itu pompa ini mampu bekerja selama dua puluh empat jam per hari. Jadi pompa hidram sangat tepat untuk daerah-daerah yang mempunyai sumber air yang mengalir seperti sungai, terjunan air dan artesis.

Jenis pompa lainnya yang sudah digunakan di Indonesia atau negara lainnya adalah jenis pompa sistem vakum atau disebut pompa air gravitasi. Pompa ini menggunakan tenaga hisap yang dihasilkan dari tabung utama pompa yang harus kedap udara. Pompa ini dapat mengalirkan sumber air permukaan yang menggenang dari suatu genangan alami atau rawa-rawa secara gravitasi. Pompa vakum merupakan suatu kondisi dari udara/gas sekitar lingkungan tertentu di mana tekanan udara di bawah tekanan atmosfer. Untuk menghasilkan vakum perlu untuk mengeluarkan udara dari sistem, ini merupakan prinsip dasar dari cara kerja agar drum yang digunakan menjadi vakum (Mughtar, 2011) dan (Paijo, 2007).

Penggunaan ke dua jenis pompa di atas mempunyai kelebihan dan kelemahan. Kedua pompa ini sama-sama tidak membutuhkan listrik atau bahan bakar dalam menjalankannya pembuatannya mudah dan murah perawatannya. Namun Pompa hidram hanya bisa dijalankan pada air yang mengalir sehingga dapat menghasilkan tenaga kinetik untuk menggerakkan pompa agar air dapat dinaikkan pada elevasi tertentu. Sementara pompa vakum dapat mengalirkan air genangan walaupun air tersebut dalam kondisi hidrostatis, namun pompa ini tidak dapat menaikkan air ke tempat yang mempunyai ketinggian tertentu.

Mengingat kelebihan dan kekurangan dari dua pompa itu, (Maimun, 2019) telah mengembangkan suatu model pompa, menggunakan teknologi tepat guna, efisien, dan ekonomis dan ramah lingkungan, Dalam dalam pengoperasiannya tidak bergantung pada tenaga listrik atau bahan bakar dan dapat digunakan pada berbagai kondisi sumber air yang ada. Salah satu teknologi pengairan yang telah dikembangkan adalah dengan mengkombinasikan kedua pompa vakum dan hidram yang diberi nama dengan pompa **Vachydrum (Vacuum hydraulic ram)**. Prinsip kerja pompa ini adalah air yang ada di sumber air genangan yang hidrostatis dihisap oleh pompa vakum dan dapat dialirkan secara gravitasi. sehingga dapat menghasilkan energy kinetik yang menjadi sumber penggerak dari pompa hidram. Energi kinetik yang masuk ke dalam pompa hidram, dapat diubah oleh pompa hidram menjadi energy mekanik yang dapat memompa dan mengalirkan air ke suatu elevasi tertentu. Sehingga lahan pertanian atau perkebunan atau

untuk kebutuhan lain dapat dialirkan air. Pompa vachydrum sangat mengikuti konsep hijau (*green concept*), karena untuk menggerakkan pompa ini tidak menggunakan bahan bakar atau listrik. Disamping itu, pompa ini juga tidak membutuhkan kontruksi intake pada embung atau kontruksi pembendungan pada sungai dalam menghasilkan aliran. Jadi dapat dikatakan penggunaan pompa ini tidak merusak lingkungan embung atau sungai. Namun kelemahannya, elevasi sumber air harus lebih tinggi dari outlet pompa vakum, sehingga air dapat dialirkan secara gravitasi.

Pada rancangan awal, (Maimun, 2019) menggunakan tabung penghisap (tabung vakum) yang terbuat dari drum seng. Dari pengamatan yang dilakukan, drum seng mudah mengalami karatan, disamping itu, tidak dapat menahan daya hisap yang terlalu tinggi karena drum terbuat dari kaleng yang tipis. Akibatnya tabung vakum mengalami penciutan, yang dapat mengganggu sistem pompa. membuat kemampuan mengalirkan debit menjadi berkurang. Atas dasar itu perlu dilakukan perbaikan tabung vakum dengan menggantikan drum kaleng dengan pipa PVC yang tahan gaya hisap agar kemampuan pompa menjadi lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang bangun pompa PVC *vachydrum (vacuum hydraulic ram)* tanpa bahan bakar dan listrik yang mampu bekerja pada air statis dan tanpa mengganggu lingkungan embung yang berguna untuk menaikkan air pada suatu elevasi tertentu. Sehingga masyarakat pedesaan dapat mengatasi masalah penyediaan air untuk lahan pertanian yang lebih tinggi dari sumber air.

DASAR TEORI

Pompa vakum

Pompa vakum atau juga disebut sebagai pompa air tenaga gravitasi yang bisa memompa air dari genangan tanpa memerlukan bahan bakar maupun listrik tentu menjadi impian semua orang. Sudah banyak pula para peneliti yang menggambar desain serta membuat prototipenya baik berupa miniatur maupun dalam skala penuh. Namun banyak pematannya yang mengalami kegagalan. Air yang diharapkan tidak dapat tertarik oleh pompa vakum, karena beda elevasi sumber air dengan tujuan aliran terlalu tinggi. Air yang berasal dari sumber baru bias mengalir bila elevasi lahan lebih rendah dari sumber air, agar air dapat mengalir secara gravitasi ke tempat yang lebih rendah. Fungsi drum vakum disini adalah untuk membantu menghisap air agar dapat mengalir.

Analisa teori pompa air tenaga gravitasi

(Paijo, 2007) menguraikan dasar teori yang berlaku pada pompa air tenaga gravitasi secara mekanika fluida yaitu: berdasarkan Gambar 2 diperoleh tekanan hidrostatik pada ujung titik A adalah:

$$P_A = \rho gh_1 \tag{1}$$

Pada titik C adalah

$$P_C = \rho gh_2 \tag{2}$$

Selanjutnya tekanan dari titik A ke B adalah

$$P_{A-B} = P_{atm} - \rho gh_1 \tag{3}$$

Dan tekanan dari titik B ke C adalah

$$P_{B-C} = P_{atm} - \rho gh_2 \tag{4}$$

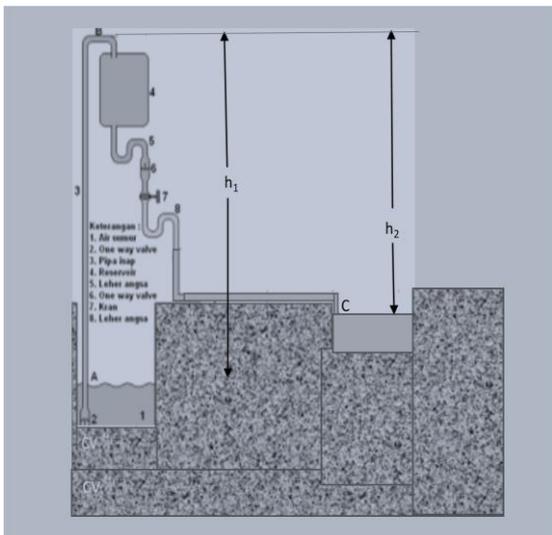
dimana: ρ = massa jenis air (1000 kg/m^3); g = gravitasi ($9,81 \text{ m/det}^2$); h_1 = beda tinggi antara titik A ke B; h_2 = beda tinggi antara titik B ke C dan P_{atm} = tekanan atmosfer udara (mb).

Syarat untuk dapat mengalirkan air adalah tekanan pada titik awal harus lebih tinggi dari titik akhir, yang dapat diuraikan sebagai berikut $P_A > P_B$ dengan mengkombinasikan persamaa 3 dan 4 maka dapat ditulis sebagai berikut;

$$P_{atm} - \rho gh_1 > P_{atm} - \rho gh_2 \tag{5}$$

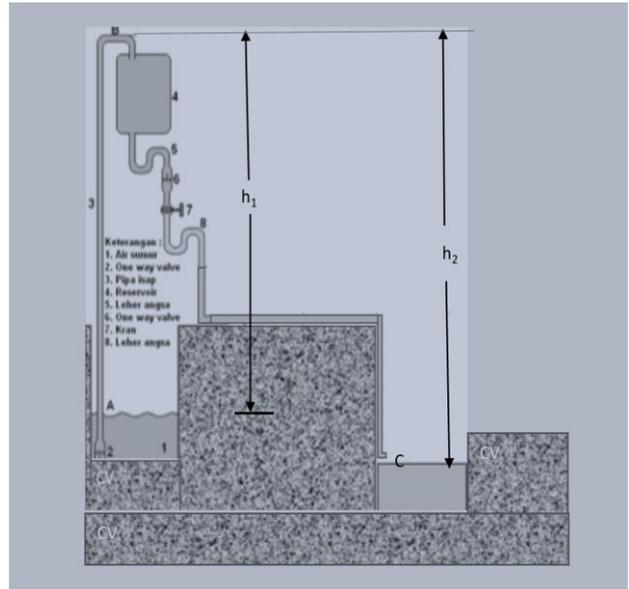
Sehingga dapat diperoleh

$$-\rho gh_1 > -\rho gh_2 \quad \text{atau } h_1 - h_2 > 0 \tag{6}$$



Gambar 2 Kondisi aliran yang tidak mengalir secara gravitasi.

Karena $h_1 < h_2$ maka air tidak dapat mengalir ke ujung akhir aliran, atau berdasarkan Gambar 2, maka air tidak dapat mengalir dari titik A ke titik C. Berdasarkan analisa tersebut selama elevasi sumber air lebih rendah dari lahan yang ada maka air tidak dapat mengalir dengan menggunakan pompa air gravitasi. Oleh karena itu perlu dibuat suatu kondisi agar elevasi sumber air harus lebih tinggi dari lahan yang akan di alirkan atau $h_1 - h_2 < 0$ seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Kondisi aliran yang mengalir secara gravitasi

Pompa Hydrum

Pompa Hydraulic ram (*Hydrum*) adalah pompa air dijalankan dengan tenaga air itu sendiri. Bekerja seperti transformator hidrolik dimana air yang masuk kedalam pompa, yang mempunyai tekanan (*hydraulic head*) dan debit tertentu, menghasilkan air dengan hydraulic head yang lebih tinggi namun dengan debit yang lebih kecil. Pompa ini memanfaatkan "*Water hammer effect*" untuk menghasilkan tekanan yang memungkinkan sebagian dari air yang masuk memberi tenaga kepada pompa, diangkat ke titik lebih tinggi dibandingkan head awal dari air tersebut.

John Whitehurst, seorang warga inggris adalah penemu pertama pompa hidram pada tahun 1771. Kemudian seorang warga perancis bernama B. Montgolfier menambahkan katup yang membuat pompa bisa aktif sendiri. Pada tahun 1809, paten pertama amerika untuk pompa hydrum dikeluarkan bagi J. Cerneau and S. S. Hallet di New York. Dan semenjak tahun 1800-an pompa hydrum telah menyebar luas di dunia ke Indonesia dan bahkan di Aceh sendiri juga sudah menggunakan pompa hydrum di beberapa daerah perbukitan.

Pompa Hydram ini sangat sesuai untuk digunakan di daerah terpencil, dimana terdapat sumber air yang mempunyai head rendah, serta diperlukan memompa air kelokasi pemukiman yang mempunyai elevasi lebih tinggi dari sumber air tersebut. Pada kondisi seperti inilah pompa hydram menjadi sangat bermanfaat sekali, karena pompa ini tidak membutuhkan sumber daya lain selain energi kinetik dari air yang mengalir itu sendiri.

Faktor-faktor yang berpengaruh

Untuk menjalankan pompa hidram ada beberapa factor yang sangat diperlukan agar penggunaan pompa dapat lebih efisien. Gambaran kondisi lapangan yang menjadi faktor utama perencanaan pompa hidram tergambar pada Gambar 4 (Lya, 2014). Adapun faktor-faktor yang perlu perhatian antara lain:

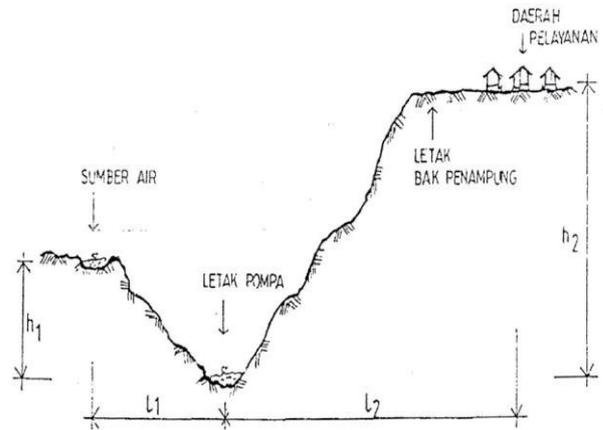
- a. Sumber air
Sumber air yang digunakan untuk menggerakkan pompa hidram berasal dari, sungai, danau, waduk, artesis atau dari genangan air. Sumber air yang digunakan secara kualitas dan kuantitas harus dapat dipenuhi. Sumber air yang tersedia harus secara kontinyu meskipun pada musim kemarau.
- b. Elevasi sumber air
Untuk menggerakkan pompa hidram diperlukan ketinggian tertentu biasanya minimal 100 cm, sehingga diharapkan dapat menghasilkan debit minimal 30 liter per menit. Secara umum elvasi ini dimaksudkan untuk mendapatkan data ketinggian lokasi yang antara lain: beda tingg antara letak sumber air dengan rencana letak pompa dan daerah layanan; jarak antara sumber air ke penempatan pompa dan daerah layanan.
- c. Daerah layanan
Lokasi penempatan pompa hidram dan bak penampung harus tepat yang bergantung pada jumlah penduduk, dan luas layanan baik untuk masyarakat maupun untuk pertanian. Lokasi penempatan juga harus aman dari banjir, longsor, erosi dan lain-lain.

Efisiensi Pompa Hidram

Setelah diperoleh data lokasi tentang debit sumber air, perbedaan ketinggian dan daerah pelayanan, maka kita dapat menghitung sebagai berikut, (Lya, 2014):

$$Q_2 = \frac{H_1 Q_1 r}{H_2} \tag{7}$$

dimana; Q_1 = debit sumber air yang masuk ke Pompa, Q_2 = Volume air yang dihasilkan pompa (liter/menit), H_1 = beda tinggi jatuh vertical sumber air dengan pompa (m), H_2 = ketinggian lokasi bak tampungan, r = rendemen atau efisiensi (bernilai antara 0,5 – 0,6).



Gambar 4 Faktor-faktor pendukung kondisi lapangan dalam perencanaan pompa hidram.

Kinerja (Performance) Hidram dapat dilihat seberapa besar debit yang keluar bisa dibandingkan dengan debit yang masuk atau dapat dikatakan efisiensi dari suatu pompa, besar efisiensi dari pompa dapat diestimasi dengan persamaan berikut ini.

$$\eta = \frac{Q_{out}}{Q_{in}} \times 100\% \tag{8}$$

Dimana; η = efisiensi (%), Q_{in} = debit yang masuk (liter/menit) dan Q_{out} = debit yang keluar (liter/menit). Standar Puskim berdasarkan Watt, (1974) menyusun besaran debit dan ukuran pompa seperti yang tercantum pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1 Kapasitas berdasarkan ukuran pompa hidram

Ukuran hidram		1	2	3	4	5	6
Diameter pipa	mm	32	38	51	76	101	127
	Inci	1 ¼	1 ½	2	3	4	5
Debit pompa (Qs).	dari	7	12	27	68	132	180
	ke	16	25	55	137	270	410
	(L/menit)	x)					

Sementara menurut Silver, (1977) jumlah maksimum dan minimum debit pemasangan yang harus tersedia disusun dalam Tabel 2 di bawah ini.

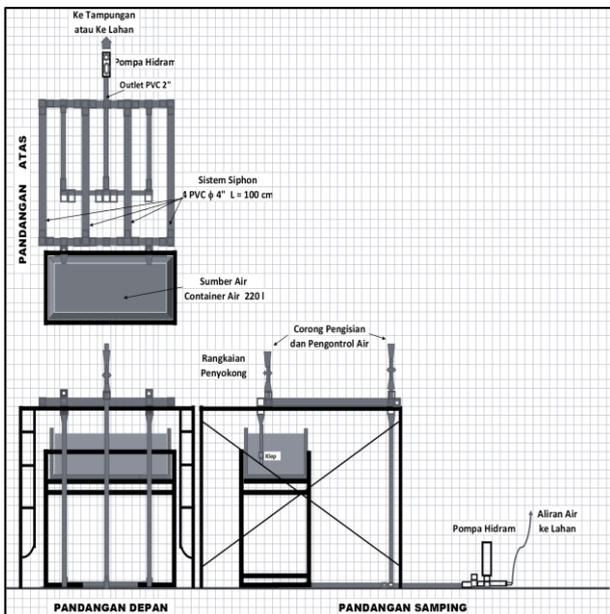
Tabel 2 Besaran maksimum dan minimum debit pemasukan yang harus tersedia.

Badan Pompa		Pemasukan minimum	Pemasukan Maksimum
(inci)	(mm)	(L/menit)	(L/menit)
1,00	25	7,6	37,9
1,50	37	17,1	56,8
2,00	51	30,3	94,6
2,50	63,5	56,8	151,4
3,00	76	94,6	265
4,00	102	151,4	378,5

METODOLOGI PELAKSANAAN

Rancang bangun model pompa vachydrum

Sebelum prototip pompa vachydrum diimplementasikan, maka perlu dirancang model pompa vachydrum yang merupakan gabungan antara pompa vacum dan hydram. Pompa vakum berfungsi untuk mengisap air dari sumber air yang diam menjadi aliran yang dengan debit tertentu, sehingga aliran yang dihasilkan menjadi energi kinetik yang menggerakkan pompa hidram untuk dapat menaikkan air dengan ketinggian tertentu. Secar lengkap rancangan model pompa vachydrum dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Gambar rancangan model pompa vachydrum.

Material dan bahan yang digunakan dalam merakit pompa ini terbuat dari pipa PVC dengan diameter sesuai dengan fungsinya. Badan pompa vakum terbuat dari 4 buah pipa PVC 4'' panjang 80 cm yang dihuungkan secara

paralel. Pipa hisap dibuat dari PVC 1'' dan dilengkapi dengan katup (klep) kuningan 1''. Pipa ouput dipasang dari pipa PVC 2'' dan dilengkapi dengan kran 2''. Untuk menghubungkan diantara pipa digunakan tee, elbow dan reducer dari PVC. Sedangkan pompa hidram dibuat dari besi dengan ukuran 3/4 dan 1'' dengan katup uang dan hantar dari kuningan. Untuk lelasnya bhhan dan material yang dibutuhkan unruk merakit pompa vachydrum dapat diliah pada Tabel 3. Peralatan pendukung yang digunakan dalam merakit pompa adalah: gergaji pipa, grinda, bor tangan, kunci pas dan palu.

Tabel 3 Bahan dan material

No	Jenis bahan	Ukuran	Kegunaan
1	Kontainer air	220 liter	Wadah sumber air
2	Pipa PVC	φ 1 inch	Pipa hisap
3	Katup PVC	φ 1 inch	Pengontrol air hisap
4	Stop kran	φ 1 inch	Buka tutup pengisian
5	Reducer	φ 1 ke 2 inch	Corong air dan
6	Pipa output	φ 2 inch	Menghantarkan air
7	Stop kran	φ 1/2 , 1 dan 2 inch	Mengontrol air
8	Pipa PVC	φ 4 inch	Badan pompa vakum
9	Pipa PVC	φ 1 inch	Pipa hantar
10	Katup tabok kuningan	φ 3/4-1 inch	Katup pembuang
11	Katup kaki kuningan	φ 3/4-1 inch	Katup hantar hidram
12	Tee PVC	φ 2 dan 4 inch	Penghubung
13	Atmometer	-	Pengukur tekanan
14	Reducer	φ 1 ke 2 inch dan φ 2 ke 4 inch	Penghubung pipa 1/2-1 ke pipa 2-3 inch
15	Stop kran	φ 1/2, 3/4, 1 dan 2	Pengontrol aliran
16	Pipa PVC	φ 3 inch	Tabung udara
17	Cap PVC	φ 3 inch	Penutup tabung
18	Slang	φ 1/2 inch	Penghantar air ke
19	Wadah	-	Pengukur air
20	Kayu dan scaffolding	4 set	Penyokong pompa

Prosedur pengoperasian dan pengujian pompa vachydrum

Ada beberapa hal yang harus diperhatikan sebelum proses running dilakukan, yaitu pastikan bahwa drum serta sambungan tidak mengalami kebicoran. Mengingat pompa vakum harus bebas dari kebocoran untuk menjaga tekanan dalam pompa tidak sama dengan tekanan udara luar (atmosfir). Sama halnya dengan pompa hidram, tabung udara dan sambungannya harus bebas dari kebocoran, agar pompa hidram dapat memberi tekan maksimal untuk memompa air. Adapun langkah yang harus dilakukan dalam mengoperasi pompa vachydra adalah:

- Set rangkaian pompa hidram terlebih dahulu sebelum dihubungkan ke pompa hidram, atur ketinggian muka air di container sumber air.
- Pastikan ke dua kran pengontrol air terbuka, lalu isi air melalui kran ke dalam tabung hingga penuh hingga terlihat air melimpah dengan stabil pada ke dua kran tersebut atau tidak terlihat gelembung udara lagi.

- c. Setelah penuh air di dalam drum semua kran ditutup, lalu buka stop kran outlet pompa vakum, sehingga air mengalir ke luar.
- d. Perhatikan tinggi air pada sumber air di dalam kontainer, bila terjadi perubahan ketinggian berarti pompa vakum berjalan dengan baik, dan bila sebaliknya stop berarti ada bagian yang mengalami kebocoran atau pemasangan katup pipa hisap yang kurang sempurna.
- e. Periksa dan perbaiki yang mengalami kebocoran sebelum melanjutkan running, bila air yang keluar sudah sempurna dan lancar maka pompa ini telah selesai dan siap dipakai.
- f. Buka kran pipa output, ukur debit yang keluar melalui pipa tersebut.
- g. Debit aliran diukur dengan metode volumetrik, dengan mengukur volume tampungan selama 1 menit, sehingga debit output dalam liter/menit dapat diketahui.
- h. Bila debit sudah memenuhi, lalu sambungkan pipa output pompa vakum dengan union ke pompa hidram, lalu amati pompa hidram, bila katup limbah masih tertutup akibat aliran, berarti pompa hidram sudah bekerja, dan bila airnya keluar dari katup berarti tekanan yang masuk sangat lemah, kemungkinan debit yang terlalu kecil atau perlu menaikkan muka air di sumber air.
- i. Bila pompa hidram sudah bekerja, meskipun katup limbah tertutup, maka tekan katup limbah dengan tangan hingga air memancar keluar, kemudian biarkan lagi dan perhatikan bila masih belum bekerja lanjutkan menekan kembali katup limbah sampai katup limbah tersebut mengalami gerakan tutup buka.
- j. Bila katup limbah sudah mengalami tutup buka secara kontinyu, biarkan selama 1 menit, lalu matikan dan amati tekanan yang terjadi pada pengukur tekanan. Pengukuran tekan dapat memberi gambaran ketinggian air yang mampu dinaikkan oleh pompa hidram, misalkan 10 psi dapat menaikkan air setinggi sekitar 7 meter.
- k. Buka kembali kran input agar air masuk kembali ke pompa hidram, ulangi lagi hingga pompa hidram bekerja tutup buka secara kontinyu.
- l. Buka kran outlet pompa hidram, perhatikan pergerakan air yang naik secara perlahan-lahan hingga ketinggian yang diinginkan. Ukur volume air yang keluar melalui pipa dari wadah tampungan selama 1 menit. Lalu hitung debit yang dihasilkan oleh pompa hidram. Maka selesai proses running menggunakan pompa vachydrum.
- m. Lakukan pengulangan hingga pengukuran selesai.

Pengukuran dan analisis Data

Running dilakukan pada ketiga variasi ukuran pompa hidram yaitu; ϕ 3/4 dan 1". Pengukuran debit dilakukan pada variasi ketinggian ketinggian 200, 300 dan 400 cm dari elevasi pompa hidram. Seri rancangan percobaan yang dilakukan dengan tiga kali pengulangan dan hasilnya pengukuran diolah dengan menggunakan *software excel* untuk melihat kemampuan pompa dalam mengalirkan debit aliran.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan meliputi hasil rakitan pompa vachydrum dan pengujian pompa. Pengujian yang dilakukan meliputi analisa debit output berdasarkan tinggi muka air di sumber air dan diameter pipa hantar (*delivery pipe*) dan analisa hubungan antara ukuran pompa dan ketinggian pancaran air terhadap debit output aliran.

Perakitan Model Pompa Vachydrum

Perakitan model pompa vachydrum dilakukan atas dasar dua jenis pompa, yaitu perakitan pompa vakum dan hidram. Material dan bahan yang digunakan dalam merakit pompa ini terbuat dari pipa PVC dengan diameter sesuai dengan fungsinya. Badan pompa vakum terbuat dari 4 buah pipa PVC 4" panjang 80 cm yang dihuungkan secara paralel. Pipa hisap dibuat dari PVC 1" dan dilengkapi dengan katup (klep) kuningan 1". Pipa output dipasang dari pipa PVC 2" dan dilengkapi dengan kran 2". Sedangkan pompa hidram dirakit dari besi dengan ukuran 3/4 dan 1" yang dilengkapi dengan katup buang dan hantar dari kuningan dengan ukuran 3/4 dan 1", serta tabung udara dari PVC 3" setinggi 70 cm.

Hasil akhir dari perakitan pompa vachydrum yang merupakan gabungan antara pompa vakum dan hidram dapat dilihat pada Gambar 6

Pengujian Model Pompa Vachydrum

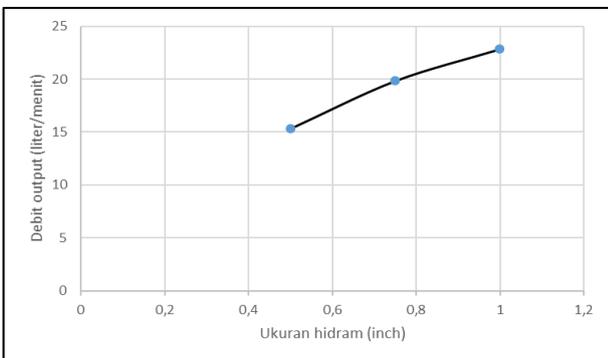
Sebelum dilakukan pengujian atau pengoperasian, pastikan susunan rangkaiannya harus benar dan hindari kebocoran pada pompa. Running dilakukan dengan Langkah-langkah pengoperasian pompa vachydrum seperti yang dijelaskan di metodologi di atas.



Gambar 6 Rakitan model pompa Vachydrum lengkap

Analisa debit output pompa vakum

Pengukuran debit dilakukan sebanyak 3 kali dengan variasi ketinggian muka air di sumber air dan diameter pipa hantar. Debit diukur dengan metode volumetri seperti ditunjukkan pada Gambar 8. Ketinggian muka air di sumber air di set setinggi 120 dan 160 cm, dengan ukuran pipa output disesuaikan dengan ukuran pompa hidram yaitu 3/4 dan 1 inch. Gambar 7 menunjukkan bahwa debit menjadi lebih besar dengan pembesaran diameter pipa output.



Gambar 7 Debit output pompa vakum

Hasil pengukuran debit output menunjukkan bahwa cenderung naik dengan peningkatan diameter pipa hantar. Hasil juga menunjukkan bahwa debit output juga meningkat dengan meningkatnya ketinggian muka air di sumber air. Debit output pompa vakum yang dihasilkan sebesar 20,66 l/menit. Menurut (Silver, 1977), untuk menjalankan pompa hidram diperlukan debit minimum 7,5 l/menit dan maksimum 37,9 l/menit, (lihat Tabel 2 di atas). Jadi pompa vakum sangat layak untuk menggerakkan pompa hidram mengingat debit yang dihasilkan berada diantara standar yang ada, atau dengan kata lain rancang bangun pompa vachydrum dapat digunakan.



Gambar 8 Pengukuran debit output pompa hidram

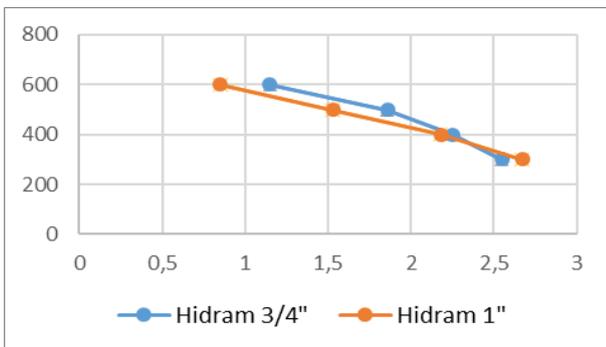
Analisa debit output pompa hidram dan ketinggian aliran

Analisa ini dilakukan pada pompa vachydrum, dimana pompa vakum dan hidram sudah berjalan bersama-sama, seperti pada Gambar 6. Aliran dari pompa vakum masuk ke sistem pompa hidram sehingga pompa hidram dapat beroperasi. Hasil pengujian pada sumber air dengan ketinggian 1,20 - 1,60 meter di atas pompa hidram dapat mengalirkan debit berkisar antara 0,85 hingga 2,67 liter per menit, untuk lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4. Bila dikonversikan, maka hasil yang diperoleh tersebut memberikan volume tampungan 1220 hingga 3840 liter per hari. Nilai tersebut diperoleh dari pengukuran secara volumetri dari pipa output pompa hidram sepanjang 40 meter dengan variasi ketinggian 3-6 m dari elevasi pompa hidram.

Tabel 4 Debit output pompa vachydrum

Ukuran pompa hidram	Debit output pompa vachydrum (liter/ menit)			
	Ketinggian output aliran (cm)			
	300	400	500	600
3/4" (905 cm)	2,55	2,25	1,86	1,15
1" (2,540 cm)	2,67	2,18	1,53	0,85

Hasil di atas menunjukkan bahwa volume tampungan mengecil dengan penambahan tinggi elevasi output, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Hal ini disebabkan oleh tekanan air balik di dalam pipa akibat penambahan ketinggian, sehingga dapat menambah tahanan aliran (*flow resistant*) di dalam pipa. Ini berdampak pada nilai efisiensi pompa dimana efisien yang terjadi menjadi lebih kecil bila elevasi aliran bertambah tinggi, nilai efisiensi yang diperoleh berkisar antara 4,3-13,8%.



Gambar 9 Debit output pompa hidram

Selanjutnya, nilai efisiensi yang diperoleh lebih rendah dibandingkan secara teori yaitu sebesar 0,5-0,6, perbedaan ini mungkin terjadi karena kehilangan sepanjang pipa hantar. Oleh karena itu maka perbedaan ini perlu dikaji ulang untuk menyesuaikan kembali nilai rendemen yang ditetapkan secara teori tersebut. Perlu kajian kehilangan air yang terjadi sewaktu masuk ke tubuh pompa hidram, air buangan pada katup limbah dan kehilangan di pipa hantar (*delivery pipe*) dan kehilangan lainnya.

Secara umum hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ada pengaruh ukuran pompa dan ketinggian output aliran. Debit output mempunyai kecenderungan

meningkat dengan makin besar ukuran pompa hidram, sebaliknya debit output pompa berkurang dengan meningkatnya ketinggian output aliran.

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat dikatakan bahwa rancang bangun pompa vachydrum sudah dapat bekerja dengan baik walaupun dirasa masih ada kelemahan, khususnya daya hisap pompa vakum. Namun kelebihan pompa vachydrum adalah tanpa bahan bakar dan energi listrik, dan ramah lingkungan dengan tanpa merusak daerah sumber dengan membangun intake atau bendung untuk mengalirkan air ke pompa. Atas dasar ini maka rancang bangun pompa vachydrum dapat dikatakan peralatan yang memenuhi konsep hijau (*green equipment concept*).

Oleh karena itu, perlu kajian lebih lanjut untuk merancang pompa ini menjadi lebih efektif dan efisien dan berdaya guna dalam pemenuhan ketersediaan air baik untuk air bersih maupun untuk kebutuhan lahan pertanian.

KESIMPULAN

Berdasarkan analisa dari hasil pengukuran dan perhitungan dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

Hasil pengujian pada sumber air dengan ketinggian 1,20 - 1,60 meter di atas pompa hidram dapat mengalirkan debit berkisar anatara 0,85 hingga 2,67 liter per menit (1220 hingga 3840 liter per hari) pada ketinggian 3,00 hingga 6,00 meter dari elevasi pompa.

Meskipun efisiensi pompa antara 4,3-13,8%, pompa vachydrum sangat baik untuk digunakan karena tanpa menggunakan energi listrik dan bahan bakar, disamping itu penggunaannya tidak merusak lingkungan di sekitar genangan tersebut, jadi bisa dikatakan pompa ini ramah lingkungan dan memenuhi konsep green.

SARAN

Untuk meningkatkan efisiensi pompa perlu adanya kajian yang lebih mendalam tentang variable-variable lainnya yang mempengaruhi kinerja dari pompa, atau dengan menambah rangkaian peralatan lain yang mampu meningkatkan kinerja pompa vachydrum. Untuk itu diperlukan kajian lanjutan untuk menjawab permasalahan kinerja pompa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada LPPM undsyiah, yang telah memerikan dana pengadain TA 2020. Terima

kasih juga kepada Panitia AVOER 12 UNSRI yang telah memberikan kesempatan dalam pertemuan ilmiah ini, sekaligus untuk Tim Reviewer yang telah memberi masukan sehingga artikel ini menjadi lebih baik. Terakhir buat tim yang sudah berkerja keras sehingga kegiatan pengabdian ini dapat diselesaikan secara baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Arie H. dan Heru D.W. (2006), Rancang Bangun Pompa Hidram, JAI Vol.2, No.2 2006, Pusat Teknologi Lingkungan (PTL), Kedeputian Bidang Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Alam (TPSA), Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT), Jakarta.
- BPS, Provinsi Aceh. (2016). Aceh dalam Angka 2016, (online) <http://aceh.bps.go.id>
- Jeffery, T. D. (1992). Hydraulic Ram Pumps - A Guide to Ram Pumps Water Supply System, Intermediate Technology Publications.
- Krol J. (1951). Automatic hydraulic Pump, PROC.I. MECH.E 1951, 164, p.103.
- Lya, M.S. (2014). Pemanfaatan Pompa Hidram dalam Penyediaan Air Bersih, Modul, Cetkan 1, PUSKIM, Bandung, ISBN: 978-602-8330-90-9.
- Molyneux F. (1960). The Hydraulic ram for Rival Water Supply, Fluid Handling, , p. 274.
- Muchtar, Z. (2011). Pengaruh diameter pipa keluar dan dimensi bak penampung pada aliran system vacuum, PILAR Jurnal Teknik Sipil, Vol. 6, No. 2, PNS, Palembang
- PKP. (2012). Undang-undang Republik Indonesia No. 18 Tahun 2012 Tentang Pangan, (online) <http://bkp.pertanian.go.id/>
- Paijo. (2007). Pompa Air Tenaga Gravitasi, <https://paijo1965.wordpress.com/2007/03/06/pompa-air-tenaga-gravitasi-2/>
- Maimun, R., Mahmuddin dan Ziana. (2019). Studi Awal Penggunaan Pompa Vakum-Hidram Dalam Mengatasi Kekurangan pada Lahan Perbukitan, Konferensi Nasional Teknik Sipil (Konteks 13), Banda Aceh, 19-20 September 2019.
- Silver, M. (1977). Use of Hydraulic Rams in Nepal. A guide to Manufacturing and Installation, UNICEF, Kathumandu, Nepal.
- Taye, T. (1998). Hydraulic Ram Pump, Journal of the Ethiopian Society of Mechanical Engineers, Vol. II, No. 1, July 1998.
- Watt, S.B. (1982). Manual on a Hydraulic Ram for Pumping Water, Intermediate Technology Publication Ltd. London.