

Penerapan teknologi pompa tanpa motor (*hydraulic ram pump*) untuk membantu irigasi pertanian masyarakat di Sumberrejo Kecamatan Kemiling Bandar Lampung

Jorfri Boike Sinaga*, Raja Aman Simarmata, Harnowo Supriadi, dan Novri Tanti

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

E-mail korespondensi: jorfri6@yahoo.com

Abstrak. Provinsi Lampung merupakan daerah penghasil beras, tetapi penanaman padi di wilayah ini sering mengalami gagal panen akibat defisit air. Hal ini disebabkan oleh banyak daerah pertanian masih belum memiliki sistem irigasi seperti yang ditemukan di Sumberrejo, kecamatan kemiling. Solusi yang digunakan untuk memenuhi ketersediaan air adalah menggunakan teknologi pompa hydram. Dengan adanya pompa hydram dapat digunakan untuk membantu petani mengairi area pertanian mereka tanpa menggunakan mesin atau motor listrik. Hasil pengujian kinerja model pompa hydram, dengan head pasokan 1,5m dan delivery head 7m, maka diameter dan panjang pipa pasokan sebesar 2in. dan 11,3m. Berat dan diameter katup limbah sebesar 0,32kg dan 4,6cm, dan volume ruang udara 4,771cm³. Hasil pengujian diperoleh 4.182lit/min (6m³/hari). Dan jika 2 pompa digunakan 24 jam, total air dipompa 12m³/hari. Jumlah air ini dapat digunakan untuk mengairi lahan sawah sekitar 300 m².

Kata kunci: pompa hydram, pompa tanpa motor, pertanian, irigasi

1. Pendahuluan

Provinsi Lampung merupakan salah satu Provinsi yang memiliki potensi lahan pertanian yang cukup luas. Namun belakangan ini sering kita lihat terjadi kekurangan bahan pangan yang menimpa masyarakat pedesaan di daerah ini. Hal ini disebabkan banyak sawah-sawah yang gagal panen diakibatkan oleh kondisi kekeringan sehingga kebutuhan bahan makanan terutama padi sebagai bahan makanan pokok tidak tercukupi seperti yang terjadi pada sejumlah desa di Kabupaten Pringsewu, Provinsi Lampung (Lebih Cepat.Com, 2009).

Lahan pertanian yang dijadikan sawah di Provinsi Lampung umumnya masih banyak belum dapat diiri dengan sistem irigasi seperti areal persawahan yang terdapat di Kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Kemiling Bandar Lampung. Daerah ini dihuni kurang lebih 200 kepala keluarga dengan sumber pencaharian utama adalah sebagai petani. Masyarakat di daerah ini dalam mengolah area persawahan atau area pertanian mereka sebagian masih hanya bergantung pada curah hujan yang turun. Sehingga areal persawahan di tempat ini tidak dapat ditanami pada musim kemarau karena sawah atau areal pertanian mengalami kekeringan yang mengakibatkan penurunan produksi tanaman padi.

Di sekitar areal persawahan di Sumberrejo ini terdapat aliran sungai Way Limus, namun aliran sungai ini tidak dapat dialirkan langsung ke areal persawahan karena aliran sungai Way Limus ini terdapat dibagian bawah permukaan sawah sehingga diperlukan pompa untuk mengalirkan air sungai Way Limus ke areal persawahan tersebut. Kondisi ini cukup memberatkan para petani karena tidak memiliki dana yang cukup untuk membangun bendungan, atau biaya untuk membeli pompa motor dan bahan bakar untuk pengoperasian pompa. Petani akan mengeluarkan sekitar Rp 120.000

untuk biaya pengoperasian pompa selama delapan jam dan tentu hal ini sangat memberatkan bagi para petani.

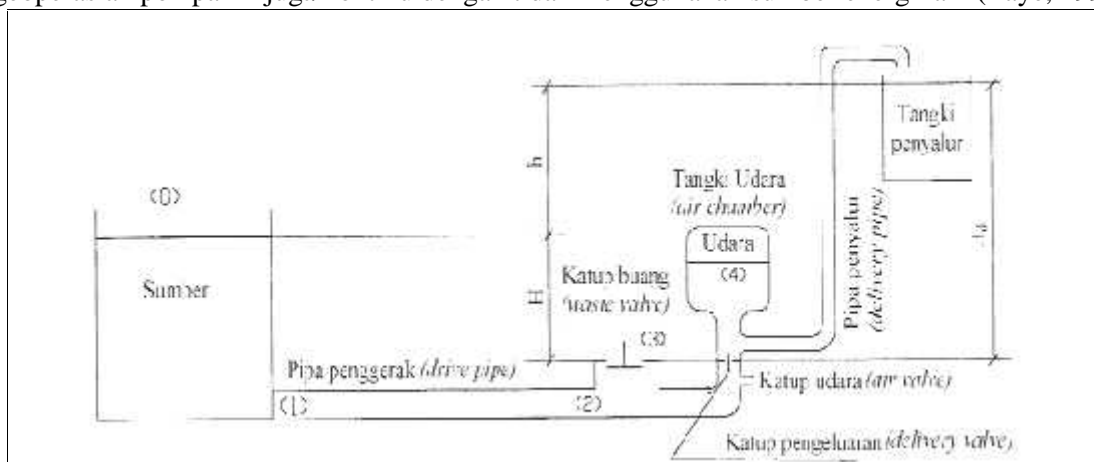
Hal inilah yang mendorong tim peneliti untuk melakukan penerapan teknologi pompa tanpa motor untuk membantu mengairi areal persawahan petani dengan memanfaatkan energi tinggi jatuh aliran air Way Limus itu sendiri. Jadi dengan penggunaan pompa tanpa motor ini petani tidak perlu mengeluarkan biaya bahan bakar untuk pengoperasiannya, karena pompa tanpa motor ini bekerja secara otomatis dengan menggunakan energi aliran sungai Way Limus itu sendiri. Pengoperasian pompa tanpa motor ini juga hanya membutuhkan sedikit perawatan, karena tidak ada bagian yang bergesekan sehingga penggunaan oli secara rutin untuk perawatan tidak diperlukan seperti penggunaan pompa motor bensin atau diesel.



Gambar 1. (a) Areal persawahan petani masyarakat di Sumberrejo, (b) Potensi aliran air di sekitar areal persawahan petani.

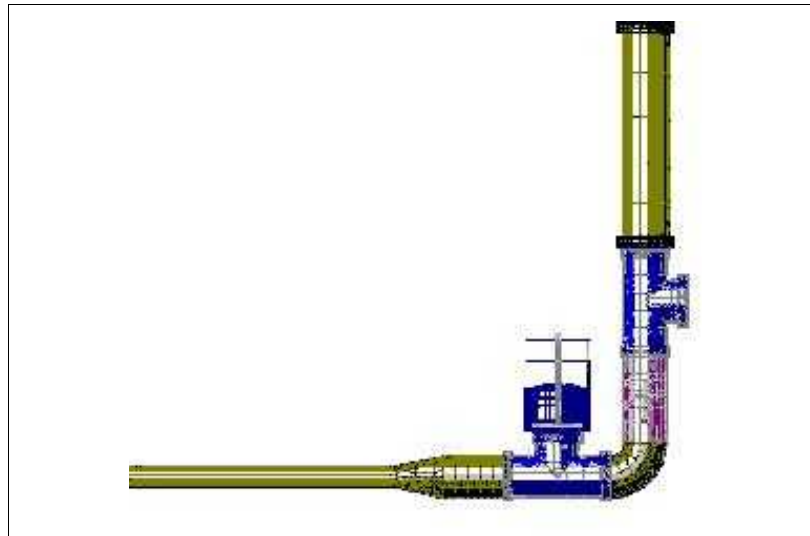
1. 1. Sistem *Hydraulic Ram Pump*

Gambar 2 menunjukkan diagram seluruh komponen sistem pompa *hydraulic ram pump*. Pompa *hydraulic ram pump* adalah suatu peralatan yang unik dimana peralatan ini menggunakan energi dari aliran air yang memiliki ketinggian jatuh rendah (H) sebagai energi suplai untuk memompa sebagian air ke tempat yang jauh lebih tinggi dari head sumber air (h). Aliran air yang kontinu mengakibatkan pengeoperasian pompa ini juga kontinu dengan tidak menggunakan sumber energi lain (Taye, 1999)



Gambar 2. Instalasi pompa *hydraulic ram pump*

Pompa *hydraulic ram pump* adalah satuan yang sederhana secara struktur, terdiri atas dua bagian yang bergerak yaitu: katup pembuangan (*waste valve*), dan katup pengeluaran (*delivery valve*) seperti dapat dilihat dalam Gambar 2. Unit ini juga terdiri atas tangki penyimpanan udara (*air chamber*) dan katup udara masuk (*snifter valve*). Pengoperasian pompa *hydraulic ram pump* adalah intermitent akibat siklus pembukaan dan penutupan katup buang dan pengeluaran. Penutup katup buang akan mengakibatkan peningkatan tekanan yang tinggi di dalam pipa suplai (*drive pipe*). Tangki penyimpanan udara dibutuhkan untuk mencegah tekanan yang tinggi ini dan digunakan untuk memompakan air yang mengalir secara intermitent menjadi suatu aliran yang kontinu. Katup udara memberikan udara masuk ke *hydraulic ram pump* menggantikan udara yang diabsorb oleh air akibat tekanan yang tinggi dan percampuran di dalam tangki udara (*air chamber*).



Gambar 3. Hasil rancangan model pompa tanpa motor (*hydrum pump*) (Saragih dan Sinaga, 2007; Sinaga dkk. 2010).

1.2 Kenaikan Tekanan di Dalam *Hydraulic Ram Pump*

Sebagaimana ditunjukkan sebelumnya, suatu hydrum memanfaatkan penutupan aliran yang tiba-tiba di dalam pipa untuk menghasilkan tekanan surge yang tinggi yang dikenal sebagai *water hammer* (David dan Edward, 1988). Jika aliran di dalam pipa yang tidak elastis diberhentikan tiba-tiba, kenaikan tekanan secara teoritik dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$H = \frac{V \times C}{g}$	(1)
----------------------------	-----

Dimana: ΔH adalah kenaikan tekanan (m), V adalah kecepatan fluida di dalam pipa (m/det), C adalah kecepatan gelombang suara di dalam fluida (m/det), dan g adalah percepatan akibat gravitasi bumi (m/det²).

Kecepatan gelombang suara di dalam fluida dihitung dengan menggunakan persamaan yang diusulkan David dan Edward (1988),

$C = \left(\frac{E \nu}{\rho} \right)^{1/2}$	(2)
---	-----

Dimana: E_v adalah modulus elastisitas yang menggambarkan kompresibilitas fluida. Bilangan ini adalah perbandingan perubahan tekanan terhadap perubahan volume per satuan volume. Nilai modulus elastisitas ini $2.07 \times 10^9 \text{ N/m}^2$ untuk air, sehingga nilai kecepatan suara di dalam air adalah $C = 1440 \text{ m/s}$, dan ρ adalah massa jenis fluida (kg/m^3).

Persamaan 1 memberikan tekanan maksimum yang mungkin dapat ditimbulkan. Kenaikan tekanan sebenarnya akan lebih rendah dari nilai yang diberikan Persamaan 1, karena semua pipa memiliki nilai elastisitas dan tidak mungkin untuk menutup aliran di dalam pipa dengan seketika. Karena head (H) yang dihasilkan seperti pada Gambar 3, air mengalami percepatan di dalam pipa suplai (*drive pipe*) dan keluar melalui katup buang (*waste valve*). Percepatan ini diberikan oleh Persamaan 3 (Fox dan McDonald, 1995).

$H - f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} - \sum k \frac{V^2}{2g} = \frac{L}{g} \frac{dV}{dt}$	(3)
--	-----

Dimana: H adalah head sumber (m), $f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$ adalah kerugian head di dalam pipa akibat gesekan

(m), f adalah faktor gesekan (rumus Darcy-Weibach), $\sum k \frac{V^2}{2g}$ adalah jumlah seluruh kerugian head

minor (m), k adalah suatu faktor untuk pengecilan atau pembesaran saluran, L adalah panjang pipa suplai (m), D adalah diameter pipa suplai (m), V adalah kecepatan aliran di dalam pipa (m/det), dan t adalah waktu (det).

Nilai-nilai untuk k dan f dapat diketahui dari buku teks mekanika fluida. Akhirnya aliran ini akan memiliki kecepatan yang cukup untuk memulai menutup katup buang (*waste valve*). Hal ini terjadi bila gaya geseran dan tekanan di dalam air sama dengan berat katup pembuangan. Gaya geseran dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini

$F_d = C_d \times A_v \times \rho_w \times \frac{V^2}{2g}$	(4)
--	-----

Dimana: F_d adalah gaya geseran yang terjadi pada katup pembuangan (N), A_v adalah luas penampang katup pembuangan (m^2), ρ_w adalah massa jenis air = 1000 kg/m^3 , dan C_d adalah koefisien geseran katup pembuangan. Koefisien geseran C_d tergantung pada bilangan Reynolds aliran dan bentuk objek. Untuk benda sirkular, $C_d=1.12$.

Penerapan Persamaan Bernauli untuk titik 0 dan 3 pada Gambar 2, maka dihasilkan:

$\frac{P_0}{\rho} + \frac{V_0^2}{2g} + Z_0 - H_L = \frac{P_3}{\rho} + \frac{V_3^2}{2g} + Z_3$	(5)
---	-----

Dimana: P_0 adalah tekanan pada titik 0 dan sama dengan nol (tekanan atmosfer) (N/m^2), P_3 adalah tekanan pada titik 3 (N/m^2), V_0 adalah kecepatan pada titik 0 dan sama dengan 0 m/det, Z_0 adalah ketinggian titik 0 (H m), V_3 adalah kecepatan pada titik 3 dan sama dengan 0 m/det (tiba-tiba kecepatan ditutup dan berhenti secara tiba-tiba), Z_3 adalah ketinggian titik 3 sama dengan 0 m (titik *reference*), dan H_L adalah kerugian head (m).

Persamaan 5 disederhanakan menjadi persamaan di bawah ini dengan nilai-nilai di atas

$H - H_L = \frac{P_3}{\rho}$	(6)
------------------------------	-----

Gaya yang mempercepat fluida dapat ditentukan dengan menggunakan Hukum Newton II.

$F = ma = AL \frac{dV}{dt}$	(7)
-----------------------------	-----

Dimana: F adalah gaya akibat percepatan (N), m adalah massa fluida yang dipercepat (kg), adalah percepatan massa benda tersebut (m/det^2), A adalah luas penampang pipa suplai (*drive pipe*) (m^2), dan L adalah panjang pipa suplai (m)

Tekanan pada titik 3 P_3 ditentukan dengan membagi gaya F yang terdapat Persamaan 7 dengan luas permukaan A.

$P_3 = \frac{F}{A} = \frac{1}{A} \times L \times \frac{dV}{dt}$	(8)
---	-----

Karena itu,

$\frac{P_3}{\rho \times g} = \frac{L}{g} \times \frac{dV}{dt}$	(9)
--	-----

Dari Persamaan 6 dan 9 maka didapat:

$H - H_L = \frac{L}{g} \times \frac{dV}{dt}$	(10)
--	------

1. 3. Efisiensi Pompa

Ada dua metode yang umum digunakan untuk menghitung efisiensi pompa ini, yaitu metode Rankine dan metode D'Aubuisson yang masing-masing diberikan di bawah ini

$\eta_{Rankine} = \frac{Q \times h}{((Q + Q_w) \times H)}$	(11)
--	------

$\eta_{D'Aubuisson} = \frac{Q \times H_d}{((Q + Q_w) \times H)}$	(12)
--	------

Dimana: η adalah efisiensi pompa, Q adalah aliran yang dipompakan (lit/ men), Q_w adalah aliran yang terbuang (lit/men), H adalah head sumber di atas pembukaan katup pembuangan (m), h adalah head pompa di atas head sumber (m), dan H_d adalah head total di atas pembukaan katup pembuangan = (H+h) (m)

1.4 Parameter-parameter dalam Perancangan *Hydraulic Ram Pump*

Beberapa parameter yang berhubungan dengan perancangan pompa hydraulic ram pump. Parameter-parameter ini adalah (Tessema, 2000):

- Panjang pipa suplai (L);
- Luas penampang pipa suplai (A);
- Diameter pipa suplai (D) dan ketebalan;
- Head sumber (H);
- Head penyaluran (h);
- Kerugian head gesekan di dalam pipa suplai;
- Kerugian head gesekan melalui katup pembuangan;
- Kerugian head gesekan pada katup penyaluran;
- Kecepatan pipa suplai ketika katup pembunagn mulai menutup (V_0);
- Kecepatan aliran stedi (V_s) yang melalui katup pembuangan ketika terbuka penuh;

- Berat katup (W);
- Langkah pemompaan (S);
- Luas orifice yang membuka katup (A_0);
- Luas penampang katup (A_v); dan
- Ukuran ruang udara.

Pipa suplai adalah suatu komponen yang penting dari suatu instalasi pompa *hydrum*. Pipa suplai harus dapat menahan tekanan yang tinggi yang diakibatkan oleh penutupan katup pembuangan. Persamaan empirik untuk menentukan panjang pipa suplai (L) adalah:

$150 < \frac{L}{D} < 1000$	(13)
----------------------------	------

Tangki udara direkomendasikan bahwa kira-kira 100 kali volume air yang akan dipompakan per siklus. Katup udara: Berbagai percobaan dengan berbagai ukuran menunjukkan bahwa ukuran katup udara tidak mempunyai pengaruh pada pengoperasian pompa *hydrum*. Lubang kecil dengan diameter lebih kecil dari 1 mm dapat digunakan.

Katup buang: Luas penampang aliran (A_0) yang melalui katup pembuangan harus sama atau melebihi luas penampang pipa suplai untuk mencegah *chocking* aliran. Luas penampang katup pipa penyalur direkomendasikan 1.45 cm² untuk tiap liter air yang akan dipompakan.

Dengan katup impuls pemberat yang sederhana, head sumber tidak boleh melebihi dari 4 m, jika tidak katup akan menutup dengan cepat sehingga tidak dapat menghasilkan kerja. Dalam kasus yang demikian, katup harus dibantu dengan pegas atau mengatur penutupannya.

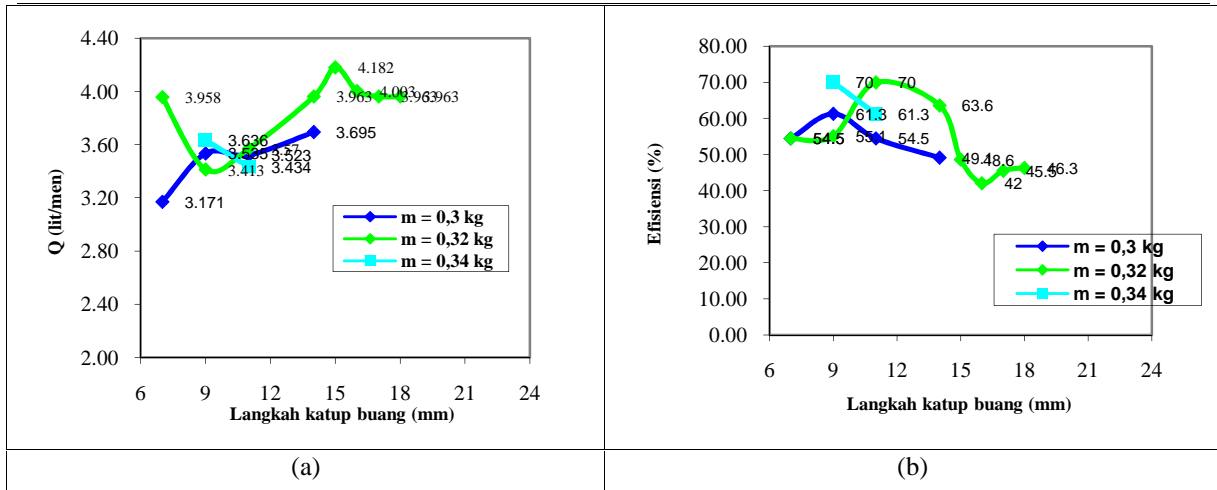
2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mekanika Fluida Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung. Prosedur dalam perancangan pompa tanpa motor (*hydrum pump*) ini adalah:

1. Pengambilan data
Data-data mengenai potensi ketinggian jatuh air dan ketinggian pemompaan air diukur untuk mengetahui potensi energi aliran sebagai sumber energi untuk menggerakkan *hydrum pump*.
2. Penentuan parameter-parameter *hydrum pump*
Berdasarkan potensi energi aliran air Way Limus dan acuan pustaka maka ditentukan parameter-parameter *hydrum pump*, seperti: panjang pipa suplai (L), dan diameter pipa suplai (D), berat katup buang (W), luas penampang katup buang (A_v), dan ukuran tangki udara yang akan digunakan.
3. Pembuatan pompa *hydrum* sesuai hasil perancangan
Pemasangan model sistim irigasi persawahan di Sumberrejo dan pengujian pompa *hydrum*

3. Pembahasan

Hasil survei yang dilakukan diperoleh ketinggian jatuh air 1,5 m, ketinggian air yang dipompakan 7 m. Data-data ini digunakan untuk perancangan komponen-komponen pompa *hydraulic ram pump*. Untuk menggunakan debit air yang tersedia, pipa yang digunakan berdiameter 2 inci dan panjang pipa suplai (*drive pipe*) 11,3 m. Skema rancangan dapat dilihat pada Gambar 4. Berdasarkan hasil survei dan debit aliran yang akan dipompakan ± 3 lit/men. agar luas areal sawah yang akan diari 300 m² dalam satu hari pemakaian, dengan menggunakan model matematika yang diusulkan oleh Thomas (1994) dan buku teks mekanika fluida (Fox dan Mc. Donald, 1995), maka diperoleh ukuran parameter-parameter pompa tanpa motor yang digunakan seperti dapat dilihat dalam Tabel 1 (Sinaga, dkk., 2018).



Gambar 1. (a) Grafik hubungan antara laju aliran volume air yang dipompakanrkan terhadap panjang langkah, (b) Grafik hubungan antara efisiensi terhadap panjang langkah katup buang.

Dengan penerapan teknologi pompa tanpa motor (*hydram pump*) ini, maka sumber aliran energi Way Limus dapat digunakan untuk membantu mengairi persawahan petani yang ada di Kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Kemiling, Kota Bandar Lampung. Apabila pompa digunakan selama 24 jam, maka jumlah air yang dipompakan sekitar 6 m³ dan untuk 2 buah pompa *hydram* jumlah air yang dipompakan 12 m³. Dengan demikian jumlah air ini dapat digunakan untuk mengairi sawah dengan luas ± 300 m², dan dalam pemakaiannya para petani bergantian menggunakan air ini untuk mengairi sawah mereka. Sehingga sistem irigasi ini nantinya akan membantu petani untuk mengairi sawah dengan tidak menggunakan pompa motor lagi, yang selama ini memberatkan para petani. Petani yang selama ini mengharapkan tadah hujan untuk mengolah sawah mereka, maka dengan adanya sistem irigasi ini petani dapat meningkatkan jumlah frekuensi pengolahan sawah mereka menjadi 2 kali atau 3 kali dalam setahun dan juga dapat menanam tanaman yang lebih bervariasi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembangunan sistem irigasi dengan menggunakan teknologi pompa tanpa motor (*hydram pump*) yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi pengoperasian head sumber 1,5 m, dan tinggi pemompaan 7 m pompa *hydraulic ram* yang dirancang menghasilkan laju aliran volume air yang dipompakan 4,182 lit/men (12.000 lit/hari untuk dua pompa).
2. Dengan menerapkan teknologi pompa tanpa motor (*hydraulic ram pum*) ini maka energi aliran sungai Way Limus dapat dimanfaatkan untuk membantu petani mengolah sawah pertanian di Kelurahan Sumberrejo, Kecamatan Kemiling dengan tidak sistem tadah hujan lagi sehingga nantinya dapat meningkatkan produksi pertanian mereka.
3. Pembangunan sistem irigasi menggunakan pompa tanpa motor (*hydram pump*) di di Kelurahan Sumberrejo ini dapat menjadi contoh bagi desa-desa lain di Provinsi lampung untuk memanfaatkan sumber energi aliran sungai yang ada di sekitar areal pertanian mereka dengan tidak menggunakan energi bahan bakar ataupun listrik.

Daftar Pustaka

- , (2009), Areal Padi Gadu Lampung Mulai Dilanda Kekeringan. Lebih Cepat.Com. Diakses dari <http://www.lebihcepat.com/nasional/34-berita-nasional/832-areal-padi-gadu-lampung-mulai-dilanda-kekeringan.html>.
- David, J.P. and Edward, H.W. (1985), *Schaum's Outline of Theory and Problems of Fluid Mechanics and Hydraulics*, SI (Metric) Edition, McGraw-Hill Book Company, Singapore.

- Fox, R. W., and Mc Donald, A. T. (1995) *Introduction to Fluid Mechanics*, John Wiley & Sons, New York. 781 pp.
- Saragih, R. S. dan Sinaga, J. B. (2007) Rancang Bangun Model Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*) untuk Irigasi Persawahan di Daerah Pedesaan Provinsi Lampung, Laporan Penelitian Dosen Muda, Universitas Lampung.
- Sinaga, J. B, Suudi, A., dan Azhar. (2010) Optimasi Rancang Bangun Pompa Tanpa Motor (*Hydraulic Ram Pump*) untuk Irigasi Pertanian di Propinsi Lampung, Laporan Penelitian Hibah Strategis Nasional, Universitas Lampung.
- Sinaga, J. B, Supriadi, H., Suudi, A., Aman, R. A., dan Sugiman. (2018) Design of Hydraulic Ram Pump to Help The Community Agricultural Irrigation system in Sumberrejo, Kemiling Distric, Bandar Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin ke-17 (SNTTM XVII) 2018*, Kupang, 3-6 Oktober 2018.
- Taye, T. (1999) Hydraulic Ram Pump, *Journal of the Ethiopian Society of Mechanical Engineers*, Vol. II, No. 1.
- Tessema, A. A. (2000) Hydraulic Ram Pump System Design And Application. *ESME 5th Annual Conference on Manufacturing and Process Industry*, held at Addis Ababa, Ethiopia, September 2000.
- Thomas, T. H. (1994) *Algebraic Modelling of the Behaviour of Hydraulic Ram Pumps*, Working Paper No. 41 Department of Engineering, University of Warwick.

SERTIFIKAT

Sertifikat ini diberikan kepada:

JORFRI BIKE SINAGA

sebagai

PEMAKALAH

Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri 2019 (SINTA 2019) :

"Tantangan dan Peluang Riset Perguruan Tinggi Untuk Memenuhi Kebutuhan Dunia Industri Berkelanjutan"

yang diselenggarakan oleh
Fakultas Teknik Universitas Lampung
25 September 2019



Prdh. Suharto, M.Sc., Ph.D., IPU
NIP. 49620717 198703 1002

SINTA
Ketua Panitia SINTA 2019,
Andriyasa, S.T., M.T., Ph.D.
NIP. 19731018 200012 1001



FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS LAMPUNG

Jl. Prof. Sumartono Bronggoro No.1, Bandar Lampung 35145
Telp. +62 71 706947 sind@eng.unila.ac.id @sinta_eng.unila.ac.id

