

Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dan Penerapannya Untuk Supply Daya Pompa Screw Pada Aliran Air Limbah PT. POMI

Septiyan Eko Cahyo

Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga

Jl. Yos Sudarso 107 Pabean Dringu Probolinggo 67271

Telp : (0335) 422715, 427923, Fax : (0335) 427923

E-mail : septiyan.caheyo@gmail.com

Article Info

Article history:

Received Apr 1, 2022

Revised Mei 14, 2022

Accepted Jun 3, 2022

Keywords:

Waste cultivation

Screw pump

Alternative energy

Solar panels

ABSTRACT

The Cultivation of Domestic wastewater at PT. POMI uses the addition of a screw pump which is carried out to overcome the problem in the storage tank, where the previous submersible pump type cannot work due to changes in the content of wastewater containing fiber, causing the pump impeller get stuck in the waste fiber pump and the pump cannot work. The screw pump is considered to be very powerful and efficient to drain waste containing water, sand, mud and fiber and this pump uses an alternative energy source so that it is more efficient and does not burden the electricity generated by PLN. Utilization of solar energy as a pump resource can reduce the use of fossil fuels used by PLTU as fuel. Measuring the effectiveness of the screw pump is done by sampling to compare the output of waste water entering the reservoir with the screw pump output to the next process. The weather factor is one of the weaknesses of using solar panels. The energy needed to drive a pump of 8.1 kWh requires 21 solar panels with a capacity of 100 Wp which can produce energy of 400 Wh per panel with parallel 4 configuration with a capacity of 100 Wp per panel.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pompa Screw (pompa ulir) mempunyai satu, dua atau tiga sekrup yang berputar di dalam rumah pompa yang diam. Pompa ini digunakan untuk menangani cairan yang mempunyai viskositas tinggi, heterogen, sensitif terhadap geseran dan cairan yang mudah berbusa. Pompa jenis ini hanya dapat digunakan untuk tekanan pada saluran kompa lebih rendah dari tekanan pada saluran isap dan bila zat cair yang di pompa mempunyai kekentalan tinggi. Kelebihan pompa screw ialah desain sederhana, getarannya relatif kecil, kapasitas isapnya baik sekali, stabilitas

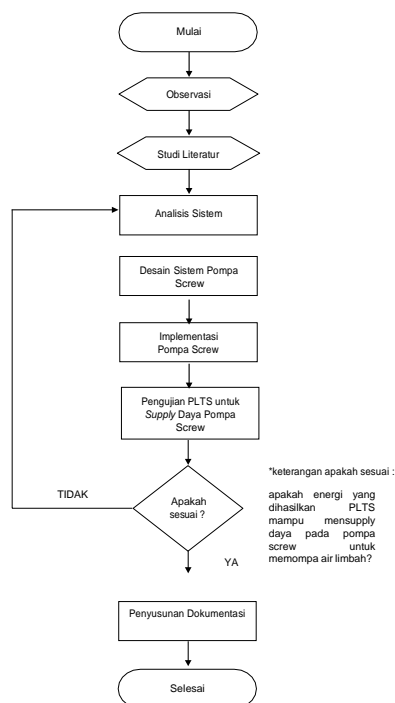
cairan sangat bagus serta aliran cairan konstan dan lancar (Tyler G. Hicks 1971).

Energi surya tidak dapat dimanfaatkan secara langsung, untuk memanfaatkan energi surya menjadi energi listrik, masih diperlukan peralatan seperti sel surya (*solar cell*) untuk mengkonversi energi surya menjadi energi listrik. Konversi energi matahari menjadi energi listrik didapat untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi pompa air DC (Saputra, 2015). Daya keluaran PLTS sangat tergantung intensitas cahaya matahari yang ada, pada saat cuaca cerah arus beban maksimal (Syafii, 2015). *Solar Charger Controller* mengarahkan arus ini untuk mengisi aki.

Untuk menekan penggunaan energi listrik dengan bahan bakar batu bara, penulis menerapkan *supply* daya PLTS pada penggunaan pompa screw. Penerapan *supply* daya dari PLTS meliputi pemasangan *solar cell* lalu dihubungkan ke inverter sebagai pengkonversi arus DC ke AC dan sebagai pengisi daya baterai untuk sumber energi cadangan jika *solar cell* tidak mendapatkan sinar matahari. Dari inverter daya di teruskan ke pompa yang akan mengalirkan air limbah.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Diagram Alir



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

2.2 Pengambilan Data

Metode yang digunakan untuk mengumpulkan data dan informasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Observasi

Observasi pada kolam limbah yang terdapat permasalahan akibat terjadinya *overflow* pada tangki *equalization* karena perubahan karakter air limbah yang mengakibatkan permasalahan pada pompa sebelumnya. Pompa limbah yang sebelumnya mempunyai spesifikasi dapat menghisap serta memindahkan karakter air limbah yang mengandung lumpur dan

pasir, kini tidak dapat bekerja dengan maksimal akibat perubahan karakter limbah yang mengandung serat, mengakibatkan pompatransfer tidak dapat berputar karena impeller tersangkut serat limbah sehingga mengakibatkan tangki tidak dapat menampung air limbah yang mengakibatkan air limbah *overflow*.

2. Studi Literatur

Studi literatur yang telah dilakukan pada pompa kolam limbah yang bermasalah akibat karakteristik air limbah. Pompa tidak dapat berputar akibat impeller tersangkut serat yang terkandung dalam limbah, pompa terdahulu memiliki kekurangan dalam memompa air limbah yang ada sekarang yaitu spesifikasinya pada umumnya hanya dapat memompa air yang mengandung lumpur dan pasir di dalamnya, oleh sebab itu untuk memperbaiki masalah yang ditimbulkan oleh pompa terdahulu maka di tambahkan pompa jenis screw yang efisien dan mampu mengalirkan berbagai macam karakteristik air limbah.

2.3 Analisis Sistem

Tangki penampungan limbah (*Equalization Chamber*) memiliki volume 28m³ dan pompa transfer jenis submersible dengan kekuatan pompa maksimum 8m³/jam yang memiliki desain dapat memompa air limbah, pasir, lumpur, krikil dan banyak lagi, sehingga sangat handal digunakan pada saat itu. Namun dengan seiring perubahan waktu, pompa transfer tidak dapat bekerja secara optimal sehingga menurun performanya karena komponen pompa yang sudah aus dan karakteristik limbah yang memiliki serat sehingga menghambat putaran *impeller* pompa dan sering mengakibatkan pompa terbakar. Saat ini pompa submersible telah digantikan dengan pompa jenis screw yang memiliki desain lebih tangguh dan lebih kuat untuk memindahkan limbah dengan kandungan jenis serat.

Perawatan pompa screw ini mudah dan murah karena jika terjadi kerusakan tidak seperti pompa submersible yang harus mengganti seluruh pompa, tetapi hanya mengganti bagian pompa, yang rusak saja. Selain itu, pompa screw ini lebih hemat energi karena sumber energinya tidak

menggunakan listrik dari proses pembangkit listrik tenaga uap yang mana menggunakan bahan bakar fosil yang tidak ramah lingkungan dan akan habis, pompa screw ini menggunakan supply daya dari PLTS yang ramah lingkungan sehingga dapat digunakan terus menerus jika perawatan komponennya baik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Metode

Implementasi Pompa Screw tenaga surya sebagai pengganti pompa submersible, dilakukan pada saat limbah sedang transfer ke dalam tangki *equalization* guna mengatasi masalah *overflow* pada tangki yang disebabkan pompa terbakar akibat *impeller* tersangkut serat limbah sehingga menyebabkan pompa tidak berputar.

3.1.1 Pengangkatan Pompa yang Terbakar

Pompa lama atau pompa submersible adalah pompa jenis celup yang rigid dan tidak dapat dibongkar untuk dilakukan perawatan. Ini mengakibatkan mahalnya biaya perawatan pompa tersebut apabila terjadi kerusakan, karena harus mengganti satu paket apabila terjadi kerusakan.



Gambar 2. Pompa Submersible

3.1.2 Pemeriksaan Akibat Pompa Terbakar

Pompa submersible adalah pompa yang dirancang tangguh tahan air dan dapat memompa air yang mengandung lumpur dan kerikil. Namun kenyataannya tidak demikian, pompa macet dan terbakar akibat *impeller* pompa tersangkut kotoran air limbah. Hal ini membuat proses pemindahan air limbah ke tahap berikutnya terhenti sehingga air

limbah terakumulasi dan tumpah ke lingkungan.



Gambar 3. Kerikil Penyebab Pompa Macet

3.1.3 Dampak Pompa yang Tidak Bekerja

Pompa transfer sangat penting kegunaannya selain sebagai pemindah limbah ke tahap selanjutnya, pompa ini juga menjaga level kolam limbah tetap stabil, sehingga air limbah tidak sampai tumpah ke lingkungan seperti yang terjadi pada saat pompa submersible rusak.



Gambar 4. Overflow Limbah

3.1.4 Penambahan Pompa Jenis Baru

Pompa screw sangat sesuai digunakan pada kolam limbah untuk saat ini, mengingat jenis limbah yang lebih padat dan mengandung serat sehingga menyulitkan pompa jenis lain untuk memindahkan air limbah.



Gambar 5. Pompa Screw

3.1.5 Pengukuran Debit Limbah Transfer

Limbah domestik yang mengalir ke dalam kolam sebanyak 3600 liter/jam dan mengalir selama 3 jam, dengan total limbah yang di tampung sebanyak 10.800 liter sekali transfer. Dalam sehari terdapat 2 kali transfer limbah ke kolam penampungan limbah yaitu pagi pukul 09:00 dan sore pukul 15:00, dimana jam tersebut adalah waktu penggunaan air tertinggi untuk kebutuhan proses hidup manusia.



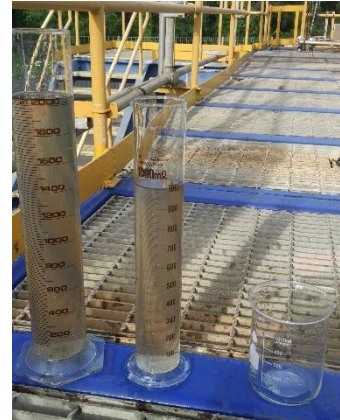
Gambar 6. Debit Limbah Transfer

3.1.6 Pengukuran Debit Output Pompa

Pompa screw mempunyai keluaran debit air limbah sebesar 0,5 liter per detik dimana di lakukan pengukuran dengan menggunakan gelas ukur di dapatkan hasil 3 liter selama 6 detik, atau 1800 L/jam.



Gambar 7. Pipa Output Pompa



Gambar 8. Limbah Output Pompa

3.2 Perhitungan Konsumsi Daya Pompa Screw saat Running

Untuk mengetahui konsumsi daya pompa screw saat running, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut :

- a) Menghitung Daya pompa dibutuhkan pencarian factor daya terlebih dahulu berikut rumus pencarian factor daya

1. Daya semu :

$$P = V.I$$

2. Daya aktif :

$$P = V.I. \cos \phi \cdot \sqrt{3}$$

Keterangan :

P = Daya

V = Tegangan

I = Kuat arus

$\cos \phi$ = Faktor daya

3. Menghitung faktor daya

$$\cos \phi = P/S$$

Dengan keterangan :

$\cos \phi$ = Faktor daya

P = Daya aktif (W)

S = Daya semu (VA)

- a) Perhitungan debit air pompa transfer

Pompa transfer digunakan untuk transfer limbah dari kolam penampungan ke proses selanjutnya yang sebelumnya sudah di tambah dengan pompa baru jenis screw. Pompa ini mempunyai kemampuan memompa air limbah sebanyak 30 liter/menit yang dapat mentransfer air limbah dalam kolam penampungan sebanyak 10.800 liter dalam waktu 6 jam.

1. Diketahui :

Tegangan (V) = 220 V

Arus (I) = 5,14 A

maka daya aktif :

$$P = V \times I$$

$$P = 220 \times 5.14$$

$P = 1131 \text{ W}$
 maka daya semu :
 $S = V.I.\sqrt{3}$
 $P = 220 \times 5,14 \times 1,73$
 $P = 1956 \text{ VA}$
 maka Cosphi :
 $\cos \phi = P / S$
 $\cos \phi = 1131 / 1956$
 $\cos \phi = 0.6$

2. Menghitung daya pompa :

Jadi untuk memompa 10.800 liter air limbah pompa membutuhkan waktu selama :
 $= 10.800 \text{ liter} / 30 \text{ liter per menit}$
 $= 360 \text{ menit}$
 Daya listrik yang di butuhkan untuk menggerakkan pompa :
 $= 1131 \text{ W} \times (360 \text{ menit} / 60)$
 $= 1131 \text{ W} \times 6 \text{ jam}$
 $= 6786 \text{ W}$
 atau
 $= 6786 \text{ W} / 1.000$
 $= 6.786 \text{ kWh}$

3.3 Perhitungan Kebutuhan Solar Panel

Dari perhitungan total energi yang di konsumsi oleh pompa adalah $1.131 \text{ kW} \times 6 = 6.786 \text{ kWh}$. Tentu dalam pemakaian daya terdapat rugi atau (loss) baik dalam baterai sendiri, inverter maupun dari kabel. Asumsi loss ini sebesar 20%. Jadi total keseluruhan energi yang diperlukan adalah $(100\% + 20\%) \times 6.786 \text{ kWh} = 8.1 \text{ kWh}$.

Spesifikasi teknis panel surya 100 Wp (Watt peak) dapat menghasilkan maksimum 100 W pada tegangan 12 VDC per jam. Sehingga bila panel di pasang sehari dalam waktu 10 jam terkena panas terik matahari panel ini menghasilkan listrik $100 \text{ Wp} \times 10 \text{ jam} = 1000 \text{ Wh}$ atau 1 kWh. Rata-rata panel surya akan menghasilkan energi listrik sekitar 300 Wh – 400 Wh dalam satu hari, hal ini di pengaruhi faktor intensitas cahaya yang berubah-ubah.

Jika 100 Wp solar panel menghasilkan 400 Wh dalam sehari, maka dengan kebutuhan energi 8100 Wh akan membutuhkan solar panel sebanyak 21 panel.

Dengan jumlah solar panel yang di miliki oleh PT. POMI sebanyak 108 solar panel dengan konfigurasi parallel 4 berkapasitas 100 Wp per panelnya, ini lebih dari cukup untuk menjalankan sebuah motor

pompa jenis screw ini untuk mentrasfer air limbah.

3.3.1 Menentukan Kebutuhan Baterai

Baterai adalah salah satu komponen yang sangat penting dalam perhitungan menyimpan daya listrik, fungsi baterai adalah menyimpan daya dari solar panel akibat intensitas cahaya berkurang bahkan saat malam hari ketika tidak ada cahaya matahari, yang mana sumber energi satu – satunya adalah dari baterai itu sendiri. Penggunaan baterai harus sesuai dengan daya yang di butuhkan oleh pompa agar pompa dapat bekerja secara maksimal apabila solar panel tidak memproduksi daya listrik.

Dengan cara berikut kita dapat mengetahui berapa banyak baterai yang harus kita gunakan untuk menyimpan dan di gunakan pada saat yang di butuhkan.

Perhitungan daya listrik Direct Current (DC)

$$P = V \times I$$

$$6786 = 12 \times I$$

$$I = 6786 / 12$$

$$I = 565.5 \text{ A}$$

Jika baterai yang digunakan memiliki spesifikasi 12 v 100 Ah maka jumlah baterai yang di butuhkan adalah Arus beban di bagi arus baterai $565.5 / 100 = 6$ buah baterai dengan kapasitas 12 V 100 Ah.

3.3.2 Solar Controller Inverter (Sunny Tripower)

Sunny tripower adalah gabungan antara 3 komponen penunjang solar panel di antaranya :

1. Controller Batteray Charger

Berfungsi mengatur proses pengisian daya baterai dan mengalihkan daya ke beban apabila baterai telah penuh. Controller ini juga berfungsi membatasi tegangan yang di hasilkan oleh solar panel sekitar 16 – 21 V masuk ke baterai agar tidak over charging yang berdampak baterai cepat rusak, baterai pada umumnya di charge pada tegangan 14 – 14.7 V.

2. Inverter Step Up DC to AC

Output solar panel tidak dapat langsung di gunakan untuk menghidupkan peralatan elektronik rumah yang menggunakan daya listrik AC sehingga di perlukan inverter yang merubah output solar panel DC (Direct

current) ke AC (alternating Current) yang dapat menyalakan peralatan elektronik rumah tangga.

3. Inverter Grit Tie

Sama halnya dengan inverter, grit tie inverter mengubah arus searah listrik (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) dan feed menjadi sebuah jaringan listrik yang ada, selain itu grit tie inverter dapat membantu mengurangi beban listrik PLN karena instalasinya terintegrasi dengan jala-jala listrik PLN di rumah dan dapat membackup listrik secara langsung apabila terjadi pemadaman tanpa harus mengubah kontak panel listrik.

3.3.3 Menghitung Ukuran Inverter

Inverter adalah alat untuk mengubah arus DC menjadi AC, hal ini dilakukan karena arus yang tersimpan dalam baterai adalah arus DC, sementara arus beban atau motor penggerak pompa ialah arus AC. Adapun ketentuan rating inverter yang digunakan dalam supply daya ke beban dari suatu pembangkit tenaga listrik yaitu adanya penambahan sekitar 20% - 25% dari kapasitas daya yang akan dilayani.

Pada umumnya efisiensi inverter adalah berkisar antara 50% - 90% tergantung dari tipe inverter dan outputnya. Apabila beban output inverter mendekati beban kerja yang tertera maka efisiensinya semakin besar.

Dalam perancangan ini daya beban yang harus dilayani adalah sebesar daya pompa $220\text{ V} \times 5.14\text{ A} = 1131\text{ W}$, oleh karena itu inverter yang digunakan saat ini adalah sebesar 2.073 kW.



Gambar 9. Inverter

3.4 Pembahasan Hasil Pengujian

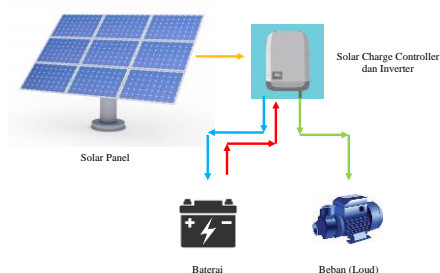
Dari gambar 7 dan 8 dapat disimpulkan kinerja pompa terhadap kondisi air limbah saat ini lebih efektif, karena pompa dapat memindahkan air limbah yang bercampur material pasir lumpur dan serat dengan sangat mudah sehingga debit keluaran pompa mencapai setengah debit masuknya air limbah ke tangki penampungan. Ditambah lagi dengan penggunaan energi alternatif solar panel dapat menekan penggunaan daya listrik dari Pembangkit tenaga uap. Penggunaan inverter sengaja diletakkan di depan pompa sekitar 50% karena sebagai energi cadangan apabila dibutuhkan penambahan satu pompa lagi.

3.5 Konversi Penggunaan Energi Matahari sebagai Pengganti Listrik PLN

Konversi adalah perubahan output yang dihasilkan suatu alat untuk menjadi energi atau hasil yang diinginkan sesuai kebutuhan, solar panel mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik untuk menyuplai energi sebagai proses pengisian baterai dan menggerakkan pompa secara mandiri tanpa ada tambahan energi dari PLN, apabila energi matahari mampu menjalankan pompa dan mengisi daya baterai tanpa ada kendala, maka penelitian tersebut disebut efektif.

Pada penelitian ini, keefektifan dari solar panel 100 Wp diuji dengan kondisi cuaca pada pagi pada Pkl. 09.00 WIB hingga siang hari pada Pkl. 14.00 WIB atau selama 4 jam. Untuk melihat berapa banyak energi yang tersimpan ke baterai pada saat beban dijalankan, tentunya hasil pengujian tidak sama dengan teori perhitungan karena adanya faktor cuaca dan hambatan kabel yang menyebabkan penurunan daya solar panel. Pada saat kondisi cuaca mendung rangkaian solar panel menghasilkan tegangan 410 V dengan rata-rata tegangan per panelnya 15.9 V dengan daya 0.2 A menghasilkan energi 82 Wh dimana teori perhitungan jika menggunakan solar panel dengan daya 100 Wp dapat menghasilkan energi mencapai 300 Wh – 400 Wh.

3.6 Perancangan PLTS untuk Memenuhi Supply Daya Pompa



Gambar 10. Rancangan Alat PLTS

Keterangan Gambar :

Pada gambar 10 diatas, (panah warna kuning) adalah sumber tegangan yang telah di konversikan oleh solar panel yang akan di kirim ke control modul (panah warna biru) untuk mengisi daya baterai, selanjutnya energi dari baterai berbentuk arus DC (Direct Curent) di kirim ke inverter (panah warna merah) untuk di konversikan menjadi arus AC (Alternating Curent) dan diteruskan (panah warna hijau) ke beban yakni motor pompa.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Implementasi pompa screw tenaga matahari, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Untuk mengaktifkan kminerja pompa dengan daya 6746 selama 6 jam di butuhkan rangkaian panel sel surya sebanyak 21 panel surya yang di rancang secara seri ndan paralel.hasil rancangan panel ini di operoleh daya output sebesar 8100 watt hour
2. Konsumsi daya yang di perlukan menjalankan /mengoperasikan pompa screw dengan menggunakan PLTS lebih efektif dan efisien untuk memompa air limbah pada tangki equalization.
3. Pompa screw lebih mudah dan murah perawatanya dibandingkan pompa submersible yang kompleks selain itu pompa screw mempunyai gear box yang mampu menambah momen putar pompa sehingga dengan menggunakan motor berdaya listrik kecil pompa dapat berputar

dengan mudah sehingga dapat menghemat daya listrik PLTS.

4. Penggunaan energi matahari atau PLTS pada pompa limbah ini sangat berpengaruh pada konsumsi daya listrik PLTU, karena pompa limbah ini menggunakan sumber energi dari PLTS tanpa adanya penambahan energi lain dari listrik PLN. Hal ini di nilai mempunyai efisiensi yang tinggi, terlihat dari hasil pengujian alat yang dengan mudah memindahkan limbah yang mengandung material pasir, kerikil, lumpur dan serat dengan sangat mudah sehingga output keluaran limbah 50% lebih besar dari pada output pompa.
5. Penggunaan solar panel selain dapat menekan penggunaan daya listrik dari pembangkit tenaga uap juga dapat meningkatkan proper atau nilai kepedulian perusahaan terhadap kelestarian lingkungan yang berdampak memperkecil produksi limbah batubara.

Saran

Penelitian yang telah dilakukan tidak lepas dari kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu untuk pengembangan sistem lebih lanjut diperlukan perhatian terhadap beberapa hal, diantaranya :

1. Rancangan PLTS ini dapat di gunakan pada ide kasus seperti tenaga surya untuk pompa hisap.
2. Karakteristik panel surya yang di gunakan merupakan jenis monokristal kelemahan jenis ini berkurangnya efisiensi daya ketika cuaca mendung maka disarankan menggunakan jenis polikristal.
3. Perawatan PLTS, yang harus diperhatikan adalah pada *bearing* pompa, karena letak *bearing* ini terdapat pada bagian luar badan pompa yang terbuka sehingga dapat menyebabkan air hujan yang bersifat asam masuk ke *bearing* yang menyebabkan macet atau korosif.
4. Pembersihan saluran pompa perlu dilakukan minimal tiap satu bulan, tergantung kondisi limbah. Jika tidak dilakukan pembersihan, menyebabkan saluran output tersumbat sehingga limbah akan terbuang kembali ke dalam tangki.
5. Perawatan solar panel lebih baik dilakukan pembersihan pada

permukaannya setiap satu bulan sekali pada saat musim kemarau, dengan cara menggosok permukaan solar panel dengan kain bersih agar tetap bersih dan sel surya dapat menerima cahaya matahari tanpa terhalang oleh kotoran atau debu yang menempel pada permukaan solar panel.

6. Pada penelitian ini penulis tidak menghasilkan suatu produk atau barang tetapi penulis menyelesaikan masalah yang terjadi pada sistem pengolahan limbah di PT. POMI.

REFERENSI

- Azzer. (2013). *Gambar Struktur Pompa Screw*, <http://azzernomix.blogspot.com/2013/03/archimedes.html> (diakses pada Tanggal 22 Maret 2020)
- Hanum, F. (2002). *Proses Pengolahan Air Sungai Untuk Keperluan Air Minum*. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara.
- Hartono, Budi dan Purwanto. (2015). *Perancangan Pompa Air Tenaga Surya Guna Memindahkan Air Bersih ke Tangki Penampung*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah: Jakarta.
- Heri, Junial. (2011). *Pengujian Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya Solar Cell Kapasitas 50 WP*. Universitas Pancasila: Jakarta.
- Kholiq, Imam. (2015). *Analisis Pemanfaatan Sumber Daya Energi Alternatif sebagai Energi Terbarukan untuk Mendukung Substansi BBM*. Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Putra: Surabaya.
- Metcalf dan Eddy, Inc. (2008). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. McGraw-Hill, Inc: USA.
- Mu'tamar, M.F.F dan Khoirul Hidayat. (2017). *Penggunaan Screw Pump dan Bak Biopri dalam Optimalisasi Instalasi Biogas Desa Gili Timur Bangkalan*. Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Wisnuwardhana: Malang.
- Pahlevi, Reza. (2014). *Pengujian Karakteristik Panel Surya Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah: Surakarta.
- Priyanka, Arina. (2012). *Perancangan Instalasi Air Limbah Menggunakan Proses Biofilter Anaerob Aerob*. Universitas Indonesia: Jakarta.
- Puspasari, Arum Kumala. (2018). *Pengolahan Air Limbah Greywater dari Gedung Bertingkat di Universitas Negeri Malang dengan menggunakan Vertical Subsurface Flow Constructed Wetlands*. Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang.
- Rettob, A.L dan Richard S Waremra. (2019). *Pompa Air Bertenaga Matahari (Solar Cell) untuk Pengairan Sawah*. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Musamus.
- Saputra, Fitriadi. (2015). *Kinerja Pompa Air DC Berdasarkan Intensitas Tenaga Surya*. Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah: Surakarta.
- Siswanto, A Margiwiyatno dan Masrukhi. (2003). *Rancang Bangun Alat Pengereng Energi Surya untuk Menunjang Agroindustri*. Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Jendral Soedirman: Purwokerto.
- Sugiharto. (1987). *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, UI-PRESS, Jakarta.
- Tyler G. Hicks dan T.W.Edwards (1971). *Teknologi Pemakaian Pompa*, Erlangga: Jakarta.