

Rancang Bangun Mesin Traktor Pembajak Sawah Berbasis Tenaga Solar Cell Digerakkan Remote Control

Bambang Setiawan* , Sulis Yulianto , Thomas Junaedi , Ilham Efendi

Jurusan Teknik Mesin , Universitas Muhammadiyah Jakarta , Jakarta Pusat , Jln. Cempaka Putih 27 Jakarta , 10520 ,

*Corresponding Author : bambang.setiawan@ftumj.ac.id

Abstrak

Pengolahan lahan yang baik sebelum padi ditanami adalah salah satu kunci utama dari keberhasilan panen. Pengolahan lahan yang diperuntukan bagi tanaman padi sangatlah penting untuk diperhatikan. Karena lahan sawah (tanah sawah) merupakan tempat mengambil cadangan hara yang dibutuhkan bagi tanaman padi. Oleh karena itu, pertumbuhan tanaman padi diantaranya akan dipengaruhi oleh sejauh mana proses pengolahan yang dilaksanakan sebelum ditanami. Sistem pengolahan lahan sawah saat ini dilaksanakan secara tradisional dengan maupun modern. Cara tradisional menggunakan bajak, singkal, dan cangkul sedangkan cara modern menggunakan alat mekanisasi seperti traktor tangan (hand tractor). Metode pengolahan ini semua masih menggunakan sistem manual dan memerlukan waktu yang cukup banyak. Adapun pengolahan sawah dengan menggunakan traktor tangan, masih membutuhkan biaya yang cukup besar dalam pembelian bahan bakar. Adapun proses pemikiran dalam perancangan pembuatan traktor berbasis Solar cell dengan tujuan untuk hemat biaya dan hemat energi, yaitu memanfaatkan energi terbarukan dengan memanfaatkan tenaga matahari. Pengembangan traktor berbasis solar Cell, merupakan alat yang belum diciptakan oleh pihak siapapun. Nilai tertinggi yang didapatkan pada pengujian, arus tertinggi pada pukul 14.00 yaitu 14.07A, sedangkan tegangan dan daya yang dihasilkan tertinggi pada pukul 12.00 yaitu 21.10V dan 80.05W. Nilai minimal yang di peroleh adalah pada pengujian, yaitu diperoleh daya rata – rata adalah 72.56 Watt, dan lebih kecil ketimbang nilai rata – rata dari hari pengujian lainnya. Pada perhitungan teoritikal, daya yang mampu dibangkitkan oleh panel surya *monocrystalline* 100WP adalah 89.7 Watt dengan efisien 15% sedangkan pada *output* rata – rata yang mampu dihasilkan panel surya yaitu mendapatkan hasil yang berbeda antara hasil actual dan hasil teoritikal, yaitu berbeda pada selisih angka kisaran dari 4.29 Watt – 9.83 Watt. Luaran pada penelitian ini yaitu berupa mesin Traktor pengolah sawah yang berbasis Solar Cell dengan penggerak Remote Control dan Jurnal Nasional

Kata Kunci: Traktor , Solar Cell , Remote Control , Energi Terbarukan

Abstract

Good land management before rice is planted is one of the main keys to a successful harvest. It is very important to pay attention to the processing of land intended for rice plants. Because rice fields (paddy fields) are a place to take the nutrient reserves needed for rice plants. Therefore, the growth of rice plants will be influenced by the extent of the processing carried out before planting. The current rice field processing system is carried out both traditional and modern. The traditional method uses a plow, singkal, and hoe, while the modern method uses mechanization tools such as a hand tractor. All of these processing methods still use manual systems and require quite a lot of time. As for the processing of rice fields using hand tractors, it still requires quite a large cost in purchasing fuel. The thought process in designing a solar cell-based tractor with the aim of being cost-effective and energy-efficient, namely utilizing renewable energy by utilizing solar power. solar Cell based tractor development is a tool that

has not been created by anyone. The highest value obtained in the test, the highest current at 14.00 is 14.07A, while the highest voltage and power produced at 12.00 are 21.10V and 80.05W. The minimum value obtained is in the test, that is, the average power obtained is 72.56 Watt, and it is smaller than the average value from other test days. In theoretical calculations, the power that can be generated by a 100WP monocrystalline solar panel is 89.7 Watts with an efficient 15%, while the average output that solar panels can produce is getting different results between actual results and theoretical results, which is different in the difference in the number range from 4.29 Watts – 9.83 Watts. The output of this research is in the form of a rice field tractor machine based on Colar Ceell with a Remote Control drive and the National Journal

Keywords: Tractor, Colar Cell, Remote Control, Renewable Energy

PENDAHULUAN

Sistem pengolahan lahan sawah saat ini dilaksanakan secara tradisional dengan maupun modern. Cara tradisional menggunakan bajak, singkal, dan cangkul sedangkan cara modern menggunakan alat mekanisasi seperti traktor tangan (hand tractor). Metode pengolahan ini semua masih menggunakan sistem manual dan memerlukan waktu yang cukup banyak. Adapun pengolahan sawah dengan menggunakan traktor tangan, masih membutuhkan biaya yang cukup besar dalam pembelian bahan bakar

Traktor berbasis otomasi adalah salah satu traktor yang saat ini sedang berkembang. Dengan kita menerapkan traktor berbasis otomasi, kita dapat memangkas waktu secara efisien. Dengan bahan bakar sumber matahari dapat menghemat biaya solar. Dengan kata lain tractor ini sangat ramah lingkungan tanpa pencemaran udara disekitarnya. Banyak dari kita para petani yang membajak sawah dengan cara menunggangi tractor nya, atau dengan kata lain masih memerlukan tenaga manusia untuk berbelok dan mengarahkan objek mana saja yang akan dibajak/diratakan tanah nya.

Dengan kita menerapkan tractor berbasis otomasi dan dikendalikan remote control, maka para petani dapat melakukan kegiatan membajak sawahnya dengan berdiam di sudut petak sawah sambil mengontrol remote nya, tentu tractor ini tidak mengurangi SOP dasarnya, bobot rangka serta roda pembajak akan tetap sama. Hanya mengubah basic penggerak dari motor diesel ke motor listrik (DC), serta merubah bahan bakar dari diesel ke tenaga surya. Hal ini tentu akan menghemat para petani dalam menggunakan traktornya dari segi waktu, tenaga, dan biaya BBM nya.

Energi merupakan kebutuhan penting bagi manusia, khususnya energi listrik, energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah populasi manusia di Indonesia. Selama ini kebutuhan energi masih mengandalkan minyak bumi sebagai penyangga utama kebutuhan energi. Namun pada kenyataannya minyak bumi semakin langka dan mahal harganya sehingga pencarian energi alternatif guna memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut terus dikembangkan.

Perancangan sistem panel surya untuk penggerak traktor pembajak sawah dengan menggunakan sistem otomatis. Energi surya/panel surya adalah sumber energi yang tidak akan pernah habis ketersediaannya dan energi ini juga dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang akan di ubah menjadi energi listrik, dengan menggunakan panel surya. Panel surya atau solar cell sejak tahun 1970-an telah mengubah cara pandang kita tentang kita tentang energi dan memberi jalan baru bagi manusia untuk memperoleh energi listrik tanpa perlu bahan bakar fosil sebagaimana pada minyak bumi, gas alam, batu bara, atau reaksi nuklir.

Panel surya atau biasa disebut solar cell juga mampu beroperasi dengan baik di hampir seluruh belahan bumi yang tersinari matahari tanpa menghasilkan polusi yang dapat merusak lingkungan sehingga lebih ramah lingkungan. Cara kerja panel surya ini yang saya gunakan untuk penggerak traktor pembajak sawah untuk menggantikan bahan bakar solar menggunakan panel surya dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki dua buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut dengan photon.

Pada umumnya petani yang menggunakan traktor pembajak sawah biasanya di bantu oleh manusia dibelakang traktornya. Disini penulis juga membuat rancangan sistem otomatis dimana traktor pembajak sawah yang sudah menggunakan panel surya akan dirancang menggunakan sistem otomatis (*remote control*) yang akan dikendalikan oleh operator petani hanya diam menggunakan *remote control* tersebut dengan jarak yang telah penulis rancang.

Akhmad, (2011) Energi adalah kemampuan untuk melakukan pekerjaan. Energi adalah daya yang dapat digunakan untuk melakukan berbagai proses kegiatan meliputi energi mekanik, panas, dan lain – lain. Oleh karena itu, hampir semua perselisihan di dunia ini, berpangkal pada perebutan sumber energi. Ada beberapa energi alam sebagai energi alternatif yang bersih, tidak berpolusi, aman dan persediaannya tidak terbatas yang dikenal dengan energi terbarukan.

Anggara dkk, (2014) Sumber energi baru dan yang terbarukan di masa mendatang akan semakin mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan oleh penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit – pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang cadangannya semakin lama semakin menipis.

Idzani Muttaqin dkk, (2016) Energi listrik merupakan energi yang kita gunakan sehari hari. Energi listrik merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Energi listrik yang sekarang ini sudah semakin menipis, untuk itu kita harus menggunakan energi listrik secara hemat dan efisien. Panel surya dikembangkan di indonesia yang memiliki keuntungan mendapat sinar matahari sepanjang tahun. Panel surya juga merupakan energi alternatif yang ramah lingkungan.

Sebelum mengetahui berapa nilai daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui daya yang diterima (input), daya tersebut adalah perkalian antara intensitas radiasi matahari yang diterima dengan luas PV module dengan persamaan :

$$P_{in} = I_r \times A \times \text{eff} =$$

Keterangan :

P_{in} : Daya input akibat

irradiance matahari

I_r : Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

A : Luasan area permukaan *photovoltaic module* (m²)

Eff : Efisiensi panel surya

Sedangkan untuk besarnya daya *solar cell* (pout) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka (Voc), arus hubung singkat (Isc), dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh sel *photovoltaic* dapat dihitung dengan rumus :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF =$$

Keterangan :

P_{out} : Daya yang dibangkitkan oleh *solar cell* (watt)

V_{oc} : Tegangan rangkaian terbuka pada *solar cell* (volt)

I_{sc} : Arus hubung singkat pada *solar cell* (ampere)

FF : *Fill Factor*

Nilai FF dapat diperoleh dari rumus :

$$FF = \frac{V_{oc} - \ln(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} =$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dibangkitkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari *irradiance* matahari.

Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi pada saat pengambilan data.

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100\% =$$

Sehingga efisiensi yang dihasilkan :

$$\eta = \text{sesaat} = \frac{P}{I_r \times A} \times 100\% =$$

Dimana :

η = Efisiensi *solar cell* (%)

I_r = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

P = Daya *output* yang dibangkitkan oleh *solar cell* (Watt)

A = Luas area permukaan *module photovoltaic* (m²)

Menurut (Arikunto, 2010 : 110). Hipotesis adalah suatu jawaban yang bersifat sementara terhadap suatu permasalahan penelitian, sampai terbukti melalui data yang terkumpul. Berdasarkan penjabaran dari pemikiran kedepannya untuk traktor pembajak sawah menggunakan panel surya yaitu memberdayakan sumber energi terbarukan yaitu energi surya atau energi matahari yang mana energi matahari ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik, maka dalam hal ini penulis ingin melakukan pengujian alat yaitu “perancangan sistem panel surya untuk penggerak traktor pembajak sawah dengan menggunakan sistem otomatis” menggunakan energi listrik dari sel surya dengan cara monitoring dan melihat performanya.

Kalor

Panas atau bahang, atau **kalor** dalam istilah fisika, adalah energi yang berpindah akibat perbedaan suhu. Satuan SI untuk panas adalah joule. Panas bergerak dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah. Setiap benda memiliki energi dalam yang berhubungan dengan gerak acak dari atom-atom atau molekul penyusunnya. Energi dalam ini berbanding lurus terhadap suhu benda. Ketika dua benda dengan suhu berbeda bergandengan, mereka akan bertukar energi internal sampai suhu kedua benda tersebut seimbang. Jumlah energi yang disalurkan adalah jumlah energi yang tertukar. Kesalahan umum untuk menyamakan panas dan energi internal. Perbedaannya adalah panas dihubungkan dengan pertukaran energi internal dan kerja yang dilakukan oleh sistem. Mengerti perbedaan ini dibutuhkan untuk mengerti hukum pertama termodinamika.

Rumus menghitung jumlah panas atau kalor

$$Q = mc\Delta t$$

Keterangan :

Q = adalah banyaknya kalor (jumlah panas) dalam joule

m = adalah massa benda dalam kg

c = adalah kalor jenis dalam joule/kg °C, dan

Δt = adalah besarnya perubahan suhu dalam °C.

Rumus menghitung kecepatan penyaluran panas

$$\dot{Q} = \frac{dQ}{dt}$$

Charge Controller

Charge Controller adalah rangkaian elektronik yang mengatur proses pengisian aki atau rangkaian aki (Battery Bank). Tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya umumnya bervariasi 12 volt ke atas. Kontroler ini berfungsi sebagai alat pengatur tegangan aki agar tidak melampaui batas toleransi dayanya. Alat pengontrol ini juga mencegah pengaliran arus dari aki mengalir balik ke panel surya ketika proses pengisian sedang tidak berlangsung (misalnya pada malam hari) sehingga aki yang sudah dicas tidak terkuras tenaganya.

Apabila aki atau rangkaian aki sudah penuh terisi, maka aliran DC dari panel surya atau sel surya akan diputuskan agar aki itu tidak lagi menjalani pengisian sehingga pengerusakan terhadap baterai bisa dicegah dan usia aki bisa diperpanjang. Pengendalian proses pengisian aki dengan membuka dan menutup aliran arus DC dari panel surya ke aki adalah fungsi yang paling dasar sebuah charge controller.

Fungsi dan fitur pada solar Charge Controller :

1. Saat tegangan pengisian di baterai telah mencapai keadaan penuh, maka controller akan menghentikan arus listrik yang masuk ke dalam baterai untuk mencegah over charge, dengan demikian ketahanan baterai akan jauh lebih tahan lama. Di dalam kondisi ini, listrik yang tersupply dari solar cel atau panel surya akan langsung terdistribusikan ke beban atau peralatan listrik lainnya dalam jumlah tertentu dengan konsumsi daya peralatan listrik yang dibutuhkan.
2. Saat voltase di baterai dalam keadaan hampir habis atau kosong, maka controller berfungsi menghentikan pengambilan arus listrik dari baterai oleh beban atau peralatan listrik. Dalam kondisi voltase tertentu (umumnya sekitar 10% sisa voltase dibaterai), maka otomatis pemutusan arus beban dilakukan oleh controller. Dalam hal ini menjaga baterai dan mencegah kerusakan pada komponen – komponen baterai. Pada kebanyakan model controller, warna indikator lampu akan menyala dengan warna tertentu (umumnya berwarna merah atau kuning) yang

menunjukkan bahwa baterai dalam proses charging. Kondisi ini, bila sisa arus di baterai kosong (dibawah 10%) maka pengambilan arus listrik dari baterai akan di putus oleh controller, maka peralatan listrik atau beban tidak dapat beroperasi.

3. Pada controller tipe – tipe tertentu dilengkapi dengan digital meter dengan indikator yang lebih lengkap, untuk memonitor berbagai macam kondisi yang terjadi pada sistem PLTS dapat terdeteksi dengan baik.

Monitoring dan Performansi

Menurut *Calyton* dan *Petry*, definisi monitoring adalah suatu proses mengukur, mencatat, mengumpulkan, memproses dan mengkomunikasikan informasi untuk membantu pengambilan keputusan dari manajemen program atau proyek. Sehingga dalam penelitian ini bertujuan untuk memonitoring yang melingkupi proses mengukur, mencatat, mengumpulkan data untuk disajikan dari hasil pengujiannya.

Menurut *Niven*, performansi adalah alat yang digunakan untuk memastikan apakah kita berhasil mencapai tujuan dan bergerak maju menuju kesuksesan penerapan strategi kita. Dan dalam penelitian ini beberapa alat digunakan untuk mengetahui kinerja dari alat uji agar dapat diketahui hasil pengujiannya dan juga disajikan dengan baik.

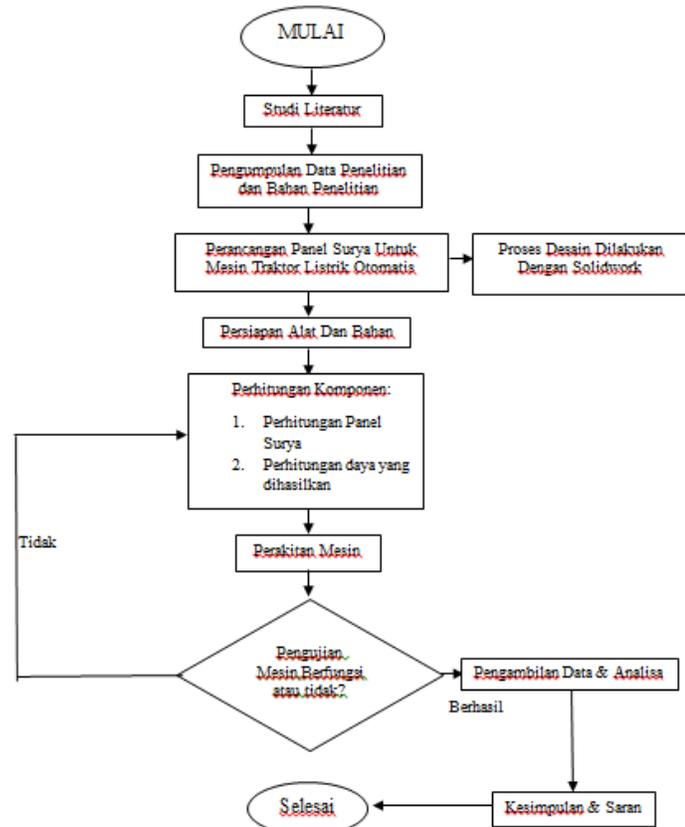
Hipotesis

Berdasarkan penjabaran dari pemikiran kedepannya untuk traktor pembajak sawah menggunakan panel surya yaitu memberdayakan sumber energi terbarukan yaitu energi surya atau energi matahari yang mana energi matahari ini dapat dikonversikan menjadi energi listrik, maka dalam hal ini penulis ingin melakukan pengujian alat yaitu “perancangan sistem panel surya untuk penggerak traktor pembajak sawah dengan menggunakan sistem otomatis” menggunakan energi listrik dari sel surya dengan cara monitoring dan melihat performannya.

METODE PENELITIAN

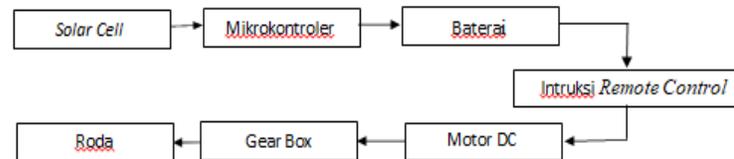
Dalam penelitian ini ada beberapa langkah yang harus dilakukan secara berurutan dan juga

bertahap seperti pada gambar dibawah ini. Hal ini sangat perlu dilakukan agar mempermudah langkah kerja dan juga analisa penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 1. Flow Chart Penelitian

Cara Kerja Traktor



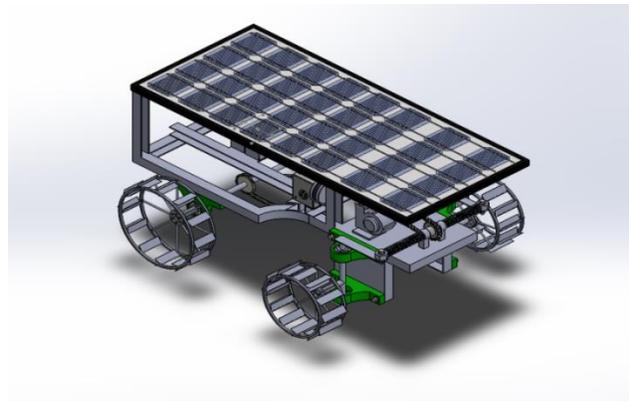
Gambar 2. Cara kerja Traktor Automatis

Cara kerja traktor pembajak sawah menggunakan panel surya untuk sistem penggerak ini tidak jauh berbeda dengan traktor pembajak sawah pada umumnya karena sistem penggerak motornya menggunakan motor DC dengan energi matahari atau panel surya dan di kombinasikan ke transmisi yaitu menggunakan *pulley* dan *gear*

yang di untuk merasiokan putaran motor lalu disalurkan melalui *gear* ke poros roda. Alat yang di operasikan dengan intukrusi pada *remote control*, maka motor DC untuk *driver* bergerak sesuai perintah dan motor DC untuk penggerak yang sudah dihasilkan mulai bekerja sesuai perintah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisa Panas Yang Dihasilkan Oleh Panel Surya



Gambar 3. Rancangan Traktor pembajak sawah secara otomatis

Perhitungan Gaya Cangkul

Untuk menghitung gaya cangkul (F_c), Maka dapat di tentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$F_c = \pi g \text{ tanah} \times A$$

Diketahui :

$$\begin{aligned} A &= 12,56 \text{ cm}^2 \\ \pi g \text{ tanah} &= 1,59 \text{ Kg/cm}^2 \\ F_c &= \text{Gaya Cangkul (N)} \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} F_c &= 1,59 \text{ Kg/cm}^2 \times 12,56 \text{ cm}^2 \\ &= 19,97 \text{ Kg} \\ &= 195.84 \text{ N} \end{aligned}$$

Perhitungan Daya Motor Penggerak

Untuk menghitung daya motor penggerak (T), maka dapat di tentukan berdasarkan persamaan :

$$T = F_c \cdot r$$

Diketahui :

$$F_c = 195,84 \text{ N (Hasil Menghitung Gaya Cangkul)}$$

$$r = 0.020 \text{ m}$$

$$T = \text{Torsi Sirip Cangkul Roda}$$

Maka :

$$T = 195,84 \text{ N} \cdot 0.020 \text{ m}$$

$$= 3,9 \text{ N.m}$$

Untuk daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan traktor pembajak sawah (P), makadapat di tentukan berdasarkan persamaan :

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot N \cdot T}{60}$$

Diketahui :

$$T = 3,9 \text{ N.m}$$

$$N = 220 \text{ rpm}$$

$$\pi = 3.14$$

Maka :

$$P = \frac{2 \times 3,14 \times 220 \text{ rpm} \times 3,9 \text{ N.m}}{60}$$

$$= 89.804 \text{ Watt}$$

$$= 0.089804 \text{ KW}$$

Menentukan daya rencana dimana faktor koreksi (F_c) 1,0 normal, dapat ditentukan berdasarkan persamaan :

$$P_d = P \cdot F_c$$

$$= 0.089804 \text{ KW} \times 1.0$$

$$= 0.089804 \text{ KW}$$

Jadi daya motor yang diperlukan untuk membajak Sawah 0,48 m/menit adalah 89.804 Watt. Sehingga di asumsikan beban maksimal yang di terima mesin Traktor Pembajak Sawah pada saat di gunakan adalah 89.804 Watt. Untuk menjaga keamanan pada traktor pemabajak sawah di dalam perancangan ini, maka dipilih menggunakan *solar cell type monocrystalline* dengan daya maksimal 100WP dan hanya menggunakan 1 blok *solar cell* untuk traktor pembajak sawah.

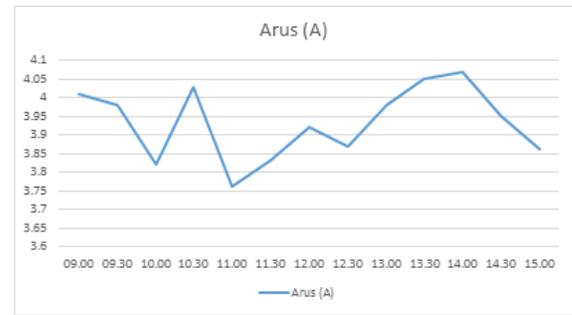
Instalasi alat uji

Beberapa komponen untuk membuat sistem panel surya untuk penggerak pada tenaga surya yang telah ada perlu instalasi dengan benar dan baik agar traktor bekerja dengan baik sesuai dengan apa yang diharapkan. Maka dari itu dalam proses instalasi dibutuhkan juga sebuah pengetahuan agar tidak salah langkah dalam pengujian alat ini. Bermula siapkan semua komponen kebutuhan alat uji yang telah ada, setelah semua sudah siap, maka bisa dimulai untuk proses penggerak pada traktor pembajak sawah. Pasangkan semua komponen sesuai dengan tahapan yang sesuai.

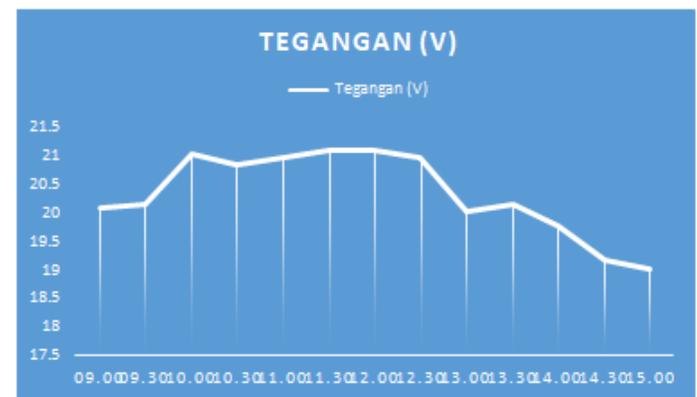
Hasil pengujian panel surya *monocrystalline*

Tabel 1. Hasil pengujian hari ke 1 panel surya *monocrystalline* (27 Februari 2021)

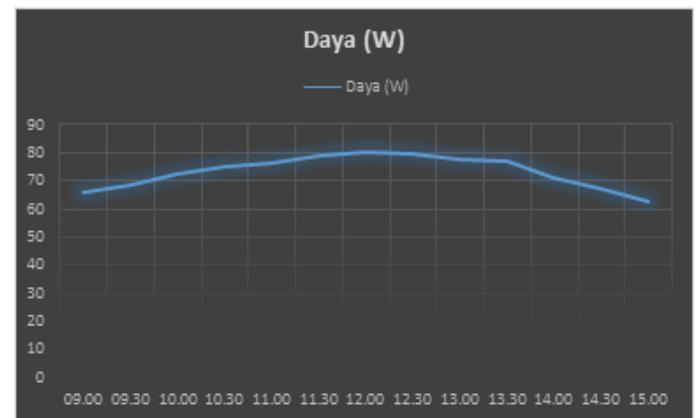
| No. | Jam / Waktu | Output Panel Surya Monocrystalline 100 WP Aktual | | |
|-----|------------------|--|--------------|--------------|
| | | Arus (A) | Tegangan (V) | Daya (W) |
| 1 | 09.00 | 4.01 | 20.08 | 65.87 |
| 2 | 09.30 | 3.98 | 20.15 | 68.34 |
| 3 | 10.00 | 3.82 | 21.02 | 72.16 |
| 4 | 10.30 | 4.03 | 20.82 | 74.64 |
| 5 | 11.00 | 3.76 | 20.96 | 75.94 |
| 6 | 11.30 | 3.83 | 21.08 | 78.53 |
| 7 | 12.00 | 3.92 | 21.10 | 80.05 |
| 8 | 12.30 | 3.87 | 20.97 | 79.51 |
| 9 | 13.00 | 3.98 | 20.02 | 77.60 |
| 10 | 13.30 | 4.05 | 20.15 | 76.47 |
| 11 | 14.00 | 4.07 | 19.75 | 70.89 |
| 12 | 14.30 | 3.95 | 19.15 | 67.07 |
| 13 | 15.00 | 3.86 | 19.02 | 62.56 |
| | Rata-rata | 3.93 | 20.32 | 73.04 |



Gambar 4. Grafik pengujian arus (A) panel surya *monocrystalline* (hari pertama)



Gambar 5. Grafik pengujian tegangan (V) panel surya *monocrystalline* (hari pertama)



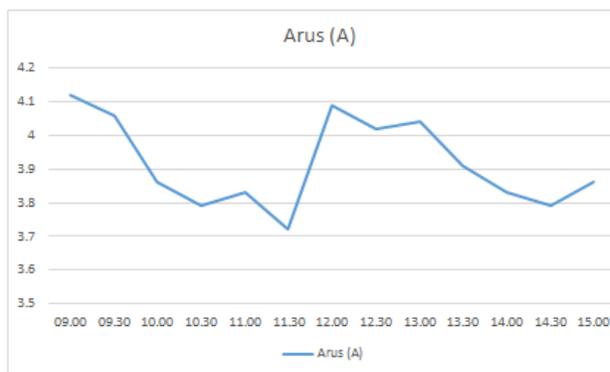
Gambar 6 Grafik pengujian daya (W) panel surya *monocrystalline* (hari pertama)

Data pada grafik telah menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya *monocrystalline* beranjak naik dari pukul 09.00 hingga 12.00 dan setelah pukul 12.30 sampai 15.00 sudah mengalami penurunan dikarenakan matahari

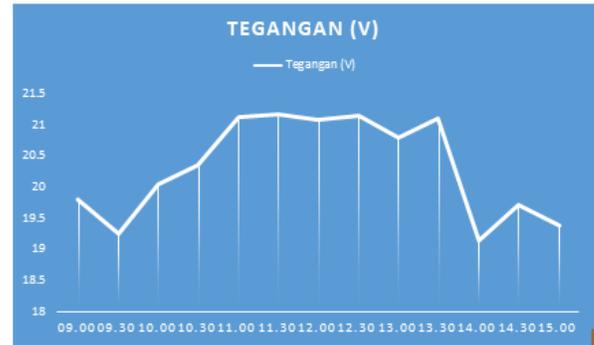
menjelang sore. Banyak faktor yang mempengaruhi naik turunnya dari arus (A), tegangan (V), dan daya (W) dari panel surya monocrystalline, bisa karena awan yang mendung bahkan gerimis, awan yang menghalangi sinar matahari, faktorlainnya yang bisa menghalangi cahaya matahari secara langsung yang akan diterima oleh panel surya. Tegangan listrik dihasilkan berada pada angka voltage terendah ke tertinggi dikisaran 19.02 – 21.10, dan arus listrik yang dihasilkan cukup bervariasi dikisaran 3.76 – 4.07 ampere.

Tabel 2 Hasil pengujian hari kedua panel surya monocrystalline (28 Februari 2021)

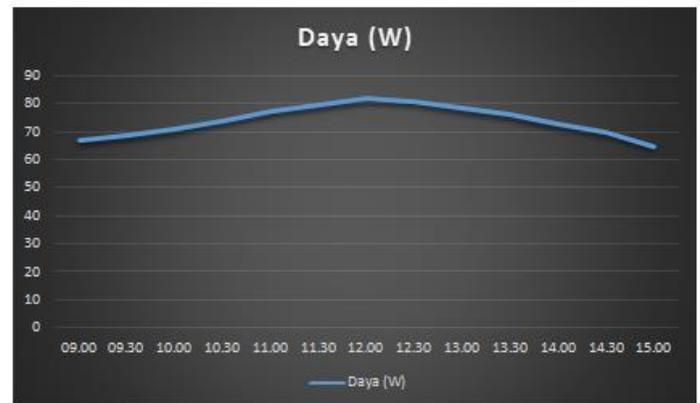
| No. | Jam / | Output Panel Surya Monocrystalline 100WP Aktual | | |
|------------------|-------|---|--------------|--------------|
| | Waktu | Arus (A) | Tegangan (V) | Daya (W) |
| 1 | 09.00 | 4.12 | 19.80 | 66.85 |
| 2 | 09.30 | 4.06 | 19.25 | 68.52 |
| 3 | 10.00 | 3.86 | 20.05 | 70.66 |
| 4 | 10.30 | 3.79 | 20.35 | 73.92 |
| 5 | 11.00 | 3.83 | 21.13 | 77.09 |
| 6 | 11.30 | 3.72 | 21.18 | 79.33 |
| 7 | 12.00 | 4.09 | 21.07 | 81.50 |
| 8 | 12.30 | 4.02 | 21.14 | 80.64 |
| 9 | 13.00 | 4.04 | 20.79 | 78.09 |
| 10 | 13.30 | 3.91 | 20.10 | 75.85 |
| 11 | 14.00 | 3.83 | 19.15 | 72.43 |
| 12 | 14.30 | 3.79 | 19.72 | 69.88 |
| 13 | 15.00 | 3.86 | 19.38 | 64.98 |
| Rata-rata | | 3.91 | 20.23 | 73.82 |



Gambar 7 Grafik pengujian arus (A) panel surya monocrystalline (hari ke 2)



Gambar 8 Grafik pengujian tegangan (V) panel surya monocrystalline (hari ke 2)

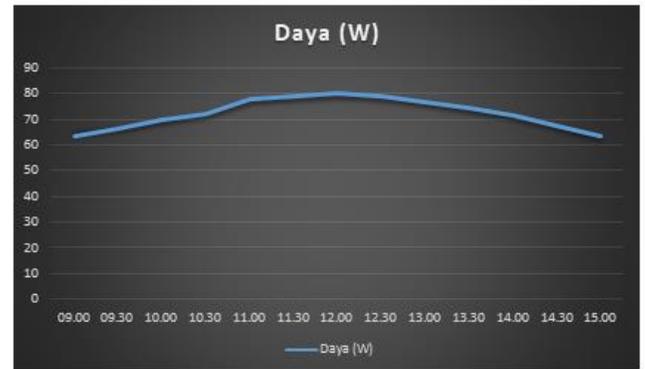


Gambar 9 Grafik pengujian daya (W) panel surya monocrystalline (hari ke 2)

Data pengujian kedua, cuaca dalam keadaan mendung, dan data pada grafik menunjukkan bahwa daya yang dihasilkan oleh panel surya monocrystalline mengalami penurunan angka sedikit dari hasil pengujian sebelumnya dan jam yang dilakukan pun sama dari pukul 09.00 hingga jam 12.00 turun naik angka yang dihasilkan dan 12.30 sampai 15.00 naik dan turun pada arus, dan tegangan, yang dihasilkan dibidang kurang stabil karena faktor cuaca karena tidak seterik pada hari sebelumnya. Namun pada daya yang dihasilkan cukup terbilang stabil atau cukup besar. Tegangan listrik dihasilkan berada pada voltage terendah ke tertinggi dikisaran 19.15 – 21.18, dan arus yang dihasilkan bervariasi dikisaran 3.72 – 4.12 ampere.

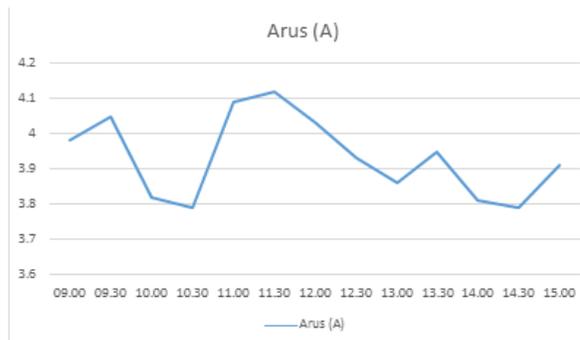
Tabel 3 Hasil pengujian hari ketiga panel surya *monocrystalline* (1 Maret 2021)

| No. | Jam / Waktu | Output Panel Surya Monocrystalline 100WP Aktual | | |
|-----------|-------------|---|--------------|----------|
| | | Arus (A) | Tegangan (V) | Daya (W) |
| 1 | 09.00 | 3.98 | 20.19 | 64.89 |
| 2 | 09.30 | 4.05 | 20.71 | 66.66 |
| 3 | 10.00 | 3.82 | 21.05 | 69.76 |
| 4 | 10.30 | 3.79 | 21.01 | 72.23 |
| 5 | 11.00 | 4.09 | 20.62 | 77.83 |
| 6 | 11.30 | 4.12 | 20.97 | 78.95 |
| 7 | 12.00 | 4.03 | 21.18 | 80.03 |
| 8 | 12.30 | 3.93 | 21.13 | 79.01 |
| 9 | 13.00 | 3.86 | 20.83 | 76.96 |
| 10 | 13.30 | 3.95 | 20.51 | 74.47 |
| 11 | 14.00 | 3.81 | 20.11 | 71.61 |
| 12 | 14.30 | 3.79 | 19.78 | 67.54 |
| 13 | 15.00 | 3.91 | 19.21 | 63.41 |
| Rata-rata | | 3.93 | 20.56 | 72.56 |



Gambar 12. Grafik pengujian daya (W) panel surya *monocrystalline* (hari ke 3)

Pada pengujian ketiga,, cuaca tidak begitu cerah naik turun dari pukul 09.00 sampai 15.00 dan seterusnya data yang didapat seiring dengan sinar matahari yang terkadang terhalang oleh awan mendung. Data pada grafik juga menunjukkan bahwa daya pada saat pukul 15.00 adalah 63.41 watt dan arus yang dihasilkan 3.91 ampere, maka dari itu daya yang dihasilkan oleh panel surya *monocrystalline* ini adalah data yang terkecil yang didapat dari hasil 4 kali pengujian yang sudah dilakukan.



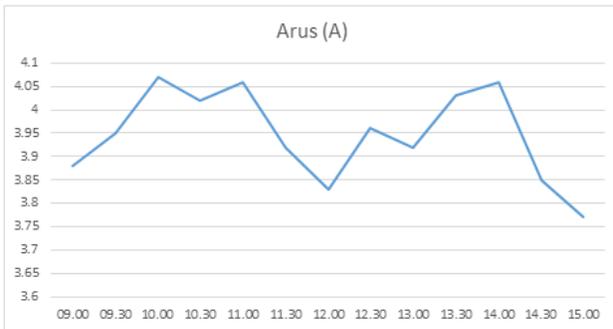
Gambar 10. Grafik pengujian arus (A) panel surya *monocrystalline* (hari ke 3)

Tabel 4 Hasil pengujian hari keempat panel surya *monocrystalline* (3 Maret 2021)

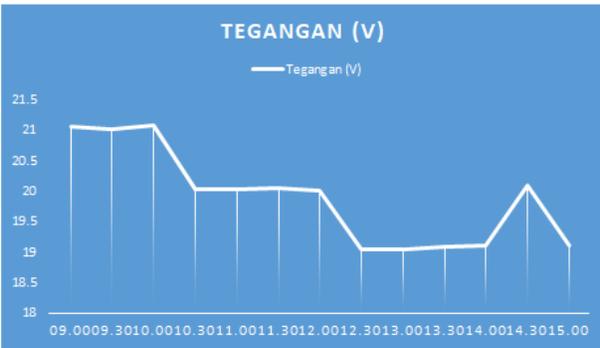
| No. | Jam / Waktu | Output Panel Surya Monocrystalline 100WP Aktual | | |
|-----------|-------------|---|--------------|----------|
| | | Arus (A) | Tegangan (V) | Daya (W) |
| 1 | 09.00 | 3.88 | 21.05 | 65.89 |
| 2 | 09.30 | 3.95 | 21.01 | 67.99 |
| 3 | 10.00 | 4.07 | 21.07 | 69.42 |
| 4 | 10.30 | 4.02 | 20.03 | 73.79 |
| 5 | 11.00 | 4.06 | 20.02 | 77.81 |
| 6 | 11.30 | 3.92 | 20.06 | 80.55 |
| 7 | 12.00 | 3.83 | 20.01 | 81.60 |
| 8 | 12.30 | 3.96 | 19.07 | 80.21 |
| 9 | 13.00 | 3.92 | 19.06 | 78.71 |
| 10 | 13.30 | 4.03 | 19.08 | 75.54 |
| 11 | 14.00 | 4.06 | 19.10 | 72.67 |
| 12 | 14.30 | 3.85 | 20.09 | 67.32 |
| 13 | 15.00 | 3.77 | 19.10 | 64.81 |
| Rata-rata | | 3.94 | 21.52 | 73.56 |



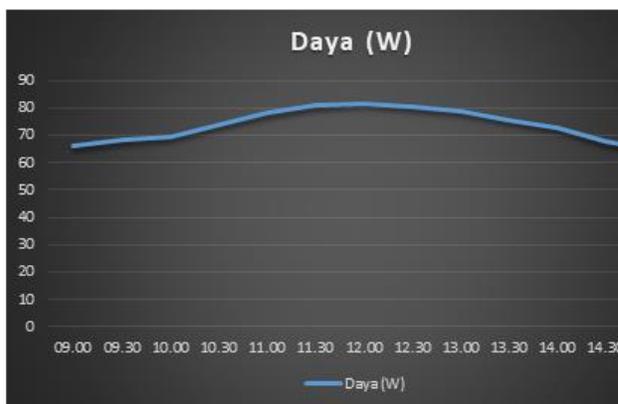
Gambar 11. Grafik pengujian tegangan (V) panel surya *monocrystalline*(hari ke 3)



Gambar 13. Grafik pengujian arus (A) panel surya *monocrystalline* (hari ke 4)



Gambar 14 Grafik pengujian tegangan (V) panel surya *monocrystalline* (hari ke 4)



Gambar 15 Grafik pengujian daya (W) panel surya *monocrystalline* (hari ke 4)

Pada hari ke empat yaitu dimana hari pengujian terakhir, dan cuaca kurang begitu cerah

dikarenakan pada saat pengujian alat traktor pembajak sawah menggunakan panel surya sebagai penggerakannya pada saat dimusim hujan menjadi data pengujian selama 4 hari dalam waktu yang berbeda dari arus (A), tegangan (V), dan daya (W) selalu bervariasi angka yang dihasilkan. Pada pengujian hari ke empat ini adalah hari terakhir pengujian. Dan pada grafik juga menunjukkan bahwa daya pada pukul 15.00 adalah 64.81 watt dan arus yang dihasilkan pada jam yang sama adalah 3.77 ampere.

Data rata – rata 4 hari pengujian panel surya Monocrystalline

| hari Pengujian / rata-Rata | Arus rata-rata | Tegangan rata-rata | daya rata-rata |
|----------------------------|----------------|--------------------|----------------|
| Hari ke 1 | 3.93 | 20.32 | 73.04 |
| Hari ke 2 | 3.91 | 20.23 | 73.82 |
| Hari ke 3 | 3.93 | 20.56 | 72.56 |
| Hari ke 4 | 3.94 | 21.52 | 73.56 |

Perhitungan daya pada panel surya *monocrystalline*

Dari data hasil pengujian hari pertama, kedua, ketiga, dan keempat, maka akan dihitung daya yang dihasilkan oleh panel surya disetiap pengujiannya. Ada beberapa parameter yang akan dihitung meliputi daya yang dibangkitkan oleh panel surya untuk menggerakkan traktor pembajak sawah, nilai *Fill Factor*, dan daya input akibat *irradiance* matahari, yang dimana semua parameter itu dapat dihitung berdasarkan data yang didapat selama empat hari pengujian yang telah dilakukan.

Daya yang akan dihasilkan panel surya berdasarkan data rata – rata selama 4 hari pengujian dan dapat dihitung dengan rumus :

$$P_{out} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF$$

Dimana :

P_{out} : Daya yang dibangkitkan oleh *solar cell* (Watt)

V_{oc} : Tegangan rangkaian Terbuka pada *solar cell* (Volt)

I_{sc} : Arus hubung singkat pada *solar cell* (Ampere)

FF : *Fill Factor*

Nilai FF dapat di hitung dari rumus :

$$FF = \frac{Voc - \ln(Voc + 0.72)}{Voc + 1} =$$

Jadi perhitungan *output* rata – rata yang mampu dihasilkan panel surya *monocrystalline* yaitu :

Data pengujian I :

$$FF = \frac{20.32 \text{ V} - \ln(20.32 + 0.72)}{20.32 \text{ V} + 1} = 0.810$$

$$Isc = 3.93 \text{ A}$$

$$Vout = 20.32 \text{ V}$$

$$\begin{aligned} Pout &= Voc \times Isc \times FF \\ &= 20.32 \text{ V} \times 3.93 \text{ A} \times 0.810 \\ &= 64.68 \text{ Watt} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih daya aktual – daya perhitungan} &= \\ 73.04 - 64.68 &= \mathbf{8.36 \text{ Watt}} \end{aligned}$$

KESIMPULAN

Setelah melakukan pembahasan, perancangan, dan pengujian pada alat traktor menggunakan panel surya, maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

- Dari 4 kali pengujian panel surya *Monocrystalline* 100WP yang dilakukan di hari yang berbeda, diketahui bahwa tegangan dan arus panel surya yang sudah di uji berbeda – beda hasilnya tergantung dari kondisi cuaca, tepatnya sinar matahari mengenai panel surya. Nilai tertinggi yang didapatkan pada pengujian hari pertama, arus tertinggi pada pukul 14.00 yaitu 14.07A, sedangkan tegangan dan daya yang dihasilkan tertinggi pada pukul 12.00 yaitu 21.10V dan 80.05W.
- Nilai rata – rata pengujian yang dihasilkan, pada hari ke 2 adalah yang terbaik diantara waktu pengujian lainnya dalam hal daya yang dihasilkan oleh panel surya *monocrystalline* 100WP, yaitu 73.82 Watt.
- Nilai minimal yang di peroleh adalah pada pengujian hari ke 3, yaitu diperoleh daya rata – rata adalah 72.56 Watt, dan lebih kecil ketimbang nilai rata – rata dari hari pengujian lainnya.
- Waktu terendah pada hari itu adalah pada pukul 15.00 yaitu tegangan yang didapatkan 19.21 Volt, sedangkan arus yang didapatkan 3.91 Ampere, dan daya yang dihasilkan adalah 63.41 Watt.

- Pada perhitungan teoritikal, daya yang mampu dibangkitkan oleh panel surya *monocrystalline* 100WP adalah 89.7 Watt dengan efisien 15% sedangkan pada *output* rata – rata yang mampu dihasilkan panel surya yaitu mendaptkan hasil yang berbeda antara hasil actual dan hasil teoritikal, yaitu berbeda pada selisih angka kisaran dari 4.29 Watt – 9.83 Watt.

SARAN

1. Gunakan baterai untuk menstabilkan performa traktor pembajak sawah ketika tidak ada sinar matahari seperti cuaca mendung atau hujan dan bisa dipastikan kapasitas baterai sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.
2. Berikan saklar on/off untuk sistem agar memudahkan sistem bekerja dengan aman dan nyaman.

DAFTAR PUSTAKA

1. Gede Widayana, 2012. “Pemanfaatan Energi Surya”, JPTK, UNDIKSHA, Vol 9, No. 1, Januari 2012 : 37 – 46.
2. Hariyati, Rinna., Muchamad Nur Qosim, Aas Wasri Hasanah. 2019. Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid Dengan Gedung STT-PLN. Jurnal Teknik Elektro, Vol.11, No 1.
3. Muchammad, Eflita Yohana, Budi Heriyanto. 2011. Pengaruh Suhu Permukaan *Photovoltaic module 50 Watt Peak* Terhadap Daya Keluaran Yang Dihasilkan Menggunakan Reflektor Dengan Variasi Sudut Reflektor 0⁰, 50⁰, 60⁰, 70⁰, 80⁰. Tembalang, Semarang: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
4. Muhammad Irwansyah & Didi Istardi., Pompa Air Aquarium Menggunakan Solar Panel. Teknik Elektronika, Politeknik Negeri Batam, Parkway Street, Batam Center, Batam 29461, Indonesia.
5. Pudjanarsa, Astu., & Djati Nursuhud. 2012. Mesin Konversi Energi. Surabaya: ANDI.
6. Setiawan, Bambang., Gunawan Hidayat 2012. Pompa Submersible Tenaga Solar

- Cell. Jakarta: Jurnal Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
7. Shingley, Joseph E., 1984. Perencanaan Teknik Mesin. Jakarta : Erlangga.
 8. Subandi & Slamet Hani, 2015. Pembangkit Listrik Energi Matahari Sebagai Penggerak Pompa Air Dengan Menggunakan Solar Cell. Jurnal Teknologi Tecnoscientia Issn: 1979-8415 Vol. 7, No. 2, Februari 2015.
 9. Sukmajati, sigit, & Mohammad Hafidz, 2015. Perancangan Dan Analisis Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kapasitas 10 MW On Grid Di Yogyakarta. Jurnal Teknik Elektro, Vol.7, No 1.