

# Optimalisasi Kecepatan Putaran Motor Listrik Sebagai Beban Pada PLTS 5 kWp (Aplikasi : Laboratorium Balai Besar Pengembangan Dan Penjamin Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan Dan Listrik Medan)

**I Putu Pawitra Teguh Dharma P<sup>1</sup>, Suwarno<sup>2</sup>, Fitra Zambak<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Kampus Pasca Sarjana Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

Jl. Denai No.217, Tegal Sari Mandala II, Kec. Medan Denai, Kota Medan, Sumatera Utara 20371

e-mail: putu.pawitra@gmail.com

**Abstrak**— Dewasa ini kebutuhan akan energi listrik terus mengalami pertumbuhan membuat konsumsi listrik juga meningkat, pemanfaatan energi matahari sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) telah banyak dilakukan dengan menggunakan panel surya. Dalam implementasinya energi listrik yang di hasilkan oleh PLTS dapat dimanfaatkan untuk memutar motor listrik dan seberapa besar mempengaruhi nilai dari putaran motor serta kerja motor listrik tersebut. Hal ini dikarenakan motor listrik memiliki efisiensi yang relative tinggi, konstruksi yang sederhana dan kuat, serta mudah dan murah perawatannya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daya output PLTS sebagai penggerak motor, kecepatan putaran dan efisiensi. Hasil penelitian ini terdapat perubahan frekuensi yang menyebabkan perubahan putaran motor listrik tiga phasa, dengan cara mengatur tahanan input pada inverter dengan mengubah-ubah frekuensi. Pada motor listrik tiga Phasa hubungan delta tanpa beban dioperasikan menggunakan inverter diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 916 Rpm dengan daya 1,6 kW, berbeban diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 854,4 Rpm dengan daya 1,8 kW, hubungan bintang tanpa beban diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 1024 Rpm dengan daya 1,9 kW, berbeban di peroleh rata-rata kecepatan sebesar 934 Rpm dengan daya 2,2 kW. Dan rata-rata efisiensi pada motor yaitu 55%. Maka optimalisasi putaran motor listrik ketika beroperasi pada beban 50% - 100% dan akan paling efisiensi pada beban 75% sampai 80 %, Jika beban turun di bawah 50% maka efisiensi akan turun dengan cepat.

**Kata kunci** : PLTS, Motor Listrik Tiga Phasa, Kecepatan Putran Motor, Daya dan Efisiensi

**Abstract**— Today the need for electrical energy continues to grow, making electricity consumption also increasing, the use of solar energy as a Solar Power Plant (PLTS) has been widely carried out using solar panels. In its implementation, the electrical energy produced by PLTS can be used to rotate the electric motor and how much influence it has on the value of the rotation of the motor and the work of the electric motor. This is because electric motors have relatively high efficiency, simple and strong construction, and easy and inexpensive maintenance. In this study, the authors chose a qualitative research method that aims to determine the PLTS output power as a motor drive, rotation speed and efficiency. The results of this study are changes in frequency that cause changes in the rotation of a three-phase electric motor, by adjusting the input voltage on the inverter by varying the frequency. In a three-phase electric motor, the no-load delta connection is operated using an inverter, the average speed is 916 Rpm with a power of 1.6 kW, with an average load speed of 854.4 Rpm with a power of 1.8 kW, a no-load connection star is obtained. an average speed of 1024 Rpm with a power of 1.9 kW, obtained an average load speed of 934 Rpm with a power of 2.2 kW. And the average efficiency of the motor is 55%. Thus optimizing the rotation of the electric motor when operating at a load of 50% - 100% and will be most efficient at a load of 75% to 80%. If the load drops below 50% then the efficiency will drop rapidly.

**Keywords** : PLTS, Three Phase Electric Motor, Motor Rotation Speed, Power and Efficiency

## I. PENDAHULUAN

Keandalan dalam mengelola kehidupan manusia secara langsung maupun tidak langsung diperlukan untuk selalu bertindak efektif dan efisien dalam beraktivitas dan menemukan inovasi terbaru untuk menunjang kebutuhan kehidupannya. Belakangan ini semakin banyak yang mencoba mengembangkan motor listrik. Hal itu disebabkan karena persediaan

material utama minyak bumi dan cadangannya mulai menipis, sehingga harus ada jalan keluar untuk mengatasi hal tersebut dengan cara mencari energi alternatif yaitu dengan memanfaatkan energi surya. Namun pemakaian motor listrik masih belum efektif karena apabila isi dari baterai tersebut habis maka motor listrik tersebut harus berhenti dan harus melakukan mengisi ulang pada baterai, dan jika ingin memakai motor listrik dengan jarak atau waktu

yang lama dibutuhkan baterai yang banyak pula sehingga kurang efektifnya penggunaan, hal ini juga diharapkan sebagai pengganti bahan bakar sehingga dapat memenuhi kebutuhan di masa depan. Kebutuhan tenaga listrik tidak sebanding dengan ketersediaan tenaga listrik yang ada, jadi masih banyak kebutuhan yang tidak terpenuhi.

Pembangkit listrik energi matahari/ surya (PLTS) salah satu cara yg mampu membentuk energi listrik. Panas yang timbul dari energi matahari yg ditangkap dan diproses oleh *photovoltaic* ataupun panel surya akan membentuk energi listrik berupa arus searah (DC). Tetapi bukanlah semua beban listrik itu berbentuk beban arus searah (DC) masih ada juga beban atau dapat dirubah menjadi arus bolak-balik (AC) [1]. Agar energi listrik yg didapatkan berdasarkan tenaga terbarukan harus dikonversi, maka dipergunakan inverter sebagai alat untuk mengkonversinya. Namun aspek cuaca juga akan sangat pengaruhi kinerja dari PLTS. Jika panel surya mendapatkan cahaya matahari dalam cuaca yg sangat terik, namun jika sebaliknya saat cuaca mendung ataupun panel surya kurang memperoleh cahaya matahari, sampai tegangan dan arus yang didapat sepanjang proses pengisian baterai jadi lama. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) adalah energi yg terjangkau. Disaat ini masyarakat ataupun Industri sudah banyak yang memakai Pembangkit Listrik Tenaga Surya dimana mampu mengurangi ketergantungan pemakaian energi listrik yg dikelola oleh pihak PT. PLN Persero. Tiap tahun kenaikan tarif dasar listrik dan kebutuhan tenaga listrik terus bertambah. Pemanfaatan tenaga surya ialah tenaga yang sangat potensial untuk dikembangkan khususnya di Negara Kesatuan Republik Indonesia. Pemanfaatan tenaga Matahari selaku pembangkit listrik sudah banyak di manfaatkan dengan memakai panel surya. Disaat ini pemanfaatan untuk penerangan jalur jalan raya telah sangat banyak dan begitu pula untuk rumah tangga serta industri. Pada riset ini penulis akan melaksanakan kajian pemanfaatan tenaga listrik yang di hasilkan oleh Pembangkit listrik tenaga surya, serta seberapa besar mempengaruhi nilai dari putaran motor dan cara kerja motor listrik, sehingga motor listrik dapat bekerja dengan baik dan normal, serta dapat melakukan perubahan putarannya.

Menguji motor listrik sebagai beban apakah dapat mempengaruhi putaran motor berdasarkan jenis dan nilai panel surya, ukuran dan efisiensi panel surya untuk menyalakan baterai dan menggunakan motor listrik sebagai beban variabel [2].

Dalam permasalahan yang akan di angkat dan di jawab pada riset/penelitian ini yaitu seberapa besar keluaran daya output pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk motor listrik, Seberapa besar optimalisasi kecepatan putaran motor yang di hasilkan sebagai beban dari listrik yang dihasilkan

oleh Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Dan Seberapa besar efisiensi yang dihasilkan Pembangkit Listrik Tenaga terhadap putaran motor listrik.

## II. STUDI PUSTAKA

Pada bagian ini riset bermaksud untuk membagikan cerminan tentang kaitan upaya pengembangan dengan upaya-upaya lain yang bisa jadi telah sempat ditempuh oleh periset sebelumnya guna mendekati kasus yang sama ataupun relative sama.

1. Millie Pant, Radha Thangaraj, V. P. Singh (2008), *Department of Paper Technology, Indian Institute of Technology Roorkee, Saharanpur- 247001, India menggunakan judul Efficiency optimization of electric motors: a comparative study of stochastic algorithms*, menyajikan studi perbandingan 3 populer, prosedur pemecahan stokastik berbasis populasi yaitu: Algoritma Genetika, *Particle Swarm Optimization*, & Evolusi Diferensial untuk memaksimalkan efisiensi motor listrik. Hasil simulasi untuk diagram beban pabrik tekstil hipotetis menampakan bahwa meskipun ketiga prosedur pemecahan tadi menaruh output yg sekitar sama dibandingkan satu sama lain, kinerjanya lebih baik dari pada teknik tradisional [3].
2. S. S. Sivaraju N dkk (2013), *Department of Electrical and Electronics Engineering, RVS College of Engineering and Technology menggunakan judul Performance Improvement of Induction Motor by using Particle Swarm Optimization* Motor induksi sangkar-tupai (SCIM) banyak digunakan sebagian besar industri dan komersial, pelaksanaan karena penyempitan bayaran rendah mereka. Dekat 80% motor induksi memainkan kedudukan berarti untuk tingkatan perekonomian negeri tumbuh. Namun kala kebesaran, sebagian besar motor beroperasi menggunakan low efisiensi dan aspek tenaga (PF). energi homogen-homogen disantap oleh motor sepanjang daur hidupnya adalah dekat 40-80 kali berdasarkan bayaran ini. Sangat berarti untuk dipertahankan efisiensi dan PF motor pada yg pada idamkan strata sepanjang keadaan beban variabel. Dalam makalah ini diusulkan cara meningkatkan secara optimal desain dimana desain belitan stator multi fluks teruji bertambah efisiensi motor dan PF pada rentang beban yang luas diusulkan menggunakan *Particle Swarm Optimization* (PSO) prosedur pemecahan dan kesimpulannya untuk menggapai parameter

- desain SCIM yang aporisma yg membentuk efisiensi, tenaga maksimum aspek dan menggunakan kerugian yang lebih kecil. Implementasi ini prosedur pemecahan lebih efektif dan juga sanggup menanggulangi efektif [4].
3. Jose Augusto Itajiba, dkk (2021), *Electrical Engineering Graduate Program, Electrical Engineering Department, Regional University of Blumenau, R. Sao Paulo 3250 (Itoupava Seca), Blumenau 89030-000, Brazil, bertajuk Preferential General Delta vs. Experimental Connection for Start of Star- Delta Induction* Pilihan salah satu bentuk untuk memilih amplitudo arus transien stator selama peralihan berdasarkan interaksi bintang ke delta waktu motor digerakkan oleh sistem pengasutan bintang-delta, yang merupakan metode yang paling sering digunakan untuk menstarter motor induksi. Salah satu kemungkinan bentuk koneksi delta mengakibatkan arus *switching* menggunakan amplitudo yang relatif kecil, yang menaruh denominasi preferensial. Bentuk lain mempunyai amplitudo arus *switching* yang lebih tinggi, namun ini merupakan yang paling direkomendasikan dan ditunjukkan pada diagram katalog & pelat motor. Oleh karena itu, hal ini disebut "umum". Dengan tujuan untuk menggambarkan bagaimana disparitas antara 2 bentuk koneksi delta ini dimanifestasikan, makalah ini mendekati kasus secara eksperimental, melalui metodologi menggunakan dukungan statistik, untuk karakterisasi yang lebih baik berdasarkan kinerja masing-masing bentuk koneksi delta ini, pada perkara metode awal bintang-delta yang sangat populer [5].
  4. Rohana, Suwarno (2017), pada jurnal Indonesian *Journal of Electrical Engineering and Computer Science* berjudul *Optimization Circuit Based Buck- Boost Converter for Charging the Solar Power Plant* mengahasilkan Makalah ini mengulas mengenai Konverter *buck-boost* Based untuk mengisi baterai menurut modul panel surya. Kombinasi konverter buck-bust sirkuit & arus step-up bisa menaikkan persentase pengisi daya baterai. Metode yg dipakai pada meningkatkan secara optimal pembangkit listrik energi mentari menggunakan cara menaikkan arus keluaran menurut panel surya supaya bisa dioptimalkan untuk pengisian baterai, sebagai akibatnya membutuhkan ketika pengisian & baterai aman. Hal ini lantaran sinar matahari bisa dipakai waktu jelas kurang lebih 4-5 jam per hari. Dengan menaikkan arus keluaran modul matahari yg didapatkan waktu ini bisa meningkatkan kecepatan ketika pengisian baterai. Kombinasi penggunaan *voltage stabilizer* bisa membuat keluaran tegangan dan arus yang stabil, meskipun tegangan keluaran panel matahari relatif kecil ( $\pm 6$ Volt), bisa mengoptimalkan kerja *charger* menggunakan baik. Dengan menggabungkan antara penstabil tegangan dan arus step-up diperoleh tegangan yang masuk ke aki sebanyak 12,4 V kenaikan arus sebanyak 21,5% untuk aki 12 V, 7Ah, sedangkan tegangan masuk ke aki sebanyak 12,1 V sebanyak kenaikan arus 10,99 % untuk baterai 12 V, 120 Ah. Studi ini menampakan bahwa kenaikan waktu ini telah pada atas 10 % [6].
  5. Ali Pourakbar Saffar, Bahman Deldadeh Barani (2014), *Int. journal of Renewable Energy Development (IJRED) berjudul Thermal Effects Investigation on Electrical Properties of Silicon Panel suryas Treated by Laser Irradiation* Dalam makalah ini, kami mempelajari sifat listrik panel surya silikon monokristalin dan polikristalin lantaran iradiasi laser menggunakan panjang gelombang 650 nm pada 2 keadaan, iradiasi proksimat dan melalui pengaturan optik. Efek termal dalam bagian atas sel karena iradiasi laser diselidiki dalam sifat listrik juga. Penyelidikan parameter listrik panel surya mendeskripsikan kegembiraan sel melalui iradiasi laser dan efisiensi menurun lantaran kenaikan suhu bagian atas sel. Parameter monokristalin berubah menggunakan bentuk yg seragam lantaran pengaruh termal dan iradiasi laser terhadap sel polikristalin [7].
  6. I Made Agus Sastradiangga, Ida Ayu Dwi Giriantari, and I Wayan Sukerayasa (2020), *Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Udayana University, Bali, Indonesia International Journal of Engineering and Emerging Technology bertajuk Solar PV Plant as a Replacement for Power Supply of Irrigation Water Pump* Penelitian ini merancang pembangkit listrik energi matahari untuk pompa submersible pada sisi selatan Subak Babakan Yeh Kuning menggunakan menghitung jumlah kebutuhan air irigasi, merancang pembangkit listrik energi

matahari dan biaya investasi, dan membandingkan biaya operasi antara sistem baru dan lama. Berdasarkan perancangan, kapasitas pembangkit listrik energi matahari ditetapkan sebanyak 12,54 kWp memakai 33 modul panel surya dan unit inverter sebanyak 18,5 kW. Pompa bisa beroperasi selama lima jam 30 menit pada cuaca cerah menggunakan debit air 253 m<sup>3</sup> atau memenuhi 17,5% kebutuhan air untuk luas 16 hektar. Biaya investasi untuk sistem pompa PLTS komunal merupakan Rp. 171.193.500. Biaya operasional sistem baru (energi surya) per hektar merupakan Rp 6.495/hari. Sedangkan biaya operasional sistem lama (bertenaga diesel) per hektar merupakan Rp. 15.950/hari [8].

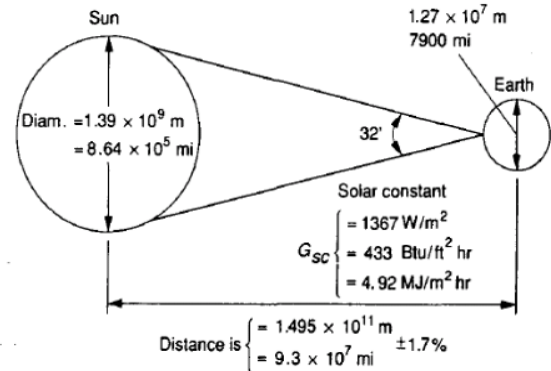
- Partaonan Harahap, Faisal Irsan Pasaribu, Chandra Amirsyah Putra Siregar, Benny Oktrialdi (2021), *Performance of Grid- Connected Rooftop Solar PV System for Households during Covid- 19 Pandemic* memuntuk Pemanfaatan energi matahari bisa dimulai menggunakan memanfaatkan sistem energi matahari *rooftop* dalam atap hotel atau dalam atap bangunan industri lainnya. Sebagai salah satu lembaga penelitian dan pengembangan pada bidang infrastruktur perumahan dan permukiman, mencoba menaruh solusi teknologi cara lain melalui teknologi inovatif yang dianggap PV-roof. Hasil penelitian memberitahukan bahwa atap *off-grid* yg dibuat mempunyai tegangan dan arus rata-rata pada hari pertama sebanyak 13 Volt dan arus sebanyak 1,8 A, dan & dalam hari ke 2 sebanyak 12,4 Volt dan arus sebanyak 1,6 A, sedangkan dalam hari ketiga, 12,8 Volt dan arus 1,8 A. apabila penggunaan 1 baterai menanggung beban 450 Watt selama 2,7 jam, maka untuk pengguna kurang menurut lima jam, kapasitas pengontrol pengisi daya matahari merupakan 12,12 A [9].

#### A. Radiasi Matahari

Jarak eksentrisnya dari lintasan bumi adalah jarak antara matahari dan bumi dengan variasi 1,7%. Dari hasil pengukuran astronomi didapat jarak rata-rata bumi- matahari adalah  $1,495 \times 10^{11}$  m dengan sudut kecenderungan matahari 320. Radiasi yang diemisikan oleh matahari dan ruang angkasa yang berhubungan dengannya ke bumi menghasilkan intensitas radiasi matahari yang hampir konstan di luar atmosfer bumi.

Konstanta matahari (G<sub>sc</sub>) adalah energi dari matahari per unit waktu yang diterima pada satu unit

luas permukaan yang tegak lurus arah radiasi matahari pada jarak rata-rata matahari-bumi di luar atmosfer. *World Radiation Center* (WRC) mengambil nilai konstanta matahari (G<sub>sc</sub>) sebesar 1367 W/m<sup>2</sup> dengan ketidakpastian sebesar 1% [10].



Gambar1. Hubungan antara Matahari dan Bumi

#### B. Prinsip Kerja Panel Surya

Sinar matahari tersusun dari partikel kecil yang disebut dengan foton. Ketika terkena sinar matahari, foton yang merupakan partikel dari sinar matahari tersebut menabrak atom semikonduktor silikon panel surya, sehingga menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya.

Elektron yang terpisah dan bermuatan negatif tersebut akan bergerak pada daerah konduksi dari material semikonduktor. Pada atom yang kehilangan elektron, maka akan terjadi kekosongan pada strukturnya, kekosongan tersebut dinamakan dengan *hole*. *Hole* ini memiliki muatan positif. Jika terdapat elektron bebas yang bersifat negatif, maka akan berperan sebagai pendonor elektron, hal ini disebut juga dengan semikonduktor tipe-n. Sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* yang bermuatan positif dan juga bertindak sebagai penerima elektron disebut dengan semikonduktor tipe-p. Di antara daerah positif dan negatif, atau yang bisa dikenal dengan *PN Junction*, akan muncul energi yang mendorong elektron dan *hole* untuk bergerak ke arah yang berlawanan. Elektron akan bergerak menjauhi daerah negatif, karena elektron ini bermuatan negatif. Sedangkan *hole* akan bergerak menjauhi daerah positif. Ketika diberikan sebuah beban berupa lampu maupun perangkat listrik lainnya di antara *PN Junction* ini, maka akan menimbulkan arus listrik yang nantinya bisa dimanfaatkan.

#### C. Menghitung Kapasitas PLTS

PV modul hanya akan efektif bila mendapatkan sinar langsung dengan arah normal tegak lurus terhadap permukaan PV modul. Jika semakin jauh sudut tegak PV modul terhadap matahari maka tingkat penerimaan sinar matahari akan semakin rendah karena bila sudut PV semakin miring maka sebagai besar sinar matahari akan mantul dari permukaan

panel surya dan hanya sedikit foton yang diserap. Persamaan untuk mengetahui ketinggian maksimum (dalam derajat) ketika matahari mencapai langit ( $\alpha$ ) [11].

Perhitungan pemakaian PLTS :

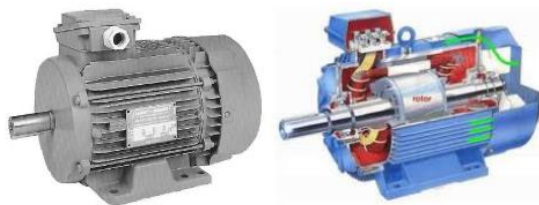
$$PV \text{ area} = \frac{EL}{G_{av} \cdot \eta_{pv} \cdot TCF \cdot \eta_{out}} \quad (1)$$

#### D. Motor Induksi

Motor induksi merupakan motor listrik arus bolak-balik (ac) yang paling luas digunakan. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke statornya, dimana arus rotor motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*rotating magnetic field*) yang dihasilkan oleh arus stator.

Motor induksi sangat banyak digunakan di dalam kehidupan sehari-hari baik di industri maupun di rumah tangga. Motor induksi yang umum dipakai adalah motor induksi 3-fase dan motor induksi 1-fase. Motor induksi 3-fase dioperasikan pada sistem tenaga 3-fase dan banyak digunakan di dalam berbagai bidang industri dengan kapasitas yang besar.

Motor induksi 1-fase dioperasikan pada sistem tenaga 1-fase dan banyak digunakan terutama untuk peralatan rumah tangga seperti kipas angin, lemari es, pompa air, mesin cuci dan sebagainya karena motor induksi 1-fase mempunyai daya keluaran yang rendah. Bentuk gambaran motor induksi 3-fasa diperlihatkan pada gambar 2, Berbeda dengan motor satu fasa, sistem tiga fasa telah menyediakan perbedaan fasa sebesar  $120^\circ$  pada setiap fasa sehingga terjadi perbedaan fluks magnetik yang menggerakkan motor.



a) bentuk fisik      b) motor induksi dilihat ke dalam

Gambar 2. Motor induksi 3-fasa [12]

. Adapun Jenis jenis motor Induksi tiga fasa diantaranya :

1. Motor tiga Fasa rotor belitan, yaitu motor dengan belitan kumparan pada rotornya. Kelebihan rotor

dengan kumparan adalah mempunyai arus awal yang rendah dan torsi awal yang tinggi.

2. Motor tiga fasa rotor sangkar, Jenis motor induksi ini terdiri dari tumpukan lempengan besi tipis yang dilaminasi dan batang konduktor di sekelilingnya dan kemudian disatukan untuk membentuk inti rotor. Dengan rotor sangkar, motor dapat menghasilkan arus awal yang tinggi, torsi awal rendah dan kapasitas Overload tinggi serta Efisiensi dan faktor kerja yang lebih tinggi dibanding rotor belitan [13].

### III. METODE

Prosedur riset adalah kualitatif menggunakan melaksanakan riset permasalahan terhadap riset yang dilaksanakan Di Laboratorium Balai Besar Pengembangan Dan Penjamin Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Bangunan Dan Listrik Medan. Dengan tujuan guna melaksanakan pengujian diantaranya mengukur besar tenaga atau daya hasil PLTS yang digerakkan oleh motor listrik, optimalisasi kecepatan putaran motor listrik sebagai beban dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya sebanyak 5 KWp, pula menghitung bersarannya efisiensi yang didapatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya terhadap putaran motor listrik.

Selanjutnya berdasarkan besar daya yang akan dibangkitkan (*wattpeak*), maka jumlah panel surya yang diperlukan, diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Jumlah Panel surya} = \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}} \quad (2)$$

1. Implementasi lapangan dan survey
2. Pengujian motor induksi 3 Fasa
  - a) Pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi hubungan delta tanpa beban dan berbeban.
  - b) Pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi hubungan bintang tanpa beban dan berbeban.
3. Analisa hasil pengukuran
  - a) Perhitungan Daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dan berbeban.
  - b) Perhitungan Daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan bintang tanpa beban dan berbeban.

Persamaan Daya dan energi listrik motor induksi tiga fasa [14] :

$$P = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \quad (3)$$

Energi listrik merupakan sejumlah daya listrik yang digunakan atau diserap selama waktu tertentu dan energi listrik diukur dengan menggunakan alat ukur listrik disebut dengan wattjam meter atau kWh

meter atau MWh meter. Satuan energi listrik antara lain : watt detik, wattjam, kilo Watt jam (kWh), Mega Watt jam (MWh). Energi listrik dapat dituliskan dengan persamaan [15] [16] :

$$W = P \times t \quad (4)$$

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan perhitungan diatas, perkiraan total kebutuhan tenaga harian sebanyak 4 kWh menggunakan daya yang dibangkitkan sebanyak 1179,8 Wattpeak.

Panel surya yg digunakan menjadi acuan yang merupakan panel surya yang terpasang dalam PLTS Terpusat. Panel surya ini mempunyai spesifikasi PMPP sebanyak 120 Wp per panel.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Panel surya} &= \frac{P_{\text{Wattpeak}}}{P_{\text{MPP}}} \\ \text{Jumlah Panel surya} &= \frac{5000 \text{ Wp}}{120 \text{ Wp}} \\ \text{Jumlah Panel surya} &= 42 \text{ Unit} \end{aligned}$$

##### A. Pengujian Motor Induksi Tiga Fasa Berhubung Delta tanpa Beban

Pada proses penelitian ini dilakukan pengambilan data melalui percobaan dan pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, tenaga listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi tiga fasa tanpa beban dan berbeban.

Tabel 1. Hasil pengukuran tegangan, arus, faktor daya, kecepatan putar motor, kecepatan putar motor induksi menggunakan rumus hubungan delta tanpa beban

Frekuensi (Hz)	Kecepatan putaran terukur (rpm)	Kecepatan putaran dengan rumus (rpm) $N_s = \frac{120 \cdot F}{P}$	Tegangan	Arus	Cos phi
50	1409	1500	378	4.7	0.43
40	1214	1200	330	5.3	0.46
30	927	900	323	5.6	0.48
20	689	600	280	6.8	0.56
10	342	300	270	6.5	0.58

Dari tabel 1. dapat dilihat bahwa pada pengujian pertama saat frekuensi pada inverter disetting 50 Hz maka kecepatan putaran motor induksi sebesar 1409 Rpm. Sedangkan dengan menggunakan rumus diperoleh kecepatan 1500 Rpm maka rata-rata kecepatan putaran motor terukur 916.2 Rpm dan dengan menggunakan rumus 900 Rpm.

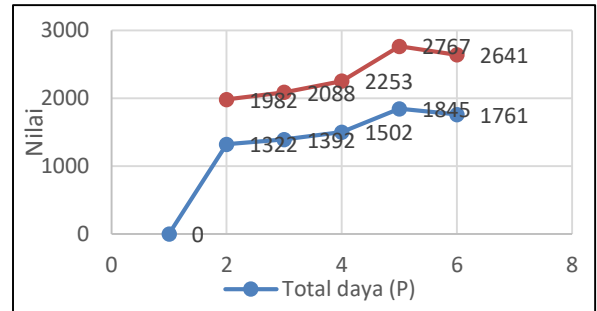


Gambar 3. Grafik Hasil Pengukuran Hubungan Delta tanpa Beban

Hal ini menunjukkan pada pengujian kecepatan motor tidak sama, namun perbedaannya tidak signifikan. Pada hasil pengukuran motor induksi hubungan delta tanpa beban memiliki besar rata-rata tegangan 316.4 Volt, arus 5,8 A dan faktor daya 0,5.

##### B. Pengujian Motor Induksi 3 Fasa Berhubung Delta tanpa Beban

Daya dan pemakaian energi listrik motor induksi tiga fasa hubungan delta tanpa beban dengan kecepatan 1500 rpm dapat dihitung dengan menggunakan data pada grafik dibawah ini :



Gambar 4. Grafik Hasil Perhitungan Daya, Energi Listrik pada Motor Induksi Hubungan Delta tanpa Beban

Pada hasil perhitungan pada motor induksi hubungan delta tanpa beban memiliki rata-rata total daya sebesar 1.6 kW dan rata-rata total energy listrik sebesar 2.3 kWh.

##### C. Pengujian Motor Induksi 3 Fasa Berhubung Delta Berbeban

Pada proses penelitian ini dilakukan pengambilan data melalui percobaan dan pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi tiga fasa berbeban.



Gambar 5. Grafik Hasil Pengukuran Tegangan, Arus, faktor Daya dan kecepatan putar Rotor Motor Induksi Hubungan Delta Berbeban

Dapat dilihat bahwa pada pengujian pertama saat frekuensi pada inverter disetting 50 Hz maka kecepatan putaran motor induksi sebesar 1317 Rpm. Sedangkan dengan menggunakan rumus diperoleh kecepatan 1500 Rpm maka rata-rata kecepatan putaran motor terukur 864.4 Rpm dan dengan menggunakan rumus 900 Rpm. Hal ini menunjukkan pada pengujian kecepatan motor tidak sama, namun

perbedaannya tidak signifikan. Pada hasil pengukuran motor induksi hubungan delta tanpa beban memiliki besar rata-rata tegangan 355,5 Volt, arus 6.6 A dan faktor daya 0,4.

#### D. Pengujian Motor Induksi 3 Fasa Hubungan Bintang Berbeban

Pada proses penelitian ini dilakukan pengambilan data melalui percobaan dan pengukuran tegangan, arus, daya, faktor daya, energi listrik dan kecepatan putar rotor motor induksi tiga fasa berbeban.

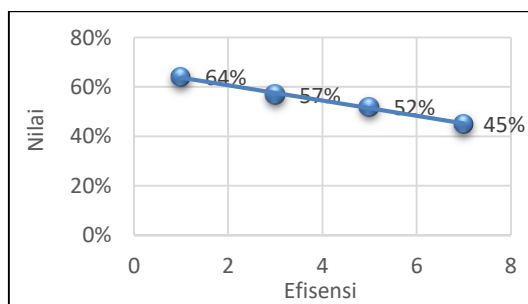


Gambar 6. Grafik Hasil Pengukuran Tegangan, Arus, faktor Daya dan kecepatan putar Rotor Motor Induksi Hubungan Bintang Berbeban

Dapat dilihat bahwa pada pengujian pertama saat frekuensi pada inverter disetting 50 Hz maka kecepatan putaran motor induksi sebesar 1322 Rpm. Sedangkan dengan menggunakan rumus diperoleh kecepatan 1500 Rpm maka rata-rata kecepatan putaran motor terukur 934 Rpm dan dengan menggunakan rumus 900 Rpm. Hal ini menunjukkan pada pengujian kecepatan motor tidak sama, namun perbedaannya tidak signifikan. Pada hasil pengukuran motor induksi hubungan delta tanpa beban memiliki besar rata-rata tegangan 337 Volt, arus 5.5 A dan faktor daya 0,7.

#### E. Efisiensi Motor Induksi

Efisiensi motor induksi adalah ukuran keefektifan motor induksi untuk mengganti tenaga listrik sebagai tenaga mekanik yang dinyatakan menjadi perbandingan antara daya keluaran dan daya masukan dan umumnya dinyatakan dalam % juga sering dinyatakan dengan perbandingan antara keluaran menggunakan keluaran ditambah rugi – rugi.



Gambar 7. Nilai Efisiensi Motor Induksi 3 Fasa Berhubung Delta dan Bintang Tanpa Beban dan Berbeban

Dari hasil perhitungan diatas maka nilai rata-rata efisiensi motor induksi 3 fasa berhubung delta dan bintang tanpa beban dan berbeban sebesar 55%.

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran dan perhitungan pada PLTS dan motor induksi 3 fasa maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Besar pemakaian energi listrik dalam motor induksi tiga fasa yang akan di suplai dari PLTS adalah sebesar 5 kWp dapat menghasilkan daya listrik sebanyak 4 kWh. Dari output perhitungan daya keluaran maximum panel surya dalam waktu temperaturnya naik menjadi 33°C, maka nilai TCF sebesar 0,96 dan perkiraan total kebutuhan tenaga harian sebesar 4 kWh dengan daya yang dibangkitkan sebesar 1179,8 Wattpeak. Jumlah panel surya yang terpasang dilaboratorium BBPMPV BBL MEDAN sebesar 42 unit dibagi sebagai 3 (tiga) rangkaian array, dan pada masing-masing array pemasangan panel surya berhubungan seri.
2. Pada pengujian yang dilakukan Motor induksi 3 fasa hubungan delta tanpa beban dioperasikan memakai inverter diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 916 Rpm menggunakan daya 1,6 kW, berbeban diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 854,4 Rpm menggunakan daya 1,8 kW, hubungan bintang tanpa beban diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 1024 Rpm menggunakan daya 1,9 kW, berbeban diperoleh rata-rata kecepatan sebesar 934 Rpm menggunakan daya 2,2 kW.
3. Rata-rata efisiensi pada motor adalah 55%, maka optimalisasi kecepatan putaran motor induksi, saat beroperasi pada beban 50%-100% dan akan paling efisiensi pada beban 75% sampai 80%, jika beban turun di bawah 50% maka efisiensi akan turun dengan cepat.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Teori Dasar Panel Surya, "Teori Dasar Panel Surya," *Sol. Cells*, No. JP2012164733A, Pp. 1–11, 2004.
- [2] S. Pratama, "Bab II Landasan Teori," *J. Chem. Inf. Model.*, Vol. 53, No. 9, Pp. 1689–1699, 2019.
- [3] M. Pant, R. Thangaraj, And V. P. Singh, "Efficiency Optimization Of Electric Motors: A Comparative Study Of Stochastic Algorithms," *World J. Model. Simul.*, Vol. 4,

- No. 2, Pp. 140–148, 2008.
- [4] S. S. Sivaraju, N. Devarajan, And F. J. T. E. Ferreira, “Performance Improvement Of Induction Motor By Using Particle Swarm Optimization,” *J. Electr. Eng.*, Vol. 13, No. 1, Pp. 112–126, 2013.
- [5] J. A. Itajiba *Et Al.*, “Experimental Comparison Of Preferential Vs. Common Delta Connections For The Star-Delta Starting Of Induction Motors,” *Energies*, Vol. 14, No. 5, 2021, Doi: 10.3390/En14051318.
- [6] Rohana And Suwarno, “Optimization Circuit Based Buck-Boost Converter For Charging The Solar Power Plant,” *Indones. J. Electr. Eng. Comput. Sci.*, Vol. 6, No. 2, Pp. 254–258, 2017, Doi: 10.11591/Ijeecs.V6.I2.Pp254-258.
- [7] A. P. Saffar And B. D. Barani, “Thermal Effects Investigation On Electrical Properties Of Silicon Solar Cells Treated By Laser Irradiation,” *Int. J. Renew. Energy Dev.*, Vol. 3, No. 3, Pp. 184–187, 2014, Doi: 10.14710/Ijred.3.3.184-187.
- [8] I. M. A. Sastradiangga, I. Ayu, D. Giriantari, And I. W. Sukerayasa, “Solar PV Plant As A Replacement For Power Supply Of Irrigation Water Pump,” Vol. 5, No. 2, 2020.
- [9] P. Harahap, F. I. Pasaribu, C. A. P. Siregar, And B. Oktrialdi, “Performance Of Grid-Connected Rooftop Solar PV System For Households During Covid-19 Pandemic,” *J. Electr. Technol. UMY*, Vol. 5, No. 1, Pp. 26–31, 2021, Doi: 10.18196/Jet.V5i1.12089.
- [10] R. P. Strong, Steven J, 1987, *The Solar Electric House, A Design Manual For Home-Scale Photovoltaic Power Systems*, Pennsylvania, “Teori Radiasi Matahari,” Pp. 6–44.
- [11] R. Rimbawati, A. A. Hutasuhut, And M. Muharnif, “PENINGKATAN KAPASITAS DAYA LISTRIK PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO BINTANG ASIH GUNA MEMENUHI KEBUTUHAN PENERANGAN,” *J. Pengabd. Kpd. Masy.*, 2019, Doi: 10.24114/Jpkm.V24i4.12836.
- [12] Jurnal Pribadi, “Motor Induksi,” *Mot. Induksi Satu Fasa*, Pp. 1-23, Teknik Elektro UNILAK Pekanbaru, 2017, [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1lhwupcci2es1dbnuu6-jgf7g2unzxk6p/view?usp=sharing>.
- [13] M. M. Induksi, “Find TDK Technologies He We Can Provide The Mos Mengenal Motor Induksi , Cara Kerja Dan Maxzer Solusi Industri Daftar Isi,” Pp. 1–12, 2020.
- [14] R. A. Diantari, Erlin, And Christine Widyastuti, “STUDI PENYIMPANAN ENERGI PADA BATERAI PLTS,” *J. ENERGI KELISTRIKAN VOL. 9 NO. 2, JUNI - DESEMBER 2017*, No. April, Pp. 5–24, 2016.
- [15] 2016 Universitas Pendidikan Indonesia, “Energi Dan Daya Listrik,” No. X, Pp. 1–4, “Energi Dan Daya Listrik,” No. X, Pp. 1–4, 2016, [Online]. Available: [http://file.upi.edu/direktori/SPS/PRODI.PE\\_NDIDIKAN\\_IPA/195107261978032-FRANSISCA\\_SUDARGO/Model\\_Buku\\_IPA\\_SMP\\_%28Revisi-2007%29/03.\\_Kelas\\_IX/Bab.\\_9-IX\\_Energi\\_Dan\\_Daya\\_Listrik\\_%28Made%29.Pdf](http://file.upi.edu/direktori/SPS/PRODI.PE_NDIDIKAN_IPA/195107261978032-FRANSISCA_SUDARGO/Model_Buku_IPA_SMP_%28Revisi-2007%29/03._Kelas_IX/Bab._9-IX_Energi_Dan_Daya_Listrik_%28Made%29.Pdf).
- [16] E. Zondra, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, And U. L. Kuning, “ANALISIS PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK PADA MOTOR,” Vol. 1, No. 2, Pp. 1–8, 2017.