

BAB I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Energi terbarukan telah menjadi topic yang semakin di kembangkan saat ini karena kebutuhan akan energy yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Salah satu jenis energy terbarukan yang banyak digunakan adalah energy surya yang di peroleh dari konversi cahaya matahari menjadi energy listrik oleh panel surya. Namun untuk memaksimalkan potensi energy surya panel harus selalu menghadap kearah matahari sepanjang hari oleh karena itu penggunaan sistem autotracking pada panel surya telah menjadi solusi yang dapat di gunakan. Salah satu komponen penting untuk autotracking adalah motor induksi sebagai penggeraknya.

Motor induksi adalah jenis motor listrik yang sering digunakan sebagai penggerak pada peralatan di industry karena motor induksi mempunyai efisiensi yang tinggi, konstruksinya sederhana, perawatannya mudah dan harganya relatif lebih murah dibandingkan mesin listrik lain.

Saat ini Universitas HKBP Nommensen Medan memiliki PLTS Tracking tipe off grid berkapasitas 10 kWp yang dibangun di depan UHN, system PLTS ini sudah beroperasi sejak Desember 2022. PLTS ini merupakan program kerja sama dari kementerian pendidikan riset dan teknologi (KEMDIKBUDRISTEK) dengan universitas HKBP Nommensen yang dikenal dengan istilah KEDAIREKA MF 2022. PLTS 10 kWp ini ditenagai oleh 4 unit motor induksi 3 fasa berkapasitas 1 HP sebagai penggerak sistem *tracking*. Penggunaan 4 buah motor ini untuk memungkinkan pergerakan sistem PLTS ke beberapa arah secara vertical maupun horizontal (*Dual Traker*). Pergerakan. Daya mekanis yang dihasilkan oleh motor akan menggerakkan aktuator dan gerakan linier aktuator akan mendorong naik dan turun rangka PLTS dan mengarahkan panel surya ke matahari. Kinerja motor diharapkan mampu menggerakkan rangka secara perlahan lahan sesuai dengan arah sinar matahari dan sesuai dengan standar dual axis traker yaitu bergerak dalam 2 sumbu (Azimut dan elevasi) untuk menggerakkan rangka PV torsi yang digunakan besar sehingga energy listrik yang digunakan motor juga tentu lebih besar

Untuk mengkaji kinerja motor induksi sebagai penggerak *Sun tracking* pada PLTS Off Grid 10 KwP UHN Medan. Penelitian ini akan melibatkan analisis terhadap prinsip kerja motor induksi tiga fasa yang dikendalikan VFD 1 fasa ke tiga fasa sebagai penggerak tracking PLTS, untuk mengetahui berapa besar energy yang di habiskan motor untuk penggerakan *tracking* serta bagaimana kecepatan gerakan yang dihasilkan oleh sistem tracking pada PLTS 10 kWp UHN. Berdasarkan hal tersebut peneliti tertarik melakukan analisa terhadap kinerja motor induksi tiga fasa dengan cara menggerakkan langsung dilapangan plts tersebut dari VFD dan mengambil data PLTS untuk daya yang digunakan oleh motor serta mencari dari sumber lainya yang mendukung dengan materi penelitian ini serta bertanya kepada tenaga ahli dibidangnya, sehubungan dengan hal itu penulis mengangkat judul : ANALISIS KINERJA MOTOR INDUKSI TIGA PHASA SEBAGAI PENGGERAK *SOLAR TRACKING* PLTS 10kWp KEDARIKEKA MF DI UNIVERSITAS HKBP NOMMENSEN MEDAN.

Rumusan Masalah

Permasalahan yang akan diselesaikan dalam penulisan ini adalah :

1. Bagaimana 4 unit motor induksi 3 fasa menggerakkan *solar Tracking* PLTS 10 kWp?
2. Bagaimana Analisis kecepatan bergeraknya *Solar tracking*?
3. Bagaimana penggunaan daya motor induksi di PLTS 10 kWp?

Batasan Masalah

Pada penelitian ini permasalahan dibatasi agar tidak menyimpang dari pembahasan ,maka perlu pembatasan masalah dari tugas akhir ini yaitu :

1. Fokus penelitian terbatas pada motor induksi berdaya 1 HP yang terdapat di PLTS 10 KWp UHN Medan dan tidak membahas tentang motor induksi yang berdaya lebih besar atau lebih kecil
2. Penelitian ini dibatasi tidak membahas tentang daya tahan motor, efisiensi dan torsi motor
3. Tidak membahas pengontrolan dan bahasa pemrograman yang digunakan.

Tujuan Dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui cara kerja motor induksi dan aktuator linier bekerja mengarahkan *solar sell* kearah matahari
2. Untuk menganalisa konsumsi harian energy listrik yang dihabiskan motor induksi tiga phasa pada PLTS 10 KWp UHN Medan.
3. Untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang kinerja motor induksi sebagai penggerak autotracking pada PLTS
4. Berkontribusi pada pengembangan teknologi penggerak aktuator linier elektrik, dengan melakukan penelitian dan pengujian kinerja motor induksi 3 phasa sebagai penggerak sistem tracking pada PLTS akan berkontribusi pada pengembangan teknologi penggerak aktuator linier elektrik yang lebih efisien aman dan andal.

Metodologi Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu :

1. Studi Literatur

Melakukan studi literature tentang motor induksi 3 phasa ,penggerak aktuator linier,teknologi *solar tracking* PLTS dan faktor faktor yang mempengaruhi kinerja motor induksi 3 phasa sebagai penggerak *tracking* PLTS.

2. Pengamatan dan pengukuran

Peneliti mengamati langsung pergerakan yang terjadi dan mengukur tegangan, arus dan menentukan kemiringan yang terjadi kemudian menganalisis penggunaan daya,dan Bergeraknya sun tracking menggunakan rumus perhitungan sederhana.

3. Wawancara dan bimbingan

Mengumpulkan data penelitian (*collecting*) dari lapangan dan memeriksa data (*checking*) dan dari tenaga ahli dan menyajikan dalam bentuk tabel maupun statistic dan menginterpretasikan data tersebut sesuai topic penelitian.Data yang dikumpulkan meliputi bentuk bentuk posisi *solar sell*,

kombinasi perputaran motor, dan energy yang di pakai oleh motordan banyak gerakan yang terjadi.

4. Melakukan diskusi dengan dosen pembimbing yang ditunjuk dari fakultas

Sistematika Penulisan

Untuk mempermudah memahami isi penulisan tugas akhir ini, maka diuraikan penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah metodologi penelitian, tujuan penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas konsep dasar motor listrik 3 fasa, Dasar teori atau tinjauan pustaka mengenai motor induksi 3 fasa dan komponen penting lainnya yang digunakan sehingga bisa digunakan sebagai penggerak untuk *sun tracking* PLTS OFF Grid.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini membahas waktu dan tempat penelitian, teknik pengumpulan data ,diagram alir penelitian, metodologi pengumpulan data .

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas data spesifikasi peralatan dan data harian operasional pada PLTS Kedaireka 10 KWp Universitas HKBP Nommensen, perhitungan energi yang habis untuk menggerakkan aktuator linier 1 hari, data pengukuran dari lapangan yang di sajikan ke dalam bentuk tabel dan Data hasil perhitungan.

BAB V PENUTUP

Kesimpulan dan saran.

LANDASAN TEORI

Motor Induksi Tiga Fasa

Motor induksi tiga fasa merupakan merupakan motor listrik arus bolak balik (*Alternating Current, AC*) yang paling banyak dan luas penggunaannya. Penamaannya berasal dari kenyataan bahwa motor ini bekerja berdasarkan induksi medan magnet stator ke rotornya sehingga motor ini disebut motor induksi. Arus yang dihasilkan rotor (Bagian yang bergerak) motor ini bukan diperoleh dari sumber tertentu, tetapi merupakan arus yang terinduksi sebagai akibat adanya perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar (*Rotating Magnet Field*) yang dihasilkan oleh arus stator.



Gambar 2. 1 Bentuk Fisik Motor Induksi tiga fasa

Motor induksi 3 fasa mengubah energi listrik menjadi energi mekanik, energi listrik yang diubahnya ialah energi listrik 3 fasa. Motor induksi sering juga disebut motor asinkronous karena mesin ini beroperasi dibawah kecepatan sinkron (Siswoyo,2008). Kecepatan sinkron ialah kecepatan rotasi medan magnetik pada mesin. Kecepatan sinkron ini di pengaruhi oleh frekuensi mesin dan banyaknya kutup pada mesin. Motor listrik selalu berputar dibawah kecepatan sinkron karena medan magnet yang terbangkitkan pada stator akan menghasilkan fluks pada rotor sehingga rotor tersebut dapat berputar. Namun fluks yang terbangkitkan pada rotor mengalami *lagging* dibandingkan fluks yang terbangkitkan pada stator sehingga kecepatan rotor tidak akan secepat putaran medan magnet. Berdasarkan suplai *input* yang digunakan terdapat 2 jenis motor induksi, yaitu motor induksi 1

fasa dan motor induksi 3 fasa ,namun dalam prinsip kerjanya kedua motor jenis motor ini sama.

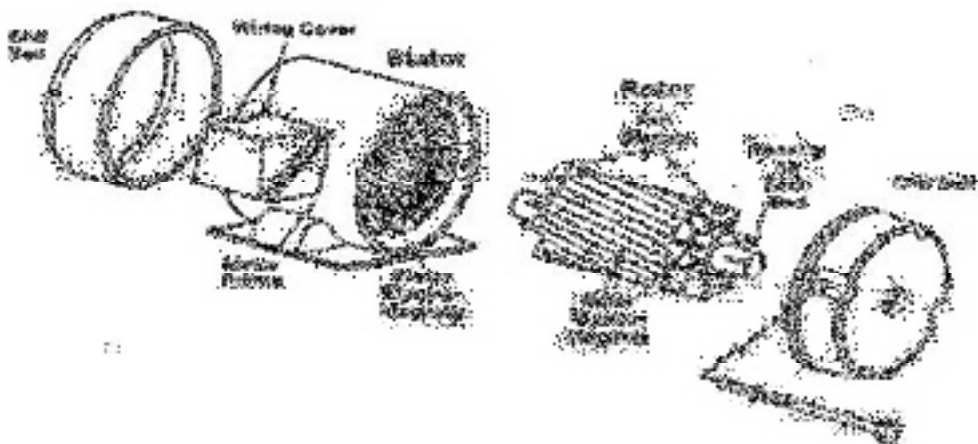
Pada dasarnya, motor induksi 3 fasa memiliki kecepatan yang konstan saat tidak ada beban(NO- load)maupun beban penuh (Full load). Kecepatan motor induksi 3 fasa tergantung pada frekuensi kerjanya sehingga sulit untuk mengatur kecepatannya. Namun peralatan pengatur frekuensi (*variable frekuensi electronic drive*) semakin banyak digunakan untuk mengatur kecepatan motor induksi (Theodore Wildi,2002).

Motor induksi memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan motor lainnya yakni : Motor induksi memiliki konstruksi yang sederhana , harga yang lebih murah,mudah dalam perawatannya,dan dapat di produksi sesuai dengan karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan industri.

Konstruksi Motor Induksi 3 – phasa

Motor induksi pada dasar nya mempunyai tiga bagian penting sebagai berikut

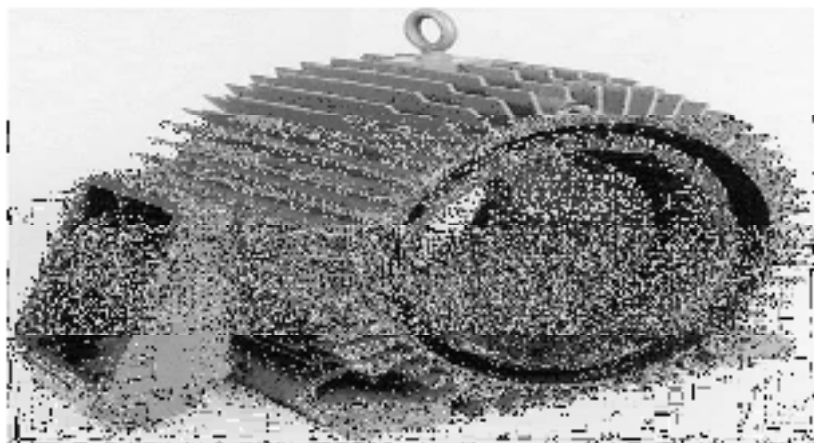
1. *Stator* : Merupakan bagian yang diam dan mempunyai kumparan yang dapat menginduksikan medan elektromagnetik kepada kumparan rotornya
2. Celah udara (*Air gap*) : Merupakan celah udara dan tempat berpindahnya energy dari stator ke rotor
3. *Rotor* : Merupakan bagian yang bergerak akibat adanya induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksiikan ke kumparan rotor.



Gambar 2. 2 konstruksi motor induksi

A . Stator

Stator adalah bagian motor yang diam terdiri atas badan motor, inti stator, belitan stator, *bearing*, dan *thermal box*. Rotor adalah bagian motor yang berputar dan terdiri atas rotor sangkar, poros rotor. Pada motor induksi tidak ada bagian rotor yang bersentuhan dengan bagian stator. Stator dan rotor dipisahkan oleh *air gap* yang berfungsi sebagai tempat mengalirnya energi dari stator menuju rotor, pada celah ini terdapat gaya gerak magnet (*magnetomotive force*) dari stator yang membuat rotor jadi berputar sesuai dengan polaritasnya. Bahan pembentuk untuk stator ialah baja yang dilaminasi untuk mengalirkan fluks magnet dan rangkaian listrik di dalamnya biasanya terbuat dari aluminium maupun tembaga yang diisolasi untuk mengalirkan arus.



Gambar 2. 3Stator motor induksi

Rangka stator motor induksi didisain dengan baik dengan empat tujuan yaitu:

1. Menutupi inti dan kumparannya.
2. Melindungi bagian-bagian mesin yang bergerak dari kontak langsung
3. Dengan manusia dan dari goresan yang disebabkan oleh gangguan
4. Objek atau gangguan udara terbuka(cuaca luar).
5. Menyalurkan torsi ke bagian peralatan pendukung mesin dan oleh karena itu stator didesain untuk tahan terhadap gaya putar dan guncangan.
6. Berguna sebagai sarana rumah ventilasi udara sehingga pendinginan lebih efektif.

B. Celah udara (Air Gap)

Pada bagian internal motor induksi 3 – phasa terdapat suatu bagian kosong diantara stator dan rotor, yang dinamakan dengan celah udara (air gap). Air gap ini berfungsi sebagai tempat mengalirnya energi dari stator menuju rotor. Pada celah ini, terdapat gaya gerak magnet (*Magnetic force*) dari stator yang membuat rotor menjadi berputar sesuai dengan polaritasnya. Celah udara yang terdapat antara stator dan rotor diatur sedemikian rupa sehingga didapatkan hasil kerja motor yang optimum. Bila celah udara antar stator dan rotor terlalu besar akan mengakibatkan efisiensi motor induksi rendah dan apabila jaraknya terlalu kecil atau sempit akan menimbulkan kesukaran mekanis pada mesin. Celah udara ini bentuknya harus seragam karena apabila ada perbedaan ukuran akan mengakibatkan terjadinya peningkatan noise (kebisingan) dan vibrasi (Baharudin, 2016).

C. Rotor

Rotor adalah bagian motor yang berputar akibat induksi magnet dari kumparan stator yang diinduksikan kepada kumparan rotor. Rotor dapat berputar dengan dua sumber energy yaitu :

- 1 . Energi mekanik dari alat yang terhubung ke rotor tersebut.
- 2 . Energi listrik yang disuplai ke kumparan stator.

Klasifikasi Motor Induksi Tiga phasa

Motor induksi di klasifikasikan menjadi 2 dari segi bentuk rotornya yaitu:

A. Rotor sangkar Tupai (*Squirrel cage rotor*)

Inti dari rotor motor induksi tipe sangkar tupai terdiri dari lapisan lapisan konduktor yang di pasang sejajar dengan poros dan mengelilingi permukaan inti. Konduktor tidak terisolasi dari inti karena arus rotor secara alamiah akan mengalir menuju tahanan paling kecil yaitu konduktor rotor. Pada setiap ujung rotor, semua konduktor rotor dihubungkan singkat dengan cincin ujung sehingga konduktor rotor dan cincin-cincin serupa dengan sangkar tupai yang berputar sehingga dinamakan motor induksi rotor sangkar tupai. Motor induksi tipe

sangkar tupai ini adalah jenis yang paling banyak digunakan karena bentuknya sederhana perawatan mudah dan murah, tipe rotor ini seperti gambar di bawah ini.



Gambar 2. 4 rotor sangkar tupai

B. Rotor Belitan (*wound Rotor*)

Motor induksi rotor belitan adalah motor yang memiliki rotor terbuat dari lilitan. Lilitan rotor tersebar secara seragam pada slot slot dan secara umum dihubuung bintang (Y). Ketiga terminal tersebut dihubungkan dengan slip ring, kemudian dihubungkan dengan sikat yang diam (*Stationary brushes*). Untuk menjalankan motor induksi tipe *wound rotor* secara normal maka *stationary brushes* dihubung singkat. Motor induksi rotor lilitan jarang di gunakan bila dibandingkan dengan motor induksi sangkar tupai karena harganya mahal dan biaya pemeliharaan lebih besar.



Gambar 2. 5 Rotor Belitan (*wound rotor*)

Prinsip Kerja Motor Induksi tiga phasa

Motor induksi bekerja berdasarkan induksi elektromagnetik dari kumparan stator kepada kumparan rotor nya. Bila kumparan stator motor induksi tiga fasa yang dihubungkan dengan suatu sumber tegangan 3 fasa maka kumparan stator akan menghasilkan medan magnet yang berputar. Garis garis gaya fluks yang diinduksikan dari kumparan stator akan memotong kumparan rotornya sehingga timbul emf (GGL) atau tegangan induksi. Karena penghantar (kumparan) rotor merupakan rangkaian yang tertutup maka akan mengalirkan arus pada kumparan rotor yang di aliri arus ini berada dalam garis gaya fluks yang berasal dari kumparan stator sehingga kumparan rotor akan mengalami gaya Lorentz yang menimbulkan torsi sehingga cenderung menggerakkan rotor sesuai dengan arah pergerakan medan induksi stator.

Medan putar pada stator tersebut akan memotong konduktor konduktor pada rotor sehingga terinduksi arus. Sesuai dengan hokum Lentz, rotor pun akan ikut berputar mengikuti medan putar stator. Perbedaan putaran relatif antara stator dan rotor disebut slip. Bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor yang menyebabkan arus induksi yang besar pada rotor sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar. Jadi, bila beban motor bertambah putaran rotor cenderung menurun. Pada rangka stator terdapat kumparan stator yang di tempatkan pada slot slotnya yang dililitkan pada sejumlah kutup tertentu. Jumlah kutup ini mempengaruhi kecepatan berputar medan stator yang diinduksikan ke rotornya. Semakin banyak jumlah kutupnya akan mengakibatkan makin kecilnya kecepatan putar medan stator dan sebaliknya Kecepatan berputarnya medan putar ini disebut kecepatan sinkron. Besarnya kecepatan sinkron :

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi f \text{ (Listrik ,rad /dt)} \\ &= 2 \pi f /P \text{ (mekanik ,rad/dt)} \end{aligned} \quad 2.1$$

Atau :

$$\begin{aligned} N_s &= 60 . f/P \text{ (putaran /menit,rpm)} \\ &= 120 . f /P \text{(putaran /menit ,rpm)} \end{aligned} \quad 2.2$$

Dimana :

F = Frekuensi sumber AC (HZ)

P = Jumlah pasang kutub

N_s = Kecepatan putaran sinkron medan magnet stator (rpm)

ω_{sink} =kecepatan putaran medan magnet pada stator (rad/ dt)

Sumber tiga fasa digunakan oleh motor induksi tiga fasa. Motor induksi mempunyai kumparan tiga fasa yang terpisah satu sama lainnya sejauh 120° yang dialiri arus listrik tiga fasa yang berbeda fasa 120° listrik antara fasanya sehingga keadaan ini akan menghasilkan resultan fluks magnet yang berputar seperti halnya kutub magnet actual yang berputar secara mekanik. Prinsip kerja motor induksi tiga fasa didasarkan pada Hukum Faraday (tegangan induksi akan di timbulakan oleh perubahan induksi magnetic pada suatu belitan). Hukum Farady berdasarkan persamaan (2.1)sebagai berikut :

$$\epsilon = B \times L \times V \quad (2.3)$$

Dimana :

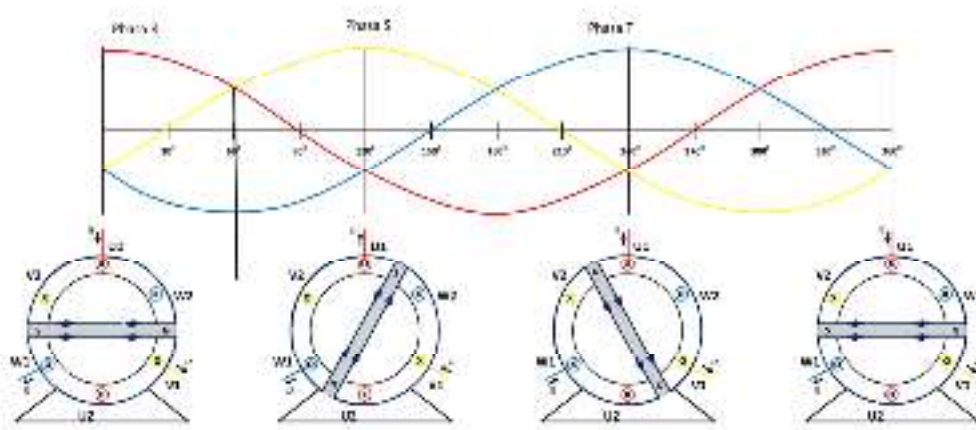
ϵ = Tegangan induksi (V)

B = Medan magnet (T)

L = Panjang konduktor (m)

V = Kecepatan medan magnet menginduksi konduktor (m/s)

Medan putar



Gambar 2. 6 Medan putar motor induksi

Dari gambar diperlihatkan terbentuknya medan putar pada stator motor induksi tiga phase. Pada stator terdapat dua kutub yaitu S (south) dan N (norht) yang dapat diterangkan pada empat kondisi.

Kondisi 1

Pada saat sudut 0° , arus listrik I1 bernilai positif sedangkan arus listrik pada I2 dan I3 bernilai negatif. Dalam hal ini yaitu gulungan V2, U1, dan W2 mempunyai tanda silang (x) yang berarti arah arus meninggalkan pembaca. Sedangkan gulungan pada V1, U2, dan W1 mempunyai tanda titik/bulat (o) yang berarti arah arus menuju pembaca. Pada keadaan seperti ini, terbentuklah fluk magnet pada garis horizontal sudut 0° . Stator kutub S akan berada diantara W1 dan V2, sedangkan stator kutub N akan berada diantara V1 dan W2.

Kondisi 2

Pada saat sudut 120° , arus listrik I2 bernilai positif sedangkan arus listrik pada I1 dan I3 bernilai negatif. Dalam hal ini yaitu gulungan W2, V1, dan U2 mempunyai tanda silang (x) yang berarti arah arus meninggalkan pembaca. Sedangkan gulungan pada W1, V2, dan U1 mempunyai tanda titik/bulat (o) yang berarti arah arus menuju pembaca. Pada keadaan seperti ini, terbentuklah fluk magnet pada garis yang bergeser 120° ke kanan dari sebelumnya. Stator kutub S akan berada diantara U1 dan W2, sedangkan stator kutub N akan berada diantara W1 dan U2.

Kondisi 3

Pada saat sudut 240° , arus listrik I3 bernilai positif sedangkan arus listrik pada I1 dan I2 bernilai negatif. Dalam hal ini yaitu gulungan U2, W1, dan V2 mempunyai tanda silang (x) yang berarti arah arus meninggalkan pembaca. Sedangkan gulungan pada U1, W2, dan V1 mempunyai tanda titik/bulat (o) yang berarti arah arus menuju pembaca. Pada keadaan seperti ini, terbentuklah fluk magnet pada garis yang bergeser 120° ke kanan dari sebelumnya atau 240° dari kondisi 1. Stator kutub S akan berada diantara V1 dan U2, sedangkan stator kutub N akan berada diantara U1 dan V2.

Kondisi 4

Pada saat sudut 360° , posisi stator kutub N dan kutub S akan berada pada keadaan awal (Kondisi 1).

Dari keempat kondisi yang dijelaskan di atas, yaitu pada saat sudut 0° , 120° , 240° , dan 360° , dapat dijelaskan terbentuknya medan putar pada stator. Kejadian tersebut akan berulang secara terus menerus selama masih terhubung dengan

listrik tiga phase, sehingga rotor juga akan terus berputar. Karena adanya perbedaan putaran antara medan putar stator dengan putaran yang terjadi pada rotor, maka motor induksi seperti ini disebut dengan motor induksi asinkron atau motor induksi tidak serempak.

Hukum lain yang mendasari prinsip kerja dari motor induksi adalah Hukum Lorenz (Apabila konduktor yang teraliri arus listrik berada pada medan magnet, maka akan timbul gaya yang disebut gaya electromagnet atau gaya lorenz). Hukum Lorenz berdasarkan persamaan (2.2) sebagai berikut :

$$F = B \times i \times l \quad (2.4)$$

Dimana :

F = Gaya Lorenz (N)

B = Medan magnet (T)

i = Arus yang mengalir pada konduktor (A)

l = Panjang konduktor (m)

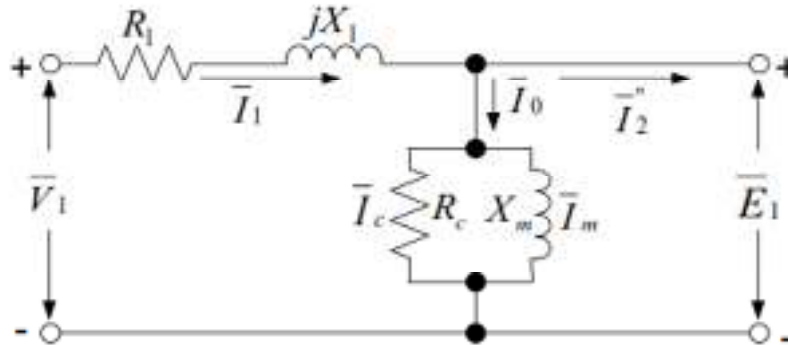
Motor induksi bekerja bergantung pada medan magnet putar yang ditimbulkan dalam celah udara motor yang disebabkan oleh arus belitan stator. Belitan tiga fasa stator dililit dengan jarak antar belitan sebesar 120° secara elektrik, jika belitan di berikan tegangan tiga fasa maka akan mengalir arus dan menimbulkan medan magnet. Medan magnet pada suatu luasan belitan akan menimbulkan fluks pada masing masing fasa. Ketiga fluks tersebut bergabung membentuk fluks secara vector yang bergerak mengelilingi permukaan stator pada kecepatan konstan yang disebut medan magnet putar. Medan magnet putar akan menyebabkan rotor berputar dengan arah yang sama dengan fluks putar .

Prinsip dasar dapat di jelaskan sebagai berikut :

1. Tegangan induksi akan timbul pada setiap konduktor yang diakibatkan oleh medan magnet yang memotong konduktor (Hukum Faraday).
2. Konduktor dihubungkan menjadi satu atau dihubung singkat di ujung belitan, maka tegangan induksi akan menyebabkan arus mengalir dari satu konduktor ke konduktor lain.

3. Arus yang mengalir pada suatu medan magnet akan menimbulkan gaya (Hukum Lorentz).
4. Gaya akan selalu menarik konduktor (Rotor) untuk bergerak sepanjang medan magnet berputar.

Rangkaian Ekuivalen Motor induksi 3 phasa



Gambar 2. 7 rangkaian eivalen motor induksi

V_1 = Tegangan terminal pada stator (Volt)

R_1 = Tahanan efektif stator (Ohm)

I_1 = Arus stator (A)

jX_1 = Reaktansi Bocor stator (Ohm)

E_1 = GGL lawan yang dihasilkan oleh fluks celah udara resultan (Volt)

Daya motor induksi tiga phasa

Daya masukan pada kumparan stator dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$P_{in} = \sqrt{3} \times V_{LL} \times I_L \times \cos \varphi \quad (2.5)$$

Dimana :

P_{in} = Daya masukan (W)

V_{LL} = Tegangan *Line to line* masukan (V)

I_L = Arus masukan per fasa (A)

$\cos \varphi$ = Faktor daya

Daya listrik yang dialirkan pada stator melalui terminal motor akan berubah menjadi daya mekanik pada poros rotor dan menghasilkan torsi.

Torsi

Torsi adalah dorongan ataupun kemampuan yang diberikan sebuah mesin untuk menggerakkan sebuah beban. Besarnya torsi pada motor dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut :

Apabila satuan T diubah menjadi satuan lb ft maka :

$$1 \text{ lb} = 4,447 \text{ N} \qquad 1 \text{ lb ft} = 1,356 \text{ Nm}$$

$$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m} \qquad 1 \text{ Nm} = 0,737 \text{ lb ft}$$

Dan untuk menghitung torsi motor pada saat beban penuh , maka dapat menerapkan rumus :

$$T = \frac{HP \times 5252}{n} \qquad 2.6$$

$$T_M = \frac{P_m}{\omega} \qquad 2.7$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot ns/60 \qquad 2.8$$

Dimana :

T = Torsi

T_M = Torsi Mekanik

HP = Daya Kuda

5252 = Konstan

n_s = Kecepatan medan putar stator

P_m = Daya Motor

ω = Kecepatan sudut putar motor

Efisiensi motor induksi tiga phasa

Efisiensi pada motor induksi dapat diartikan sebagai perbandingan daya keluaran motor yang digunakan terhadap daya masukan pada terminalnya yang di formulasikan :

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}} \times 100 \% \qquad 2.9$$

Dengan η = Efisiensi motor (%)

Faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi adalah:

1. Usia motor baru lebih efisien.

2. Kapasitas sebagaimana pada hampir kebanyakan peralatan, efisiensi motor meningkat dengan laju kapasitasnya.
3. Kecepatan. Motor dengan kecepatan yang lebih tinggi biasanya lebih efisien.
4. Jenis rotor. Sebagai contoh, bahwa motor dengan rotor sangkar biasanya lebih efisien daripada motor dengan rotor belitan/cincin geser.
5. Suhu Motor yang didinginkan oleh fan dan tertutup total (TEFC) lebih efisien daripada motor *Screen Protected Drip-Proof* (SPDP).
6. Penggulungan ulang motor dapat mengakibatkan penurunan efisiensi.

Beban Motor akan mempunyai efisiensi yang berbeda dengan beban yang berbeda pula. Efisiensi motor ini ditentukan oleh rugi-rugi atau kehilangan dasar yang hanya dapat dikurangi oleh perubahan pada rancangan dasar motor dan kondisi sistem operasi. Rugi-rugi ini dapat bervariasi dari kurang lebih 2% hingga 20%. Tabel dibawah memperlihatkan jenis rugi-rugi atau kehilangan pada motor induksi.

Tabel 2. 1 Rugi rugi pada motor induksi

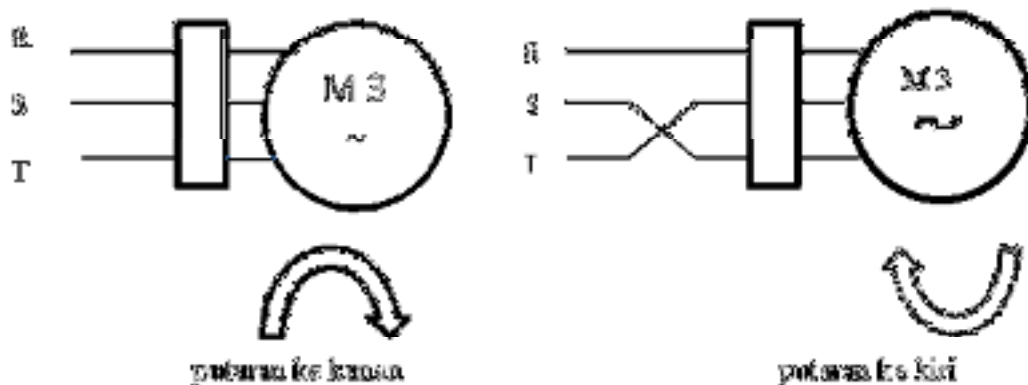
Jenis Rugi-rugi	Presentasi Rugi-rugi total (%)
Rugi-rugi tetap atau rugi-rugi inti	25
Rugi-rugi variable: rugi-rugi pada stator	34
Rugi-rugi variable: rugi-rugi pada rotor	21
Rugi-rugi gesekan & penggulungan ulang	15
Rugi-rugi beban yang menyimpang	5

Terdapat hubungan yang jelas antara efisiensi motor dan beban. Pabrik motor membuat rancangan motor untuk beroperasi pada beban 50-100% dan akan paling efisien pada beban antara 80% sampai dengan 85%. Namun, jika beban turun di bawah 80% efisiensi turun dengan cepat. Mengoperasikan motor di bawah laju beban 50% memiliki dampak pada faktor dayanya, Efisiensi motor yang tinggi dan faktor daya yang mendekati 1 sangat diinginkan untuk operasi yang efisien dan untuk menjaga biaya rendah untuk seluruh pabrik, tidak hanya untuk motor. Pada hampir kebanyakan negara, merupakan persyaratan bagi pihak pembuat untuk

menuliskan efisiensi beban penuh pada pelat label/pelat nama motor. Namun demikian, bila motor beroperasi untuk waktu yang cukup lama kadang-kadang tidak mungkin untuk mengetahui efisiensi tersebut sebab pelat label motor kadangkala sudah hilang atau sudah dicat. Untuk mengukur efisiensi motor, motor harus dilepaskan sambungannya dari beban dan dibiarkan untuk melalui serangkaian uji. Hasil dari uji tersebut kemudian dibandingkan dengan grafik kinerja standar yang diberikan oleh pembuatnya, Jika tidak memungkinkan untuk memutuskan sambungan motor dari beban, perkiraan nilai efisiensi didapat dari tabel khusus untuk nilai efisiensi motor.

Membalik Arah Putaran Motor Induksi

Untuk membalik arah putaran motor induksi 3 fasa dapat dilaksanakan dengan menukar hubungan dua diantara tiga kawat dari sumber tegangan motor ke terminal motor seperti:



Gambar 2. 8 membalik putaran motor induksi 3 fasa

Membalik arah putaran motor ini di perlukan pekerjaan khusus yang membutuhkan motor bekerja dengan 2 arah putaran berbeda. Dari kondisi gambar di atas terlihat bahwa bila salah satu fasa di balik maka putaran motor akan membalik itu sebabnya dalam memasang sumber tenaga pada motor induksi 3 fasa tidak boleh terbalik antara fasa 1 dengan yang lainnya.

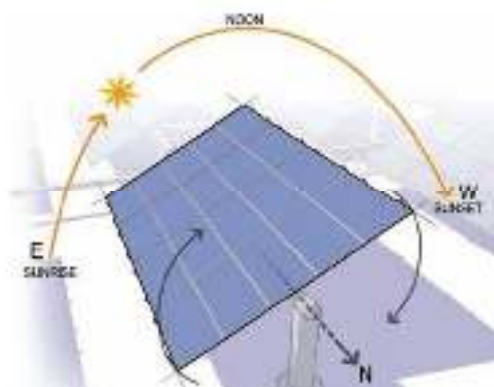
Solar Tracking PLTS

Sun tracking PLTS merupakan teknologi yang di terapkan pada sistem pembangkit listrik tenaga surya yang memungkinkan panel surya memposisikan objek pada sudut relatif matahari. bergerak secara otomatis mengikuti cahaya untuk memposisikan *panel photovoltaic* (PV). Agar tetap tegak lurus terhadap sinar matahari. Tujuan sistem ini untuk memaksimalkan produktifitas penyerapan radiasi matahari sehingga produksi energy listrik menjadi efisien dan meningkat. Kebanyakan pemasangan panel yang terdapat di negara kita adalah susunan tetap (statis). Seiring berlalunya hari, matahari bergerak menjauh dari posisi menghadap panel dan dengan demikian output daya panel berkurang. Cara termudah untuk mengatasi masalah ini adalah dengan mengadaptasi panel surya bergerak menggunakan mekanisme pelacakan matahari. *Auto Tracking/solar tracker* (pelacak surya) adalah perangkat yang digunakan untuk mengarahkan panel surya atau untuk memusatkan reflektor atau lensa surya ke arah matahari. Posisi matahari di langit bervariasi baik dari musim dan waktu pada saat matahari bergerak melintasi langit. Panel surya bekerja paling baik ketika diarahkan ke matahari (tegak lurus terhadap matahari). Oleh karena itu, pelacak surya dapat meningkatkan efisien panel surya agar tetap tegak lurus terhadap matahari dengan biaya kompleksitas tambahan pada sistem. Ada beberapa bentuk pelacakan yang tersedia saat ini terutama dalam metode penerapan desain. Dua bentuk umum pelacakan yang digunakan adalah algoritme kontrol tetap dan pelacakan dinamis. Perbedaan yang melekat antara kedua metode adalah cara di mana jalur matahari ditentukan. Dalam sistem algoritme kontrol tetap, jalur matahari ditentukan dengan merujuk pada algoritme yang menghitung posisi matahari untuk setiap periode waktu. Artinya, sistem kontrol tidak secara aktif menemukan posisi matahari tetapi bekerja berdasarkan waktu, hari, bulan, dan tahun saat ini. Sedangkan sistem pelacakan dinamis secara aktif mencari posisi matahari setiap saat, pagi, siang, sore. Sistem ini terdiri dari beberapa metode pengendalian arah, seperti motor DC, *motor stepper*, *motor induksi* dan *motor servo*, yang diarahkan oleh rangkaian kontrol, baik digital maupun analog. Struktur pemasangan untuk panel surya dapat dirancang dengan beberapa cara berbeda. Dua kategori utama

untuk struktur ini adalah sumbu ganda (*dual axis*) dan sumbu tunggal (*single axis*).

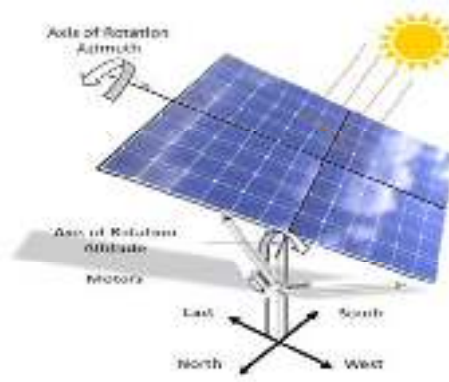
Jenis jenis tracking PLTS

1. *Single Axis Traker* : *Single axis traker* adalah jenis autotracking PLTS yang mengikuti gerakan sinar matahari secara horizontal (Timur ke Barat) atau vertical (selatan ke utara) dengan satu sumbu gerak. Sistem ini menggunakan motor dan sensor untuk menggerakkan panel surya sehingga selalu berada dalam posisi yang optimal untuk menangkap sinar matahari



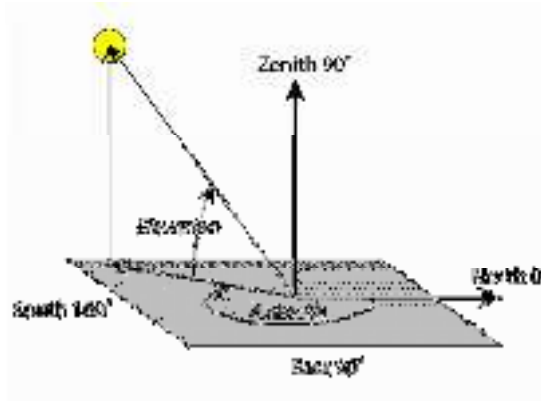
Gambar 2. 9 Single Axis Traker

2. *Dual Axis Traker* : *Dual axis traker* adalah jenis autotacking PLTS yang mengikuti gerakan matahari secara horizontal dan vertical dengan 2 sumbu gerak. Sistem ini menggunakan motor dan sensor mengarahkan panel surya sehingga selalu mengikuti arah matahari sepanjang hari.



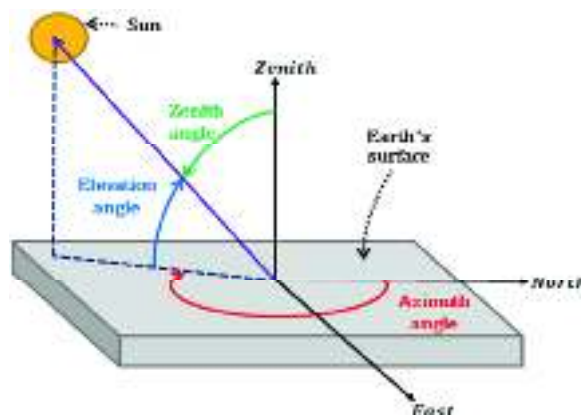
Gambar 2. 10 Dual Axis Traker

3. *Azimuth Traker* : *Azimuth traker* adalah jenis autotracking PLTS yang mengikuti gerakan matahari secara horizontal (Timur ke Barat) dengan satu sumbu gerak namun sistem ini tidak mengikuti gerakan sinar matahari secara vertical.



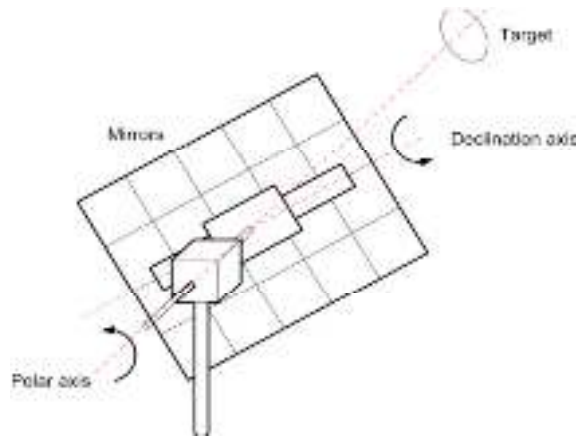
Gambar 2. 11 Azimurh Traker

4. *Zenith Traker* : *Zenith traker* adalah jenis autotracking PLTS yang mengikuti gerakan matahari secara vertical (Selatan ke Utara) dengan satu sumbu gerak namun sistem ini tidak mengikuti matahari secara horizontal.



Gambar 2. 12 Zenith Tracker

5. *Polar axis Traker* : *Polar axis traker* adalah jenis autotracking PLTS yang mengikuti gerakan matahari secara vertical (Selatan ke Utara) dan Horizontal (Timur ke Barat) dengan 2 sumbu gerak, sistem ini menggunakan sensor gerak dan motor untuk menggerakkan panel surya.sistem ini umumnya digunakan pada lokasi yang memiliki musim panas dan musim dingin yang berbeda.



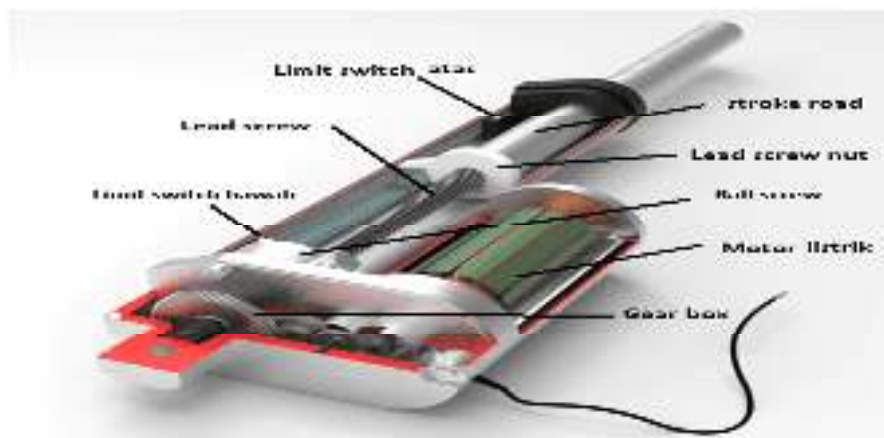
Gambar 2. 13 Polar axis tracker

Aktuator Linier Elektrik

Aktuator adalah sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Aktuator diaktifkan dengan menggunakan lengan mekanis yang biasanya digerakkan oleh motor listrik, yang dikendalikan oleh media pengontrol otomatis yang terprogram di antaranya mikrokontroler. Agar actuator dapat bekerja di perlukan energy/input dari luar. Biasanya memakai energy listrik, hal ini juga membutuhkan input sinyal dalam beberapa bentuk untuk memberi tahu aktuator apa yang harus di lakukan, kemudian perangkat bergerak sistem pun bekerja. Keluarannya bisa berbentuk gerakan putaran berupa *rotary* atau linier tergantung kebutuhan, sesuai keadaan sistem yang akan di gerakan. Aktuator linier elektrik ialah perangkat yang mengkonversikan gerak rotasi dari elektrik motor ke gerak linier (gerakan dorong dan tarik). Gerakan ini memungkinkan untuk mengangkat, mendorong, menarik, menyesuaikan, posisi benda maupun sistem dengan kontrol yang mudah. Prinsip kerjanya yaitu ketika motor berputar. Putaran motor tersebut di *kopling* ke *poly belt* pada aktuator maka aktuator akan berputar dan dikontrol sesuai keinginan misalnya putaran kekanan akan menarik lengan aktuator kebawah dan sebaliknya putaran kekiri akan mendorong lengan aktuator keatas perputaran pada aktuaor didasarkan pada sistem besi ulir (*lead screw*).

Komponen aktuator linier elektrik

1. Motor : Motor merupakan komponen utama dari aktuator linier elektrik Motor ini dapat berupa motor AC maupun DC yang menghasilkan putaran pada sebuah poros yang terhubung dengan mekanisme penggerak aktuator linier.
2. Poros : Poros berfungsi sebagai penghubung antar motor dan mekanisme penggerak aktuator linier.poros meneruskan putaran dari motor ke mekanisme penggerak.
3. Mekanisme penggerak : mekanisme penggerak terdiri dari beberapa komponen seperti roda gigi, baut, belt yang digunakan untuk mengubah gerakan rotasi poros menjadi gerakan linier.
4. Sensor : sebagai pendeteksi posisi.



Gambar 2. 14 konstruksi aktuator linier

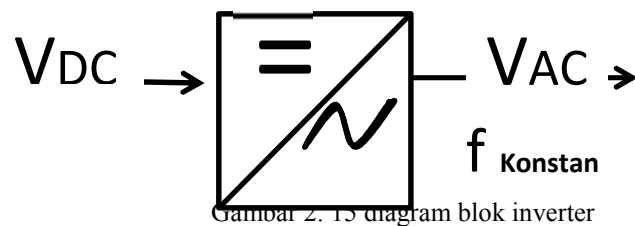
Inverter

Inverter adalah peralatan yang digunakan untuk mentransformasikan tegangan searah (DC) menjadi tegangan bolak balik (AC). Sumber tegangan DC yang merupakan input dari power inverter yang berupa baterai, maupun solar sel. Penggunaan power inverter ini untuk mensuplai tegangan listrik pada beban beban yang menggunakan tegangan AC. Iverter bekerja dengan mentransformasikan daya listrik arus searah (DC) menjadi daya listrik arus bolak balik yang simetris dengan magnitude serta frekuensi bisa diatur sesuai yang diinginkan. Menurut pemakaiannya inverter diklasifikasikan menjadi 2 jenis yakni: inverter 1 phasa dan

inverter 3 phasa. Dari segi mengkonversi inverter dibagi menjadi tiga jenis yaitu : inverter seri, paralel dan jembatan. Dari segi gelombangnya inverter di klasifikasikan menjadi setengah gelombang (*half wive*) dan gelombang penuh (*full wive*) perbedaan ini berpengaruh terhadap penggunaan *thyristor* sebagai komponen utama dalam proses swtchingnya. *Thyristor* ini di *trigger* oleh rangkaiann *trigger* khusus yang dapat menghasilkan pulsa-pulsa *trigger*. Secara umum ada 2 jenis rangkaian *trigger* yakni :

- a. Jumlah pulsa pulsa outputnya tetap untuk satuan waktu tertentu.
- b. Jumlah pulsa pulsa output nya dapat berubah ubah untuk satuann waktu tertentu (pulsa output dapat diatur).

Output dari rangkaian switching kemudian di saring oleh suatu rangkaian filter sehingga diperoleh output berbentuk sinusoidal.



Gambar 2. 15 diagram blok inverter



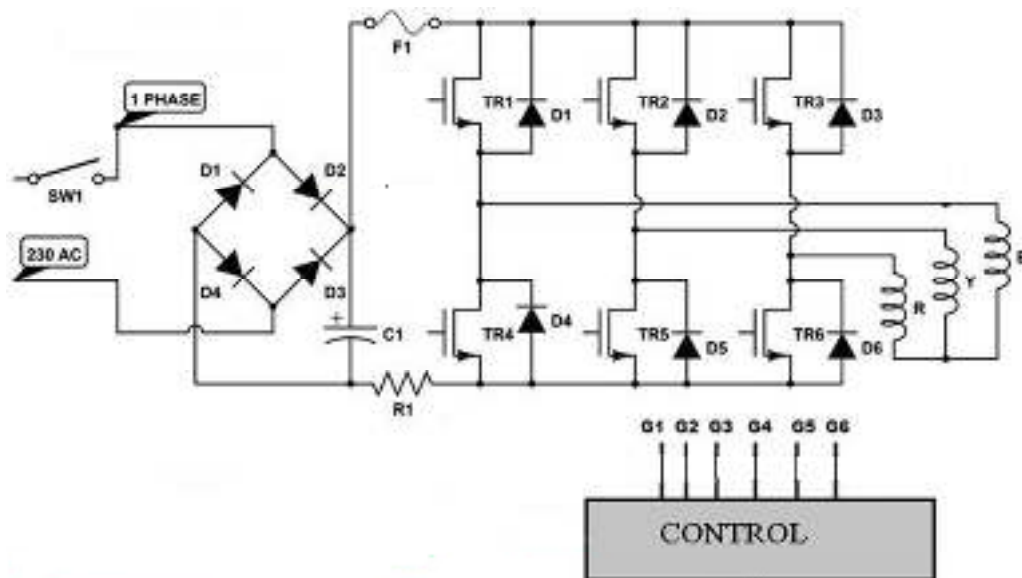
Gambar 2. 16 inverter

VFD (Variable Frekuensi Driver)

Variable Frekuensi Drive (VFD) merupakan komponen elektronika yang digunakan untuk mengontrol kecepatan motor AC. Alat ini bekerja dengan mengubah nilai frekuensi dan tegangan yang masuk ke motor induksi. Pengontrolan

frekuensi ini bertujuan untuk mendapatkan kecepatan putaran motor yang sesuai dengan kebutuhan. VFD bekerja untuk menambah dan mengurangi frekuensi pada motor induksi dengan prinsip kerja pengoperasiannya yang mengubah tegangan arus bolak balik AC konstan menjadi arus AC Variable yang keluarannya bisa dikontrol untuk kebutuhan tertentu. Fitur utama dari inverter frekuensi adalah kecepatan yang dapat di sesuaikan dan start stop yang sangat lembut. Dua fitur ini menjadikan VFD sangat kuat untuk mengontrol motor AC. VFD terdiri dari 3 bagian penting yaitu :

1. Penyearah
2. Bus Dc
3. Inverter
4. Sirkuit kontrol



Gambar 2. 17 rangkaian VFD 1 phasa ke 3 phasa

Berdasarkan gambar rangkaian inverter frekuensi driver diatas dapat dilihat :

1. *Rectifier* : berfungsi menyearahkan tegangan sumber 220 Vac dengan menggunakan 4 diode berbentuk jembatan sehingga dihasilkan arus DC.
2. *Filter* : berfungsi untuk meratakan tegangan DC yang keluar dari rectifier agar lebih rata (memperhalus ripple tegangan) menggunakan kapasitor dan induktor untuk melindungi sirkuit dari perubahan arus listrik yang tiba-tiba.

3. *Inverter* : berfungsi merubah tegangan DC menjadi Tegangan AC dengan teknik PWM (*pulse width modulation*). Dengan ini bias menghasilkan amplitude dan frekuensi yang diinginkan melalui *control logic* yang mengatur mosfet dengan menghasilkan gelombang sinusoidal.

Tabel 2. 2 Fungsi dari terminal pada Variable frekuensi drive

Port	Functional description	Instruction
5V/12V	5V/12V power output	200mA 5V/12V output
X5	Input port 5 (kontrolputar kanan)	Short port X5 and com, input signal effective
X4	Input port 4 (control putar kiri)	Short port X4 and com, input signal effective
X3	Input port 3 (section speed 3)	Short port X3 and com, input signal effective
X2	Input port 2 (section speed 2)	Short port X2 and com, input signal effective
X1	Input port 1 section speed 1)	Short port X1 and com, input signal effective

4. Pada tabel diatas terdapat deskripsi terminal yang ada pada inverter VFD berfungsi untuk pengoperasian melalui controller. Pada terminal 5V/12V dapat mengeluarkan tegangan output 5V/12V dengan arus 200 mA. Pada X5 untuk memutar kanan pada motor induksi, X4 untuk memutar kiri motor induksi, X3,X2 dan X1 untuk memilih kecepatan putaran motor yang sudah ditentukan. Semua perintah tersebut akan bekerja jika dihubung singkatkan dengan terminal COM.
5. Terminal yang dihubungkan pada controller X5, X4, dan COM maka perintahnya jika X5 di shortkan ke terminal COM untuk memerintahkan motor induksi putar kanan dan X4 dishortkan ke terminal COM untuk memerintahkan motor induksi putar kiri.

Baterai PLTS

Baterai adalah sebuah sumber energi yang dapat merubah energi kimia yang disimpannya menjadi energy listrik yang dapat digunakan pada perangkat elektronik. hampir semua peralatan yang portable menggunakan baterai seperti handpone,laptop dan mainan pada anak anak tanpa harus menggunakan sumber listrik yang tersambung ke PLN. Setiap baterai meliliki 2 terminal yaitu terminal

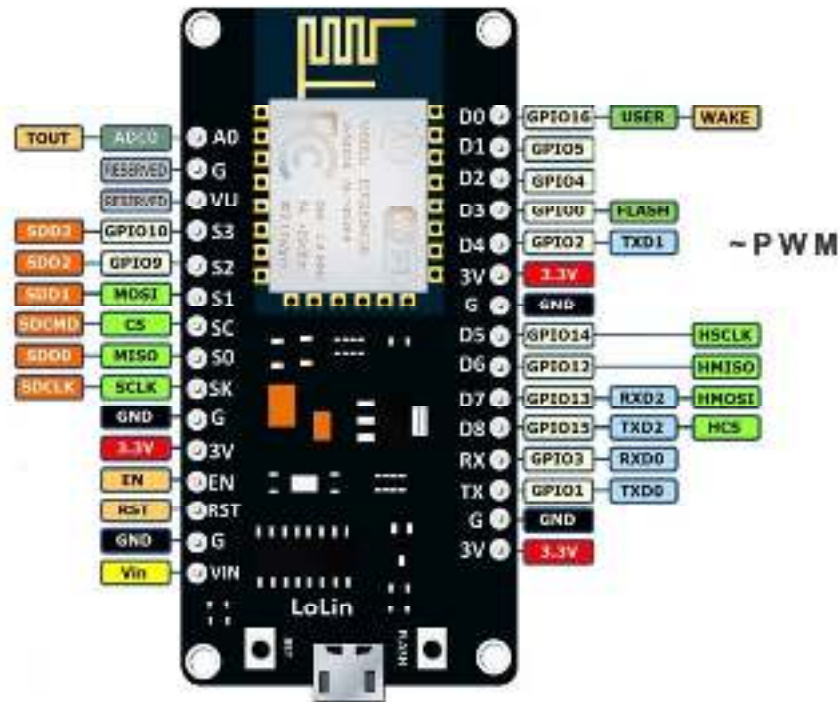
positif (+) dan terminal Negatif (-) serta elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah (DC), secara umum baterai terdiri atas 2 jenis yakni baterai sekali pakai (*single use battery*) dan baterai yang dapat diisi ulang (*rechargeable battery*) pada plts biasanya menggunakan baterai isi ulang. beberapa jenis baterai hanya dapat di gunakan sekali, tanpa dapat diisi kembali. Baterai ini disebut dengan baterai primer, seperti baterai padat yang dipergunakan untuk baterai pada senter, radio sedangkan baterai yang diisi ulang disebut juga baterai sekunder seperti baterai pada mobil dan baterai sistem PLTS, baterai *handpone* dan lain-lain.

NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan papan pengembangan produk *Internet of Things* (IoT) yang berbasis *Firmware eLua* dan *System on a Chip* (SoC) ESP8266-12E. ESP8266 sendiri merupakan *chip* WiFi dengan *protocol stack* TCP/IP yang lengkap.

NodeMCU dapat dianalogikan sebagai *board* arduino-nya ESP8266. Program ESP8266 sedikit merepotkan karena diperlukan beberapa teknik wiring serta tambahan modul USB to serial untuk mengunduh program. Namun NodeMCU telah me-package ESP8266 ke dalam sebuah board yang kompak dengan berbagai fitur layaknya mikrokontroler + kapabilitas akses terhadap *Wifi* juga chip komunikasi USB to serial. Sehingga untuk memprogramnya hanya diperlukan ekstensi kabel data USB persis yang digunakan charging smarphone. pemilihan NodeMCU ESP8266 ialah karena mudah diprogram dan memiliki pin I/O yang memadai dan dapat mengakses jaringan Internet untuk mengirim atau mengambil data melalui koneksi *WiFi*. Spesifikasi dari NodeMCU sebagai berikut :

1. 10 port pin GPIO
2. Fungsionalitas PWM
3. Antarmuka I2C dan SPI
4. Antarmuka 1 Wire
5. ADC



Gambar 2. 18 NodeMCU ESP8266 dan Skema Pin

Gambar diatas merupakan kaki pin yang ada pada NodeMCU. Berikut penjelasan dari pin – pin NodeMCU tersebut:

1. ADC: Analog Digital Converter. Rentang tegangan masukan 0-1v, dengan skup nilai digital 0-1024
2. RST : berfungsi mereset modul
3. EN: Chip Enable, Active High
4. IO16 :GPIO16, dapat digunakan untuk membangunkan chipset dari mode deep sleep
5. IO14 : GPIO14; HSPI_CLK
6. IO12 : GPIO12: HSPI_MISO
7. IO13: GPIO13; HSPI_MOSI; UART0_CTS
8. VCC: Catu daya 3.3V (VDD)
9. CS0 :Chip selection
10. MISO : Slave output, Main input.
11. IO9 : GPIO9
12. IO10 GBIO10
13. MOSI: Main output slave input
14. SCLK: Clock

15. GND: Ground
16. IO15: GPIO15; MTDO; HSPICS; UART0_RTS
17. IO2 : GPIO2;UART1_TXD
18. IO0 : GPIO0
19. IO4 : GPIO4
20. IO5 : GPIO5
21. RXD : UART0_RXD; GPIO3
22. TXD : UART0_TXD; GPIO1

Untuk tegangan kerja ESP8266 menggunakan standar tegangan JEDEC (tegangan 3.3V) untuk bisa berfungsi. Tidak seperti mikrokontroler AVR dan sebagian besar board Arduino yang memiliki tegangan TTL 5 volt. Meskipun begitu, NodeMCU masih bisa terhubung dengan 5V namun melalui port micro USB atau pin Vin yang disediakan oleh board-nya. Namun karena semua pin pada ESP8266 tidak toleran terhadap masukan 5V. Maka jangan sekali – kali langsung mencatunya dengan tegangan TTL jika tidak ingin merusak board anda. Anda bisa menggunakan *Level Logic Converter* untuk mengubah tegangan ke nilai aman 3.3V.

Sensor Light Dependent Resistor (LDR)

LDR (*Light Dependent Resistant*) merupakan sensor yang dapat mendeteksi perubahan warna yang didasarkan intensitas pencahayaan dari warna tersebut, kemudian dikonversikanya dalam bentuk tegangan searah, tetapi tegangan searah yang dihasilkan hanya akan membedakan dengan logika 0 dan logika 1, tatkala perbedaan warnanya lebih dari dua kemungkinan maka diperlukan sistem tambahan yang digunakan untuk mengenali perbedaan tegangan tersebut *Analog to digital converter* (ADC) merupakan sistem yang dapat membedakan besaran tegangan searah menjadi besaran logika digital yang dapat memiliki kemungkinan perbedaan logika yang lebih banyak tatkala setiap tegangan analog diubah menjadi logika bit yang lebih panjang.

Resistansi LDR akan berubah seiring dengan perubahan intensitas cahaya yang mengenainya atau yang ada di sekitarnya.dalam keadaan gelap resistansi Ldr sekitar 10 M Ω dan dalam keadaan terang sebesar 1 K Ω atau kurang. LDR terbuat

dari bahan semikonduktor seperti cadmium sulfide. dengan bahan ini energy yang jatuh menyebabkan lebih banyak muatan yang di lepas atau arus listrik meningkat, artinya resistansi bahan telah mengalami penurunan. Biasanya LDR (atau dikenal dengan foto resistor) di buat berdasarkan kenyataan bahwa cadmium sulfide mempunyai tahanan yang besar dan jika terkena sinar resistor peka cahaya resistansinya akan menurun. Foto resistor dapat merujuk pula pada *Light Dependent Resistor*.



Gambar 2. 19 Module Sensor LDR

Prinsip kerja LDR pada saat cahaya terang ada lebih banyak electron yang lepas dari atom bahan semikonduktor, sehingga akan ada lebih banyak electron untuk mengangkut muatan elektrik, Artinya pada saat cahaya terang LDR menjadi konduktor yang baik atau memiliki resistansi yang kecil pada saat cahaya terang dan pada saat gelap atau cahaya redup bahan semikonduktor tersebut menghasilkan electron bebas dengan jumlah yang relative kecil, artinya pada saat cahaya redup LDR menjadi konduktor yang buruk atau resistansi nya sangat besar. Dalam PLTS LDR dapat di gunakan untuk mengarahkan posisi panel surya tegak terhadap matahari sehingga energi yang di konversi panel surya maksimal. Ketika LDR mendapatkan cahaya yang kurang maka secara otomatis panel surya akan bergerak ke sumber cahaya dan ketika LDR mendapatkan cahaya yang maksimal maka panel surya akan mempertahankan posisi tersebut.

Limit switch

Limit switch merupakan jenis saklar yang di lengkapi dengan tuas yang berfungsi untuk menggantikan tombol, Prinsip kerja *limit switch* sama seperti

saklar push ON yaitu akan menghubungkan pada saat katupnya di tekan pada batas penekanan tertentu yang telah di tentukan dan akan memutus saat katup tidak di tekan. *Limit switch* termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahann mekanik pada sensor tersebut penerapan dari *limit switch* ini adalah sebagai sensor posisi suatu benda(objek) yang bergerak.

Limit switch umumnya digunakan untuk:

- 1) Memutuskan dan menghubungkan rangkaian menggunakan objek atau benda.
- 2) Sebagai sensor posisi untuk keadaan suatu objek.

Prinsip kerja *limit switch* diaktifkan dengan penekanan pada tombol pada batas daerah yang telah di tentukan sebelumnya sehingga terjadi pemutusan atau penghubungan rangkaian tersebut. *Limit switch* memiliki 2 buah kontak yaitu NO (*Normally Open*) dan NC (*Normally Close*) dimana salah satu kontak akan aktif jika tombolnya tertekan.



Gambar 2. 20 Limit swich

Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromagnetik dan mekanikal yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (*Coil*) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/*Switch*). *Relay* menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan

Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan *Armature Relay* (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 2. 21 Relay

Kontak Poin (*Contact Point*) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu : *Normally Close* (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *CLOSE* (tertutup) *Normally Open* (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi *OPEN* (terbuka). Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (*Iron Core*) yang dililit oleh sebuah kumparan *Coil* yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan *Coil* diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik *Armature* untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana *Armature* tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi *OPEN* atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *Armature* akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). *Coil* yang digunakan oleh Relay untuk menarik *Contact Poin* ke Posisi *Close* pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian bertempat di Universitas HKBP Nommensen Medan, Jl.Sutomo No.4A, Kota Medan, Sumatra Utara dan waktu penelitian dilaksanakan mulai tanggal 12 JUNI s/d selesai.

Teknik Pengumpulan Data

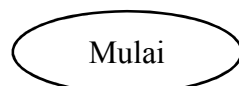
Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan cara mengumpulkan data yaitu antara lain :

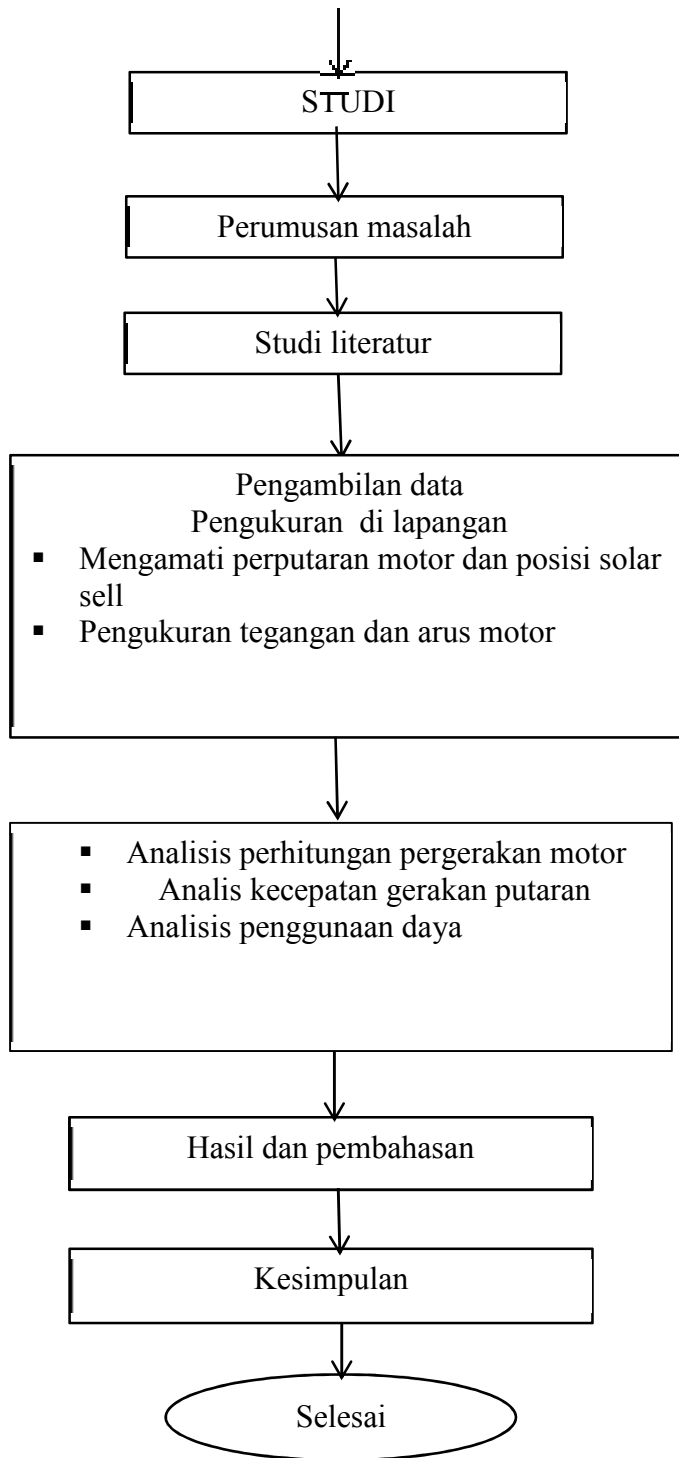
1. Data pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan pada PLTS 10 kWp UHN Medan.
2. Wawancara untuk pengumpulan data dari tenaga ahli dan dosen pembimbing.
3. Studi literatur dari jurnal, makalah dan laporan penelitian terdahulu baik dari perpustakaan maupun dari internet.

Objek Penelitian

Sun tracking PLTS 10 KWp di Universitas HKBP Nommensen merupakan PLTS *tipe off grid* yang dibangun atas kerja sama Universitas HKBP Nommensen dengan Kementerian Kebudayaan Riset dan Teknologi (Kemdikbudristek). Dan telah beroperasi sejak Desember 2022 untuk melayani beban lampu di sekeliling lantai gedung I dan Gedung L UHN. PLTS menggunakan : 2 buah inverter 5 KW, panel surya berkapasitas 430 Wp/lembar sebanyak 24 lembar dan 16 buah baterai 12 Volt 200 Ah untuk penyimpanan energy listrik dan menggunakan 4 buah motor induksi berdaya 1 HP untuk mendukung pergerakannya yang di padukan dengan aktuator linier elektrik. PLTS ini termasuk jenis *Dual Axis tracker* karena gerakanya menggunakan 2 sumbu.

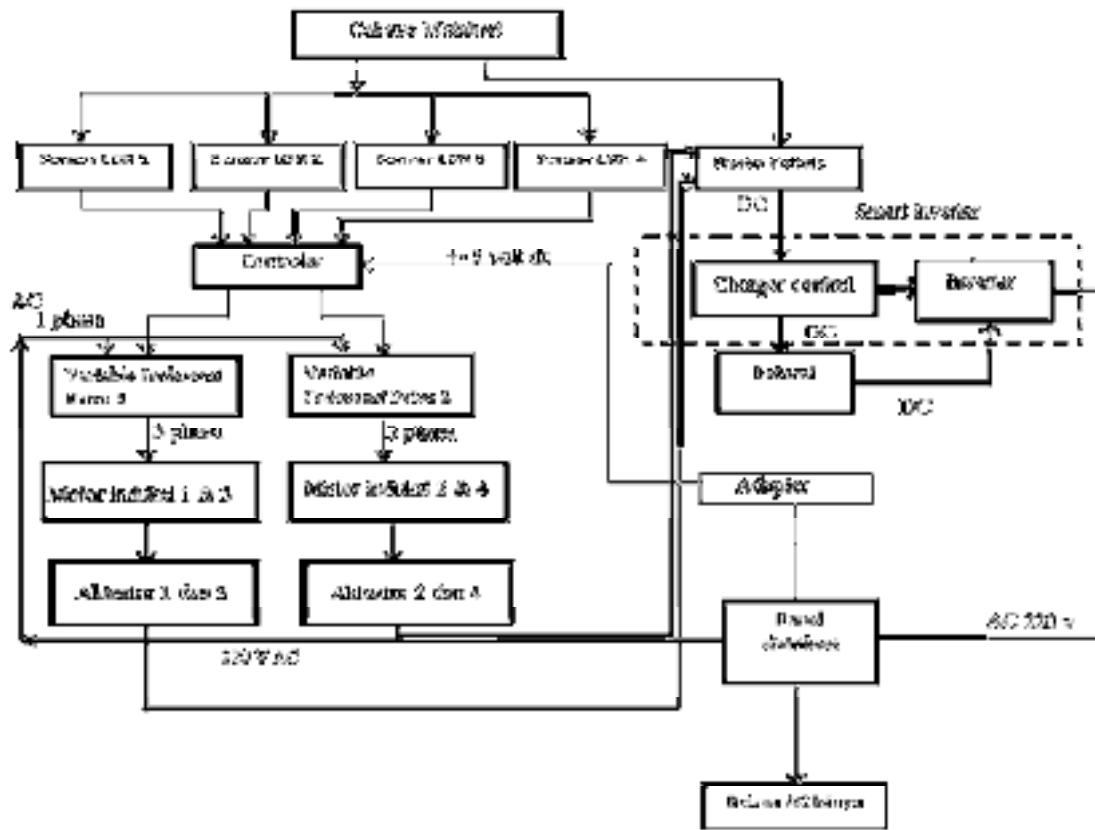
Diagram Alir Penelitian





Gambar 3. 1 diagram alir metode pengumpulan data

Diagram Blok Solar Tracking PLTS



Gambar 3. 2 Diagram blok sistem traker PLTS

Keterangan diagram blok :

- Prinsip kerja dari sistem ini adalah ketika sensor LDR mendapatkan sinar matahari maka akan dikirimkan perintah ke *microcontroller* berbentuk sinyal input selanjutnya diproses oleh *microcontroller*. Sensor digunakan 4 unit dengan tujuan untuk :
 - ❖ Sensor LDR 1 untuk gerakan sistem ke arah Utara
 - ❖ Sensor LDR 2 untuk gerakan sistem ke arah Selatan
 - ❖ Sensor LDR 3 untuk gerakan ke arah Barat
 - ❖ Sensor LDR 4 untuk gerakan ke arah Timur

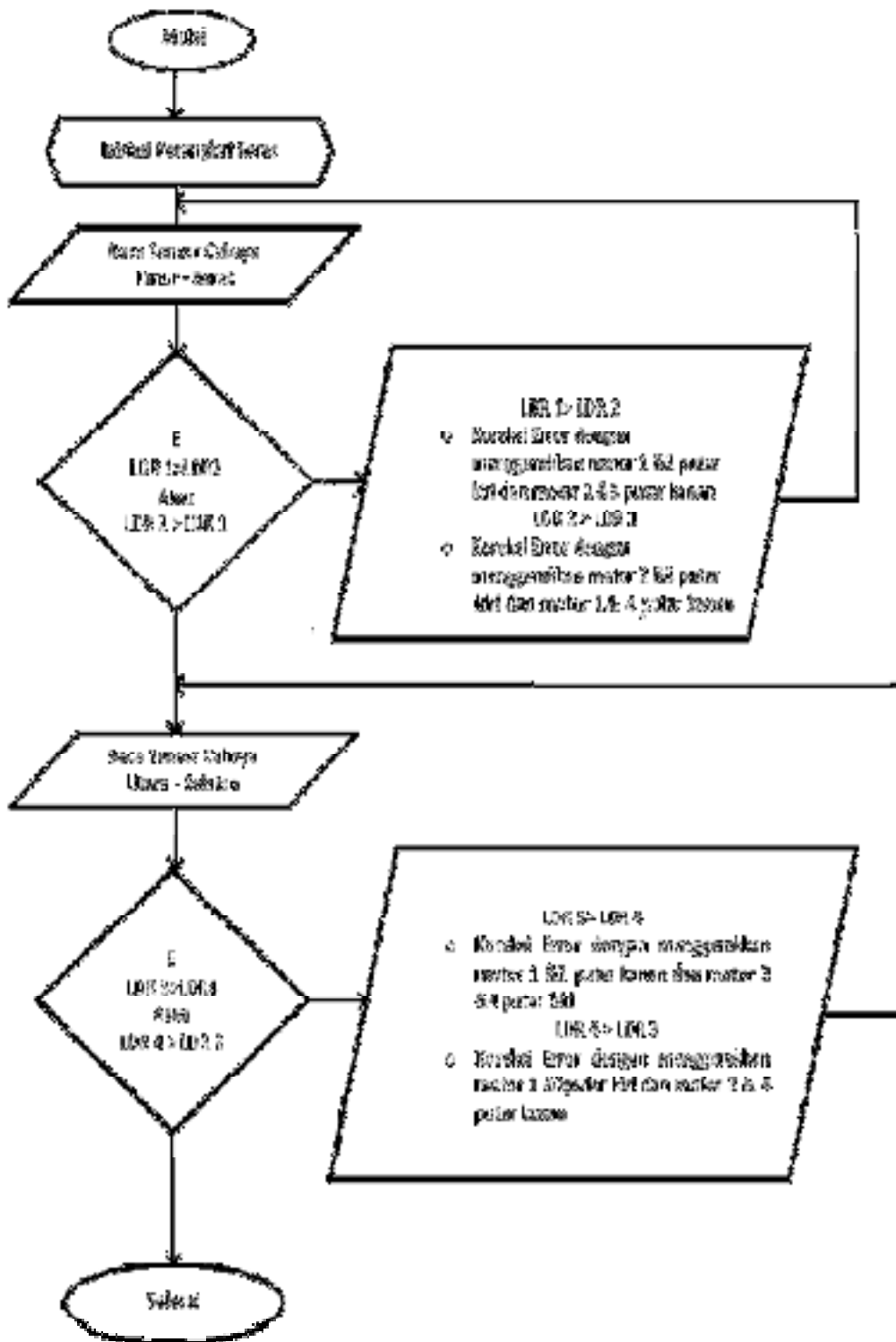
Prinsip kerja sensor :

1. Jika LDR 1 mendapat tahanan lebih kecil dari LDR 2 maka solar sell diarahkan ke Utara
2. Jika LDR 2 mendapat tahanan lebih kecil dari LDR 1 maka solar sell diarahkan ke Selatan
3. Jika LDR 3 mendapat tahanan lebih kecil dari LDR 4 maka solar sell diarahkan ke Barat

4. Jika LDR 4 mendapat tahanan lebih kecil dari LDR 3 maka solar sell diarahkan ke Timur dan ketika nilai sensor sama maka kedudukannya akan di pertahankan.
- Selanjutnya keputusan sensor di teruskan ke vfd 1 dan 2 untuk menggerakkan motor sesuai dengan nilai yang diperoleh sensor LDR dan aktuator bergerak.

Sinar matahari yang di peroleh oleh pv menghasilkan tegangan DC, masuk ke charger yang selanjutnya tegangan DC tersebut masuk ke baterai dan dari baterai di teruskan ke inverter untuk di ubah menjadi tegangan AC dan dari inverter menghasilkan listrik AC yang kemudian di suplay ke motor melalui VFD 1 dan VFD 2 dan beban AC lainnya.

Diagram Alir Pergerakan Motor



Gambar 3. 3 Flowcart sistem solar Tracking PLTS 10 kWp

Alat dan Pengukuran

Motor induksi 3 phasa

Motor induksi 3 phasa pada PLTS 10 kWp UHN Medan terdapat 4 unit yang bertenaga 1 HP (*Horse power*) atau setara dengan 746 Watt salah satunya adalah seperti gambar di bawah ini :



Gambar 3. 4 Motor induksi terpasang pada PLTS 10 kWp

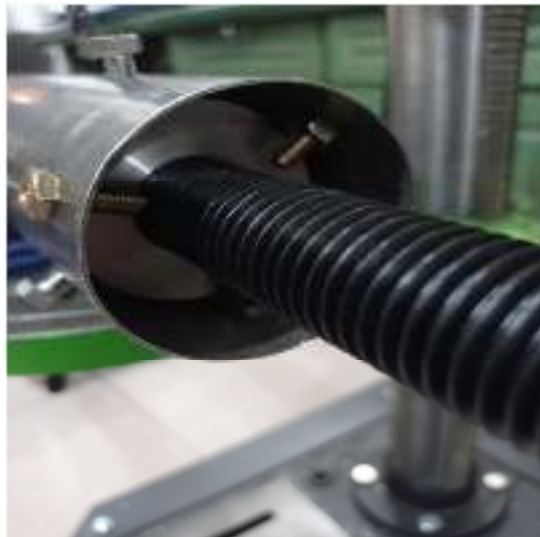
Tabel spesifikasi motor induksi 3 phasa yang di gunakan pada PLTS 10 kWp UHN Medan adalah sebagai berikut :

Tabel 3. 1 Spesifikasi Motor induksi

3 PHASE INDUCTION MOTOR	
Merek	YUEMA G3LM-28-15-T075
Ratio gear box	1 :15
Power	1 Hp
No Seri	023- 498-04
Speed	1400 RPM
FREQ	50 HZ
Voltase	220 -380 volts
Class	F .IP-55

Aktuator linier elektrik yang digunakan

Aktuator yang digunakan adalah jenis aktuator linier elektrik yang bekerja dengan sistem besi ulir, dapat di analogikan dengan baut mur dimana ketika di putar dapat membuka dan menutup demikian juga dengan aktuator linier elektrik. Lengan aktuator akan membuka (naik) ketika motor di putar kiri dan sebaliknya lengannya akan menutup (Turun) ketika di putar motor diubah menjadi putar kanan. Gerakan ini memungkinkan sistem PLTS 10 KWp bergerak. Aktuator linier pada PLTS 10 kWp UHN Medan terdapat 4 unit, salah satunya seperti pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. 5 Bagian Dalam aktuator (besi ulir lead screw)



Gambar 3. 6 aktuator pada PLTS 10 kWp

Tabel 3. 2 Spesifikasi Aktuator Yang Digunakan

Panjang lengan	2.2 meter
Panjang silinder luar	1,8 meter
Diameter silinder luar	10 cm
Diameter lengan	5 cm
Tipe penggerak	Linier lead screw
sensor	Limit switch
Diameter screw	3 cm

E. VFD (*Variable Frekuensi Drive*)

Variable Frekuensi Drive adalah peralatan yang mengubah frekuensi untuk motor induksi sehingga peputarannya dapat dikontrol sesuai kebutuhan. Pada PLTS 10 kwp terdapat 2 buah VFD yang di gunakan untuk mengendalikan putaran motor. Pertama (VFD 1) untuk motor 1 dan 3 sedangkan kedua (VFD 2) untuk motor 2 dan 4.



Gambar 3. 7 VFD yang di pakai pada PLTS 10 KWp UHN Medan

Tabel 3. 3 Spesifikasi Variable Frekuensi Drive

XSY-AT1	
Model	AT1-1500s
Source	1 Ø 220 VAC
Capacity	4.0 KVA (1,5KW /2 HP)
Output Current	8 A
VER	A03
HZ	50/60

Teknik Analisis Data

Data-data yang terkumpul, dianalisa menggunakan analisis matematis sederhana dengan melakukan perhitungan berdasarkan rumus rumus sederhana yang berlaku dalam mencari besar energy listrik yang digunakan motor induksi tiga fasa sebagai penggerak solar tracking pada PLTS 10 kWp UHN Medan.

Alat dan Pengukuran

Adapun besaran besaran dan Alat ukur yang di pergunakan untuk mendapatkan data dari lapangan pada penelitian ini adalah :

1. Arus dan Tegangan motor : Arus dan tegangan motor perlu di ukur untuk mengetahui seberapa besar arus dan tegangan pada motor mampu menghasilkan gerakan linier pada aktuator, pengukuran ini menggunakan alat ukur *Multitester* dan *clamp meter (Tang Ampere)*.



Gambar 3. 8 Tang ampere dan Multitester

2. Daya : daya motor diukur untuk mengetahui seberapa besar energy listrik yang dikonsumsi motor untuk menghasilkan gerakan linier
3. Sudut kemiringan PLTS.
4. Panjang aktuator diukur untuk mengetahui berapa maksimal bukaan aktuator dan sudut yang dibentuk menggunakan meteran
5. Stop wach mengukur lama pergerakan.

Prosedur penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara menggerakkan sistem PLTS menggunakan android. Hal hal yang diamati adalah pergerakan motor induksi, mengukur arus pada masing masing motor, mengukur tegangan pada motor, mengamati posisi solar sell setiap pergerakan dan mengukur waktu pergerakan dan mengukur panjang bukaan lengan aktuator. Prosedur pengambilan data, yaitu:

- 1) Buka aplikasi Virtuino 6 dari hp android, yang akan di gunakan untuk mengendalikan pergerakan PLTS.
- 2) Arahkan PLTS ke Timur selanjutnya ukur lama pergerakan untuk bergerak mengarahkan ke timur dan mengamati perputaran motor induksi.
- 3) Dari posisi timur gerakkan PLTS langsung ke Barat lalu amati perputaran motor dan waktu yang di perlukan.

- 4) Dari posisi barat kembalikan ke posisi datar (normal) lalu catat waktu yang diperlukan dan mengamati bagaimana perputaran motor.
- 5) Dari posisi normal gerakkan PLTS kearah utara lalu ukur lama pergerakan dan mengamati bagaimana perputaran motor.
- 6) Dari posisi Utara kemudian gerakkan PLTS langsung kearah selatan lalu ukur lama pergerakan dan mengamati pergerakan motor induksi.
- 7) Setelah beberapa uji posisi PLTS dilakukan selanjutnya menghitung energy yang di habiskan motor menggunakan rumus perhitungan.
- 8) Terakhir data yang di peroleh dari lapangan di buat dalam tabel .

Prosedur Mengoperasikan Motor PLTS 10 kWp

Dalam pergerakannya motor induksi di PLTS 10 kWp bisa di lakukan dengan 2 cara yakni: Untuk mengoperasikan Inverter VFD dapat dilakukan dengan mengikuti insruksi seperti dibawah:

- a. ←/DISP : untuk menggeser kursor yang ada ditampilan display
- b. FWD/REV: untuk mengatur putar kanan atau kiri motor induksi
- c. PROG :untuk memasukkan program apabila ingin di oprasikan melalui terminal atau dari tombol panel
- d. ▲/▼ : untuk mengubah nilai angka yang ada di tampilan
- e. FUNC/DATA : untuk menampilkan frekuensi, arus, dan temperature
- f. Run : menjalankan data keluaran Inverter VFD
- g. Stop/Reset: berhenti / reset



Gambar 3. 9 bentuk display dan Tombol tombol pada VFD

1. Dioperasikan secara manual dari Variable Frekuensi Drive

Klik tombol prog pada VFD maka akan tampil P000 pada display VFD kemudian klik tanda panah ke atas 1 kali lalu geser kekiri menggunakan tombol yang arahnya kekiri kemudian klik lagi tombol yang panah ke atas maka tampilan menjadi P011 lalu save maka tampilan menjadi 0000 lalu save setelah itu klik prog maka motor siap dioperasikan manual dari VFD dan untuk mengubah putaran motor tekan tombol FOR /REV arah putaran ditandai dengan lampu indicator maka putaran motor yang berpasangan akan berubah.

2. Dioperasikan manual dari smartphone android

Klik prog pada vfd maka akan tampil P000, kemudian klik panah keatas 1 kali tampilan akan menjadi P001 lalu klik panah kesamping 1 kali kemudian tekan kembali panah ke atas 1 kali maka tampilan menjadi P011 lalu SAVE setelah di save tampilan akan menjadi 0002 lalu SAVE kemudian tekan tombol Prog maka motor siap di Run dari HP.