

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, pengembangan wilayah, dan pembangunan dari tahun ketahun, kebutuhan akan pemenuhan energi listrik dan bahan bakar di Indonesia pun semakin besar. Selama ini kebutuhan energi dunia masih di penuhi oleh sumber daya tidak terbarukan, seperti minyak bumi dan batubara. Namun, tidak selamanya energi tersebut dapat mencukupi seluruh kebutuhan dalam jangka panjang. Di Indonesia sumber energi alternatifnya masih menggunakan energi fosil dalam menghasilkan energi listrik. oleh karena itu kita tahu bahwa sumber minyak dunia akan habis dan tidak mempunyai cara lain untuk men gisi ulang lagi sumber minyak tersebut. Dengan demikian perlu menggunakan alternatif lainnya guna mempertahankan kebutuhan saat ini. Salah satu upaya untuk mencari energi alternatif lainnya adalah dengan menggunakan energi matahari. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber utama energi alternatif bagi pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia sangatlah tepat mengingat letak geografis yang berada di daerah dengan panas matahari yang tersedia sepanjang tahun. Keadaan alam Indonesia sangat relatif sulit dijangkau oleh jaringan listrik terpusat menyebabkan pilihan terhadap energi surya merupakan suatu keharusan (Septiadi, dkk. 2009).

Keunggulan energi matahari ini dibandingkan dengan sumber energi alternatif lainnya adalah matahari itu sendiri bersifat polutif, berlimpah, bersifat terbarukan, dan tidak pernah habis serta tidak menimbulkan polusi sebanyak penggunaan bahan bakar fosil. Energi matahari ini dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik dengan menggunakan solar cell atau potovoltaik. Kemajuan teknologi menjadi sangat umum sekarang ini. Seperti tenaga sell surya adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari dengan menggunakan prinsip efek potovoltaik dan keuntungannya adalah radiasi matahari dapat diperoleh setiap hari secara bebas. Penggunaan sell surya sangatlah luas, sebagai contoh penggunaan yang paling umum di kalkulator dan menggantikan atau membantu fungsi baterai. Selama tersedianya radiasi

matahari, kalkulator dapat berfungsi. Sell surya yang lebih besar juga digunakan untuk menyediakan tenaga untuk lampu lalu lintas, telepon, lampu jalan, rumah, kapal, mobil elektrik tenaga surya yang dapat beroperasi tanpa minyak.

Permasalahan yang ada sekarang ini adalah solar cell dimana kebanyakan solar cell yang terpasang di Indonesia ini kebanyakan masih bersifat statis (diam). Hal ini dapat menyebabkan energi yang diserap oleh solar cell dari cahaya matahari tidak efisien. Oleh karena itu perlu dibuat suatu sistem yang dapat membuat solar cell itu mengikuti atau searah dengan pancaran cahaya matahari sehingga energi yang didapatkan lebih efisien. Maka dalam kesempatan ini penulis mencoba membuat suatu alat solar tracker dalam tugas akhir ini sehingga dapat memungkinkan hasil yang lebih efisien.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana perbedaan efisiensi fotovoltaic yang berbeda besar dayanya.
2. Bagaimana potensi intensitas cahaya matahari yang diterima panel surya dengan system *duoble axis solar tracker* atau panel surya dinamis.
3. Bagaimana daya dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya yang menggunakan system *duoble axis solar tracker* atau sistem panel surya tetap pada saat jam 08.00 -17.00.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Membahas perbandingan kinerja pembangkit listrik tenaga surya untuk panel surya 100Wp dan 120Wp dengan *duoble axis solar tracker*.
2. Menganalisa daya serta luaran lainnya yang dihasilkan panel surya terhadap peletakan posisi panel surya.
3. Pengambilan data 5 hari untuk photovoltaic 100Wp dan 5 hari untuk yang 120Wp dengan interval 10 menit sekali.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini sebagai berikut :

1. Membandingkan kinerja photovoltaic 100Wp dan 120Wp
2. Untuk mendapatkan efisiensi (%)
3. Untuk mendapatkan intensitas cahaya matahari matahari dalam upaya memperoleh besar daya listrik

1.5 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Survey lapangan dan menentukan lokasi penelitian.
2. Studi literatur, yakni berupa studi kepustakaan, kajian dari buku – buku, jurnal terkait dan artikel terkait.
3. Konsultasi, metoda yang dilakukan untuk mendapatkan informasi tambahan yang mendukung desain *duoble axis solar tracker* dari dosen pembimbing.
4. Analisa terstruktur, metoda yang digunakan untuk mendesain sistem *duoble axis solar tracker* dan untuk menganalisa rancangan yang dibuat.
5. Ujicoba, metoda yang digunakan untuk menguji sistem *duoble axis solar tracker* untuk photovoltaic 100Wp dan 120Wp.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari perbandingan photovoltaic 100Wp dan 120Wp dengan menggunakan *duoble axis solar tracker system* pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai informasi awal penggunaan *duoble axis solar tracker* pada panel surya untuk menghemat energi listrik dari bahan bakar fosil serta mengurangi konsumsi bahan bakar minyak terhadap perkembangan industri dan teknologi.
2. Memberikan informasi tentang intensitas cahaya, daya dan tegangan listrik yang didapat dengan menggunakan *duoble axis solar tracker* .
3. Membantu mengurangi pemanasan global dengan menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan.
4. Mengetahui perbandingan efisiensi menggunakan *solar tracker duoble axis* pada fotovoltaiik 100Wp dengan 120Wp.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

3.1 Pengertian Listrik Tenaga Surya

Pembangkit listrik tenaga surya adalah pembangkit listrik yang mengubah energi surya menjadi energi listrik. Pembangkitan listrik bisa dilakukan dengan dua cara, yaitu cara langsung menggunakan fotovoltaik dan secara tidak langsung dengan pemusatan energy surya. Fotovoltaik mengubah secara langsung energi cahaya menjadi listrik menggunakan efek *fotoelektrik* (*Energi Sources: Solar Department Of Energi*).

Sell surya (*photovoltaic*) merupakan pembangkit listrik yang mampu mengkonversi sinar matahari menjadi arus listrik. Energi matahari pada faktanya menjadi suatu sumber energi yang paling menjanjikan dibandingkan dengan energi yang lainnya, satu-satunya alasan hal ini diungkapkan karena sampai saat ini sifat energi matahari berkelanjutan (*sustainable*) serta jumlahnya tidak terbatas (*Hans Tholstrup*).

Solar cell konvensional bekerja menggunakan prinsip p-n *junction*, yaitu *junction* antara semikonduktor tipe-p dan tipe-n. semikonduktor tipe-n mempunyai kelebihan elektron (muatan negatif) sedangkan tipe-p mempunyai kelebihan hole (muatan positif) dalam struktur atomnya. Adanya perbedaan muatan pada sambungan p-n disebut dengan daerah deplesi yang akan mengakibatkan munculnya medan listrik yang mampu menghentikan laju difusi selanjutnya. Medan listrik tersebut mengakibatkan munculnya arus *drift*, yaitu arus yang dihasilkan karena munculnya medan listrik. Akan tetapi, arus ini terimbangi oleh arus difusi sehingga secara keseluruhan tidak ada arus listrik yang mengalir pada semikonduktor sambungan p-n tersebut (*Ady, 2008*).

3.2 *Photovoltaic*

Kata *photovoltaic* terdiri dari dua kata yaitu *photo* dan *volta*. *Photo* berarti cahaya (dari bahasa Yunani yaitu *phos, photos* : cahaya) dan *volta* (berasal dari nama Alessandro Volta seorang fisikawan italia yang hidup antaratahun 1745-1827) yang berarti unit tegangan listrik. Kata *photovoltaic*

biasa disingkat dengan PV. *Photovoltaic* adalah teknologi yang menghasilkan tenaga listrik DC (*directcurrent*) dari bahan semikonduktor ketika terpapar oleh foton. Selama cahaya menyinari *solar cell* (nama untuk individual elemen *photovoltaic*), maka akan menghasilkan tenaga listrik. Ketika tidak ada cahaya, energy listrik juga berhenti dihasilkan.

Sinar matahari memancarkan gelombang dengan panjang gelombang berbeda-beda dari 250 nm sampai dengan 2500 nm berupa *ultraviolet*, *infrared* sampai cahaya tampak. Tidak semua sinar langsung cahaya matahari pada atmosfer sampai kepermukaan bumi. Atmosfer melemahkan banyakbagian spektrum cahaya. Misalnya *x-ray* hampir semuanya diserap sebelum mencapai tanah. Beberapa persen radiasi *ultraviolet* juga disaring oleh atmosfer, beberapa dipantulkan kembali keangkasa dan beberapa bagian lagi tersebar diatmosfer yang membuat langit terlihat biru.

3.2.1 Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja *Fotovoltaic*

Suplai energy surya dari sinar matahari yang diterima oleh permukaan bumi sangat besar yaitu mencapai 3×10 joule pertahun. Jumlah energi sebesar tersebut setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan menutup 0,1 % saja permukaan bumi dengan divais *solar cell* yang memiliki efisiensi 10 % sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini. Cara kerja sell surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel. Sebagaimana diketahui bahwa cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak memiliki 2 buah sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat sebagai partikel yang disebut *photon*. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh Einstein pada tahun 1905.

Energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan kecepatan c dan panjang gelombang dirumuskan dengan persamaan :

$$E = h.f \dots\dots\dots (2.1), \text{Literatur 2, hal. 96}$$

$$E = \frac{h.c}{\lambda} \dots\dots\dots (2.2), \text{Literatur 2, hal. 96}$$

Keterangan :

$$E = \text{Energi photon (eV)}$$

$h = \text{Konstanta Planck} (6,62 \times 10^{-34} \text{ J/s})$

$c = \text{Kecepatan cahaya dalam vakum} (2,998 \times 10^8 \text{ M/s})$

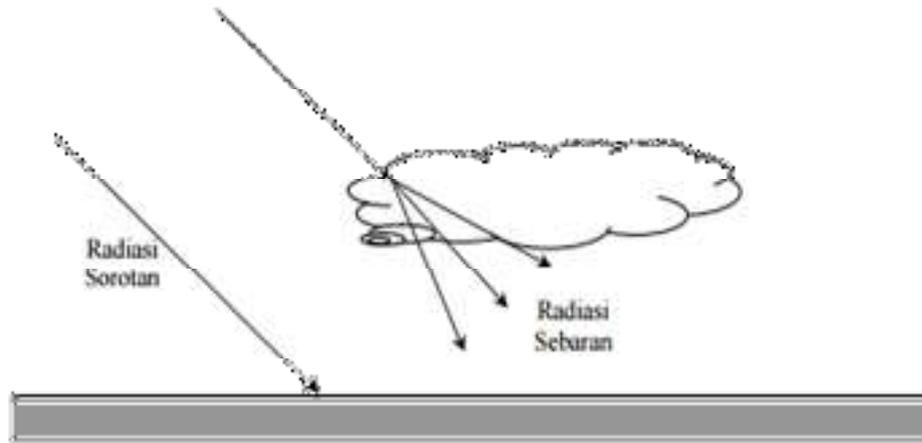
$\lambda = \text{Panjang gelombang (M)}$

$f = \text{Frekuensi (Hz)}$

Persamaan di atas juga menunjukkan bahwa photon dapat dilihat sebagai sebuah partikel energi atau sebagai gelombang dengan panjang gelombang dan frekuensi tertentu. Dengan menggunakan sebuah divais semikonduktor yang memiliki permukaan yang luas dan terdiri dari rangkaian dioda tipe p dan n, cahaya yang datang akan mampu dirubah menjadi energi listrik. Untuk mendapatkan output maksimal dari PV, ada beberapa faktor sangat mempengaruhi yaitu :

1. Radiasi Matahari

Radiasi matahari merupakan pancaran energi yang berasal dari proses *thermonuklir* yang terjadi di matahari, atau dapat dikatakan sumber utama untuk proses-proses fisika atmosfer yang menentukan keadaan cuaca dan iklim di atmosfer bumi. Radiasi surya memegang peranan penting dari berbagai sumber energi lain yang dimanfaatkan manusia. Energi dari matahari tiba di bumi dalam bentuk radiasi elektromagnetik yang mirip dengan gelombang radio tetapi mempunyai kisaran frekuensi yang berbeda. Energi dari matahari tersebut dikenal di Indonesia sebagai energi surya. Energi surya diukur dengan kepadatan daya pada suatu permukaan daerah penerima dan dikatakan sebagai radiasi surya. Rata – rata nilai dari radiasi surya diluar atmosfer bumi adalah 1.353 W/m, dinyatakan sebagai konstanta surya. Total energi yang sampai pada permukaan horizontal di bumi adalah konstanta surya dikurangi radiasi akibat penyerapan dan pemantulan atmosfer sebelum mencapai bumi dan nilai tersebut disebut sebagai radiasi surya global. Radiasi surya global terdiri dari radiasi yang langsung memancar dari matahari (*direct radiation*) dan radiasi sebaran yang dipancarkan oleh molekul gas, debu dan uap air di atmosfer (*diffuse radiation*).



Gambar 2.1 : Radiasi Langsung dan Radiasi Sebaran pada Permukaan Horizontal.

Insolasi surya merupakan intensitas radiasi surya rata-rata yang diterima selama 1 jam, dinyatakan dengan lambing I dan satuan W/m . Nilai insolasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi surya pada kondisi cerah (*clear day*) akan bertambah dari pagi, sejak terbit sampai siang hingga tercapainya kondisi puncak dan turun sampai matahari terbenam pada sore hari. Lama nya matahari bersinar cerah dalam 1 hari dinyatakan sebagai jam surya. Untuk Indonesia, jam surya adalah sekitar 4 – 5 jam per hari. Jumlah intensitas radiasi / insolasi surya yang diterima dalam 1 hari dinyatakan dengan satuan *kilowatt-hours/m* (kwh/m). Produksi energi surya pada suatu area dapat dihitung sebagai berikut

$$\text{Energi surya yang dihasilkan (Watt)} = \text{Insolasi surya (W/m)} \times \text{Luas area (m)}$$

Cahaya dapat dikatakan sebagai sutau bagian yang mutlak dari kehidupan manusia. Untuk mendukung teknik pencahayaan buatan yang benar, perlu diketahui seberapa besar intensitas cahaya yang dibutuhkan pada suatu tempat. Iradiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa range panjang gelombang, mulai dari 300 nm sampai dengan 4 mikron. Sebagian radiasi mengalami refleksi di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*). Kedua radiasi ini yang dipakai untuk mengukur besaran radiasi yang diterima sel surya.

2. Temperatur modul surya

Intensitas cahaya bukanlah satu-satunya parameter eksternal yang memiliki pengaruh penting pada kurva I-V, terdapat juga pengaruh temperatur. Temperatur memiliki peranan penting untuk memprediksi Karakteristik I-V komponen semikonduktor seperti *diode* sensitif terhadap perubahan temperatur, begitu pula dengan sel surya. Secara umum, sebuah modul surya dapat normal (pada temperatur 25 °C). Temperatur memengaruhi persamaan karakteristik dengan 2 cara, yaitu secara langsung melalui T pada bagian eksponensial dan secara tidak langsung, efeknya terjadi pada I_0 . Salah satu parameter solar yang dipengaruhi oleh temperatur adalah tegangan *open circuit* (V_{oc}). Efek meningkatnya temperatur akan mengurangi secara linear nilai tegangan *open circuit*. Besarnya pengurangan ini secara terbalik sebanding terhadap V_{oc} , dan sel dengan nilai V_{oc} yang lebih tinggi, pengurangan nilai tegangannya akan lebih kecil ketika temperatur naik. Arus yang dibangkitkan cahaya meningkat sedikit dengan meningkatnya temperatur, karena meningkatkan jumlah *carrier* yang dihasilkan secara termal dalam *cell*. Setiap kenaikan temperatur modul surya 1 °C (dari 25 °C) akan mengakibatkan berkurang sekitar 0,5 % pada total tenaga (daya) yang dihasilkan. Untuk menghitung besarnya daya yang berkurang pada saat temperatur di sekitar modul surya mengalami kenaikan C dari temperatur standarnya, dipergunakan rumus sebagai berikut (Solarex, 2008):

Pengaruh suhu terhadap output sel surya dapat dilihat dalam rumus dibawah ini:

$$P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} = \frac{0,5 \%}{P \times PMPP \times \text{Kenaikan Temperatur}} (^\circ\text{C}) \dots\dots\dots (2.3), \text{ literatur 2, hal. 104}$$

Dimana :

$P \text{ saat } t \text{ naik } C$ = Daya pada saat temperature naik C dari temperature standarnya.

$PMPP$ = Daya keluaran maksimum modul surya.

Daya keluaran modul surya pada saat temperturnya naik menjadi t C dari temperatur standarnya diperhitungkan dengan rumus sebagai berikut:

PMPP saat naik menjadi $t \text{ } ^\circ\text{C} = \text{PMPP} - P \text{ saat } t \text{ naik } ^\circ\text{C} \dots\dots\dots(2.4)$, Literatur 1, hal.105
PMPP saat naik menjadi $t \text{ } ^\circ\text{C}$ merupakan daya keluaran modul surya pada saat temperatur disekitar modul surya naik menjadi $t \text{ } ^\circ\text{C}$ dari temperatur standarnya.

3. Efek intensitas cahaya matahari

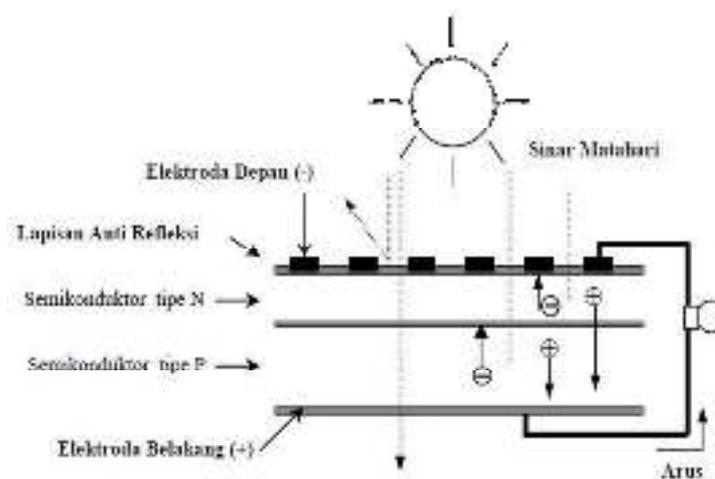
Intensitas cahaya matahari memiliki pengaruh yang penting bagi arus short circuit, tegangan *open circuit*, *fill factor*, efisiensi dan hambatan seri maupun hambatan *shunt*. Intensitas cahaya dapat dinyatakan dalam jumlah matahari, dengan 1 matahari sesuai dengan standar iluminasi pada AM 1.5 atau 1 KW/m. Arus short circuit secara langsung berhubungan dengan jumlah foton yang diserap oleh material semikonduktor dan kemudian sebanding dengan nilai intensitas cahaya, sedangkan tegangan *open circuit* hanya berubah sedikit ketika intensitas cahaya rendah. Intensitas cahaya dapat berbeda setiap hari, hal tersebut menyebabkan energi yang masuk *solar cell* juga akan berubah dengan variasi nilai antar 0 s / d 1 KW / m. Pada cahaya yang rendah, efek resistansi *shunt* akan bertambah. Berkurangnya intensitas cahaya menyebabkan arus yang melewati solar cell berkurang dan nilai resistansi seri hampir sama dengan nilai resistansi *shunt*-nya. Ketika 2 resistansi tersebut hampir sama, total arus yang mengalir melalui resistansi *shunt* bertambah, kemudian akan menambah daya yang hilang karena resistansi *shunt*. Sehingga pada kondisi berawan, *solar cell* dengan resistansi *shunt* yang tinggi dapat menahan daya yang masuk lebih banyak dari *solar cell* dengan resistansi *shunt* yang rendah.

3.3 Panel Surya (*Solar Cell*)

Panel surya merupakan salah satu alat konversi energi dari energi surya menjadi energy listrik. Keluaran dari panel surya menghasilkan tegangan DC. Pada umumnya setiap sel dapat menghasilkan tegangan keluaran 0,5 – 0,6 V. dari hasil surya yang terdiri dari 32 – 36 solar sel dihubungkan secara seri, maka akan menghasilkan kurang lebih 16 V. tegangan ini cukup untuk mengisi accu 12 V. Prinsip dasar dari pembuatan sel surya adalah efek *fotovoltaic*.

Solar cell terbuat dari material semikonduktor yang memiliki ikatan electron lemah yang menempati pita energi yang disebut *valence band*. Ketika energy melebihi ambang batas yang dinamakan bandgap energi diaplikasikan ke elektron valensi, ikatan akan rusak dan beberapa electron bebas untuk bergerak dalam ikatan energy baruyang dinamakan *conductionband* yang dapat menyalurkan listrik melalui material tersebut. Kemudian elektron bebas pada *conduction band* dipisahkan dari *valence band* oleh *band gap* (diukur dalam satuan *elektron volt* atau eV). Energi yang dibutuhkan untuk membebaskan elektron ini dipenuhi oleh foton yang merupakan partikel cahaya. Ketika *solar cell* terpapar cahaya matahari, foton akan menabrak elektron valensi, merusak ikatan dan mendorong mereka ke *conduction band*. Disana terdapat sebuah kontak selektif khusus yang mengumpulkan *conductionband* elektron, menggerakkan electron tersebut kerangkaian eksternal. Elektron akan kehilangan energy mereka dan dikembalikan ke *solar cell* melalui kontak selektif ke dua, yang mengembalikan mereka ke *valenceband* dengan energy yang sama ketika pertama kali. Perpindahan electron pada rangkaian eksternal inilah yang dinamakan sebagai arus listrik.

Parameter *solar cell* yang paling berpengaruh pada kurva karakteristik arus-tegangan yaitu arus hubung singkat dan tegangan hubungan terbuka untuk parameter internal, sedangkan parameter eksternalnya meliputi suhu dan radiasi cahaya matahari.



Gambar 2.2 : Struktur lapisan *solar cell*

Cara kerja sel surya adalah dengan memanfaatkan teori cahaya sebagai partikel, yang mana cahaya baik yang tampak maupun yang tidak tampak mempunyai dua sifat yaitu dapat sebagai gelombang dan dapat pula sebagai partikel yang biasa disebut dengan foton. Penemuan ini pertama kali diungkapkan oleh seorang fisikawan ternama yaitu Einstein tahun 1905. Besarnya energi yang dipancarkan oleh sebuah cahaya dengan panjang gelombang tertentu dapat dicari dengan rumus berikut :

$$\lambda \cdot E = h \cdot c \dots \dots \dots (2.5), \text{ Literatur 2, hal, 81}$$

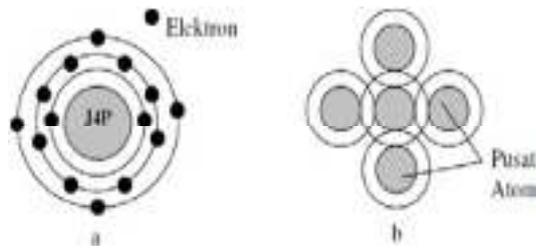
dimana : h = konstanta Plancks (6.62×10^{-34} J.s)

c = kecepatan cahaya dalam vacuum (3×10^8)

E = energy

λ = panjang gelombang cahaya (m)

Sel surya merupakan semikonduktor yang radiasi surya mengenai langsung diubah menjadi energi listrik. Material yang sering digunakan dalam pembuatan sel surya adalah silikon Kristal yang mana dimurnikan hingga satu tingkat yang tinggi. Atom merupakan partikel yang membentuk suatu unsur dan terdiri dari inti bermuatan positif yang biasa disebut proton dan neutron bermuatan 10 netral. Inti atom dikelilingi oleh elektron bermuatan negatif. Sebuah atom silikon terdiri dari sebuah inti yang berisi proton dan dikelilingi oleh 14 elektron yang beredar dalam lintasan tertentu. Jumlah maksimum dari elektron dalam tiap lintasan mengikuti pola $2n^2$, yang mana n adalah nomor lintasan dari atom. Ketika atom-atom silikon bergabung membentuk zat padat, maka atom-atom tersebut akan membentuk suatu polar teratur yang disebut sebagai Kristal. Satu atom silikon mempunyai 4 elektron valensi dan 4 atom tetangga. Setiap atom tetangga memberikan sebuah elektron yang dipakai bersama-sama dengan atom yang berada ditengah. Karena atom yang ditengah mendapatkan tambahan 4 elektron dari tetangga maka jumlah elektron valensi menjadi 8 buah, karena inti atom yang berdekatan memiliki muatan positif akan menarik elektron-elektron yang dipakai bersama sehingga menciptakan gaya yang sama besar akan tetapi berlawanan arah.

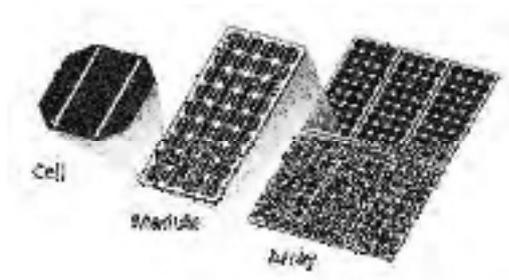


Gambar 2.3 : Ikatan Kovalen Kristal Silikon

Seperti gambar diatas, penarikan dalam arah yang berlawanan ini menyebabkan atom-atom terikat dalam ikatan kovalen (Malvino, 1986).

Berdasarkan sel surya penyusunnya, panel surya dibedakan sebagai berikut :

1. **Monokristal (*Mono-crystalline*)** Merupakan panel surya yang paling efisien. Panel ini memiliki efisiensi sampai 15 %. Kelemahan dari panel jenis ini adalah tidak akan berfungsi baik pada saat sinar matahari kurang melimpah atau mendung, efisiensinya akan turun drastis apabila cuaca berawan.
2. **Polikristal (*Poly-crystalline*)** Untuk jenis sel surya yang satu ini memiliki susunan Kristal yang acak karena difabrikasi dengan proses pengecoran. Tipe ini membutuhkan luas permukaan yang lebih luas untuk mendapatkan daya yang sama dibandingkan dengan jenis monokristalin. Efisiensi yang dihasilkan lebih rendah dibandingkan dengan monokristalin
3. **Silikon amorphouse (a-Si)** digunakan untuk bahan baku panel sel surya untuk kalkulator pada waktu tertentu. Kinerja dari amorphouse lebih rendah dibandingkan sel surya c-Si yang merupakan Kristal tradisional, namun tidak terlalu penting dalam kalkulator yang menggunakan tenaga yang sangat minim. Perkembangan pada teknik a-Si saat ini membuat mereka menjadi lebih efektif untuk area yang lebih luas yang digunakan sel surya. Efisiensi tinggi dapat diperoleh ketika penyusunan beberapa layar sel a-Si yang tipis dibagian atas satu sama lain, setiap rangkaian diatur untuk bekerja pada frekuensi cahaya tertentu. Untuk produksi skala besar, keuntungannya bukan pada efisiensi melainkan untung pada biaya. Sel a-Si menggunakan sekitar 1 % silikon daripada sel c-Si dengan biaya silikon merupakan faktor terbesar dalam biaya produksi sel.

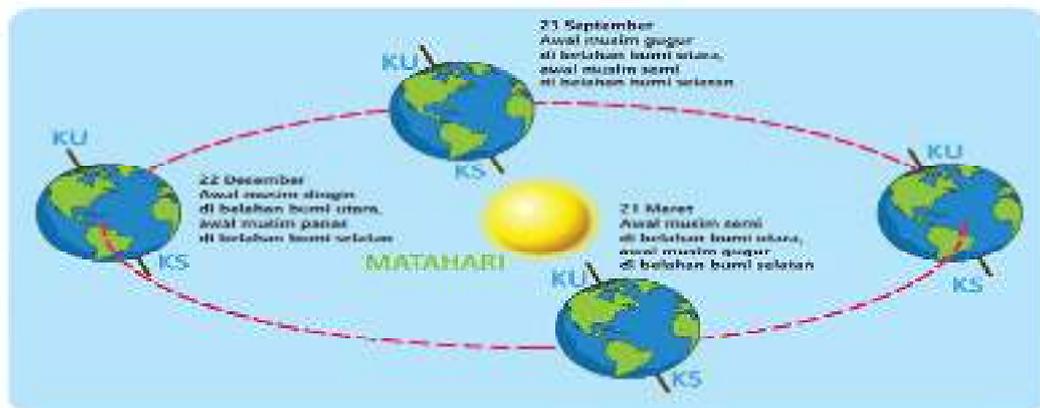


Gambar 2.4 : Perbedaan *cell*, *module* dan *array* .

Sumber (ETAP 2016).

3.3.1 Posisi panel surya terhadap pergerakan matahari

Pada panel surya perlu diketahui pergerakan / rotasi bumi terhadap matahari yang mempunyai poros miring. Poros miring tersebut yang menyebabkan arah sinar bisa berubah. Berikut gambar bumi mengitari matahari yang mana posisi bumi berotasi dengan poros yang miring.



Gambar 2.5 : Rotasi Bumi terhadap Matahari

Efisiensi maksimum modul surya akan meningkat jika sudutnya saat terjadi sinar matahari selalu berada pada saat sudut 90. Pada kenyataannya peristiwa dari radiasi matahari bervariasi berdasarkan pada garis lintang (*latitude*) dan deklinasi matahari. Fakta yang lain bahwa poros rotasi bumi memiliki kemiringan 23,45 terhadap bidang dari orbit bumi oleh matahari, sehingga pada garis lintang tertentu tinggi dari matahari pada langit bervariasi setiap harinya.

Untuk mengetahui ketinggian maksimum (dalam derajat) ketika matahari mencapai langit (α), secara mudah dengan menggunakan rumus berikut:

$$\alpha = 90^\circ - \text{lat} - \delta \text{ (Nhemisphere).....(2.6),Literatur 2, hal. 107}$$

$$\alpha = 90^\circ + \text{lat} - \delta \text{ (Shemisphere).....(2.7),Literatur 2,hal. 107}$$

Sedangkan sudut yang harus dibentuk oleh modul surya terhadap permukaan bumi (β), dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

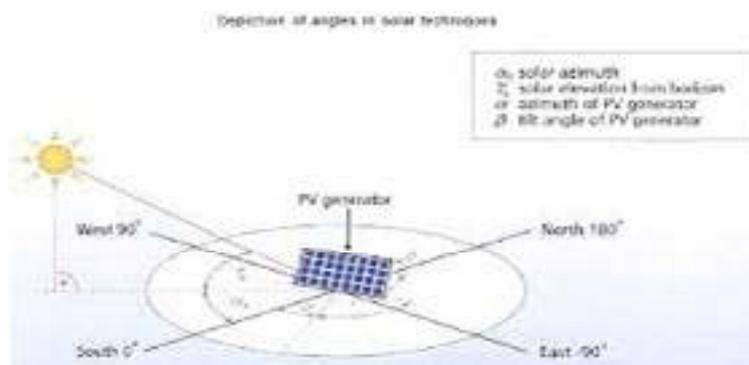
$$\beta = 90^\circ - \alpha \text{(2.8),Literatur 2, hal. 107}$$

Keterangan:

Lat: garis lintang (*latitude*) lokasi instalasi panel surya terpasang (dalam satuan derajat)

δ : sudut dari deklinasi matahari [23,34°]

Apabila sudut dari ketinggian maksimum matahari diketahui, maka sudut kemiringan dari panel surya juga dapat diketahui. Tidak hanya cukup diketahui ketinggian maksimum matahari saja untuk menentukan orientasi yang optimal dari panel surya. Orientasi dari panel surya dapat di indikasikan dengan dengan sudut asimut (*azimuth angle*) pada devasi terhadap arah optimum dari selatan (untuk lokasi di belahan bumi utara), atau dari utara (untuk lokasi di belahan bumi selatan). Nilai positif dari sudut *azimuth* menunjukkan orientasi ke barat, sebaliknya nilai negatif menunjukkan orientasi ke timur.



Gambar 2.6 : Kombinasi inklinasi dan orientasi menentukan eksposisi panel

2.4 Sistem *Tracking* Cahaya Matahari

Sistem *tracking* cahaya matahari adalah sebuah kesatuan komponen atau elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mengontrol posisi alat sistem *tracking* dengan tujuan mengusahakan permukaan modul *solar cell* selalu menghadap arah datangnya cahaya matahari. Sistem *tracking* cahaya matahari ada beberapa jenis dan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria. Klasifikasi pertama dapat dibuat berdasarkan jumlah sumbu putaran.

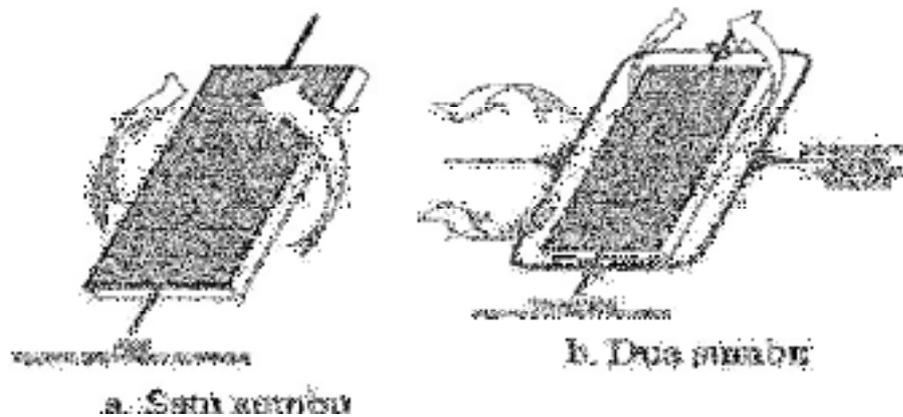


Gambar 2.7 : Tipe *solartracking* berdasarkan sumbu putaran
(Sumber INVOTEK)

Pada klasifikasi ini sistem *tracking* cahaya matahari dibedakan menjadi dua yaitu satu sumbu dan dua sumbu. Sistem *tracking* satu sumbu adalah metode dimana modul *solar cell* menjejak cahaya matahari dari timur ke barat menggunakan satu titik poros, sedangkan sistem *tracking* dua sumbu menggunakan dua titik poros untuk menjejak cahaya matahari dari timur ke barat dan dari utara keselatan. Sistem *tracking* satu sumbu terbagi lagi menjadi tiga jenis yaitu sumbu vertikal, sumbu horizontal dan sumbu miring. Sedangkan sistem *tracking* dua sumbu ada dua jenis yaitu *azimuth-elevation* dan *tilt-roll*.

Klasifikasi lain dari sistem *tracking* cahaya matahari dapat dibuat berdasarkan tipe orientasi. Berdasarkan kriteria ini kita dapat mengidentifikasi sistem *tracking* cahaya matahari berdasarkan pada lintasan matahari yang

telah dihitung sebelumnya dan *orientation-line* yang bereaksi terhadap cahaya matahari secara langsung.

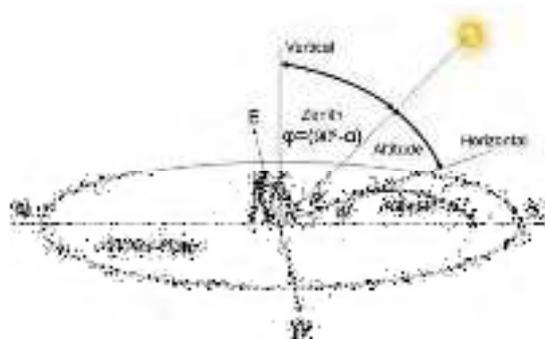


Gambar 2.8 : Sistem *tracking* satu sumbu dan dua sumbu
(Sumber INVOTEK)

Dalam penelitian ini digunakan sistem *tracking* dua sumbu karena sistem *tracking* cahaya matahari mempunyai bagian penggerak dan sistem control yang memerlukan biaya tinggi, maka sistem *tracking* dua sumbu menjadi solusi terbaik untuk *solar cell* berukuran kecil.

2.5. Double Axis

Sistem *double axis* berfungsi untuk merubah posisi panel surya menyesuaikan dengan sudut azimuth dan sudut zenith matahari. Posisi matahari menggunakan sistem koordinat horizontal di bumi dengan ditentukan oleh sudut altitude / elevasi, sudut azimuth dan sudut zenith.



Gambar 2.9 : Sudut *azimuth*, *zenit*, dan *altitude*
Sumber : (Github, 2016)

Sudut elevasi atau *altitude* adalah sudut yang terbentuk dari garis horizontal bumi ke atas (langit). Sudut *azimuth* adalah sudut yang terbentuk searah jarum jam dan diukur mulai dari utara bumi (0 derajat).



Gambar 2.10 : Rangka *Double Axis* (Dua Sumbu)

2.6 Solar Tracker

Sistem kendali *tracking* sinar matahari merupakan salah satu pengembangan teknologi dalam rangka konservasi energy dengan memanfaatkan energi matahari. Sistem kendali *tracking* dibuat untuk diterapkan lebih lanjut pada sebuah perangkat panel surya sebagai alat pengumpul energi matahari sehingga posisi panel surya dinamis. (As Habul Kahfi, dkk.2015).

Solar tracking merupakan rangkaian kontrol yang mampu mendeteksi dan mengikuti arah matahari agar *solar cell* selalu tegak lurus dengan matahari supaya intensitas cahaya matahari yang diterima sel surya optimum dengan cara mengatur gerakan motor. Prinsip sistem kendali ini adalah menjejak pergerakan sinar matahari dari matahari terbit sampai tenggelam agar panel selalu tegak lurus dengan matahari sehingga jumlah sinar yang diperoleh maksimal dan menghasilkan daya yang maksimal juga.

2.7 Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung didalam sebuah chip. *Mikrokontroler* berbeda dari *mikroprosesor* serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena didalam sebuah *mikrokontroler* umumnya

juga telah telah berisi komponen pendukung sistem minimal *mikroprosesor*, yakni memori dan antarmuka I/O, sedangkan didalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja (Wikipedia 2015).

Adapun *mikrokontroler* yang dipakai peneliti adalah *mikrokontroler* jenis Arduino Uno sebagai pengontrol elektronik untuk membaca dan menulis data untuk tersambung ke komputer sebagai berikut.

1. *Arduino Uno*

Arduino uno adalah *board mikrokontroller* yang dengan *mikrokontroller* jenis AVR ATmega 328.*Arduino uno* merupakan perangkat *hardware* open source(OSH – *Open source Hardware*). *Arduino* sebagai sebagai perangkat hardware open source berarti siapapun memiliki kebebasan untuk dapat membuat dan mengembangkan arduino sendiri.*Mikrokontroller Arduino* dapat dipasangkan dengan bermacam-macam sensor dan aktuator lainnya. Adapun sensor dan aktuator yang dapat dipasangkan pada arduino seperti sensor gerak, *ultrasonic*, panas, suara, *Ethernet shield*, LED Display dan yang lainnya.(Margelis,2011).

Software open source ini digunakan untuk menulis kode pemrograman, *debug error*, dan *upload* program pada *mikrokontroller board Arduino*. *Arduino* mendukung perangkat *mikrokontroller* yang dapat dihubungkan dengan *computer* menggunakan kabel USB sebagai *loader* dan *port* komunikasi serial.



Gambar 2.11 : *Arduino Uno*

2. Perangkat pendukung

a. Motor Servo

Motor Servo merupakan perangkat atau *actuator* putar (motor) yang mampu bekerja dua arah (*Clockwise dan Counter Clockwise*) dan dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi pada motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (*axis*) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada didalam motor servo. Motor ini sangat kompleks karena disusun dari *gearbox*, motor dc, variable resistor dan sistem kendali, sehingga nilai ekonomis dari motor ini juga sangat tinggi dibandingkan motor dc yang lain yg ukurannya sama. Potensiometer sebagai penentu batas maksimal dari putaran sumbu motor servo sedangkan arah putaran dan sudut dari sumbu motor servo dapat diatur berdasarkan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM(*Pulse Width Modulation*) pada pin kendali motor servo (Maulana, 2014)



Gambar 2.12 : Motor Servo

b. Power Supplay

Power supplay sebagai alat atau perangkat keras yang mampu menyuplai tenaga atau tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik yang lainnya. *Power supply* biasanya digunakan untuk komputer sebagai penghantar tegangan listrik secara langsung kepada komponen-komponen atau perangkat keras lainnya yang ada dikomputer tersebut, seperti *hardisk*, kipas, *motherboard* dan lain sebagainya. *Power supply* memiliki input dari tegangan yang berarus *alternating current* (AC) dan mengubahnya menjadi arus *direct current* (DC) lalu menyalurkannya ke berbagai perangkat keras yang ada

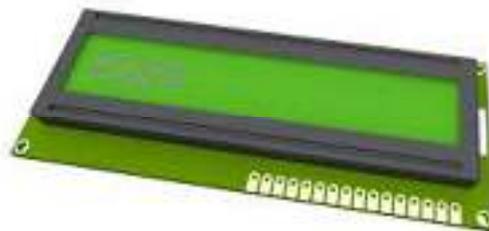
dikomputer kita. Karena memang arus *direct current* (DC)-lah yang dibutuhkan untuk perangkat keras agar dapat beroperasi, *direct current* biasa disebut juga sebagai arus yang searah sedangkan *alternating current* merupakan arus yang berlawanan (Tampubolon, 2010).



Gambar 2.13 : *Power Supplay*

c. *Liquid Crystal Display* (LCD)

Liquid Crystal Display (LCD) adalah yang biasa digunakan untuk menampilkan suatu simbol, angka maupun huruf. *Liquid Crystal Display* (LCD) terdiri dari beberapa pin yang berfungsi untuk pengontrolan pemakaiannya. *Liquid Crystal Display* (LCD) yang digunakan pada alat ini adalah M1632 atau enam belas karakter dengan dua baris (Erlangga, 2011).



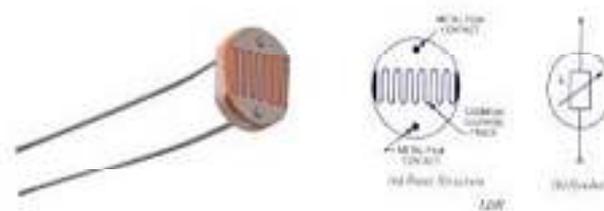
Gambar 2.14 : *Liquid Crystal Display* (LCD)

d. *Light Dependen Resistor* (LDR)

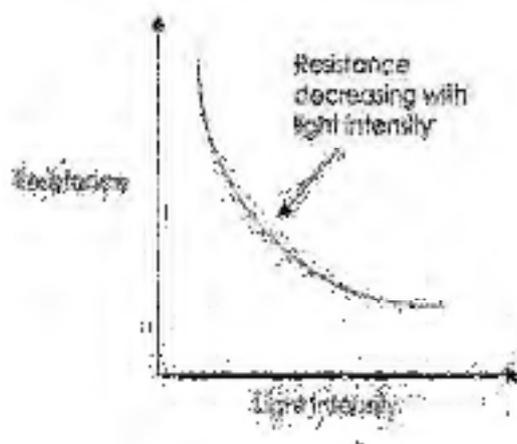
Light Dependen Resistor (LDR) adalah jenis *resistor* yang biasa digunakan sebagai detektor cahaya atau pengukur besaran konversi cahaya. *Light Dependen*

Resistor (LDR), terdiri dari sebuah cakram semikonduktor yang mempunyai dua buah elektroda pada permukaanya.

Fungsi dari LDR adalah untuk menghantarkan arus listrik ketika kondisi cahaya terang dan akan menghambat arus ketika kondisi cahaya kurang/gelap. Dengan kecilnya nilai hambatan LDR pada saat intensitas cahaya tinggi, maka tegangan yang melalui LDR akan tinggi. Dan sebaliknya, jika intensitas cahaya rendah maka nilai hambatan dari LDR akan tinggi dan menyebabkan tegangan yang melewati LDR akan kecil. Pada umumnya, nilai hambatan LDR akan mencapai 200 Kilo Ohm($k\Omega$) pada kondisi gelap dan menurun menjadi 500 Ohm (Ω) pada Kondisi Cahaya Terang.



Gambar 2.15 : *Light Dependen Resistor* (LDR)



Gambar 2.16 : Kurva pengaruh intensitaas cahaya terhadap LDR.

Sumber : (zoniaelektro.net/,2014).

2.8 Teori Efisiensi Sell Surya

Kemampuan sel surya yang dapat menghasilkan energi listrik tentu berkaitan dengan teknologi *fotovoltaik* yang mampu menyerang gelombang elektromagnetik. Pada dasarnya prinsip sel surya ini berkebalikan dengan prinsip kerja LED (light Emitting Diode) yang mengubah energi listrik menjadi energi cahaya (Purnama, Ajeng, 2014). Kemampuan keseluruhan dari kekuatan mcSi sel surya bergantung pada parameter lingkungan misalnya intensitas cahaya, besarnya sudut datang sinar matahari, dan temperatur sel. Meskipun parameter dari fotovoltaik misalnya saja *open-circuit voltage*, *short circuit current*, *maximum output power*, *fill factor*, dan efisiensi secara mendasar menjadi hal yang mempengaruhi intensitas cahaya (Chander, 2015). Umumnya efisiensi dari sel surya digunakan sebagai parameter untuk membandingkan kinerja dari suatu sel surya terhadap sel surya lain dengan perlakuan yang serupa.

Keluaran dari panel surya menghasilkan tegangan DC. Daya input dari panel surya adalah intensitas cahaya matahari (W/m^2) dan luas penampang panel surya (m^2). Untuk menentukan daya input panel surya dapat digunakan rumus dari persamaan berikut:

$$P_{in} = I_{rad} \times A \dots \dots \dots (2.9), \text{ Literatur 19, Hal. 80}$$

Keterangan:

P_{in} = Daya yang masuk pada panel surya (W)

I_{rad} = Intensitas cahaya matahari (W/m^2)

A = Luas penampang panel surya (m^2)

Sedangkan output dari panel surya adalah arus dan tegangan. Untuk menentukan daya output dari panel surya digunakan rumus dari persamaan berikut:

$$P_{out} = V_{PV} \times I_{PV} \dots \dots \dots (2.10), \text{ Literatur 19, Hal. 80}$$

Keterangan:

P_{out} = Daya yang keluar pada panel surya (W)

V_{PV} = Tegangan panel surya (V)

I_{PV} = Arus keluar panel surya (A)

Efisiensi konversi daya dari modul surya adalah pada suhu tertentu tergantung pada tegangan sirkuit terbuka, arus sirkuit pendek dan kepadatan, dan faktor bentuk dikerahkan oleh modul surya. Efisiensi modul surya sebagai fungsi arus hubungan pendek, tegangan sirkuit terbuka, faktor pengisian, dan daya masukan. Dari spectrum matahari dapat dihitung dengan menggunakan ekspresi berikut :

$$\eta_{\text{mod}} = I_{\text{sc}} \times V_{\text{oc}} \times FF / P_{\text{in}} \dots \dots \dots (2.11), \text{ Literatur 10, Hal.139}$$

Keterangan :

- η = Efisiensi modul surya
- P_{in} = Daya Masuk
- V_{oc} = Open Circuit Voltage
- I_{sc} = Short Circuit Current

Kerapatan daya output maksimum dari sel surya adalah fungsi densitas arus pendek, tegangan sirkuit terbuka, Faktor bentuk dan dapat diberikan sebagai,

$$P_{\text{max}} = J_{\text{sc}} \times V_{\text{oc}} \times FF \text{ (W/cm)} \dots \dots \dots (2.12), \text{ Literatur 10, Hal.142}$$

Keterangan :

- J_{sc} = Densitas arus Pendek
- V_{oc} = Tegangan sirkuit terbuka
- FF = Faktor bentuk

2.9 Teori Dasar Intensitas Radiasi Matahari

Matahari merupakan kendali cuaca serta iklim yang sangat penting dan sebagai sumber energi utama di bumi yang menggerakkan udara dan arus laut. Energi matahari diradiasikan ke segala arah, sebagian hilang ke alam semesta, dan hanya sebagian kecil saja yang dapat diterima bumi. Bumi berevolusi mengelilingi matahari pada jarak rata-rata 93 juta mil. Orbit bumi berbentuk elips dengan eksentrisitas sangat kecil (0,017), ini berarti orbit bumi hampir berbentuk lingkaran. Jarak matahari-bumi yang terdekat disebut perihelion, terjadi pada tanggal 4 Januari dengan jarak 91,5 juta mil, dan jarak matahari-bumi yang terjauh disebut aphelion terjadi pada tanggal 5 Juli dengan jarak 94,5 juta mil (Tjasyono,2004:12).

Radiasi adalah suatu bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang mempunyai suhu di atas nol mutlak dan merupakan satu-satunya bentuk energi

yang dapat menjalar di dalam vakum angkasa luar. Radiasi matahari merupakan gelombang elektromagnetik yang terdiri atas medan listrik dan medan magnet. Matahari setiap menit memancarkan energi sebesar 56×10^{26} kalori. Dari energi ini bumi menerima $2,55 \times 10^{18}$ kalori atau hanya $\frac{1}{2} \times 10^9$ nya (Prawirowardoyo, 1996:32).

Radiasi matahari yang jatuh ke bumi disebut insolasi. Insolasi adalah penerimaan energi matahari oleh permukaan bumi, bentuknya adalah sinar-sinar gelombang pendek yang menerobos atmosfer. Radiasi matahari menjalar di dalam angkasa luar tanpa kehilangan energi, intensitasnya berkurang berbanding terbalik dengan kuadrat jarak dari matahari. Jumlah energi matahari rata-rata yang jatuh pada puncak atmosfer tiap satuan luas (1 cm^2) tegak lurus pada sinar matahari tiap menit, yaitu 2,0 kalori (Prawirowardoyo, 1996:34). Radiasi yang dipancarkan matahari diterima permukaan bumi sangat kecil, tetapi bagi bumi, radiasi matahari merupakan energi utama proses-proses fisika atmosfer. Lama penyinaran matahari dalam periode harian adalah variasi dari bulan ke bulan berikutnya, hal ini juga banyak mempengaruhi intensitas total radiasi matahari seperti yang diketahui sbahwa radiasi matahari yang dipancarkan adalah berbentuk energi, dan energi ini digunakan untuk memanaskan bumi, oleh karena itu ukuran panas bumi merupakan ukuran besarnya energi matahari yang diterima permukaan bumi.

2.10. Daya Dan Efisiensi

Sebelum mengetahui daya sesaat yang dihasilkan kita harus mengetahui energi yang diterima, dimana energi tersebut adalah perkalian intensitas radiasi yang diterima dengan luasan dengan persamaan :

$$E = I_r \times A \dots\dots\dots(2.13), \text{ Literatur 19, Hal.80}$$

dimana :

$$I_r = \text{Intensitas radiasi matahari (W/m}^2\text{)}$$

$$A = \text{Luas permukaan (m}^2\text{)}$$

Sedangkan untuk besarnya daya sesaat yaitu perkalian tegangan dan arus yang dihasilkan oleh sel fotovoltaik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = V \times I \dots\dots\dots(2.14), \text{ Literatur 19, Hal.80}$$

dimana :

P = Daya (Watt),

V = Beda potensial (Volt)

I = Arus (Ampere)

Radiasi surya yang mengenai sel fotovoltaik dengan menggunakan alat pyranometer adalah dalam satuan mV sehingga harus dikonversikan menjadi W/m² , persamaan yang digunakan adalah :

$$I_r = \frac{I_r (mV)}{21,13} \times 1000 \text{ (W/m}^2) \dots\dots\dots(2.15), \text{ Literatur 19, Hal.80}$$

Efisiensi yang terjadi pada sel surya adalah merupakan perbandingan daya yang dapat dibangkitkan oleh sel surya dengan energi input yang diperoleh dari sinar matahari. Efisiensi yang digunakan adalah efisiensi sesaat pada pengambilan data.

$$\eta = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.16), \text{ Literatur 19, Hal.80}$$

Sehingga efisiensi yang dihasilkan :

$$\eta_{\text{sesaat}} = \frac{P}{I_r \times A} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.17), \text{ Literatur 19, Hal.80}$$

dimana:

η = Efisiensi (%)

I_r = Intensitas radiasi matahari (Watt/m²)

P = Daya listrik (Watt)

A = Luasan sel surya (m²)

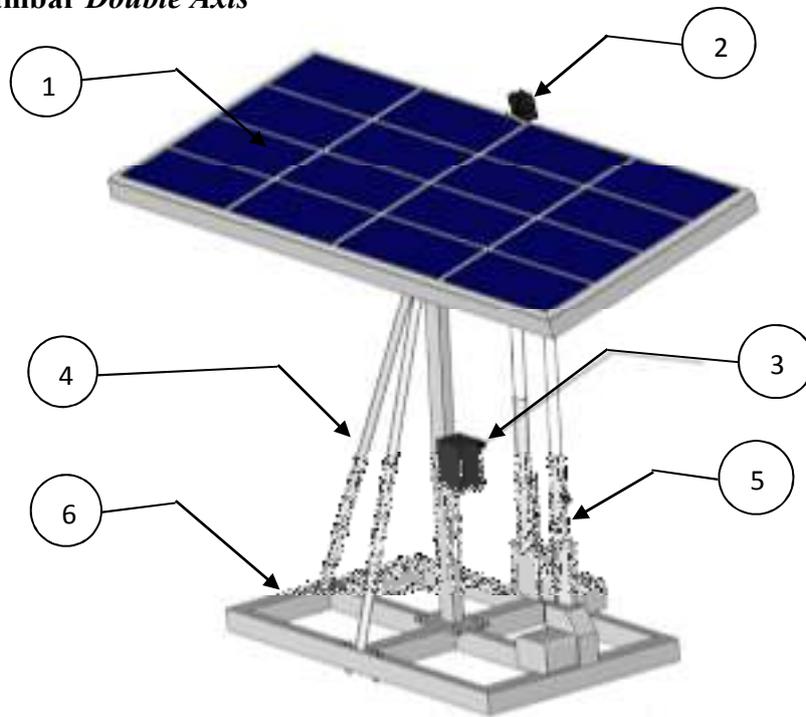
Apabila pengguna menginginkan tegangan maupun arus yang lebih besar, maka panel solar cell dapat dirangkai secara seri atau paralel maupun kombinasi keduanya. Bila panel dirangkai seri maka tegangan yang naik tetapi bila dirangkai paralel maka arus yang naik.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian pengujian *Double Axis Solar Tracher* berlangsung pada bulan Febuari – Maret 2022 berlangsung di lantai 2 gedung Work Shop dan pengembangan Universitas HKBP Nommensen Medan. Posisi koordinat lokasi penelitian terletak pada $3^{\circ}35'49.5''$ LU $98^{\circ}40'52.5''$ BT.

3.2 Gambar *Double Axis*



Gambar 3.1 : *Double axis*

Keterangan :

1. *Photovoltaic* 100Wp dan 120Wp
2. Sensor
3. *Controller*
4. Tiang Penyangga
5. Axis
6. Landasan

Sistem tracking cahaya matahari adalah sebuah kesatuan komponen atau elemen yang digabungkan menjadi satu untuk mengontrol posisi alat sistem tracking dengan tujuan mengusahakan permukaan modul solar cell selalu menghadap arah datangnya cahaya matahari. Sistem tracking cahaya matahari ada beberapa jenis dan dapat diklasifikasikan berdasarkan beberapa kriteria (Tudorache, T., & Kreindler, L. (2010).). Klasifikasi pertama dapat dibuat berdasarkan jumlah sumbu putaran.

3.3 Alat teknis untuk mengukur

3.3.1 Kabel *output*

Kabel output berfungsi untuk menyambungkan *controller* dengan laptop pada saat pengambilan data / *record* data.



Gambar 3.2 : Kabel *output*

3.3.2 *Controller*

Controller berfungsi mengendalikan kinerja alat yang dapat di kendalikan secara otomatis dan secara manual. Dan juga dapat mentrasfer data hasil *record* data ke laptop.



Gambar 3.3 : *Controller*.

3.3.3 Kabel linear motor

Kabel linear motor berfungsi untuk menyambung axis ke *controller* supaya axis bisa digerakan secara manual dan juga otomatis.



Gambar 3.4 : Kabel linear motor.

3.3.4 Power controller

Power *controller* berfungsi untuk menghidupkan atau mematikan *controller* dan kinerja alat.



Gambar 3.5 : Power controller.

3.3.5 Software GUI Solar tracker V2.1.exe

Software GUI Solar Tracker V2.1.exe berfungsi sebagai aplikasi yang me-*record* data hasil pengujian dari *controller* ke laptop yang langsung di olah menjadi data exel.



Gambar 3.6 : *SoftwareGUI Solar Tracker V2.1.exe*

3.3.6 Laptop atau PC

Laptop atau PC berfungsi untuk mengoperasikan *Software GUI Solar Tracker V2.1.exe* untuk me-record data dan juga untuk mengolah hasil record yang telah langsung otomatis ke excel.



Gambar 3.7 : Laptop atau PC.

3.4 Cara Pengoprasian

3.4.1 Wiring (Pemasangan Kabel)

1. Pada kontroler terdapat beberapa terminal *block* yang harus di sambungkan dengan kabel kabel dari komponen yang ada di alat.
2. Untuk terminal *block IN* tersambung dengan kabel out put dari solar panel, Sambungkan kabel *ouput* dari *solar cell* ke *controller*. Pastikan kabel tidak terbalik (Kabel *output* positif terpasang pada terminal *IN* positif dan kabel *output* negatif terpasang pada terminal *IN* negatif) jika pemasangan kabel terbalik akan merusak *controller*.

3. Untuk terminal *block OUT* dapat disambungkan dengan beban atau MPPT (*controler* untuk proses charging baterai).



Gambar 3.8 : Terminal *IN* dan *OUT* Pada *Controller*

4. Kemudian Pasang kabel linear motor pada *controller*. Pasang Kabel linear motor sesuai dengan *axis* dari sensor. Untuk terminal *block* MOTOR X disambungkan dengan kabel motor linear pada *axis-x*, dan untuk terminal *block* MOTOR Y disambungkan dengan kabel motor linear pada *axis-y*.



3.9. Terminal Motor X dan Y untuk *Axis*

3.4.2. Cara *install software GUI Solar Tracker V2.1.exe*

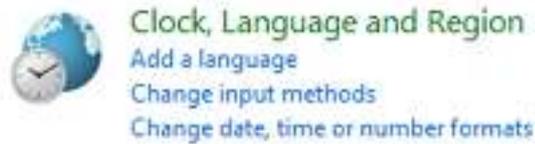
1. Proses instalasi GUI pada laptop atau komputer dilakukan sekali disaat awal. Untuk penggunaan GUI selanjutnya tidak perlu melakukan proses instalasi lagi.
2. Untuk melakukan instalasi GUI perlu dilakukan instalasi file-file pendukung GUI antara lain *Labview Runtime Engine 2017*, *NI VISA Runtime*, dan *Driver CH340*.
3. Atur number format laptop atau komputer agar yang ter-*record* nantinya tidak rusak.

4. Buka *control panel*



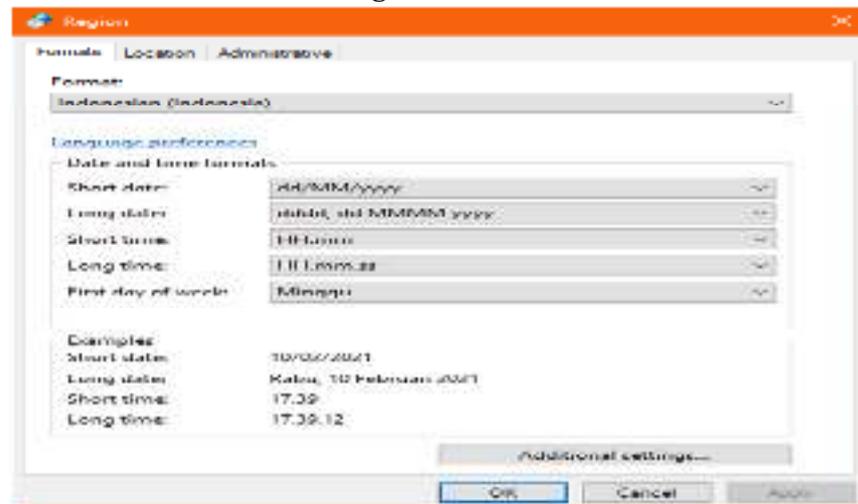
Gambar 3.10 : *Control Panel*

5. Kemudian klik *Change date, time or number formats*



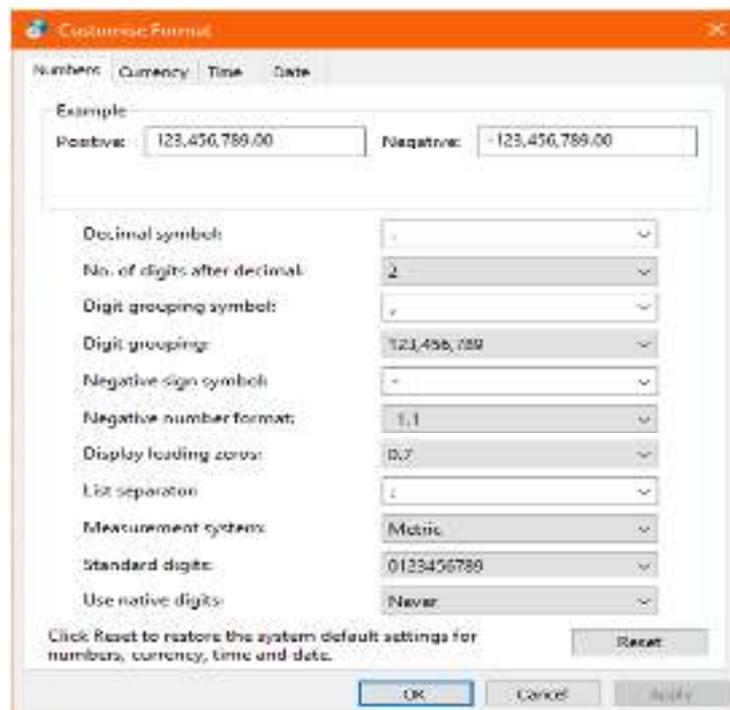
Gambar 3.11 : *Change date, time or number formats*

6. Kemudian klik *Additional settings*



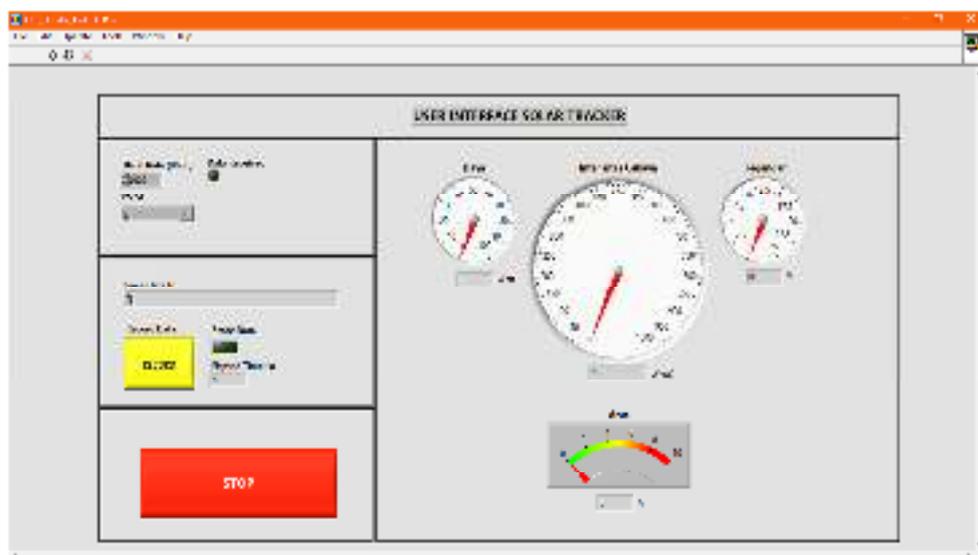
Gambar 3.12 : *Region*

7. Kemudian ubah parameter number format laptop atau komputer sesuai dengan gambar berikut



Gambar 3.13 : *costumise format*

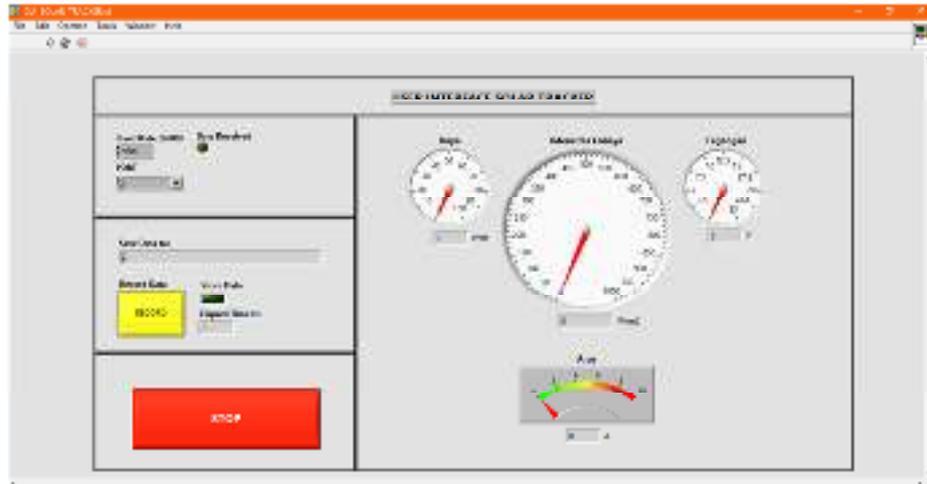
8. Setelah parameter terganti kemudian klik **OK**.
9. Setelah semua file pendukung terinstall. Buka file ***GUI Solar TrackerV2.1.exe***.



Gambar 3.14 : *GUI_Solar_Tracker_V2.1.exe*

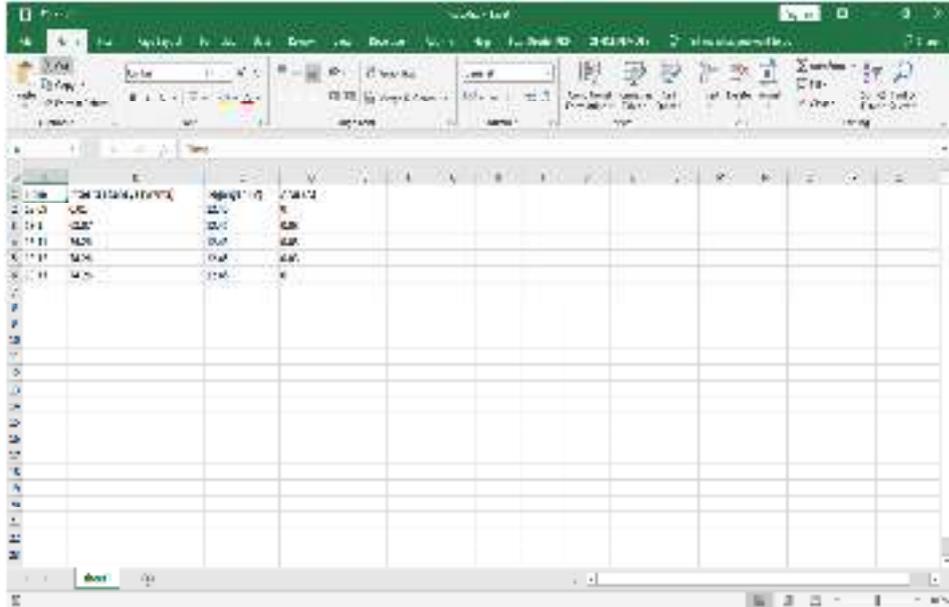
3.4.3. Cara Pengoperasian GUI dan Record Data.

1. Untuk pengoperasian GUI *solar tracker V2.1 exe*. Langkah pertama yaitu sambungkan Laptop/komputer dengan *controller* menggunakan kabel *output/USB*.
2. Kemudian buka file ***GUI_Solar_Tracker_V2.1.exe***.



Gambar 3.15 : *GUI_Solar_Tracker_V2.1.exe*

3. Pilih PORT dari *controller* yang terhubung dengan laptop atau komputer.
4. Kemudian klik **Run**  untuk mulai mengoperasikan GUI *solar tracker*.
5. Untuk melakukan *record* data klik **RECORD** saat GUI beroperasi.
6. Kemudian pilih lokasi penyimpanan file *data logger* dan set nama file *data logger*.
7. Tombol **RECORD** akan berubah menjadi **RECORDING** dan berwarna hijau saat proses *Data logging* berlangsung.
8. File *data logger* yang ter-*record* berupa file *excel* (.xlsx).
9. Data akan ter-*record* setiap 1 menit.
10. Berikut adalah hasil data yang ter-*record*.



Gambar3.16 : Bentuk Data Yang Ter-record.

11. Jika selesai melakukan record data klik tombol **RECORDING** hingga berubah menjadi warna kuning.
12. Kemudian untuk menghentikan GUI yaitu dengan cara menekan tombol **STOP**.

3.4.4. Setting Parameter Dari controller

1. Untuk mengatur parameter dari *Controller* dapat dilakukan melalui tombol yang ada pada *controller*.



Gambar 3.17 : Tombol Yang Ada Pada controller.

2. Ada 4 menu utama pada kontroler yaitu, *AUTO*, *MANUAL*, *MOTOR*, dan *SETTING*.



Gambar 3.18 : Menu pada *controller*

3. Untuk menjalankan secara otomatis yaitu dengan memilih menu *AUTO*, kemudian tekan tombol *enter*.
4. Untuk menjalankan secara manual yaitu dengan cara memilih menu *MANUAL*, kemudian pilih axis yang akan di gerakkan (*X-AXIS* atau *Y-AXIS*) dengan menggunakan tombol kursor + atau kursor -. Kemudian tekan tombol *enter*.



Gambar 3.19 : *Manual X- axis dan Y-axis*

5. Kemudian untuk menggerakkan motor kearah atas tekan tombol kursor +, dan untuk menggerakkan motor kearah bawah tekan tombol kursor -.
6. Untuk kembali ke menu sebelumnya yaitu dengan cara menekan tombol *back*.
7. Untuk menu *MODE* berfungsi untuk mengatur mode yang digunakan yaitu *single axis* atau *double axis*.



3.20 : Mode 1 axis dan 2 axis

8. Untuk menu *SETTING* terdapat 2 menu untuk mengatur PID dan *SENSOR_OFFSET*.



Gambar 3.21 : Menu PID dan *Sensor offset*.

9. Untuk menu PID berfungsi untuk mengkonfigurasi konstanta kontrol PID pada solar tracker.
10. Untuk menu *SENSOR_OFFSET* berfungsi untuk mengkalibrasi sensor solar tracker yang berfungsi untuk mendeteksi posisi matahari

3.5 Prosedur Pengambilan Data

1. Lokasi pengujian di lantai 2 gedung Work Shop dan pengembangan Universitas HKBP Nommensen Medan.
2. Pengambilan data dimulai pukul 08:00 – 17:00.
3. Untuk menghidupkan tombol *power on/off* pada *controller*.
4. Kemudian pilih mode pada *controller* lalu pilih 2-AXIS
5. Setelah itu sambungkan kabel *output/USB* dari *controller* ke laptop.

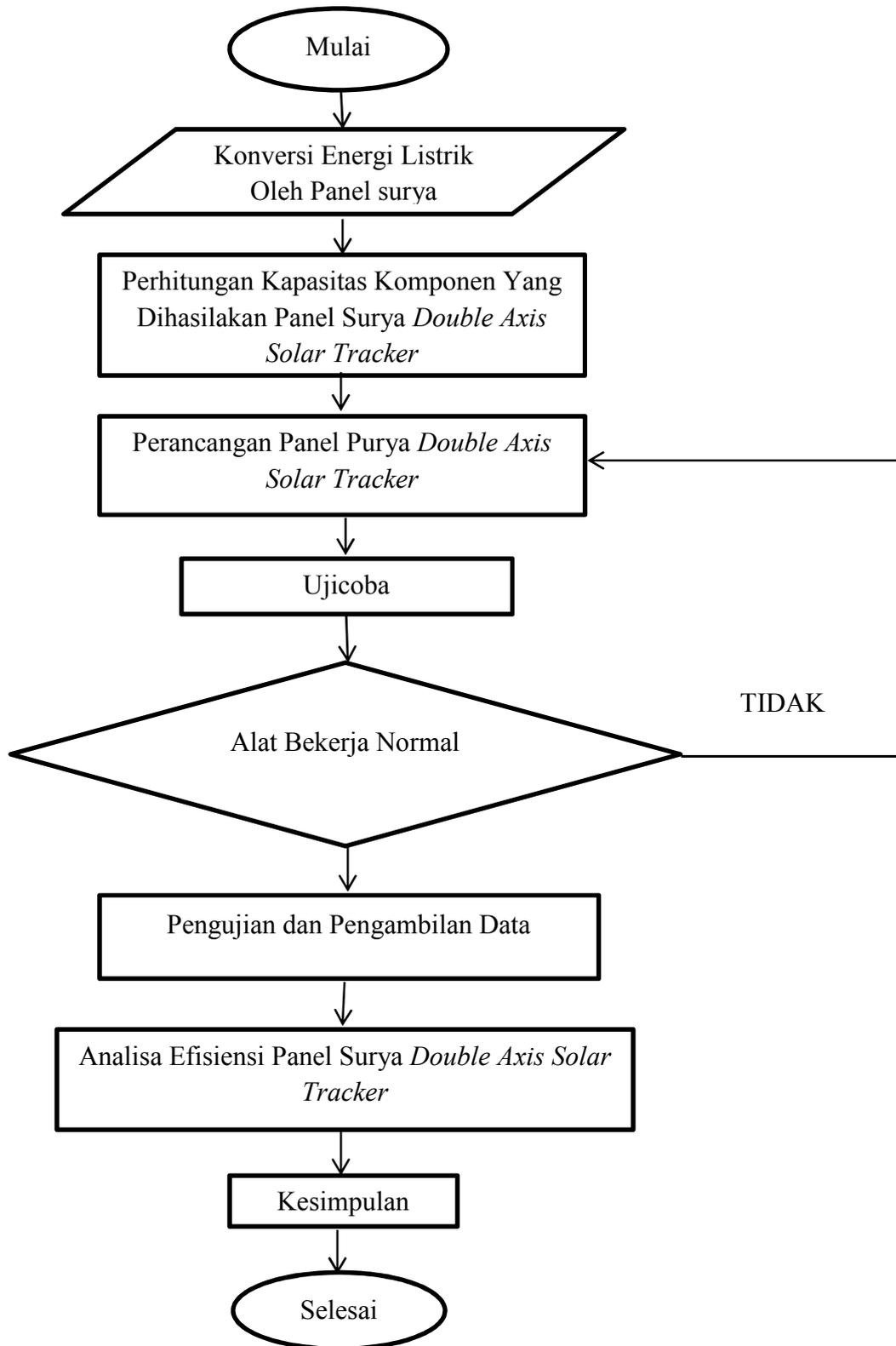
6. Buka aplikasi *GUI solar tracker V2.1 exe*
7. Pilih Port dari *controller* yang terhubung dengan laptop atau komputer.
8. Kemudian klik run  untuk memulai pengoperasian *GUI solar tracker V2.1 exe*.
9. Kemudian pilih menu *AUTO* pada *controller*.
10. Untuk melakukan *record* data klik *RECORD* Saat GUI beroperasi.
11. Kemudian pilih lokasi penyimpanan file data dan set nama file.
12. Tombol *record* akan berubah menjadi *RECORDING* dan berwarna hijau saat proses pengambilan data berlangsung.
13. Jika selesai melakukan *record* data klik tombol *RECORDING* hingga berubah menjadi warna kuning.
14. Kemudian untuk menghentikan GUI yaitu dengan cara menekan tombol *STOP*.

3.6 Gambar *Double Axis solar tracker*.



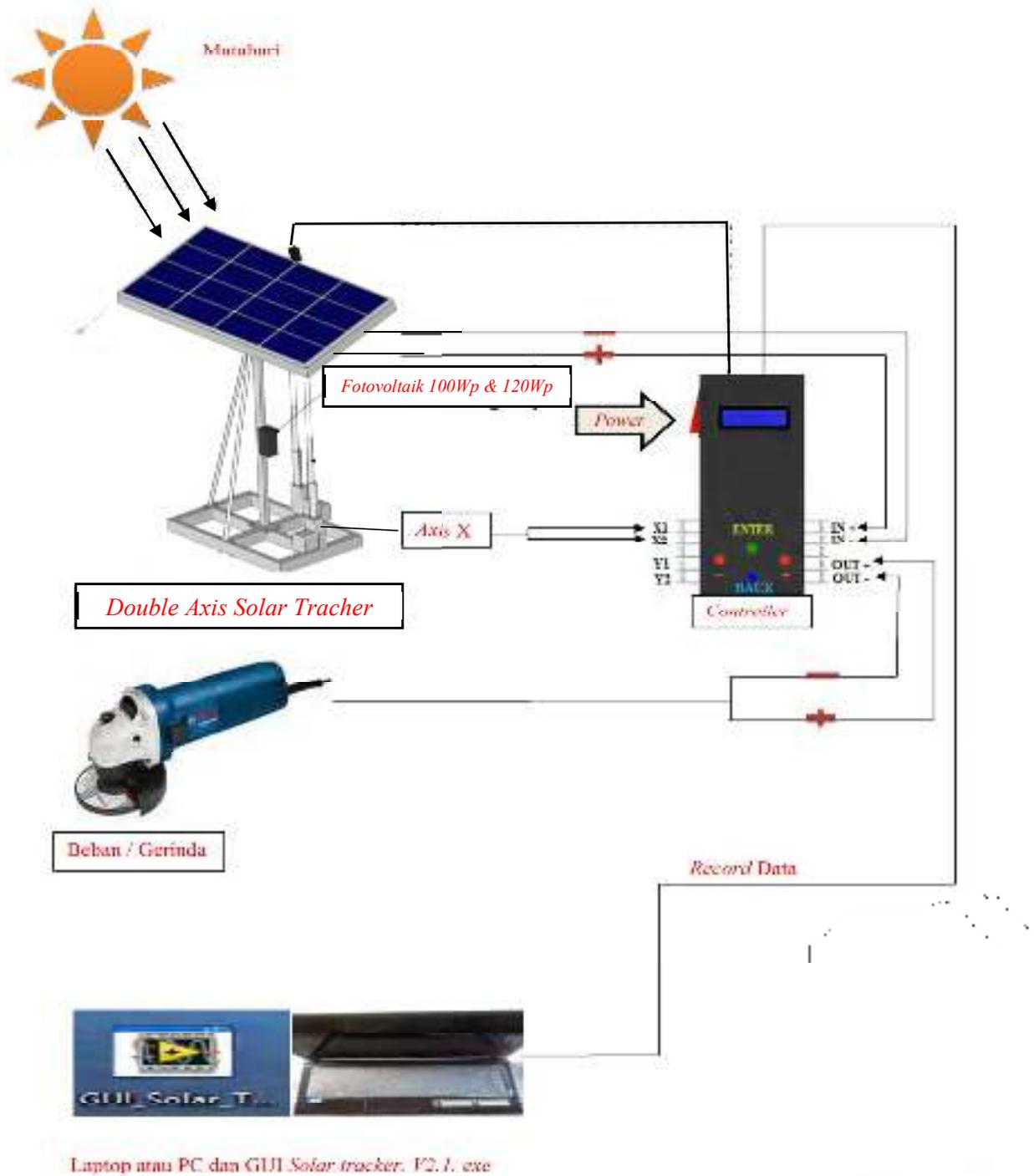
Gambar 3.22 : Gambar *Double Axis solar tracker*

3.7 Diagram Alir *Double Axis Solar Tracker*



Gambar 3.23 : Gambar Diagram alir Perancangan dan Pengujian *Double axis Solar Tracker*

3.8 Sketsa Pengujian



Gambar 3.24 : Sketsa Pengujian.

3.9 Schedule Penelitian

Tabel 3.1 : *Schedule Penelitian*

No.	Jenis Kegiatan	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April			
		Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-				Minggu ke-			
		1	2	3	4	1	1	2	3	4	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pengajuan Judul																								
2.	Bimbingan BAB I-III																								
3.	Pengajuan Sidang Proposal																								
4.	Revisi Hasil Provosal																								
5.	Persiapan Alat dan Bahan																								
6.	Pembuatan Prototipe <i>Double axis solar tracker</i> Photovoltaik 100 Wp & 120 Wp																								
7.	Pengujian																								
8.	Seminar Hasil																								
9.	Revisi Seminar Hasil																								
10.	Sidang Meja Hijau																								