



**RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT
MENGUNAKAN METODE DIFFERENT
*FUZZY INPUT VARIABLES***

SKRIPSI

oleh

**Alfian Amin Cahaya
NIM. 121910201105**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO STRATA 1
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT
MENGUNAKAN METODE DIFFERENT
*FUZZY INPUT VARIABLES***

SKRIPSI

diajukan guna memenuhi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S 1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

**Alfian Amin Cahaya
NIM. 121910201105**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Dengan ridho dari Allah skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. Ibu dan ayah saya Najamudin dan Sauri yang memberikan segalanya;
2. Semua dosen dan guru saya di Universitas Jember, SMAN Kalisat, dan SMPN 1 Kalisat, SDN 3 Sumber Jeruk, yang telah memberikan ilmu serta membimbing saya agar menjadi lebih baik lagi;
3. Sahabat sahabat saya, Mbak Fevtri, Bima, dan anak-anak FLP Jawa Timur serta sahabat dari komunitas blogger dan tak lupa juga keluarga besar SATE_UJ yang selalu ada memberikan dukungan, motivasi serta bantuan selama saya menimba ilmu di Universitas Jember;

MOTTO

“Saya tak tahu, berapa waktu yang tersisa untuk saya. Satu jam, satu hari, satu tahun, sepuluh, lima puluh tahun lagi? Bisakah waktu yang semakin sedikit itu saya manfaatkan untuk memberi arti keberadaan saya sebagai hamba Allah di muka bumi ini? Bisakah cinta, kebajikan, maaf dan syukur selalu tumbuh dari dalam diri, saat saya menghirup udara dari Yang Maha?”

(Helvy Tiana Rosa)

Dan jika kamu menghitung-hitung nikmat Allah, niscaya kamu tak dapat menentukan jumlahnya. Sesungguhnya Allah benar-benar Maha Pengampun lagi Maha Penyayang. [QS. AN NAHL 16:18]

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alfian Amin Cahaya

NIM : 121910201105

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis ilmiah yang berjudul **“RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT MENGGUNAKAN METODE *DIFFERENT FUZZY INPUT VARIABLES* ”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 24 Desember 2019

Yang menyatakan,

Alfian Amin Cahaya

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT
MENGUNAKAN METODE *DIFFERENT*
*FUZZY INPUT VARIABLES***

Oleh

Alfian Amin Cahaya
NIM 121910201105

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : H.R.B Moch Gozali, ST.,M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Dr.Triwahju Hardianto, S.T,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT MENGGUNAKAN METODE *DIFFERENT FUZZY INPUT VARIABLES* ” telah diuji disahkan pada :

Hari, tanggal : Selasa, 23 Desember 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

H.R.B Moch Gozali, ST.,M.T
NIP. 197004041996011001

Dr.Triwahju Hardianto, S.T,M.T
NIP. 196312011994021002

Penguji 1,

Penguji 2,

Wahyu Mulyadi, S.T., M.T.
NIP. 760016799

Widjonarko, S.T., M.T..
NIP 1971109081999031001

Mengesahkan
Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M.

NIP. 196005061987021001

RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT MENGGUNAKAN
METODE DIFFERENT FUZZY INPUT VARIABLES

Alfian Amin Cahaya

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Saat ini energi listrik telah menjadi salah satu aspek kehidupan manusia yang sangat penting, baik mencakup bidang Rumah Tangga maupun Industri. Pada perkembangan energi listrik tenaga surya atau panel surya, yang seharusnya merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan juga bebas polusi, sangat kurang diminati dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang panel surya dan efisiensinya yang masih kurang. Untuk itu dengan perkembangan ilmu pengetahuan dalam bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan elektronika daya (*power electronic*), diharapkan mampu menemukan suatu metode untuk meningkatkan efisiensi panel surya, salah satunya adalah metode *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka diketahui bahwa algoritma (i), algoritma (ii) dan algoritma (iii) memiliki tingkat efisiensi yang berbeda serta kita dapat mengetahui bahwasalnya algoritma ke (ii) mempunyai nilai optimasi yang sangat optimal. Di buktikan dengan data bahwa untuk mencapai nilai maksimum lebih cepat dibandingkan dengan algoritma lainnya.

Kata kunci *MPPT*, *Fuzzy Logic*, algoritma

Mppt Solar Panel Control Design Using Different Fuzzy Input Variables Method

Alfian Amin Cahaya

Mppt Solar Panel Control Design Using Different Fuzzy Input Variables Method

ABSTRACT

Today electricity has become one of the most important aspects of human life, both covering the Household and Industrial fields. knowledge about solar panels and their efficiency is still lacking. Therefore, the development of science in the field of artificial intelligence (artificial intelligence) and power electronics (power electronic), is expected to be able to find a method to improve the efficiency of solar panels, one of which is the Maximum Power Point Tracker (MPPT) method. known that the algorithm (i), algorithm (ii) and algorithm (iii) have different levels of efficiency and we can find out that the algorithm to (ii) has a very optimal optimization value proven by data that to reach the maximum value faster than other algorithm

Keyword: MPPT, Fuzzy Logic, algoritma

RINGKASAN

RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT MENGUNAKAN METODE DIFFERENT FUZZY INPUT VARIABLES ;

Alfian Amin Cahaya, 121910201022; 2019: .. halaman; Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kebutuhan energi di dunia, khususnya di Indonesia terus menerus mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan penduduk, pertumbuhan ekonomi, dan pola konsumsi energi itu sendiri. Tetapi penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit konvensional dalam jangka panjang akan mengurangi sumber minyak bumi, gas dan batubara. Menurut *blue print* pengelolaan energi nasional yang dikeluarkan Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral (DESDM), cadangan minyak bumi di Indonesia diperkirakan akan habis dalam jangka waktu 18 tahun lagi, gas bumi dalam jangka waktu 60 tahun dan batubara dalam kurun waktu 147 tahun terhitung dari tahun 2006.

Tujuan dari penelitian ini yaitu Membuat prototype turbin angin horizontal axis yang menghasilkan tegangan konstan pada keadaan angin yang bervariasi dengan memanfaatkan *buck-boost converter* sebagai sistem untuk membuat tegangan yang dihasilkan menjadi stabil meskipun kecepatan berubah.

Turbin angin didesain sedemikian rupa untuk bisa menghasilkan tegangan 12 Volt DC. Oleh karena itu, pada penelitian ini blade yang digunakan terbuat dari balik-baling kipas angin dengan generator menggunakan motor DC 12 – 24 Volt 1660 – 3350 rpm. Untuk stabilitas tegangan, penelitian ini memanfaatkan *buck-boost converter* untuk bisa menghasilkan tegangan stabil 12 volt dalam keadaan energi angin yang berubah-ubah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika menggunakan 3 parameter kecepatan angin dengan energi angin yang bersumber dari kipas angin sehingga dalam penelitian ini, kecepatan angin diganti dengan indikator angka dalam kipas angin. Dilakukan dua macam pengambilan data, diantaranya adalah ketika data tegangan diambil tanpa menggunakan kontrol stabilitas tegangan dan ketika

menggunakan kontrol stabilitas tegangan. Metode ini dilakukan dengan tujuan menjadi sebuah pembandingan bagaimana kinerja dari desain prototype turbin angin tipe horizontal axis ini berjalan. Karena buck-boost converter sistem kerjanya adalah manual seperti utamanya servo, maka dibutuhkan peralatan tambahan seperti motor dvd, obeng dan motor driver agar bisa bekerja dengan otomatis. Dengan menggunakan metode ini, maka tegangan yang dihasilkan oleh turbin angin horizontal axis bisa stabil mendekati angka 12 volt DC.



PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “RANCANG BANGUN KONTROL PANEL SURYA MPPT MENGGUNAKAN METODE DIFFERENT FUZZY INPUT VARIABLES ”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT, karena dengan hidayah dan karunianya skripsi ini terselesaikan;
2. H.R.B Moch Gozali, ST.,M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dr.Triwahju Hardianto, S.T,M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
3. Wahyu Mulyadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I dan Widjonarko, S.T., M.T... selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat membangun demi penyempurnaan skripsi ini;
4. Prof. Dr. Ir. Bambang Sujanarko,M.M. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
5. H.R.B. Moch.Ghozali, S.T., M.T. selaku Kaprodi S1 selanjutnya yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;
6. Widjonarko, S.T., M.T. selaku Komisi Bimbingan S1 yang telah membantu penulisan skripsi secara administratif;

7. Ibu Tutik dan Bapak Budiman yang telah memberikan dukungan moril dan materiil serta kasih sayang yang tak terhingga;
8. Teman-teman Elektro'12 (SATE UJ) yang telah memberikan semangat dan dorongan untuk terselesainya skripsi ini;
9. Keluarga besar Himpunan Mahasiswa Elektro (HME), Forum Lingkar Pena terima kasih telah memberikan aspirasi dan pembelajaran;

Penulis juga menerima semua kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, Desember 2019

Penulis

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada perkembangannya teknologi di dunia ini membuat manusia melakukan berbagai penemuan mengenai adanya sumber energi listrik. Saat ini energi listrik telah menjadi salah satu aspek kehidupan manusia yang sangat penting, baik mencakup bidang Rumah Tangga maupun Industri. Sekarang ini, sumber energi listrik yang ada dapat diperoleh melalui konversi energi, yang berasal dari fosil, gas, dan minyak bumi. Namun dari pemanfaatan sumber energi tersebut ada beberapa kekurangan yang perlu kita pertimbangkan, yaitu habisnya sumber daya alam yang dimanfaatkan sebagai energi listrik jika dimanfaatkan dalam waktu yang lama, karena energi yang saat ini digunakan merupakan energi yang tidak dapat diperbaharui.

Matahari merupakan salah satu dari beberapa energi alam yang jumlahnya tidak terbatas, bahkan matahari ini adalah termasuk energi yang dapat diperbarui yang artinya kesediananya di muka bumi ini sangat melimpah terutama di Indonesia yang beriklim Tropis. Dalam pemanfaatannya sebagai energi listrik, energi matahari dikonversikan menjadi energi listrik dengan memanfaatkan panel surya (*solar photovoltaic*). Dalam pengoprasianya, kinerja *photovoltaic* modul sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya kondisi klimatologi daerah sekitar misalnya suhu lingkungan dan radiasi matahari. Efisiensi energi *photovoltaic* merupakan rasio antara energi yang dibangkitkan oleh *photovoltaic* dan total radiasi matahari yang sampai di permukaan *photovoltaic* (Mintorogo, 2000).

Pada perkembangan energi listrik tenaga surya atau panel surya, yang seharusnya merupakan sumber energi yang dapat diperbarui dan juga bebas polusi, sangat kurang diminati dikarenakan kurangnya pengetahuan tentang panel surya dan efisiensinya yang masih kurang. Untuk itu dengan perkembangan ilmu pengetahuan

dalam bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) dan elektronika daya (*power electronic*), diharapkan mampu menemukan suatu metode untuk meningkatkan efisiensi panel surya, salah satunya adalah metode *Maximum Power Point Tracker* (MPPT). MPPT adalah suatu metode untuk mencari suatu titik-titik daya maksimum tertentu yang dipengaruhi oleh karakteristik arus dan tegangan input pada aplikasi panel surya. Dengan adanya metode ini diharapkan adanya keluaran daya yang lebih bagus dan lebih efisien.

Dari penelitian sebelumnya yakni *A Study on the Fuzzy-Logic-Based Solar Power MPPT Algorithms Using Different Fuzzy Input Variables* (Jaw-Kuen Shiau, 2015), telah memberikan inovasi baru yang sehingga mendapatkan hasil yang lebih baik jika kita bandingkan dengan panel surya tanpa reflektor penjejak matahari, terlihat dari arus dan tegangan yang di hasilkan. Namun dalam perkembangannya masih banyak kekurangan yang terjadi pada MPPT konvensional. Untuk itu pada penelitian kali ini, penulis ingin memberikan inovasi baru dan membuktikan bahwa hasil simulasi sama dengan hasil pada praktek dilapangan agar terjadi kesinambungan antara teori dan praktek pada pemanfaatan panel surya sebagai sumber energi listrik. Untuk mendukung inovasi yang baru ini penulis akan membandingkan Algoritma MPPT fuzzy berbasis logika fuzzy menggunakan variabel input fuzzy yang berbeda, yakni (i) kemiringan (tenaga surya versus tegangan matahari) dan perubahan kemiringan, (ii) variasi daya dan variasi voltase, (iii) variasi tegangan dan variasi arus (iv) jumlah sudut konduktansi dan sudut kenaikan konduktansi sebagai masukan. Demikian dalam karya ilmiah ini nantinya akan membandingkan ke empat input algoritma Fuzzy untuk mengetahui algoritma mana yang mampu lebih cepat mencapai titik puncak pada MPPT.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat dirumuskan beberapa masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengoptimalkan nilai daya , dengan mengetahui karakteristik arus dan tegangan yang dihasilkan dari perbandingan empat mppt pada panel surya?
2. Bagaimana perbandingan tingkat efisiensi antara keluaran daya, tegangan, dan Arus listrik dengan menggunakan ke empat input fuzzy pada MPPT ?

1.3 Tujuan

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa tujuan diantaranya:

1. Mengetahui daya ,tegangan dan arus yang dihasilkan akibat pengaruh penggunaan empat teknologi MPPT pada panel surya.
2. Mengetahui tingkat efisiensi keluaran antara daya, tegangan, dan arus listrik keluaran pada panel surya dengan menggunakan empat teknologi MPPT pada panel surya.

1.4 Manfaat

Penelitian yang diusulkan dalam proposal ini memiliki beberapa manfaat diantaranya yaitu menerapkan ilmu pengetahuan yang diperoleh di bangku kuliah, sebagai pembelajaran peneliti untuk mengembangkan lebih lanjut penelitian ini, meningkatkan konsep atau teori yang mendukung upaya efisiensi panel surya. Serta memberikan inovasi baru sebagai sarana mendobrak minat masyarakat untuk beralih ke pemanfaatan energi surya sebagai sumber pembangkit energi listrik.

1.5 Batasan Masalah

Berdasarkan uraian rumusan masalah tersebut, maka pembahasan pada skripsi dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Pengambilan dan analisa data meliputi arus, tegangan dan daya yang dihasilkan oleh panel surya dan digunakan untuk menggerakkan kontrol.
2. Menggunakan panel surya *new tomorrow polycrystal 50 WP*.
3. Memfokuskan pada perbandingan tingkat kecepatan tegangan mencapai titik maksimum pada ke empat metode MPPT
4. Membahas hanya pada pengeluarannya tidak fuzzy logic.
5. Mekanik dan program mikrokontroler tidak dibahas secara mendalam.

1.6 Sistematika Pembahasan

Secara garis besar penyusunan proposal skripsi ini adalah sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, batasan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi tentang penjelasan tentang dasar teori yang berhubungan dengan penelitian.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang penjelasan metode dan langkah-langkah penyelesaian skripsi.

BAB 4. PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Berisi hasil penelitian dan analisa dari hasil penelitian.

BAB 5. PENUTUP

Berisi tentang kesimpulan akhir dan saran dari penulis

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Radiasi Surya

Matahari merupakan jenis bintang yang letaknya terdekat dengan bumi dengan jarak rata-rata 149.680.000 kilometer (93.026.724 mil). Matahari merupakan suatu bintang yang memberikan kehidupan di bumi dengan segala bentuk energi yang diberikan.

Radiasi Matahari merupakan suatu pemancaran energi yang berasal dari hasil proses *thermonukli* cahaya matahari matahari. Radiasi matahari dapat berupa sinar dan gelombang yang terdiri dari dua buah sinar yakni sinar pendek dan sinar bergelombang panjang. Berikut ini merupakan kategori sinar gelombang pendek yakni, sinar x, sinar gamma dan sinar ultraviolet, sedangkan kategori sinar gelombang panjang yakni sinar infra merah. Pada prinsipnya jumlah total radiasi yang diterima di permukaan bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor. Pertama adalah jarak matahari, semakin jauh dan dekat jarak bumi terhadap matahari maka akan menimbulkan variasi perubahan energi radiasi yang diterima. Kedua adalah Intensitas radiasi matahari yang dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut datang matahari pada permukaan bumi.

Jumlah intensitas matahari yang diterima berbanding lurus dengan sudut besarnya sudut datang. Sinar dengan sudut datang yang miring kurang memberikan energi pada permukaan bumi disebabkan karena energinya tersebar pada permukaan yang luas dan juga karena sinar tersebut harus menempuh lapisan atmosfer yang lebih jauh ketimbang jika sinar dengan sudut datang yang tegak lurus. Ketiga adalah panjang hari (*sun duration*) yakni jarak dan lamanya matahari dapat bersinar pada permukaan bumi, secara umum panjangnya hari dapat kita lihat dari lamanya antara matahari terbit hingga matahari terbenam. Keempat adalah pengaruh dari atmosfer, pada prinsipnya sinar datang dari matahari tidak sepenuhnya diterima oleh bumi,

melainkan sebagian akan diadsorpsi oleh gas-gas, debu dan uap air, dipantulkan kembali, dipancarkan dan sisanya diteruskan ke permukaan bumi.

2.2 Intensitas cahaya

Intensitas Cahaya merupakan besaran pokok fisika untuk mengukur besarnya daya yang dipancarkan oleh suatu cahaya dengan arah tertentu dengan satuan sudut. Intensitas pada radiasi surya sangat bergantung dari kondisi atmosfer pada permukaan bumi, pada batas luar atmosfer bumi tercatat radiasi bumi sebesar 1353 W/m^2 dengan jarak rata-rata bumi terhadap matahari. Angka tersebut biasa kita namakan dengan konstanta surya yang didefinisikan sebagai besaran energi rata-rata yang diterima oleh bumi dari matahari per unit luas permukaan. Pada dasarnya seluruh energi yang disebut sebagai konstanta surya tersebut tidak dapat mencapai permukaan bumi secara keseluruhan karena sebagian dari energi tersebut juga terserap (*absorpsi*) yang sangat kuat oleh karbon dioksida dan uap air yang berada di atmosfer.

2.3 Photovoltaic

2.3.1 Efek Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah cara atau suatu sistem untuk mentranfer atau mengkonversikan energi cahaya atau energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Efek *Photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh *Henri Becquerel* pada tahun 1839 yang berbunyi sebagai berikut, Efek *Photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat di-*expose* di bawah energi cahaya.

Radiasi cahaya terdiri dari biasan-biasan *foton* memiliki panjang gelombang dan spektrum cahaya yang berbeda-beda antara satu dengan yang lain yang

dipengaruhi oleh tingkat energi yang dibangkitkan. Pada kondisi tertentu saat *foton* mengenai permukaan suatu sel PV, maka energi *foton* akan dibiaskan, diserap dan diteruskan menembus sel PV yang kemudian akan memicu timbulnya energi listrik.

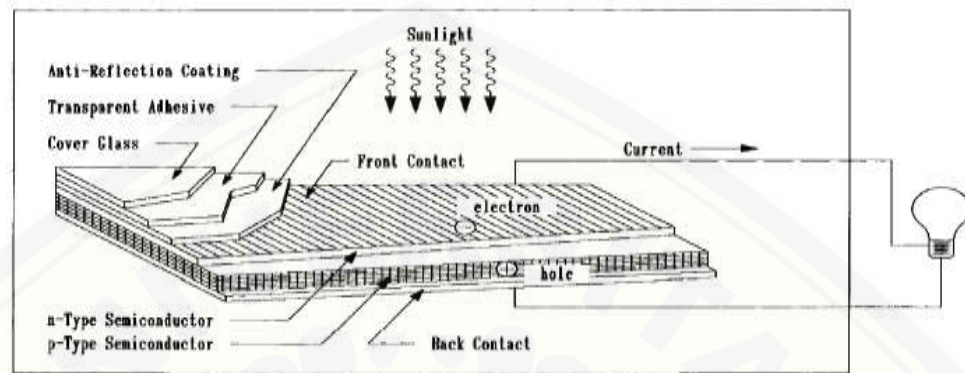
Photovoltaic menggunakan proses konversi langsung dari cahaya atau (energi elektromagnetik) menjadi aliran listrik dengan menggunakan sel surya. Energi listrik yang dihasilkan oleh sel surya selain dipengaruhi oleh intensitas surya juga oleh efisiensinya. Secara teoritis, efisiensi yang dapat dicapai oleh sel surya maksimal sekitar 30 – 40% tergantung pada tipe dan konstruksinya, namun umumnya hanya mencapai efisiensi antara 7 – 17%. Atas dasar efisiensi tersebut, pengendalian posisi dari panel PV (yang merupakan kumpulan dari modul sel PV) menjadi penting agar intensitas matahari dapat diserap secara optimal. Sistem yang diterapkan disebut sistem *tracking* matahari (*Sun Tracking System*). (Ashfahani, 2008).

Sistem *tracking* matahari terdiri dari sirkuit penangkap cahaya langsung (*directional light detecting circuit*), *amplifier circuit*, dan sebuah magnet permanen motor *step* DC untuk menyesuaikan arah dari modul PV terhadap arah tegak lurus cahaya matahari *Input* dari sistem adalah posisi cahaya matahari dan *outputnya* berupa arah dari modul PV tersebut dalam besaran radian. (Ashfahani, 2008)

2.4.2 Sel *Photovoltaic*

Sel *Photovoltaic* atau Sel PV merupakan suatu perangkat yang mengkonversikan energi radiasi matahari menjadi energi listrik. Pada dasarnya sistem sel PV terdiri dari *pn junction* atau biasa kita kenal ikatan sisi positif dan ikatan sisi negatif yang sebelumnya merupakan hasil *doping* atom-atom semikonduktor. Terdapat beberapa istilah yang mempunyai arti yang sama sel *photovoltaic* yakni dikenal dengan *solar cell* atau sel surya. Dari dua istilah tersebut terdapat beberapa perbedaan dari segi cahaya yang diterima. Pada sel PV sumber cahaya lebih umum dan tidak disebutkan secara jelas. Sedangkan pada sel surya

energi cahaya berasal dari radiasi sinar matahari. Berikut ini merupakan konstruksi dasar sel surya yang di tampilkan pada gambar 2.1. (Handini , 2008).



Gambar 2.1 Kontruksi sel surya (Sumber : Haryadi, 2007)

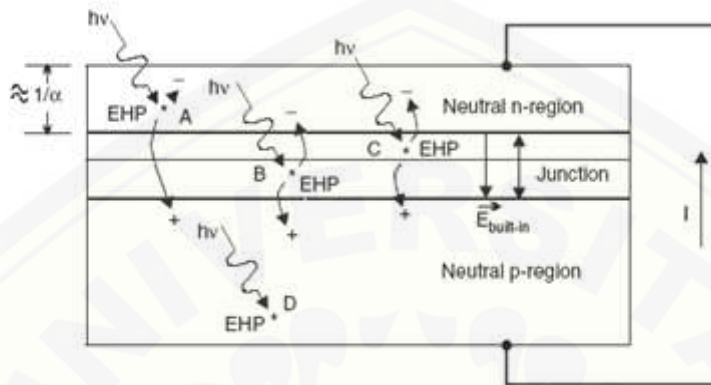
2.5 Sel Surya (*Solar cell*)

2.5.1 Mekanisme Konversi Energi

Pada dasarnya mekanisme konversi energi cahaya terjadi akibat adanya perpindahan elektron bebas di dalam suatu atom. Konduktivitas elektron atau kemampuan transfer elektron dari suatu material terletak pada banyaknya elektron valensi dari suatu material. Proses penghasilan energi listrik terjadi jika pemutusan ikatan elektron pada atom-atom yang tersusun dalam kristal semikonduktor ketika diberikan sejumlah *energy*. Salah satu bahan semikonduktor yang biasa digunakan sebagai sel surya adalah kristal silicon. Ketika *foton* dari sumber energi cahaya menumbuk atau mengenai suatu elektron valensi dari semikonduktor, mengakibatkan timbulnya energi yang cukup besar yang mampu memisahkan elektron terlepas dari struktur atom yang tertumbuk. Elektron yang terlepas tersebut menjadi bebas bergerak di dalam bidang kristal dan elektron tersebut menjadi bermuatan negatif dan berada pada daerah pita konduksi dari material semikonduktor. (Handini , 2008).

Akibat hilangnya elektron yang telah mengalami perpindahan mengakibatkan terbentuknya daerah kekosongan pada struktur kristal yang sering kita sebut dengan

“hole” (bermuatan positif). Skema terjadinya elektron bebas diilustrasikan seperti gambar 2.2. (Handini , 2008).



Gambar 2.2 Mekanisme terjadinya elektron bebas pada semikonduktor

(Sumber : Modul Praktikum Dasar Konversi Energi UNEJ)

Pada ilustrasi di atas dapat dijelaskan bahwa daerah semikonduktor dengan elektron bebas dan bersifat negatif bertindak sebagai atom donor (donor elektron). Daerah ini lah yang sering kita sebut sebagai daerah *negatif type* (n-type). Sedangkan daerah semikonduktor dengan *hole* yang mempunyai sifat positif akan bertindak sebagai penerima atau acceptor. Daerah ini yang sering kita sebut sebagai daerah *positive type* (p-type). Dari kedua buah ikatan sisi negatif dan positif atau sering kita sebut p-n junction akan menghasilkan energi yang dapat menyebabkan elektron dan *hole* bergerak ke arah yang berlawanan. Dimana gerak elektron akan menjauhi sisi negatif dan gerak *hole* menjauhi sisi positif. Pada kondisi ini jika kedua sisi tersebut yang memiliki beda potensial yang berbeda di hubungkan dengan sebuah beban lampu maka akan tercipta sebuah arus listrik. (Handini , 2008).

2.5.2 Jenis-jenis Sel Surya

1. *Single Crystalline*

Yaitu kristal yang mempunyai satu jenis macamnya, tipe ini dalam perkembangannya mampu menghasilkan efisiensi yang sangat tinggi. Jenis *single cristalline* antara lain:

a. *Gallium Arsenide Cell*

Gallium arsenide cell sangat efisien dari semua sel, tapi harganya sangat mahal. Efisiensi dari sel ini mampu mencapai 25 persen.

b. *Cadmium Sulfide Cell*

Cadmium sulfide cell ini merupakan suatu bahan yang dapat dipertimbangkan dalam pembuatan panel surya, karena harga yang murah dan mudah dalam proses pembuatannya.

2. *Polycrystalline Cell*

Polycrystalline cell merupakan kristal yang banyak macamnya, terbuat dari *cristal silicon* dengan efisiensi 10-12 persen.

3. *Amorphous Silicon Cell*

Amorphous berarti tidak memakai kristal struktur non kristal, bahan yang digunakan berupa proses film yang tipis dengan efisiensi sekitar 4-6 persen.

4. *Copper Indium Diselenide Cell*

Bahan *semikonduktor* yang aktif dalam sel surya CIS adalah *copper indium disenide*. Senyawa CIS sering juga merupakan paduan dengan gallium dan belerang. Efisiensi sekitar 9-11 persen

5. *Cadmium Telluride (CdTe) Cell*

Panel surya CdTe diproduksi pada substrat kaca dengan lapisan konduktor TCO transparan biasanya terbuat dari *indium tin axide* (ITO) sebagai kontak depan. Efisiensi 1 persen hingga 8,5 persen per efisiensi modul.

6. *Dye Sensitized*

Prinsip kerja *Dye sensitized* yaitu menyerap cahaya dalam pewarna organik mirip dengan cara dimana tanaman menggunakan klorofil untuk menangkap energi dari sinar matahari dengan fotosintesis (*Weller, 2008*).

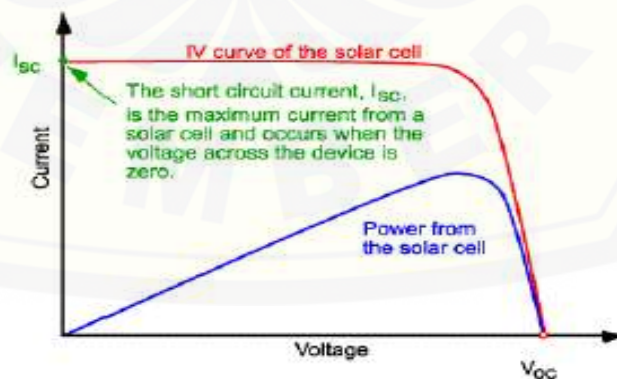
2.6 Karakteristik Panel Surya

Parameter panel surya yang paling berpengaruh pada kurva daya, yaitu arus hubung singkat (I_{sc}) dan tegangan hubung terbuka (V_{oc}) untuk parameter internal, sedangkan parameter *eksternalnya* meliputi suhu dan *irradiance*. Daya maksimum dan efisiensi turut dimasukkan dalam pembahasan karena merupakan parameter yang umum digunakan untuk membandingkan panel surya modul (Ibrahim, et.al 2009).

2.6.1 Arus Hubung Singkat (I_{sc}) Pada Panel Surya

I_{sc} adalah arus maksimal yang dihasilkan oleh panel surya dengan cara menge-*short*-kan kutub positif dengan kutub negatif pada modul panel surya. Dan nilai I_{sc} akan terbaca pada *amperemeter*. Arus yang dihasilkan modul panel surya dapat menentukan seberapa cepat modul tersebut mengisi sebuah baterai. Selain itu, arus dari modul panel surya juga menentukan daya maksimum dari alat yang digunakan (Prihandoko, 2014).

Pada kondisi ideal tanpa rugi daya I_{sc} sama dengan I_L . I_{sc} bergantung linear terhadap *irradiance* dan dipengaruhi beberapa hal lain yaitu luas area modul panel surya, *spectrum* cahaya dan parameter optik lain. Modul panel surya komersial memiliki nilai I_{sc} yang bervariasi antara 28 mA/cm² sampai dengan 35 mA/cm² (Prihandoko, 2014).

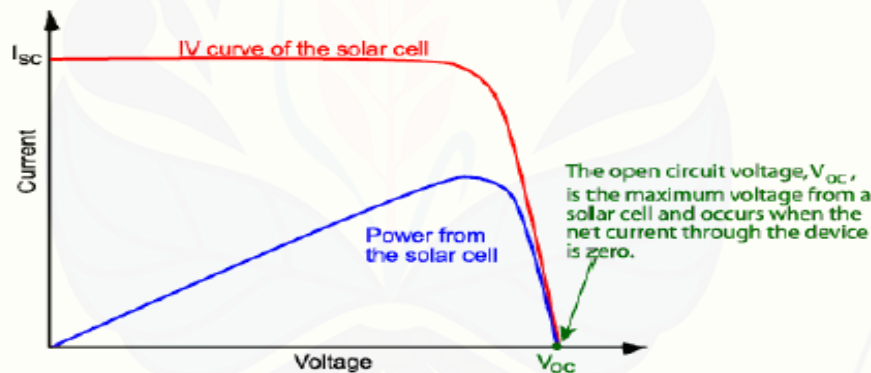


Gambar 2.5 Kurva IV *solar cell* yang menunjukkan arus *short circuit*

2.6.2 Tegangan Hubung Terbuka (V_{oc}) Pada Panel Surya

V_{oc} adalah tegangan yang dibaca pada saat arus tidak mengalir atau bisa disebut juga arus sama dengan nol. Cara untuk mencapai *open circuit* (V_{oc}) yaitu dengan menghubungkan kutub positif dan kutub negatif modul panel surya dengan *voltmeter*, sehingga akan terlihat nilai tegangan *open circuit* panel surya pada *voltmeter* (Satwiko, 2012).

Pada temperatur konstan, V_{oc} berskala logaritmik terhadap I_L (Arus yang dihasilkan oleh cahaya) dan karena I_L bergantung linear terhadap *irradiance* maka V_{oc} berskala logaritmik juga terhadap *irradiance*. Hal ini menyimpulkan bahwa *irradiance* lebih berpengaruh terhadap I_L daripada V_{oc} . Hal ini juga mengindikasikan bahwa V_{oc} tidak bergantung pada luas area modul panel surya (Ibrahim, *et.al*, 2009).



Gambar 2.6 Kurva IV *solar cell* yang menunjukkan tegangan *open circuit*

2.6.3 Pengaruh *Irradiance* Terhadap Panel Surya

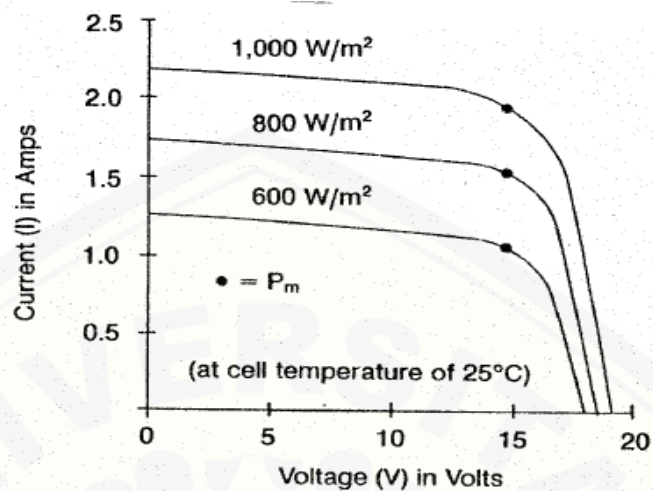
Radiasi matahari yang diterima bumi terdistribusi pada beberapa *range* panjang gelombang, mulai dari 300 nm sampai dengan 4 mikron. Sebagian radiasi mengalami *refleksi* di atmosfer (*diffuse radiation*) dan sisanya dapat sampai ke permukaan bumi (*direct radiation*). Kedua radiasi ini yang dipakai untuk

mengukur besaran radiasi yang diterima panel surya. Besaran – besaran penting untuk mengukurnya adalah:

- a. *Spectral irradiance* I_λ - Daya yang diterima oleh satu unit area dalam bentuk *differensial* panjang gelombang $d\lambda$, satuan $W/m^2 \mu m$.
- b. *Irradiance* - *Integral* dari *spectral irradiance* untuk keseluruhan panjang gelombang, satuan W/m^2 .
- c. *Radiansi* - *Integral* waktu dari *irradiance* untuk jangka waktu tertentu. Oleh sebab itu, satuannya sama dengan satuan energi, yaitu J/m^2 – hari, J/m^2 – bulan atau J/m^2 – tahun.

Di antara ketiga besaran tersebut yang akan digunakan dalam analisa adalah W/m^2 karena satuan ini yang biasa dipakai dalam *data sheet*, sedangkan besaran radiasi biasanya digunakan untuk menghitung estimasi daya keluaran pada instalasi sistem. *Irradiance* merupakan sumber energi bagi panel surya, sehingga keluarannya sangat bergantung oleh perubahan *irradiance*. Gambar 2.4 memberikan contoh perubahan *irradiance* terhadap kurva daya modul surya.

Gambar 2.9, keluaran daya berbanding lurus dengan *irradiance*. I_{sc} lebih terpengaruh oleh perubahan *irradiance* dari pada V_{oc} . Sesuai dengan penjelasan cahaya sebagai paket – paket *foton*. Pada saat *irradiance* tinggi, yaitu pada saat jumlah *foton* banyak, arus yang dihasilkan juga besar. Demikian pula sebaliknya, sehingga arus yang dihasilkan berbanding lurus terhadap jumlah *foton* (Diputara 2008).



Gambar 2.7 Kurva V-I terhadap perubahan *irradiance* (Sumber: Mintorogo, 2000)

Pengujian panel surya pada *datasheet* umumnya dilakukan pada *Standard Test Condition* (STC), yaitu *Air Mass* (AM) 1,5, *irradiance* 1000 W/m² dan temperatur 25⁰C. Dalam kondisi nyata, nilai *irradiance* tidak mencapai nilai tersebut, bergantung dari posisi lintang, posisi matahari dan kondisi cuaca. Nilai *irradiance* pada lokasi tertentu juga bervariasi dari bulan ke bulan (Sawitko, 2012).

2.6.4 Daya Pada Panel Surya

Intensitas cahaya menentukan besarnya daya dari energi sumber cahaya yang sampai pada seluruh permukaan panel surya. Jika luas permukaan panel surya dengan intensitas tertentu maka daya *input* panel surya adalah (Amalia dan Satwiko, 2012) :

$$P_{in} = GA \quad (2.8)$$

dengan

P_{in} = Daya yang diterima akibat *irradiance* matahari (watt)

G = Intensitas cahaya (W/m²)

Besarnya daya *output* panel surya (P_{out}) yaitu perkalian tegangan rangkaian terbuka V_{oc} , arus hubung singkat (I_{sc}), dan *fill factor* (FF) yang dihasilkan oleh panel surya dapat dihubungkan dengan rumus (Amalia dan Satwiko, 2012).

$$P_{out} = V_{oc} I_{sc} FF \quad (2.9)$$

dengan

P_{out} = Daya yang dibangkitkan oleh panel surya (watt)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada panel surya (ampere)

FF = *Fill factor*

2.6.5 Fill Factor

Factor pengisian *fill factor* merupakan nilai rasio tegangan dan arus pada keadaan daya maksimal dan tegangan *open circuit* dan arus *short circuit*.

$$FF = \frac{V_{max} I_{max}}{V_{oc} I_{sc}} \quad (2.10)$$

dengan

V_{max} = Tegangan pada saat panel surya mencapai *max* (volt)

I_{max} = Arus pada saat panel surya mencapai *max* (ampere)

V_{oc} = Tegangan rangkaian terbuka pada panel surya (volt)

I_{sc} = Arus hubung singkat pada panel surya (ampere)

Persamaan *fill factor* digunakan untuk mengukur luas persegi pada karakteristik I.V suatu panel surya. Harga *fill factor* dapat merupakan fungsi V_{oc} . Secara empiris hubung singkat antara *fill factor* dengan V_{oc} adalah (Amalia dan Satwiko, 2012).

$$FF = \frac{V_{oc} - \ln(V_{oc} + 0.72)}{V_{oc} + 1} \quad (2.11)$$

2.6.6 Efisiensi Radiasi panel surya

Perbandingan performansi antara satu modul surya dengan modul surya lainnya umumnya dilihat dari efisiensinya. Banyaknya energi matahari dalam bentuk *foton* yang diserap panel surya menentukan efisiensinya. Efisiensi modul surya didefinisikan sebagai perbandingan daya keluaran dengan daya masukan. Daya

masukan dihitung sebagai *irradiance* yang diterima oleh permukaan panel surya. Nilai efisiensi keluaran maksimal didefinisikan sebagai *prosentase* keluaran daya optimal terhadap energi cahaya yang digunakan, yang dituliskan sebagai (Diputra, 2008).

$$\eta \text{ radiasi \%} = \frac{G1}{Gmax} \times 100\% \quad (2.12)$$

dengan

η = Efisiensi panel surya

$G1$ = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

$Gmax$ = Intensitas radiasi matahari maksimal matahari (watt)

2.6.7 Energi Listrik

Energi listrik merupakan besaran fisika yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk melakukan kerja. Energi listrik disimpan dalam bentuk arus dengan satuan ampere dan dalam bentuk tegangan dalam satuan volt. Energi listrik merupakan perkalian antara besarnya daya suatu benda dikalikan dengan lamanya waktu penggunaan daya tersebut. Energi listrik bisa di rumuskan sebagai berikut ;

$$W = P \times t \quad (2.13)$$

Dimana ;

W : Energi listrik (Joule)

P : Daya (watt)

t : Waktu (s)

2.7 Arduino Mega 2650

Arduino Mega2560 adalah papan mikrokontroler berbasis ATmega2560 ([datasheet ATmega2560](#)). Arduino Mega2560 memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, dan 4 pin sebagai UART (port serial hardware), 16 MHz kristal osilator, koneksi USB, jack power, header ICSP, dan tombol reset. Ini semua yang diperlukan untuk

mendukung mikrokontroler. Cukup dengan menghubungkannya ke komputer melalui kabel USB atau power dihubungkan dengan adaptor AC-DC atau baterai untuk mulai mengaktifkannya. Arduino Mega2560 kompatibel dengan sebagian besar shield yang dirancang untuk Arduino Duemilanove atau Arduino Diecimila. Arduino Mega2560 adalah versi terbaru yang menggantikan versi Arduino Mega.

Arduino Mega2560 berbeda dari papan sebelumnya, karena versi terbaru sudah tidak menggunakan chip driver FTDI USB-to-serial. Tapi, menggunakan chip ATmega16U2 (ATmega8U2 pada papan Revisi 1 dan Revisi 2) yang diprogram sebagai konverter USB-to-serial. Arduino Mega2560 Revisi 2 memiliki resistor penarik jalur HWB 8U2 ke Ground, sehingga lebih mudah untuk dimasukkan ke dalam mode DFU.

Arduino Mega2560 Revisi 3 memiliki fitur-fitur baru berikut:

- a. 1.0 pinout : Ditambahkan pin SDA dan pin SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya ditempatkan dekat dengan pin RESET, IOREF memungkinkan shield untuk beradaptasi dengan tegangan yang tersedia pada papan. Di masa depan, shield akan kompatibel baik dengan papan yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan 5 Volt dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3 Volt. Dan ada dua pin yang tidak terhubung, yang disediakan untuk tujuan masa depan.
- b. Sirkuit RESET.

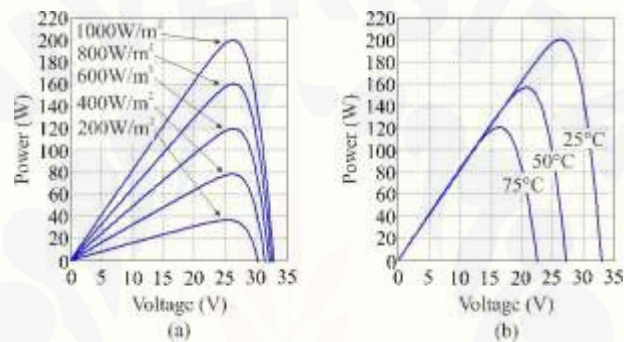
2.8 Maximum Power Point Tracking (MPPT)

2.8.1 Maximum Power Point Tracking atau sering disingkat dengan MPPT merupakan sebuah sistem elektronik yang dioperasikan pada sebuah panel surya sehingga panel surya bisa menghasilkan daya maksimum. Perlu diperhatikan, MPPT bukanlah sebuah sistem tracking mekanik yang digunakan untuk mengubah posisi modul terhadap posisi matahari sehingga mendapatkan energi maksimum matahari.

MPPT benar-benar sebuah sistem elektronik yang bisa menelusuri titik daya maksimum power yang bisa dikeluarkan oleh sebuah panel PV.

Sistem MPPT bekerja dengan cara memaksa panel surya agar bekerja pada titik daya maksimumnya, sehingga daya yang mengalir ke beban adalah daya maksimal. Pada umumnya digunakan DC-DC *converter* dalam sebuah sistem MPPT untuk menggeser daya operasi dari panel surya menjadi titik daya maksimalnya.

Pada gambar 2.4 dan 2.5 diperlihatkan efek pembebanan



Gambar 2.7 Efek Pembebanan pada saat MPPT bekerja

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian berjudul Analisa daya pada panel surya menggunakan motor *stepper* sebagai penggerak panel surya dengan mengikuti sinar matahari, ini dilaksanakan di Laboratorium Listrik Dasar Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember, Jl Slamet Riyadi No. 62 Patrang Jember 68111.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		I	II	III	IV	V	VI
1	Studi literatur						
2	Perancangan dan pembuatan alat						
3	Pengujian alat						
4	Analisa data						
5	Pembuatan laporan						

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

1. Alat las
2. Bor
3. Digital multimeter
4. Digital Luxmeter
5. Gerenda potong

6. Martil
7. Obeng
8. Kunci pas
9. Penggaris siku
10. Meteran
11. Snap tang
12. Tang buaya
13. Tang potong
14. Solder

3.2.2 Bahan

1. Besi penyangga *photovoltaic module*
2. *Photovoltaic module 50 WP polycrystalline*, dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - a. Merek : New Tomorrow
 - b. *Model type* : SL
 - c. *Open circuit voltage* (V_{oc}) : 21,63 V
 - d. *Short circuit current* (I_{sc}) : 3,12 A
 - e. *Max power voltage* (V_{pm}) : 17,13 V
 - f. *Max power current* (I_{pm}) : 2,92 A
 - g. *Tolerance* : 5%
 - h. *Test condition* : 1000 V/m², 25⁰C
3. Plat siku
4. Resistor
5. Potensio Meter
6. Arduino Uno R3
7. Kabel
8. PCB
9. Elektroda
10. Sensor arus, dan tegangan

11. Motor stepper
12. *Data logger*
13. Memori *Mikro SD*
14. Batrai/acu

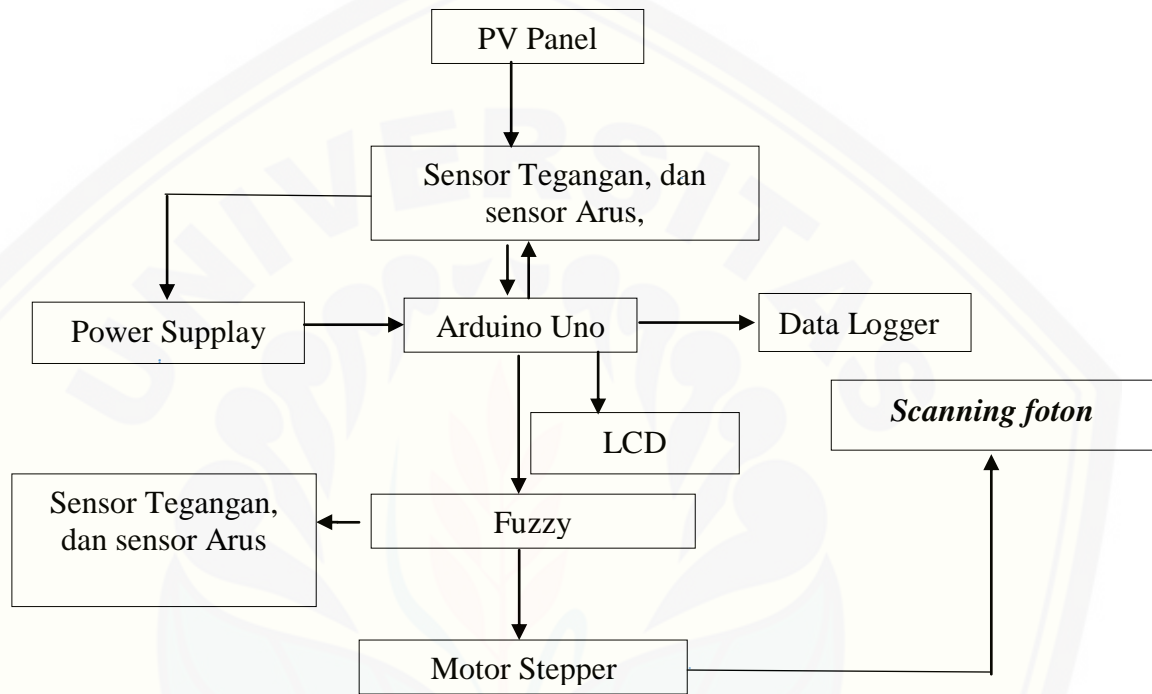
3.3 Konsep Pemikiran Penelitian

Konsep pemikiran penelitian ini adalah menguji *photovoltaic module (polycrystalline)* menggunakan empat metode MPPT pada panel surya ada 2, yaitu pertama menguji PV dengan menggunakan perbandingan metode MPPT , kedua menguji PV di berbagai keadaan baik saat cerah, mendung, atau tertutup matahari agar terlihat perbandingan nilai terbaik. Dari kedua perlakuan tersebut akan dilakukan pengambilan data dengan rentang waktu yang sama mulai pukul 07.30 sampai dengan pukul 16.30. Hasil data perhitungan nantinya akan dianalisis apakah metode PV yang mempunyai efisiensi lebih baik dari kedua perlakuan yang lain dengan melihat dari hasil total energi yang dihasilkan dikurangi dengan rugi-rugi penggunaan motor sebagai tenaga penggerak.

3.4 Desain Penelitian

3.4.1 Diagram Blok Sistem Pengujian

Dapat kita lihat seperti berikut tentang alur diagram blok untuk pengujian yang nantinya akan dilakukan pengambilan data.



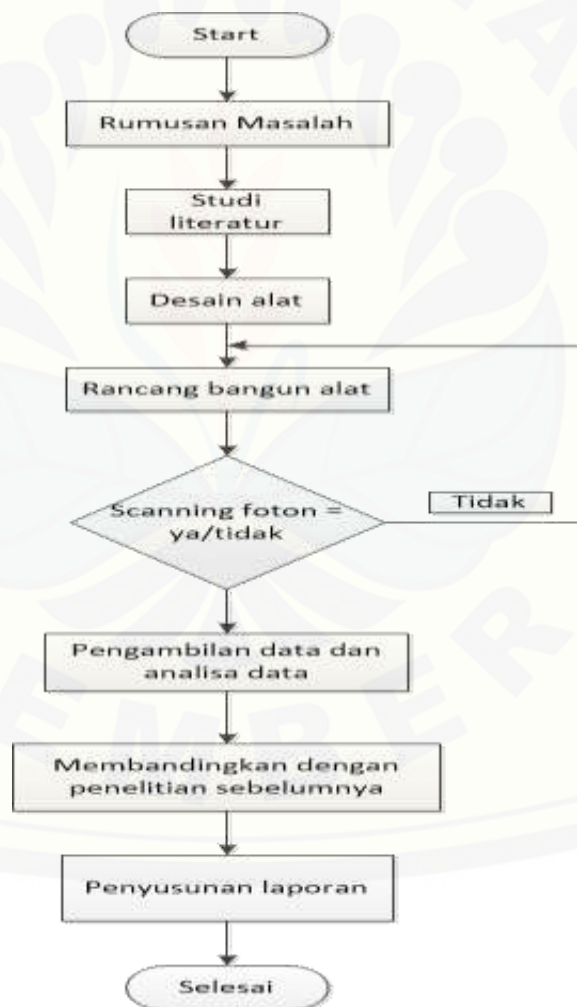
Gambar 3.1 Diagram Blok Penelitian

Pertama-tama PV panel yang di berikan sensor tegangan dan sensor arus yang dikontrol arduino Uno. Arduino Uno mengontrol data logger, LCD, dan Driver motor stepper. Power supply aki sebesar 9 Ah digunakan untuk supply arduino dan kontrol yang lainnya. Driver motor stepper mensinkronkan dengan sensor arus dan tegangan agar motor stepper bisa berjalan dengan mencari nilai daya maksimal dan optimal pada waktu scanning foton.

3.4.2 Flowchat dan Desain Alat

a. *Flowchat* penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir (*Flow Chart*) penelitian tentang motor stepper pada panel surya polikristal dengan metode *maximum power point tracker* (MPPT). Pada awalnya menentukan bagaimana perumusan masalahnya pada energi terbarukan. Selanjutnya mendesain alat sebegus mungkin. Setelah itu mulai merancang bangun alat. Setelah perancangan selessai. Dilakukan pengujian scanning foton. Jika scanning foton tidak sesuai dengan harapan karna pengaruh *error* dari Alat, maka akan kembali ke desain alat, jika scanning foton sesuai dengan yang diharapkan, maka proses pengambilan data akan dilakukan. Setelah itu dibandingkan dengan penelitian sebelumnya. Berikutnya maka akan dilakukan penyusunan laporan.

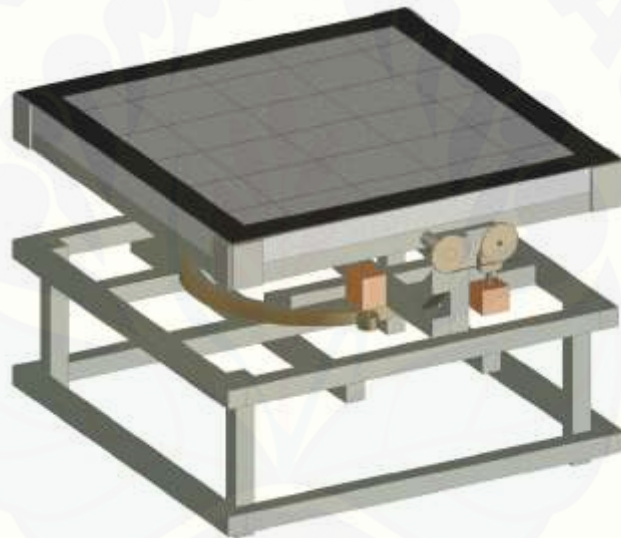


Gambar 3.2 Bagan Alur Rancangan Penelitian

b. Desain Alat

Pada penelitian teknologi motor *stepper* pada modul surya ini dapat diketahui desain alat sebagai berikut :

Pada gambar 3.3 menjelaskan gambar desain modul surya dengan motor *stepper* datar pada ke-empat buah sisi. Luas penampang pada panel surya sebesar 3025 cm^2 tetapi dengan diberi margin terbuat dari almunium dengan luas sebesar 4623 cm^2 dengan tebal panel surya 3,8 cm. Pada keempat sisi didesain dengan menggunakan poros engsel dengan 2 penggerak motor stepper yang bergerak menuju 4 arah antara barat, timur, selatan, dan utara. gambar 3.3 yakni desain modul surya yang akan dipergunakan.



Gambar 3.3 Desain Modul Surya penjejak matahari

3.4.3 Rules Fuzzy

Penelitian ini melakukan investigasi menyeluruh terhadap variabel input fuzzy umum untuk basis logika fuzzy. Algoritma MPPT dengan meninjau karakteristik sel PV dan literatur masa lalu pada fuzzy MPPT desain controller Keuntungan dan kerugian dari berbagai desain ditinjau dan dilengkapi dengan diskusi terperinci mengenai masalah yang dihadapi selama proses perancangan. Akhirnya, desainnya diverifikasi menggunakan simulasi komputer

a. Kemiringan (tenaga surya versus tegangan matahari) dan perubahan kemiringan.

Algoritma (i) dari sistem logika fuzzy MPPT menggunakan kemiringan Power-voltage PV Cell (P-V) kurva ($S(k)$) dan variasi kemiringan ($\Delta S(k)$) sebagai variabel nput fuzzy. Variabel ini didefinisikan menggunakan persamaan berikut:

$$S(k) = \frac{\Delta P_{PV}}{\Delta V_{PV}} = \frac{I_{PV}(k) \cdot V_{PV}(k) - I_{PV}(k-1) \cdot V_{PV}(k-1)}{V_{PV}(k) - V_{PV}(k-1)}$$

$$\Delta S(k) = S(k) - S(k-1)$$

Dengan,

ΔP_{PV} = Jumlah daya panel surya

ΔV_{PV} = Jumlah tegangan

I_{PV} = Arus panel surya

V_{PV} = Tegangan panel surya

Sebuah *rules* fuzzy lima bagian, positif besar (PB), positif kecil (PS), nol (ZE), negatif kecil (NS), dan negatif besar (NB), didefinisikan untuk menggambarkan setiap variabel linguistik. Output dari kontroler fuzzy akan memberi perintah pada konverter buck-boost untuk mengubah tegangan output dan arus dari sel PV. Setelah output sel PV berubah, ini akan mempengaruhi nilai putaran berikutnya dari input fuzzy variabel. Kontroler kemudian akan menyesuaikan kembali perintah output yang sesuai. Menurut Logika, pemilihan domain input dan output juga akan langsung mempengaruhi hasil, sehingga desain hati-hati harus diimplementasikan. Pedoman umum untuk menentukan Fungsi keanggotaan adalah: (1) menentukan batas wilayah PB dan NB yang pertama berdasarkan karakteristik variabel input; (2) kisaran ZE kemudian ditentukan berdasarkan tujuan MPPT yang telah ditentukan sebelumnya (kriteria efisiensi); (3) batas PM dan NM kemudian ditentukan mengikuti pemilihan batas-batas PB, NB, dan ZE. Desain iterasi biasanya diperlukan mencapai hasil yang memuaskan Gambar 3.4 menunjukkan fungsi keanggotaan input dan output yang sesuai.

Berikut merupakan rancangan *membership* dan tabel Fuzzy yang dibuat untuk sistem MPPT:

Fuzzy Rule		$S(k)$				
		<u>NB</u>	<u>NS</u>	<u>ZE</u>	<u>PS</u>	<u>PB</u>
$\Delta S(k)$	<u>NB</u>	ZE	PB	PS	ZE	NB
	<u>NS</u>	PB	PS	ZE	ZE	NB
	<u>ZE</u>	PB	PS	ZE	NS	NB
	<u>PS</u>	PB	ZE	ZE	NS	NB
	<u>PB</u>	PB	ZE	NS	NB	ZE

↓ **Region 1**
 ↓ **Region 2**
 ↓ **Region 3**

Gambar 3.4 Fuzzy rules Kemiringan (tenaga surya versus tegangan matahari) dan perubahan kemiringan

b. Variasi daya dan variasi voltase.

Algoritma (ii) logika fuzzy Sistem MPPT menggunakan kemiringan $S(k)$ dan variasi daya (PPV) sebagai variabel input fuzzy. Gambar 3.5 menunjukkan database untuk aturan fuzzy yang dirancang sesuai dengan variabel input fuzzy.

Fuzzy Rule		$S(k)$				
		<u>NB</u>	<u>NS</u>	<u>ZE</u>	<u>PS</u>	<u>PB</u>
ΔP_{PV}	<u>NB</u>	PB	PB	ZE	NS	NB
	<u>NS</u>	PB	PS	ZE	NS	NB
	<u>ZE</u>	PS	PS	ZE	NS	NS
	<u>PS</u>	PB	PS	ZE	NS	NB
	<u>PB</u>	PB	PS	ZE	NB	NB

Region 1
Region 2
Region 3
 Region 4

Gambar 3.5 Fuzzy rules variasi daya dan variasi voltase.

c. Variasi tegangan dan variasi arus

Algoritma (iii) sistem logika fuzzy MPPT menggunakan variasi output daya sel PV (PPV) dan variasi tegangan (VPV) sebagai variabel input fuzzy.

Fuzzy Rule		ΔP				
		<u>NB</u>	<u>NS</u>	<u>ZE</u>	<u>PS</u>	<u>PB</u>
ΔV	<u>NB</u>	NB	NS	ZE	PS	PB
	<u>NS</u>	NS	NS	ZE	PS	PS
	<u>ZE</u>	ZE	ZE	ZE	ZE	ZE
	<u>PS</u>	PS	PS	ZE	NS	NS
	<u>PB</u>	PB	PS	ZE	NS	NB

Region 7
Region 8
Region 9
 Region 4 Region 5 Region 6

Gambar 3.6 Fuzzy rules Variasi tegangan dan variasi arus

d. Jumlah sudut konduktansi dan sudut kenaikan konduktansi sebagai masukan.

Algoritma (v) untuk algoritma fuzzy logika MPPT akan menggunakan konduktansi inkremental sebagai dasar untuk desain kontroler fuzzy. Menurut kurva P-V, turunan turun daya ke nol pada kondisi MPP :

	$180^\circ - \left[\tan^{-1} \left(\frac{I_{PV}}{V_{PV}} \right) + \tan^{-1} \left(\frac{dI_{PV}}{dV_{PV}} \right) \right]$				
Fuzzy Rule	NB	NS	ZE	PS	PB
	(NB)	(NS)	(ZE)	(PS)	(PB)
	↓		↓		↓
	Region 1		Region 2		Region 3

Gambar 3.7 Fuzzy rules Jumlah sudut konduktansi dan sudut kenaikan konduktansi sebagai masukan.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang berjudul “Analisis Daya Pada Panel Surya Menggunakan Motor *Stepper* Sebagai Penggerak Panel Surya Dengan Mengikuti Sinar Matahari” dapat disimpulkan sebagai berikut;

1. Dengan menggunakan algoritma (iii) didapatkan bahwa waktu untuk mencapai tegangan maksimum sangat cepat. Sehingga sangat optimal daya yang dihasilkan.
2. Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan maka diketahui bahwa algoritma (i), algoritma (ii) dan algoritma (iii) memiliki tingkat efisiensi yang berbeda serta kita dapat mengetahui bahwasalnya algoritma ke (ii) mempunyai nilai optimasi yang sangat optimal di buktikan dengan data bahwa untuk mencapai nilai maksimum lebih cepat dibandingkan dengan algoritma lainnya.

2.2 Saran

Perlu adanya penelitian lebih lanjut dalam kondisi waktu yang sama dan serta perbandingan dengan metode lainya agar dicapai tingkat efisiensinya semakin bertambah cepat dan stabil.

DAFTAR PUSTAKA

- Jaw-Kuen , Yu-Chen, dan Bo-Chih, New Taipei City. 2015. *A Study on the Fuzzy-Logic-Based Solar Power MPPT Algorithms Using Different Fuzzy Input Variables*. Department of Aerospace Engineering, Tamkang University, Taiwan
- Fuady Babgei , Atar. 2012. Rancang Bangun Maximum Power Point Tracker (Mppt) Pada Panel Surya Dengan Menggunakan Metode Fuzzy. Jurusan Teknik Elektro: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Karina, A.Satwiko, S. 2012. Studi Karakteristik Arus-Tegangan (Kurva I-V) pada Sel Tunggal Polikristal Silikon serta Pemodelannya. Universitas Negeri Jakarta.
- Firman Salam, Insur Haryudo. 2017. Simulasi *Maximum Power Point Tracking* (MPPT) Panel Surya Menggunakan *Perturb and Observe* Sebagai Kontrol *Buck-Boost Converter*: Universitas Negeri Surabaya.
- Harmini, Nurhayati Titik. 2012. Aplikasi MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) – *Fuzzy Logic Control* (FLC) untuk pembangkitan distribusi pada sistem on grid PV (*Photovoltaic*). Jurusan Teknik Elektro , Fakultas Teknik Universitas Semarang.