

Pembuatan Penggerak Panel Surya untuk Mengikuti Gerak Matahari dengan Menggunakan Logika Fuzzy

Krisna Resi

Program Studi Teknik Fisika – Institut Teknologi Bandung

Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha No. 10 Bandung

Abstrak

Pelacak surya sebagai suatu gabungan instrumen mekanik-elektrik di bidang energi semakin dilirik dan diminati. Perannya adalah meningkatkan efisiensi jumlah photon yang mengenai permukaan panel surya dari pancaran sinar matahari. Teknologi ini terus dikreasikan dengan berbagai kombinasi instrumen yang digunakan dan teknik baru untuk mengikuti gerak matahari yang terprogram dalam kontroler. Perkembangan teknologi ini ditujukan untuk mendapatkan hasil konversi photon-listrik yang lebih optimal. Pada penelitian ini, digunakan 5 instrumen dasar, yaitu: panel surya, LDR (Light Dependent Resistor), mikrokontroler Arduino, VSD (Variable Speed Driver) dan motor AC. Kelima instrumen dasar tersebut dirangkai dan diprogram sehingga melahirkan suatu perangkat pelacak surya yang dapat bekerja di lapangan. Pengontrol pada percobaan ini mengimplementasikan logika fuzzy. Logika fuzzy merupakan logika yang dapat mengatasi keadaan ambiguitas. Dengan mengimplementasikan logika tersebut, diharapkan daya listrik yang diperoleh dapat lebih optimal. Pada penelitian ini juga akan dibandingkan efisien sistem pelacak surya menggunakan logika fuzzy dengan sistem konvensional panel surya posisi fix. Acuan yang akan digunakan adalah daya listrik yang terkonversi dari sumber cahaya terkontrol dalam laboratorium.

Keywords: LDR, mikrokontroler, VSD, motor AC, panel surya, pelacak surya, photovoltaik, logika fuzzy.

Abstract

Solar tracker that consists of mechanical and electrical instrument in the energy field is an interesting topic. Solar tracker plays role to make an efficient solar cell by increasing number of photons at its surface. Technology of solar tracker is still developing in order to get an optimal conversion of photon-electric by combining instruments and searching new technology to track solar movement using control program. In this project, five basic instrument was employed : solar cell, LDR (Light Dependent Resistor), Arduino Microcontroller, VSD (Variable Speed Driver) and motor AC. Fuzzy logic was used in microcontroller to solve ambiguous condition. Optimize power consumption is expected by adding solar tracker into the solar cell system.

Keyword: LDR, microcontroller, VSD, motor AC, solar cell, solar tracker, photovoltaic, fuzzy logic

1 Pendahuluan

Sumber energi yang tidak terbarukan, seperti minyak bumi dan batu bara, jika dikonsumsi terus menerus akan semakin tipis dan kemudian habis tak bersisa. Oleh karena itu, diperlukan sumber energi alternatif yang dapat dipergunakan dalam jangka waktu yang lebih panjang. Salah satu sumber energi alternatif yang dapat dimanfaatkan adalah energi matahari. Dengan melakukan pelacakan pada sinar matahari, modul pemanen energi matahari dapat bergerak mengikuti pergerakan matahari. Dengan demikian diharapkan energi listrik yang dihasilkan meningkat jumlahnya. Langkah penelitian ini terdiri dari :

1. studi literatur mengenai perangkat lunak (Arduino, Proteus ISIS dan ARES), teori logika fuzzy dan komponen-komponen yang akan digunakan (LDR, motor AC, panel surya dan VSD).
2. perancangan skematik dan pemrograman.
3. perakitan dan pengujian di labroatorium.

2 Teori dasar

2.1 Instrument yang Digunakan

Instrument yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Panel Surya (Panel Photovoltaik)

Panel surya adalah suatu panel yang terdiri dari kumpulan sel surya berfungsi merubah energi cahaya menjadi energi listrik dengan memanfaatkan efek photovoltaik.

2. LDR (Light Dependent Resistor)

LDR memiliki resistansi yang berkurang seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya yang mengenai permukaannya. Digunakan sebagai sensor cahaya.

3. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah suatu perangkat kendali yang dapat menerima masukan berupa input analog, mengubahnya menjadi sinyal digital, kemudian memprosesnya dalam modul mikroprosesor yang telah terprogram, dan memberikan keluaran berupa output digital.

4. Motor Induksi

Motor induksi adalah motor AC yang mana kekuatan pada rotor diperoleh dari induksi elektromagnetik. Berdasarkan fasa, motor AC induksi terbagi menjadi 2 jenis, yaitu motor AC induksi tiga fasa dan satu fasa.

5. VSD (Variable Speed Driver)

Variable speed driver mengubah frekuensi tegangan masukan dari jala-jala PLN menjadi frekuensi yang kita inginkan. Terdiri dari rangkaian penyearah dan pembalik.

6. Relay

Relay berfungsi sebagai switcher yang digerakan dengan menggunakan induksi elektromagnetik pada bagian coil.

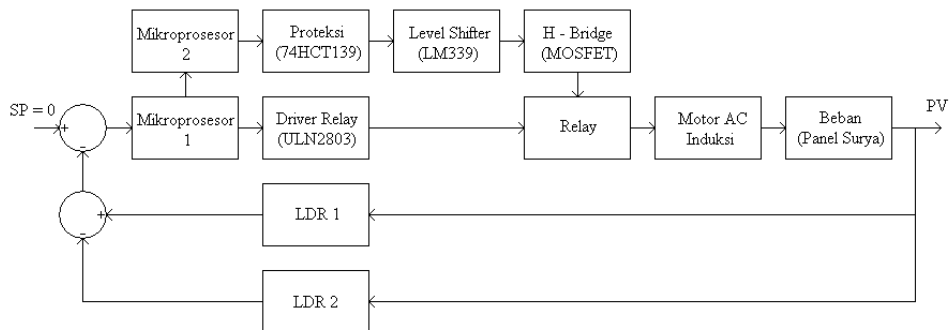
2.2 Logika Fuzzy

Logika Fuzzy adalah logika ambiguitas, dimana nilai benar dan salah berada diantara angka 1 dan 0 sesuai dengan bobot keanggotaannya. Logika fuzzy digunakan untuk menterjemahkan suatu besaran yang diekspresikan dengan menggunakan bahasa (linguistik). Pada penelitian ini, logika fuzzy dimanfaatkan untuk mengatur kecepatan motor induksi secara dinamis.

3 Perancangan Pelacak Surya

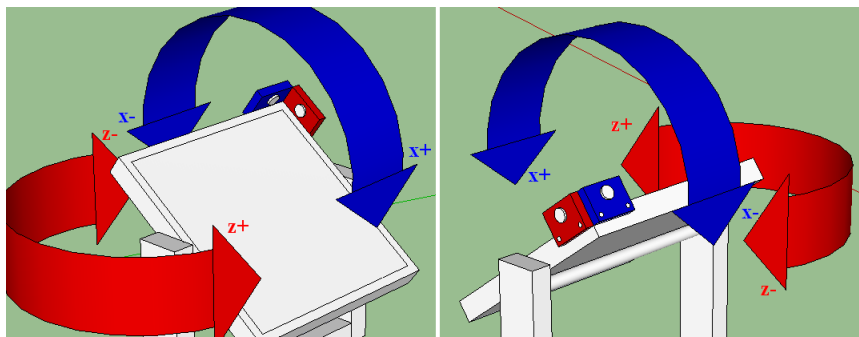
3.1 Skema Fungsional

Blok diagram sistem pelacak surya yang dibuat pada penelitian ini, ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Blok diagram sistem pelacak surya

Alat pelacak surya yang dirancang pada penelitian ini pada prinsipnya memanfaatkan selisih resistansi antar pasangan LDR di masing-masing permukaan plat yang dipasang tegak lurus dengan panel surya. Posisi pemasangan LDR pada panel surya ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Rancangan penggerak panel surya

Secara teori, cahaya akan berada tegak lurus dengan panel surya jika resistansi pada sepasang LDR sama. Namun karena LDR tidak dapat menghasilkan tegangan dan mikrokontroler hanya menerima masukan tegangan, LDR dirangkai menggunakan rangkaian pembagi tegangan dengan rumus:

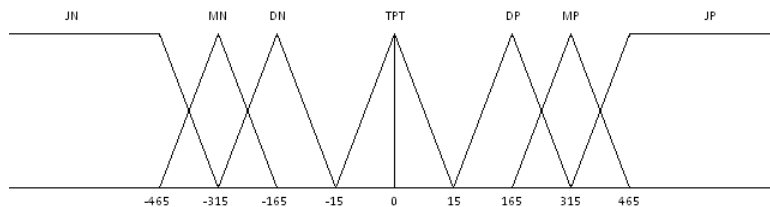
$$V_o = \frac{R_{refrensi}}{R_{LDR} + R_{refrensi}} * 5V \quad (1)$$

Dalam kondisi setimbang, selisih tegangan pada kedua LDR akan bernilai konstan 0V. Namun pada kondisi nyata, sering terjadi fluktuasi tegangan, sehingga tidak mungkin mendapat nilai 0 konstan. Kondisi ini kemudian diatasi dengan memberikan rentang

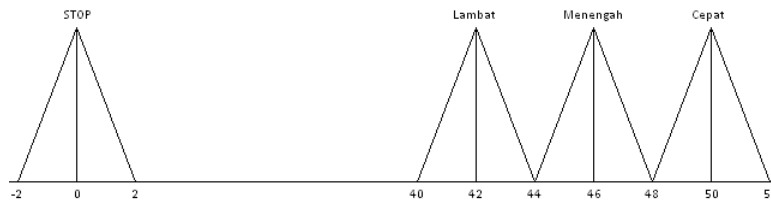
toleransi pada nilai pembacaan selisih tegangan. Hasil perhitungan selisih tegangan kemudian di olah menjadi frekuensi dengan menggunakan aturan logika fuzzy.

3.2 Perancangan Program

Perubahan dinamis pada kecepatan motor mengikuti salah satu metode logika Fuzzy, yaitu Metode *Intuition* [2]. Grafik *membership function input* ditunjukkan pada gambar 3 dan grafik *membership function output* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 3 Membership function selisih pembacaan nilai LDR (input)



Gambar 4 Membership function frekuensi motor AC induksi (output)

Rule yang diimplementasikan adalah sebagai berikut:

1. If (input is JN) then (output is Cepat)
2. If (input is MN) then (output is Menengah)
3. If (input is DN) then (output is Lambat)
4. If (input is TPT) then (output is STOP)
5. If (input is DP) then (output is Lambat)
6. If (input is MP) then (output is Menengah)
7. If (input is JP) then (output is Cepat)

4 Hasil dan Analisis

Pada bagian ini, akan dicoba untuk membatasi masalah pada 3 aspek utama yaitu kecepatan motor, nilai efisiensi pada pelacak surya dibanding dengan panel surya pada posisi fix dan respon selisih tegangan keluaran LDR pada pengujian *open loop* dan *closed loop*.

4.1 Analisis Kecepatan Motor

Pada penelitian ini, modul motor akan dibiarkan berputar 90° kemudian dihitung waktu tempuhnya. Dari waktu tempuh tersebut didapat kecepatan sudut motor. Pengujian ini dilakukan pada tiap frekuensi uji, dengan pembebanan panel surya dan dengan tidak menggunakan pembebanan.

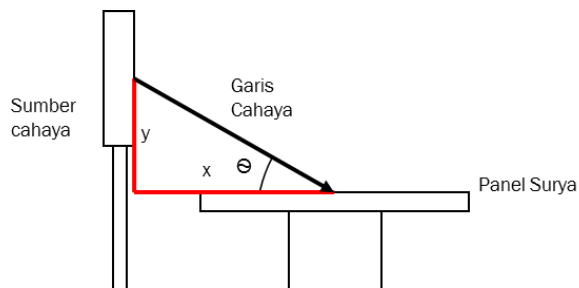
Tabel 1 Nilai kecepatan sudut dan ketidakpastian gabungannya pada setiap frekuensi

Parameter	40Hz		45Hz		50Hz	
	TB	B	TB	B	TB	B
Kecepatan sudut (derajat per detik)	2,72	2,54	2,97	2,81	3,34	2,96
Ketidakpastian gabungan	0,02	0,02	0,01	0,11	0,04	0,05

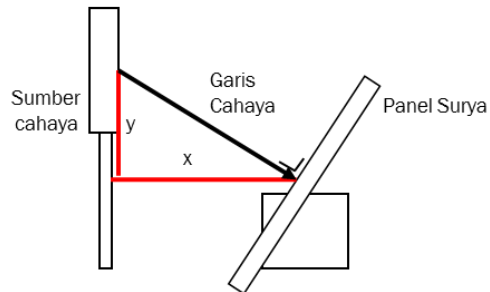
Waktu tempuh modul motor jika diberi beban lebih lama dibanding tanpa diberi beban. Ini dikarenakan bertambahnya beban akan memperbesar kopel motor sehingga slip antara medan putar stator dan putaran rotor pun akan bertambah besar dan mengakibatkan putaran rotor cenderung menurun [3].

4.2 Analisis Efisiensi Daya

Untuk menghitung efisiensi daya pelacak surya, pada penelitian ini dilakukan dengan 2 buah langkah percobaan. Pertama, panel surya dibiarkan tegak lurus dengan garis normal lantai digambarkan pada Gambar 5. Kedua, sumber cahaya tersebut dilacak sehingga cahaya jatuh tegak lurus pada bidang normal panel surya digambarkan pada Gambar 6. Untuk menghitung daya, diukur nilai tegangan dan arus yang dihasilkan oleh panel surya pada 2 langkah tersebut.



Gambar 5 Pengukuran efisiensi langkah 1



Gambar 6 Pengukuran efisiensi langkah 2

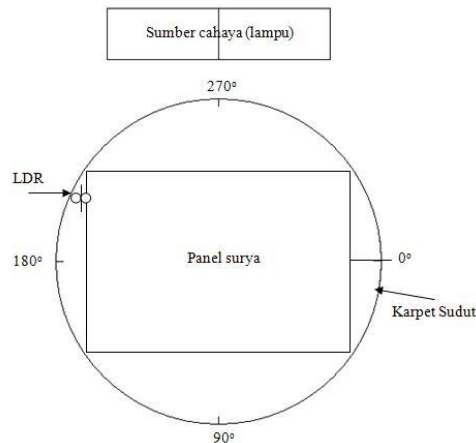
Tabel 2 Hasil pengukuran efisiensi daya

Parameter	X		
	1.5 meter	2 meter	2.5 meter
Langkah 1			
Tegangan (V)	7,60	5,90	3,78
Arus (mA)	3,24	1,19	0,70
Daya (mW)	24,62	7,02	2,65
Intensitas (lux)	98,00	53,00	31,00
Sudut (derajat)	30,11	23,51	19,19
Langkah 2			
Tegangan (V)	10,69	9,67	8,84
Arus (mA)	7,25	4,90	3,48
Daya (mW)	77,50	47,38	30,76
Intensitas (lux)	254,00	169,00	118,00
Sudut (derajat)	68,23%	85,18%	91%

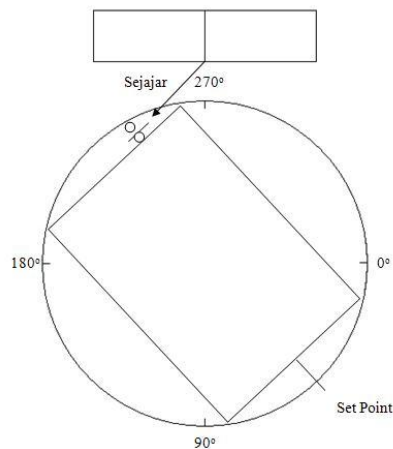
Ketika dilakukan pelacakan pada sumber cahaya, dapat dilihat pula peningkatan nilai daya yang signifikan dibandingkan dengan panel surya dalam posisi tetap (menghadap keatas). Ini menunjukkan bahwa nilai daya yang terkonversi dipengaruhi oleh *cosinus* titik jatuh cahaya terhadap garis normal panel surya.

4.3 Karakteristik Dinamik

Pada penelitian ini, diinginkan karakteristik respon sistem solar traker pada setiap delta sudut dari sudut referensi (set point). Gambar 7 menunjukkan skema panel surya, sumber cahaya, LDR dan karpet sudut untuk mengukur delta sudut dan set point. Karena LDR diletakkan disisi panel surya sejauh 3 cm dari sudut panel, maka posisi set point panel akan membentuk sudut 23° terhadap sumbu 0° sesuai dengan Gambar 8.



Gambar 7 Perancangan pengujian panel surya

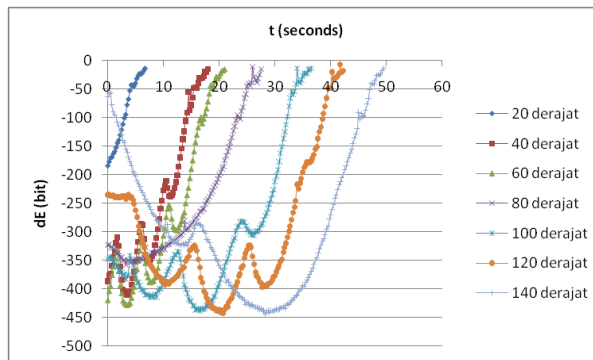


Gambar 8 Posisi set point pertama

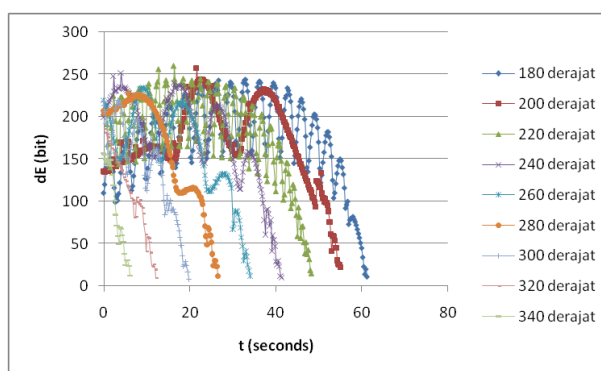
Untuk karakteristik dinamik dilakukan 2 pengujian, yaitu *open loop* dan *closed loop*.

5.1.1 Pengujian Open Loop

Pengujian *open loop* adalah pengujian tanpa mengontrol parameter sistem dan sistem dibiarkan berjalan begitu saja hingga mencapai nilai set point. Pada pengujian *open loop*, frekuensi keluaran VSD ke motor AC dibuat konstan dengan nilai 45 Hz. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 9 dan Gambar 10.



Gambar 9 Respon *open loop* berlawanan putaran jarum jam

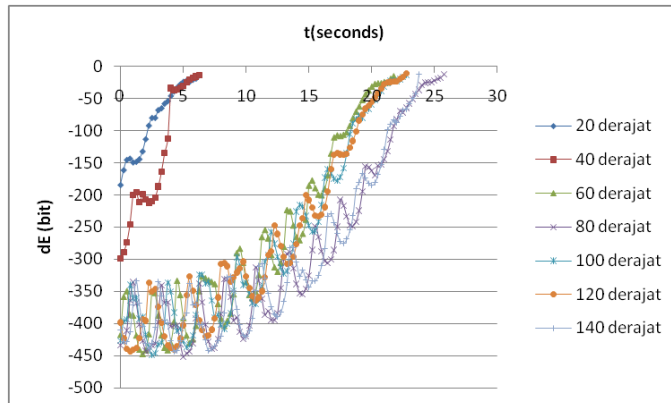


Gambar 10 Respon *open loop* searah putaran jarum jam

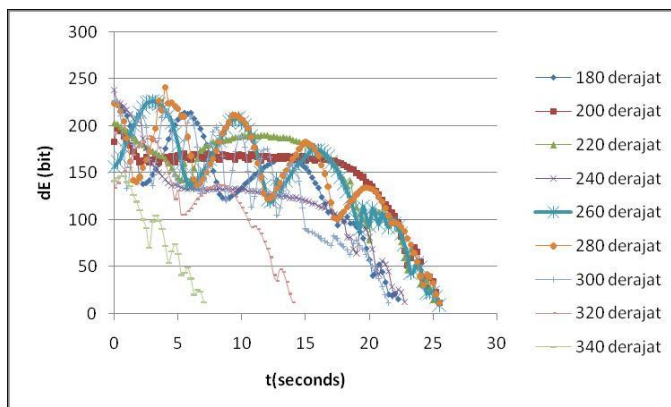
Pada Gambar 10 respon gerak searah putaran jarum jam, kembali tidak terjadi anomali pada waktu tempuh, namun respon dE pada 180 dan 220 derajat bergoyang dengan ekstrim. Menurut pengamatan, modul motor AC induksi yang searah putaran jarum jam mengalami lonjakan pada start.

5.1.2 Pengujian Closed Loop

Pengujian *closed loop* adalah pengujian dengan mengontrol parameter sistem secara dinamis hingga sistem tersebut mencapai nilai set point. Pada penelitian ini, parameter yang di kontrol adalah kecepatan motor AC induksi yang di kontrol melalui VSD dengan mengikuti aturan logika fuzzy yang telah dirancang. Hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11 Respon *closed loop* berlawanan putaran jarum jam



Gambar 12 Respon *closed loop* searah putaran jarum jam

Terlihat pada Gambar 12 terjadi anomali waktu. Anomali waktu disebabkan oleh perubahan nilai frekuensi keluaran VSD dan stabilitas motor. Pada gambar 11 berlawanan arah putaran jarum jam, nilai selisih tegangan mulai tidak bergoyang pada nilai 150 ke atas. Ini dikarenakan pada masukan 42 Hz motor tidak bergetar dengan keras.

5 Kesimpulan

Sistem yang telah dirancang berhasil melacak sumber cahaya berupa lampu halogen, namun belum dilakukan pelacakan dengan sumber cahaya matahari. Namun demikian, perubahan nilai frekuensi keluaran sistem VSD yang telah dirancang berhasil mengikuti logika Fuzzy. Pada sistem ini secara garis besar, respon *closed loop* dengan menggunakan logika Fuzzy lebih cepat dibanding *open loop* walaupun memiliki nilai pembacaan yang lebih bergoyang. Perhitungan efisiensi energi dari sumber cahaya di laboratorium pada panel surya setelah dilakukan pelacakan meningkat signifikan berkisar di nilai 68,23% hingga 91% untuk sudut pelacakan 30,11 derajat hingga 19,19 derajat. Hasil ini belum melibatkan perhitungan konsumsi daya motor.

6 Referensi

- [1] Fraden, J. 2004. *Handbook of Modern Sensors Third Edition Physics, Design, and Application*
- [2] Ross, T.J. 1997. *Fuzzy Logic With Engineering Applications*. International Editions
- [3] Zuhail. 1988. *Dasar Teknik Tenaga Listrik dan Elektronika Daya*. Jakarta: PT Gramedia