

Desain dan Implementasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) menggunakan Topologi Sepic Pada Solar Panel dengan Metode P&O

Ilham Akbar Perdana¹, Denda Dewatama², Subiyantoro³

[Submission: 25-07-2021, Accepted: 31-07-2021]

Abstract— Solar energy is an unlimited source of energy, this energy can be used as an alternative energy that can be converted into electrical energy. Solar panels can be used by people who need electrical energy that is taken directly from the sun. Solar panel is a device that converts sunlight energy into electrical energy using the photovoltaic effect process. Solar panels need a converter that can change the voltage so that it can be used by other electronic goods. One of the converters is the Sepic Converter which can change the voltage and then channel it to the battery as a power storage medium. This system uses the Maximum Power Point Tracker (MPPT) Perturb and Observe (P&O) method to optimize the solar energy obtained. This system has a voltage reading error of 25.28%, a current reading of 1.55%. For MPPT P&O testing, Input 22.8V and 1.88mA, Output 14.3V and 2.2mA.

Keyword : Solar Energy, Sepic Converter, MPPT, P&O

Intisari— Energi Surya merupakan sumber energi yang tidak terbatas, energi ini dapat di manfaatkan sebagai energi alternatif yang dapat diubah menjadi energi listrik. Solar panel dapat dimanfaatkan oleh masyarakat yang memerlukan energi listrik yang di ambil langsung dari sinar matahari. Solar panel merupakan sebuah perangkat yang mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik dengan proses efek fotovoltaic. Solar panel membutuhkan sebuah Converter yang dapat mengubah tegangan sehingga dapat digunakan oleh barang elektronik lainnya. Salah satu Converternya adalah Sepic Converter yang dapat mengubah tegangan kemudian di salurkan menuju Aki sebagai media penyimpanan daya. Sistem ini menggunakan metode Maximum Power Point Tracker (MPPT) Perturb and Observe (P&O) untuk mengoptimalkan energi matahari yang diperoleh. Sistem ini mempunyai error pembacaan tegangan 25,28%, Pembacaan arus 1,55%. Untuk pengujian MPPT P&O, Input 22,8V dan 1,88mA, Output 14,3V dan 2,2mA.

Kata kunci – Solar Panel, Sepic Converter, MPPT, P&O.

I. PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan Bakar Minyak (BBM) memegang posisi yang sangat dominan dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional. Tidak dapat dipungkiri bahwa produksi minyak bumi Indonesia mengalami penurunan akibat adanya penurunan secara alamiah dan semakin menipisnya cadangan[1].

Tenaga surya berupa radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ke bumi berupa cahaya matahari yang terdiri atas partikel energi surya yang dikonversikan menjadi energi listrik. Rata-rata nilai dari radiasi surya atmosfer bumi adalah 1.353 W/m yang dinyatakan sebagai konstanta surya. Intensitas radiasi surya dipengaruhi oleh waktu siklus perputaran bumi, kondisi cuaca meliputi kualitas dan kuantitas awan, pergantian musim dan posisi garis lintang. Intensitas radiasi sinar matahari di Indonesia berlangsung 4-5 jam per hari[2]. Untuk memperoleh tegangan listrik yang besar diperlukannya beberapa sel surya yang tersusun secara seri agar cukup untuk digunakan mengisi daya baterai aki 12V, Untuk memperoleh tegangan output yang lebih besar maka menggunakan lebih banyak sel surya sehingga gabungan dari sel surya disebut Panel Surya.

Susunan panel surya sekitar 10 – 20 panel surya [3]. Perbedaan SEPIC Converter dengan yang lain yaitu menggunakan dua induktor dan dua kapasitor sehingga memiliki keunggulan yaitu berupa masukan dan keluaran memiliki polaritas yang sama. SEPIC Converter dapat beroperasi sebagai mode *step-up* dan mode *step-down*, dikarenakan sistem SEPIC konverter adalah *non linier*[4]. Dengan memodifikasi SEPIC Converter maka dapat menaikkan tegangan output, Sehingga dengan menggunakan

p-ISSN: 2356-0533; e-ISSN: 2355-9195

¹Mahasiswa, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail: akbarperdanai03@gmail.com

^{2, 3}Dosen, Program Studi D-IV Teknik Elektronika Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang, Jln. Soekarno Hatta no. 9 Malang. e-mail: denda.dewatama@polinema.ac.id, subiyantoro@polinema.ac.id



SEPIC Converter maka diharapkan mendapatkan tegangan output yang tinggi[5].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Desain dan Implementasi MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) dengan dengan memanfaatkan DC/DC tipe *SEPIC* dapat memaksimalkan daya yang dihasilkan oleh generator termoelektrik. Disamping itu generator termoelektrik akan menjadi terobosan sumber energi alternatif dengan hanya memanfaatkan energi panas gas buang[6]. Perbandingan daya keluaran system PV dengan dan tanpa menggunakan MPPT berbasis P&O dengan variasi iradiasi dilakukan dengan variasi beban 20 sampai 80 ohm. Serta nilai variasi iradiasi yang digunakan adalah 500, 700 dan 900 W/m²[7]. Keunggulan dari desain *Converter* ini adalah mengkonversi tegangan tinggi, *input continuous* arus dan tegangan rendah dari *switching*-nya. Menggunakan induktor untuk meningkatkan penguatan tegangan. Energi yang tersimpan didalam induktansi digabungkan kemudian di daur ulang melalui rangkian penjepit.[8].

A. Sel Surya (*Photovoltaic*)

Solar cell adalah salah satu *supply energy* listrik alternatif yang mampu mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik. *Solar cell* menghasilkan tegangan *output* dengan nilai yang berubah-ubah sesuai dengan intensitas cahaya yang jatuh pada permukaannya. *Solar cell* akan menghasilkan tegangan maksimum saat intensitas cahaya yang jatuh pada permukaan *solar cell* maksimal. Perubahan nilai tegangan ini akan menghambat sistem *charging* baterai apabila *solar cell* langsung langsung dihubungkan dengan baterai. Pada saat tegangan mencapai nilai maksimum, arus pengisian baterai bisa melebihi arus pengisian yang dibutuhkan, hal ini dapat memperpendek usia pemakaian dari baterai. Begitu juga saat tegangan *output solar cell* turun, maka pengisian tidak dapat berlangsung[9]. Prinsip kerja sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor p-n junction. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor doping-n dan doping-p yang membentuk p-n junction, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe-n. Medan elektrik yang terjadi pada keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p. Pada proses ini telah terbentuk p-n junction. Dengan menambahkan kontak logam pada area p dan n maka telah terbentuk diode[10].

B. Sensor Arus ACS712

Teknologi efek ruang (*hall effect*) yang diterapkan oleh perusahaan Allegro menggantikan resistor pelangsir dan

transformator arus menjadi sebuah sensor yang mampu mengukur arus. Istilah *Hall Effect* dikenal setelah Edwin H. Hall (1855-1938) menemukan bahwa jika arus listrik mengalir melalui penghantar yang ditempatkan pada garis lintang medan magnet yang kuat, akan menghasilkan beda potensial yang melewati penghantar pada kedua sudut penghantar itu. Sensor Efek Ruang (*Hall Effect Sensor*) adalah suatu transduser yang dapat mengubah besaran medan magnet menjadi besaran listrik yaitu berupa tegangan. Jenis sensor ini dalam pengoperasiannya untuk mendeteksi kedekatan, keberadaan atau ketiadaan medan magnet dari objek[11].

C. Sensor Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan biasanya digunakan untuk membuat suatu tegangan referensi dari sumber tegangan yang lebih besar, titik tegangan referensi pada sensor, untuk memberikan bias pada rangkaian penguat atau untuk memberi bias pada komponen aktif. Rangkaian pembagi tegangan pada dasarnya dapat dibuat dengan 2 buah resistor, contoh rangkaian dasar pembagi tegangan dengan *output VO* dari tegangan sumber *VI* menggunakan resistor pembagi tegangan *R1* dan *R2*. Rangkaian dasar pembagi tegangan dari rangkaian pembagi tegangan dapat dirumuskan tegangan *output VO*. Arus (*I*) mengalir pada *R1* dan *R2* sehingga nilai tegangan sumber *VI* adalah penjumlahan *VS* dan *VO*.

D. Arduino Uno

Arduino Uno sebuah sistem komputer fungsional dalam sebuah *chip*. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori, dan perlengkapan *input* dan *output*. Arduino Uno adalah sebuah *board mikrokontroler* yang berbasis ATmega328. Arduino memiliki 14 pin *input/output* yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*, 6 analog *input*, Kristal isolator 16 MHz, koneksi USB, *jack power*, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mampu men-*support* mikrokontroler dapat dikoneksikan dengan komputer. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mengsuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

E. SEPIC Converter

Sinyal *switching PWM* untuk *trigger* penyakelaran MOSFET dihasilkan dengan menggunakan Arduino Uno, yang mana sinyal *switching PWM* tersebut memiliki amplitudo sebesar ± 5 volt. Pada konverter diberikan kontroller PI yang berfungsi untuk menjaga nilai tegangan keluaran agar tetap konstan ketika tegangan masukannya berubah[12]. Konverter Topologi SEPIC termodifikasi merupakan



konverter topologi SEPIC konvensional yang topologinya dimodifikasi sedemikian rupa sehingga diperoleh gain tegangan keluaran yang lebih tinggi dari topologi SEPIC konvensional. Konverter ini terdiri dari beberapa komponen, antara lain induktor L1, induktor L2, kapasitor Cs, kapasitor Cm, sakelar Q, dioda Dm, dioda Do, kapasitor Co, dan beban resistif Ro. Modifikasi didapatkan dengan menambah dua komponen, yaitu dioda Dm dan kapasitor Cm. Dengan berubahnya topologi rangkaian, maka terjadi perubahan mode operasi[12]. Untuk menghitung nilai komponen dari konverter dapat menggunakan persamaan berikut.

Persamaan untuk menentukan nilai output :

$$D = \frac{V_{out} + V_D}{V_{in} + V_{out} + V_D} \quad (1)$$

Persamaan untuk menentukan nilai Induktor :

$$L_1 = L_2 = \frac{V_{min}(V_D)}{\Delta I_{max} F} \quad (2)$$

Persamaan untuk menentukan nilai kapasitor :

$$C = \frac{I_{out} + D}{V_{rip} \times 0,5 \times F} \times 2,4 \quad (3)$$

F. *Liquid Crystal Display (LCD)*

Salah satu jenis LCD adalah LM004L merupakan modul LCD dengan tampilan 16x2 (16 kolom x 2 baris) dengan konsumsi daya rendah. Modul LCD terdiri dari sejumlah memori yang digunakan untuk *display*. Semua teks yang kita tuliskan ke modul LCD disimpan dalam memori dan modul LCD secara berurutan membaca memori untuk menampilkan teks ke modul LCD. Alamat awal karakter adalah 00H dan alamat akhir adalah 39H untuk baris pertama. Jadi, alamat awal pada baris kedua dimulai dari 40H. jika ingin meletakkan suatu karakter pada baris kedua kolom pertama, maka harus diatur pada alamat 40H.

G. *Battery (ACCU/AKI)*

Ada beberapa jenis baterai / aki di pasaran yaitu jenis aki basah/ konvensional, hybrid dan MF (*Maintenance Free*). Aki basah/konvensional berarti masih menggunakan asam sulfat dalam bentuk cair. Sedangkan aki MF sering disebut juga aki kering karena asam sulfatnya sudah dalam bentuk gel/selai. Aki konvensional juga kandungan timbalnya (Pb) masih tinggi sekitar 2,5% untuk masing-masing sel positif dan negatif. Sedangkan jenis *hybrid* kandungan timbalnya sudah

dikurangi menjadi masing-masing 1,7%, hanya saja sel negatifnya sudah ditambahkan unsur Calcium. Sedangkan aki MF / aki kering sel positifnya masih menggunakan timbal 1,7% tetapi sel negatifnya sudah tidak menggunakan timbal melainkan Calcium sebesar 1,7%.

H. *Maximum Power Point Tracking (MPPT)*

Maximum Power Point Tracker adalah suatu metode untuk mencari *point* (titik) maksimum dari kurvakarakteristik daya dan tegangan *input* (P-V) pada aplikasi panel surya. Sistem *Maximum Power Point Tracker* (MPPT) dengan bantuan konverter dc-dc digunakan untuk mengatur besarnya tegangan keluaran pada panel surya, agar dapat memaksa panel surya memperoleh daya maksimum pada berbagai tingkat intensitas cahaya. Dengan menganalisa masukkan sumber hasil konversipanel surya dan memanfaatkan kemampuan kapasitas puncak dari karakteristik panel, diharapkan efisiensi daya keluaran ke beban dapat maksimum[13].

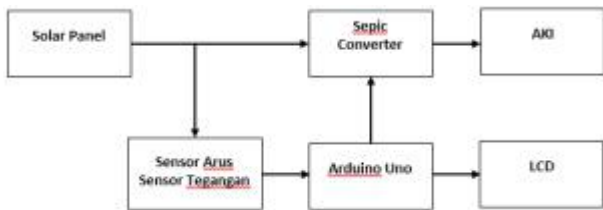
I. *Perturbation & Observation (P&O)*

Proses awal adalah membaca arus dan tegangan untuk menghitung daya yang didapatkan. Setelah mendapatkan nilai daya, algoritma akan membandingkan daya sekarang dan sebelumnya dilanjutkan dengan membandingkan tegangan dan arus sekarang serta sebelumnya. Perbandingan daya, tegangan, dan arus saat slope lebih dari nol ataupun kurang dari nol akan direspon dengan mengubah nilai *duty cycle* konverter yang digunakan. Dengan demikian modifikasi penambahan *duty cycle* dengan hubungan perubahan daya dan tegangan yang terukur[14]. Modifikasi P&O pada perbandingan perubahan arus untuk setiap pengambilan data pada sensor arus, dimana perubahan arus akan mengubah parameter dari nilai *duty cycle* yang disesuaikan dengan level irradiansi yang di terima oleh panel surya melalui nilai besarnya tegangan dan daya. Perubahan irradiansi mengakibatkan adanya perbedaan nilai MPP, sehingga harus ada kenaikan atau pengurangan *duty cycle* untuk menyelesaikan kondisi irradiansi[14].

III. METODE PENELITIAN

A. *Diagram Blok*





Gambar 1. Diagram Blok

Solar panel mengeluarkan nilai tegangan dan arus yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi sinar matahari dan bebannya yang diterima oleh panel surya. Panel surya yang digunakan adalah *Polycrystalline* 100 WP dengan range tegangan maksimal 21.8 Volt dan arus 6.05 Ampere. Tegangan dan Arus dari solar panel di baca oleh Sensor Arus (ACS712) dan Sensor Tegangan kemudian data tersebut masuk ke Mikrokontroler yang kemudian data tersebut digunakan mengontrol PWM yang terdapat di dalam Mikrokontroler. Dan dari solar panel menuju ke rangkaian *Sepic Converter* yang akan bekerja untuk mengontrol tegangan masukan yang menuju ke AKI. Sebagai *Output Display* menggunakan LCD 16x2 untuk menunjukkan data tegangan dan arus yang di baca oleh Sensor Arus dan Sensor Tegangan.

B. Perancangan Mekanik

Pada perancangan Mekanik dalam penelitian ini, menggunakan besi persegi sebagai tiang penyangga solar panel dan panel box sebagai tempat mikrokontroler, *Sepic Converter*, Sensor Arus, Sensor Tegangan dan AKI.



Gambar 2. Mekanik Alat

C. Perancangan Sensor Arus ACS712

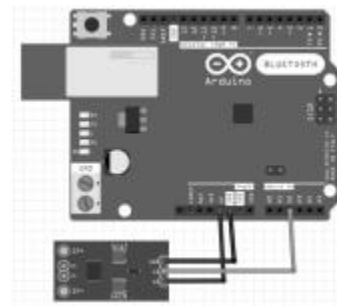
Sumber Energi menggunakan solar panel 100 WP dengan spesifikasi arus maksimal keluaran sebesar 6.05A maka dipilihlah sensor arus ACS712 karena sensor arus ACS712 dapat mengukur arus hingga 30A. Sensor Arus

ACS712 berfungsi sebagai alat ukur arus pada keluaran solar panel dan ditampilkan pada LCD sekaligus sebagai *feedback* kontrol rangkaian. Berikut susunan kabel dari sensor arus yang menuju Arduino :

VCC = pin 5V arduino (merah)

GND = pin ground arduino (hitam)

OUT = pin analog A2 (biru)



Gambar 3. Perancangan Sensor Arus ACS712

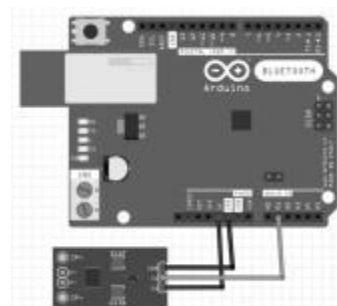
D. Perancangan Sensor Tegangan

Solar panel yang digunakan 100 WP dengan spesifikasi tegangan maksimal keluaran sebesar 21.8V oleh sebab itu dipilihlah sensor tegangan karena sensor tegangan yang digunakan dapat mengukur tegangan hingga 30V. Sensor tegangan berfungsi sebagai alat ukur tegangan pada keluaran dari solar panel dan menampilkan datanya pada LCD dan juga sebagai *feedback* kontrol rangkaian. Berikut susunan kabel dari sensor tegangan yang menuju Arduino :

VCC = pin 5V arduino (merah)

GND = pin ground arduino (hitam)

OUT = pin analog A1 (biru)



Gambar 4. Perancangan Modul Sensor Tegangan

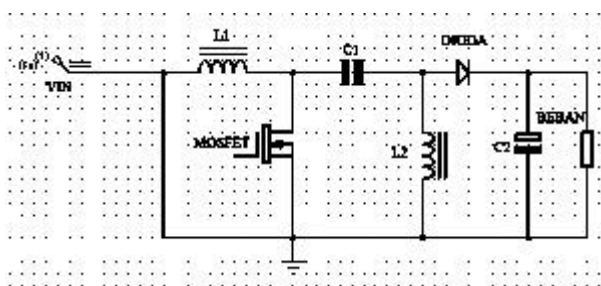


E. Perancangan SEPIC Converter

SePIC Converter dapat menjadikan tegangan output lebih besar ataupun lebih kecil dari tegangan input berdasarkan frekuensi switching dari Mosfet yang digunakan. Dalam mendisain SePIC Converter diperlukan beberapa parameter.

TABEL I
PARAMETER

Tegangan sumber (Vin)	15 – 24 V
Tegangan keluaran (Vout)	14 V
Arus keluaran (Iout)	2 A
Frekuensi (F)	31 KHz
Arus ripple / ΔIo	0,5 A
Vp / Vdioda	0,7 V



Gambar 5. Perancangan Sepic Converter

Setelah menentukan paramaternya, selanjutnya memasukan nilai parameter kedalam persamaan :

Untuk menentukan nilai duty cycle menggunakan persamaan

$$D_{min} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{I Nmin} + V_{out} + V_D}$$

$$D_{min} = \frac{14 + 0.7}{15 + 14 + 0.7} = 0,49 = 49\%$$

(4)

$$D_{min} = \frac{V_{out} + V_D}{V_{I Nmax} + V_{out} + V_D}$$

$$D_{min} = \frac{14 + 0.7}{25 + 14 + 0.7} = 0,49 = 37\%$$

Untuk menentukan nilai dari Induktor menggunakan persamaan

$$L_1 = L_2 = L = \frac{V_{min}(V_D)}{\Delta I_{max} F}$$

$$L = \frac{15 \times 37}{0.5 \times 310000} \quad (5)$$

$$L = 0,0035H = 35mH$$

Untuk menentukan nilai dari Kapasitor menggunakan persamaan

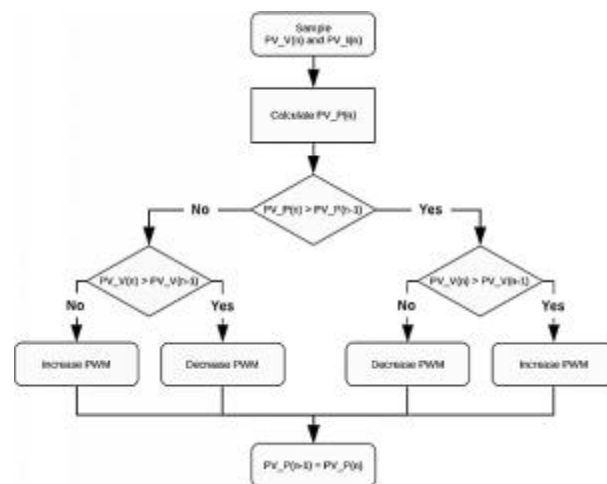
$$C = \frac{I_{out} + D_{min}}{V_{rip} \times 0,5 \times F}$$

$$C = \frac{2 \times 0,49}{0,1 \times 0,5 \times 31000} \quad (6)$$

$$C = 0.00063F = 630uF$$

F. Perancangan Perturb and Observe (P&O)

Metode *perturb and observe* (P&O) merupakan metode yang bekerja dengan cara membandingkan nilai daya yang didapat sekarang dengan nilai daya yang sebelumnya. Daya yang diukur adalah daya masukan sehingga perlu mengambil data dari sensor arus dan sensor tegangan dari sumber atau PV yang digunakan unntuk diolah mikrokontroler. Daya yang didapat akan dibandingkan, maka nilai *duty cycle* akan disesuaikan untuk mendapatkan titik MPPT.



Gambar 6. Flowchart P&O

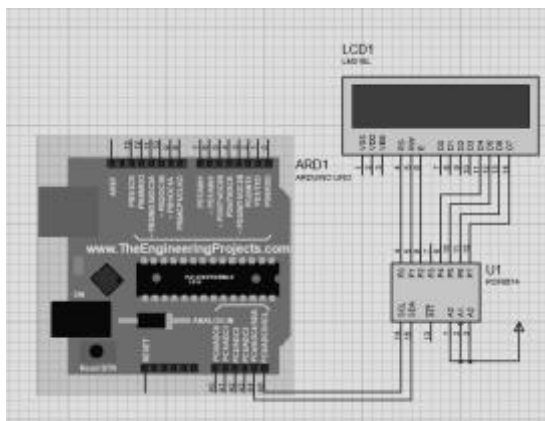
Dari *flowchart* algoritma P&O maka akan direalisasikan kedalam bentuk program bahasa C arduino. Program P&O



akan berada di fungsi void loop() agar program berjalan terus menerus sehingga dicapai keluaran yang diinginkan.

G. Perancangan LCD

Perancangan LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan pembacaan sensor arus, sensor tegangan dan PWM *bidirectional converter*. Pin LCD 16x2 akan dihubungkan dengan pin Arduino Uno dengan memanfaatkan I2C sehingga pin yang digunakan merupakan pin SDA dan SCL. Pada Arduino Uno pin tersebut memanfaatkan 2 pin *analog*, *ground* dan VCC.



Gambar 7. Perancangan LCD 16x2

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan pembahasan mengenai pengujian alat. Pengujian alat ini mencakup pengujian secara keseluruhan yaitu pengujian mengenai kinerja sistem dan pengujian integerasi antara blok rangkaian. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sistem bekerja dengan baik dan sesuai yang diharapkan.

A. Pengujian Sensor Ultra Sonic



Gambar 16. Percobaan Sensor Ultra Sonic

Hasil pengujian jarak sensor HCSR04 menggunakan penggaris dan hasil pengolahan data HCSR04 yang

ditampilkan dengan bantuan LCD. Hasil pengujian sensor jarak HCSR04 dengan beberapa jarak yang diukur didapat hasil sebagaimana tabel 1:

TABEL 1
PENGUJIAN JARAK HCSR04

No	Jarak (cm)	Hasil ukur (LCD)	% Error
1	10,2	10cm	1,96
2	15,4	15cm	2,5
3	24	24cm	0
4	30	30cm	0
5	50,2	50cm	1,96
6	100	100cm	0

Berdasarkan perhitungan dan hasil pengujian sebagaimana Tabel 1, hasil yang didapat sesuai dengan pengukuran dan pembacaan LCD, namun pada pengukuran beberapa jarak didapat error pada hasil pengukuran dan pembacaan. Toleransi error pada pengukuran dirumuskan sebagai berikut :

$$Error = \frac{Hasil_Ukur - jarak_ukur}{Jarak_ukur} \times 100\%$$

(3)

Dari hasil pengujian sebagaimana tabel 1 didapat hasil pembacaan data menggunakan software yang ditampilkan pada LCD. Hasil pengujian tersebut mempunyai selisih namun tidak terlampau jauh. Hal ini disebabkan karena faktor pembiasan suara (*bursting*) dalam pengukuran jarak sensor HCSR04 sangat bergantung pada media yang menghalangi pancaran gelombang ultrasoniknya tersebut sehingga didapat nilai pembacaan sebagaimana table 1. dikarenakan hasil pengujian yang didapat mempunyai toleransi error yang sedikit, maka sensor HCSR04 tersebut masih dinyatakan bekerja dengan baik dalam melakukan pengukuran.

B. Pengujian Rangkaian Driver Motor DC

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah sensor rotary encoder dapat bekerja dengan baik. Pengujian dilakukan dengan mengatur nilai set point melalui program pada mikrokontroller yang selanjutnya melihat dan membandingkan besar kecepatan motor yang terlihat pada LCD dengan pembacaan pada tachometer. Dengan menggunakan tachometer sebagai pembanding maka error sensor dapat diketahui. Sensor rotary encoder terdiri dari 4 buah pin yaitu Vcc, Gnd, D0, dan A0. Pin D0 dari sensor



rotary encoder dihubungkan dengan pin dari mikrokontroler (PORT D2).

TABEL 2.
 TABEL HASIL PENGUJIAN SENSOR KECEPATAN

Sensor(rpm)	Tachometer RPM	Error (%)
500	496	-8.06
550	549	-1.82
600	597	-5.02
650	649	-1.54
700	700	0
750	751	-1.001
800	802	2.4
850	850	0
900	905	5.52
950	950	0
1000	999	-1.001

C. Pengujian MOTOR DC

Untuk pengujian sensor kecepatan FC-03 maka diperlukannya proses kalibrasi sensor. Kalibrasi adalah kegiatan menentukan nilai kebenaran konvensional alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan standar ukur. Pengujian sensor kecepatan dapat dilakukan dengan tachometer. Dan juga pengujian ini bertujuan untuk mengetahui nilai error yang dihasilkan oleh pembacaan sensor kecepatan.



Gambar 17. Pengujian Motor DC

D. Hasil Pengujian

Dari pengujian yang telah dilakukan, maka diperoleh hasil bahwa rangkaian *driver* mampu dan layak digunakan untuk menggerakkan motor DC, seperti pada table 2 siklus pada saat input 0 (status OFF) , maka rpm yang di ukur adalah 0 dan pada saat Input 1 (Status ON) maka rpm yang terukur adalah 253.

TABEL 3.
 HASIL PENGUJIAN MOTOR DC

Input	Status	RPM Tachometer
0	OFF	0
1	ON	253

E. Pengujian Kontrol PID

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sistem kontrol PID. Pengujian ini menggunakan nilai $K_p = 0,14$, $K_i = 0,39$, dan $K_d = 3,9$. Untuk mengetahui performa sistem maka diperlukan analisa pada beberapa parameter kontrol Dalam pengujian ini ada beberapa parameter yang di ukur

1) Lonjakan Maksimum (*maksimum overshoot*)

Lonjakan maksimum (MO) adalah nilai puncak maksimum kurva tanggapan terhadap nilai pada keadaan tunaknya lonjakan maksimum dapat dinyatakan sesuai persamaan dibawah ini :

$$MO = \frac{y(tp) - y(\infty)}{y(\infty)}$$

(4)

2) Waktu Tunda (*delay time*)

Waktu tunda (t_d) adalah waktu yang dibutuhkan tanggapan untuk mencapai setengah nilai akhir yang pertama kali.

3) Waktu naik (*rise time*)

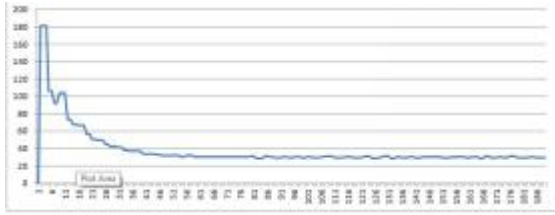
Waktu naik (t_r) adalah waktu yang diperlukan tanggapan untuk naik dari presentase 10%-90% dari nilai akhir

4) Waktu Penetapan (*setting time*)

Waktu penetapan adalah waktu yang diperlukan kurva tanggapan untuk mentapkan dalam daerah di sekitar nilai akhir yang ukurannya ditentukan dengan dengan presentase mutlak dari nilai akhir (biasanya 5% atau 2%).



Pengujian Pada *Set Point* 30 rpm



Grafik 3 Respon Output Sistem Dengan *Set-Point* 30 rpm

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan dari grafik grafik 3 di atas didapatkan beberapa parameter berikut. Dengan $T = \text{hasil} \times 200\text{ms} (0,2)$.

1. *Overshoot* (M_o)

Nilai *Overshoot* dari respon output di atas adalah:

$$M_o = \frac{\text{nilai puncak} - \text{set point}}{\text{set point}} \times 100\% \quad (5)$$

$$M_o = \frac{180 - 30}{30} \times 100\% = 500\%$$

2. *Delay time* (t_d)

Waktu tunda atau *Delay time* dari respon output di atas adalah:

$$t_d = \frac{1,2 \text{ detik}}{60 \text{ detik}} = 0,02 \text{ menit}$$

(6)

3. *Rise time* (t_r)

Waktu naik atau *Rise time* dari respon output di atas adalah:

$$t_r = \frac{6,2 \text{ detik}}{60 \text{ detik}} = 0,103 \text{ menit} \quad (7)$$

4. *Settling time* (t_s)

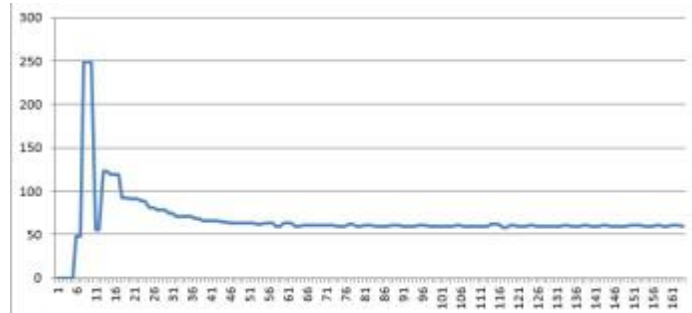
Settling time dari respon output di atas adalah:

$$t_s = \frac{12,2 \text{ detik}}{60 \text{ detik}} = 0,203 \text{ menit}$$

(8)

Dengan *Set-Point* sebesar 30 rpm didapatkan nilai *maximum overshoot* sebesar 500%, *delay time* sebesar 0,2 menit, *rise time* sebesar 0,103 menit, *settling time* sebesar 0,203 menit

Pengujian pada *Set Point* 60 rpm



Grafik 4. Respon Output Sistem dengan *Set-Point* 60 rpm

Dari hasil pengujian yang ditunjukkan dari grafik 4 di atas didapatkan beberapa parameter berikut. Dengan $T = \text{hasil} \times 200\text{ms} (0,2)$.

1. *Overshoot* (M_o)

Nilai *Overshoot* dari respon output di atas adalah:

$$M_o = \frac{250 - 60}{60} \times 100\% = 316\% \quad (9)$$

2. *Delay time* (t_d)

Waktu tunda atau *Delay time* dari respon output di atas adalah:

$$t_d = \frac{2,2 \text{ detik}}{60} = 0,037 \text{ menit} \quad (10)$$

3. *Rise time* (t_r)

Waktu naik atau *Rise time* dari respon output di atas adalah:

$$t_r = \frac{13,2 \text{ detik}}{60} = 0,22 \text{ menit} \quad (11)$$

4. *Settling time* (t_s)

Settling time dari respon output di atas adalah:

$$t_s = \frac{14,2 \text{ detik}}{60} = 0,24 \text{ menit} \quad (12)$$

Dari percobaan di atas, saat *Set-Point* dinaikkan menjadi 60 RPM didapatkan nilai *maximum overshoot* turun menjadi 316%, *delay time* bertambah menjadi sebesar 0,037 menit, *rise time* bertambah menjadi sebesar 0,22 menit, *settling time* bertambah menjadi 0,24 menit.



V. PENUTUP

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil pengujian perblok didapatkan nilai rata-rata *error* yang cukup tinggi hal ini dikarenakan ketika PID sudah berjalan sensor tidak mendeteksi adanya trek dan motor sedang dalam kondisi diam akan tetapi setelah MO yang tinggi maka akan berangsur – angsur menjadi stabil .
2. Dari hasil pengujian respon output sistem *open loop* didapatkan kurva S dengan nilai $L= 0,014$ detik dan $T= 0,18$ detik. Dengan menggunakan metode *Ziegler-Nichols* didapatkan nilai konstanta $K_p= 0,13888889$, $K_i= 0,385880247$, dan $K_d= 3,858802457$. Dengan nilai-nilai konstanta PID tersebut didapatkan performa sistem pada *set point* 60 RPM dengan nilai *Overshoot*=316%, *delay time*=0,037, *rise time*=0,22 menit, *settling time*=0,24.
3. Pada penelitian saat ini, respon sistem yang dihasilkan sangat tinggi tetapi bias menjadi setabil setelah program PID menyesuaikan dengan kondisi set point yang telah di tentukan
4. Hasil pergerakan obot masih kurang stabil karena adanya pergerakan yang cepat dari robot dan perbedaaan saat sensor garis keluar dari jalurnya sehingga sering terlihat seperti terguncang

Adapun saran yang bisa dilakukan untuk memperbaiki alat ini kedepannya ialah sebagai berikut:

Untuk menggunakan metode yang PID yang lebih sesuai karena dengan menggunakan metode zigle nicholes 1 masih memiliki banyak kendala.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutrisno, Meinanto Tri. 2016. Aplikasi Kontrol PID Untuk Mengendalikan Gerak Robot Pemanjat Tiang Pada Kontes Robot Abu Indonesia. Semarang : Universitas Dian Nuswantoro
- [2] Winoto, Ardi. 2008. Mikrokontroler AVR ATmega 8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada AVR. Bandung : Penerbit Informatika
- [3] Hakim, Lukman. (2012). Implementasi Perhitungan Posisi Robot Dengan FPGA Menggunakan Rotary Encoder. Jurusan Teknik Elektro. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh November
- [4] Aydan, Habib. 2015. Implementasi Kontrol PID pada Motor DC Sebagai Penggerak Robot Beroda 4wd Omni Wheels dengan Metode
- [5] Andrianto, M. (2014). Kendali Kecepatan Motor Direct Current (DC) Menggunakan Proportional Integral Derivative (PID) Controller Terhadap Beban. Malang: Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Malang

- [6] Yayan, I. B. Dalam Karim, S. 2013. Sensor dan Aktuator. Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Malang.
- [7] Dasar, Elektronika. 2012a. Prinsip Kerja Motor DC. elektronika-dasar.web.id (diakses tanggal 12 Januari 2020).
- [8] Ogata, Katsuhiko. 1997. Modern Control Engineering. Prentice-Hall International Edition
- [9] Jhonson, 2005. Process Control Instrumentation Technology. Prentice Hall. New Jersey

