

Perancangan Robot Pengantar Makanan Siap Saji

Ramadhan Kurniawa.A¹, Indrazno Siradjudin², Mila Fauziah³

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

Abstract— including for determining whether a restaurant is good depends on the service provided by the waiter to the customers, therefore developing a robot that can of delivering food assist the process the are be verry helped restaurant. This robot will use several main sensors such as proximity sensors and line sensors that make it biased to adjust to the conditions of the restaurant either in crowded or quiet conditions, so it does not require repeated adjustments, especially by using the PID as a balance controller of the motor so that the motor on the robot can synchronize the movement with the environment that has been detected by certain sensors and before the robot is able to find its own path from the set point that has been agreed. That way the performance of restaurants will be far more efficient because robots do not need rest and spend less on workers' salaries.

Intisari— Dalam bisnis rumah makan pelayan adalah hal yang sangat penting termasuk juga dalam menentukan bagus tidaknya suatu rumah makan tergantung dari pelayanan yang di berikan oleh pelayan pada pelanggan yang datang, oleh karena itu adanya robot pelayan yang yang bisa bergerak dan menyesuaikan dengan ligkuangan rumah makan akan sangat membantu dalam proses ushaa rumah makan. Robot ini akan menggunakan beberapa sensor utama seperti sensor jarak dan sensor garis yang membuatnya bisa menyesuaikan dengan kondisi rumah makan entah dalam kondisi ramai ataupun sepi, sehingga tidak memerlukan penyesuaian berulang – ulang, terutama dengan menggunakan PID sebagai controller keseimbangan derang motor sehingga motor pada robot bisa mensinkronkan gerkanya dengan lingkungan yang sudah di deteksi oleh sensor – sensor tertentu dan membuatnya bhakan dapat mencari jalur sendiri dari set point yang sudah di tentuka. Dengan begitu kinerja rumah makan akan jauh lebih efisien karna robot tidak membutuhkan istirahat dan pengeluaran lebih sedikit untuk gaji para pekerja.

Kata kunci : Robot , Sensor Jarak, Sensor Garis , PID

I. PENDAHULUAN

Indonesia adalah Negara dengan populasi penduduk yang sangat tinggi dengan semakin dituntutnya hidup serba cepat dalam berbagai bidang yang ada membuat rumah makan menjadi salah satu jalan keluar utama untuk mendapatkan

tenaga ketika bekerja, sehingga meningkatnya jumlah pelanggan rumah makan di jam – jam tertentu.

Tetapi banyaknya pengunjung yang datang kadang berbanding terbalik dengan pelayanan yang mampu di berikan suatu rumah makan, hal ini karena kurangnya tenaga kerja dalam rumah makan sehingga menghambat pelayanan dalam rumah makan seperti terlambatnya makanan datang pada pelanggan yang memesan makan tersebut.

Karena hal ini menjadi suatu masalah yang cukup merugikan bagi pelanggan rumah makan Karena harus menunggu cukup lama untuk mendapatkan makanannya siap di atas meja yang terkadang di terjadi di tengah kesibukan sehari – hari yang membuat seseorang tidak memiliki banyak waktu luang. Solusi yang selalu di gunakan hingga saat ini adalah menambah staf dalam rumah makan, akan tetapi hal ini juga tidak sepenuhnya menyelesaikan masalah yang ada.

Dikarenakan bila menambah staf maka pengeluaran yang harus di keluarkanpun akan semakin bertambah hal ini juga membuat keuntungan menjadi berkurang dari yang seharusnya dan sekaligus mempersempit ruang gerak bagi para pelanggan yang datang. Alasan kenapa robot pelayan ini peting karena bisa memberi jalan keluar bagi para pemilik rumah makan agar dapat lebih efisien dalam melayani pelanggan. Robot ini ini juga bisa beradaptasi dengan lingkungan seperti pencarian jalur aman untuk mengantarkan makanan pada pelanggan yang di tentukan melalui set point yang sudah di atur.

Berdasarkan latar belakang ini, maka di harapkan system ini dapat memberikan manfaat bagi pengusaha rumah makan sehingga proses kinerja rumah makan memperoleh hasil yang baik dan mendapatkan hasil yang lebih tinggi. dan Dengan *tema Rancang bangun System Pengontrolan Motor DC untuk Robot Waiters pembawa makanan pada rumah makan* yang diharapkan dengan adanya alat ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan para pengusaha rumah kecil, sehingga proses kinerja suatu rumah makan memperoleh hasil yang baik dan mendapatkan keuntungan yang lebih tinggi.

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: ramadhanaryanto297@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: indrazno@polinema.ac.id, Mila.fauziah@polinema.ac.id



9 772356 053009

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Robot

Robot adalah perangkat mekanik yang dapat melakukan pekerjaan fisik yang di kendalikan secara otomatis atau di kendalikan oleh manusia, namun demikian terdapat 4 karakteristik dasar yang harus dimiliki oleh robot [1]:

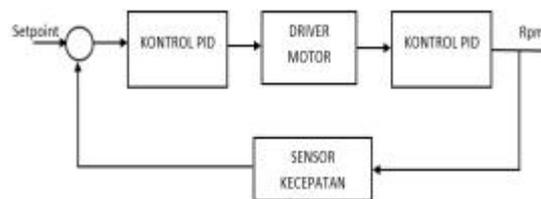
1. Sensor : Yang berguna untuk mengukur ataupun merasakan lingkungan di luar robot layaknya indera pada manusia.
2. Kontrol : Sistem kecerdasan berguna untuk memproses data masukan berupa keadaan maupun kejadian yang terjadi di luar robot.
3. Aktuator : Perlatan mekanik yang berguna agar robot mampu melakukan suatu tindakan atau pekerjaan tertentu sesuai dengan aktuator tersebut.
4. Power : Di butuhkan Robot untuk menggerakkan komponen elektrik dan mekanik yang terpasang.

B. Proportional Integral Derivative (PID)

Didalam suatu sistem kontrol untuk robot kita mengenal adanya beberapa macam salah satunya adalah PID yang mana dalam sistem kontrol PID terdapat beberapa aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol *proporsional*, aksi kontrol *integral* dan aksi kontrol *derivatif*. Masing-masing aksi kontrol ini mempunyai keunggulan-keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol *proporsional* mempunyai keunggulan *rise time* yang cepat, aksi kontrol *integral* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error*, dan aksi kontrol *derivatif* mempunyai keunggulan untuk memperkecil *error* atau meredam *overshot/undershot*. Untuk itu agar dapat menghasilkan output dengan *risetime* yang cepat dan *error* yang sangat kecil. Kita dapat menggabungkan ketiga aksi kontrol ini menjadi aksi kontrol PID.

Untuk mendapatkan error yang kecil, dapat menggabungkan ke tiga aksi control PID. Para meter pengontrol PID selalu di dasari atas tinjauan terhadap karakteristik yang di atur (plant). Atur (plant). Dengan demikian bagaimanapun rumitnya suatu plant, perilaku plant tersebut harus di ketahui terlebih dahulu sebelum pencarian parameter PID itu dilakukan.

PID (*proportional-Integral-Derivative*) merupakan sistem kontroler untuk menentukan presisi suatu sistem dengan adanya umpan balik pada sistem tersebut. Secara umum sistem umpan balik dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1 Sistem Umpan Balik

Set Point merupakan keadaan tertentu yang ingin dicapai. Sensor berfungsi mendeteksi keluaran *Plant* dan mengkonversikannya menjadi besaran dengan satuan yang sama seperti satuan *Set Point*. Keluaran

Sensor merupakan sinyal umpan balik (*feedback*) yang akan dikurangkan dengan *Set Point* menghasilkan sinyal *error*. Jika satuan dari keluaran sudah sama dengan *set point* maka blok sensor dapat dihilangkan sehingga sinyal umpan balik (*feedback*) adalah keluaran *plant*. Sinyal *error* diproses oleh kontroler lalu menghasilkan sinyal kontrol yang diumpankan ke *plant*, dengan tujuan agar keluaran dari *plant* sama dengan *set point*, yang berarti sinyal *error* bernilai (atau mendekati) nol. Secara umum sinyal *error* merupakan selisih antara *set point* dengan keluaran *plant*, secara matematis dituliskan [2]:

$$e(t) = r(t) - y(t) \tag{1}$$

Dengan :

$e(t)$ = sinyal error

$r(t)$ = set point

$y(t)$ = keluaran *plant*

Dalam metode kontrol PID, sinyal kontrol dihasilkan dengan cara memperkuat sinyal error (*Proportional*), mengintegrasikan sinyal error (*Integral*), dan membuatnya sebanding dengan laju perubahan sinyal error itu sendiri (*Derivative*). Kontroler yang melakukan mekanisme tersebut disebut dengan PID. Kontroler yang melakukan mekanisme tersebut disebut PID kontroler, secara umum sinyal kontrol dituliskan :

$$u(t) = K_p \left[e(t) + K_i \int e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \right] \tag{2}$$

$u(t)$ = sinyal kontrol

K_p = Konstanta proporsional

K_i = Konstanta integral

K_d = konstanta diferensial

Dalam perancangan sistem kontrol PID yang perludilakukan adalah mengatur parameter P, I atau D supaya tanggapan sinyal keluaran pada sistem terhadap masukan tertentu sesuai seperti yang diharapkan[3].



C. Pengontrol Proporsional

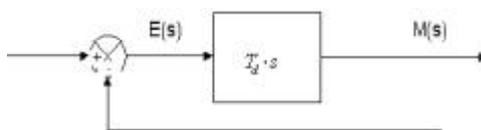
Pengontrol *Proporsional* memiliki keluaran yang sebanding atau proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran pengontrol *Proporsional* merupakan perkalian antara konstanta *Proporsional* dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengeluarkan output sinyal sebesar konstanta pengalinya [3].

D. Pengontrol Integral

Pengontrol *Integral* berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan stabil nol. Jika sebuah *plant* tidak memiliki unsur integrator ($1/s$), pengontrol *proporsional* tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan stabilnya nol. Dengan pengontrol *Integral*, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan stabilnya nol. Pengontrol *Integral* memiliki karakteristik seperti halnya sebuah *Integral*. Keluaran sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran pengontrol ini merupakan penjumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan. Sinyal keluaran pengontrol *Integral* merupakan luas bidang yang dibentuk oleh kurva kesalahan penggerak. Sinyal keluaran akan berharga sama dengan harga sebelumnya ketika sinyal kesalahan berharga nol [3].

E. Pengontrol Derivative

Keluaran pengontrol *Derivative* memiliki sifat seperti halnya suatu operasi *Diferensial*. Perubahan yang mendadak pada masukan pengontrol, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat. Gambar 2 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara sinyal kesalahan dengan keluaran pengontrol.



Gambar 2 Blok Diagram Pengontrol *Derivative*

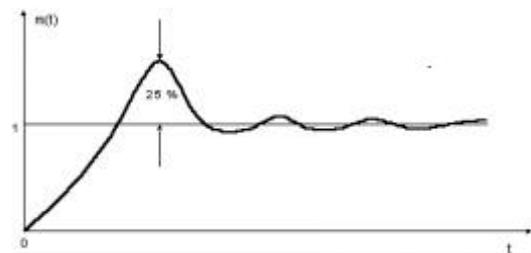
Gambar 2 menyatakan hubungan antara sinyal

masuk dengan sinyal keluaran pengontrol *Derivative*. Ketika masukannya tidak mengalami perubahan, keluaran pengontrol juga tidak mengalami perubahan, sedangkan apabila sinyal masukan berubah mendadak dan menaik (berbentuk fungsi *step*), keluaran menghasilkan sinyal berbentuk impuls. Jika sinyal masukan berubah naik secara perlahan (fungsi *ramp*), keluarannya justru merupakan fungsi *step* yang besar magnitudnya sangat dipengaruhi oleh kecepatan naik dari fungsi *ramp* dan faktor konstanta diferensialnya [3].

F. Metode PID Ziegler-Nichols I

Set point merupakan keadaan tertentu yang ingin dicapai. Sensor berfungsi mendeteksi keluaran *plant* dan mengkonversikannya menjadi besaran dengan satuan yang sama seperti satuan *set point*. Keluaran sensor merupakan sinyal umpan balik (*feedback*) yang akan dikurangkan dengan *set point* menghasilkan sinyal *error*. Jika satuan dari keluaran sudah sama dengan *set point* maka blok sensor dapat dihilangkan sehingga sinyal umpan balik (*feedback*) adalah keluaran *plant*. Sinyal *error* diproses oleh kontroler lalu menghasilkan sinyal kontrol yang diumpankan ke *plant*, dengan tujuan agar keluaran dari *plant* sama dengan *set point*, yang berarti sinyal *error* bernilai (atau mendekati) nol. Secara umum sinyal *error* merupakan selisih antara *set point* dengan keluaran *plant* [4].

Ziegler-Nichols pertama kali memperkenalkan metodenya pada tahun 1942. Metode ini memiliki dua cara, metode osilasi dan kurva reaksi. Kedua metode ditujukan untuk menghasilkan respon sistem dengan lonjakan maksimum sebesar 25%. Grafik 1 memperlihatkan kurva dengan lonjakan 25%.



Gambar 3 Aturan *Ziegler-Nichols I*

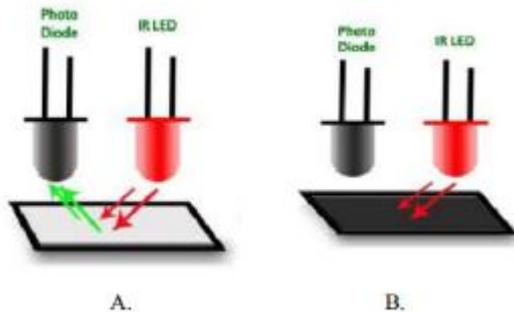
Metode ini didasarkan pada reaksi sistem untai tertutup. *Plan* disusun serial dengan kontroler PID. Semula parameter parameter integrator disetel tak berhingga dan parameter diferensial disetel nol ($T_i = \infty; T_d = 0$). Parameter proporsional kemudian dinaikkan bertahap. Mulai dari nol sampai mencapai harga yang mengakibatkan reaksi sistem berosilasi pengantar diatas telapak tangan kiri ditembus garis medan magnet. Jika kawat dialirkan arus listrik DC sebesar 1 searah



keempat jari tangan, maka kawat mendapatkan gaya sebesar F searah ibu jari. [5].

G. Sensor Photodiode Sebagai Sensor Garis

Gambar 3 merupakan desain photodiode untuk memberikan output pada photodiode agar berlogika low atau berlogika high yang disebabkan oleh warna permukaan yang fungsinya sebagai pemantul cahaya dari LED sebagai transmitter [6].



Gambar 4. Prinsip Kerja sensor photodiode

Pada gambar 3 photodiode dipasang secara berdampingan antara photodiode (receiver) dan LED (transmitter). Didepan photodiode dan LED diletakkan kertas putih sehingga cahaya yang dipancarkan dari led akan dipantulkan oleh kertas dan cahaya akan diterima oleh photodiode sehingga output dari photodiode berlogika 0 (low). Dan pada gambar 3, photodiode dan LED diletakkan secara berdampingan dan didepannya diletakkan kertas berwarna hitam sehingga cahaya yang dipancarkan oleh led akan diserap oleh kertas berwarna hitam sehingga photodiode tidak dapat menerima cahaya. [7].

H. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sistem komputer yang mempunyai satu atau beberapa tugas yang sangat spesifik, berbeda dengan PC (*Personal Computer*) yang memiliki beragam fungsi. Mikrokontroler adalah sebuah sistem microprocessor dimana di dalamnya sudah terdapat CPU, ROM, RAM, I/O, clock dan peralatan internal lainnya yang sudah saling terhubung dan terorganisasi (teralamatasi) dengan baik oleh pabrik pembuatnya dan dikemas dalam satu chip yang siap pakai. Sehingga tinggal memprogram isi ROM sesuai aturan penggunaan oleh pabrik yang membuatnya.

Arduino mega 2560 adalah piranti mikrokontroler menggunakan ATmega 2560 modul ini memiliki 54 digital *input* atau *output*. Dimana 14 pin digunakan untuk PWM

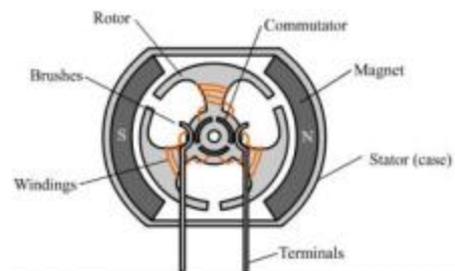
output dan 16 pin digunakan sebagai analog input 4 pin untuk digunakan sebagai analog input, 4 pin untuk UART, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *powerjack* ICSP *header* dan tombol reset. Modul ini memiliki segala yang diutuhkan untuk memprogram mikrokontroler seperti kabel USB dan catu daya melalui adaptor atau baterai. Semua di berikan untuk mendukung pemakaian arduino, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau listrik dengan [8].



Gambar 5 Arduino MEGA

I. Motor DC (Direct Current)

Motor DC adalah motor yang digerakkan oleh energi listrik arus searah. Konstruksi motor DC dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Kontruksi Motor

Prinsip motor listrik DC berdasarkan pada kaidah tangan kiri. Prinsip kerja Motor DC secara singkat dapat dijelaskan sebagai berikut: jika kawat penghantar dialiri arus listrik yang terletak di antara dua kutub magnet utara dan selatan, maka kawat tersebut terkena gaya *Lorentz*. Arus yang mengalir pada lilitan armature akan menghasilkan medan magnet yang berinteraksi dengan medan utama dan akan memperkuat medan disatu sisi konduktor tetapi melemahkan di sisi yang lain. Interaksi ini menyebabkan adanya gaya dorong pada konduktor armature. Arah dari gerakan armature sesuai dengan kaidah tangan kiri [9].

Pada alat yang di rancang di sini menggunakan motor planetary gear dimana Planetary gear pereduksi dengan adanya pengurangan putaran armature untuk menghasilkan moment yang lebih besar. Tapi, system memiliki tingkat



reduksi yang bervariasi karena tidak lagi menggunakan reverse gear namun sudah menggunakan gigi planetary gear. Roda gigi planetary gear adalah serangkaian roda gigi yang terdiri dari sun gear, dan tiga planetary gear yang memiliki poros utama. Fungsi planetary gear adalah untuk menghasilkan moment besar di awal putaran, dengan kecepatan putaran akan bertambah ketika fly wheel mulai berputar. Kontruksinya gigi planetary gear terletak di antara poros armature dan pinion gear. Sehingga putaran aarmature tidak sama dengan putaran point gear. Tipe ini banyak digunakan pada mobil – mobil modern yang meiliki tingkat kompresi yang tinggi.



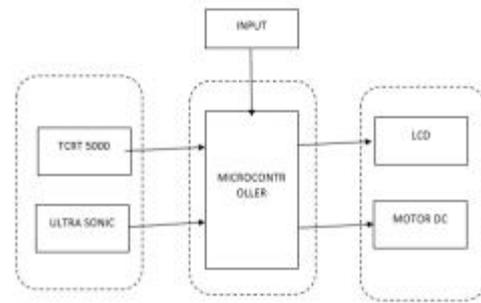
Gambar 7 Planetary Gear

III. METODE PENELITIAN

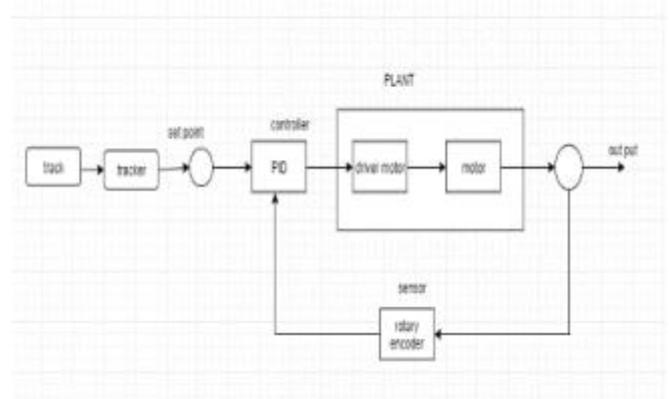
A. Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja dari alat ini adalah sebagai berikut, pertama *setpoint* akan di tentukan oleh pelayan ke meja berapa makanan akan di antarkan, saat itu maka Selanjutnya microcontroller akan mengatur dan mencari jalur yang sudah di tentukan untuk mengantar makanan pada *set point* yang sudah di tentukan, di saat yang sama microcontroller akan memberikan output berupa kendali gerak motor yang setabil sesuai dengan control PID untuk menjaga keadaan makanan yang di kirim sesuai dengan yang sudah di programkan sebelumnya.

Semua ini bertujuan untuk mendapatkan gerak motor yang setabil dalam pergerakan *robot waiter pengantar makanan pada rumah makan* sehingga bisa menyesuaikan dan mengoptimalkan kerja suatu rumah makan agar bias lebih efektif dalam melayani pelanggan yang datang.



Gambar 8. Diagram Blok Kontrol



Gambar 9 .Blok diagram sistem

B. Perancangan Mekanik

Spesifikasi Mekanik

- Spesifikasi keseluruhan
 1. Panjang : 50 cm
 2. Lebar : 50 cm
 3. Tinggi : 70 cm
- Spesifikasi roda

1 Diameter : 6 cm

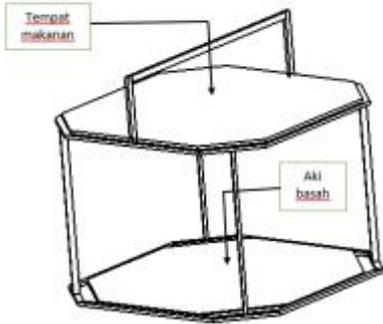
- Mekanik

1. *aluminium hollow*

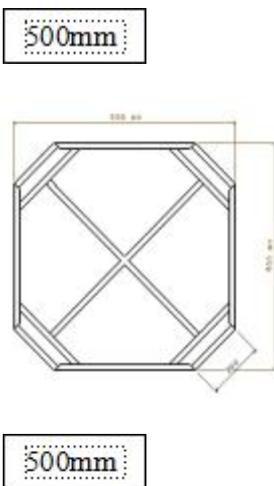
Spesifikasi Elektronika

- Microcontroller ATmega 16
 1. Tegangan Kerja : 5 VDC
- Motor DC
 1. Teganga Kerja : 5 VDC ~ 24 VDC
- Driver Motor DC
 1. Tegangan Kerja : 12VDC

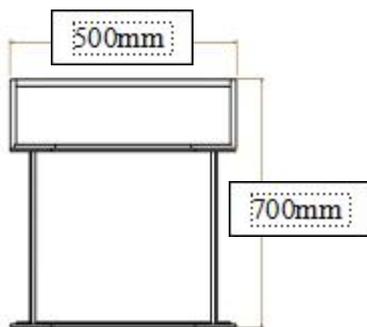




Gambar 10. Model Mekanik Tampak Keseluruhan



Gambar 11 Model mekanik Tampak Samping

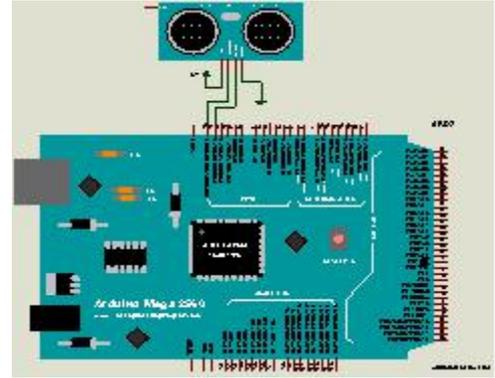


Gambar 12 Model mekanik Tampak Samping

Gambar 10 Mekanik bagian keseluruhan Gambar11 tampak atas Gambar 12 tampak samping

C. PERANCANGAN ELEKTRONIK

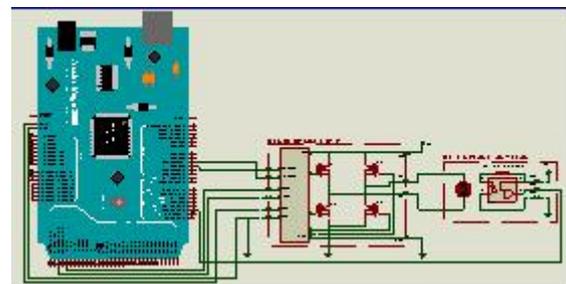
1. Sensor Ultra Sonic



Gambar 13. Rangkaian Sensor Ultra Sonic

Pada sensor ultrasonik, Secara umum, alat ini akan menembakkan gelombang ultrasonik menuju suatu area atau suatu target. Setelah gelombang menyentuh permukaan target, maka target akan memantulkan kembali gelombang tersebut. Gelombang pantulan dari target akan ditangkap oleh sensor, kemudian sensor menghitung selisih antara waktu pengiriman gelombang dan waktu gelombang pantul diterima dari situlah maka sensor akan menentukan jarak antara benda dengan sensor.

2. Driver

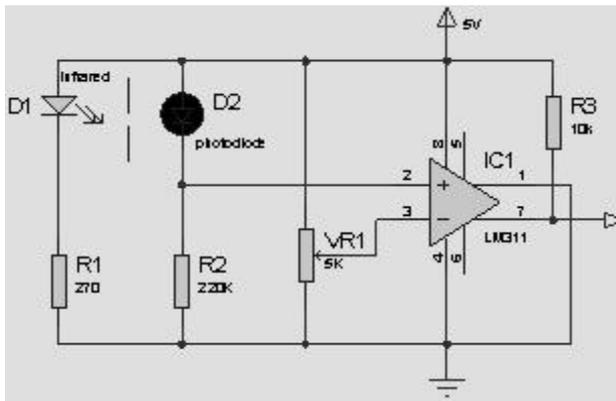


Gambar 14. Driver Motor DC

Agar sistem dapat menggerakkan mekanik melalui motor DC planetary gear, maka dibutuhkan modul driver motor. Pada perancangan ini modul driver motor dirancang menggunakan modul Hbridge IBT2. Modul IBT2 berdasarkan datasheet mampu mensuplay arus hingga 42 Amper sehingga aman dan cocok digunakan untuk menggerakkan motor DC planetary gear pada perancangan ini. Sementara itu untuk membaca kecepatan dari putaran motor, maka pada motor terdapat sensor hall effect yang telah menyatu pada bodi motor dan disertai controller didalamnya, sehingga putaran motor dapat langsung terbaca oleh controller.



3. Rangkaian Sensor Garis



Gambar 15. Rangkaian Sensor Garis

LED superbright berfungsi sebagai pengirim cahaya ke garis untuk dipantulkan lalu dibaca oleh sensor photodiode. Sifat dari warna putih (permukaan terang) yang memantulkan cahaya dan warna hitam (permukaan gelap) yang tidak memantulkan cahaya digunakan dalam aplikasi ini. Kondisi gelap yang dimaksud adalah kondisi dimana sensor photodiode merefleksikan garis hitam pada track, sehingga sinar inframerah tidak dapat memantul ke photodiode, sedangkan kondisi terang adalah kondisi dimana permukaan sensor photodiode memantul digaris putih track dan menerima cahaya dari inframerah. Kombinasi keadaan gelap terang tersebut akan mempengaruhi hasil keluaran sensor.

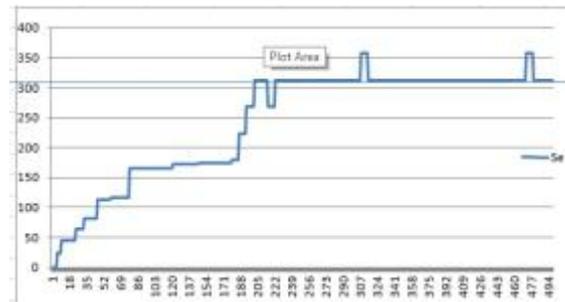
Sensor garis track terdiri dari 6 buah photodiode dan 6 buah inframerah yang saling merefleksikan ke arah track, ke-6 sensor tersebut melakukan penyensoran gelap terang berdasarkan pola biner yang didapat dari track yang selanjutnya dihubungkan pada minimum sistem ARDUINO MEGA 2560.

Rangkaian lengkap system dapat dilihat pada lampiran.

C. Perancangan Kontrol PID

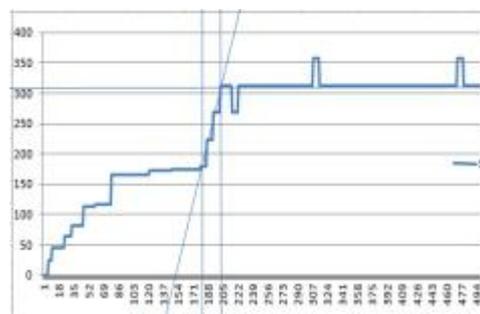
Untuk mengontrol kestabilan motor maka digunakan kontroler PID. Kontroler PID akan menjaga kecepatan pada motor DC sesuai dengan nilai *set point* yang diberikan. Kontroler ini menggunakan 3 parameter utama, yaitu *Proportional Gain* (K_p), *Integral Gain* (K_i), dan *Derivatif Gain* (K_d). Kelebihan kontroler ini adalah memiliki respon yang cepat, *error steady-state* mendekati 0%, dapat meminimalkan adanya osilasi dalam sistem, dan memiliki *maximum overshoot* yang relatif kecil.

Untuk menentukan nilai (*tunning*) ketiga parameter tersebut, maka digunakan metode *Ziegler-Nichols* dengan metode kurva bentuk S. Pertama, dicari respon output plant pada saat sistem *open loop*. Disini motor dinyalakan dengan beban 10 kg.



Grafik 1 Grafik Respon output *open loop* sistem

Dari grafik respon output tersebut, maka didapatkan 2 parameter, yaitu *delay time* L dan *time constant* T.



Grafik 2 Pencarian parameter L dan T

Berdasarkan gambar 3.14 didapatkan nilai L sebesar 180 ms (0,18 detik) dan T sebesar 25 ms (0,025 detik). Selanjutnya, kedua parameter tersebut dimasukkan dalam persamaan dalam tabel 3.4 untuk mendapatkan nilai K_p , T_i , dan T_d .

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 integrasi 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 :

$$\text{Error} = \frac{\text{Hasil_Ukur} - \text{jarak_ukur}}{\text{Jarak_ukur}} \times 100\% \quad (3)$$

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 mikrokontroler 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 :

$$MO = \frac{y(t_p) - y(\infty)}{y(\infty)} \quad (4)$$

2) Waktu Tunda (*delay time*)

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

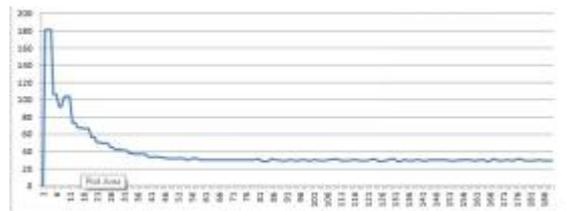
3) Waktu naik (*rise time*)

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 garafik grafik 3 di atas didapatkan beberapa parameter berikut. Dengan $T =$ hasil $\times 200ms$ (0,2).

1. Overshoot (Mo)

Nilai *Overshoot* dari respon output di atas adalah:

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

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

2. Delay time (td)

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

$$td = \frac{1,2 \text{ detik}}{60 \text{ detik}} = 0,02 \text{ menit} \quad (6)$$

3. Rise time (tr)

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

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



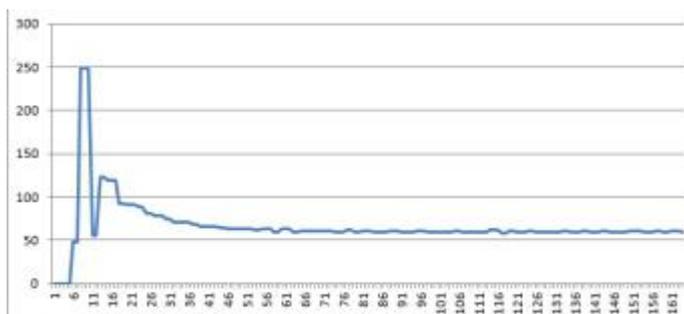
4. *Settling time* (ts)

Settling time dari respon output di atas adalah:

$$ts = \frac{12,2 \text{ detik}}{60 \text{ detik}} = 0,203 \text{ menit} \quad (8)$$

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 garafik 4 di atas didapatkan beberapa parameter berikut. Dengan T = hasil x 200ms (0,2).

1. *Overshoot* (Mo)

Nilai *Overshoot* dari respon output di atas adalah:

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

2. *Delay time* (td)

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

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

3. *Rise time* (tr)

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

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

4. *Settling time* (ts)

Settling time dari respon output di atas adalah:

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

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 di karenakan 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 meetode 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. Kementrian 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

