

BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

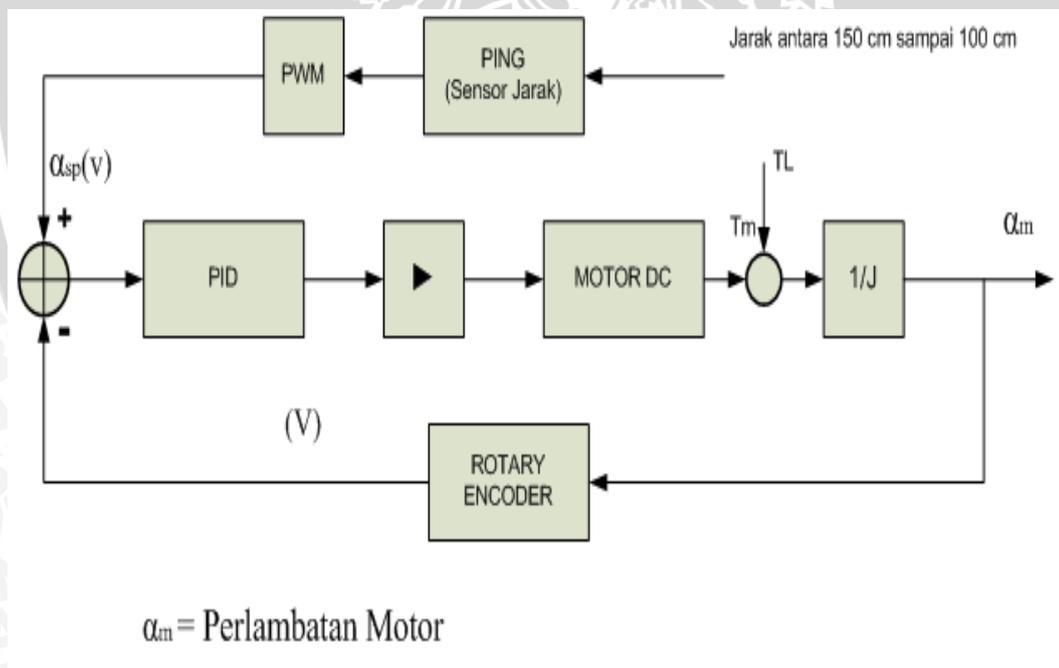
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai perancangan dan pembuatan robot *line follower*. Perancangan ini terdiri dari :

- Diagram blok sistem
- Desain mekanik robot
- Perancangan perangkat keras
- Perancangan perangkat lunak

Perancangan dan pembuatan dilakukan secara bertahap dan sistematis, sehingga nantinya akan memudahkan dalam analisis sistem.

4.1 Blok Diagram Sistem

Pada perancangan alat diperlukan perancangan blok diagram sistem yang diharapkan agar alat dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.



Gambar 4.1. Blok Diagram Sistem
Sumber : Perancangan 2014

Berikut merupakan komponen-komponen dari diagram blok gambar 4.1:

- 1) *Set Point* (α_{sp}) : Perlambatan yang diinginkan pada jarak 150-100 cm dari penghalang



- 2) *Error detector* : Selisih antara *input* dan respons melalui umpan balik
- 3) *Controller* : Kontroler yang digunakan adalah Proporsional Integral Diferensial. Pengolahan PID menggunakan mikrokontroler dan nilai PID digunakan sebagai referensi pemanggilan nilai kontrol kecepatan motor DC untuk memberhentikan didepan penghalang pada posisi yang tepat.
- 4) Aktuator : 2 Motor DC
- 5) Sensor : -Sensor Ultrasonik (PING)) sebagai deteksi adanya penghalang
-Sinyal *feedback* dari sensor rotary encoder berupa pembacaan putaran motor DC.
- 6) *Plant* : Perlambatan motor pada posisi tertentu
- 7) *Output (0m)* : Pergerakan robot terhadap respon yang sudah ditentukan

4.2 Prinsip Kerja Alat

Robot akan aktif saat tombol ON diaktifkan, sistem dari alat ini akan bekerja sesuai dengan sensor cahaya yang mendeteksi garis hitam dan putih, pada kondisi ini robot masih dalam keadaan memproses data (persiapan). Saat tombol start diaktifkan, baru robot akan aktif secara menyeluruh, robot ini diberi penggerak dengan dua motor DC magnet permanen serta sensor *photodiode* dan sensor PING)).

Sensor *photodiode* digunakan untuk membaca garis hitam dan mengirimkan sinyal input ke- mikrokontroler ATmega8 untuk selanjutnya diteruskan ke ATmega16 yang terdapat pula sensor PING)) digunakan untuk mendeteksi adanya penghalang. Mikrokontroler ATmega16 sebagai MK utama berfungsi mengolah data dari Mikrokontroler ATmega8 yang terdiri dari MK sensor (MK1), MK motor kiri (MK2) serta MK motor kanan (MK3).

Setelah motor diatur oleh kontroler dari MK2 dan MK3 untuk memperoleh kecepatan yang *steady*, maka robot akan bergerak dengan kecepatan yang tetap. Keluaran kecepatan tersebut akan digunakan sebagai parameter dari sensor PING))).

Sensor PING))) akan mendeteksi penghalang pada jarak 150 cm. Pada jarak tersebut *buzzer* akan aktif sampai jarak 100 cm. Jika penghalang tetap berada pada posisi, robot akan berhenti pada jarak tersebut dan *buzzer* akan tetap aktif. Namun jika penghalang kemudian bergerak keluar dari posisi, maka robot akan berhenti mengaktifkan *buzzer* dan mengikuti lintasan yang telah dibuat.

4.3 Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

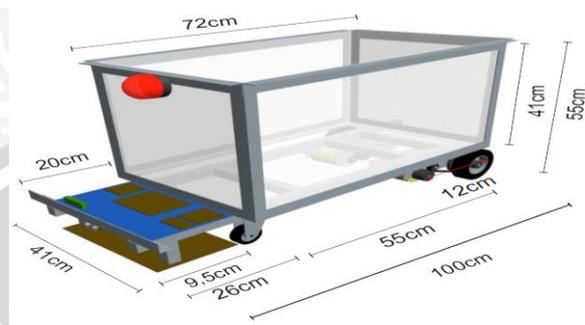
4.3.1 Perancangan Mekanik Robot

Perancangan mekanik robot adalah sebagai berikut:

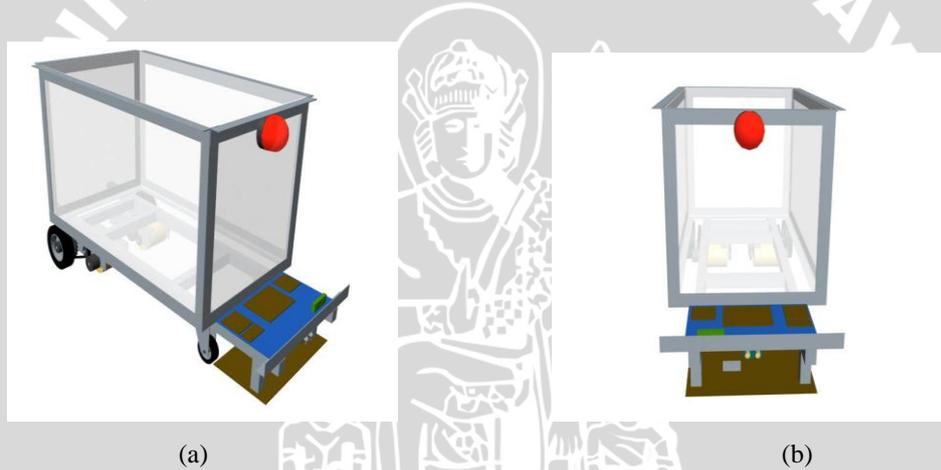
1. Robot *Line Follower* menggunakan rangka dengan spesifikasi sebagai berikut:
 - Dimensi robot secara keseluruhan yaitu panjang 100 cm, lebar 41 cm dan tinggi 55 cm.
 - Bak robot terbuat dari *acrylic* dengan panjang 72 cm, lebar 41 cm dan tinggi 41 cm
2. Pergerakan Robot *Line Follower Berbeban* menggunakan dua buah motor DC.
3. Dua roda depan merupakan roda bebas dan dua roda belakang yang dikopel motor DC sebagai penggerak dengan sistem differensial (terpisah)
4. Dua buah *Rotary Encoder* sebagai sensor kecepatan yang dipasang pada masing-masing motor DC.
5. Sebuah sensor PING))) digunakan sebagai sensor pendeteksi adanya penghalang.
6. Menggunakan 8 (delapan) buah sensor *photo reflective*, enam berada di bagian depan dan satu di pojok belakang samping kanan dan kiri.
7. Mikrokontroler yang digunakan adalah satu buah ATmega 16 dan tiga buah ATmega 8
8. LCD diletakkan pada bagian depan robot yang berfungsi sebagai tampilan konstanta-konstanta yang akan ditentukan dalam sistem *tuning* kontrol PID.

9. Catu tegangan untuk motor DC menggunakan *accu* 12 V.

Berikut merupakan rancangan desain mekanik yang digambar dengan menggunakan software *3ds Max 9*. Desain mekanik robot tampak perspektif depan dan samping, pada gambar 4.2, gambar 4.3 dan gambar 4.4.



Gambar 4.2. Rancangan desain Mekanik Robot
Sumber : Perancangan 2014



Gambar 4.3.(a) prespektif tampak samping, (b) Prespektif Tampak Depan
Sumber : Perancangan 2014



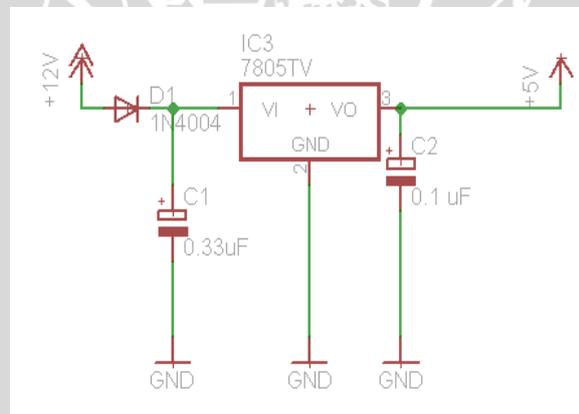
Gambar 4.4. Robot *Line Follower*
Sumber : Perancangan 2014

Gambar 4.4 menunjukkan tentang robot *line follower*. Dari gambar tersebut terlihat adanya kerangka box yang berfungsi sebagai tempat box sampah, rangkaian elektrik diletakkan dibagian kepala robot yang nanti akan diberi penutup agar rangkaian tersebut tetap aman, sensor photodiode diletakkan dibagian depan bawah robot.

4.3.2 Perancangan Catu Daya Sistem

Robot ini Menggunakan dua jenis catu daya. Catu daya 12V untuk motor yang bersumber dari AKI 12V. Serta catu daya 5V untuk rangkaian minimum sistem mikrokontroler ATmega16 dan ATmega8 yang bersumber dari baterai lipo (*lithium polimer*) 11,1V.

Pada perancangan digunakan catu daya sebesar 5V yang diperoleh dari rangkaian *Fixed Output Regulator* pada datasheet LM7805. Pada rangkaian digunakan regulator LM7805 agar diperoleh tegangan keluaran yang bisa diatur supaya nilai keluaran regulator bisa mendekati 5V. Skema rangkaian catu daya ditunjukkan dalam Gambar 4.5.

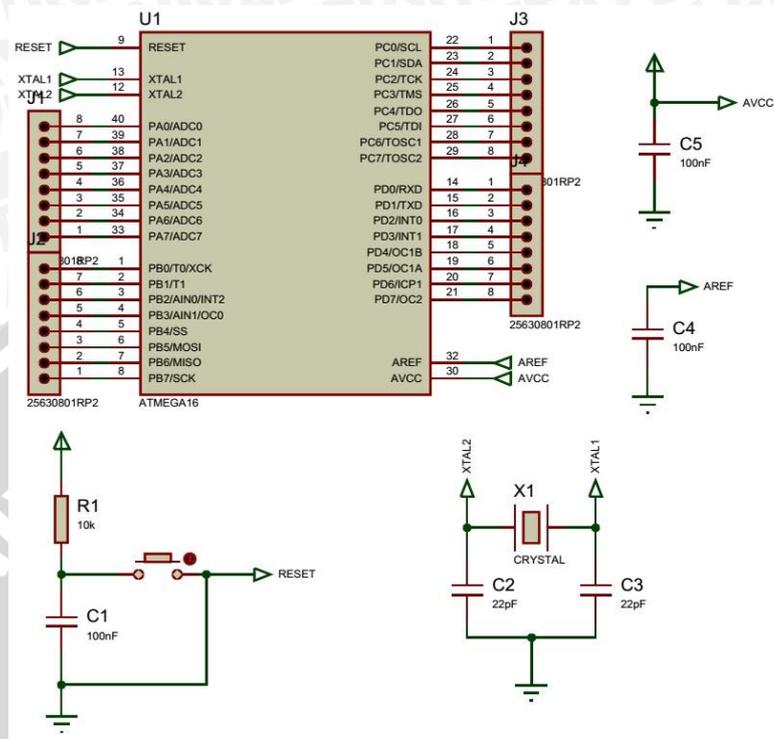


Gambar 4.5. Rangkaian Catu 5V
Sumber : Perancangan 2014

4.3.3 Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega16

Pada robot ini digunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai *master*. Mikrokontroler *master* menerima data berupa posisi robot terhadap garis dari mikrokontroler *slave* sensor(ATmega8), data tersebut di proses, kemudian hasil dari pemrosesan data berupa PWM motor yang akan dikirimkan ke mikrokontroler *slave*(ATmega8) motor kanan dan Mikrokontroler

slave(ATmega8) motor kiri. Berikut konfigurasi dari pin I/O dari mikrokontroler ATmega16(mikrokontroler master) ditunjukkan pada gambar 4.6.



Gambar 4.6. Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega16
Sumber : Perancangan 2014

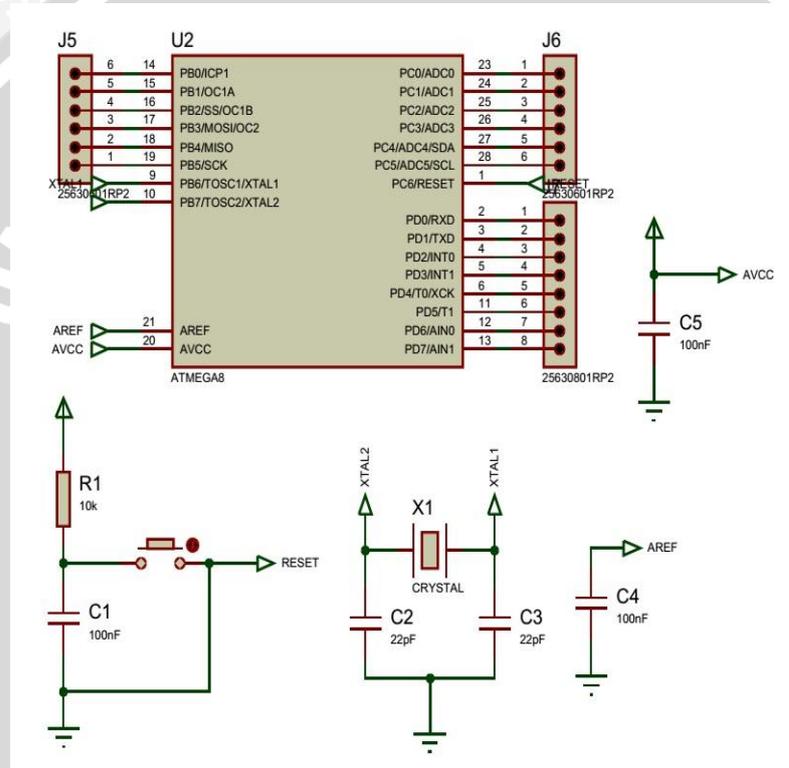
Rangkaian minimum sistem mikrokontoller master yang digunakan mempunyai 4 port, dengan 32 jalur I/O yang dapat di program menjadi masukan atau keluaran. Pin dan kaki IC yang digunakan antara lain:

- Pin B0 : Sebagai pin keluaran buzzer.
- Pin B1 : Sebagai pin masukan pulsa sensor PING.
- Pin B5(MOSI) : Sebagai pin keluaran data SPI.
- Pin B6(MISO) : Sebagai pin masukan data SPI.
- Pin B7(SCK) : Sebagai pin keluaran clock SPI.
- Pin C0(SCL) : Sebagai pin keluaran clock I2C.
- Pin C1(SDA) : Sebagai pin masukan maupun keluaran data I2C.
- Pin Reset : Dihubungkan dengan rangkaian switch Reset.
- Pin XTAL1 : Dihubungkan dengan kaki osilator 11059200 Hz.
- Pin XTAL2 : Dihubungkan dengan kaki osilator 11059200 Hz.
- Pin AREF : Dihubungkan dengan rangkaian AREF.

- Pin AVCC : Dihubungkan dengan rangkaian AVCC.

4.3.4 Perancangan Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega8

Pada robot ini juga digunakan 3 mikrokontroler ATmega8 sebagai *slave*. Fungsi dari 3 mikrokontroler tersebut antara lain sebagai pengolah data sensor photodiode, pengatur arah dan kecepatan putaran motor kanan, dan pengatur arah dan kecepatan putaran motor kiri. Konfigurasi kaki I/O dari mikrokontroler *slave* (ATmega8) ditunjukkan dalam Gambar 4.7.



Gambar 4.7. Rangkaian Minimum Sistem Mikrokontroler ATmega8
Sumber : Perancangan 2014

Mikrokontroler *slave* (ATmega8) mempunyai 3 port, dengan 21 jalur I/O. Pin yang digunakan antara lain:

- Pin B0 : Sebagai pin keluaran ke driver motor.
- Pin B1 : Sebagai pin keluaran ke driver motor.
- Pin B3 (MOSI) : Sebagai pin masukan data SPI.
- Pin B4 (MISO) : Sebagai pin keluaran data SPI.
- Pin B5 (SCK) : Sebagai pin masukan clock SPI.
- Pin C5 (SCL) : Sebagai pin keluaran clock I2C.

- Pin C4(SDA) : Sebagai pin masukan maupun keluaran data I2C.
- Pin D4 : Sebagai pin masukan rotary encoder.
- Pin Reset : Dihubungkan dengan rangkaian switch Reset.
- Pin XTAL1 : Dihubungkan dengan kaki osilator 11059200 Hz.
- Pin XTAL2 : Dihubungkan dengan kaki osilator 11059200 Hz.
- Pin AREF : Dihubungkan dengan rangkaian AREF.
- Pin AVCC : Dihubungkan dengan rangkaian AVCC.

4.3.5 Perancangan Sensor Ultrasonik



Gambar 4.8. sensor PING)))

Sumber : parallax 2008

Sensor ultrasonik pada perancangan ini berfungsi sebagai sensor pengukur jarak antara mobile robot dengan dinding lintasan. Keluaran dari sensor ultrasonik ini digunakan sebagai masukan (*set point*) dari kontroler PID. Sistem pengukuran jarak dengan gelombang ultrasonik memanfaatkan frekuensi 42 kHz dengan amplitudo yang dapat diatur, frekuensi ini dipancarkan oleh rangkaian *transmitter* kemudian dipantulkan oleh objek yang menghalanginya. Sinyal pantulan inilah yang nantinya ditangkap oleh rangkaian penerima untuk diukur seberapa lama sinyal pantulan itu kembali dan dikonversi menjadi data jarak. Sensor ini mempunyai 3 buah kaki atau pin yakni pin VCC, pin GND dan pin SIG yang digunakan untuk mengirimkan data. Pada perancangan sensor ultrasonik ini menggunakan perangkat *timer 1* pada mikrokontroler.

Dalam perancangan ini, digunakan satu buah sensor ultrasonik yang diletakkan di bagian depan robot dan dihubungkan dengan mikrokontroler utama ATmega16 sebagai mikrokontroler pengatur ultrasonik pada Pin B.1.

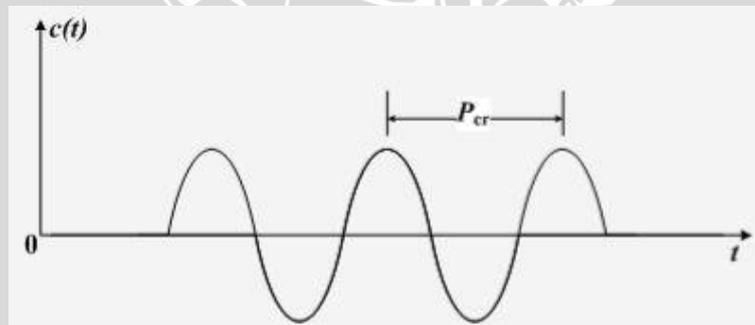
4.4 Perancangan Kontroler Proporsional Integral Deferensial (PID)

4.4.1 Variabel Masukan dan Variabel Keluaran

Variabel masukan untuk sistem kontroler PID ini yaitu jarak dari pembacaan sensor ultrasonik terhadap penghalang yang telah direncanakan, sedangkan variabel keluarannya berupa pengereman terhadap kecepatan putar motor kanan dan motor kiri supaya berhenti pada jarak yang telah ditentukan.

4.4.2 Tuning Eksperimen

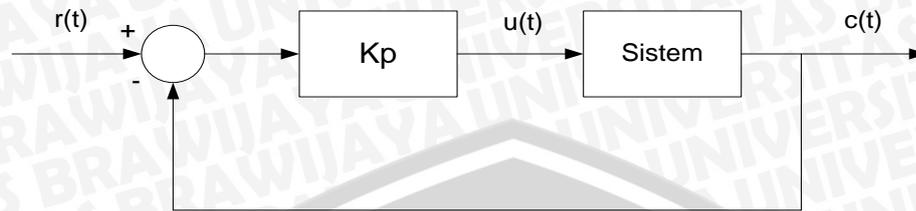
Tuning eksperimen adalah proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil kontroler yang optimal dengan cara suatu percobaan. Inti dari *tuning* eksperimen adalah menentukan nilai dari tiga buah parameter yang terdapat pada kontroler PID yaitu konstanta proporsional (K_p), konstanta integral (K_i) dan konstanta diferensial (K_d). Pada perancangan kontroler PID robot *line follower* ini, menggunakan *tuning* parameter Ziegler-Nichols metode ke dua yang bertujuan untuk mencapai 25% *maximum overshoot* pada respon unit step. Metode ini berguna untuk sistem yang mungkin mempunyai *step response* berosilasi terus menerus dengan teratur.



Gambar 4.9. Osilasi Berkesinambungan dengan Periode P_{cr}
Sumber : Ogata, K., 1997

Sehingga metode ke dua Ziegler-Nichols ini dipilih karena keluaran sistem memiliki osilasi berkesinambungan untuk nilai K_p manapun yang telah diambil, yaitu sensor ultrasonik yang memiliki osilasi terhadap pergerakan robot oleh dinding. Langkah atau acuan penentuan parameter K_p , K_i dan K_d didasarkan pada aturan Ziegler-Nichols metode ke dua. Metode dilakukan dengan eksperimen

dengan memberikan kontroler P pada suatu sistem *close loop* dengan *plant* terpasang yang ditunjukkan dalam perancangan Gambar 4.10.



Gambar 4.10. Perancangan Sistem Berdasarkan Aturan Ziegler-Nichols Metode ke Dua
Sumber : Ogata, K., 1997

Langkah metode tersebut ialah sebagai berikut:

- 1) Buat suatu sistem loop tertutup dengan kontroler P dan *plant* di dalamnya
- 2) Mula-mula yang dilakukan adalah membuat $T_i = \infty$ dan $T_d = 0$.
- 3) Kemudian hanya dengan menggunakan tindakan kontrol proporsional, harga ditingkatkan dari nol ke suatu nilai kritis K_{cr} , disini mula-mula keluaran memiliki osilasi yang berkesinambungan.
- 4) Dari keluaran yang berosilasi secara berkesinambungan, penguatan kritis K_{cr} dan periode P_{cr} dapat ditentukan.
- 5) Nilai *sampling time* (waktu cuplik) juga mempengaruhi perhitungan PID, tentunya saat penggunaan kontrol integral dan diferensial.
- 6) Menghitung nilai K_p , T_i dan T_d sesuai dengan aturan dari Ziegler-Nichols yaitu,

$$K_p = 0.6 \times K_{cr}$$

$$T_i = 0.5 \times P_{cr}$$

$$T_d = 0.125 \times P_{cr}$$

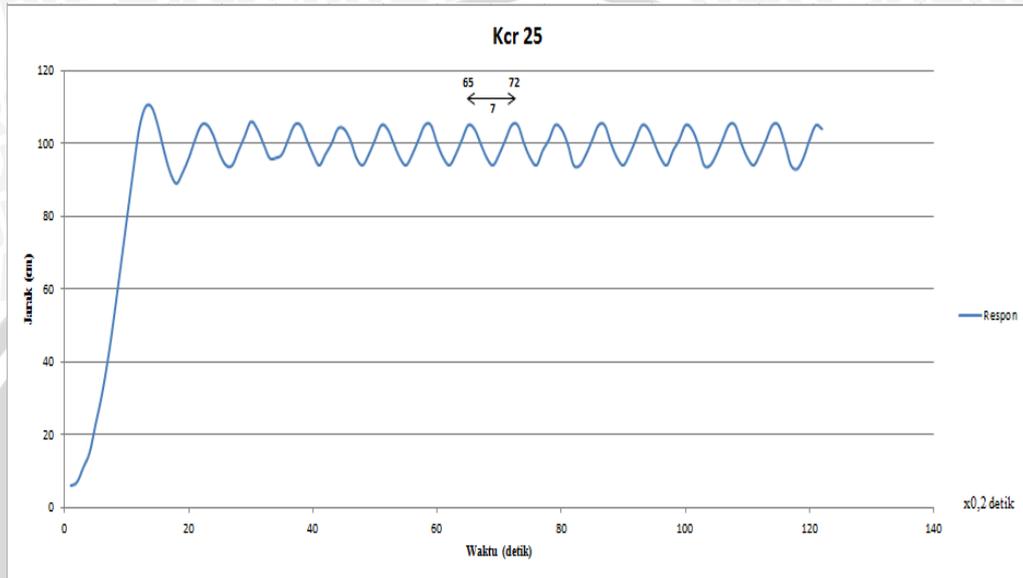
Nilai K_i dan K_d didapatkan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut,

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

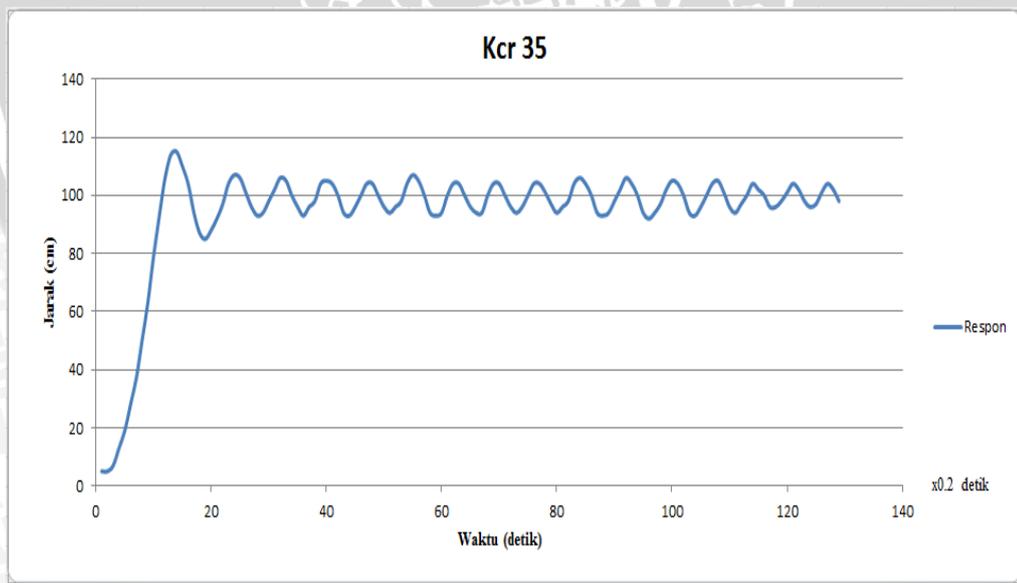
$$K_d = K_p \times T_d$$

4.4.3 Perancangan Kontroler PID

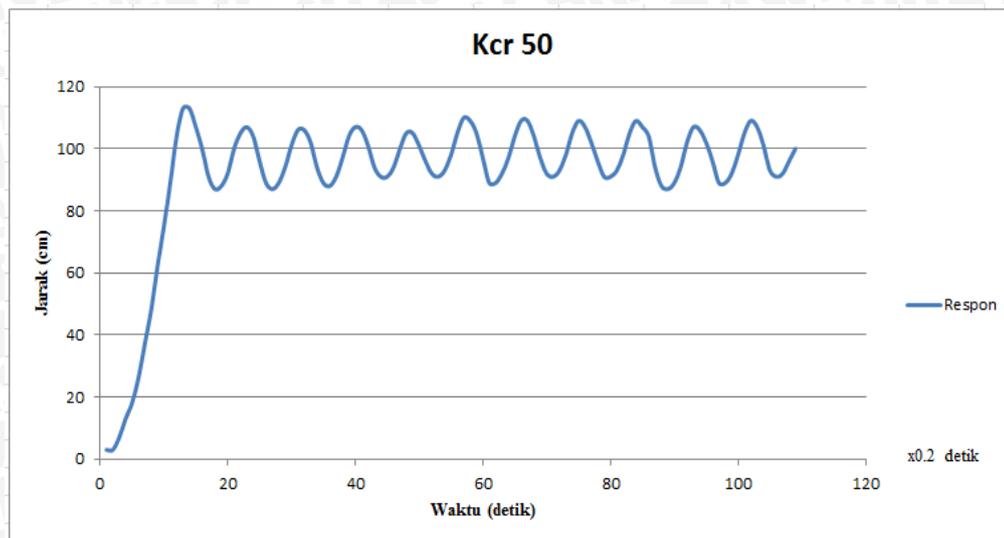
Perancangan kontroler dilakukan dengan menggunakan *microsoft excel* untuk mengamati respon motor dc. Langkah pertama adalah dengan melihat respon motor dc setelah diberi kenaikan $Kcr = 25, 35,$ dan 50 seperti dalam Gambar 4.11.



Gambar 4.11. Respon Motor Dengan $Kcr = 25$
 Sumber: Perancangan 2014



Gambar 4.12. Respon Motor Dengan $Kcr = 35$
 Sumber: Perancangan 2014



Gambar 4.13. Respon Motor Dengan Kcr = 50
 Sumber: Perancangan 2014

Berdasarkan Gambar, didapatkan nilai Kcr yang keluaran responnya mendekati osilasi sempurna yaitu pada Kcr=25 dengan nilai Pcr sebesar 1,4s. Nilai parameter kontroler PID ditentukan berdasarkan tabel aturan dasar Ziegler-Nichols dengan *critical gain* Kcr dan *critical period* Pcr yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Dasar Ziegler-Nichols Berdasarkan *Critical Gain* Kcr dan *Critical Period* Pcr
 Sumber: Ogata K., 1997

Type Kontroler	K_p	T_i	T_d
P	$0.5 K_{cr}$	∞	0
PI	$0.45 K_{cr}$	$\frac{1}{1.2} P_{cr}$	0
PID	$0.6 K_{cr}$	$0.5 P_{cr}$	$0.125 P_{cr}$

Maka nilai parameter PID yang diperoleh adalah :

$$K_p = 0,6 \times K_{cr} = 0,6 \times 25 = 15$$

$$T_i = 0,5 \times P_{cr} = 0,5 \times 1,4 = 0,7$$

$$T_d = 0,125 \times P_{cr} = 0,125 \times 1,4 = 0,175$$

Dengan demikian dapat ditentukan nilai K_p , K_i , dan K_d adalah:

$$K_p = 15$$

$$K_i = \frac{K_p}{T_i}$$

$$= \frac{15}{0,7}$$

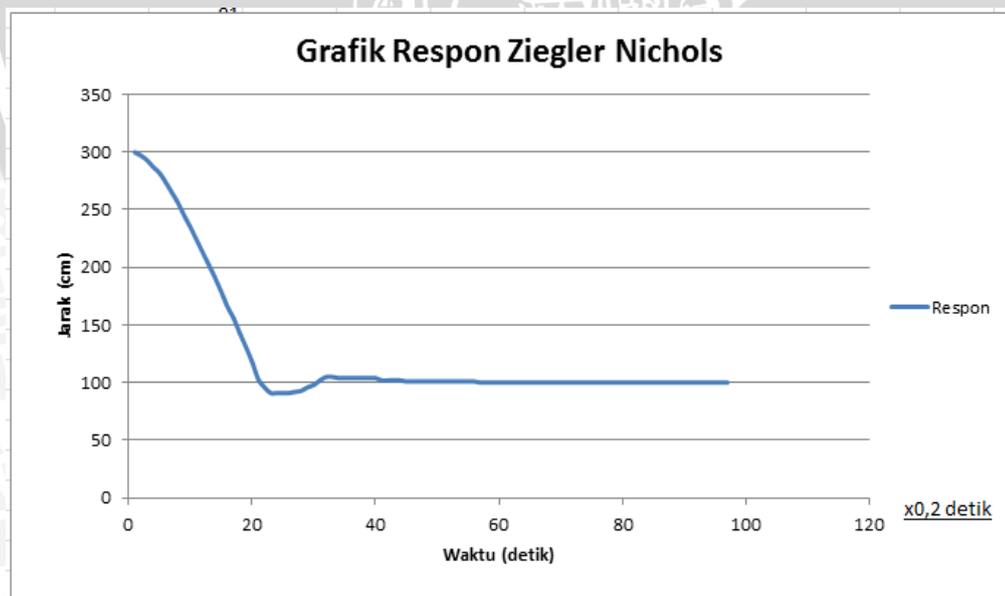
$$= 21,429$$

$$K_d = K_p \times T_d$$

$$= 15 \times 0,175$$

$$= 2,625$$

Dari penghitungan penentuan nilai penguatan dari metode kedua Ziegler-Nichols di atas diperoleh $K_p = 15$, $K_i = 21,429$, $K_d = 2,625$ yang akan digunakan untuk pengendali kedua motor dc. Dengan nilai K_p , K_i , dan K_d yang sudah diperoleh, maka grafik sistem respon yang diperoleh ditunjukkan oleh Gambar 4.14.

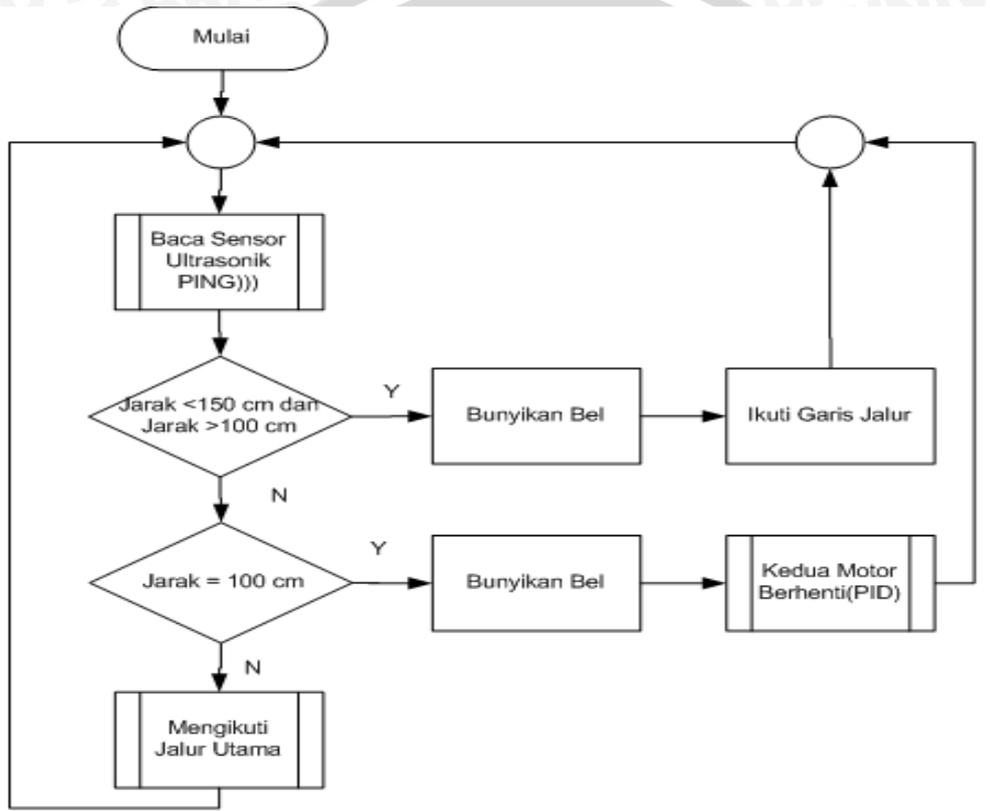


Gambar 4.14. Respon Sistem dengan K_p , K_i , dan K_d Berdasarkan Ziegler-Nichols
Sumber: Perancangan 2014

Dari gambar bisa dilihat grafik keluaran system dengan menggunakan perhitungan Ziegler-Nichols , didapatkan respon yang baik dan tidak terjadi *offset* pada saat *steady*.

4.5 Perancangan Perangkat Lunak

Diagram alir program utama ditunjukkan dalam Gambar 4.15.



Gambar 4.15. Diagram Alir Sensor PING))
 Sumber : Perancangan 2014