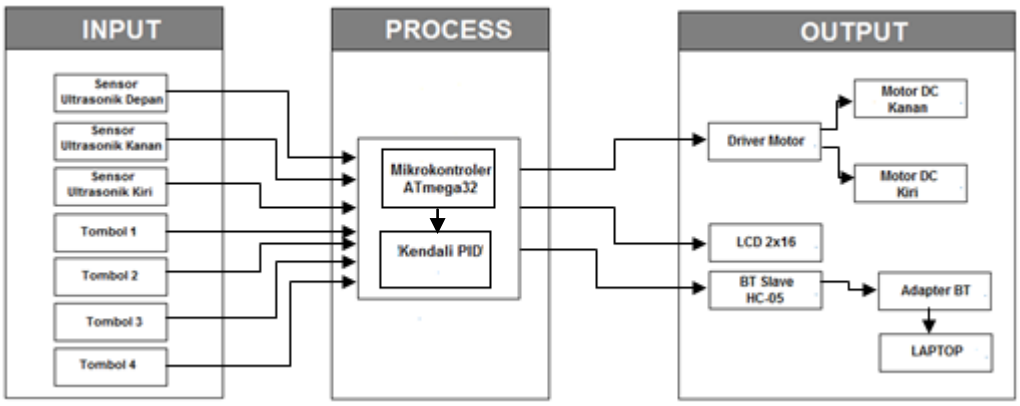
BAB III

PEMILIHAN KOMPONEN DAN PERANCANGAN ALAT

Perancangan dan realisasi sistem merupakan serangkaian tahap dan bagian yang sangat penting dalam pembuatan tugas akhir ini. Karena dalam tahap ini akan menentukan bagaimana suatu sistem dapat bekerja dengan baik dan sesuai harapan. Pada bab ini akan dijelaskan tentang perancangan sistem, baik perancangan perangkat keras (*hardware*) maupun perancangan perangkat lunak (*software*), serta alasan pemilihan komponen yang digunakan.

3.1 Perancangan Sistem

Perancangan sistem navigasi *wall following* menggunakan metode *tuning* Kendali PID ini, secara umum terdiri dari tiga bagian utama, yaitu masukan (*input*), proses (*process*) dan keluaran (*output*), seperti yang ditunjukkan oleh diagram blok sistem pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

Pada diagram blok di atas terdapat tiga bagian utama sistem, yaitu bagian masukan yang terdiri dari informasi data jarak dari sensor ultrasonik SRF05 yang ditempatkan pada sisi kanan, sisi kiri, dan depan robot. *Push button* yang berjumlah empat memiliki fungsi yang berbeda, yang difungsikan sebagai tombol *up*, *back*, *start*, untuk melakukan pengaturan, diantaranya pengaturan konstanta PID, Pengaturan nilai PWM. Selanjutnya bagian proses yang terdiri dari mikrokontroler yang akan memproses data masukan yang sudah terintegrasi dengan Kendali PID untuk mengolah sinyal *error* yang dibaca oleh elemen *feedback* yaitu sensor ultrasonik. Bagian terakhir adalah keluaran yang terdiri dari LCD 2x16, *driver* motor untuk mengatur arah dan putaran motor DC, dan modul bluetooth HC-05 yang akan mengirimkan data ke PC.

3.1.1 Bagian Masukan (*Input*)

Bagian masukan (*input*) terdiri dari tiga buah sensor ultrasonik HY-SR05 dan empat buah *push button*.

a. Sensor ultrasonik

Sensor ultrasonik yang digunakan adalah tipe HY-SRF05. Sensor ultrasonik merupakan bagian terpenting dalam tugas akhir ini. Selama proses navigasi *wall following* berlangsung, sensor ultrasonik akan terus mendeteksi jarak robot dengan dinding. Posisi robot dengan dinding disesuaikan dengan mengatur *set point* jarak. Apabila terjadi perubahan posisi, maka terjadi kesalahan (*error*). Disinilah peran dari Kendali PID untuk mengolah sinyal *error* menjadi suatu sinyal Kendali yang diharapkan dapat selau dalam kondisi yang diharapkan (sesuai *set point*). Dengan

Kendali PID diharapakan dapat membuat pergerakan robot menjadi aman dalam bernavigasi, halus, dan responsif.

b. *Push button*

Push button difungsikan sebagai tombol yang bertanggung jawab untuk melakukan beberapa pengaturan, seperti melakukan pengaturan *set point* jarak antara dinding dengan robot, pengaturan konstanta PID, pengaturan kecepatan motor (PWM) dan pengaturan algoritma telusur kiri dan kanan.

3.1.2 Bagian Proses (*Process*)

Mikrontroler ATmega32 difungsikan sebagai ‘otak’ untuk mengendalikan navigasi robot saat mengikuti dinding menggunakan Kendali PID. Mikrokontroler bertanggung jawab untuk melakukan proses masukan baik dari sensor ultrasonik maupun dari *push button* dan dapat memberikan keputusan keluaran (*output*) pada LCD maupun pada motor DC berupa kecepatan dan arah putarannya.

3.1.3 Bagian Keluaran (*Output*)

Bagian keluaran (*output*) terdiri dari penampil LCD 2x16, *driver* motor yang berfungsi untuk men-*drive* dan meneruskan perintah dari mikrokontroler ke dua buah motor DC, dan modul bluetooth HC-05 yang dipasang pada mikrokontroler untuk mengirimkan data pada laptop. Berikut masing-masing penjelasannya :

a. LCD (*Lyquid Crystal Display*)

LCD difungsikan untuk menampilkan pengaturan yang telah dibuat agar dapat mempermudah dalam melakukan pengaturan tersebut.

b. *Driver* Motor

Driver motor bertanggung jawab untuk meneruskan perintah dari mikrokontroler pada motor DC. Perintah tersebut dapat berupa arah putaran motor (maju atau mundur) dan kecepatan yang telah dihasilkan oleh perhitungan Kendali PID yang ditambahkan dan dikurangkan dengan nilai *base* PWM.

c. Motor DC

Motor DC yang digunakan berjumlah dua buah dengan posisi peletakan berada di kanan dan kiri robot.Motor DC difungsikan sebagai penggerak (aktuator) robot, baik itu pergerakan maju maupun pergerakan mundur dan kecepatannya telah diatur.

d. Modul Bluetooth

Modul bluetooth yang digunakan adalah HC-05 yang difungsikan sebagai BT Slave. Penggunaan modul bluetooth bertujuan untuk menampilkan data-data sensor jarak, *error* dan *measurement variable* pada laptop. Ditampilkannya data-data tersebut juga bertujuan untuk mengetahui apakah *tuning* Kendali PID yang telah dilakukan sudah mampu membuat pergerakan robot menjadi lebih stabil.

3.2 Pemilihan Komponen

Pemilihan komponen yang tepat dalam membangun suatu perangkat akan berdampak langsung pada kualitas perangkat, efektifitas perangkat dan menunjang hasil yang diharapkan. Oleh karena itu akan dijelaskan mengenai perbandingan komponen, perbandingan harga, perbandingan fitur, keakuratan dari komponen dan mengapa memilih komponen tersebut.

3.2.1 Mikrokontroler

Jenis mikrokontroler yang digunakan pada tugas akhir ini adalah mikrokontroler jeni AVR seri ATmega 32. Pemilihan jenis mikrokontroler ATmega 32 karena memenuhi spesifikasi yang diinginkan dan berdasarkan perbandingan dengan mikrokontroler yang lain yang diuraikan pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Perbandingan Jenis Mikrokontroler

Spesifikasi	Jenis Mikrokontroler		
	ATmega 8535	**ATmega 16**	**ATmega 32**
Flash	8 Kb	16 Kb	32 Kb
RAM	512 byte	1 Kb	2 Kb
I/O	32	32	32

Pada Tabel 3.1 terlihat persamaan dan perbedaan masing-masing mikrokontroler. Mikrokontroler ATmega 32 dipilih karena memiliki kapasitas memori FLASH dan RAM yang lebih besar dan menunjang pada pemrograman dan mempengaruhi kecepatan akses data.

3.2.2 Sensor Jarak

Sensor jarak yang digunakan pada tugas akhir ini berjumlah tiga. Ketiga sensor tersebut ditempatkan pada posisi yang berbeda. Untuk dapat melakukan telusur dinding kanan, maka sensor yang diaktifkan adalah sensor ultrasonik depan dan sensor ultrasonik yang ditempatkan di kanan. Sedangkan untuk telusur dinding kiri, maka sensor yang diaktifkan adalah sensor depan dan sensor yang ditempatkan di kiri. Tabel 3.2 menguraikan perbandingan sensor ultrasonik.

Tabel 3.2 Perbandingan Sensor Ultrasonik

Spesifikasi	Jenis Sensor		
	HY-SRF05	**SRF-04**	**PING**
Tegangan	5Vdc	5Vdc	5Vdc
Arus	2mA	150mA	30mA
Jarak Pantul	2cm – 450 cm	3cm – 300cm	2cm - 300cm
Indikator Sensor	Tidak ada	Tidak ada	Ada
Frekuensi	40kHz/10us	40kHz/100us	40kHz/200us

Tabel 3.2 memperlihatkan perbedaan yang tidak jauh pada tegangan, arus, dan frekuensi. Berdasarkan uraian perbandingan tersebut, sensor ultrasonik HY-SRF05 dipilih karena memiliki kemampuan jangkauan pengukuran dekat dan jauh lebih tinggi dibandingkan sensor SRF-04 dan sensor PING))). Selain itu sensor HY-SRF05 memiliki tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 0,3cm. Dengan kelebihan yang dimiliki sensor ultrasonik HY-SRF05, sudah cukup memenuhi kriteria sensor yang diinginkan dalam menunjang tugas akhir ini.

3.2.3 *Driver* Motor

Jenis *driver* motor yang digunakan pada tugas akhir ini adalah *driver* motor MOSFET. Keunggulan dari *driver* motor MOSFET yaitu hanya membutuhkan satu pin untuk mengatur kecepatan putar motor dan juga hanya membutuhkan satu pin untuk mengatur arah putaran motor. Pemilihan jenis *driver* motor juga berdasarkan spesifikasi dari motor. Tabel 3.3 menguraikan perbandingan jenis *driver* motor.

Tabel 3.3 Perbandingan Jenis *Driver* Motor

Spesifikasi	Jenis Driver Motor		
	L293D	L298N	MOSFET
Arus Maksimal	1 Ampere	4 Ampere	33 Ampere

Driver MOSFET dipilih karena memiliki kesanggupan dilewati arus yang besar, serta memiliki daya disipasi yang kecil. Pemilihan jenis *driver* juga memenuhi dari spesifikasi motor yang digunakan, yaitu memiliki 12.000 rpm.

3.2.4 Motor DC

Motor DC yang digunakan dalam perancangan sistem navigasi *wall following* menggunakan metode *tuning* Kendali PID ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- *voltage operation* : 12V
- RPM : 12.000rpm
- Torsi : 500gr-700gr.

3.2.5 Baterai

Sampai saat ini, banyak beragam jenis baterai yang beredar di pasaran, diantaranya Li Ion (*Lithium Ion*) dan LiPo (*Lithium Polymer*). *Lithium Polymer* merupakan jenis baterai yang dapat diisi ulang kembali (*rechargeable*). Jenis baterai yang digunakan di perancangan ini menggunakan LiPo 1.300 mAh.

Tabel 3.4 Perbandingan Jenis Baterai

Spesifikasi	**Jenis Komponen**		
	NiMH	**Li Ion**	**LiPo**
Tegangan	3.7 Vdc	3.7 Vdc	1.2 Vdc
Inti Sel	1 Sel	1 Sel	3 Sel
Rechargeable	Ya	Ya	Ya
Memori efek	No	No	No

Berdasarkan table perbandingan 3.4, baterai *Lithium Polymer* dipilih karena memiliki jumlah sel yang banyak sehingga meningkatkan kapasitas arus listrik, dan

tidak memiliki memori efek yang manfaatnya untuk tidak harus menunggu kosong saat akan di *charging.*

3.2.6 LCD 2x16

Lyquid Crystal Display (LCD) merupakan sebuah piranti yang berfungi untuk menampilkan suatu karakter berbentuk matriks baris dan kolom. Jenis LCD yang digunakan dalam perancangan ini adalah LCD yang memiliki 2 baris dan 16 kolom. Tabel 3.5 menunjukan perbandingan jenis LCD.

Tabel 3.5 Perbandingan Jenis LCD

Spesifikasi	**Jenis Komponen**	
	LCD 2x16	**LCD 4x16**
Tegangan Iput	5 Vdc	5 Vdc
Tampilan	16 Karakter 2 kolom	16 karakter 4 kolom
Karakter	32	64

Berdasarkan tabel 3.5, LCD 2x16 jumlah karakter dan kolom sudah cukup untuk memenuhi dan menampilkan data keluaran dari mikrokontroler.

3.2.7 Modul Bluetooth

Dalam tugas akhir ini modul bluetooth digunakan untuk menghubungkan robot dengan laptop dan hanya berfungsi untuk menampilkan data-data dalam proses *wall following*, yaitu data pembacaan sensor, data error dan data *measurement variable* (MV). Oleh karena dibutuhkan suatu perangkat yang dapat menunjang hal tersebut. Tabel 3.5 menunjukkan perbandingan berbagai modul bluetooth.

Tabel 3.5 Perbandingan Beberapa Modul Bluetooth

Spesifikasi	Jenis Modul Bluetooth	
	HC-05	**HC-06**
Versi Bluetooth	v2.0+EDR	v2.0+EDR
Tegangan Input	3.3V	3.3V
Mode Operasi	Master atau Slave	Slave

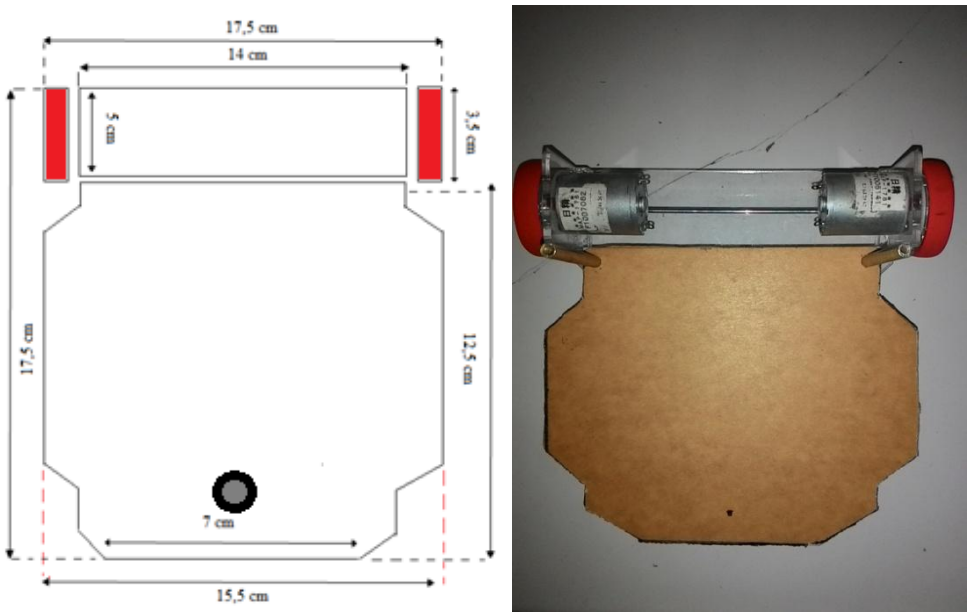
Berdasarkan perbandingan table diatas, dapat dilihat bahwa modul bluetooh dengan seri ganjil, yaitu HC-05 memiliki kemampuan mode operasi yang dapat diubah-ubah, yaitu bias difungsikan sebagai master maupun slave. Sedangkan modul bluetooth dengan seri genap, yaitu HC-06 tidak memiliki kemampuan untuk mengubah-ubah mode operasinya dikarekan sudah diatur oleh pabrik. Modul HC-06 biasanya sudah diatur untuk menjadi slave.

3.3 Perancangan dan Implementasi Perangkat Keras (*Hardware*)

Perancangan perangkat keras pada tugas akhir ini terdiri dari dua bagian yaitu: perancangan dan realisasi mekanik dan desain sistem elektronik.

3.3.1 Desain Mekanik

Untuk dapat bekerja dengan baik, salah satu faktor penting dalam perancangan pada tugas akhir ini adalah desain mekanik. Sistem mekanik yang baik harus mendukung pergerakan robot menjadi lebih baik. Oleh karena itu perancangan yang meliputi semua bagian mekanik seperti bodi robot, bodi motor DC, gear box, dimensi ban, dan ban bagian depan robot, rancangan panjang, lebar dan tingginya haruslah proporsional.



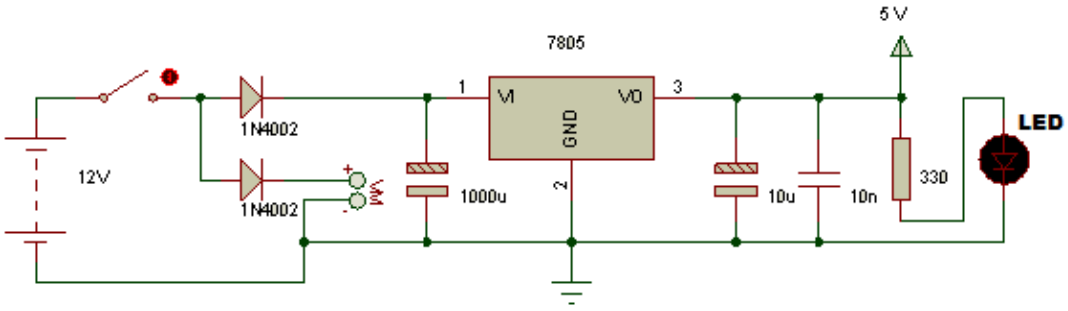
(a) (b)

Gambar 3.2 (a) Rancangan Desain Mekanik Robot dan (b) Implementasinya.

Berdasarkan gambar rancangan di atas, bagian mekanik robot memiliki panjang 17,5 cm, lebar 17,5 cm dan tinggi 8 cm. Bodi dari robot menggunakan bahan akrilik yang ukuran ketebalannya telah disesuaikan untuk dapat menunjang berbagai perangkat elektronik seperti sensor ultrasonik dan modul mikrokontroler.

3.3.2 Modul *Power Supply*

Setiap komponen pembangun dalam tugas akhir ini seperti: mikrokontroler, aktuator, LCD, sensor ultrasonik memerlukan masukan daya yang mampu membuat komponen-komponen tersebut digunakan. Kebutuhan akan daya masing-masing komponen berbeda, dan membutuhkan daya yang memiliki karakteristik yang sesuai dengan komponen-komponen tersebut.

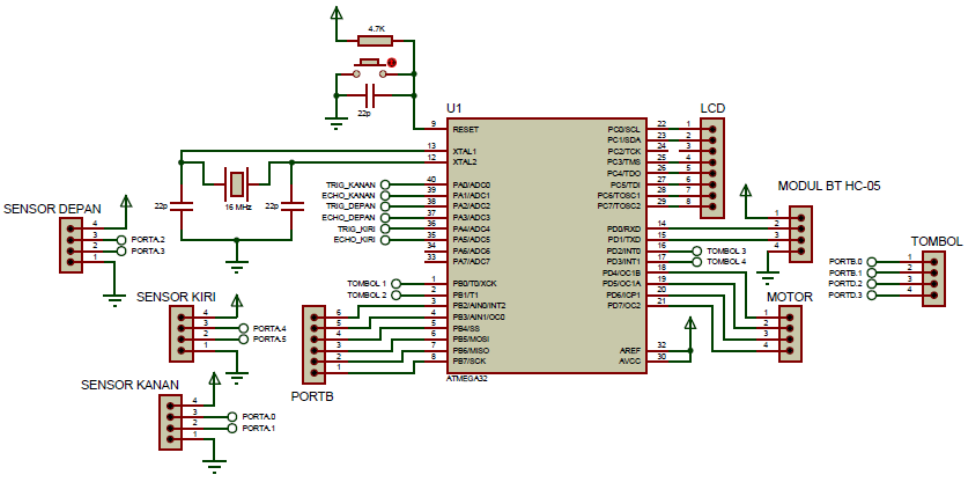


Gambar 3.3 Rangkaian Regulator 5V

Pada rangkaian di atas, teganan *input* (masukan) berasal dari baterai 12V. Dua buah diode 1N4002 pada rangkaian di atas berfungsi untuk melindungi regulator tegangan LM7805 dari kesalahan pemasangan polaritas tegangan *input* dan melindungi *driver* MOSFET dari kesalahan polaritas tegangan *input*. Kapasitor 1000µF berfungsi sebagai *filter*, dan kapasitor 10µF dan 10nF sebagai filter terakhir dan berfungsi mengurangi *noise* (*ripple* tegangan).

3.3.3 Modul Mikrokontroler ATmega32

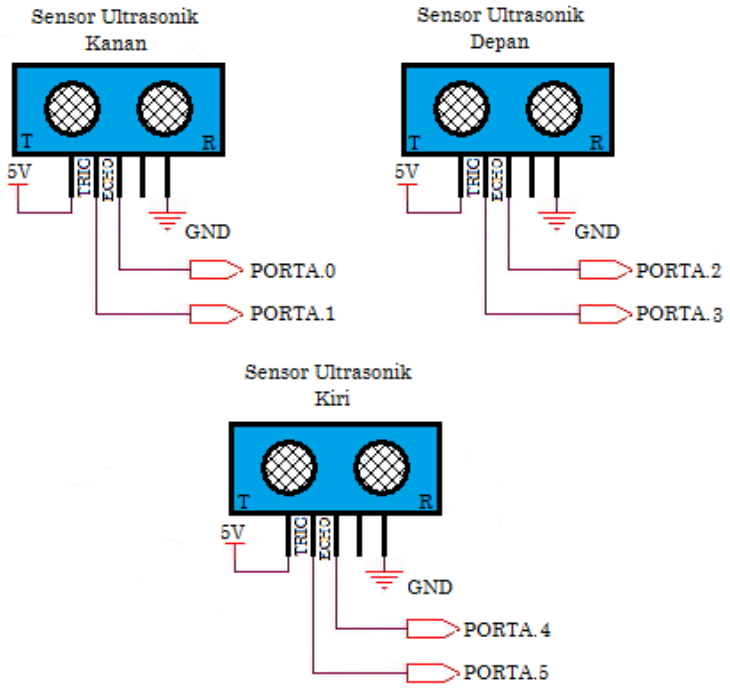
Modul mikrokontroler merupakan modul utama yang mengendalikan berbagai operasi. Mikrokontroler inilah yang nantinya digunakan sebagai pusat sistem Kendali pada navigasi *wall following*. Mikrokontroler ATmega32 memiliki port I/O yang berfungsi untuk menerima masukan (*input*) seperti masukan dari tombol, sensor, dan keluaran (*output*) seperti keluaran LCD, *driver* motor. Berikut adalah rangkaian dari mikrokontroler ATmega32.



Gambar 3.4 Rangkaian Sistem ATmega32

3.3.4 Modul Sensor Jarak

Dalam sistem Kendali lup tertutup (*closed loop control system*) dibutuhkan suatu elemen yang berfungsi untuk mengukur keluaran sistem dan membandingkannya dengan referensi masukan. Sensor adalah alat yang digunakan untuk mengukur keluaran sistem dan menyetarakannya dengan sinyal masukan sehingga dapat dilakukan operasi hitung antara keluaran dan masukan. Sehingga, dengan elemen *feedback*, perbedaan antara keluaran sistem dengan refensi masukan dapat dikurangi. Sensor yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sensor ultrasonik HY-SRF05 yang berjumlah tiga, yang sudah cukup memadai untuk dapat melakukan tindakan pergerakan ketika menemui persimpangan, telusur dinding kiri atau telusur dinding kanan.



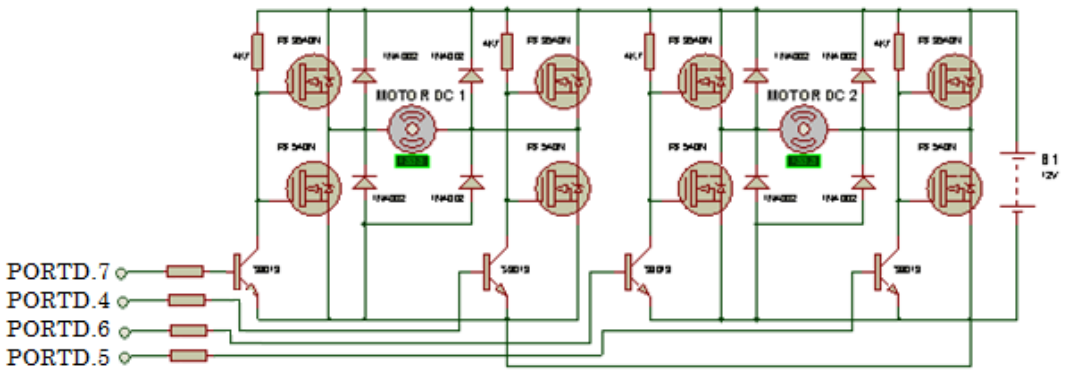
Gambar 3.5 Rangkaian Modul Sensor Jarak HY-SRF05

Ketiga sensor ultrasonik SRF05 dihubungkan dengan PA.0-PA.5. Ketika mode operasi kanan dipilih, maka sensor yang aktif hanya sensor depan dan sensor kanan. Kemudian jika mode operasi kiri dipilih, maka sensor yang aktif adalah sensor depan dan sensor kiri.

3.3.5 Modul *Driver* Motor DC

Dual H-bridge adalah *driver* motor menggunakan MOSFET, dimana untuk dapat menggerakan satu buah motor terdiri dari dua buah MOSFET kanal N dan dua buah MOSFET kanal P. disebut *dual H-bridge* karena memiliki kemampuan untuk mengendalikan dua buah motor. Keunggulan dari *driver* MOSFET adalah memiliki kemampuan mengalirkan arus yang besar dan memiliki disipasi daya yang kecil.

Selain itu jenis *driver* MOSFET hanya memerlukan dua pin untuk dapat mengendalikan kecepatan dan arah putar motor. Gambar 3.9 menunjukan rangkaian *dual H-bridge* MOSFET.



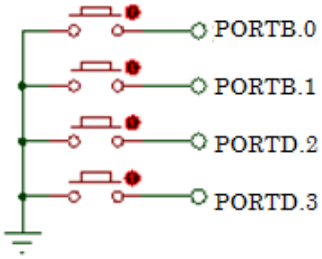
Gambar 3.6 Rangkaian *Dual H-Bridge Driver Motor* DC

MOSFET yang digunakan adalah jenis IRF9540 (MOSFET kanal P) dan IRF540 (MOSFET kanal N). MOSFET jenis ini memliki 3 pin yaitu G (GATE), D (DRAIN) , dan S (SOURCE). MOSFET mengalirkan arus dari drain ke source sehingga arus aktif MOSFET biasa disebut IDS, sehingga memungkinkan adanya IDS negatif. MOSFET kanal N dan P memiliki kinerja yang komplemen. MOSFET N akan aktif jika VGS tidak sama dengan nol atau sebesar 10V untuk IRF540 sedangkan untuk MOSFET kanal P aktif saat VGS sama dengan -10V (IDS kanal P biasanya negatif).

3.3.6 Modul *Keypad*

Modul *keypad* dalam tugas akhir ini adalah modul yang tersusun dari empat buah *push button* dan merupakan komponen masukan (*input*). Dengan fasilitas ini

maka akan mempermudah dalam melakukan pengatur seperti melakukan pengaturan konstanta PID, pengaturan kecepatan motor, dan mode operasi robot.

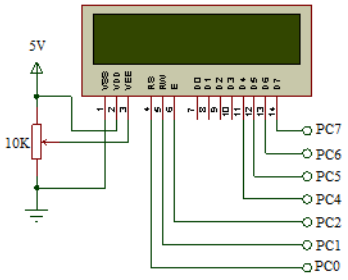


Gambar 3.7 Rangkaian *Swtich*

Pada gambar 3.10 menunjukan keempat tombol *push button* dihubungkan dengan PD.0, PD.1, PD.2, dan PD.3.

3.3.7 Modul LCD

LCD yang digunakan dalam tugas akhir ini menggunakan LCD 2x16, dimana LCD tersebut memiliki 2 baris dan 16 kolom. LCD 2x16 digunakan sebagai elemen keluaran dari mikrokontroler yang akan menampilkan pengaturan konstanta PID, pengaturan kecepatan motor, mode operasi, sehingga akan mempermudah dalam proses pengaturan untuk menuju kondisi yang diingikan.

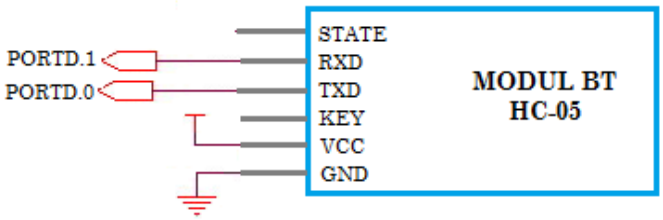


Gambar 3.8 Rangkaian LCD 2x16

Pada gambar 3.11 menunjukan koneksi LCD dengan mikrokontroler. Modul LCD tersebut dihubungkan dengan PC.0-PC.7 pada mikrokontroler. Penggunaan potensiometer adalah untuk mengatur kontras dari LCD.

3.3.8 Modul Bluetooth

Modul HC-05 memiliki enam buah pin, dimana pin yang digunakan dalam tugas akhir ini hanya pin RXD, TXD, VCC dan GND. Pin RXD modul bluetooth dihubungkan dengan PD.0 (TX) pada mikrokontroler, dan PIN TXD modul bluetooth dihubungkan dengan PD.1 (RX) pada mikrokontroler. Sedangkan pin VCC dihubungkan pada tegangan 5V dan pin GND dihubungkan dengan *ground* pada mikrokontroler.



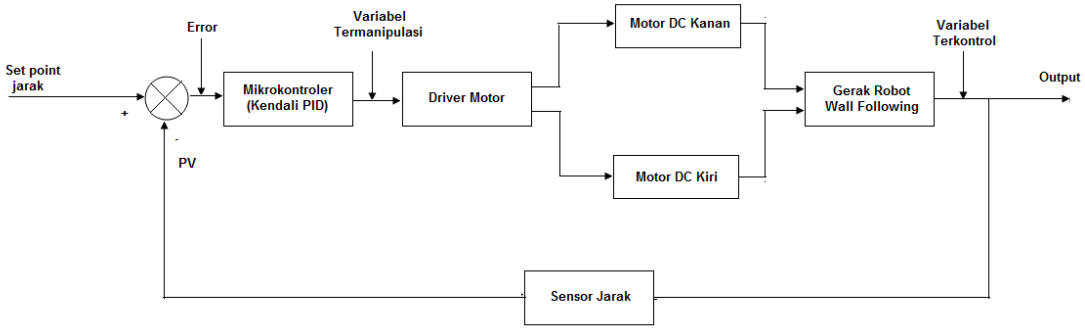
Gambar 3.9 Konfigurasi Modul HC-05 dengan Mikrokontroler

Syarat untuk terjadinya komunikasi antara mikrokontroler dengan laptop adalah adanya suatu peranti yang terpasang pada kedua perangkat tersebut. Oleh karena itu, modul HC-05 dipasang pada robot, dan pada laptop dipasang adapter BT. Komunikasi terjadi ketika power robot dalam kondisi “on”, maka robot sudah dapat mengirimkan data pada laptop. Untuk dapat menampilkan data tersebut pada aplikasi yang telah dibuat pada *software* LabVIEW, harus ada beberapa pengaturan yang harus dilakukan untuk dapat menerima data dari robot.

3.4 Perancangan Kendali PID

Dalam membangun suatu sistem robot, salah satu bagian terpenting adalah bagian Kendali. Bagian Kendali merupakan bagian yang berfungsi untuk mengukur nilai dari variabel terkontrol dari suatu sistem dan mengaplikasikan variabel terakumulasi pada sistem untuk mengoreksi atau mengurangi deviasi yang terjadi terhadap nilai keluaran yang dituju. Dengan demikian, tujuan dari penerapan Kendali PID adalah untuk mengolah sinyal kesalahan (*error*) yang dibaca oleh sensor, kemudian sinyal kesalahan tersebut akan diolah oleh Kendali PID dan hasilnya akan diteruskan ke aktuator. Pada subbab ini akan dibahas mengenai perancangan Kendali PID yang meliputi penurunan persamaan Kendali PID dalam domain waktu ke dalam persamaan PID diskrit.

Sebelum melakukan perancangan persamaan PID diskrit, terlebih dahulu akan dijelaskan sistem Kendali pada robot *wall follower*. Gambar 3.10 menunjukkan diagram blok Kendali PID pada robot *wall follower* untuk sensor kanan dan gambar 3.11 diagram blok Kendali PID untuk sensor kiri.



Gambar 3.10 Diagram blok Kendali PID untuk sensor kanan

Sebelum beraksi, robot *wall follower* terlebih dahulu diberikan *set point*. *Set point* adalah suatu parameter nilai acuan atau nilai yang diinginkan. Ketika sedang melakukan navigasi terdapat gangguan pada kondisi tertentu, gangguan tersebut akan menghasilkan *error*. *Error* merupakan deviasi/simpangan antara variabel terukur dengan nilai acuan. Sensor jarak digunakan sebagai elemen *feedback* untuk mengumpanbalikan *error*. Jika terdapat *error* maka Kendali PID akan mengolah *error* tersebut dan hasil pengolahan tersebut adalah variabel termanipulasi. Variabel termanipulasi adalah suatu besaran atau kondisi yang divariasi oleh kontroler sehingga mempengaruhi variabel terkontrol. Hasil pengolahan Kendali PID tersebut akan diteruskan ke aktuator. Dengan demikian variabel terkontrol akan mempengaruhi pergerakan robot dan menjaga kestabilan jarak sesuai dengan nilai acuan.

Komponen-komponen yang ditunjukan oleh diagram blok di atas diantaranya :

- *Set Point* : 10 cm dari dinding
- Kontroler : Mikrokontroler ATmega32
- Aktuator : Motor DC
- Elemen *Feedback* : Sensor HY-SRF05
- *Plant* : Posisi (jarak)
- *Output* : Pergerakan robot

Untuk dapat menjaga pergerakan robot agar selalu dalam keadaan sesuai *set point*, maka dibutuhkan pengendali yang tepat untuk dapat membuat pergerakan robot aman saat bernavigasi, halus dan responsif. Kendali PID merupakan sistem Kendali

yang dapat digunakan untuk memenuhi kriteria tersebut karena pada beberapa kasus memiliki unjuk kerja yang memuaskan.

Langkah awal dalam merancang Kendali PID untuk dapat diterapkan pada mikrokontroler adalah dengan membuat persamaan PID diskrit yang didapat dari penurunan persamaan PID domain waktu.

Kendali PID merupakan Kendali yang menggabungkan kelebihan dari Kendali P, I dan D. Jika diterapkan pada sistem Kendali PID akan memperbaiki respon transien, menghilangkan *error steady state*, dan memberikan efek redaman pada sistem yang berosilasi.

Persamaan Kendali PID diberikan oleh persamaan (3.1) sebagai berikut :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e\,(t)dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.1)$$

Jika persamaan (3.2) didiskretisasi maka akan menjadi :

$$u(k) = K_p e(k) + K_i T \sum_0^k e_k + \frac{1}{T} K_d (e_k - e_{k-1}) \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (3.2)$$

Apabila diterapkan ke dalam bahasa pemograman maka persamannya menjadi :

$$\mathrm{MV} = \mathrm{K_P x} error + \mathrm{K_I}(error + last_error) * \mathrm{Ts} + \frac{\mathrm{K_D}}{Ts}(error - last_error) \dots\dots (3.3)$$

Persamaan (3.3) telah dilakukan diskretisasi, sehingga persamaan tersebut sudah dalam bentuk persamaan digital. Dengan demikian, persamaan digital tersebut sudah dapat direalisasikan kedalam bahasa pemrograman.

3.5 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada sub bab ini akan dijelaskan perancangan perangkat lunak yang meliputi perancangan pemrograman Kendali PID pada robot *wall follower*, dan perancangan aplikasi yang digunakan untuk pembacaan data menggunakan media bluetooth pada LabVIEW.

3.5.1 Pemrograman Kendali PID

Dari pembahasan sebelumnya, persamaan yang telah didiskretisasi tersebut dapat langsung diterapkan kedalam bahasa pemrograman. Pembuatan program Kendali PID pada robot *wall follower* dilakukan berdasarkan persamaan PID digital. Kendali PID digital merupakan bentuk lain dari Kendali PID yang diprogram dan dijalankan pada mikrokontroler. Terlebih dahulu akan dibuat variabel yaitu *error* dan *last_error*, yang digunakan pada perhitungan aksi Kendali PID. Setiap satu kali *looping* progam, *error* akan diperbaharui dengan data yang diambil dari sensor dan data sebelumnya akan disimpan di *last_error*. Keluaran dari perhitungan program Kendali PID ini adalah nilai PWM. Keluaran Kendali PID berupa nilai PWM akan memanggil fungsi pengendali *driver* motor [1].

error = SP-PV

last_error=error

rate = error-last_error

Acc_error=error+last_error

P=Kp*error

I=Ki*Ts*acc_error

D=Kd/Ts*rate

MV=P+I+D

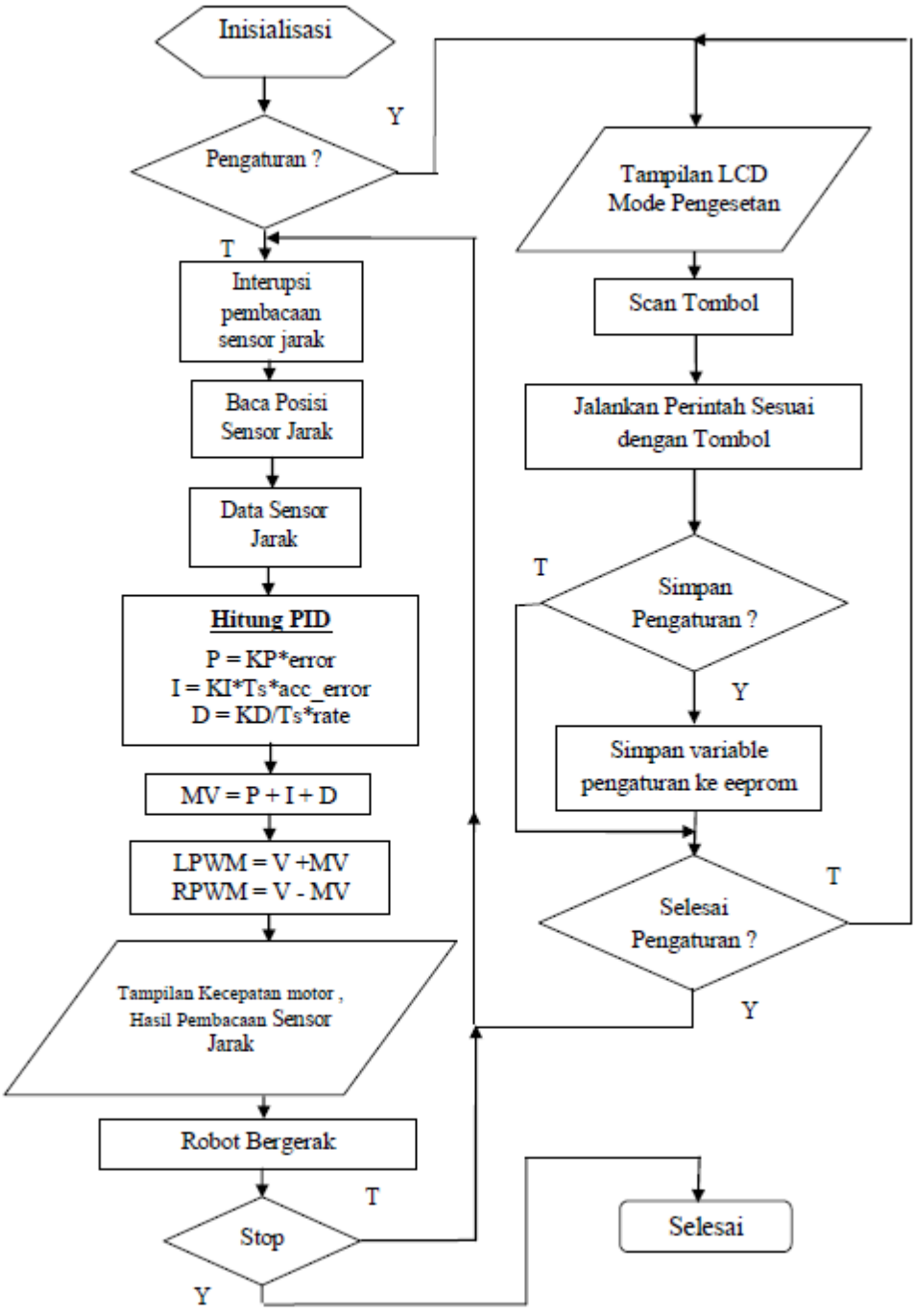
LPWM=V+MV

RPWM=V-MV

Program Kendali PID yang akan diterapkan pada sensor kanan dan kiri menggunakan program diatas yang menjelaskan secara garis besarnya. MV merupakan nilai PID. *Set point* (SP) merupakan suatu parameter nilai acuan atau nilai yang diinginkan. *Present Value* (PV) merupakan nilai pembacaan sensor saat itu atau variabel terukur yang di umpan balikan oleh sensor. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya,, keluaran dari perhitungan PID adalah nilai PWM. Nilai PWM hasil perhitungan PID akan dijumlahkan dan dikurangkan dengan *Base*_PWM. Dengan demikian akan diperoleh nilai PWM untuk masing-masing motor.

Flowchart program dari sistem navigasi *wall following* dengan Kendali PID yang diterapkan pada robot *wall follower* ditujukkan oleh gambar 3.11.

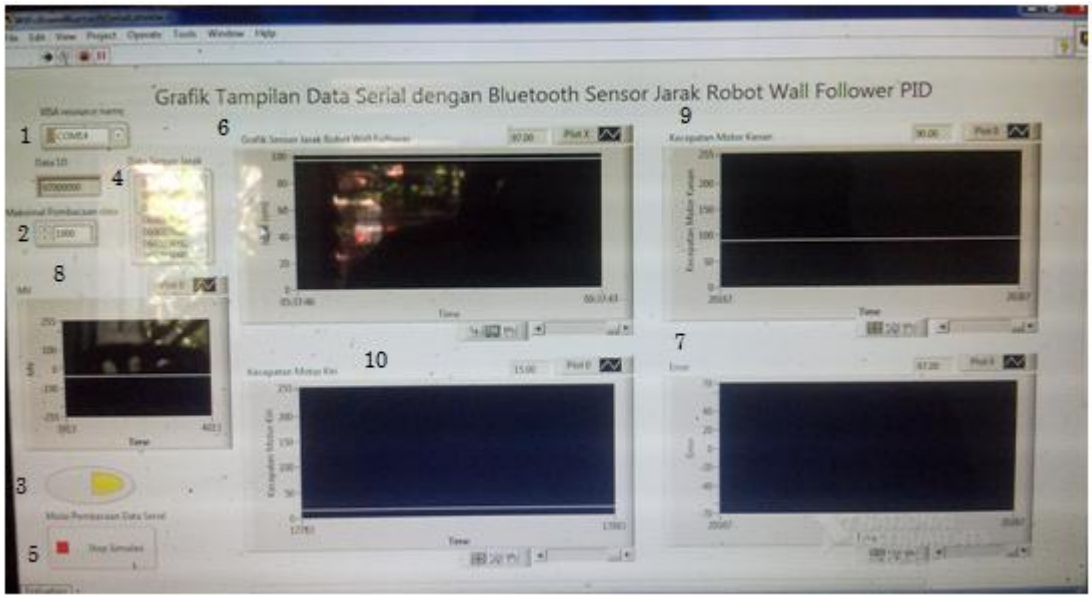
Flowchart program dari sistem navigasi *wall following* dengan Kendali PID yang diterapkan pada robot *wall follower* ditujukkan oleh gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Flowchart* Program Robot *Wall Follower*

3.5.2 Pembacaan Data Serial pada LabVIEW

Pada tahap ini akan dibuat suatu aplikasi menggunakan *software* LabVIEW yang digunakan untuk menampilkan pembacaan data menggunakan media bluetooth yang akan ditampilkan dalam bentuk grafik. Aplikasi yang dibuat hanya untuk menerima data yang dikirim oleh robot ketika sedang beraksi.

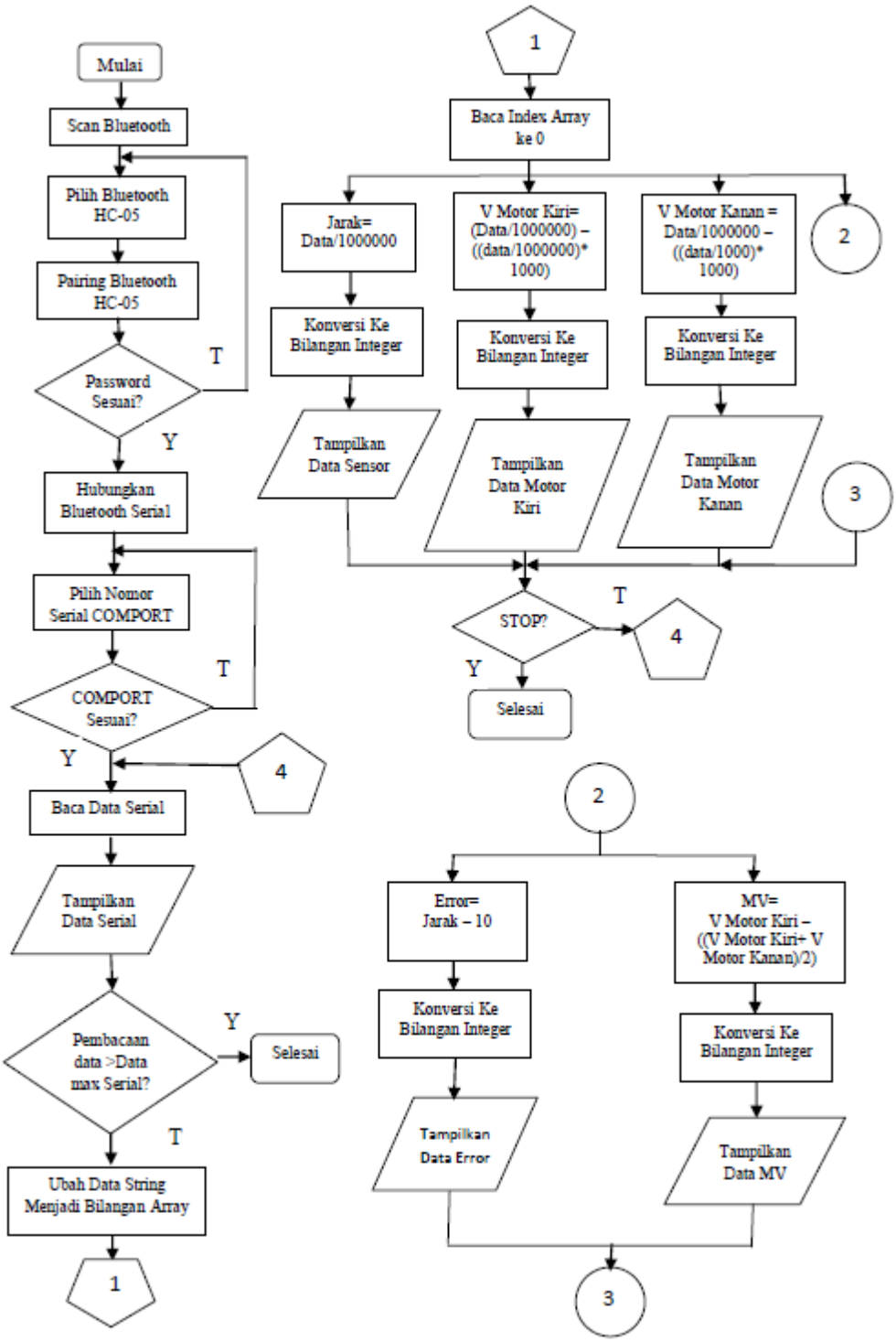


Gambar 3.12 Tampilan *Front Panel* LabVIEW 2015

Dari keterangan tampilan gambar di atas, dapat dijelaskan masing-masing fungsinya sebagai berikut.

1. VISA *resource name*, merupakan panel untuk mengatur jalur komunikasi yang akan digunakan.
2. Maksimal pembacaan data, digunakan untuk mengatur pembacaan maksimal data yang dilakukan.
3. Boolean *push button***,** digunakan sebagai tombol untuk memulai pembacaan data serial.

4. String, digunakan untuk menampilkan pembacaan data sensor jarak.
5. Boolean stop button, digunakan untuk menghentikan pembacaan data yang dilakukan.
6. Graph 1, digunakan untuk menampilkan data sensor jarak dalam bentuk grafik
7. Graph 2, digunakan untuk menampilkan data *error* dalam bentuk grafik.
8. Graph 3, digunakan untuk menampilkan *measurement variable* yang ditampilkan dalam bentuk grafik.
9. Graph 4, digunakan untuk menampilkan kecepatan motor kanan yang ditampilkan dalam bentuk grafik.
10. Graph 5, digunakan untuk menampilkan kecepatan motor kiri yang ditampilkan dalam bentuk grafik.



Gambar 3.13 *Flowchart* Pembacaan Data Bluetooth LabVIEW