

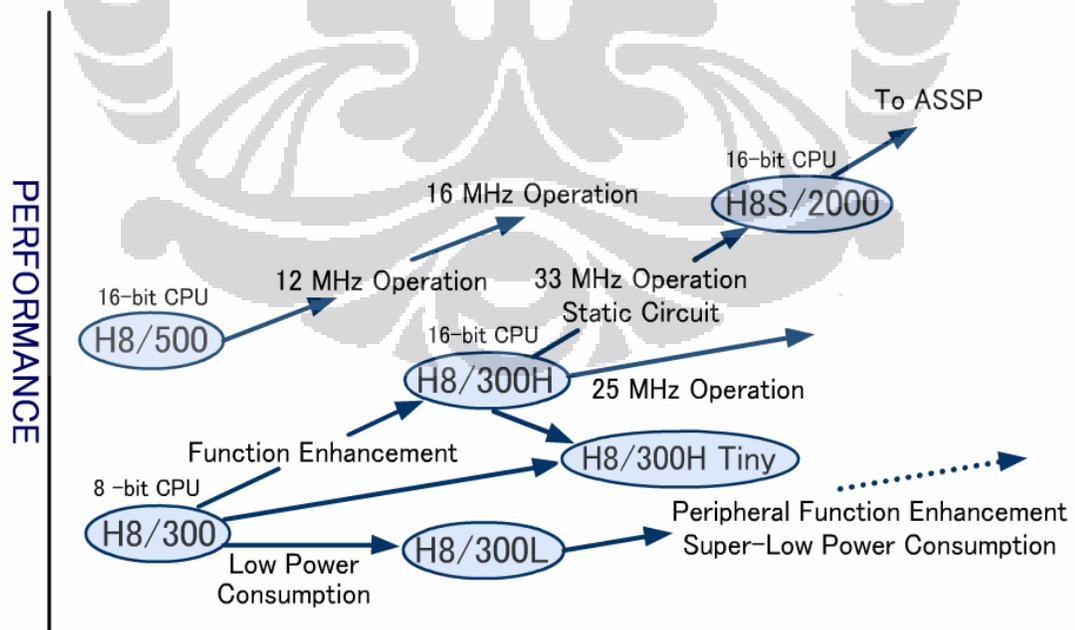
BAB II

MIKROKONTROLLER *H8/3069F*

II.1 PENDAHULUAN *H8/300H*

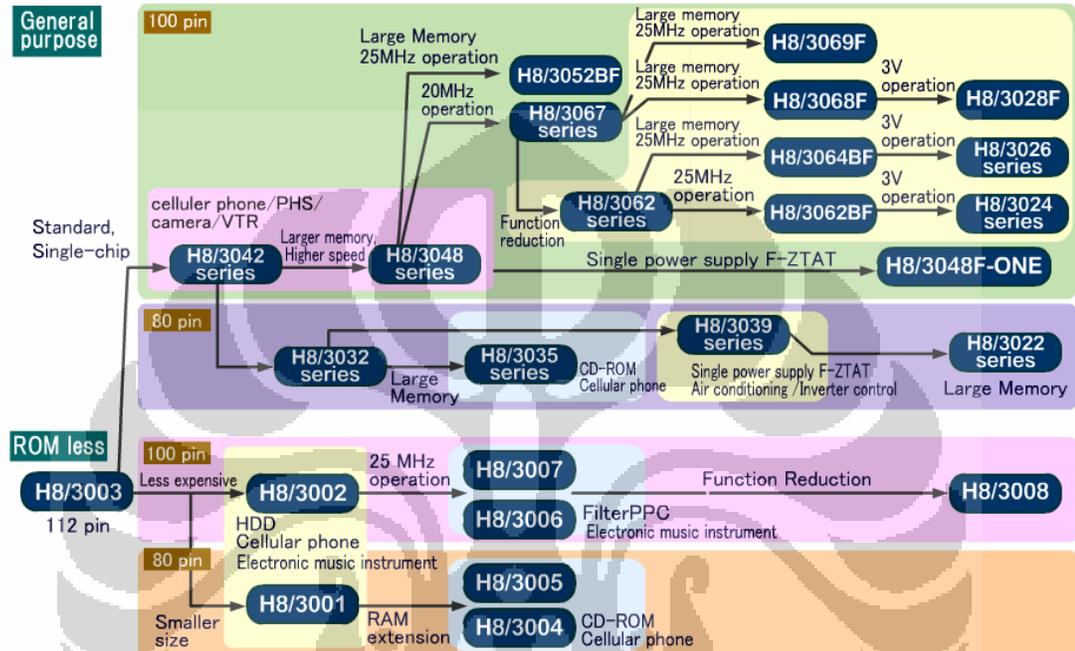
Mikrokontroller yang digunakan pada penelitian ini seri *H8/300H* yaitu *single-chip microcomputer* berperforma tinggi yang mempunyai sebuah CPU 16-bit (*Control Processing Unit*) sebagai processornya.

Gambar 2.1 menunjukkan daftar mikrokontroller, sekaligus perkembangan keluarga H8 yang diproduksi oleh perusahaan Renesas/Hitachi, Jepang.



Gambar 2.1 Daftar dari keluarga H8.

Gambar 2.2 menunjukkan daftar perkembangan mikrokontroler yang menggunakan microprocessor seri *H8/300H*.



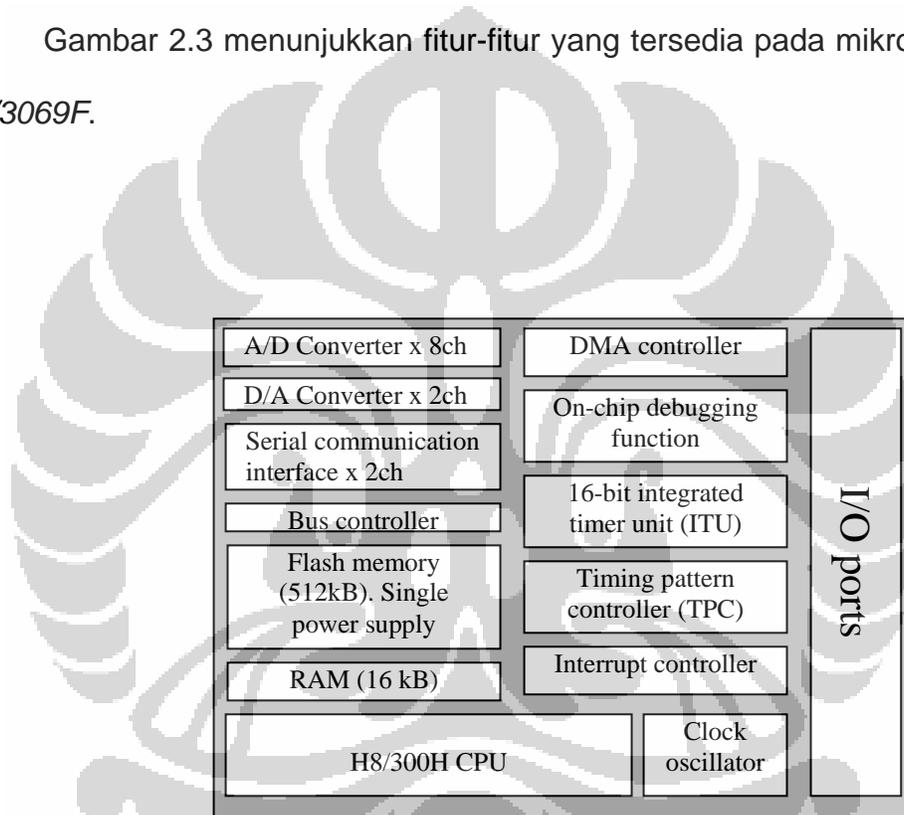
Gambar 2.2 Daftar perkembangan mikrokontroler yang menggunakan mikroprocessor *H8/300H*.

Perkembangan mikrokontroler seri *H8/300H* dimulai dengan seri *H8/3003* yang tidak memiliki ROM didalam sehingga tidak bisa difungsikan untuk single-chip mikrokomputer. Selanjutnya perubahan perkembangan yang terjadi pada keluarga mikrokontroler H8 yang memakai *microprocessor H8/300H* lainnya adalah perbedaan kapasitas ROM dan RAM-nya serta fitur-fiturnya, tetapi pada umumnya, fitur-fitur pada keluarga mikrokontroler H8 serupa. Pada pengembangannya terdapat berbagai macam produk lainnya yang fungsi, kapasitas memori, harga dan kecepatan operasinya beragam.

II.2 MIKROKONTROLLER *H8/3069F*

H8/3069F adalah salah satu mikrokontroller yang dilengkapi *processor H8/300H*. *H8/3069F* mempunyai sebuah *internal writable flash memory* yang menggunakan *single power supply* (5V).

Gambar 2.3 menunjukkan fitur-fitur yang tersedia pada mikrokontroller *H8/3069F*.



Gambar 2.3 Fitur-fitur dari mikrokontroller *H8/3069F*

Fitur-fitur dari CPU

- CPU berkecepatan tinggi

Operasi CPU berbasis pada sinyal clock, semakin tinggi frekuensi sinyal clock-nya, semakin cepat operasinya. Waktu dari pulsa sinyal clock 25MHz adalah 0.04 micosecond (40ns), yang disebut “1 state”. Operasi

penambahan/pengurangan diselesaikan dalam “2 state” sedangkan operasi pengalian/pembagian diselesaikan dalam “14 state”.

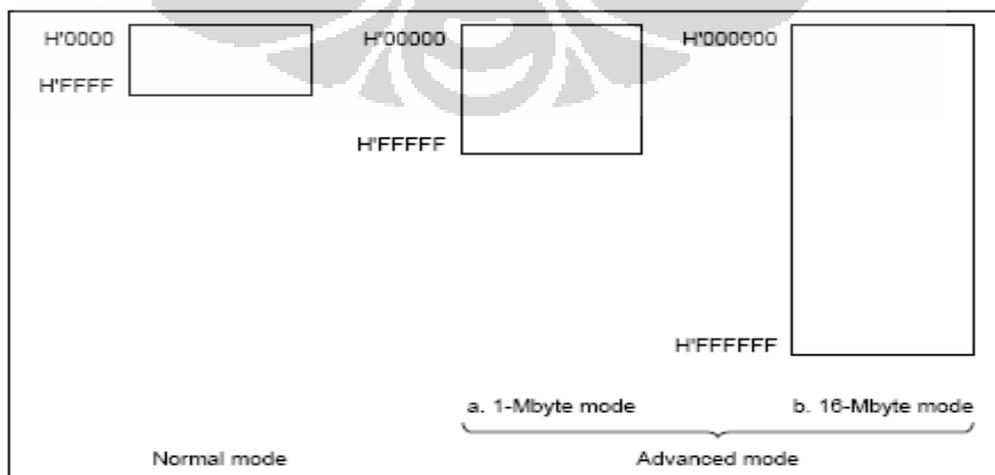
Kecepatan frekuensi operasi maksimum yang dimiliki *H8/3069F* adalah 25MHz. Fungsi penambahan atau pengurangan dapat dieksekusi dalam 80ns dan perkalian atau pembagian dieksekusi dalam 560ns.

- 16-bit CPU yang berperan sebagai *general-purpose register*

Dilengkapi dengan 16-bit x 16 *general-purpose register*. Dan tersedia juga dalam 8-bit x 8 + 16-bit x 16 atau 32-bit x 8.

- Mode operasi yang dimiliki oleh *H8/3069F* ada 2 mode yaitu mode normal dan mode tinggi. Mode normal mempunyai jumlah alamat dan program yang dikombinasikan maksimum sebesar 64K byte dan mode tinggi mempunyai jumlah alamat dan program yang dikombinasikan maksimum sebesar 16M byte.

Gambar 2.4 menunjukkan map dari memory dari setiap mode yang dimiliki oleh mikrokontroller ini.



Gambar 2.4 Map memori dari mikrokontroller *H8/3069F*

Berfungsi sebagai *single-chip* dan *multi-chip mikrokomputer*

Mikrokontroller ini dapat difungsikan sebagai *single-chip* mikrokomputer karena didalamnya sudah tersedia ROM, RAM dan fungsi I/O. Mikrokontroller ini juga dapat difungsikan sebagai *multi-chip* mikrokomputer saat terjadi penambahan memori.

Internal ROM

Mikrokontroller ini mempunyai flash memory 512K byte yang dapat di *write* dengan sebuah *power supply* (5V).

Internal RAM

Mikrokontroller ini mempunyai 16K byte *internal* RAM.

I/O port: 11 I/O port

Tersedia 11 I/O port, yaitu port 1 sampai port 9, port A dan port B. Masing-masing port memiliki fungsi yang sama yaitu sebagai register, *port data register* (PDR) dan *port data direct register* (PDDR). Beberapa port juga bekerja sesuai mode yang ada dan beberapa port memiliki kelebihan sebagai input Pull-Up MOS Control Register (PCDR). I/O port dapat digunakan sebagai input status on/off atau sinyal dari berbagai sensor. Saat I/O port digunakan sebagai output, mikrokontroller dapat diatur untuk mengontrol kedipan lampu atau mengontrol switch on/off dari motor dan heater.

Internal SCI (Serial Communication Interface) x 3 channel

Ketiga *channel* SCI mempunyai fungsi yang sama. Mode dari SCI ini adalah sinkron dan asinkron. SCI mikrokontroller ini juga mempunyai komunikasi multiprocessor dengan dua atau lebih processor. SCI juga dapat

dihubungkan dengan smart card interface dengan mengubah setting pada register CPU.

Internal 16-bit timer x 3 channel dan 8-bit timer x 4 channel

channel 0 dan 1 pada 16-bit *timer* mempunyai fungsi yang sama, sedangkan *channel* 2 mempunyai register sendiri pada CPU. 8-bit *timer* dibagi menjadi dua grup dengan masing-masing dua *channel*. Grup 0 terdiri dari *channel* 0 dan 1 dan grup 1 terdiri dari *channel* 2 dan 3.

Internal TPC (Timing Pattern Controller)

H8/3069F mempunyai TPC yang menyediakan output pulsa dengan berbasis 16-bit *timer*. Pulsa output dari TPC dibagi menjadi grup 4-bit (grup 3 sampai grup 0) yang dapat beroperasi secara serempak dan *independent*.

Internal watch-dog timer (WDT)

WDT dapat dioperasikan untuk mengawasi jalannya program, atau hanya sebagai interval *timer*. Ketika WDT digunakan, WDT akan membangkitkan sinyal reset pada chip *H8/3069F* bila sistem *crash*.

Internal A/D converter dengan resolusi 10-bit x 8 channel

8 *channel* analog input dibagi menjadi dua grup yaitu grup 0 dan grup 1. AV_{CC} dan AV_{SS} adalah power supply sirkuit analog pada *A/D converter*, dan V_{REF} adalah tegangan referensi.

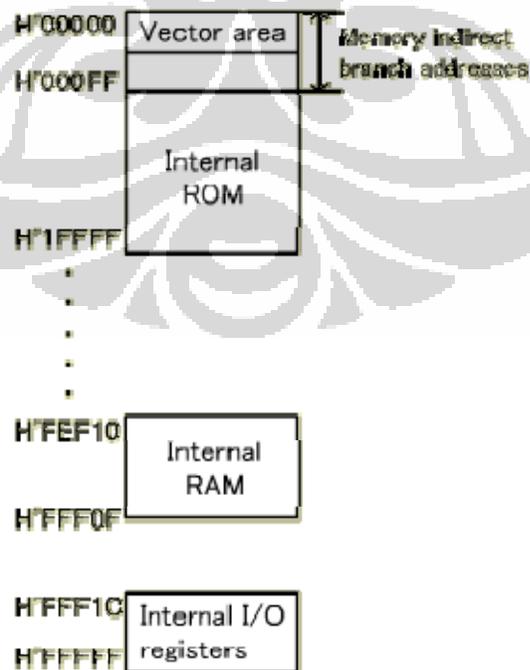
Internal 8-bit D/A converter × 2 channel

Resolusi dari *D/A converter* ini adalah 8-bit. Tegangan output-nya berkisar antara 0V sampai V_{REF} . Pengaturan *D/A converter* ini diatur pada sebuah register di CPU.

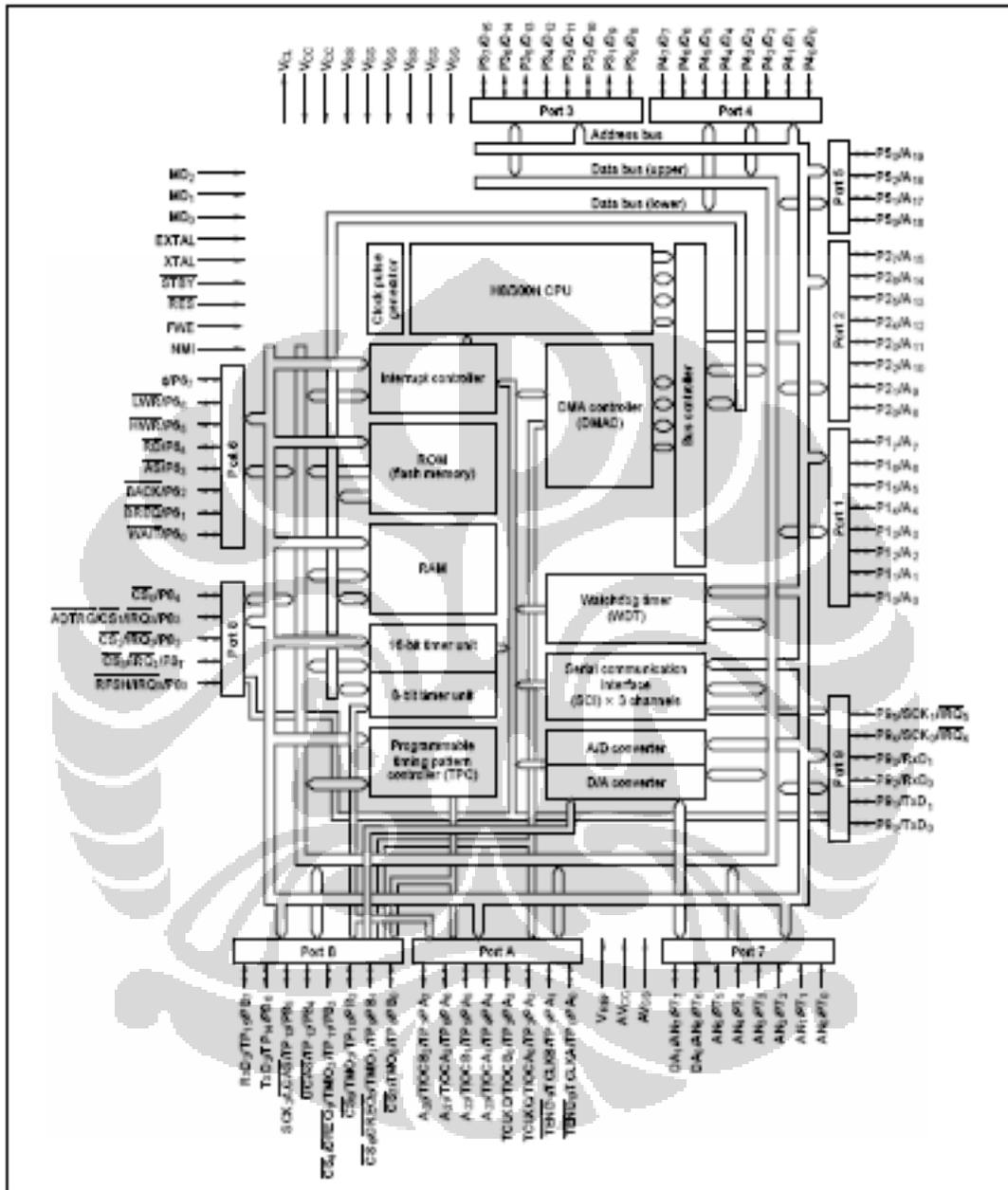
Internal DMA controller (DMAC) × 4 channel

Digunakan untuk transfer data berkecepatan tinggi. *DMAC* memungkinkan transfer data lebih cepat dari penggunaan CPU. Umumnya digunakan dengan sebuah *timer* dan fungsi komunikasi lainnya.

H8/3069F dapat digunakan sebagai single-chip mikrokomputer. Pada kondisi ini, hanya *internal* memori yang dapat digunakan. Gambar 2.4 menunjukkan memori map pada mode single-chip. Pada mode ini alamat memori diekspresikan dengan notasi 5 digit heksadesimal.^[5]



Gambar 2.5 Memori map mode *single-chip*



Gambar 2.6 arsitektur hardware mikrokontroler 16 bit *H8/3069F*

II.3 MIKROKONTROLLER *H8/3069F* SEBAGAI PENGENDALI SISTEM

ROBOT

Di era modern, sebagian besar produk teknologi dibuat secara otomatis seperti mesin-mesin industri yang berbasis sistem robot. Alat-alat tersebut dikendalikan oleh sebuah komputer atau mikrokontroller yang terintegrasi didalamnya. Penggunaan dari mikrokontroller sebagai pengendali akan diterapkan pada penelitian ini dengan menggunakan mikrokontroller *H8/3069F*.

Penggunaan mikrokontroller *H8/3069F* sebagai pengendali sistem robot sudah pernah diawali oleh grup riset aplikasi mikrokontroller 16 bit dari Fisika-UI untuk pembuatan lengan robot. Penelitian kali ini akan membuat sistem robot sederhana yang dapat menggambar 2 dimensi yang merupakan kelanjutan dari penelitian dari sebelumnya.

Sistem robot dalam setiap pergerakannya memiliki fungsi yang berbeda-beda menurut perancangannya. Perancangan suatu sistem robot harus memperhatikan jumlah DOF (*Degrees Of Freedom*), mekanik, ukuran, motor penggerak, pengendali, pengkabelan dan kegunaannya.

Jumlah DOF pada sistem ini ada 5 buah yang dibuat untuk memaksimalkan hasil yang diperoleh. Mekanik dari suatu sistem robot cukup penting dikarenakan penggunaan bahan sebagai rangka, perhitungan torsi, dan gambar rancangan harus dibuat terlebih dulu. Sistem pengkabelan saat sistem robot diatur secara sederhana tetapi tidak mengganggu dari setiap

pergerakan yang ada, karena pengendalian akan lebih mudah bila semua kabel motor penggerak menjadi satu sistem.

Jenis motor penggerak pada sistem robot disesuaikan dengan fungsi, ukuran, dan pengendalinya. Pada mesin skala industri atau alat-alat berat biasa digunakan motor penggerak pompa pneumatik atau hidrolik karena membutuhkan tenaga yang cukup besar. Motor DC/AC atau servo motor DC/AC sering digunakan pada alat-alat elektronik dan sering digunakan pada sistem robot. Pada penelitian ini akan servo motor DC dikarenakan ukuran kecil, mempunyai torsi besar dan penggunaan tegangan DC yang digunakan oleh mikrokontroler *H8/3069F*.

Mikrokontroler *H8/3069F* digunakan sebagai pengendali utama pada proses kontrol otomatis yang pergerakannya terprogram pada mikrokontroler tersebut. Selain kontrol otomatis, sistem robot ini dapat dilakukan secara manual oleh komputer desktop lewat komunikasi secara serial dengan mikrokontroler *H8/3069F*.

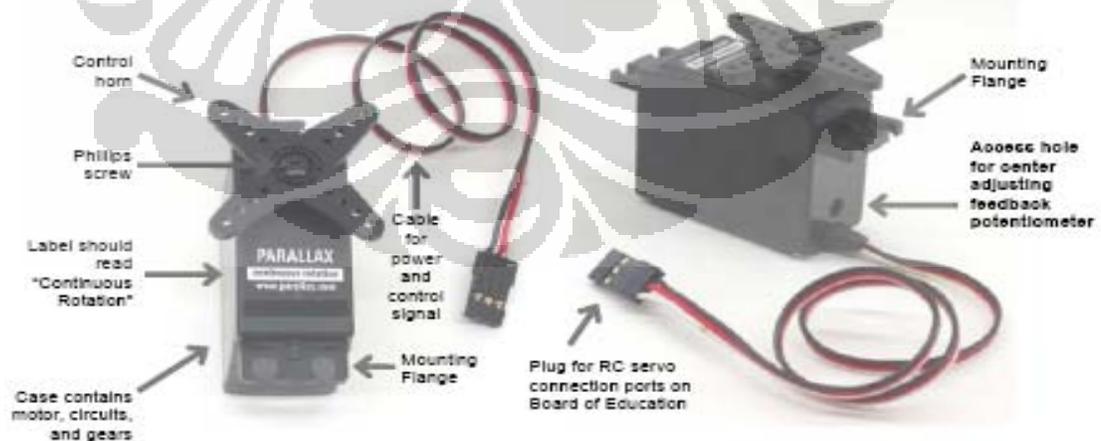
Fitur-fitur dari mikrokontroler yang digunakan pada lengan robot ini antara lain SCI dan pengaksesan port. Dari tiga *channel* SCI yang dimiliki oleh mikrokontroler *H8/3069F*, yang dipakai adalah SCI1. hal ini disesuaikan dengan port serial pada komputer desktop.

Karena sebuah servo motor dapat dijalankan lewat satu pin pada mikrokontroler, maka untuk menjalankan enam buah servo motor diperlukan enam pin atau satu port dengan dua pin terakhir diberi kondisi *don't care*.

II.4 SERVO MOTOR DC

Servo motor ialah motor kecil yang mempunyai sebuah tangkai penggerak yang kecil pada outputnya. Tangkai penggerak ini dapat diposisikan secara spesifik pada posisi angular dengan mengirimkan sinyal terkode. Perubahan pergerakan tangkai ada bila diberikan sinyal input yang baru.

Servo motor DC sering digunakan radio kontrol mobil, radio kontrol pesawat, robot dan lain-lain. Servo motor memiliki torsi maksimum 3.4 kg-cm cukup besar dibandingkan massa servo 40,8 g. Servo motor memiliki 2 jenis menurut pergerakannya yaitu servo motor 180° dan servo motor 360° (continuous rotation). Pada penelitian ini menggunakan servo motor 360° dan 180° sesuai dengan pergerakan yang diinginkan.



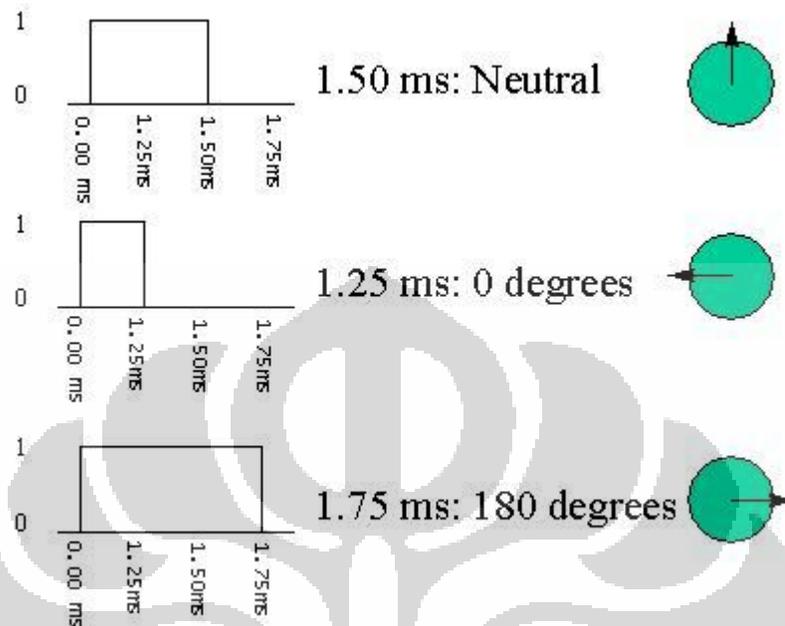
Gambar 2.7 Gambar servo motor secara umum

Servo motor dikontrol oleh 3 kabel, yaitu kabel putih (sebagai kabel kontrol atau sinyal), kabel merah (dihubungkan dengan tegangan 5V) dan kabel hitam (dihubungkan dengan ground).



Gambar 2.8 Komponen servo motor

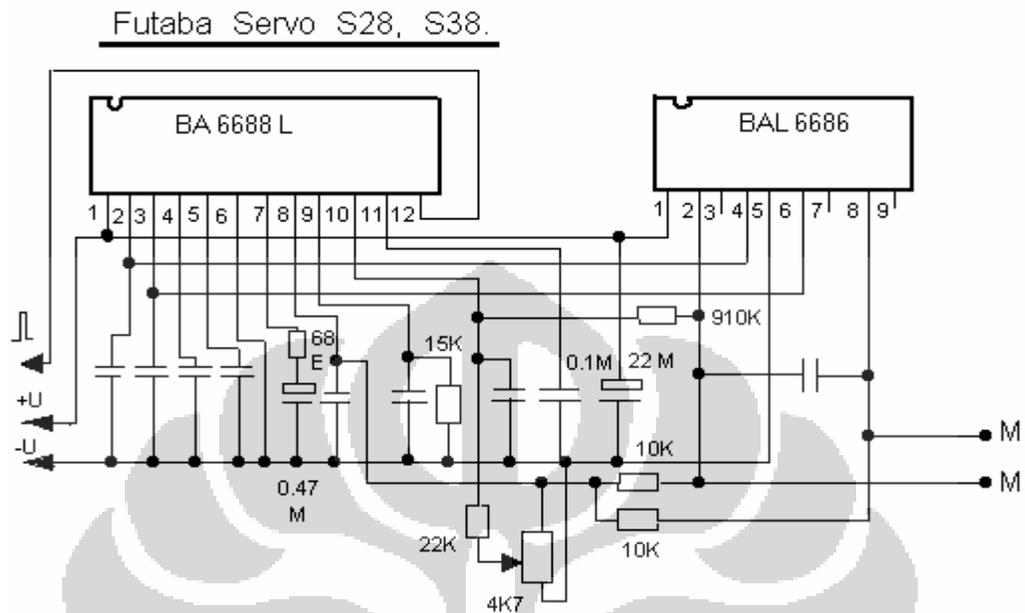
Cara kerja servo motor ialah dengan pemberian sinyal berbentuk pulsa atau PWM ([Pulse-width modulation](#)) yang kemudian diterjemahkan oleh driver yang berada didalam servo motor menjadi suatu posisi angular. Servo motor akan berputar sesuai sinyal yang diperintahkan dan sampai potensiometer didalam servo mencapai posisi yang diperintahkan.



Gambar 2.9 Hubungan kode sinyal dengan perubahan sudut poros^[8]

Lebar dari logika 1 menentukan besarnya perubahan poros yang akan dibentuk. Pada umumnya, hasil penjumlahan antara *duty-cycle* (logika 1) dengan logika 0 (nol) adalah 20ms. Sinyal ini dikirimkan ke servo motor berulang-ulang hingga dicapai sudut yang diinginkan.^[8]

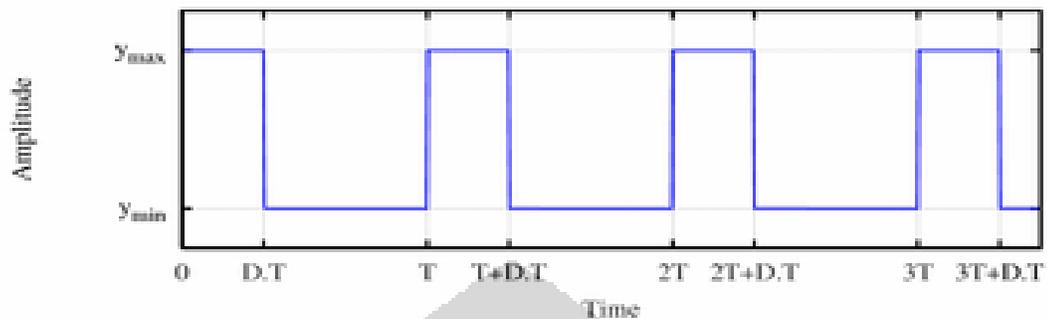
Di dalam standard servo motor terdapat motor DC, IC pengkondisi sinyal (BA 6688 L dan BAL 6686), kapasitor dan resistor yang terintegrasi dalam satu sistem (gambar 3.5) sehingga sinyal kontrol yang dimasukkan ke dalam servo berbentuk seperti gambar 3.4 diatas.^[9]



Gambar 2.10 Rangkaian standar servo motor

II.5 PWM (PULSE-WIDTH MODULATION)

PWM (PULSE-WIDTH MODULATION) ialah sinyal atau pulsa yang dimodulasi berbentuk tegangan memiliki lebar range tegangan positif dan tegangan negatif sehingga dapat diatur lebarnya. PWM biasa digunakan mengontrol tegangan untuk menggerakkan alat lain dari suatu mikrokontroller sebagai pemberi sinyal. Biasanya pulsa yang digunakan berbentuk gelombang sinusoidal dan penelitian ini menggunakan pulsa gelombang sinusoidal yang diciptakan oleh Mikrokontroller H8/3069F.



Gambar 2.11 Contoh bentuk pulsa berbentuk gelombang kotak

Biasanya sinyal berbentuk gelombang kotak memiliki tinggi maksimum dan minimum. Gelombang kotak ini bisa digambarkan sebagai fungsi waktu berikut :

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

Dengan T ialah batas waktu yang dapat ditentukan.

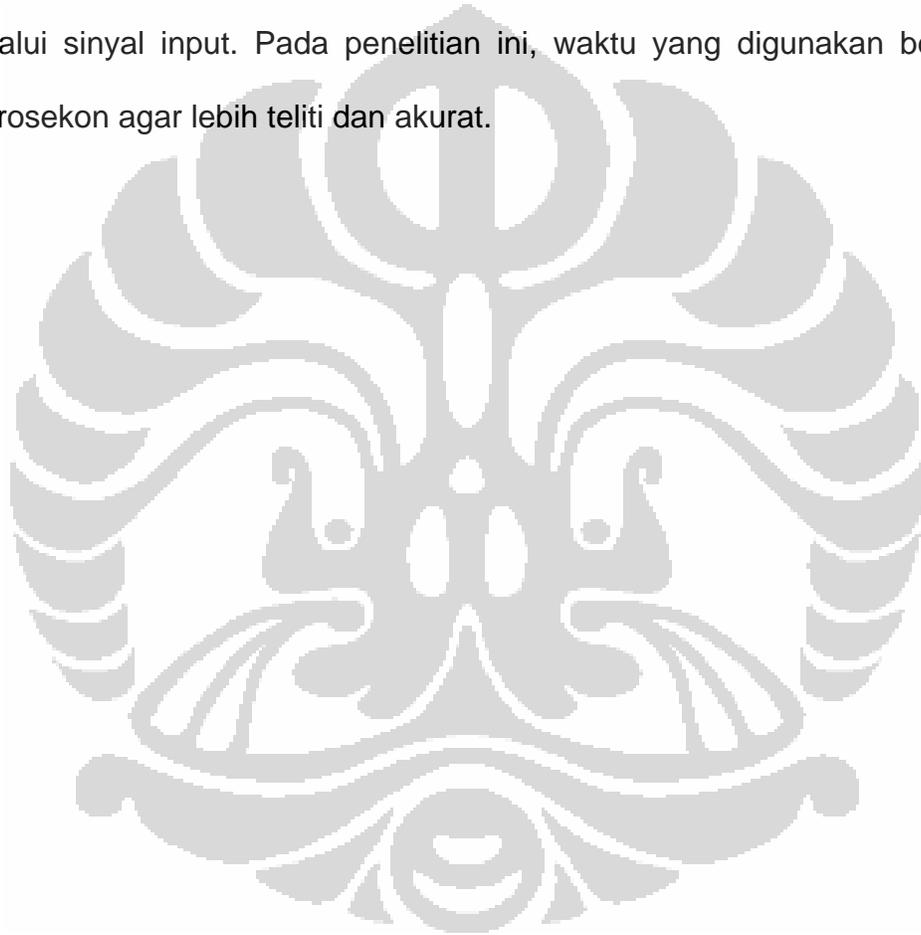
Nilai untuk y_{max} ialah $0 < t < D.T$ dan y_{min} ialah $D.T < t < T$, dengan D konstanta perubahan.

Sehingga dapat dibuat persamaan :

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{1}{T} \left(\int_0^{D.T} y_{max} dt + \int_{D.T}^T y_{min} dt \right) \\ &= \frac{D \cdot T \cdot y_{max} + T(1-D)y_{min}}{T} \\ &= D \cdot y_{max} + (1 - D) y_{min} \end{aligned}$$

Bila nilai $y_{min} = 0$ sehingga $\bar{y} = D \cdot y_{max}$, dari hasil yang didapat menunjukkan rata-rata nilai dari sinyal yang dihasilkan tergantung dari konstanta D.

Lebar pulsa ini dapat ditentukan oleh mikrokontroler yang digunakan melalui sinyal input. Pada penelitian ini, waktu yang digunakan berukuran mikrosekond agar lebih teliti dan akurat.



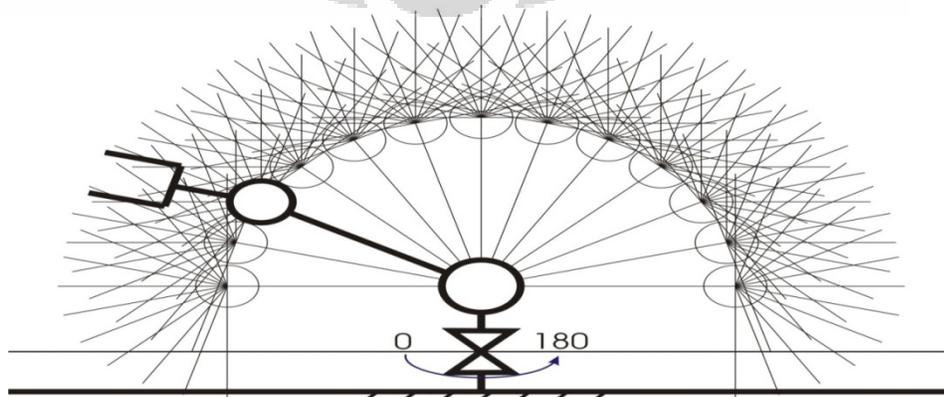
BAB III

SISTEM ROBOT

III.1 PERGERAKAN / DOF (DEGREES OF FREEDOM)

Setiap sistem robot memiliki pergerakan atau DOF untuk melakukan tugasnya. Degrees Of Freedom (DOF) atau derajat kebebasan ialah ruang kerja yang dapat dilakukan dengan tingkat fleksibilitas dari sebuah lengan robot. Jumlah DOF pada suatu sistem robot dapat direpresentasikan sebagai jumlah gerakan yang dapat dilakukan oleh sistem robot.

Sistem robot ini berbeda dengan lengan robot pada umumnya karena tidak berbentuk seperti lengan manusia. Pergerakannya didominasi oleh perputaran servo motor untuk translasi pada jalur yang telah dibuat dan rotasi untuk perputaran 180 derajat dan 360 derajat. Untuk pergerakan translasi dibatasi oleh jalur yang ada sehingga memiliki batas pergerakan minimum dan maksimum, sedangkan untuk pergerakan rotasi sesuai dengan kemampuan dari servo motor yang digunakan untuk tujuan sistem robot.

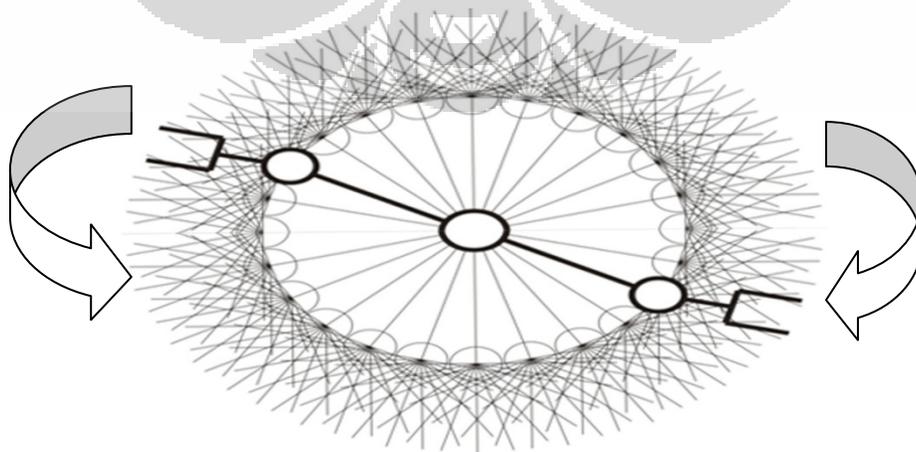


Gambar 3.1 Pergerakan rotasi untuk 180 derajat

Jumlah DOF yang dimiliki sistem ini berjumlah 5 pergerakan, terdiri 3 gerakan translasi dan 2 pergerakan rotasi.

Pergerakan translasi pada sistem robot ini menggunakan rangka pelindung sebagai penjaga ruang kerja dari rangka yang bertranslasi jadi ruang kerja pergerakan dapat terjaga.

Dalam pergerakan rotasi memiliki ruang kerja yang dibagi menjadi 2 sesuai dengan servo motor yang digunakan dan sesuai rancangan yang kita buat. Ruang kerja rotasi pertama dimulai dari 0 derajat sampai dengan 180 derajat dan kembali lagi ke 0 derajat, jadi dapat melakukan tugasnya pada ruang kerja disekitar daerah tersebut. Ruang kerja rotasi yang kedua dimulai dari 0 derajat sampai dengan 360 derajat atau tidak terbatas dan arah rotasinya bisa diatur secara clockwise atau counter clockwise. Perputaran yang tidak harus kembali ketitik semula memudahkan proses dari pergerakan dari pensil penggambar.

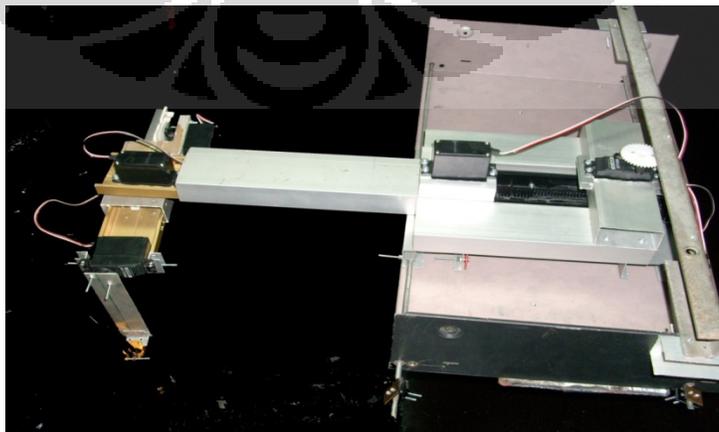


Gambar 3.2 Pergerakan rotasi untuk 360 derajat

III.2 MEKANIKA ROBOT

Sistem robot ini mempunyai 2 jenis pergerakan yaitu translasi dan rotasi untuk menghasilkan gambar 2 dimensi. Pergerakan untuk translasinya ada 3 dan pergerakan rotasi ada 2. Pada pergerakan translasi, output dari servo motor disatukan dengan gear bergerigi agar output sesuai dengan jalur yang telah dibuat.

Sumbu 1 dan sumbu 3 bergerak rotasi. Sumbu 1 berfungsi menurunkan pensil penggambar dengan perputaran 180 derajat. Sumbu 3 berfungsi sebagai rotasi dalam penggambaran yang diameternya dapat diatur dan dapat berputar 360 derajat atau continuous. Sumbu 2, 4, dan 5 bergerak secara translasi sesuai tugasnya. Sumbu 2 berfungsi mengatur diameter dari rotasi yang dilakukan untuk penggambaran. Sumbu 4 berfungsi pergerakan translasi sumbu Y ruang gambar dan sumbu 5 berfungsi pergerakan translasi pada sumbu X ruang gambar.



Gambar 3.3 Sistem robot

III.3 PEMROGRAMAN SISTEM ROBOT

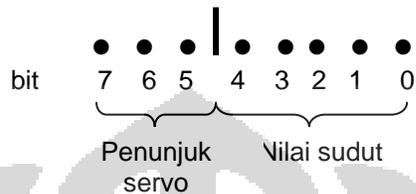
Sistem robot ini digerakan oleh servo motor yang dikendalikan oleh mikrokontroller H8/3069F. Servo motor dapat digerakan oleh semua mikrokontroller dan yang paling sederhana menggunakan IC timer 555 karena servo motor membutuhkan sinyal berupa PWM. Komunikasi yang biasa dilakukan melalui hubungan serial port, parallel port, port Ethernet dan yang terbaru ialah USB.

Komunikasi yang digunakan pada penelitian ini ialah serial port yang menghubungkan langsung komputer desktop dengan mikrokontroller. Komunikasi serial port ini diperlukan untuk memberikan perintah pemrograman yang kita *write* pada mikrokontroller. Pemrograman dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu pemrograman pada computer dan pemrograman pada mikrokontroller.

III.3.1 PEMROGRAMAN PADA KOMPUTER

Pemrograman pada komputer dibutuhkan untuk proses kontrol manual menggunakan komunikasi serial. Kontrol manual ini ditujukan mengontrol langsung sistem robot melalui komputer desktop oleh operator sehingga mudah dalam pengoperasian. Komunikasi ini akan mengirimkan data satu byte yang setiap bit memiliki informasi yang berbeda. Penulis menggunakan bit 0 sampai bit 4 untuk mengirimkan sudut pergerakan servo motor,

sedangkan bit 5 ,6 dan 7 untuk mengirimkan informasi servo motor yang akan digerakan.



Gambar 3.4 Bentuk data dalam 1 byte

Bit 7, Bit 6, Bit 5	Servo ke-
000	1
001	2
010	3
011	4
100	5

Tabel 3.1 Data urutan servo motor pada kontrol manual

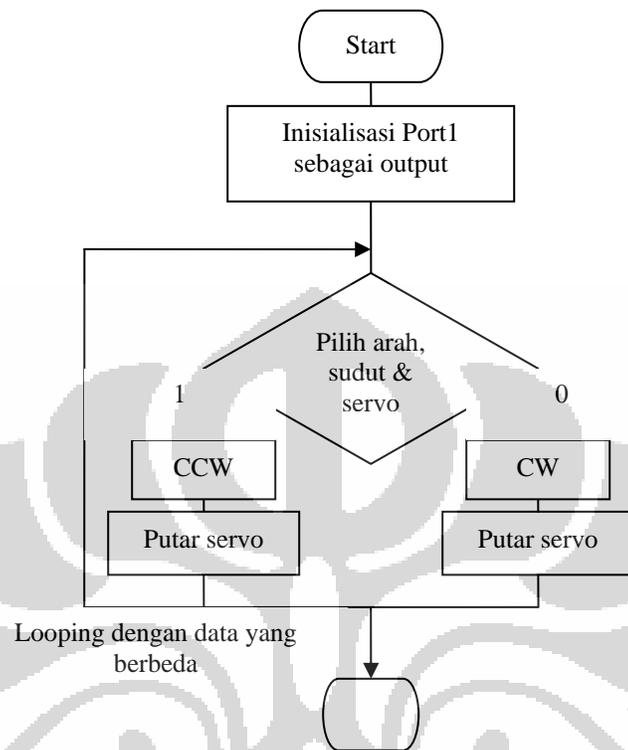
Pada bit 0 sampai bit 4 yang mengirimkan data pergerakan untuk sudut yang berbeda tergantung dari pergerakan rotasi yang kita pergunakan. Pada sistem robot ini ada 2 informasi data yang diberikan untuk sudut 0 derajat sampai 180 derajat dan sudut 0 derajat sampai 360 derajat atau continuous. Pada bit 0 sampai bit 4 dibagi menurut nilai maksimum yang dimiliki dan kemudian dirubah kedalam bentuk karakter sebelum proses pengiriman.

III.3.2 PEMROGRAMAN PADA MIKROKONTROLLER H8/3069F

Pemrograman kontrol manual dan pemrograman kontrol otomatis pada mikrokontroller menyebabkan dibuatnya dua program yang terpisah. Walaupun pembuatan program terpisah tetapi dapat di-*write* pada mikrokontroller secara bersamaan sehingga dapat dipilih kontrol manual dengan pengendalian lewat komputer desktop melalui komunikasi serial dan kontrol otomatis dengan sendirinya sistem robot bergerak.

III.3.2.1 PEMROGRAMAN UNTUK KONTROL OTOMATIS

Pada pemrograman otomatis tidak dibutuhkan komunikasi serial agar sistem robot bergerak tetapi dibutuhkan saat *write* (flash) program ke mikrokontroller sehingga tidak memerlukan inisialisasi komunikasi serial. Perbedaan inilah yang menyebabkan program dibuat terpisah. Sistem robot akan bergerak secara sendirinya sesuai dengan perintah yang kita tuliskan pada program yang kita *write*.



Gambar 3.5 *flowchart* pada pemrograman otomatis

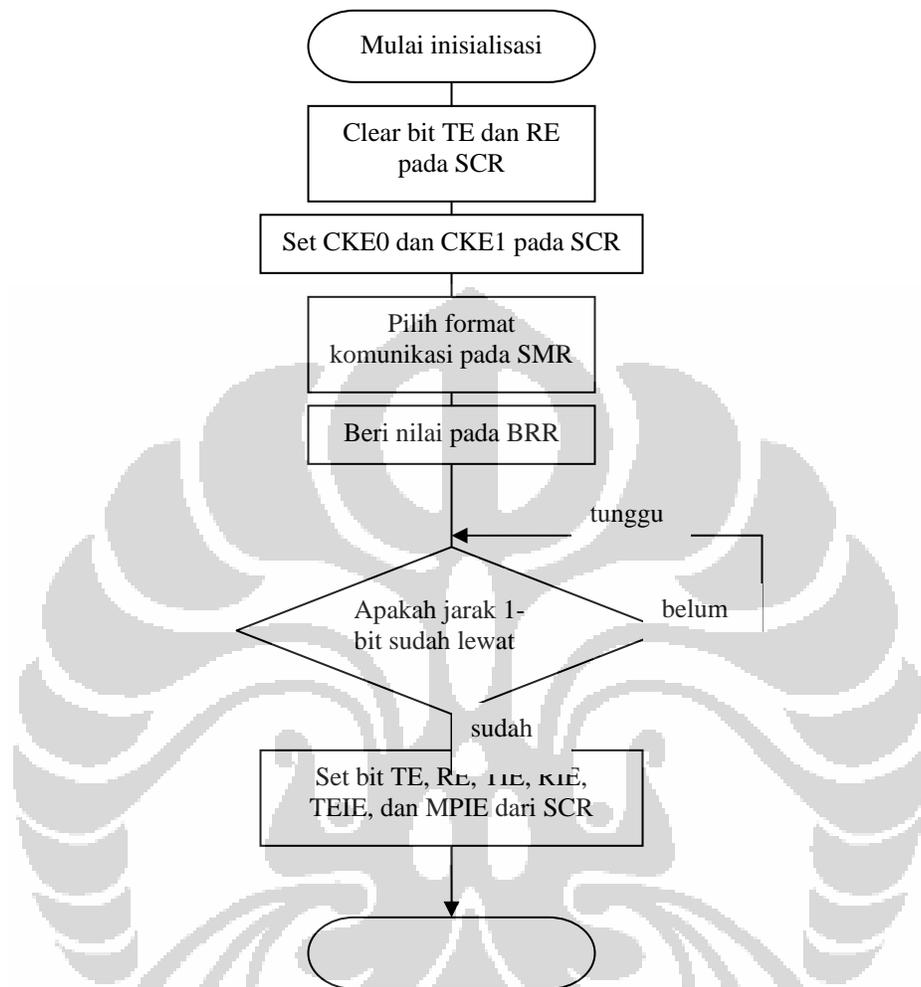
Gambar diatas menunjukan cara kerja pemrograman otomatis dengan pemberian data yang berbeda dan arah putaran atau sudut secara *clock wise* (CW) dengan pemberian data 0 dan *counter clock wise* (CCW) dengan pemberian data 1. Pemrograman otomatis ini akan mencoba menggambar sebuah lingkaran sehingga yang perlu digerakkan servo motor 1 (sumbu 1), servo motor 2 (sumbu 2) dan servo motor 3 (sumbu 3). Servo motor 1 akan menggerakkan alat penulis untuk siap menggambar dan servo motor 2 bergerak untuk mengatur diameter dari lingkaran yang akan digambar. Sedangkan servo motor 3 bergerak secara rotasi untuk menggambar lingkaran. Dengan pemberian data yang berbeda pada servo motor 2

sehingga dapat terlihat hasil yang berbeda dan didapatkan scenario pergerakan otomatis.

III.3.2.2 PEMROGRAMAN UNTUK KONTROL MANUAL

Pada pemrograman untuk kontrol manual menggunakan pemrograman receive SCI beserta interruptnya. Program interrupt berfungsi menunggu data yang dikirim dari komputer desktop dan bernilai 0 jika tidak ada data yang terkirim.

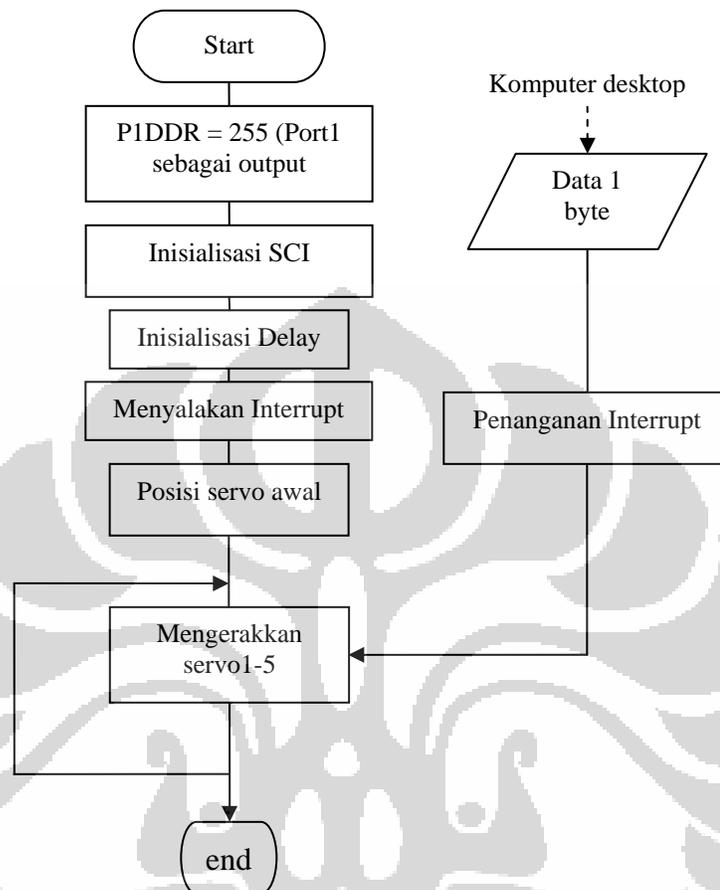
Dalam komunikasi serial yang digunakan dibuat kesepakatan dengan mode asinkron, panjang data 8-bit, tanpa parity bit dan satu stop bit atau biasa disebut kondisi normal. Pada program inialisasi serial kesepakatan ini dimasukkan. Sehingga dalam meng-inialisasi format data serial pada komputer desktop dapat disesuaikan dengan kesepakatan diatas.



Gambar 3.6 *Flowchart* inialisasi komunikasi serial pada mikrokontroler H8/3069F

Program yang di write pada mikrokontroler ditujukan untuk pemrograman SCI dan servo motor. *Flowchart* inialisasi SCI pada mikrokontroler dapat dilihat pada gambar 3.6.

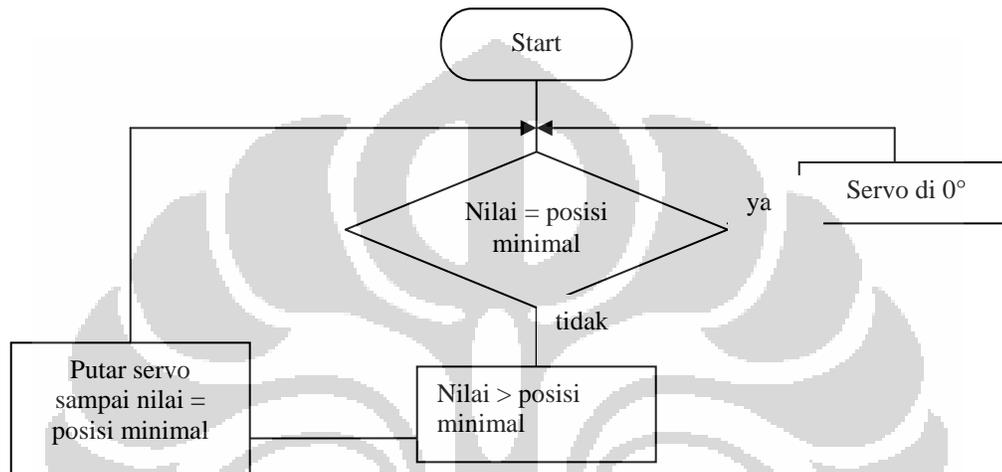
Diperlukan inialisasi interrupt, delay dan penanganan interrupt dalam pemrograman karena fitur-fitur ini diperlukan dalam pemrograman. Inialisasi ini secara bersamaan dapat dilihat pada *flowchart* gambar 3.7



Gambar 3.7 Flowchart program manual

Dalam inisialisasi delay dan SCI interrupt memakai satu header untuk memudahkan inisialisasi. Dalam inisialisasi delay penulis menggunakan satuan $10\ \mu\text{s}$ sesuai dengan variable integer dan penulisan delay untuk satuan millisekon (ms) agar lebih detail. Inisialisasi interrupt karena dibutuhkan fitur interrupt dalam menjalankan program manual dan mengaktifkannya. Untuk fungsi interrupt, data 1 byte akan dibagi menjadi bit 0 sampai bit 4 dan bit 5 sampai dengan bit 7. Pemberian logika AND dengan EO heksadesimal dilakukan untuk mendapatkan data pada bit 5 sampai bit 7. Karena informasi sudut terpisah dari data yang diproses secara numerik

dalam fungsi maka ketika servo telah terpilih dan data serial telah dikonversi, program main akan ter-interrupt dengan dimasukkannya nilai ke fungsi PWM servo motor.



Gambar 3.8 *Flowchart* program *PWM* servo motor

Program PWM pada servo motor, *Flowchart*-nya dapat dilihat pada Gambar 3.8. Pada keadaan pertama, data yang terkirim membentuk putaran servo motor ke sudut yang ditentukan atau minimal. Bila keadaan ini berjalan terus dengan tidak adanya data dari interrupt, maka servo akan di looping untuk membentuk sudut minimal atau yang sudah ditentukan. Posisi servo motor tidak akan berubah bila delay berisikan data yang sama dengan data minimal. Perubahan data delay akan menyebabkan servo motor bergerak sesuai sinyal yang dibuat oleh data delay. Kondisi ini berbeda untuk servo motor 180 derajat dan servo motor 360 derajat karena pemberian sinyal PWMnya berbeda agar dapat bergerak.

BAB IV

ANALISA HASIL PENELITIAN

IV.1 ANALISA SISTEM ROBOT

Sistem robot ini dibuat sesuai rancangan untuk menggambar lingkaran dengan diameter yang dapat diatur pada khususnya dan menggambar 2 dimensi yang dapat dicapai pada umumnya. Spesifikasi keseluruhan ialah menggunakan servo motor 180 derajat, servo motor 360 derajat, bahan almunium, gear, jalur bergerigi dan kaki penyangah. Servo motor yang digunakan diproduksi oleh futaba dengan massa 40,8 g dan kemampuan torsi maksimum 3,4 kg-cm. Digunakan bahan almunium untuk beberapa kerangka untuk memperingan massa beban untuk pergerakan servo tetapi tidak menghilangkan kekuatan rangka.

Pada servo motor pertama output servo motor dihubungkan dengan batang yang terkait dengan alat tulis. Digunakan servo motor 180 derajat karena yang dibutuhkan untuk menurunkan alat tulis saat siap menggambar.

Servo motor kedua berfungsi untuk mengatur diameter dari lingkaran yang digambar. Output servo dihubungkan dengan gear gerigi dengan diameter 1.3 cm dan jalur bergerigi untuk mengkonversi gerakan rotasi servo motor menjadi gerakan translasi. Jari-jari lingkaran yang mampu dibuat sekitar 8,5 cm sampai dengan 15 cm.

Pembuatan lingkaran dilakukan oleh servo motor yang ketiga karena outputnya dihubungkan dengan batang alumunium yang merotasikan alat tulis. Servo motor ini harus mendapatkan kesimbangan untuk mendapatkan hasil rotasi yang sempurna sehingga letak dari servo motor pertama dan kedua perlu diperhitungkan. Pada sumbu ini digunakan rotor untuk pengkabelan dari servo motor pertama dan servo motor kedua.

Servo motor keempat mengkonversi gerakan rotasi menjadi translasi dengan menghubungkan output servo dengan gear gerigi berdiameter 1.3 cm. Penulis menamakan pergerakan ini sebagai sumbu Y dengan jarak sekitar 11,5 cm.

Terakhir servo motor kelima, penulis menamakannya sebagai pergerakan sumbu X. Gerakan translasi yang mampu dilakukan berjarak antara 30 cm dengan gear gerigi berukuran diameter 3.2 cm.

IV.1.1 ANALISA PERGERAKAN ROBOT

Pergerakan sistem robot sangat menentukan hasil penggambaran. Servo motor pertama tidak akan menggerakkan pensil sehingga pensil selalu pada posisi sejajar dengan lengan robot dan disebut posisi 0 dari servo motor pertama. Diposisikan sejajar agar tidak bertabrakan dengan lengan yang lain saat berotasi sesuai dengan perintah. Servo motor pertama akan berada pada posisi 1 saat akan menggambar sehingga letak pensil akan tegak lurus atau bergerak 90° dari posisi awal.

Servo motor kedua sebagai pengatur jari-jari penggambaran berposisi awal saat jari-jari minimum 8,5 cm dan posisi maksimum 15 cm. Sehingga pergerakan yang dapat dilakukan ialah 6,5 cm. Dengan diameter gear pada servo motor kedua sebesar 1,3 cm maka keliling dari gear ialah 4,085 cm (gear dianggap sebagai lingkaran tak bergerigi) sehingga gear ini akan berputar 1,5 kali putaran (Pembagian dari 6,5 cm dengan 4,085 cm) dalam melakukan pergerakan dari posisi awal sampai posisi akhir.

Servo motor ketiga sebagai pusat rotasi tidak ditentukan posisi awal dan akhir karena dalam penggambaran lingkaran akan sama saja, berbeda bila ingin menggambar bentuk lain.

Servo motor keempat sebagai pergerakan sumbu Y dapat menggerakkan lengan robot sejauh 11,5 cm. Servo motor ini berposisi 0 pada sumbu Y dan maksimum 11,5 cm pada sumbu Y. Dengan gear berdiameter 1,3 cm yang diletakan pada servo motor keempat maka gear ini akan berputar sebanyak 2,8 kali putaran (pembagian dari 11,5 cm dengan 4,085 cm) untuk mencapai posisi maksimum dari posisi awal karena gear memiliki keliling 4,085 cm.

Servo motor kelima sebagai pergerakan sumbu X dapat menggerakkan lengan robot sejauh 33 cm. Gear berdiameter 3,6 cm dan memiliki keliling 11,3 cm diletakan pada servo motor kelima maka gear akan berputar sekitar 2,9 kali putaran (pembagian dari 33 cm dengan 11,3 cm) dari posisi awal

sumbu X sampai dengan posisi akhir sumbu X. Untuk mendapatkan posisi tengah dari sumbu X maka gear pada motor servo akan berputar sekitar 1,5 kali putaran.

IV.2 ANALISA HASIL GAMBAR

Hasil penggambaran yang dapat dilakukan oleh sistem robot ini sesuai dengan tujuannya yaitu lingkaran yang dapat diatur diameternya. Gambar lingkaran ditentukan dengan jari-jari bervariasi antara lain 8,5 cm, 10,5 cm, 12,5 cm dan 14,5 cm. Hasil penggambaran dari sistem robot menunjukkan diameter 17,6 cm, 21,6 cm, 25,9 cm, dan 30 cm.

Diameter lingkaran yang ditentukan (cm)	Hasil gambar lingkaran berdasarkan diameter (cm)
17	17.6
21	21.6
25	25.9
29	30

Tabel 4.1 Hasil Penggambaran

Dari hasil gambar yang diperoleh dan jari-jari yang ditentukan mendekati nilai yang sama hanya ada perbedaan. Untuk lingkaran pertama dengan jari-jari 8,5 cm seharusnya didapatkan lingkaran dengan diameter 17

cm, tetapi ada sedikit penyimpangan karena pada nyatanya didapatkan 17,6 cm pada hasil penggambaran. Selisih nilai yang didapatkan antara diameter hasil penggambaran dan diameter yang sudah ditentukan sebesar 0,6 cm.

Pada lingkaran kedua diatur dengan jari-jari 10,5 cm didapatkan hasil gambar dengan diameter 21.6 cm. Terjadi penyimpangan nilai sebesar 0,6 cm sama seperti pada lingkaran pertama. Karena bila sesuai dengan jari-jari yang ditentukan, didapatkan lingkaran dengan diameter 21 cm.

Pada lingkaran ketiga diatur dengan jari-jari 12.5 cm dan didapatkan hasil gambar dengan diameter 25.9 cm. Hasil gambar berbeda dengan diameter yang ditentukan karena seharusnya didapatkan lingkaran dengan diameter 25 cm. Selisih nilai diameter yang didapat ialah 0.9 cm.

Untuk lingkaran keempat diatur dengan jari-jari 14.5 cm dan diharapkan mendapatkan gambar lingkaran dengan diameter 29 cm. Tetapi didapatkan hasil gambar dengan diameter 30 cm dan selisih perbedaan nilai diameter ialah 1 cm.

Perbedaan nilai diameter pada 4 hasil penggambaran berkisar antara 0,6 cm sampai dengan 1 cm. Penambahan nilai ini disebabkan oleh pergerakan dari servo motor 360° yang kurang akurat dan posisi pensil yang kurang kuat. Selain perbedaan nilai diameter hasil penggambaran agak sedikit tipis goresan pensil dikarenakan letak pensil yang kurang menekan sehingga garis lingkaran kurang jelas terlihat.

IV.3 ANALISA SERVO MOTOR

Servo motor yang digunakan pada penelitian ini ada 2 jenis dan berbeda karakteristiknya dalam pemberian sinyal PWM-nya dan batas pergerakannya walaupun secara dimensi dan tampilan mirip.

Servo motor 180° mempunyai pergerakan yang presisi saat diberikan sinyal karena bila diberikan perintah bergerak ke posisi yang ditentukan dari posisi awal maka akan tepat berhenti pada posisi yang sudah ditentukan. Gerakan poros menurut data sheet dimulai dengan 0° sampai 180°, tetapi pada percobaan yang dilakukan gerakan maksimum mencapai 200°. Hal ini disebabkan adanya kompensasi agar servo motor tidak mudah rusak dalam suatu percobaan.

Pergerakan clock wise pada servo motor 180°, sinyal PWM yang high harus lebih besar dari low tetapi akan berhenti sesuai dengan delay yang kita berikan. Sedangkan untuk counter clock wise, sinyal PWM yang high harus kita turunkan atau sama dengan low. Nilai delay PWM yang low haruslah sama dan sudah disepakati.

Servo motor 180° bergerak untuk 0° menggunakan delay 1.25 ms pada logika 1 dan 180° menggunakan delay 1.75 ms pada logika 1. Tetapi tidak sesuai dengan kenyataan karena setiap standar servo motor memiliki sinyal PWM yang berbeda-beda dan tidak terstandarisasi.

Servo ke-	Delay untuk 0°	Delay untuk 180°
1	500 μ s	2.32 ms

Tabel 4.2 Hasil dari pemberian delay pada PWM servo motor 1

Servo motor 360° mempunyai pergerakan yang kurang presisi karena tidak tepat berhenti sesuai dengan yang kita minta atau lebih derajat perputarannya dan dalam program diberikan perintah stop. Disini masalah yang timbul karena dalam penggambaran diperlukan posisi yang akurat pada pergerakan translasi.

Pergerakan *clock wise* pada servo motor 360° haruslah memberikan sinyal PWM yang *high* lebih besar dibandingkan dengan *low*, sehingga *duty-cycle* haruslah lebih besar dari 50%. Untuk pergerakan *counter clock wise*, sinyal PWM yang *high* lebih kecil dibandingkan dengan *low*, sehingga *duty-cycle* lebih kecil dari 50%. Untuk mencapai sudut tertentu kita harus memberikan perintah stop tidak seperti pada servo motor 180°. Nilai PWM yang dimiliki delay pada high dan low tidaklah sama.

IV.4 SKENARIO GERAK OTOMATIS

Pada pemrograman kontrol otomatis, program utama memerintahkan servo motor untuk bergerak. Dengan pemberian data yang berbeda-beda pada pengatur diameter dan beberapa servo maka dapat bergerak otomatis.

Skenario pada pergerakan otomatis, servo motor yang bergerak ialah servo motor pertama, kedua dan ketiga sedangkan yang lain tidak. Servo motor ketiga akan mengatur diameter yang telah ditentukan, kemudian servo motor pertama bergerak menurunkan alat tulis dan terakhir servo motor ketiga akan berotasi.

