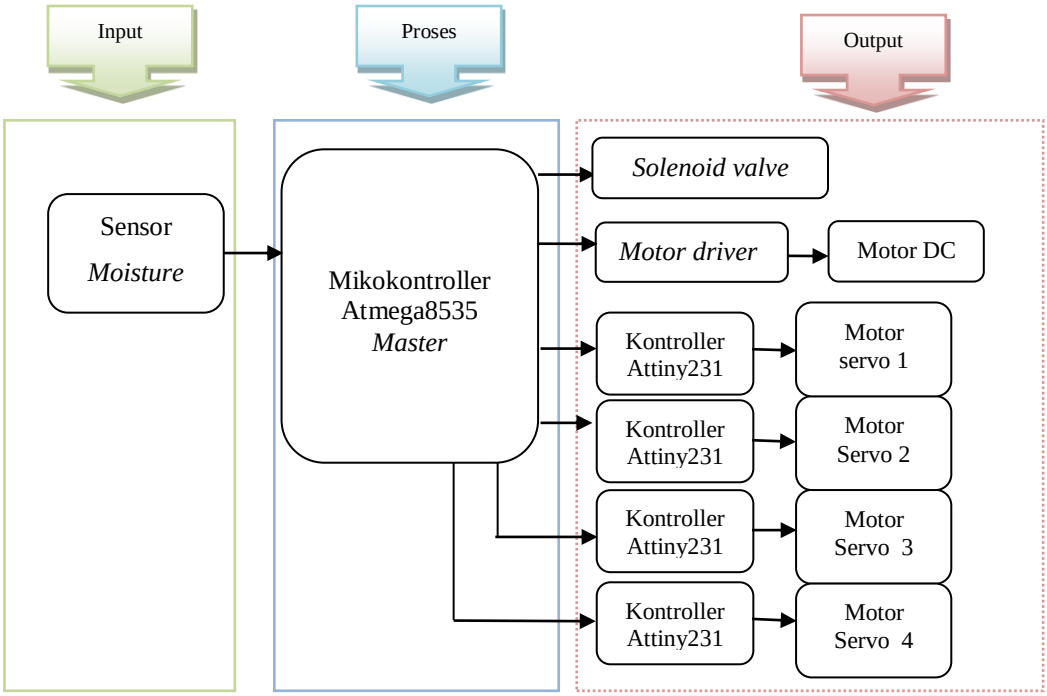
BAB III
PERANCANGAN SISTEM

Bab ini akan membahas tentang perancangan sistem pemupukan otomatis berdasarkan kandungan unsur hara dari tingkat kelembaban pada tanah. Komponen yang akan dibangun untuk pembuatan sistem ini, dirancang dalam bentuk gambar diagram blok secara keseluruhan dari sebuah sistem seperti gambar 3.1.



Gambar 3.1 Blok Diagram Sistem Pemupukan Otomatis berdasarkan kandungan NPK pada tanah

Keterangan gambar :

- Mikrokontroller Master : Sebagai pusat control dari sistem.
- *Sensor Moisture* : Mendeteksi Kandungan unsur hara yang dihitung melalui hubungannya dengan tingkat ph dan kelembaban tanah, dengan kata lain merupakan input sistem.
- *Motor Driver* : Komponen pengatur gerak motor DC.

- Motor DC : pengatur pergerakan sensor agar dapat berkontak langsung pada tanah pada tahap pemerikasaan kandungan unsur hara.
- *Motor servo* : pengatur pergerakan tali yang diaplikasikan dalam gerak tarik dan gerak ulur.
- *Selenoid valve* : komponen yang digunakan untuk membuka dan menutup katup saluran pupuk .

Berdasarkan diagram blog sistem yang dipaparkan pada gambar 3.1, perancangan sistem ini dibagi menjadi tiga bagian, yaitu:

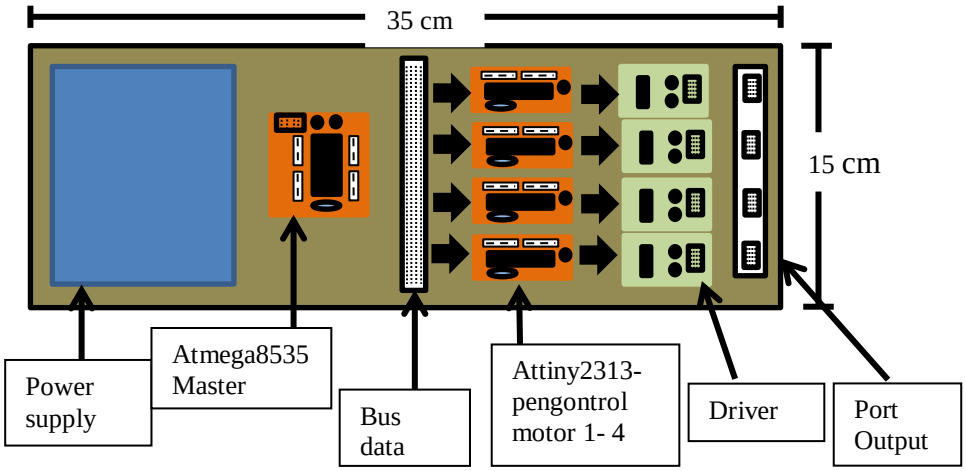
1. Perancangan mekanik.
2. Perancangan perangkat keras.
3. Perancangan perangkat lunak.

1.1 Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik sistem, dirancang dirancang dalam dua bagian, yaitu :

1.1.1 Bagian Pengontrol

Bagian ini merupakan bagian yang terdiri dari catu daya, microcontroller, driver, yang akan mengatur pergerakan sistem secara keseluruhan. Berikut ini merupakan rancangan mekanik dari sistem kontrol, yang dilihat dari sisi atas. Bentuk dari kontroler dapat dilihat seperti gambar 3.2.



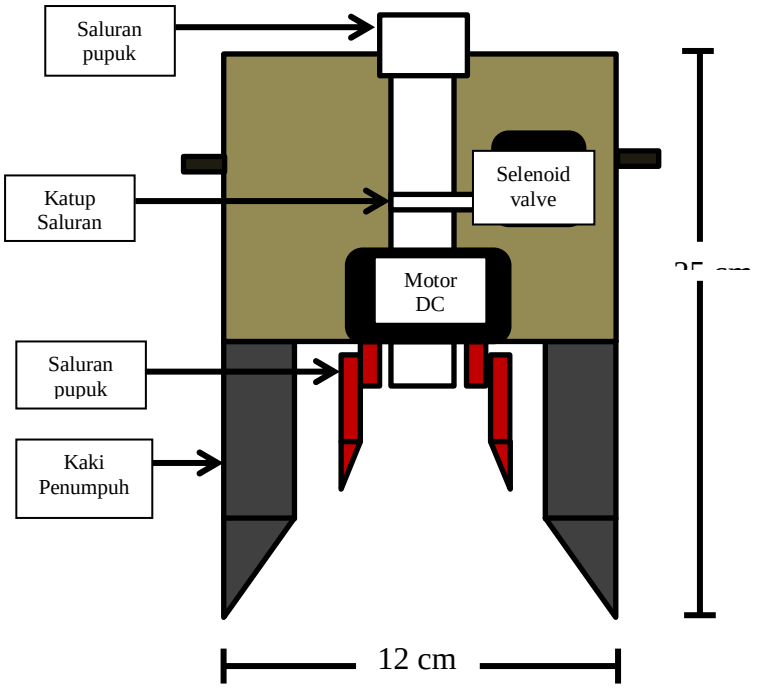
Gambar 3.2 Bagian Kontrol tampak atas

1.1.2 Bagian Lahan

Bagian ini merupakan bagian yang menyatu dengan area lahan dimana terdapat tanaman yang akan dipupuk, yang didesain dengan komponen-komponen elektronik seperti motor Servo, motor servo dan sensor kelembaban yang memiliki peran penting dalam menunjang kinerja sistem untuk memupuk tanah tanaman. Bagian lahan terbagi atas dua bagian, yaitu :

1.1.2.1 Bagian Pemupuk

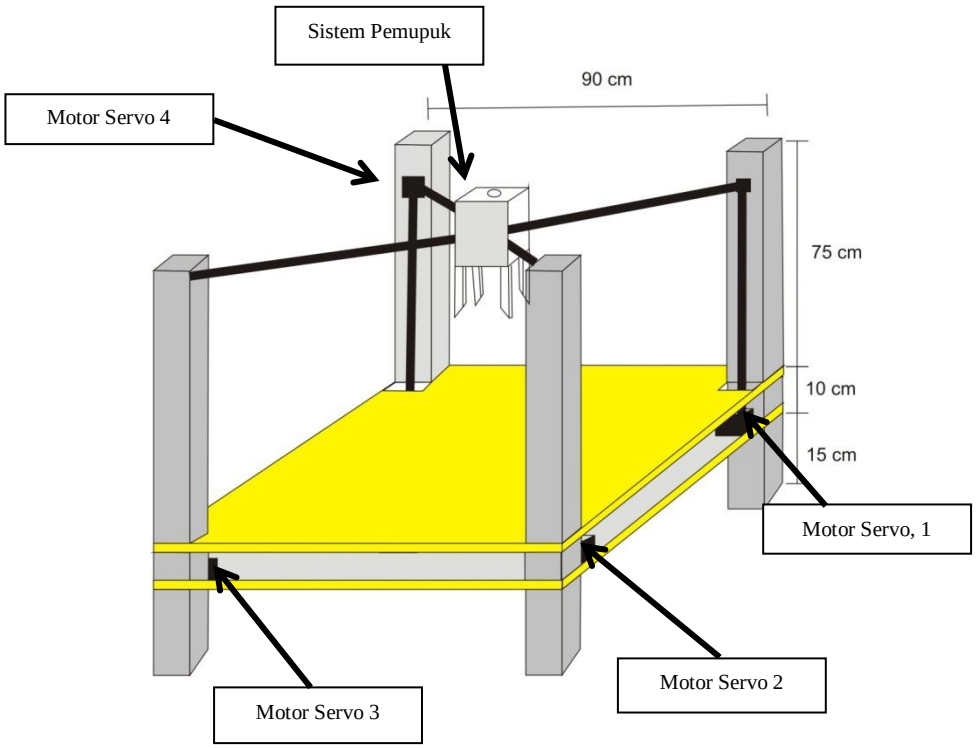
Merupakan bagian yang terdiri dari sensor pendeteksi kandungan unsur hara, motor servo pengontrol katup aliran pupuk, serta motor Servo unipolar yang akan menggerakan sensor agar dapat berkontak langsung dengan tanah. Berikut ini merupakan rangcangan mekanik bagian pemupuk yang dapat di lihat dari sisi samping. Bentuk dari bagian pemupuk tampak samping dapat dilihat pada gambar 3.3.



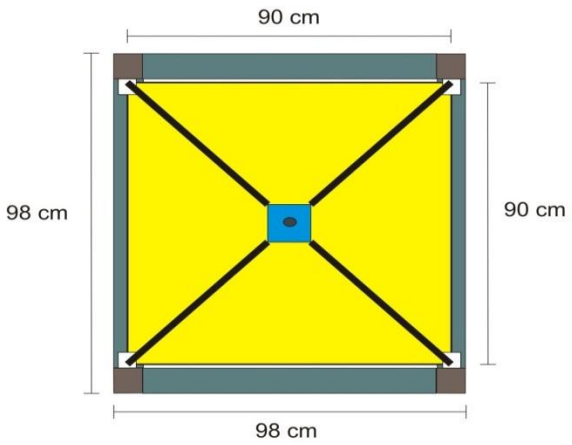
Gambar 3.3 Bagian pemupuk tampak samping

1.1.2.2 Bagian Pengontrol Tali

Pada gambar 3.4 menggambarkan secara keseluruhan tentang bagian pengontrol tali. Bagian yang terdiri dari bentuk mekanik *spidercam* dan motor Servo ini dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat memiliki kinerja yang optimal dalam mengendalikan pergerakan sistem dengan meontrol panjang tali yang ditarik atau diulur. Berikut ini merupakan perancangan mekanik bagian pengontrol tali yang dilihat dari sisi atas seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.4 Bagian pengontrol tali tampak samping



Gambar 3.5 Bagian pengontrol tali tampak atas

1.2 Perancangan Perangkat Keras

Pada bagian ini akan membahas tentang perangkat keras yang akan digunakan dalam merancang sistem ini.

1.2.1 Mikrokontroler AVR ATmega8535

Mikrokontroler yang digunakan dalam perancangan sistem pemupukan ini menggunakan mikrokontroler AVR Atmega8535 , dengan 32 pin yang dapat digunakan sebagai saluran *input* atau *output*. Alasan dari pemilihan mikrokontroler ini adalah karena AVR Atmega8535 mempunyai beberapa fitur yang dibutuhkan dalam perancangan sistem pemupukan berdasarkan fungsi kerjanya, dalam hal ini adalah fitur ADC (*Analog to Digital Converter*) dan *port input* atau *output*. Selain itu, mikrokontroler ini memiliki kemudahan dari sisi pemrogramannya, karena tidak membutuhkan *downloader* seperti mikrokontroler pada generasi sebelumnya, karena dapat langsung diprogram melalui sistem minimumnya. Bahasa pemrograman untuk membuat program pada mikrokontroler ini juga dapat menggunakan bahasa tingkat rendah (*assembly*) dan bahasa tingkat tinggi.

Pada perancangan sistem pemupukan ini, mikrokontroler digunakan untuk membaca data sensor, pengontrolan motor servo melalui pengiriman data pada mikrokontroler yang menggerakan motor DC dan motor servo. Berikut ini merupakan konfigurasi *port* yang digunakan pada mikrokontroler Atmega8535, seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Konfigurasi pin yang digunakan pada mikrokontroler Atmega8535 bagian Master

Nama Pin	No. Pin	Fungsi	Keterangan
PortA-0	40	Input	Digunakan sebagai Input masukan sensor yang nilainya akan oleh mikrokontroler diolah segabai pemicu kinerja sistem.
PortD-3 dan PortD-4	33	Output	Digunakan untuk mengontrol gerak motor DC yang mengarahkan sensor dan ujung saluran pupuk ke permukaan tanah, dan kembali pada sistem.

PortB-3	3	Output	Digunakan untuk mengontrol gerak motor servo yang akan membuka dan menutup katup saluran pupuk.
PortC-0 s/d PortC-7	22 -29	Output	Digunakan sebagai output yang memicu ke-empat kontroler untuk mengontrol putaran motor Servo sesuai dengan nilai yang dikonfigurasikan, agar bergerak berdasarkan sumbu x dan y.
PortD-1 dan PortD-2	14-21	Output	Digunakan sebagai output yang memicu ke-empat kontroler untuk mengontrol putaran motor Servo sesuai dengan nilai yang dikonfigurasikan, agar bergerak berdasarkan sumbu z.

1.2.2 Microkontroler *Attiny2313*

Mikrontroler ini digunakan untuk mengontrol motor servo sesuai dengan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler *Master*. Karena ada empat buah motor servo yang digunakan agar sistem ini dapat bekerja sesuai dengan fungsinya, maka perlu digunakan empat buah mikrokontroler jenis ini. Hal ini dikarenakan motor yang dikontrol harus bergerak secara bersamaan, sedangkan jika motor servo dikontrol hanya dengan satu mikrokontroler, maka akan akan menimbulkan *delay* (karena instruksi dieksekusi secara berurutan) dari pergerakan masing-masing motor servo yang akan menggangu pergerakan dari sistem. Sehingga menyebabkan penggunaan empat buah motor servo sangat beralasan.

Alasan penggunaan mikrokontoler ini dalam mengontrol motor servo adalah karena mikrokontroler ini sangat sederhana, serta memiliki fitur yang dibutuhkan dalam pengontrolan motor servo (timer,port input atau output). Bentuknya yang mini, serta jumlah *port input* atau *output* yang terbatas, membuat mikrokontroler ini tidak terlihat boros hal efisiensi dalam penggunaan komponen.

Berikut ini merupakan konfigurasi *port* yang digunakan pada mikrokontroler Attiny2313, dari mikrokontroler yang mengontrol motor servo 1 sampai motor kontroler 4, seperti yang dapat dilihat pada tabel 3.2

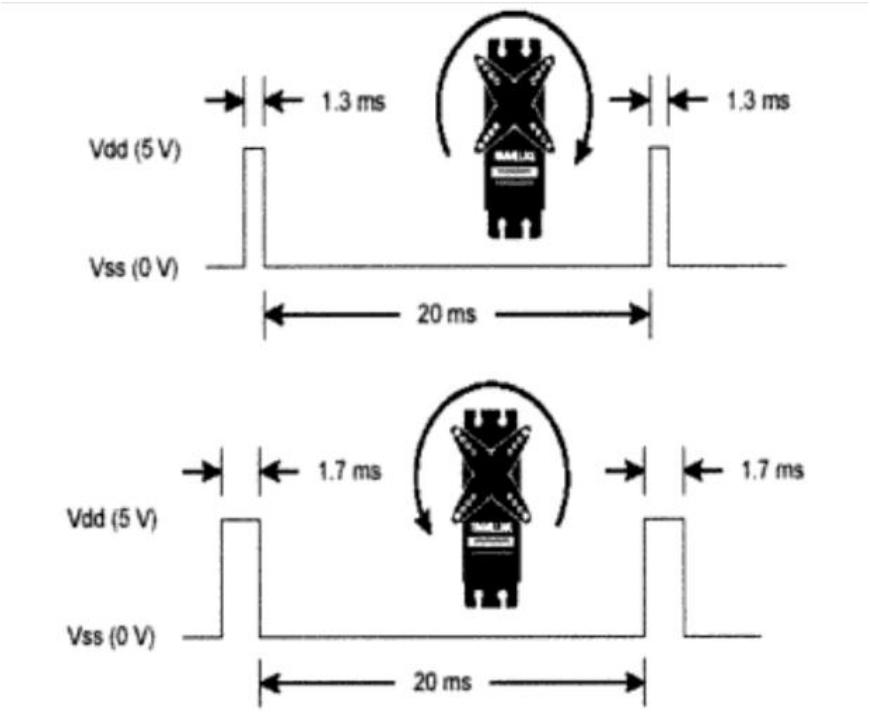
Tabel 3.2 Konfigurasi pin yang digunakan pada mikrokontroler Attiny 2313 bagian Kontrol 1-4.

Nama Pin	No. Pin	Fungsi	Keterangan
PortA-0 dan 1	4 dan 5	Input	Menerima Data dari Master sebagai input pemicu pergontrolan gerak berdasarkan sumbu z (naik dan turun)
PortD-0 s/d PortD-3	2 dan 3-5	Input	Menerima Data dari Master sebagai input pemicu pergontrolan gerak sumbu x dan y.
PortB-0 s/d PortB-7	12-15	Output	kombinasi Keluaran data output yang digunakan untuk menggerakan motor Servo

1.2.3 Motor Servo *Continous*

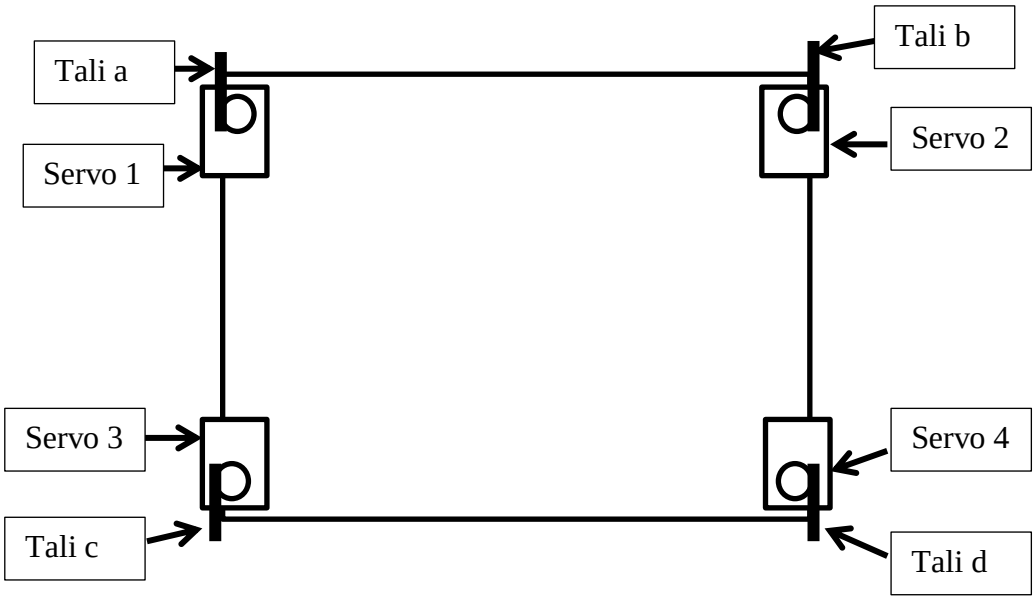
Servo motor banyak digunakan sebagai akuator pada *mobile robot* atau lengan robot. *Servo motor* umumnya terdiri dari *servo continuous* dan *servo standart*. *Servo continuous* dapat berputar seberasr 360 derajat, sedangkan servo motor tipe *standart* hanya mampu berputar 180 derajat.

Untuk menggerakan servo motor ke arah kanan atau ke arah kiri, tergantung dari nilai *delay* yang kita berikan. Untuk membuat servo pada posisi *center*, berikan pulsa 1,5ms. Untuk memutar servo ke kanan, berikan pulsa <=1,3ms, dan pulsa >=1,7ms untuk berputar ke kiri dengan delay 20ms, seperti ilustrasi yang digambarkan pada gamber 3.6.



Gambar 3.6 Ilustrasi pergerakan servo[21]

Karena konfigurasi dari gerak *servo* adalah putar kiri, putar kanan, dan netral, maka perlu adanya penyesuaian berdasarkan tataletak *servo*, sehingga dapat mempunyai relasi dengan konfigurasi tarik ulur



Gambar 3.7 Ilustrasi tata letak servo pada sistem tampak atas

Berdasarkan gambar 3.7 yang menggambarkan tata letak dari servo diatas, dapat diperoleh hubungan antara konfigurasi gerak servo (putar kiri, putar kanan), dan konfigurasi tarik-ulur tali seperti yang digambarkan pada tabel berikut ini.

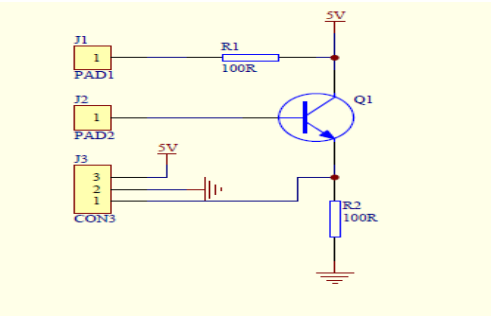
Tabel 3.3 Hubungan Konfigurasi gerak dasar servo dengan konfigurasi tarik ulur sistem berdasarkan tata letak servo

Motor servo	**Konfigurasi Gerak**	
	Putar kanan	**Putar kiri**
Servo 1	Ulur tali	Tarik tali
Servo 2	Tarik tali	Ulur tali
Servo 3	Tarik tali	Ulur tali
Servo 4	Ulur tali	Tarik tali

1.2.4 *Moisture Sensor* (Sensor Kelembaban)

Moisture sensor adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Rangkaian sensor (gambar 3.8) ini terdiri dua probe untuk melewatkan arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Rangkaian dari *Moisture sensor* Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar).

Sensor ini sangat membantu dalam memantau kelembaban tanah, dan dapat diaplikasikan untuk fungsi lain jika dikombinasikan dengan beberapa komponen, asalkan berkaitan dengan kelembaban tanah .spesifikasi dan nilai sensor dapat dilihat pada tabel 3.4 dan 3.5.



Gambar 3.8 Rangkaian sensor kelembaban (moisture sensor)

Tabel 3.4 Deskripsi nilai sensor Moisture soil (berdasarkan datasheet)

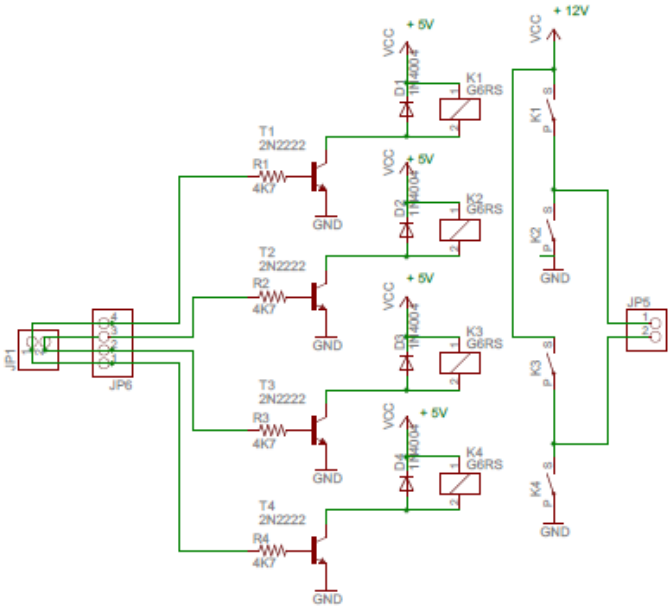
Kisaran nilai	Status
0 ~300	Dry soil (Tanah Kering)
300~700	Humid soil (Tanah Lembab)
700~950	In water(Tanah Berlumpur)

Tabel 3.5 Spesifiksasi pin pada sensor kelembaban

Spesifikasi		
Power supply	:	3.3v or 5v
Output voltage signal	:	0~4.2v
Current	:	35mA
Size	:	60x20x5c*m*
Pin Definition:		
Analog output	:	(Blue wire)
GND	:	(Black wire)
Power	:	(Red wire)

1.2.5 *Driver Motor DC*

Driver motor DC pada sistem ini digunakan untuk mengontrol pergerakan sensor dan ujung saluran pupuk untuk menuju ke arah permukaan tanah. Output dari driver ini memungkinkan motor DC berputar dua arah, yaitu searah jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Dengan konfigurasi (tabel 3.6) gerak tersebut, membuat sistem pemupuk dapat mengeluarkan dan memasukan sensor dan ujung salaruan pupuk agar dapat berkontak langsung dengan tanah. Rangkaian driver motor DC dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Rangkaian Driver Motor DC

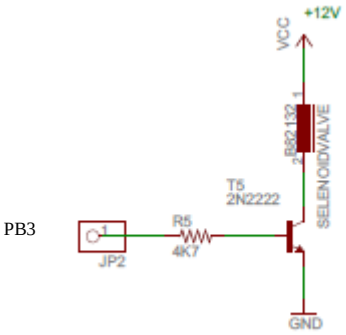
Berikut ini adalah output motor driver berdasarkan inputan dari sistem.

Tabel 3.6 Output driver untuk mengontrol gerak motor DC berdasarkan input

Input		Output		DeskripsiPutaran
0	0	None	None	Berhenti
0	1	Positif	Negative	Searah jarum jam
1	0	Negative	Positif	Berlawanan jarum jam

1.2.6 *Selenoid Valve*

Solenoid valve merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan / selenoida. Solenoid valve ini merupakan elemen kontrol yang paling sering digunakan dalam sistem fluida. Seperti pada sistem pneumatik, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Contohnya pada sistem pneumatik, solenoid valve bertugas untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju aktuator pneumatik(cylinder). Dalam perancangan sistem ini, selenoid valve digunakan untuk mengendalikan katup saluran air yang akan digunakan untuk menyiram tanaman secara otomatis. Gambar 3.10 dibawah ini merupakan rangkaian driver selenoid valve yang akan dihubungkan dengan mikrokontroler.



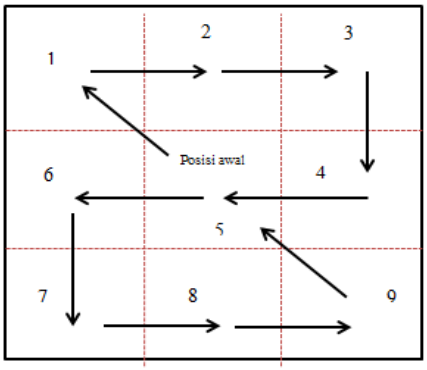
Gambar 3.10 Rangkaian Driver Selenoid Valve

Pin mikrokontroler yang terhubung dengan driver ini adalah PD3.Jika mendapat nilai logika 1 dari mikrokontroler driver solenoid berupa transistor mendapatkan arus dari mikrokontroler dan transistor sebagai saklar menutup (ON), sehingga arus menuju solenoid dan katup solenoid menutup (ON).

Selanjutnya mikrokontroler mengirimkan data berupa nilai logika 0 kepada driver solenoid dan solenoid valve akan OFF atau membuka, sehingga air yang ada di dalam tempat penyiram akan keluar melalui solenoid valve dan menyiram tanaman.

1.2.7 Konsep Pergerakan Sistem

Konsep pergerakan sistem yang akan diterapkan adalah dengan mengkonfigurasi kombinasi gerakan dari 4 buah motor servo yang digunakan untuk menarik atau mengulur tali yang terhubung dengan sistem pemupuk sehingga dapat bergerak menuju posisi yang diharapkan. Dalam hal ini, ada 9 posisi yang akan dituju oleh sistem pemupuk. Sebagai acuan untuk mengetahui seberapa panjang tali yang akan ditarik atau diulur, maka digunakan konsep koordinaat dimana ukuran dari area tanah yang akan dimanfaatkan untuk menentukan posisi sistem dan panjang tali,yang terhubung dengan motor servo, akan ditarik atau diulur. Sesuai dengan perancangan mekanik, sistem ini rancang agar sistem pemupuk dapat bergerak secara tiga dimensi, yaitu sumbu x, y dan z. Gambar 3.11 berikut ini merupakan penjelasan mengenai pergerakan tiap sumbu.



Gambar 3.11 Arah pergerakan sistem

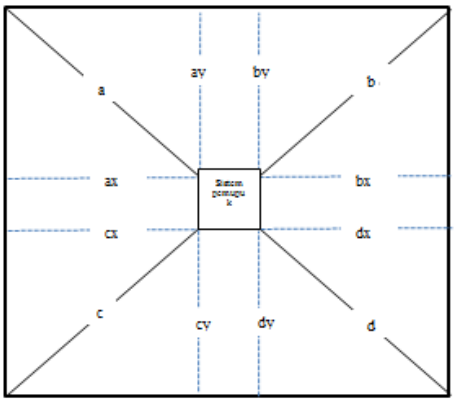
Keterangan gambar:

Angka 1-9 : merupakan posisi atau area yang akan dilalui oleh sistem pemupuk pada saat bergerak. Urutan angka mewakili urutang pergerakan sistem, mulai dari posisi awal menuju ke posisi 1, sampai posisi 9 menuju ke posisi awal.

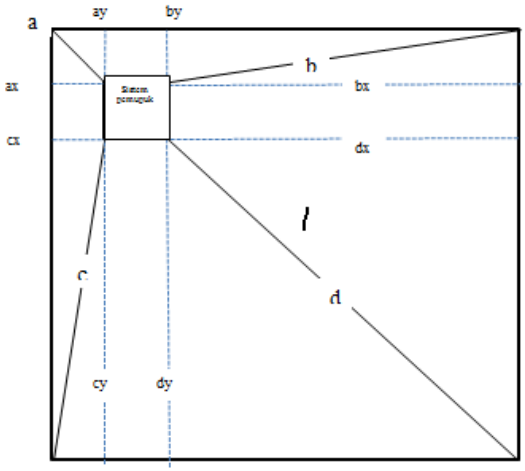
Anak panah: menunjukan arah perpindahan sistem. 10 anak panah, mewakili 10 perpindahan.

1.2.7.1 Pergerakan Sumbu X dan Y

Pergerakan ini membuat sistem bergerak berdasarkan sumbu X dan Y, baik ke arah negatif maupun positif tergantung pada posisi yang dituju. Gambar 3.12 dan 3.13 di bawah ini akan menunjukan pengaplikasian konsep kordinat pada sistem untuk menentukan posisi sistem dan panjang tali yang akan ditarik atau diulur.



Gambar 3.12 Posisi awal sistem (tampak atas)



Gambar 3.13 Posisi pertama sistem (tampak atas)

Keterangan gambar:

- **Sumbu a,b,c,d** merepresentasikan panjang tali yang berubah-ubah berdasarkah posisi dari sistem pemupuk

- **Sumbu (ax, ay,bx,by,cx,cy,dx,dan dy)** Merupakan sumbu x dan y yang merepresentasikan panjang garis yang di tarik dari posisi sistem pemupuk sehingga membentuk persegi atau persegi panjang, dimana sumbu x mewakili nilai panjang, dan y mewakili nilai lebar. Tabel 3.7 berisi tentang nilai-nilai dari komponen sumbu x dan y *)ax,ay,bx,by,cx,cy,dx,dan dy*)

Tabel 3.7 Nilai-nilai ax,ay,bx,by,cx,cy,dx,dan dy

	Sumbu	**Posisi / area**									
		Awal	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Panjang sumbu (cm)	**ax**	42	12	42	72	12	42	72	12	42	72
	ay	39	9	9	9	39	39	39	69	69	69
	bx	36	66	36	6	66	36	60	66	36	6
	by	39	9	9	9	39	39	39	69	69	69
	cx	42	12	42	72	12	42	72	12	42	72
	cy	39	69	69	69	39	39	39	9	9	9
	dx	36	66	36	6	66	36	60	66	36	6
	dy	39	69	69	69	39	39	39	9	9	9

Nilai pada tabel 3.5 akan digunakan untuk mencari panjang tali a,b,c,d berdasarkan persamaan pencarian diagonal

Persamaan pencarian diagonal:

$$\mathbf{a}=\sqrt{ax^2+ay^2}$$

$$\mathbf{b}=\sqrt{bx^2+by^2}$$

$$\mathbf{c}=\sqrt{cx^2+cy^2}$$

$$\mathbf{d}=\sqrt{dx^2+dy^2} \quad \textbf{(3.1)}$$

Dengan persaman (3.1) diatas, kita dapat memperoleh panjang tali a,b,c dan d pada 9 posisi yang sudah ditentukan. Tabel dibawah ini menunjukan nilai panjang tiap tali dari 9 posisi.

Tabel 3.8 Panjang Tali a,b,c,dan d berdasarkan rumus diagonal

	Sumbu	**Posisi / area**									
		Awal	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Panjang sumbu (cm)	**a**	57.3	15	42.9	72.5	40.8	57.3	81.8	70	80.7	99.7
	b	53	66.6	37.1	10.8	76.6	53	39.4	95.4	77.8	69.2
	c	57.3	70	57.3	99.7	40.8	57.3	81.8	15	42.9	72.5
	d	53	95.4	77.8	69.2	76.6	53	39.4	66.6	37.1	10.8

Kemudian kita dapat menggunakan nilai diatas untuk mengetahui perpindahan posisi dari sistem pemupuk.

Tabel 3.9 Nilai perpindahan posisi

Perpindahan	**(Posisi akhir-posisi awal)**	**Jarak perpindahan**					
		Tali	**Deskripsi**	**Panjang (cm)**			**Hasil (cm)**
Perpindahan 1	posisi 1 –Posisi awal	a	(a) Posisi 1– (a) posisi awal	15	-	57.3	-42.3
		b	(b) Posisi 1– (b) posisi awal	66.6	-	53	13.6
		c	(c) Posisi 1– (c) posisi awal	70	-	57.3	12.7
		d	(d) Posisi 1– (d) posisi awal	95.4	-	53	42.4
Perpindahan 2	posisi 2 –Posisi 1	a	(a) Posisi 2– (a) posisi 1	42.9	-	15	27.9
		b	(b) Posisi 2– (b) posisi 1	37.1	-	66.6	-29.5
		c	(c) Posisi 2– (c) posisi 1	57.3	-	70	-12.7
		d	(d) Posisi 2– (d) posisi 1	77.8	-	95.4	-17.6

Perpindahan 3	posisi 3 –Posisi 2	a	(a) Posisi 3– (a) posisi 2	72.5	-	42.9	29.6
		b	(b) Posisi 3– (b) posisi 2	10.8	-	37.1	-26.3
		c	(c) Posisi 3– (c) posisi 2	99.7		57.3	42.4
		d	(d) Posisi 3– (d) posisi 2	69.2	-	77.8	-8.6
Perpindahan 4	posisi 4 –Posisi 3	a	(a) Posisi 4– (a) posisi 3	40.8	-	72.5	-31.7
		b	(b) Posisi 4– (b) posisi 3	76.6	-	10.8	65.8
		c	(c) Posisi 4– (c) posisi 3	40.8	-	99.7	-58.9
		d	(d) Posisi 4– (d) posisi 3	76.6	-	69.2	7.4
Perpindahan 5	posisi 5 –Posisi 4	a	(a) Posisi 5– (a) posisi 4	57.3	-	40.8	16.5
		b	(b) Posisi 5– (b) posisi 4	53	-	76.6	-23.6
		c	(c) Posisi 5– (c) posisi 4	57.3	-	40.8	16.5
		d	(d) Posisi 5– (d) posisi 4	53	-	76.6	-23.6
Perpindahan 6	posisi 6 –Posisi 5	a	(a) Posisi 6– (a) posisi 5	81.8	-	57.3	24.5
		b	(b) Posisi 6– (b) posisi 5	39.4	-	53	-13.6
		c	(c) Posisi 6– (c) posisi 5	81.8	-	57.3	24.5
		d	(d) Posisi 6– (d) posisi 5	39.4	-	53	-13.6
Perpindahan 7	posisi 7 –Posisi 6	a	(a) Posisi 7– (a) posisi 6	70	-	81.8	-11.8
		b	(b) Posisi 7– (b) posisi 6	95.4	-	39.4	56
		c	(c) Posisi 7– (c) posisi 6	15	-	81.8	-66.8
		d	(d) Posisi 7– (d) posisi 6	66.6	-	39.4	27.2
Perpindahan 8	posisi 8 –Posisi 7	a	(a) Posisi 8– (a) posisi 7	80.7	-	70	10.7
		b	(b) Posisi 8– (b) posisi 7	77.8	-	95.4	-17.6
		c	(c) Posisi 8– (c) posisi 7	42.9	-	15	27.9
		d	(d) Posisi 8– (d) posisi 7	37.1	-	66.6	-29.5
Perpindahan 9	posisi 9 –Posisi 8	a	(a) Posisi 9– (a) posisi 8	99.7	-	80.7	19
		b	(b) Posisi 9– (b) posisi 8	69.2	-	77.8	-8.6
		c	(c) Posisi 9– (c) posisi 8	72.5	-	42.9	29.6
		d	(d) Posisi 9– (d) posisi 8	10.8	-	37.1	-26.3
Perpindahan 10	posisi awal –Posisi 9	a	a) posisi awal– (a) posisi 9	57.3	-	99.7	-42.4
		b	b) posisi awal– (b) posisi 9	53	-	69.2	-16.2
		c	c) posisi awal– (c) posisi 9	57.3	-	72.5	-15.2
		d	d) posisi awal– (d) posisi 9	53	-	10.8	42.2

Setelah mengetahui nilai perpindahan dari tiap tali, maka akan diketahui seberapa panjang tali harus ditarik atau diulur oleh motor servo, untuk dapat mengarahkan sistem untuk mengerakan sistem kearah yang diinginkan. Berdasarkan tabel di atas, tanda negatif dari hasil perpindahan menandakan bahwa tali tersebut ditarik sepanjang bobot nilai tersebut dan tanda positif dari hasil perpindahan menandakan bahwa tali tersebut diulur sepanjang bobot nilai tersebut.

Karena nilai perpindahan telah diperoleh, dan waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk bergerak dari satu posisi ke posisi yang lainnya ditentukan sesuai dengan keinginan, dimana setiap tali akan akan ditarik atau diulur oleh motor dan akan berhenti secara bersamaan, maka dapat diprediksi bahwa setiap motor memiliki kecepatan putaran yang berbeda.

Berdasarkan persamaan kecepatan (3.2):

$$V = \frac{s}{t} \quad \text{.....(3.2)}$$

Dimana :

V = kecepatan linear (m/s)

s = jarak (meter)

t = waktu (detik)

Serta persamaan konversi nilai kecepatan ke nilai rad/s (3.3):

$$V = \omega \cdot r \quad \text{.....(3.3)}$$

V = kecepatan linear (m/s)

ω = kecepatan sudut (rad/s)

r = jari-jari (cm)

Maka dapat diperoleh kecepatan putaran tiap-tiap motor untuk menari dan mengulur tali, agar dapat memungkinkan sistem pemupuk untuk mencapai posisi tertentu. Berdasarkan informasi dari *datasheet* mengenai kecepatan maksimum motor servo sebesar 60 rpm pada tegangan input tegangan 4.8V, dan jari penarik tali 0,25 cm, maka kita dapat menentukan waktu putaran servo yang dapat memungkinkan terjadinya perpindahan yang telah dirancang sebelumnya dengan ketentuan bahwa, waktu putaran ditentukan sedemikian rupa sehingga kecepatan putaran tidak melebihi kecepatan maksimum motor servo. Berikut ini merupakan tabel (tabel 3.10) yang menggambarkan nilai perpindahan, konfigurasi tarik-ulur tali dari tiap motor, kecepatan putaran dalam satuan cm/s dan kecepatan putaran dalam satuan rpm.

Tabel 3.10 Konfigurasi gerak tarik ulur dan kecepatan putaran dalam cm/s dan rpm

Perpindahan	Tali	Hasil (cm)	Deskripsi	Waktu putaran (s)	Kecepatan linear (cm/s)	Kecepatan putaran (rpm)
Perpindahan 1	a	-42.3	Tarik 42.3 cm	15	2.8	56.4
	b	13.6	Ulur 13.6 cm	15	0.9	18.1
	c	12.7	Ulur 12.7 cm	15	0.8	16.9
	d	42.4	Ulur 42.4 cm	15	2.8	56.5
Perpindahan 2	a	27.9	Ulur 27.9 cm	15	1.9	37.2
	b	-29.5	Tarik 29.5 cm	15	2.0	39.3
	c	-12.7	Tarik 12.7 cm	15	0.8	16.9
	d	-17.6	Tarik 17.6 cm	15	1.2	23.5
Perpindahan 3	a	29.6	Ulur 29.6 cm	15	2.0	39.5
	b	-26.3	Tarik 26.3 cm	15	1.8	35.1
	c	42.4	Ulur 42.4 cm	15	2.8	56.5
	d	-8.6	Tarik 8.6cm	15	0.6	11.5
Perpindahan 4	a	-31.7	Tarik 31.7 cm	15	2.1	42.3
	b	65.8	Ulur 65.8 cm	15	4.4	87.7
	c	-58.9	Tarik 58.9 cm	15	3.9	78.5
	d	7.4	Ulur 7.4 cm	15	0.5	9.9
Perpindahan 5	a	16.5	Ulur 16.5 cm	15	1.1	22.0
	b	-23.6	Tarik 23.6 cm	15	1.6	31.5
	c	16.5	Ulur 16.5 cm	15	1.1	22.0
	d	-23.6	Tarik 23.6 cm	15	1.6	31.5
Perpindahan 6	a	24.5	Ulur 24.5 cm	15	1.6	32.7
	b	-13.6	Tarik 13.6 cm	15	0.9	18.1
	c	24.5	Ulur 24.5 cm	15	1.6	32.7
	d	-13.6	Tarik 13.6 cm	15	0.9	18.1
Perpindahan 7	a	-11.8	Tarik 11.8 cm	15	0.8	15.7
	b	56	Ulur 56 cm	15	3.7	74.7
	c	-66.8	Tarik 66.8 cm	15	4.5	89.1
	d	27.2	Ulur 27.2 cm	15	1.8	36.3
Perpindahan 8	a	10.7	Ulur 10.7 cm	15	0.7	14.3
	b	-17.6	Tarik 17.6 cm	15	1.2	23.5
	c	27.9	Ulur 27.9 cm	15	1.9	37.2
	d	-29.5	Tarik 29.5 cm	15	2.0	39.3
Perpindahan 9	a	19	Ulur 19 cm	15	1.3	25.3
	b	-8.6	Tarik 8.6 cm	15	0.6	11.5
	c	29.6	Ulur 29.6 cm	15	2.0	39.5
	d	-26.3	Tarik 26.3 cm	15	1.8	35.1
Perpindahan 10	a	-42.4	Tarik 42.4 cm	15	2.8	56.5
	b	-16.2	Tarik 26.2 cm	15	1.1	21.6
	c	-15.2	Tarik 15.2 cm	15	1.0	20.3
	d	42.2	Ulur 42.2 cm	15	2.8	56.3

Dari nilai diatas, diperoleh acuan untuk mengkonfigurasi pergerakan motor untuk memenuhi kinerja sistem yang dapat bergerak menuju posisi yang sudah ditentukan.

Agar lebih mudah mengkonfigurasi gerak servo dalam pembuatan program, maka perlu dilakukan alokasi konfigurasi gerak berdasarkan tiap motor servo dengan menggunakan referensi yang sudah dibahas pada subbab motor servo continuous. Konfigurasi gerak untuk mempermudah program dapat dilihat pada tabel 3.11.

Tabel 3.11 Nilai konfigurasi gerak tiap motor.

Motor	**Servo**	**Perpindahan**									
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
Servo 1	Rpm	56.4	37.2	39.5	42.3	22.0	32.7	15.7	14.3	25.3	56.5
	putaran	Kiri	kanan	kanan	kiri	kanan	kanan	kiri	kanan	kanan	kiri
Servo 2	Rpm	56.4	39.3	35.1	87.7	31.5	18.1	74.7	23.5	11.5	21.6
	putaran	kiri	kanan	kanan	kiri	kanan	kanan	kiri	kanan	kanan	kanan
Servo 3	Rpm	56.4	16.9	56.5	78.5	22.0	32.7	89.1	37.2	39.5	20.3
	putaran	kiri	kanan	kiri	kanan	kiri	kiri	kanan	kiri	kiri	kanan
Servo 4	Rpm	56.4	23.5	11.5	9.9	31.5	18.1	36.3	39.3	35.1	56.3
	putaran	kanan	Kiri	kiri	kanan	kiri	kiri	kanan	kiri	kiri	kanan

1.2.7.2 Pergerakan Sumbu Z

Pergerakan ini memungkinkan sistem bergerak kearah bawah menuju ke tanah dan kembali ke posisi awal. Dengan mengulurkan atau menarik tali dengan kecepatan dan waktu yang sama dari putaran tiap motor Servo,tentunya pada nilai tertentu berdasarkan jarak antara tanah dan sistem pada posisi awal. Dengan

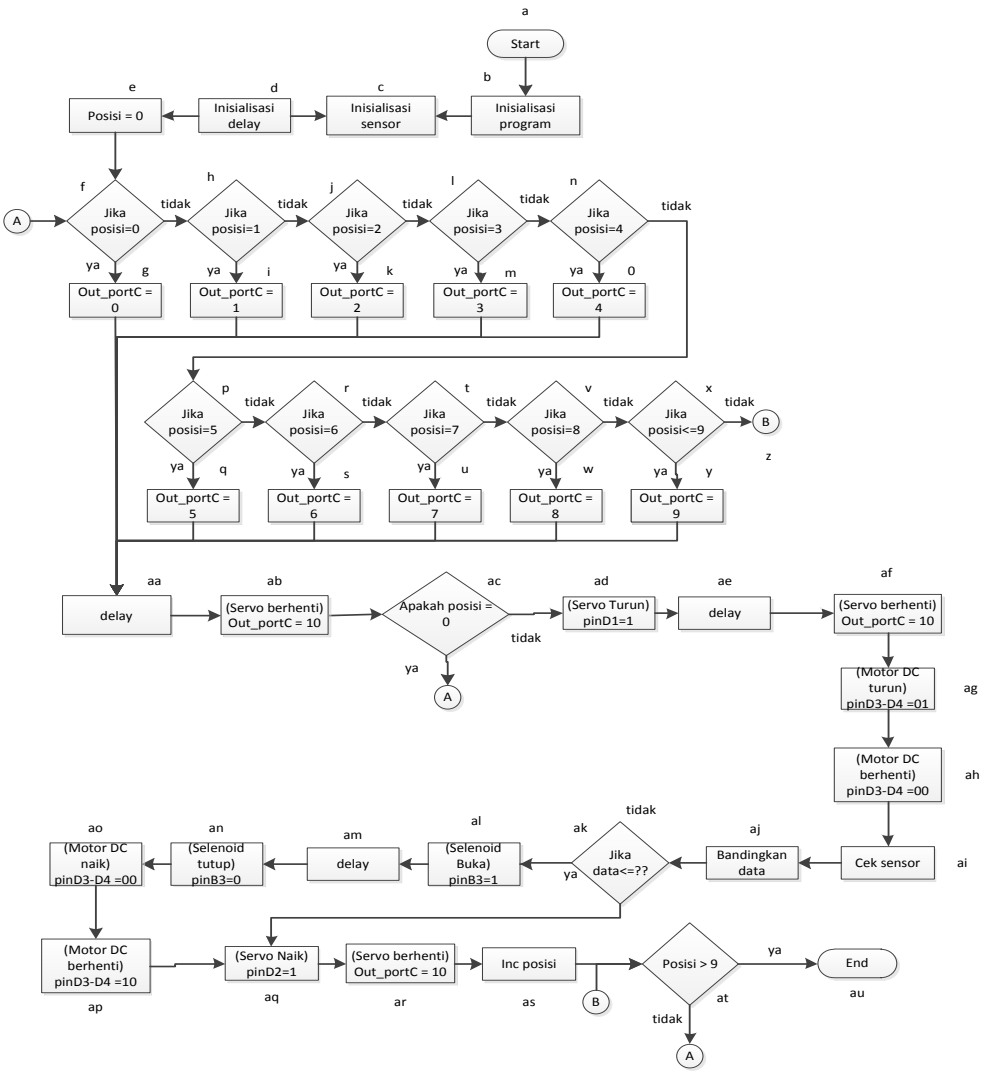
1.3 Perancangan Perangkat Lunak

Setelah dalam pembuatan perangkat keras selesai, bagian yang paling penting dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu dalam merancang suatu perangkat lunak. Perancangan algoritma sangat penting untuk setiap sistem kendali. Sehingga dibuat algoritma keseluruhan untuk sistem kendali agar dapat berjalan

sesuai dengan keinginan. Dalam tugas akhir ini, perancangan flowchart dibagi menjadi enam bagian yaitu:

1. Program Master

Gambar 3.14 adalah algoritma Program pada mikrokontroler Master dalam bentuk *flowchart* seperti dibawah ini:



Gambar 3.14 Flowchart Program Master

Tabel 3.12 adalah penjelasan algoritma Program pada mikrokontroler Master seperti dibawah ini:

Tabel 3.12 Penjelasan Program Bagian Master

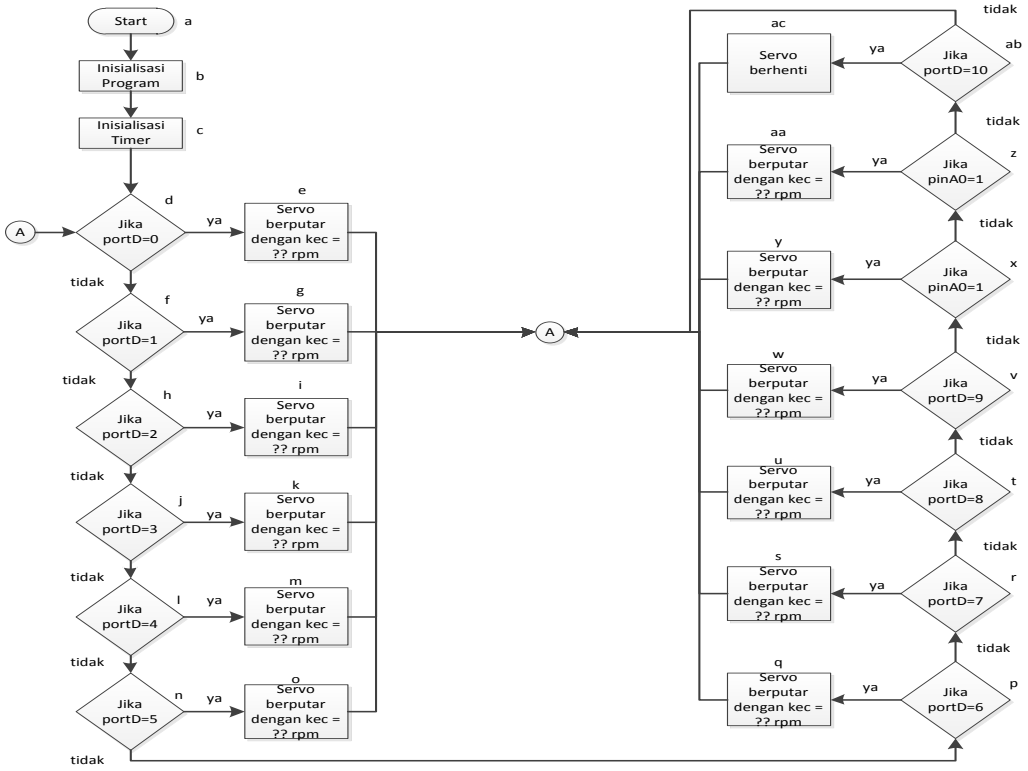
No	Keterangan
a	Memulai awal program
b	Pendeklarasian Program. Pengarut nama kompiler, konvigurasi pin-pin dan deklarasi variabel.
c	Inisialisasi sensor kelembaban, agar siap digunakan.
d	Inisialisasi delay (PWM).
e	Pemberian nilai awal dari variabel posisi = 0
f	Pengecekan jika variabel posisi = 0
g	Pengecekan jika variabel posisi = 0, maka keluarkan nilai 0 dari portC.
h	Pengecekan jika variabel posisi = 1
i	Pengecekan jika variabel posisi = 1, maka keluarkan nilai 1 dari portC.
j	Pengecekan jika variabel posisi = 2
k	Pengecekan jika variabel posisi = 2, maka keluarkan nilai 2 dari portC.
l	Pengecekan jika variabel posisi = 3
m	Pengecekan jika variabel posisi = 3, maka keluarkan nilai 3 dari portC.
n	Pengecekan jika variabel posisi = 4
o	Pengecekan jika variabel posisi = 4, maka keluarkan nilai 4 dari portC.
p	Pengecekan jika variabel posisi = 5
q	Pengecekan jika variabel posisi = 5, maka keluarkan nilai 5 dari portC.
r	Pengecekan jika variabel posisi = 6
s	Pengecekan jika variabel posisi = 6, maka keluarkan nilai 6 dari portC.
t	Pengecekan jika variabel posisi = 7
u	Pengecekan jika variabel posisi = 7, maka keluarkan nilai 7 dari

	portC.
v	Pengecekan jika variabel posisi = 8
w	Pengecekan jika variabel posisi = 8, maka keluarkan nilai 8 dari portC.
x	Pengecekan jika variabel posisi = 9
y	Pengecekan jika variabel posisi = 9, maka keluarkan nilai 9 dari portC.
z	Lompat ke flowchart selanjutnya B.
aa	Delay 8 detik
ab	Keluarkan nilai 10 dari portC, untuk menginstruksikan servo berhenti berputar
ac	Pengecekan nilai posisi, jika posisi = 0, maka kembali ke flowchart A, jika posisi != 0, maka lanjut ke instruksi berikutnya.
ad	Delay Servo Turun, sistem bergerak berdasarkan sumbu Z mengarah ke permukaan tanah
ae	Delay 8 detik Cek inputan sensor kelembaban.
af	Keluarkan nilai 10 dari portC, untuk menginstruksikan servo berhenti berputar
ag	Motor DC turun, mengarahkan ujung saluran pupuk dan sensor berkontak langsung dengan permukaan tanah
ah	Motor DC berhenti
ai	Cek sensor
aj	Bandingkan data yang diperoleh dari senor kelembaban
ak	Pengecakan data sensor, jika nilai input lebih kecil dari nilai yang sudah ditetapkan, maka lanjut ke instruksi selanjutnya, dan jika lebih besar dari yang ditetapkan, maka lompat ke instruksi Servo naik (ak)
al	Selenoid membuka katup untuk mengalirkan pupuk
am	Delay 3 detik
an	Selenoid menutup kembali saluran pupuk sesuai dengan kinerja sistem

ao	Motor DC naik, memasukan ujung saluran pupuk dan sensor kembali pada sistem.
ap	Motor DC berhenti
aq	Motor Servo naik, berarti sistem siap untuk instruksi berikutnya
ar	Keluarkan nilai 10 dari portC, untuk menginstruksikan servo berhenti berputar
as	Increament nilai yang ada pada variabel posisi.
At	Pengecekan nilai posisi, jika nilai posisi > 9 maka, lanjut ke posisi selanjutnya, jika posisi <= 9 maka kembali lagi ke flowchart A
au	Program selesai

2. Program Kontrol 1 sampai 4

Gambar 3.15 adalah algoritma Program pada mikrokontroler Master dalam bentuk *flowchart* seperti dibawah ini:



Gambar 3.15 Flowchart Program Kontrol 1-4

Tabel 3.13 adalah penjelasan algoritma Program pada control 1 - 4seperti dibawah ini:

Tabel 3.13 Penjelasan Program Kontrol 1- 4

No	Keterangan
a	Memulai awal program
b	Pendeklarasian Program. Pengarut nama kompiler, konvigurasi pin-pin dan deklarasi variabel.
c	Inisialisasi Fitur Timer pada mikrokontroler, agar siap digunakan.
d	Pengecekan input portD
e	Pengecekan jika input portD = 0, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
f	Pengecekan input portD
g	Pengecekan jika input portD = 1, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
h	Pengecekan input portD
i	Pengecekan jika input portD = 2, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
j	Pengecekan input portD
k	Pengecekan jika input portD = 3, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
l	Pengecekan input portD
m	Pengecekan jika input portD = 4, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
n	Pengecekan input portD
o	Pengecekan jika input portD = 5, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
p	Pengecekan input portD

q	Pengecekan jika input portD = 6, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
r	Pengecekan input portD
s	Pengecekan jika input portD = 7, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
t	Pengecekan input portD
u	Pengecekan jika input portD = 8, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
v	Pengecekan input portD
w	Pengecekan jika input portD = 9, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
x	Pengecekan input PinA0
y	Pengecekan jika input PinA0=1, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
z	Pengecekan input portD
aa	Pengecekan jika input portD = 0, maka motor servo berputar dengan kecepatan yang sesuai dengan tabel kecepatan dan kembali pada flowchart A
ab	Pengecekan input portD
ac	Pengecekan jika input portD = 10, maka motor servo berhenti berputar dan kembali pada flowchart A