

SISTEM PENGONTROLAN KELEMBABAN TANAH PADA MEDIA TANAM CABAI RAWIT MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ATMEGA16 DENGAN METODE PD (PROPORTIONAL & DERIVATIVE)

^[1]Suhendri, ^[2]Beni Irawan, ^[3]Tedy Rismawan

^{[1][2][3]}Jurusan Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

Telp./Fax.: (0561) 577963

e-mail:

^[1]hendrilim10@gmail.com, ^[2]benicsc@siskom.untan.ac.id,

^[3]tedyrismawan@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Sistem pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam Cabai Rawit menggunakan mikrokontroler ATmega16 dengan metode PD (Proportional and Derivative). Program yang diterapkan pada sistem berfungsi untuk melakukan inisialisasi dan konfigurasi perangkat keras serta membaca sinyal masukan dari sensor kelembaban tanah berjenis SEN 0114 dan sensor suhu LM 35 berdasarkan parameter yang telah ditentukan. Sistem pengontrolan kelembaban tanah ini menggunakan metode PD. Metode ini bertujuan untuk mengendalikan kecepatan putaran pompa air berdasarkan data masukan dari sensor kelembaban tanah agar tercapai tingkat kelembaban tanah yang cukup untuk tanaman Cabai Rawit. Sistem bekerja dengan baik menggunakan Konstanta Proportional (K_P) bernilai 4, Konstanta Derivative (K_D) bernilai 8, dan penguat tambahan (P_T) bernilai 16. Sistem pengontrolan kelembaban tanah ini bekerja pada saat suhu yang terukur lebih dari 30°C dan tingkat kelembaban yang terukur kurang dari 60% sehingga sistem dapat mengendalikan pompa air sesuai dengan tingkat kelembaban tanah yang terukur. Semakin rendah tingkat kelembaban tanah maka semakin tinggi nilai kecepatan pompa air yang dikendalikan sistem. Sedangkan semakin tinggi tingkat kelembaban tanah maka semakin kecil pula nilai kecepatan pompa air yang dikendalikan oleh sistem. Dan jika suhu yang terukur kurang dari 30°C dan tingkat kelembaban tanah lebih dari atau sama dengan 60% maka sistem akan mematikan pompa air.

Kata kunci: *Cabai Rawit, Mikrokontroler ATmega16, Kelembaban Tanah, Suhu, Proportional, Derivative.*

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, yang memiliki potensi pertanian yang sangat besar diantaranya adalah padi, jagung, kedelai, coklat dan berbagai macam jenis tanaman, sayuran serta buah-buahan. Salah satu potensi pertanian pada jenis sayuran adalah tanaman Cabai Rawit. Tanaman Cabai Rawit merupakan salah satu potensi pertanian yang sangat besar di Indonesia. Kondisi lingkungan, topografi, serta kondisi iklim Indonesia sangat mendukung untuk pembudidayaan tanaman Cabai Rawit. Produksi cabai rawit tahun 2013 sebesar 0,714 juta ton, mengalami kenaikan sebanyak 11,25 ribu ton (1,60

persen) dibandingkan tahun 2012. (Badan Pusat Statistik, 2014). Tanaman Cabai Rawit membutuhkan kelembaban tanah berkisar 60-80% dan suhu $18^{\circ}\text{-}30^{\circ}$ supaya dapat tumbuh optimal [1]. Salah satu faktor yang mempengaruhi kelembaban tanah media tanam adalah kandungan air yang terdapat pada media tanam tanaman. Untuk itu perlu dijaga keseimbangan dan ketersediaan air supaya tanaman dapat tumbuh subur tanpa mengalami kelebihan dan juga kekurangan air yang mempengaruhi tingkat kelembaban tanah.

Handoko dan kawan-kawan pada tahun 2009 melakukan penelitian yang berjudul "Sistem Pengairan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATmega8

Berdasarkan Sensor Kelembaban Tanah Dan Sensor Suhu Tanah Dengan Metode *Fuzzy Inference System*". Penelitian ini menggunakan mikrokontroler ATmega8 (Arduino Severino) sebagai pengendali pompa air yang bekerja dengan metode *Fuzzy Inference System Mamdani* berdasarkan sensor kelembaban tanah dan suhu tanah. Tujuan penerapan sistem pengairan ini adalah agar dapat menghemat penggunaan air pada saat menyiram media tanam tanaman yang digunakan[2].

Untuk menjaga kelembaban tanah agar mendapatkan kelembaban yang optimal maka dibuatlah sebuah sistem pengontrolan kelembaban tanah media tanam tanaman Cabai Rawit dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengendali utama dengan menerapkan metode PD (*Proportional and Derivative*) dalam pengambilan instruksi sistem. Sistem ini dilengkapi dengan sensor kelembaban tanah dan sensor suhu sebagai masukan utama sistem serta pompa air yang digunakan untuk menjalankan instruksi dari mikrokontroler dengan batasan-batasan yang dimasukkan pada awal sistem bekerja melalui tombol pengaturan sistem.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Kendali

Sistem kendali merupakan suatu sistem dimana masukan tertentu dapat digunakan sebagai pengendali untuk keluaran dengan nilai tertentu, mengurutkan suatu proses atau membuat suatu keluaran jika beberapa kondisi terpenuhi [3]. Pada sistem kendali dikenal dua jenis pengaturan yaitu sistem kendali lup terbuka dan sistem kendali lup tertutup.

2.2 Metode PD (*Proportional and Derivative*)

Pengendali PD merupakan gabungan dari dua macam pengendali, yaitu [4]:

1. Pengendali P (*Proportional*)

Pengendali proporsional memiliki keluaran yang sebanding/proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan, bahwa keluaran Pengendali proporsional

merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukannya. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya.

2. Pengendali D (*Derivative*)

Keluaran pengendali diferensial memiliki sifat seperti halnya suatu operasi derivatif. Perubahan yang mendadak pada masukan kontroler, akan mengakibatkan perubahan yang sangat besar dan cepat.

Tujuan dari penggabungan kedua macam pengendali tersebut adalah untuk memperbaiki kinerja sistem di mana masing-masing pengendali akan saling melengkapi dan menutupi dengan kelemahan dan kelebihan masing-masing. Dalam implementasinya masing-masing cara dapat bekerja sendiri maupun gabungan diantaranya. Pada penelitian ini pengendali PD digunakan untuk mengatur kecepatan putaran pompa air sehingga kelembaban media tanam tanaman dapat sesuai dengan apa yang diharapkan sebelumnya. Penentuan nilai parameter Konstanta Proportional (K_p) dan parameter nilai Konstanta Derivative (K_D) menggunakan metode *tuning Trial and Error*. Persamaan 1 sampai dengan 4 digunakan untuk menghitung nilai P (*Proportional*) dan nilai D (*Derivative*) [5]:

$$P = K_p \times \text{error} \dots\dots\dots (1)$$

$$D = \frac{K_D \times \text{error}_D}{T_c} \dots\dots\dots (2)$$

$$PD = P + D \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Kecepatan} = PD + PT \dots\dots\dots (4)$$

dimana :

K_p = Konstanta *Proportional*

error = *Set_point* – Nilai_sensor

K_D = Konstanta *Derivative*

error_D = *error_n* – *error_{n-1}*

error_{n-1} = *error*

T_c = Waktu Sampling

PT = Penguat Tambahan

Persamaan 5 merupakan persamaan untuk menghitung hasil konversi keluaran perhitungan dari metode PD ke dalam RPM (Rotasi Per Menit):

$$\text{Pompa} = \frac{\text{Kecepatan}}{255} \times 2400 \dots\dots (5)$$

dimana :

Kecepatan = Nilai desimal hasil perhitungan sistem

255 = Bit ADC pompa

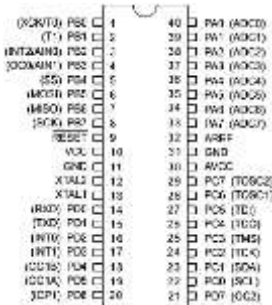
2400 = kecepatan maksimum pompa air

2.3 Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L*)

Tanaman Cabai Rawit tergolong dalam famili terung-terungan (*Solanaceae*). Cabai Rawit berasal dari Meksiko, Peru dan Bolivia, tetapi sudah tersebar di seluruh dunia termasuk Indonesia. Tanaman Cabai Rawit memerlukan tanah yang memiliki tekstur lumpur berpasir atau liat berpasir, dengan struktur gembur. Kelembaban yang cocok untuk tanaman Cabai Rawit adalah 60%-80%. Agar dapat tumbuh dengan baik dan bereproduksi tinggi, tanaman Cabai Rawit memerlukan suhu udara rata-rata tahunan berkisar antara 18°C-30°C [1].

2.4 Mikrokontroler AVR ATmega16

ATmega16 memiliki 40 pin DIP (*dual inline package*). Gambar 1 menunjukkan pin-pin pada mikrokontroler. Untuk menangani komunikasi dengan perangkat keras lainnya, mikrokontroler mempunyai empat port yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*. Keempat buah port ini dirancang sebagai jalur *bi-directional* yang dapat mengirimkan sinyal keluaran dan masukan dengan pilihan internal *pull-up* [6].



Gambar 1. Pin ATmega16 (Atmel Corporation, 2009)

Untuk beberapa port, masing-masing pin memiliki fungsi alternatif, seperti yang terdapat pada port A, B, C dan D, pin tersebut memiliki fungsi lain untuk kegunaan tertentu. Pin-pin tersebut dapat digunakan untuk fungsi yang lain dengan kombinasi pin tertentu seperti untuk

menghubungkan mikrokontroler dengan perangkat *downloader*. Pada port A terdapat fungsi ADC (*analog to digital converter*) yang berfungsi mengkonversi sinyal analog berupa besaran tegangan listrik menjadi sinyal digital berupa angka desimal.

2.5 Sensor Kelembaban Tanah

Moisture sensor adalah sensor kelembaban yang dapat mendeteksi kelembaban dalam tanah. Sensor ini sangat sederhana, tetapi ideal untuk memantau taman kota, atau tingkat air pada tanaman dipekarangan rumah. Sensor ini terdiri dua probe untuk melewati arus melalui tanah, kemudian membaca resistansinya untuk mendapatkan nilai tingkat kelembaban. Semakin banyak air membuat tanah lebih mudah menghantarkan listrik (resistansi kecil), sedangkan tanah yang kering sangat sulit menghantarkan listrik (resistansi besar)[7].

2.6 Sensor Suhu LM 35

Sensor suhu LM 35 merupakan sensor suhu yang akurat dimana tegangan keluarannya berbanding lurus dengan suhu dalam derajat celcius sebesar 10 mV/°C [8]. Prinsip kerja sensor LM 35 adalah sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1°C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV.

2.7 Driver Motor IC L298N

IC L298 adalah pengendali motor yang sangat sederhana untuk digunakan dan dapat menggantikan *relay* sebagai pengendali motor umumnya. L298 merupakan IC *Dual Full Bridge Driver* dengan kemampuan beroperasi pada tegangan dan arus tinggi. Tegangan maksimum yang dapat diterima sebesar 50 volt dan arus yang dapat diterima sebesar 4 ampere. IC ini memiliki 2 masukan yang masing-masing masukan dapat atau secara bersamaan tergantung dari pengaktifan *enable*[9].

2.8 PWM

Pulse Width Modulation (PWM) merupakan suatu cara proses pengaturan kecepatan secara digital yang digunakan pada motor DC dengan memberi pulsa-pulsa untuk waktu *on* dan *off* atau yaitu sebuah cara pengalihan daya dengan

menggunakan sistem lebar pulsa untuk mengemudikan kecepatan putaran motor DC. Tegangan DC dikonversi menjadi sinyal kotak bolak balik, saat *on* mendekati tegangan puncak dan saat *off* menjadi nol (0) volt. Jika frekuensi *switching* cukup tinggi maka kecepatan yang dikendalikan akan semakin sesuai dengan yang diharapkan[10].

2.9 Bahasa Pemrograman Mikrokontroler ATmega16

Bahasa C yang digunakan untuk memprogram mikrokontroler tidak memiliki perbedaan dengan bahasa C yang umum, hanya saja pemrograman untuk mikrokontroler lebih sederhana dari pada pemrograman untuk komputer *desktop*. Struktur penulisan program dalam bahasa C secara umum terdiri dari empat blok yaitu *header*, deklarasi konstanta global dan/atau variabel, fungsi dan/atau prosedur, dan program utama [11].

3. METODOLOGI PENELITIAN

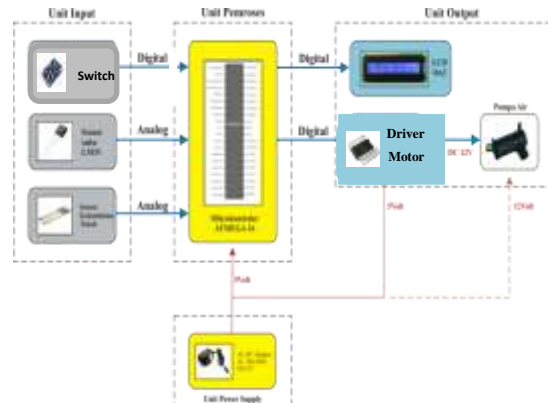
Proses penelitian dimulai dengan melakukan studi pustaka terkait dengan teori-teori sistem kendali, metode PD (*Proportional and Derivative*), mikrokontroler dan teori-teori penunjang lainnya. Tahap berikutnya dilakukan analisa terhadap kebutuhan sistem berdasarkan data pada tahap perancangan. Tahap berikutnya dilakukan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak yang kemudian diintegrasikan hingga menjadi suatu sistem sehingga berfungsi sebagaimana mestinya. Tahap berikutnya dilakukan pengujian untuk mengetahui kinerja sistem. Jika pengujian berhasil maka dapat sistem yang telah dibuat diterapkan pada kondisi yang sebenarnya setelah itu tahapan berikutnya dilakukan analisa untuk mendapatkan kesimpulan akhir dari proses penelitian.

4. PERANCANGAN SISTEM

4.1 Perancangan Perangkat Keras

Diagram blok sistem pada gambar 2 menunjukkan prinsip kerja sistem secara umum. Pada diagram blok ini, terdapat tiga buah perangkat masukan yaitu tombol *switch*, sensor LM 35 dan sensor kelembaban tanah, serta terdapat dua buah

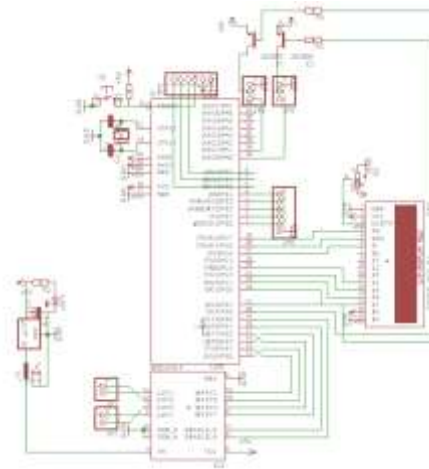
perangkat keluaran yaitu LCD dan *driver* motor yang terhubung ke pompa air.



Gambar 2. Diagram Blok Sistem

4.1.1 Perancangan Mikrokontroler

Untuk membuat mikrokontroler dapat bekerja, dibutuhkan rangkaian tambahan yang disebut dengan rangkaian *minimum system*, fungsi rangkaian ini hampir sama seperti papan induk yang terdapat pada komputer. Rangkaian dari minimum sistem yang dibangun pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian Skematik Minimum Sistem Mikrokontroler

Komunikasi perangkat keras menggunakan empat buah *port* I/O yang telah tersedia pada mikrokontroler yaitu *port A*, *port B*, *port C* dan *port D*. Masing-masing *port* akan dikonfigurasi sesuai dengan fungsi yang diperlukan. Berikut ini merupakan rancangan konfigurasi I/O pada mikrokontroler:

1. Port A

Port A digunakan sebagai *port* masukan untuk menerima sinyal dari sensor suhu

dan sensor kelembaban tanah. Penggunaan *port* A untuk sensor suhu dan kelembaban tanah dikarenakan fitur *analog to digital converter* hanya terdapat pada *port* A. Penelitian ini akan menggunakan satu buah sensor suhu dan sensor kelembaban tanah sehingga masing-masing sensor akan dihubungkan pada dua buah *pin port* A yaitu A.0 sampai dengan A.1.

2. *Port* B

Port B akan digunakan untuk tombol *switch* sehingga konfigurasi *port* ini adalah sebagai *port* masukan. *Pin* yang akan digunakan sebanyak empat buah *pin* yaitu *pin* B.0 sampai dengan B.4.

3. *Port* C

Port C dikonfigurasi sebagai *port* keluaran, dimana *port* ini akan dioptimalkan untuk perangkat LCD. Untuk konfigurasi *pin-pin* LCD dapat dilihat pada gambar 4.3.

4. *Port* D

Port D dikonfigurasi sebagai *port* keluaran. *Port* ini akan digunakan untuk jalur komunikasi mikrokontroler dengan *driver* motor. *Pin* yang digunakan sebanyak enam buah *pin* yaitu *pin* D.0 sampai dengan D.5.

4.1.2 Pemrograman Mikrokontroler

Mikrokontroler pada alat pengontrolan kelembaban pada media tanam Cabai Rawit ini diprogram menggunakan aplikasi *CodeVision AVR*. Dalam sistem pengontrolan kelembaban tanah ini mikrokontroler yang digunakan adalah mikrokontroler ATMega16.

4.1.3 Perancangan Metode PD (*Proportional and Derivative*)

Pengendali PD adalah gabungan antara 2 macam pengendali yaitu, pengendali *Proportional* (P) dan *Derivative* (D). Pengendali PD ini memiliki fungsi menghitung nilai *error* antara *variable* proses dengan *set point* yang diinginkan dan mampu memperkecil nilai *error* tersebut sehingga keluaran yang dihasilkan semakin mendekati nilai yang diinginkan. Penentuan nilai konstanta *Proportional* dan nilai konstanta *Derivative* pada penelitian ini menggunakan metode *tuning manual/Trial and Error* dimana dalam

memasukkan nilai konstanta *Proportional* dan nilai konstanta *Derivative* berdasarkan hasil keluaran sistem. Kode program 1 merupakan pemrograman untuk pengendalian kecepatan putaran pompa air dengan menggunakan pengendali *Proportional* dan *Derivative*. Hasil dari perhitungan kecepatan motor dengan pengendali *Proportional* dan *Derivative* akan ditampilkan melalui LCD.

Kode Program 1. Konfigurasi Pengendalian Perintah PD

```
void PD(){
//kendaliProportional
error=PI-s;
kecP=Kp*error; //nilai Kp ditentukan melalui tuning
//kendali Derivative
errorD=error-error_lamaD;
kecD=(Kd*errorD)/Tc; //nilai Kd ditentukan
melalui tuning
error_lamaD=error;
//kontrol PD
kecPD=kecP+kecD;
}
```

4.1.4 Perancangan Sensor Suhu LM 35

Sensor suhu LM 35 dihubungkan pada *pin* PA1, *port* A yang dikonfigurasi sebagai *port* masukan, *port* A digunakan karena memiliki fitur ADC (*analog to digital converter*). Melalui ADC, nilai masukan yang berupa sinyal analog dikonversi menjadi sinyal digital berupa nilai desimal sehingga mudah dibaca oleh pengguna.

4.1.5 Perancangan Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban dihubungkan pada *pin* PA0, *port* A yang dikonfigurasi sebagai *port* masukan, *port* A digunakan karena memiliki fitur ADC (*analog to digital converter*). Melalui ADC, nilai masukan yang berupa sinyal analog dikonversi menjadi sinyal digital berupa nilai desimal sehingga mudah dibaca oleh pengguna.

4.1.6 Perancangan *Driver* Motor

Driver motor akan bekerja setelah menerima sinyal keluaran dari mikrokontroler yang berupa sinyal logika 0 atau 1, *driver* motor akan memutuskan arus listrik jika logika yang diberikan oleh mikrokontroler adalah 0 dan akan menyambungkan kembali jika berkondisi 1.

Pada rangkaian skematik, driver motor menggunakan enam buah *pin* untuk dihubungkan ke *port D* mikrokontroler.

Kode Program 2. Program *Driver Motor*

```

while (1)
{
  Suhu(); //cek suhu sekitar
  Mode_Aktif(); // pemilihan mode standby atau mode aktif
  if(aktif == 0) { //mode standby
    Menu();
    kec=0;
    PORTD.0=0;
    PORTD.1=0;
    PORTD.2=0;
    PORTD.3=0;
    Soil_moisture();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_clear();
    sprintf(temp,"Standby klb=%d",persen);
    lcd_puts(temp);
    lcd_puts("%");
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(temp,"Suhu= %d",suhu_celcius);
    lcd_puts(temp);
    lcd_putchar(0xdf);
    lcd_puts("C");
    delay_ms(100);
  }
  else if(aktif==1){ //mode Aktif
    Menu();
    Soil_moisture(); // cek kelembaban
    PD(); // masuk ke fungsi PD
    kec=kecPD+xkec; // memasukan Kecepatan Tambahan
    if(kec<0)kec=0;
    Mati();
    RPM=(float)kec*2400/255; //konversi ke RPM
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    sprintf(temp,"kc=%d RPM",RPM);
    lcd_puts(temp);
    lcd_gotoxy(0,1);
    sprintf(temp,"Sh= %d",suhu_celcius);
    lcd_puts(temp);
    lcd_putchar(0xdf);
    lcd_puts("C");
    lcd_gotoxy(9,1);
    sprintf(temp,"l= %d",persen);
    lcd_puts(temp);
    lcd_puts("%");
    delay_ms(100);
    Eksekusi(); // eksekusi langsung ke pompa
  }
}

```

4.1.7 Perancangan Selang Air

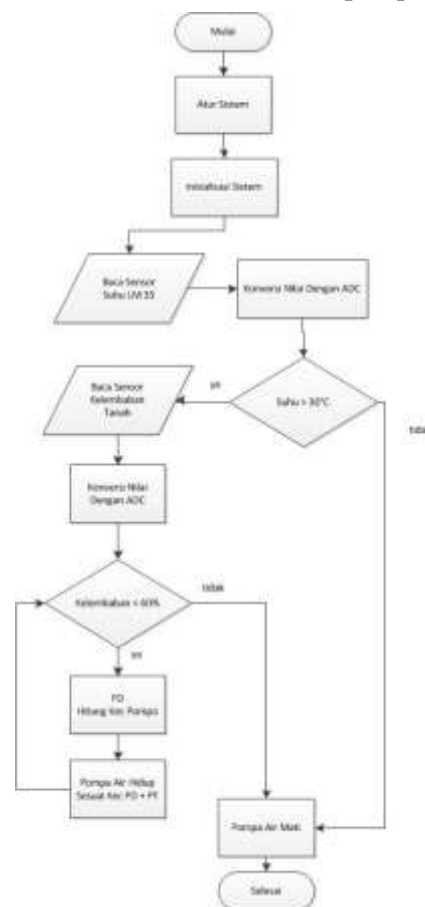
Perancangan selang air dilakukan dengan tujuan agar pompa air yang terhubung ke mikrokontroler dapat mengalirkan air secara langsung ke media tanam tanaman.

4.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan salah satu komponen penting dalam perancangan sistem pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam Cabai Rawit ini. Perangkat lunak digunakan untuk melakukan pengaturan fungsi dari masing-masing komponen sistem sesuai dengan kebutuhan sistem dalam melakukan mekanisme kerjanya.

Diagram alir pada gambar 7 menunjukkan alur kerja sistem pengontrolan kelembaban tanah pada tanaman Cabai Rawit sesuai dengan perangkat lunak yang akan

dirancang. Pada diagram alir tersebut, tahapan awal dari sistem bekerja diawali dengan pengaturan untuk nilai Kp, Kd, Pt, Ps dan Pl melalui tombol *switch* pada mikrokontroler. Setelah tahapan pengaturan sistem selesai, selanjutnya sistem akan melakukan pembacaan perubahan suhu pada di daerah sekitar media tanam tanaman, jika suhu dibawah 30°C maka mikrokontroler akan mematikan pompa air, sedangkan apabila suhu diatas 30°C maka mikrokontroler akan menginstruksikan pembacaan kelembaban tanah melalui sensor kelembaban tanah tanaman Cabai Rawit yang ada. Pada tahap pembacaan nilai kelembaban tanah yang telah dilakukan mikrokontroler akan menghidupkan pompa air jika kelembaban di bawah 60% dengan kecepatan sesuai dengan hasil perhitungan kecepatan putaran pompa yang telah dihitung dengan menggunakan metode PD. Dan jika tingkat kelembaban tanah di atas 60% maka mikrokontroler akan mematikan pompa air.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

5. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian sistem pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam Cabai Rawit dilakukan dengan melakukan pengujian program, pengujian sensor, pengujian metode PD (*Proportional and Derivative*), pengujian *driver* motor, dan pengujian seluruh sistem.

5.1 Pengujian Sistem Pengontrolan Kelembaban Tanah

Pengujian perangkat lunak bertujuan untuk mengetahui apakah program yang didesain sebelumnya dapat berjalan dengan baik atau tidak, sehingga dapat dilakukan analisa kesalahan-kesalahan di dalam proses pembuatan program.

5.1.1 Pengujian Program

Pengujian program dilakukan dengan cara menguji respon perangkat keras terhadap program yang telah ditanamkan pada sistem. Pengujian program dilakukan guna mengetahui apakah konfigurasi program terhadap perangkat keras melalui *port-port* mikrokontroler telah berjalan sesuai fungsinya dan memastikan perangkat keras tersebut sudah bekerja sesuai dengan perancangan cara kerja alat yang telah dibuat.

Indikator keberhasilan yang menunjukkan bahwa program berjalan dengan baik adalah sebagai berikut:

1. Konfigurasi *port* I/O dengan *port* A dan *port* B sebagai *port* masukan serta *port* C dan D sebagai *port* keluaran pada sistem telah bekerja sesuai dengan perancangan.
2. Masukan yang berupa sinyal *analog* dari sensor kelembaban dapat dikonversi ke sinyal *digital* dan ditampilkan dalam bentuk angka desimal pada LCD.
3. Masukan yang berupa sinyal *analog* dari sensor suhu LM 35 dapat dikonversi ke sinyal *digital* dan ditampilkan dalam bentuk angka desimal pada LCD.
4. Tombol *power on reset* berfungsi apabila ditekan.
5. Tombol *switch* berfungsi apabila ditekan.
6. *Driver* motor akan memberikan respon apabila nilai masukan dari sensor kelembaban telah sesuai dengan

parameter kelembaban yang telah diatur melalui tombol *switch*.

5.1.2 Pengujian Sensor Suhu LM 35

Pengujian kinerja sensor dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung pada kondisi suhu luar ruangan. Hasil pengukuran sensor kemudian dibandingkan dengan termometer digital (alat ukur suhu standar). Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pengukuran sensor suhu LM 35. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Sensor Suhu LM 35

Pengujian	Waktu	LM 35	Termometer	
Hari ke-1	Pagi	07.00	27°C	27,3°C
		08.00	28°C	28,6°C
	Siang	12.00	31°C	31,4°C
		13.00	32°C	32,0°C
	Sore	17.00	30°C	29,5°C
		18.00	30°C	30,0°C
Suhu rata-rata		29,67°C	29,8°C	
Hari ke-2	Pagi	07.00	27°C	27,5°C
		08.00	28°C	28,2°C
	Siang	12.00	31°C	30,9°C
		13.00	32°C	33,4°C
	Sore	17.00	31°C	30,9°C
		18.00	31°C	30,6°C
Suhu rata-rata		30°C	30,25°C	
Hari ke-3	Pagi	07.00	27°C	27,5°C
		08.00	28°C	28,4°C
	Siang	12.00	30°C	29,9°C
		13.00	33°C	32,7°C
	Sore	17.00	32°C	32,2°C
		18.00	30°C	29,7°C
Suhu rata-rata		30°C	30,07°C	

Dari hasil pengujian dan perhitungan nilai *%error* terhadap nilai pembacaan sensor suhu LM35 dapat disimpulkan, sensor dapat bekerja dengan baik karena nilai *%error* LM35 untuk 3 hari pengukuran sangat kecil yaitu kurang dari 1%.

5.1.3 Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Pengujian kinerja sensor dilakukan dengan melakukan pengukuran langsung pada kondisi tanah media tanam. Pengujian dilakukan dengan tujuan apakah sensor dapat mengukur kelembaban tanah dan dapat menampilkan hasilnya di layar LCD dalam satuan angka desimal. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan hasil pengujian tabel 2 dapat disimpulkan, sensor dapat bekerja dengan baik karena sensor dapat mengukur

nilai kelembaban tanah pada masing-masing *polybag* setelah dilakukan penyiraman maupun sebelum dilakukan penyiraman. Sensor mampu membaca kenaikan nilai kelembaban tanah setelah dilakukan penyiraman dan hasil pengukuran dapat ditampilkan pada layar LCD dalam satuan persen (%).

Tabel 2. Pengujian Sensor Kelembaban Tanah

Pengujian	No. <i>Poly-bag</i>	Volume Air	Kelembaban Tanah	
			Sebelum disiram	Sesudah disiram
Hari ke-1	1	100 ml	10%	43%
	2	100 ml	14%	51%
	3	100 ml	9%	37%
	4	100 ml	29%	61%
	5	100 ml	21%	62%
Hari ke-2	6	100 ml	11%	51%
	7	100 ml	15%	59%
	8	100 ml	13%	47%
	9	100 ml	8%	43%
	10	100 ml	19%	60%
Hari ke-3	11	100 ml	21%	59%
	12	100 ml	17%	55%
	13	100 ml	14%	57%
	14	100 ml	18%	61%
	15	100 ml	23%	65%

5.1.4 Pengujian Metode PD (*Proportional and Derivative*)

Pengujian metode PD dilakukan untuk mengetahui apakah metode PD dapat mengontrol kecepatan putaran pompa air. Tahapan awal dari pengujian metode PD adalah menentukan metode *tuning* parameter K_P dan K_D yaitu dengan menggunakan metode *tuning manual/Trial and Error* dimana dalam memasukkan nilai pengujian K_P dan nilai pengujian K_D berdasarkan hasil *output*/keluaran sistem yang ditampilkan mikrokontroler melalui LCD. Tahapan selanjutnya menguji satu persatu nilai K_P dan K_D . Hasil pengujian nilai parameter tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Dari hasil pengujian pada tabel 3 dapat diketahui bahwa semakin kecil nilai Konstanta *Proportional* (K_P) dan nilai Konstanta *Derivative* (K_D) yang dimasukkan pada awal sistem dijalankan maka semakin kecil/lambat kecepatan pompa air yang dihasilkan. Sedangkan semakin besar nilai Konstanta *Proportional* (K_P) dan nilai Konstanta *Derivative* (K_D) yang dimasukkan pada awal sistem

dijalankan maka semakin cepat kecepatan pompa air yang dihasilkan. Hal ini dapat dilihat dari data pengujian pertama, Konstanta *Proportional* (K_P) dan Konstanta *Derivative* (K_D) yang dimasukkan bernilai masing-masing 1 dan 2 menghasilkan kecepatan pompa 555 RPM. Namun, pada data pengujian keempat Konstanta *Proportional* (K_P) dan Konstanta *Derivative* (K_D) yang dimasukkan bernilai masing-masing 4 dan 8 menghasilkan kecepatan pompa 2249 RPM. Pada data pengujian kelima dan keenam, Konstanta *Proportional* (K_P) dan Konstanta *Derivative* (K_D) yang dimasukkan bernilai masing-masing 5 dan 8 (pengujian kelima), serta 5 dan 10 (pengujian keenam) menghasilkan kecepatan pompa 2814 RPM yang melebihi batas maksimum sehingga pompa air tidak dapat bekerja. Untuk itu perlu digunakan nilai Konstanta *Proportional* (K_P) dan nilai Konstanta *Derivative* (K_D) yang dapat membuat pompa air bekerja.

Tabel 3. Data Pengujian Metode PD

No	Konstanta <i>Proportional</i> (K_P)	Konstanta <i>Derivative</i> (K_D)	Penguat Tambahan (P_T)	Kecepatan Pompa Air (dalam RPM)	Kondisi Kelembaban
1	1	2	0	555	0 %
2	2	4	0	1120	0 %
3	3	6	0	1684	0 %
4	4	8	0	2249	0 %
5	5	8	0	2814	0 %
6	5	10	0	2814	0 %
7	4	8	1	2258	0 %
8	4	8	2	2268	0 %
9	4	8	3	2277	0 %
10	4	8	4	2287	0 %
11	4	8	5	2296	0 %
12	4	8	6	2305	0 %
13	4	8	7	2315	0 %
14	4	8	8	2324	0 %
15	4	8	9	2334	0 %
16	4	8	10	2343	0 %
17	4	8	11	2352	0 %
18	4	8	12	2362	0 %
19	4	8	13	2371	0 %
20	4	8	14	2381	0 %
21	4	8	15	2390	0 %
22	4	8	16	2400	0 %

Pada penelitian ini kecepatan maksimum pompa air yang ingin dicapai bernilai 2400 RPM, maka digunakan

Konstanta *Proportional* (K_P) dan Konstanta *Derivative* (K_D) bernilai 4 dan 8 serta ditambah dengan masukan Penguat Tambahan (P_T) sebesar 16 yang menghasilkan kecepatan pompa 2400 RPM.

5.1.5 Pengujian *Driver Motor*

Pengujian *driver* motor dilakukan untuk mengetahui apakah *driver* motor dapat merespon sinyal keluaran dari mikrokontroler. Sinyal yang keluar dari mikrokontroler merupakan sinyal hasil perhitungan PD (*Proportional and Derivative*) sensor kelembaban yang dipasang pada media tanam tanaman.

Pada penelitian ini, *driver* motor diprogram agar berkondisi 1 apabila nilai parameter kelembaban berada di bawah batas kelembaban yang telah ditentukan dan *driver* motor akan berkondisi 0 apabila parameter berada di atas batas kelembaban. Pada pengujian respon *driver* motor, kelembaban media tanam Cabai Rawit direkayasa dengan cara mengalirkan air sedikit demi sedikit secara manual melalui pompa air yang tersambung selang air agar tercapai kondisi kenaikan dan penurunan kelembaban media tanam tanaman. Hal ini dilakukan karena *driver* motor bekerja berdasarkan masukan dari sensor kelembaban dan program untuk mengaktifkan *driver* motor pada mikrokontroler.

Dari pengujian yang telah dilakukan, *driver* motor sudah dapat merespon sinyal keluaran dari mikrokontroler, respon *driver* motor ditandai dengan adanya perubahan kecepatan pompa air saat pengukuran tingkat kelembaban media tanam tanaman.

5.1.6 Pengujian Keseluruhan Sistem Pengontrolan Kelembaban Tanah

Indikator keberhasilan alat ini adalah sistem dapat memberikan respon keluaran berupa tampilan kenaikan dan penurunan perubahan suhu dan perubahan kelembaban media tanam tanaman Cabai Rawit yang bekerja tanpa dipengaruhi gangguan *grounding/short electric* yang dapat dilihat pada LCD dan sistem akan memberikan respon terhadap parameter batas tingkat kelembaban tanah dengan mengontrol kecepatan putaran pompa air melalui *driver* motor.

Pengujian ini dilakukan mulai dari pagi sampai sore hari selama 5 hari, hal ini dilakukan guna mengetahui kinerja alat pada keadaan sebenarnya di lokasi pemeliharaan tanaman. Indikator sistem sudah bekerja dengan benar di lokasi pemeliharaan adalah sistem sudah dapat merespon kenaikan dan penurunan suhu serta kelembaban media tanam tanaman serta sistem sudah dapat memberikan respon yang akurat terhadap parameter tingkat kelembaban tanah sistem bekerja.

Dari hasil pengujian sistem pengontrolan kelembaban tanah pada tanaman Cabai Rawit ini, diketahui bahwa secara keseluruhan alat dan sistem dapat berfungsi dengan baik. Respon sinyal masukan dari sensor suhu serta sensor kelembaban tanah cepat dan akurat, begitu pula dengan respon dari mikrokontroler dalam memberikan sinyal keluaran. Pompa air akan menyala secara *realtime* saat sensor membaca kondisi kelembaban tanah yang berada di bawah batas sistem bekerja, begitu juga sebaliknya. Parameter tingkat kelembaban tanah dan suhu pada sistem bekerja diatur dan ditentukan sesuai keperluan pada saat sistem dinyalakan.

5.2 Hasil Sistem Pengontrolan Kelembaban Tanah

Sistem pengontrolan kelembaban tanah pada tanaman Cabai Rawit yang terdiri dari minimum sistem mikrokontroler ATmega16, sensor suhu LM 35, sensor kelembaban tanah dan LCD sebagai media menampilkan pengaturan batas sistem bekerja dan hasil pembacaan sensor kelembaban. Minimum sistem pengontrolan kelembaban tanah yang telah dibuat diimplementasikan pada tahapan pemeliharaan tanaman Cabai Rawit dalam skala yang kecil dengan jumlah tanaman berjumlah satu *polybag*.

Media tanam Cabai Rawit yang digunakan adalah tanah gambut. Untuk mendukung kinerja dari minimum sistem pengontrolan kelembaban tanah pada tanaman Cabai Rawit ini, diperlukan pompa air berkekuatan 12 volt dan instalasi selang penyalur air ke media tanam. Agar Pompa air dapat bekerja sesuai instruksi sistem, pompa air yang ada dihubungkan ke

minimum sistem melalui *driver* motor. Setelah pompa air terhubung dengan sistem, selanjutnya pompa air dihubungkan ke instalasi selang penyalur air ke media tanam dan sumber air.

5.3 Data Hasil Pengujian

Tabel 4. Data Pengujian Sistem Pengontrolan Kelembaban Tanah

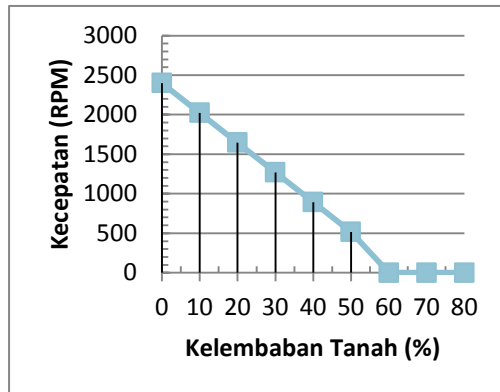
No	P o l i y a g	Batas Suhu	Batas Kelembaban	Pukul	Suhu Terukur	Kelembaban Terukur	Kecepatan Pompa Air (Perhitungan Sistem)	Kecepatan Pompa Air (Perhitungan Manual)
Hari ke-1	1	30°C	60%	10.00	31°C	5%	2211 RPM	2221 RPM
				13.00	33°C	46%	668 RPM	678 RPM
				16.00	30°C	60%	0 RPM	0 RPM
	2	30°C	60%	10.00	31°C	9%	2061 RPM	2070 RPM
				13.00	33°C	52%	442 RPM	452 RPM
				16.00	30°C	64%	0 RPM	0 RPM
	3	30°C	60%	10.00	31°C	6%	2174 RPM	2184 RPM
				13.00	33°C	50%	517 RPM	527 RPM
				16.00	30°C	62%	0 RPM	0 RPM
	4	30°C	60%	10.00	31°C	9%	2061 RPM	2070 RPM
				13.00	33°C	54%	367 RPM	376 RPM
				16.00	30°C	60%	0 RPM	0 RPM
	5	30°C	60%	10.00	31°C	8%	2098 RPM	2108 RPM
				13.00	33°C	53%	404 RPM	414 RPM
				16.00	30°C	65%	0 RPM	0 RPM
Hari ke-2	1	30°C	60%	10.00	32°C	5%	2211 RPM	2221 RPM
				13.00	34°C	43%	781 RPM	791 RPM
				16.00	31°C	64%	0 RPM	0 RPM
	2	30°C	60%	10.00	32°C	10%	2023 RPM	2033 RPM
				13.00	34°C	55%	329 RPM	339 RPM
				16.00	31°C	62%	0 RPM	0 RPM
	3	30°C	60%	10.00	32°C	9%	2061 RPM	2070 RPM
				13.00	34°C	47%	630 RPM	640 RPM
				16.00	31°C	63%	0 RPM	0 RPM
	4	30°C	60%	10.00	32°C	7%	2136 RPM	2146 RPM
				13.00	34°C	52%	442 RPM	452 RPM
				16.00	31°C	62%	0 RPM	0 RPM
	5	30°C	60%	10.00	32°C	3%	2287 RPM	2297 RPM
				13.00	34°C	48%	592 RPM	602 RPM
				16.00	31°C	63%	0 RPM	0 RPM
Hari ke-3	1	30°C	60%	10.00	33°C	10%	2023 RPM	2033 RPM
				13.00	32°C	52%	442 RPM	452 RPM
				16.00	31°C	63%	0 RPM	0 RPM
	2	30°C	60%	10.00	33°C	4%	2249 RPM	2259 RPM
				13.00	32°C	46%	668 RPM	678 RPM
				16.00	31°C	71%	0 RPM	0 RPM
	3	30°C	60%	10.00	33°C	5%	2211 RPM	2221 RPM
				13.00	32°C	54%	367 RPM	376 RPM
				16.00	31°C	65%	0 RPM	0 RPM
	4	30°C	60%	10.00	33°C	6%	2174 RPM	2184 RPM
				13.00	32°C	33%	1157 RPM	1167 RPM
				16.00	31°C	62%	0 RPM	0 RPM
	5	30°C	60%	10.00	33°C	4%	2249 RPM	2259 RPM
				13.00	32°C	57%	254 RPM	264 RPM
				16.00	31°C	68%	0 RPM	0 RPM
Hari ke-4	1	30°C	60%	10.00	31°C	13%	1910 RPM	1920 RPM
				13.00	32°C	50%	517 RPM	527 RPM
				16.00	30°C	61%	0 RPM	0 RPM
	2	30°C	60%	10.00	31°C	17%	1760 RPM	1769 RPM
				13.00	32°C	62%	0 RPM	0 RPM
				16.00	30°C	61%	0 RPM	0 RPM
	3	30°C	60%	10.00	31°C	17%	1760 RPM	1769 RPM
				13.00	32°C	51%	480 RPM	489 RPM
				16.00	30°C	62%	0 RPM	0 RPM
	4	30°C	60%	10.00	31°C	28%	1345 RPM	1355 RPM
				13.00	32°C	64%	0 RPM	0 RPM
				16.00	30°C	63%	0 RPM	0 RPM
	5	30°C	60%	10.00	31°C	41%	856 RPM	866 RPM
				13.00	32°C	62%	0 RPM	0 RPM
				16.00	30°C	69%	0 RPM	0 RPM
Hari ke-5	1	30°C	60%	10.00	31°C	13%	1910 RPM	1920 RPM
				13.00	33°C	48%	592 RPM	602 RPM
				16.00	31°C	63%	0 RPM	0 RPM
	2	30°C	60%	10.00	31°C	19%	1684 RPM	1694 RPM
				13.00	33°C	53%	404 RPM	414 RPM
				16.00	31°C	62%	0 RPM	0 RPM
	3	30°C	60%	10.00	31°C	14%	1872 RPM	1882 RPM
				13.00	33°C	56%	291 RPM	301 RPM
				16.00	31°C	63%	0 RPM	0 RPM
	4	30°C	60%	10.00	31°C	16%	1797 RPM	1807 RPM
				13.00	33°C	48%	592 RPM	602 RPM
				16.00	31°C	61%	0 RPM	0 RPM
	5	30°C	60%	10.00	31°C	18%	1345 RPM	1355 RPM
				13.00	33°C	52%	442 RPM	452 RPM
				16.00	31°C	69%	0 RPM	0 RPM

Pada data pengujian tabel 4, digunakan batas tingkat kelembaban tanah media tanaman sebesar 60% dan batas suhu sebesar 30°C guna menguji apakah pompa dapat bekerja dengan tingkat kecepatan tertentu sesuai dengan hasil perhitungan mikrokontroler. Dari hasil pengujian diketahui sistem pengontrolan kelembaban tanah ini sudah bekerja sebagaimana mestinya, hal itu dapat dilihat dari data pengamatan hari pertama sampai dengan data pengamatan hari ketujuh.

Dari data pengujian pada tabel 4, diperoleh perbedaan kecepatan pompa air sebesar 9 RPM sampai 10 RPM antara hasil perhitungan secara manual dan hasil perhitungan sistem. Perbedaan ini disebabkan oleh penggunaan jenis data yang berbeda pada tampilan LCD sistem dan penggunaan data pada perhitungan menggunakan data bilangan bulat sedangkan data yang diproses oleh sistem menggunakan data bilangan pecahan. Hasil pembulatan yang ditampilkan oleh LCD kemudian diproses dengan perhitungan manual akan melalui dua kali proses pembulatan yaitu pada saat pembulatan nilai kelembaban tanah dan pada saat proses konversi ke satuan RPM, sedangkan pada perhitungan sistem hanya menggunakan satu kali pembulatan yaitu hanya pada proses konversi ke satuan RPM.

Dari data pengujian pada tabel 4, diperoleh hasil bahwa sistem yang dibangun dapat bekerja sesuai dengan rancangan. Hal ini dapat dilihat berdasarkan pompa air yang bekerja pada batasan suhu dan kelembaban yang cocok untuk media tanam Cabai Rawit yaitu pada saat suhu diatas 30°C dan kelembaban tanah dibawah 60%.

Dari data pengujian pada tabel 4, diperoleh hasil bahwa metode PD (*Proportional and Derivative*) yang diterapkan pada sistem dapat bekerja sesuai dengan baik. Hal ini dapat dilihat dimana pompa air yang akan hidup jika kelembaban tanah yang terukur kurang dari 60% dan jika kelembaban lebih dari atau sama dengan 60% maka pompa air akan mati.



Gambar 5. Hubungan Kelembaban Dengan Kecepatan Pompa Air

Pada gambar 5 menunjukkan semakin rendah tingkat kelembaban tanah yang terukur maka semakin tinggi nilai kecepatan pompa air yang dikendalikan oleh sistem. Sedangkan semakin tinggi tingkat kelembaban tanah yang terukur maka semakin kecil pula nilai kecepatan pompa air yang dikendalikan oleh sistem pengontrolan kelembaban tanah ini.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian dan analisis terhadap sistem pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam Cabai Rawit ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan sistem pengontrolan kelembaban tanah ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 sebagai pengendali utama sistem, sensor suhu LM 35 dan sensor kelembaban tanah SEN 0114 yang digunakan sebagai masukan sistem untuk bekerja.
2. Pengujian sistem pengontrolan kelembaban tanah ini melalui beberapa tahapan. Tahapan pertama yang dilakukan adalah dengan menentukan batasan sistem bekerja. Tahapan kedua yaitu pengujian langsung pada media tanam tanaman Cabai Rawit. Untuk pengujian sistem pengontrolan kelembaban tanah ini, tanaman Cabai Rawit yang digunakan sebagai sampel berjumlah 25 *polybag*.
3. Hasil penelitian sistem pengontrolan kelembaban tanah ini diperoleh perbedaan kecepatan pompa air sebesar 9 RPM sampai 10 RPM antara hasil

perhitungan secara manual dan hasil perhitungan sistem. Perbedaan ini disebabkan oleh penggunaan jenis data yang berbeda pada tampilan LCD sistem dan penggunaan data pada perhitungan sistem.

4. Penerapan sistem pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam Cabai Rawit menggunakan indikator batas sistem bekerja dengan suhu dan kelembaban tanah media tanam yang baik untuk tanaman Cabai Rawit sehingga dapat tumbuh dan bereproduksi tinggi yaitu, 30°C dan 60%.
5. Penerapan metode PD (*Proportional and Derivative*) pada sistem pengontrolan kelembaban tanah pada media tanam Cabai Rawit bekerja dengan baik dengan konstanta *Proportional* bernilai 4, konstanta *Derivative* bernilai 8 dan penguat tambahan bernilai 16.
6. Pada penelitian ini semakin rendah tingkat kelembaban tanah maka semakin tinggi nilai kecepatan pompa air yang dikendalikan sistem. Sedangkan semakin tinggi tingkat kelembaban tanah maka semakin kecil pula nilai kecepatan pompa air yang dikendalikan oleh sistem pengontrolan kelembaban tanah ini.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya :

1. Dapat ditambahkan sensor PH tanah dan jenis sensor lainnya agar dapat lebih kompleks.
2. Dapat diimplementasikan ke dalam skala yang lebih besar dengan berbagai jenis tanaman dan teknik pengairan lainnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cahyono, B. 2003. *Cabai Rawit*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- [2] Handoko B. A, Susanto, dan Wakhidah Nur. (2009). *Sistem Pengairan Otomatis Menggunakan Mikrokontroler ATmega8 Berdasarkan Sensor Kelembaban Tanah Dan Sensor Suhu Tanah Dengan Metode Fuzzy Inference System*. Semarang: Universitas Semarang.

- [3] Bolton, W. (2004). *Sistem Instrumentasi dan Sistem Kontrol*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [4] Oktavianto Anto. (2014). *Perancangan Robot Pemadam Api Menggunakan Kontrol PID*. Bengkulu: Universitas Bengkulu.
- [5] Fahmizal, Effendi Rusdhianto AK, dan Iskandar Eka. (2011). *Implementasi Sistem Navigasi Behavior Based dan Kontroler PID pada Manuver Robot Maze*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6] Hadi, M. S. (2008). *Mengenal Mikrokontroler ATmega16*. Malang: Ilmu Komputer.
- [7] Matondang A. W, dkk. (2012). *Humidity (Kelembapan)*. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [8] Cheeke, D. 2007. Sensor Signal Conditioning. *Journal Sensors & Transducers*, 82(8):1381-1388.
- [9] STMicroelectronics. (2000). *Datasheet L298 H Bridge*. U.S.A
- [10] Prayogo Rudito. (2012). *Pengaturan PWM (Pulse Width Modulation) dengan PLC*. Malang: Universitas Brawijaya.
- [11] Heryanto, M. A., & Prasetyanto, W. A. (2008). *Pemrograman bahasa C untuk mikrokontroler ATmega8535*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.