



**INSTRUMEN UKUR
KADAR KEBUTUHAN PUPUK UREA
PADA TANAMAN JAGUNG MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

Oleh:

Akhmad Akbar Yudha Trisna

NIM 091910201011

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2013**



**INSTRUMEN UKUR
KADAR KEBUTUHAN PUPUK UREA
PADA TANAMAN JAGUNG MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC***

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh:

Akhmad Akbar Yudha Trisna

NIM 091910201011

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2013

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT, yang telah memberikan limpahan rahmat dan nikmat yang sangat luar biasa kepada penulis, dan tidak lupa juga sholawat serta salam kepada Nabi besar Muhammad SAW yang telah menunjukkan jalan terang sehingga membawa kita semua menuju peradaban manusia yang lebih baik. Dengan kerendahan hati, penulis mempersembahkan tugas akhir ini untuk :

1. Ibu dan Bapak yang selalu mendoakan dan selalu mendukung baik secara moral, materi serta memberikan tauladan di setiap segi kehidupan. Sebagai tanda bakti, hormat dan rasa terima kasih yang tiada terhingga dan tidak akan pernah lupa penulis selalu mendoakan dan selalu ingin membahagiakan Ibu dan Bapak.
2. Adik-adikku, In dan Anis yang selalu memberikan motivasi dan doa demi kelancaran penyelesaian skripsi ini. Penulis selalu mendoakan agar tambah pintar dan sukses selalu.
3. Dosen pembimbing skripsiku, Bapak Bambang Supeno, S.T., M.T. selaku DPU dan juga Bapak Ir. R. Soedradjad, M.T. selaku DPA yang telah meluangkan waktu dan pikirannya serta perhatiannya guna memberikan bimbingan dan pengarahan demi terselesaikannya skripsi ini.
4. Semua Dosen Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember yang telah membimbing dan memberikan ilmu. Penulis sampaikan banyak terima kasih atas semua ilmu, didikan dan pengalaman yang sangat berarti bagi penulis.
5. Saudara-saudaraku, Om Priyo, Bu Yam, Mas Agus. Terima kasih atas semua dukungan dan bantuannya selama ini. Semoga sukses selalu.
6. Teman - teman Kos, Saptian Ricaksono, Sulistyو Rahardi, Musyaffa' Ali, Risyad Danu, Rahadi Dian Puspito dan Askhabul Masrur yang telah memberikan semangat dan bantuan-bantuannya, penulis doakan agar sukses selalu.

7. Teman-temanku, Ivan Agusta, Besta Tricahya Putra, Wahyu Muldayani, Immawan Wicaksono, Deny cahyaningtyas, Christellia Aprodhita, Deny Prasetya, Gita Purnama Dewi. Terima kasih atas semua bantuan yang telah diberikan selama proses penyelesaian skripsi penulis. Semoga sukses selalu.
8. Teman-teman teknik elektro 2009, terima kasih atas semua dukungan dan bantuannya.
9. Teman-teman kontrakan Nias, Ryo, Gomay, Samid, Doyok.
10. Semua pihak yang telah membantu dalam kelancaran penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

MOTTO

“Dan rendahkanlah dirimu terhadap mereka berdua dengan penuh kesayangan dan ucapkanlah: “Wahai Tuhanku, kasihilah mereka keduanya, sebagaimana mereka berdua telah mendidik aku waktu kecil”.

(QS. Al-Isra'17:24)

“Dan (ingatlah juga), tatkala Tuhanmu memaklumkan; “Sesungguhnya jika kamu bersyukur, pasti Kami akan menambah (ni'mat) kepadamu, dan jika kamu mengingkari (ni'mat-Ku), maka sesungguhnya azab-Ku sangat pedih”.

(QS Ibrahim : 7)

Biarkan keyakinan kamu 5 centimeter menggantung mengambang di depan kening kamu, dan kamu bawa mimpi dan keyakinan kamu itu setiap hari, kamu lihat setiap hari, dan percaya bahwa kamu bisa.

(5 cm)

Hadapilah semua ujian dengan senyuman, ketabahan dan penuh keikhlasan. Yakinlah Allah tidak akan memberikan ujian melebihi kemampuan makhluk-Nya. Terus bersyukur dan berusaha dengan sepenuh hati.

(Akhmad Akbar Yudha Trisna)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Akhmad Akbar Yudha Trisna

NIM : 091910201011

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “*Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode Fuzzy Logic*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, September 2013

Yang menyatakan,

Akhmad Akbar Yudha Trisna

NIM. 091910201011

SKRIPSI

**INSTRUMEN UKUR KADAR KEBUTUHAN PUPUK
UREA PADA TANAMAN JAGUNG MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC***

Oleh

Akhmad Akbar Yudha Trisna

NIM. 091910201011

Pembimbing :

Dosen Pembimbing Utama : Bambang Supeno, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing Anggota : Ir. R. Soedradjad, M.T.

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “Instrumen ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*” telah diuji dan disahkan pada :

Hari, tanggal : Rabu, 25 September 2013

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Menyetujui :

Pembimbing Utama,

Pembimbing Anggota,

Bambang Supeno, S.T., M.T.

NIP. 19690630 199512 1 001

Ir. R. Soedradjad, M.T.

NIP. 19570718 198403 1 001

Penguji 1

Penguji 2

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

Satryo Budi Utomo, S.T.,M.T.

NIP. 19850126 200801 1 002

Mengesahkan,

Dekan,

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19610414 198902 1 001

Instrumen Ukur Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*

Akhmad Akbar Yudha Trisna

Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknik, Universitas Jember

ABSTRAK

Di dalam kehidupan yang semakin modern ini, perkembangan teknologi sangat pesat. Teknologi merupakan suatu hal yang berperan penting dalam membantu di setiap aktivitas manusia pada berbagai bidang. Dalam bidang pertanian juga banyak menggunakan teknologi untuk menunjang aktivitas para petani. Sebagai contoh dalam hal penentuan kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung. Dengan kemajuan teknologi di bidang elektronika yang cukup pesat, bukanlah tidak mungkin dibuat suatu alat untuk menentukan kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung dengan cara yang efektif dan praktis. Agar hasil deteksi kebutuhan pupuk lebih akurat maka perlu digunakan metode *Fuzzy Logic*. Dari dua parameter yang dapat menentukan kebutuhan pupuk urea yaitu warna daun tanaman jagung dan juga pH tanah tanaman jagung, dapat dijadikan sebagai masukan dari proses *Fuzzy Logic*. Sehingga dari proses rule pada fuzzy diperoleh hasil yang dapat menentukan kebutuhan pupuk urea tanaman jagung tersebut. Dengan metode *Fuzzy Logic* kita dapat menentukan kebutuhan pupuk urea tanaman jagung. Tingkat ketelitian alat ini dalam mendeteksi kebutuhan pupuk tanaman jagung memiliki nilai eror persen terbesar 15.24%.

Kata Kunci : *Logika Fuzzy, Photodiode, Sensor pH Tanah, Jagung, Op-Amp*

***MEASURING INSTRUMEN OF UREA FERTILIZER
NEEDS FOR CORN PLANTS USING FUZZY LOGIC
METHOD***

Akhmad Akbar Yudha Trisna

College Student of Department of Electrical Engineering

Faculty of Engineering, University of Jember

ABSTRACT

In modern life, technological development rapidly. Technology is a great thing that plays an important role in assisting in any human activity. In the field of agriculture is also widely use technology to support the activities of the farmers. For example, in determine the need for urea fertilizer requirements on corn plants. With the technology advancement in the field of electronics that rapidly enough, That possible to made a tools to determine fertilizer needs of urea for corn plants that more effective and practical way. To make the results more accurate detection of the fertilizer requirements it is necessary to use methods of Fuzzy Logic. Of the two parameters to determine the needs of urea fertilizer that color the leaves of corn plants and soil pH also corn plants can serve as the input of Fuzzy Logic process so that the process of rule on fuzzy results obtained will be able to determine the needs of fertilizer urea plant corn. With Fuzzy Logic method we can determine the need for urea fertilizer plant corn. This tool accuracy rate in detecting fertilizer needs of corn has the largest percent error values 15.24%.

Key words: *Fuzzy logic, Photodiode, soil pH Sensors, corn, Op-Amp*

RINGKASAN
INSTRUMEN UKUR
KADAR KEBUTUHAN PUPUK UREA
PADA TANAMAN JAGUNG MENGGUNAKAN
METODE *FUZZY LOGIC*

Dalam perkembangan dunia teknologi semakin maju maka diperlukan kesadaran kita untuk berusaha menerapkan teknologi tepat guna yang dapat bermanfaat bagi kehidupan masyarakat. Teknologi yang dapat menunjang kehidupan dari segi perekonomian masyarakat pada umumnya.

Efisiensi pemupukan dibutuhkan untuk meningkatkan produktivitas jagung dengan cara memberikan dosis pupuk sesuai kebutuhan tanaman. Selain itu pH tanah juga perlu diperhatikan, agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Penggunaan bagan warna daun (BWD) adalah salah satu cara untuk menganalisis kebutuhan pupuk. Alat ini cocok untuk mengoptimalkan pemberian unsur N pada tanaman jagung. Cara seperti ini tentu membutuhkan waktu yang relatif lama. Dengan dibuatnya alat ini, proses mendeteksi kondisi pertumbuhan dan kebutuhan pupuk tanaman jagung tersebut akan menjadi relatif lebih singkat.

Metode yang digunakan adalah *fuzzy logic*, dimana *fuzzy logic* ini akan memproses suatu input dari dua parameter. Parameter tersebut adalah warna daun dan pH tanah tanaman jagung. Dari kedua parameter tersebut, akan diproses sehingga didapatkan suatu kondisi apakah tanaman jagung tersebut memerlukan sedikit atau banyak pupuk urea dan seberapa banyak kebutuhannya. Pada alat ini, digunakan Mikrokontroler AVR.

PRAKATA

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan Proposal Skripsi ini tepat pada waktunya. Proposal Skripsi ini disusun guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi syarat-syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Elektro (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dosen Pembimbing. Terima kasih juga penulis ucapkan kepada semua pihak yang telah membantu penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya, penulis mengharap saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan tugas ini.

Akhir kata, penyusun mohon maaf apabila ada kesalahan dan kata-kata yang kurang berkenan di hati pembaca. Semoga tugas ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Jember, September 2013

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
RINGKASAN	x
PRAKATA	xi
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Tujuan dan Manfaat	5
1.4.1 Tujuan	5
1.4.2 Manfaat	5
1.5 Metodologi	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jagung	7
2.2 Led	12
2.3 Sensor Warna	14
2.4 Sensor pH Tanah	15
2.5 Push Button	16
2.6 <i>Operational Amplifier</i>	16

2.7 LCD	18
2.8 ADC	20
2.9 Mikrokontroler AVR	22
2.9.1 Konfigurasi Pin ATmega 16	24
2.9.2 Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega.....	24
2.10 Fuzzy Logic	25
2.10.1 Sistem <i>fuzzy</i>	25
2.10.2 Tahap Pemodelan dalam <i>Fuzzy Logic</i>	26
2.10.3 Struktur Dasar <i>Fuzzy Logic Controller</i>	28
2.10.4 <i>Fuzzification</i>	32
2.10.5 <i>Rule Evaluation</i>	33
2.10.6 <i>Defuzzification</i>	34
BAB 3. METODE PENELITIAN	35
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2 Data <i>Gathering</i> (Studi Literatur)	35
3.3 Pengumpulan Dan Pengujian Data (penarikam sampling)	36
3.4 Perancangan Sistem	36
3.4.1 Desain Alat	38
3.4.2 Perancangan <i>Hardware</i>	40
3.4.3 Sensor pH Tanah	41
3.4.4 Sensor Warna	42
3.4.5 <i>Push Button</i>	46
3.4.6 LCD	46
3.4.7 Perancangan <i>Software</i>	47
3.4.8 <i>Flow Chart</i> Proses	49
3.5 Gambar Rangkaian	51
BAB 4. Hasil dan Pembahasan	52
4.1 Penanaman Jagung Hibrida	58
4.2 Pengujian Sensor	55

4.2.1	Sensor Warna (Photodiode)	58
4.2.2	Sensor pH Tanah	61
4.3	Pengujian <i>Fuzzy Logic</i>	63
4.3.1	Variabel <i>Fuzzy</i>	64
4.3.2	Himpunan <i>Fuzzy</i>	64
4.3.3	Fungsi Keanggotaan	65
4.3.4	<i>Rule Fuzzy</i>	73
4.3.5	Proses Defuzifikasi	77
4.4	Pengujian Seluruh Alat dan Pengambilan Data Tanaman Jagung ..	86
BAB 5.	Penutup	107
5.1	Kesimpulan	107
5.2	Saran	107
DAFTAR PUSTAKA	108
LAMPIRAN	xix

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Tanaman Jagung	7
Gambar 2.2 Grafik Pengaruh pH terhadap Nutrisi Tanaman	10
Gambar 2.3 Lampu Led	13
Gambar 2.4 Photodiode	15
Gambar 2.5 pH meter Tanah	15
Gambar 2.6 <i>Push Button</i>	16
Gambar 2.7 Penguat Pembalik	17
Gambar 2.8 Penguat Tidak Membalik	17
Gambar 2.9 Konfigurasi LCD 16 X 2	18
Gambar 2.10 Adc dengan Kecepatan Sampling Rendah dan Kecepatan Sampling Tinggi	21
Gambar 2.11 Rangkaian Alat Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Tanaman Jagung	23
Gambar 2.12 Pin Atmega 16	24
Gambar 2.13 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler	24
Gambar 2.14 Perbedaan Boolean Logic dengan <i>Fuzzy Logic</i>	25
Gambar 2.15 Blok Diagram Sistem <i>Fuzzy</i> 1	26
Gambar 2.16 Blok diagram Sistem <i>Fuzzy</i> 2.....	26
Gambar 2.17 Himpunan <i>Fuzzy</i> Umur	27
Gambar 2.18 Himpunan <i>Fuzzy</i> Suhu	27
Gambar 2.19 Grafik Fungsi Min	31
Gambar 2.20 Penggunaan Fungsi Dot	32
Gambar 2.21 <i>Fuzzification</i>	33
Gambar 2.22 <i>Rule Evaluation</i>	33
Gambar 2.23 <i>Defuzzification</i>	34
Gambar 3.1 Bagan Perencanaan Alat	37
Gambar 3.2 Desain Alat Tampak Atas	38
Gambar 3.3 Desain Alat Tampak Samping	38

Gambar 3.4 Desain Alat Tampak Bawah	39
Gambar 3.5 Desain Alat Tampak Dalam	39
Gambar 3.6 Bagan Perancangan <i>Hardware</i>	40
Gambar 3.7 Rangkaian Sensor pH Tanah dan <i>Op-Amp</i>	41
Gambar 3.8 Sensor pH Tanah	41
Gambar 3.9 Rangkaian Sensor Warna	42
Gambar 3.10 Sensor Warna	43
Gambar 3.11 Bagan Warna Daun	44
Gambar 3.12 Bagan Kalibrasi Sensor	45
Gambar 3.13 Rangkaian <i>Push Button</i>	46
Gambar 3.14 Rangkaian LCD	47
Gambar 3.15 Tampilan LCD	47
Gambar 3.16 Diagram Blok Perancangan <i>Software</i>	48
Gambar 3.17 <i>Flow Chart Proses</i>	49
Gambar 3.18 Rangkaian Alat	51
Gambar 4.1 Perbandingan Campuran Tanah	52
Gambar 4.2 Penanaman Benih Jagung	53
Gambar 4.3 Penanaman Benih Jagung	55
Gambar 4.4 Penanaman Benih Jagung	56
Gambar 4.5 Cara Mengukur Warna Daun	57
Gambar 4.6 Cara Mengukur Warna Daun Jagung dengan Alat Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Tanaman Jagung Menggunakan Metode <i>Fuzzy Logic</i>	57
Gambar 4.7 Tegangan Photodiode Saat Tanpa Halangan	58
Gambar 4.8 Tegangan Photodiode Saat Terhalangan Daun Tanaman Jagung ..	58
Gambar 4.9 Bagan Warna Daun	60
Gambar 4.10 Tegangan <i>Output</i> Sensor pH Sebelum dan Sesudah Dikuatkan ..	61
Gambar 4.11 Kalibrasi Sensor pH Tanah	63
Gambar 4.12 Diagram <i>Fuzzy Logic</i>	63
Gambar 4.13 Fuzzifikasi Warna Daun	65

Gambar 4.14 Fuzzyfikasi pH Tanah	68
Gambar 4.15 <i>Fuzzy Output</i> Kebutuhan Pupuk Urea Tanaman Jagung	78
Gambar 4.16 Penggolongan Nilai Tengah	79
Gambar 4.17 Himpunan <i>Fuzzy</i> Warna	82
Gambar 4.18 Himpunan <i>Fuzzy</i> pH Tanah	82
Gambar 4.19 Contoh Penggolongan Hasil Nilai Tengah	85
Gambar 4.20 Tanaman Jagung yang akan Diukur	86
Gambar 4.21 Pengukuran dan Pengambilan Data	87

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Konfigurasi LCD 16 x 2	19
Tabel 3.1 Keterangan Waktu Pelaksanaan	35
Tabel 3.2 Takaran Pupuk Urea	44
Tabel 4.1 Dosis Pupuk Tanaman Jagung	53
Tabel 4.2 Dosis Pupuk Tanaman Jagung pada <i>Polybag</i>	54
Tabel 4.3 Dosis Pupuk pada Masing-masing Tanaman Jagung	54
Tabel 4.4 Perbandingan ADC dan Tegangan <i>Output</i> dari Photodiode	60
Tabel 4.5 Data Tegangan <i>Output</i> Sensor pH Tanah	61
Tabel 4.6 <i>Rule Fuzzy</i>	73
Tabel 4.7 Nilai Konstanta pada <i>Rule Fuzzy</i>	77
Tabel 4.8 Nilai Konstanta pada <i>Rule Fuzzy</i>	83
Tabel 4.9 Data Hasil Percobaan Hari Pertama	87
Tabel 4.10 Data Hasil Percobaan Hari Kedua	91
Tabel 4.11 Takaran Pupuk Urea	97
Tabel 4.12 Data Hasil Penelitian Hari Kedua	98
Tabel 4.13 Data hasil Penelitian Hari Kedua	102

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting (selain gandum dan padi) karena merupakan sumber karbohidrat utama di beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara). Pertumbuhan tanaman Jagung yang baik dan hasil yang tinggi membutuhkan pasokan nitrogen (N) yang cukup, apabila pasokan N tidak cukup maka tanaman akan mengalami kekurangan nitrogen. Tanda tanaman jagung yang kekurangan N ditunjukkan oleh pertumbuhan organ dan keseluruhan tanaman yang tidak normal. Gejala kekurangan N yang paling jelas dan biasa terlihat adalah berkurangnya warna hijau dari daun (*chlorosis*), yang secara umum agak terdistribusi merata pada keseluruhan daun. Daun menjadi lebih pucat, menguning, dan pada kondisi yang kekurangan N cukup berat maka daun menjadi mati. Selain itu, tanaman Jagung yang kekurangan N ditandai oleh berkurangnya tinggi tanaman (tanaman kerdil), tongkol jagung tidak berkembang secara sempurna, dan daun penuh dengan serat. Karena itu, pertumbuhan dan hasil tanaman, seperti Jagung, berhubungan erat dengan warna hijau dari daun.

Tanaman jagung, pada fase awal pertumbuhan sampai masak fisiologis membutuhkan nitrogen sekitar 120-180 kg/ha (Halliday and Trenkel, 1992), sedangkan N yang terangkut ke tanaman jagung hingga panen sekitar 129-165 kg N/ha dengan tingkat hasil 9,5 t/ha (Halliday and Trenkel, 1992). Nitrogen yang diserap oleh tanaman tersebut merupakan hara esensial yang berfungsi sebagai bahan penyusun asam-asam amino, protein dan klorofil yang penting dalam proses fotosintesis serta bahan penyusun komponen inti sel (Jones *et.al.*, 1991; Hopkins, 1999). Pupuk P dan K memegang peranan penting dalam peningkatan produksi tanaman selain pupuk N. Saat ini penggunaan pupuk pada tanaman jagung belum rasional dan berimbang. Pupuk yang rasional dan berimbang dapat tercapai apabila takaran pupuk memperhatikan status hara serta kebutuhan tanaman untuk mencapai hasil yang optimal (Balai Penelitian Tanah 2008). Pupuk N memegang peran sangat penting dalam peningkatan produksi jagung. Saat ini penggunaan pupuk pada

tanaman jagung belum rasional dan berimbang. Petani pada umumnya memberikan pupuk, terutama N sangatlah berlebih mencapai 700 kg/ha seperti yang terjadi di Jawa Timur. Padahal harga pupuk semakin mahal dari tahun ke tahun sehingga mengurangi keuntungan petani.

Penggunaan pupuk yang berlebihan, selain akan memperbesar biaya produksi juga akan merusak lingkungan akibat adanya emisi gas N_2O pada proses amonifikasi, nitrifikasi, dan denitrifikasi (Wahid, 2003). Pemberian pupuk N yang berlebihan pada tanaman jagung dapat meningkatkan kerusakan akibat serangan hama dan penyakit terutama pada musim hujan, memperpanjang umur, dan tanaman lebih mudah rebah akibat batang dari daun yang berlebihan dari ukuran normal, sedangkan akar tidak mampu menahan.

Strategi dalam pengelolaan pupuk N yang disesuaikan dengan kebutuhan tanaman, dapat mengurangi kehilangan N akibat penguapan sebelum diserap oleh tanaman jagung. Pupuk N mudah menguap terutama apabila terkena matahari langsung seperti apabila pupuk N dibiarkan atau dalam keadaan terbuka setelah pemupukan. Di wilayah tropis basah seperti di Indonesia lahan untuk budidaya jagung umumnya memiliki kandungan hara N rendah, sehingga tidak cukup untuk menunjang pertumbuhan dan hasil jagung yang optimal karena itu diperlukan tambahan hara N. Pemberian hara N yang tidak seimbang dengan kebutuhan tanaman baik jumlah maupun waktu pemberiannya akan menyebabkan kehilangan N dalam tanah, pertumbuhan tanaman yang tidak optimal, dan pada akhirnya menyebabkan rendahnya efisiensi penggunaan N.

Upaya meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N dapat dilakukan dengan, (1) menanam varietas jagung unggul yang respon terhadap pemberian N, dan (2) memperbaiki teknik budidaya tanaman yang mencakup jarak tanam, teknik pemberian air, takaran pupuk N, waktu pemberian dan sumber N. Untuk mendapatkan varietas tanaman yang efisien N dan toleran masuk hara rendah perlu mempertimbangkan perbaikan respon tanaman terhadap pupuk N (Sutoro, 2007). Untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk N diperlukan metode yang dapat menduga tingkat kecukupan dan kebutuhan hara N. Tingkat kecukupan (*sufficiency*)

atau kekurangan (*deficiency*) hara N pada tanaman jagung antara lain ditetapkan berdasarkan analisis tanah dan jaringan tanaman serta kandungan klorofil daun (Syafuruddin *et.al.*, 2008).

Fungsi Nitrogen bagi tanaman adalah (1) diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian vegetatif tanaman, seperti daun, batang dan akar; (2) berperan penting dalam hal pembentukan hijau daun (*chlorophyll*) yang berguna sekali dalam proses fotosintesis; (3) membentuk protein, lemak dan berbagai persenyawaan organik; (4) meningkatkan mutu tanaman penghasil daun-daunan; dan (5) meningkatkan perkembangbiakan mikro-organisme di dalam tanah. Dengan demikian terdapat hubungan antara kandungan (status) nitrogen di dalam tanaman dengan warna daun. Warna daun yang terlihat hijau karena *chlorophyll* memantulkan cahaya hijau, dan molekul *chlorophyll* tersusun dari unsur C-Mg dan Nitrogen.

Warna daun adalah suatu indikator yang berguna bagi kebutuhan pupuk N tanaman jagung. Daun yang bewarna pucat atau hijau kekuningan menunjukkan bahwa tanaman kekurangan N. Terdapat dua metoda pengukuran warna daun dengan mudah di lapang, yaitu menggunakan peralatan mesin dan menggunakan alat sederhana. Beberapa alat pengukur ini mempunyai kekurangan seperti kerusakan pada tanaman, memerlukan peralatan yang mahal, dan kesulitan dalam pengukuran.

Skala warna, yang tersusun dari suatu seri warna hijau, dari hijau kekuningan sampai hijau tua, sesuai dengan warna-warna daun di lapang, dapat digunakan untuk mengukur warna daun. Apabila nilai warna daun lebih rendah dari batas kritis tertentu, maka tanaman memerlukan pupuk N tambahan. Penggunaan bagan warna daun (BWD) untuk menentukan pemupukan N pada tanaman jagung masih memerlukan penelitian untuk mengetahui titik kritis kecukupan N berdasarkan nilai BWD dan takaran pupuk N yang dibutuhkan jika nilai BWD berada di bawah titik kritis. Dengan cara ini pertumbuhan tanaman jagung dapat dipertahankan pada kecukupan hara N, namun tidak berlebih. Cara ini merupakan alternatif meningkatkan efisiensi pupuk N dengan pemantauan warna daun menggunakan BWD.

Serapan hara, seperti N, oleh tanaman tergantung kepada (1) sifat fisika tanah (tektur, struktur, konsistensi, dan kerapatan pori), (2) sifat kimia tanah (kekahatan

hara, toksisitas hara, pH, kapasitas tukar kation, reduksi-oksidasi, salinitas dan alkalinitas), serta (3) sifat biologi tanah; sedangkan sifat kimia yang penting adalah pH (kemasaman) tanah. Oleh karena itu, terdapat hubungan yang kuat antara pH tanah dan serapan hara, seperti N, yang pada akhirnya akan mempengaruhi hasil tanaman. Dengan berkembangnya ilmu elektronika maka kondisi pH tanah dapat dihubungkan dengan warna daun yang mengindikasikan jumlah unsur hara N yang diserap oleh tanaman.

Penggunaan BWD mempunyai beberapa kelemahan, yaitu tergantung pada cahaya, keakuratan interpretasi warna hijau oleh mata, dan belum memperhitungkan pH tanah. Oleh karena itu, berdasarkan hasil kajian Nurfakhri (Bogor) pada tanaman padi, maka muncul ide untuk membuat alat pendeteksi kebutuhan tambahan pupuk pada tanaman jagung yang mengkorelasikan antara pH tanah dan warna daun. Alat ini dapat digunakan untuk mendeteksi kebutuhan pupuk nitrogen tanaman jagung melalui dua sensor, yaitu sensor pH tanah dan sensor warna. Sensor warna dapat mendeteksi warna daun tanaman jagung dengan mengeluarkan data dalam bentuk tegangan (analog). *Input* data yang berupa data analog kemudian diterjemahkan menjadi data ADC. Sedangkan data pH tanah dideteksi dengan sensor pH tanah. Kedua data tersebut menjadi *input* bagi mikrokontroler dan diolah dengan metode *fuzzy logic*, maka akan diperoleh *output* data prakiraan kebutuhan tambahan pupuk N bagi tanaman jagung. Dengan demikian, penentuan kebutuhan tambahan unsur N pada tanaman jagung dapat dilakukan secara praktis dan lebih akurat daripada menggunakan BWD.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang diambil dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang instrumen ukur kadar kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung ?
2. Bagaimana mengaplikasikan metode *fuzzy logic* pada alat instrumen ukur kadar kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung ?

1.3 Pembatasan Masalah

Agar tidak menyimpang dari pokok pembahasan yang sebenarnya maka dalam tugas akhir ini penulis akan membuat batasan permasalahan. Hal-hal yang dibuat dan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Alat ini hanya berfungsi untuk mengukur kadar kebutuhan pupuk urea tanaman jagung saja.
2. Alat ini hanya menampilkan informasi kebutuhan pupuk urea tanaman jagung saja.
3. Jagung yang diteliti adalah jagung hibrida.
4. Parameter yang menjadi ukuran adalah pH tanah dan warna daun jagung.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari Tugas akhir ini adalah merancang alat instrumen ukur kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung. Sehingga dapat menentukan kebutuhan pupuk urea tanaman jagung melalui warna daun dan pH tanah tanaman jagung serta membantu para petani untuk menghemat penggunaan pupuk.

1.4.2 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dalam pelaksanaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan pemahaman tentang penggunaan *fuzzy logic* untuk menentukan kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung.
2. Meningkatkan kualitas, produktivitas hasil panen dan menghemat penggunaan pupuk pada tanaman jagung di kalangan para petani.

1.5 Metodologi

Dalam penulisan tugas akhir ini digunakan metodologi sebagai berikut:

1. Studi literatur

Pada studi literatur akan dipelajari lebih lanjut hal-hal berikut :

- Pemahaman mengenai *Fuzzy Logic*.
- Mempelajari teori-teori penunjang yang melandasi pemecahan masalah baik untuk perangkat keras maupun perangkat lunak.
- Desain instrumen ukur kadar kebutuhan pupuk urea pada tanaman jagung menggunakan metode *fuzzy logic*
- Pencarian data yang dibutuhkan dalam uji coba alat.

2. Perancangan alat

Perancangan alat terdiri dari desain mekanik alat penentu kebutuhan pupuk urea tanaman jagung, perancangan rangkaian sistem minimum, perancangan rangkaian ADC.

3. Implementasi alat.

Desain mekanik dan *hardware* yang telah dibuat kemudian direalisasikan menjadi sebuah alat penentu kebutuhan pupuk urea tanaman jagung.

4. Pembuatan *software*.

Perancangan *software* terdiri dari *software* untuk aplikasi mikrokontroler. Mikrokontroler menggunakan bahasa C.

5. Pengujian alat.

Pengujian alat ini dilakukan dengan cara mendeteksi pH tanah dan warna daun jagung. Sehingga dapat kami lihat hasil dari deteksi alat tersebut.

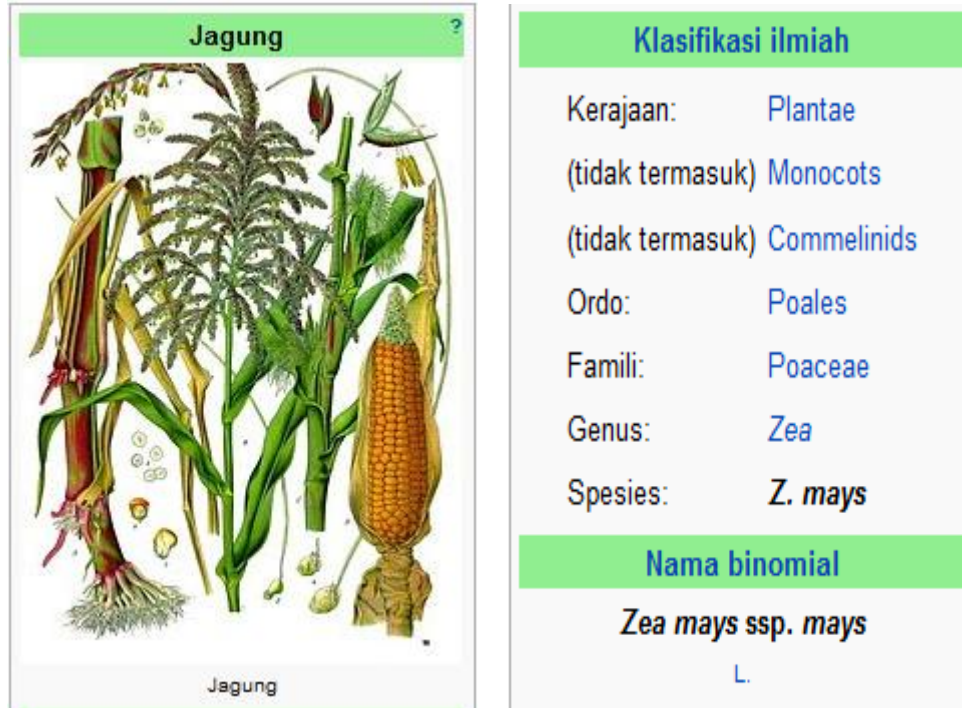
6. Penulisan Buku Tugas Akhir.

Penulisan laporan dilakukan berdasarkan proses pembuatan alat dan evaluasi yang dijalankan. Kesimpulan tersebut merupakan jawaban dari permasalahan yang dianalisis. Selain itu juga akan diberikan saran sebagai masukan berkaitan dengan apa yang telah dilakukan pada tugas akhir ini.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jagung

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan salah satu tanaman pangan dunia yang terpenting, selain gandum dan padi. Sebagai sumber karbohidrat utama di Amerika Tengah dan Selatan, jagung juga menjadi alternatif sumber pangan di Amerika Serikat. Penduduk beberapa daerah di Indonesia (misalnya di Madura dan Nusa Tenggara) juga menggunakan jagung sebagai pangan pokok. Selain sebagai sumber karbohidrat, jagung juga ditanam sebagai pakan ternak (hijauan maupun tongkolnya), diambil minyaknya (dari bulir), dibuat tepung (dari bulir, dikenal dengan istilah tepung jagung atau maizena), dan bahan baku industri (dari tepung bulir dan tepung tongkolnya). Tongkol jagung kaya akan pentosa, yang dipakai sebagai bahan baku pembuatan furfural. Jagung yang telah direkayasa genetika juga sekarang ditanam sebagai penghasil bahan farmasi.



Gambar 2.1 Tanaman Jagung

(Sumber: <http://id.wikipedia.org/wiki/Jagung>)

Tinggi tanaman jagung sangat bervariasi. Meskipun tanaman jagung umumnya berketinggian antara 1m sampai 3m, ada varietas yang dapat mencapai tinggi 6m. Tinggi tanaman biasa diukur dari permukaan tanah hingga ruas teratas sebelum bunga jantan. Meskipun beberapa varietas dapat menghasilkan anakan (seperti padi), pada umumnya jagung tidak memiliki kemampuan ini. Jagung termasuk tanaman bijinya berkeping tunggal monokotil, jagung tergolong berakar serabut yang dapat mencapai kedalaman 8 m meskipun sebagian besar berada pada kisaran 2 m. Pada tanaman yang sudah cukup dewasa muncul akar adventif dari buku-buku batang bagian bawah yang membantu menyangga tegaknya tanaman.

Batang jagung tegak dan mudah terlihat, sebagaimana sorgum dan tebu, namun tidak seperti padi atau gandum. Terdapat mutan yang batangnya tidak tumbuh pesat sehingga tanaman berbentuk roset. Batang beruas-ruas. Ruas terbungkus pelepah daun yang muncul dari buku. Batang jagung cukup kokoh namun tidak banyak mengandung lignin.

Daun jagung adalah daun sempurna. Bentuknya memanjang. Antara pelepah dan helai daun terdapat ligula. Tulang daun sejajar dengan ibu tulang daun. Permukaan daun ada yang licin dan ada yang berambut. Stoma pada daun jagung berbentuk halter, yang khas dimiliki familia Poaceae. Setiap stoma dikelilingi sel-sel epidermis berbentuk kipas. Struktur ini berperan penting dalam respon tanaman menanggapi defisit air pada sel-sel daun

Syarat Pertumbuhan Tanaman Jagung :

a) Iklim

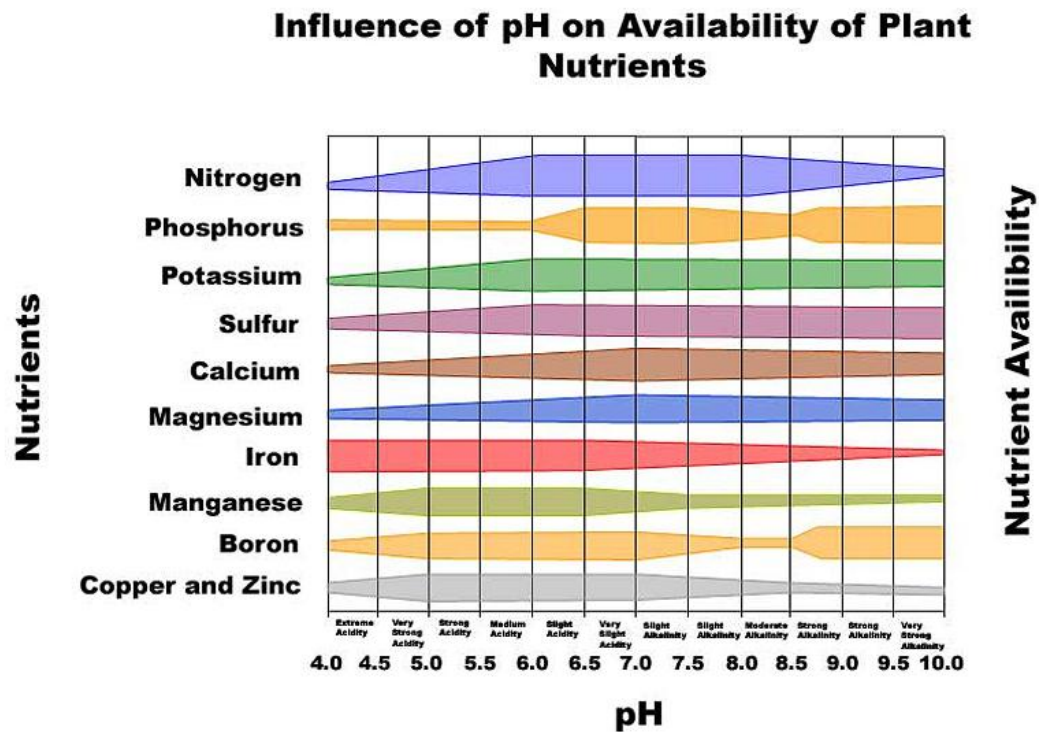
- Iklim yang dikehendaki oleh sebagian besar tanaman jagung adalah daerah beriklim sedang hingga daerah beriklim sub-tropis/tropis yang basah. Jagung dapat tumbuh di daerah yang terletak antara 0-50 derajat LU hingga 0-40 derajat LS.
- Pada lahan yang tidak beririgasi, pertumbuhan tanaman ini memerlukan curah hujan ideal sekitar 85-200 mm/bulan dan harus merata. Pada fase pembungaan dan pengisian biji tanaman jagung

perlu mendapatkan cukup air. Sebaiknya jagung ditanam diawal musim hujan, dan menjelang musim kemarau.

- Pertumbuhan tanaman jagung sangat membutuhkan sinar matahari. Tanaman jagung yang ternaungi, pertumbuhannya akan terhambat/merana, dan memberikan hasil biji yang kurang baik bahkan tidak dapat membentuk buah.
- Suhu yang dikehendaki tanaman jagung antara 21-34⁰ C, akan tetapi bagi pertumbuhan tanaman yang ideal memerlukan suhu optimum antara 23-27⁰ C. Pada proses perkecambahan benih jagung memerlukan suhu yang cocok sekitar 30⁰ C.
- Saat panen jagung yang jatuh pada musim kemarau akan lebih baik dari pada musim hujan, karena berpengaruh terhadap waktu pemasakan biji dan pengeringan hasil.

b) Media Tanam

- Jagung tidak memerlukan persyaratan tanah yang khusus. Agar supaya dapat tumbuh optimal tanah harus gembur, subur dan kaya humus.
- Jenis tanah yang dapat ditanami jagung antara lain: andosol (berasal dari gunung berapi), latosol, grumosol, tanah berpasir. Pada tanah-tanah dengan tekstur berat (grumosol) masih dapat ditanami jagung dengan hasil yang baik dengan pengolahan tanah secara baik. Sedangkan untuk tanah dengan tekstur lempung/liat (latosol) berdebu adalah yang terbaik untuk pertumbuhannya.
- Keasaman tanah erat hubungannya dengan ketersediaan unsur-unsur hara tanaman. Berikut adalah rentang pH untuk semua jenis tanah dan tanaman :



(S.S.S.A.P., 1946. 11:305.)

Gambar 2.2 Grafik Pengaruh pH terhadap Nutrisi Tanaman
(Sumber: tio72.wordpress.com)

Mineral tanah adalah unsur utama yang dibutuhkan oleh semua tanaman untuk tumbuh. Semakin banyak mineral tanah yang tersedia maka tanaman akan semakin baik pertumbuhannya. Grafik diatas menunjukkan kandungan mineral tanah berdasarkan pH tanah untuk semua jenis tanah dan tanaman. Ketersediaan mineral tanah salah satunya tergantung oleh pH tanah tersebut. pH tanah menunjukkan derajat keasaman tanah atau keseimbangan antara konsentrasi H^+ dan OH^- dalam larutan tanah. Apabila konsentrasi H^+ dalam larutan tanah lebih banyak dari OH^- maka suasana larutan tanah menjadi asam, dan jika konsentrasi OH^- lebih banyak dari pada konsentrasi H^+ maka suasana tanah menjadi basa. Tanah yang terlalu asam berpengaruh buruk bagi pertumbuhan tanaman. Kemasaman tanah dapat menyebabkan: penurunan ketersediaan unsur hara bagi tanaman,

meningkatkan dampak unsur beracun dan penurunan hasil tanaman. Tanaman yang ditanam pada tanah yang memiliki pH rendah biasanya juga menunjukkan klorosis (peleburan klorofil sehingga daun berwarna pucat) akibat kekurangan nitrogen atau kekurangan magnesium. Selain itu pH tanah rendah memungkinkan terjadinya hambatan terhadap pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat bagi proses mineralisasi unsur hara seperti N dan P dan mikroorganisme yang berpengaruh pada pertumbuhan tanaman, sehingga sering dijumpai daun-daun tanaman pada tanah asam mengalami chlorosis akibat kekurangan N. Bakteri tanah yang lain seperti azotobakter (*A. Chroococcum*) yang dapat berasosiasi dengan akar tanaman hanya dapat hidup apabila suasana larutan tanah netral hingga basa. Mikroorganisme tanah lain yang bermanfaat bagi tanaman, yang dapat terpengaruh pertumbuhannya bila berada pada suasana asam adalah mikoriza. Mikoriza adalah jamur yang dapat melarutkan fosfor organik menjadi fosfor anorganik yang tersedia bagi tanaman. Sebaliknya bila tanah bersuasana basa ($pH > 7.0$) biasanya tanah tersebut kandungan kalsiumnya tinggi, sehingga terjadi fiksasi terhadap fosfat dan tanaman pada tanah basa seringkali mengalami defisiensi P. Setiap tanaman mempunyai derajat keasaman pH yang berbeda untuk tumbuh dengan baik. Sedangkan keasaman tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman jagung adalah antara 5,6 - 7,5. Dan jagung akan tumbuh ideal pada pH tanah 6,8. Jika $pH < 5,5$ tanaman jagung tidak bisa tumbuh maksimum karena keracunan Al.

- Tanaman jagung membutuhkan tanah dengan aerasi dan ketersediaan air dalam kondisi baik.
- Ketinggian Tempat: Jagung dapat ditanam di Indonesia mulai dari dataran rendah sampai di daerah pegunungan yang memiliki ketinggian antara 1000-1800 m dpl. Daerah dengan ketinggian

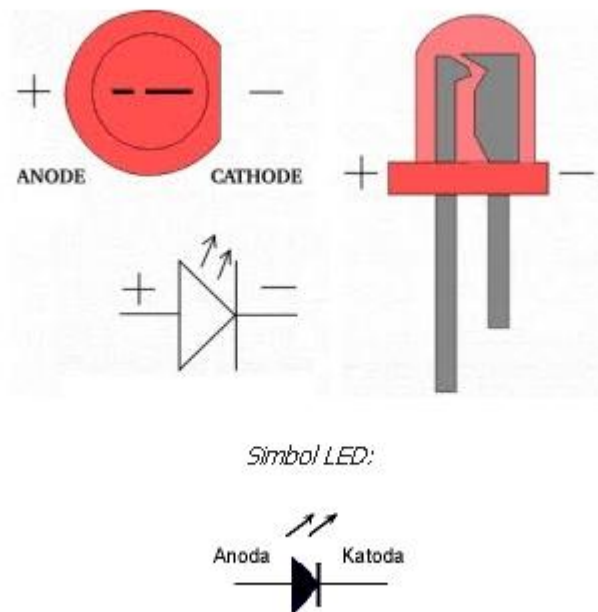
optimum antara 0-600 m dpl merupakan ketinggian yang baik bagi pertumbuhan tanaman jagung.

2.2 LED

LED adalah singkatan dari "*Light Emitting Diode*". Yang berarti LED adalah perangkat semi-konduktor yang menghasilkan cahaya ketika arus listrik melewati celah antara katoda dan anoda didalam sistem perangkat tersebut.

LED saat ini sudah banyak dipakai, seperti untuk penggunaan lampu permainan anak-anak, untuk rambu-rambu lalu lintas, lampu indikator peralatan elektronik hingga ke industri, untuk lampu *emergency*, untuk televisi, komputer, penguas suara (*speaker*), *hard disk* eksternal, proyektor, LCD, dan berbagai perangkat elektronik lainnya sebagai indikator bahwa sistem sedang berada dalam proses kerja, dan biasanya berwarna merah atau kuning. LED ini banyak digunakan karena komsumsi daya yang dibutuhkan tidak terlalu besar dan beragam warna yang ada dapat memperjelas bentuk atau huruf yang akan ditampilkan.

Karena LED adalah salah satu jenis dioda maka LED memiliki 2 kutub yaitu anoda dan katoda. Dalam hal ini LED akan menyala bila ada arus listrik mengalir dari anoda menuju katoda. Pemasangan kutub LED tidak boleh terbalik karena apabila terbalik kutubnya maka LED tersebut tidak akan menyala. Led memiliki karakteristik berbeda-beda menurut warna yang dihasilkan. Semakin tinggi arus yang mengalir pada led maka semakin terang pula cahaya yang dihasilkan, namun perlu diperhatikan bahwa besarnya arus yang diperbolehkan 10mA - 20mA dan pada tegangan 1,6V - 3,5 V menurut karakter warna yang dihasilkan. Apabila arus yang mengalir lebih dari 20mA maka led akan terbakar. Untuk menjaga agar LED tidak terbakar perlu kita gunakan resistor sebagai penghambat arus.



Gambar 2.3 Lampu LED (Light Emitting Diode)
 (Sumber: <http://rasapas.wordpress.com/2011/03/04/8/>)

Pada saat ini warna-warna cahaya LED yang banyak ada adalah warna merah, kuning dan hijau. LED berwarna biru sangat langka. Untuk menghasilkan warna putih yang sempurna, spektrum cahaya dari warna-warna tersebut digabungkan, dengan cara yang paling umum yaitu penggabungan warna merah, hijau, dan biru, yang disebut RGB. Pada dasarnya semua warna bisa dihasilkan, namun akan menjadi sangat mahal dan tidak efisien. Dalam memilih LED selain warna, perlu diperhatikan tegangan kerja, arus maksimum dan disipasi daya-nya. Rumah (*chasing*) LED dan bentuknya juga bermacam-macam, ada yang persegi empat, bulat dan lonjong. Bahan semikonduktor yang sering digunakan dalam pembuatan LED adalah:

1. Ga As (*Galium Arsenide*,) meradiasikan sinar infra merah,
2. Ga As P (*Galium Arsenide Phospide*) meradiasikan warna merah dan kuning,
3. Ga P (*Galium Phospide*) meradiasikan warna merah dan kuning.

Tegangan kerja / jatuh tegangan pada sebuah led menurut warna yang dihasilkan :

1. Infra merah : 1,6 V
2. Merah : 1,8 V – 2,1 V
3. Oranye : 2,2 V
4. Kuning : 2,4 V
5. Hijau : 2,6 V
6. Biru : 3,0 V – 3,5 V
7. Putih : 3,0 – 3,6 V
8. Ultraviolet : 3,5 V

Berdasarkan Hukum Ohm,

$$\mathbf{V=I.R} \quad (2.1)$$

Keterangan : V = tegangan
I = arus listrik
R = resistor

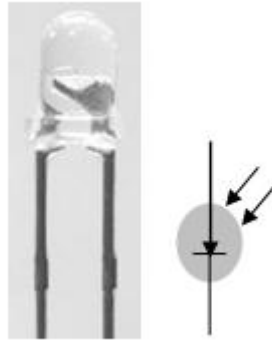
Apabila kita mencari nilai resistor maka : $R = V/I$

$$\mathbf{R=(Vs-Vd) / I} \quad (2.2)$$

Keterangan : Vs = tegangan sumber(*battrey,accu,power suply*).
Vd = jatuh tegangan.

2.3 Sensor Warna

Sensor warna yang digunakan adalah photodiode. Photodiode dibuat dari semikonduktor dengan bahan yang populer yaitu silikon (Si) atau galium arsenida (GaAs), dan yang lain meliputi InSb, InAs, PbSe. Photodiode digunakan sebagai penangkap gelombang cahaya yang dipancarkan oleh Inframerah atau LED. Besarnya tegangan atau arus listrik yang dihasilkan oleh photodiode tergantung besar kecilnya radiasi yang dipancarkan oleh inframerah atau LED.



Gambar 2.4 Photodioda

(Sumber: <http://ikhwanpcr.blogspot.com/2009/12/prinsip-kerja-photodioda.html>)

2.4 Sensor pH Tanah

pH adalah tingkat keasaman atau kebasaa-an suatu benda yang diukur dengan menggunakan skala pH antara 0 hingga 14. Sifat asam mempunyai pH antara 0 hingga 7 dan sifat basa mempunyai nilai pH 7 hingga 14. Sebagai contoh, jus jeruk dan air aki mempunyai pH antara 0 hingga 7, sedangkan air laut dan cairan pemutih mempunyai sifat basa (yang juga disebut sebagai alkaline) dengan nilai pH 7 – 14. Air murni adalah netral atau mempunyai nilai pH 7.



Gambar 2.5 pH meter tanah

(Sumber: www.google.com/images)

2.5 Push Button

Switch Push Button adalah saklar tekan yang berfungsi untuk menghubungkan atau memisahkan bagian – bagian dari suatu instalasi listrik satu sama lain (suatu sistem saklar tekan *push button* terdiri dari saklar tekan *start*, *Stop reset* dan saklar tekan untuk *emergency*. *Push button* memiliki kontak NC (*normally close*) dan NO (*normally open*).



Gambar 2.6 Push Button

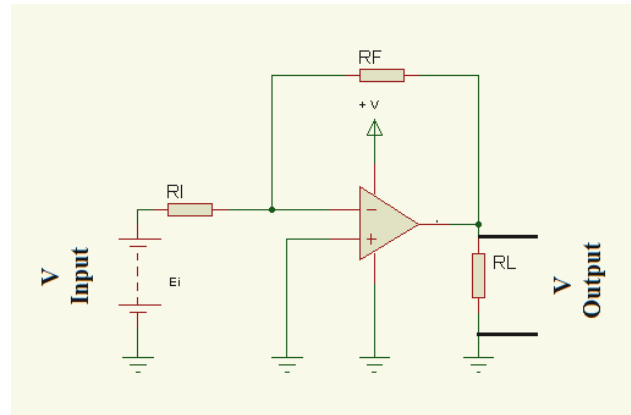
(Sumber: [www.google.com](http://www.google.com/images))

Prinsip kerja *Push Button* adalah apabila dalam keadaan normal tidak ditekan maka kontak tidak berubah, apabila ditekan maka kontak NC akan berfungsi sebagai *stop* (memberhentikan) dan kontak NO akan berfungsi sebagai *start* (menjalankan) biasanya digunakan pada sistem pengontrolan motor – motor induksi untuk menjalankan mematikan motor pada industri – industri.

2.6 Operational Amplifier (Op-Amp)

Op-Amp atau Penguat Operasional adalah suatu rangkaian yang menerima sebuah isyarat di masukannya dan mengeluarkan sebetuk isyarat tak-berubah yang lebih besar di keluarannya. Fungsi dari penguat operasional (*Op-Amp*) adalah untuk memperkuat tegangan yang diterima oleh detektor atau sensor, karena sinyal tegangan *output* dari detektor atau sensor sangat kecil. Penguat Operasional mempunyai banyak kegunaan, contohnya sebagai pengkondisi sinyal, penguat, komparator dan yang lainnya. Berikut adalah beberapa contoh penggunaan penguat operasional :

a. Penguat Pembalik (*inverting*)

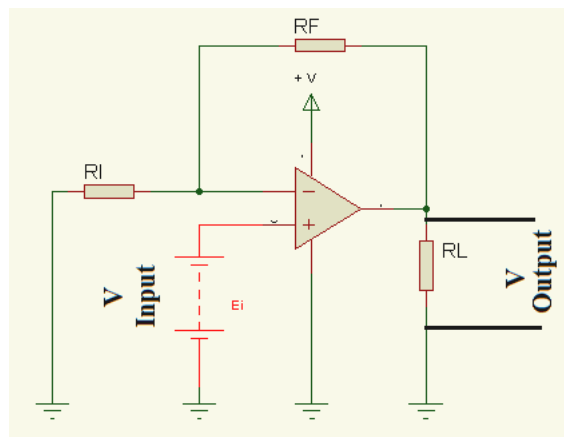


Gambar 2.7 Penguat Pembalik

Penguat pembalik adalah penggunaan *Op-Amp* sebagai penguat sinyal dimana sinyal *output*-nya berbalik fasa 180 derajat dari sinyal *input*. Rumus penguatannya yaitu :

$$— \quad (2.3)$$

b. Penguat Tidak Membalik (*non inverting*)



Gambar 2.8 Penguat Tidak Membalik

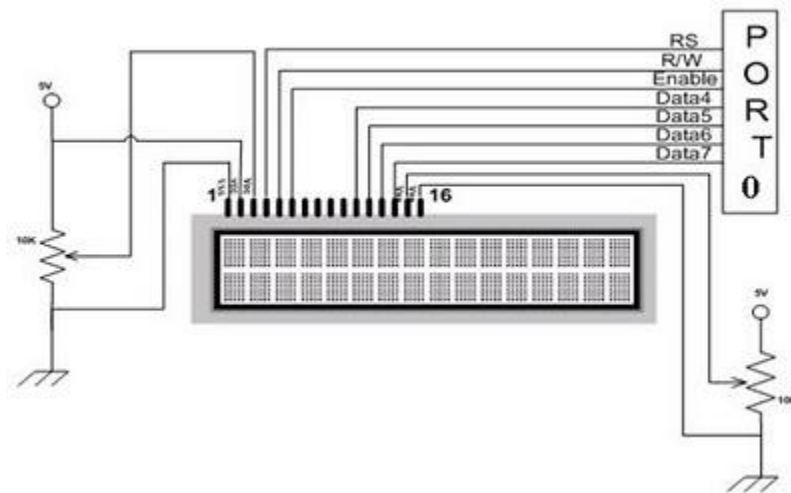
Penguat tidak membalik adalah penggunaan *Op-Amp* sebagai penguat sinyal dimana sinyal *output*-nya sefasa dengan sinyal *input*. Rumus penguatannya yaitu :

$$— \quad (2.4)$$

2.7 LCD

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan suatu alat yang dapat menampilkan karakter ASCII sehingga dapat menampilkan campuran huruf dan angka sekaligus. LCD diproduksi khusus untuk digunakan dengan mikrokontroler, yang berarti LCD tidak dapat diaktifkan atau digunakan dengan standar sirkuit IC. LCD digunakan untuk menampilkan pesan yang berbeda dalam sebuah miniatur.

Sebuah layar LCD terdiri dari 2 baris, tiap baris terdiri 16 karakter. Setiap karakter terdiri dari 5x8 atau 5x11 dot matriks. Berikut ini adalah rangkaian LCD pada alat yang berfungsi untuk menampilkan hasil dari pendeteksi.



Gambar 2.9 Konfigurasi LCD 16X2

(Sumber: www.alldatasheet.com)

Tabel 2.1 Konfigurasi LCD 16x2

Pin dan Fungsi

PIN	Name	Function
1	VSS	Ground voltage
2	VCC	+5V
3	VEE	Contrast voltage
4	RS	Register Select 0 = Instruction Register 1 = Data Register
5	R/W	Read/ Write, to choose write or read mode 0 = write mode 1 = read mode
6	E	Enable 0 = start to lacht data to LCD character 1= disable
7	DB0	LSB
8	DB1	-
9	DB2	-
10	DB3	-
11	DB4	-
12	DB5	-
13	DB6	-
14	DB7	MSB
15	BPL	Back Plane Light
16	GND	Ground voltage

Display karakter pada LCD diatur oleh pin EN, RS dan RW. Jalur EN dinamakan *Enable*. Jalur ini digunakan untuk memberitahu LCD bahwa anda sedang mengirimkan sebuah data. Untuk mengirimkan data ke LCD, maka melalui program EN harus dibuat logika *low* “0” dan set pada dua jalur kontrol yang lain RS dan RW. Ketika dua jalur yang lain telah siap, set EN dengan logika “1” dan tunggu untuk sejumlah waktu tertentu (sesuai dengan *datasheet* dari LCD tersebut) dan berikutnya set EN ke logika i “0” lagi.

Jalur RS adalah jalur *Register Select*. Ketika RS berlogika *low* “0”, data akan dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti *clear screen*, posisi kursor dll). Ketika RS berlogika *high* “1”, data yang dikirim adalah data *text* yang akan ditampilkan pada *display* LCD. Sebagai contoh, untuk menampilkan huruf “T” pada layar LCD maka RS harus diset logika *high* “1”.

Jalur RW adalah jalur kontrol *Read/ Write*. Ketika RW berlogika *low* (0), maka informasi pada bus data akan dituliskan pada layar LCD. Ketika RW berlogika *high* ”1”, maka program akan melakukan pembacaan memori dari LCD. Sedangkan pada aplikasi umum pin RW selalu diberi logika *low* ”0”.

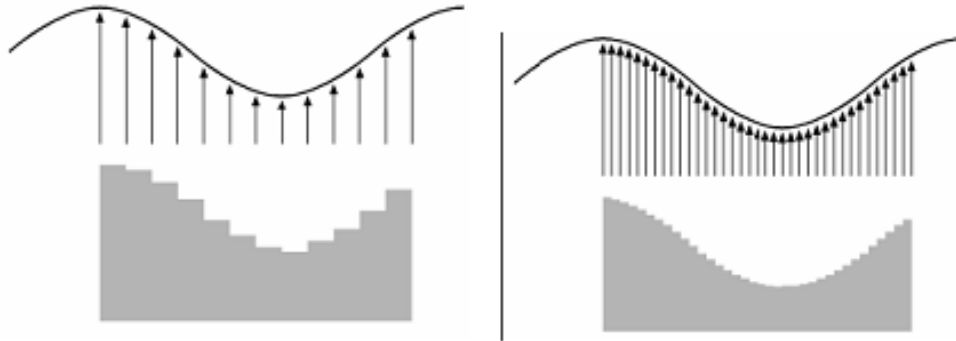
Pada akhirnya, bus data terdiri dari 4 atau 8 jalur (bergantung pada mode operasi yang dipilih oleh *user*). Pada kasus bus data 8 bit, jalur diacukan sebagai DB0 s/d DB7.

2.8 ADC (*Analog to Digital Converter*)

Analog To Digital Converter (ADC) adalah pengubah *input* analog menjadi kode – kode digital. ADC banyak digunakan sebagai Pengatur proses industri, komunikasi digital dan rangkaian pengukuran/ pengujian. Umumnya ADC digunakan sebagai perantara antara sensor yang kebanyakan analog dengan sistim komputer seperti sensor suhu, cahaya, tekanan/ berat, aliran dan sebagainya kemudian diukur dengan menggunakan sistim digital (komputer).

ADC (*Analog to Digital Converter*) memiliki 2 karakter prinsip, yaitu **kecepatan sampling** dan **resolusi**. Kecepatan sampling suatu ADC menyatakan

seberapa sering sinyal analog dikonversikan ke bentuk sinyal digital pada selang waktu tertentu. Kecepatan sampling biasanya dinyatakan dalam *sample per second* (SPS).



Gambar 2.10 ADC dengan kecepatan sampling rendah dan kecepatan sampling tinggi (Sumber: B. Arifianto (2009))

Resolusi ADC menentukan ketelitian nilai hasil konversi ADC. Sebagai contoh: ADC 8 bit akan memiliki *output* 8 bit data digital, ini berarti sinyal *input* dapat dinyatakan dalam 255 ($2^8 - 1$) nilai diskrit. ADC 12 bit memiliki 12 bit *output* data digital, ini berarti sinyal *input* dapat dinyatakan dalam 4096 nilai diskrit. Dari contoh diatas ADC 12 bit akan memberikan ketelitian nilai hasil konversi yang jauh lebih baik daripada ADC 8 bit.

Prinsip kerja ADC adalah mengkonversi sinyal analog ke dalam bentuk besaran yang merupakan rasio perbandingan sinyal *input* dan tegangan referensi. Sebagai contoh, bila tegangan referensi 5 volt, tegangan *input* 3 volt, rasio *input* terhadap referensi adalah 60%. Jadi, jika menggunakan ADC 8 bit dengan skala maksimum 255, akan didapatkan sinyal digital sebesar $60\% \times 255 = 153$ (bentuk desimal) atau 10011001 (bentuk biner).

$$\begin{aligned}
 \text{Signal} &= (\text{sample}/\text{max_value}) * \text{reference_voltage} \\
 &= (153/255) * 5 \\
 &= 3 \text{ Volts}
 \end{aligned}
 \tag{2.5}$$

2.9 Mikrokontroler AVR

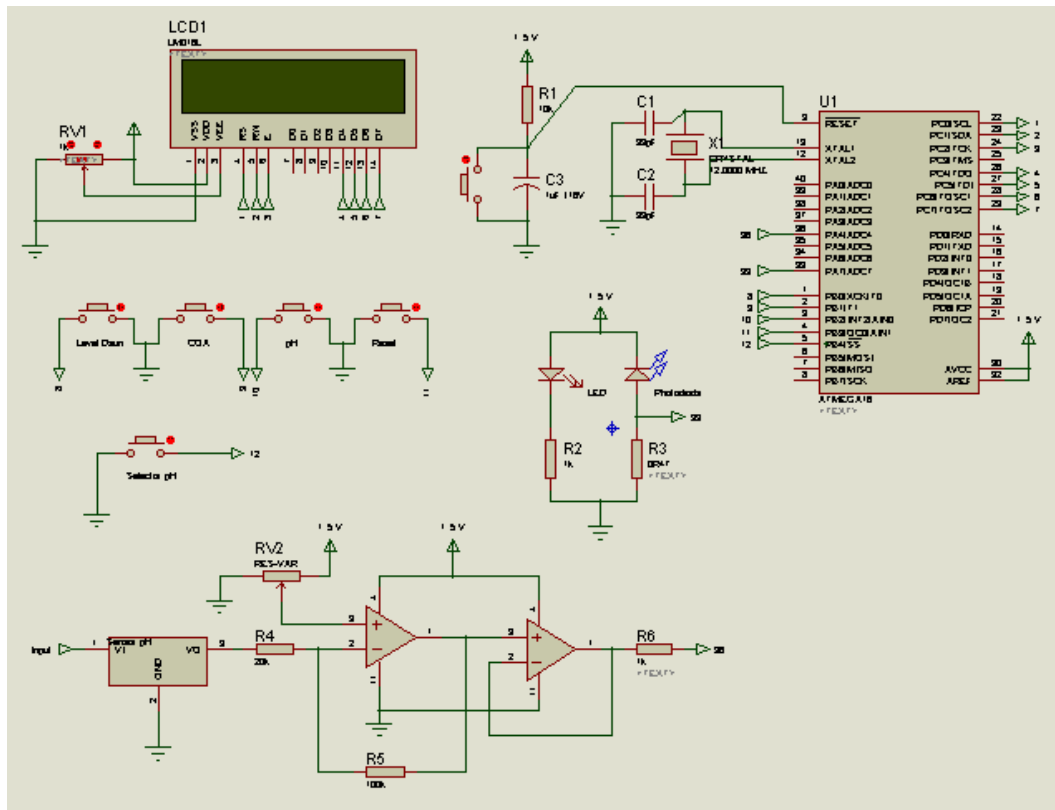
AVR merupakan seri mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Hampir semua instruksi dieksekusi dalam satu siklus *clock*. AVR mempunyai 32 register *general-purpose*, *timer/counter* fleksibel dengan mode *compare*, *interrupt internal* dan *external*, serial UART, *programmable Watchdog Timer*, dan mode *power saving*, ADC dan PWM *internal*. AVR juga mempunyai *In-System Programmable Flash on-chip* yang memungkinkan memori program untuk diprogram ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. Contoh dari mikrokontroler AVR adalah ATmega 8, Atmega 16, Atmega 32 dan Atmega 8535.

Port sebagai *input/output digital*

Mikrokontroler AVR Atmega16/32/8535 mempunyai empat buah port yang bernama PortA, PortB, PortC, dan PortD. Keempat port tersebut merupakan jalur *bi-directional* dengan pilihan *internal pull-up*. Tiap port mempunyai tiga buah register bit, yaitu DD_{xn}, PORT_{xn}, dan PIN_{xn}. Huruf 'x' mewakili nama huruf dari port sedangkan huruf 'n' mewakili nomor bit. Bit DD_{xn} terdapat pada I/O address DDR_x, bit PORT_{xn} terdapat pada I/O address PORT_x, dan bit PIN_{xn} terdapat pada I/O address PIN_x. Bit DD_{xn} dalam register DDR_x (*Data Direction Register*) menentukan arah pin. Bila DD_{xn} diset 1 maka P_x berfungsi sebagai pin *output*. Bila DD_{xn} diset 0 maka P_x berfungsi sebagai pin *input*. Bila PORT_{xn} diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *input*, maka resistor *pull-up* akan diaktifkan. Untuk mematikan resistor *pull-up*, PORT_{xn} harus diset 0 atau pin dikonfigurasi sebagai pin *output*. Pin port adalah *tri-state* setelah kondisi *reset*. Bila PORT_{xn} diset 1 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *output* maka pin port akan berlogika 1. Dan bila PORT_{xn} diset 0 pada saat pin terkonfigurasi sebagai pin *output* maka pin port akan berlogika 0. Saat mengubah kondisi port dari kondisi *tri-state* (DD_{xn}=0, PORT_{xn}=0) ke kondisi *output high* (DD_{xn}=1, PORT_{xn}=1) maka harus ada kondisi peralihan apakah itu kondisi *pull-up enabled* (DD_{xn}=0, PORT_{xn}=1) atau kondisi *output low* (DD_{xn}=1, PORT_{xn}=0).

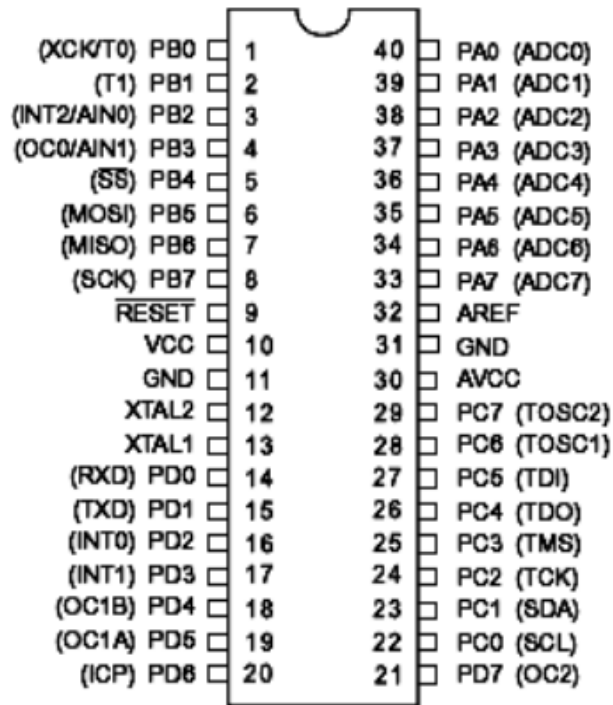
Biasanya, kondisi *pull-up enabled* dapat diterima sepenuhnya, selama lingkungan impedansi tinggi tidak memperhatikan perbedaan antara sebuah *strong high driver* dengan sebuah *pull-up*. Jika ini bukan suatu masalah, maka bit PUD pada register SFIOR dapat diset 1 untuk mematikan semua *pull-up* dalam semua port. Peralihan dari kondisi input dengan *pull-up* ke kondisi *output low* juga menimbulkan masalah yang sama. Kita harus menggunakan kondisi *tri-state* ($DDx_n=0$, $PORTx_n=0$) atau kondisi *output high* ($DDx_n=1$, $PORTx_n=0$) sebagai kondisi transisi.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada gambar rangkaian Mikrokontroler di bawah ini :



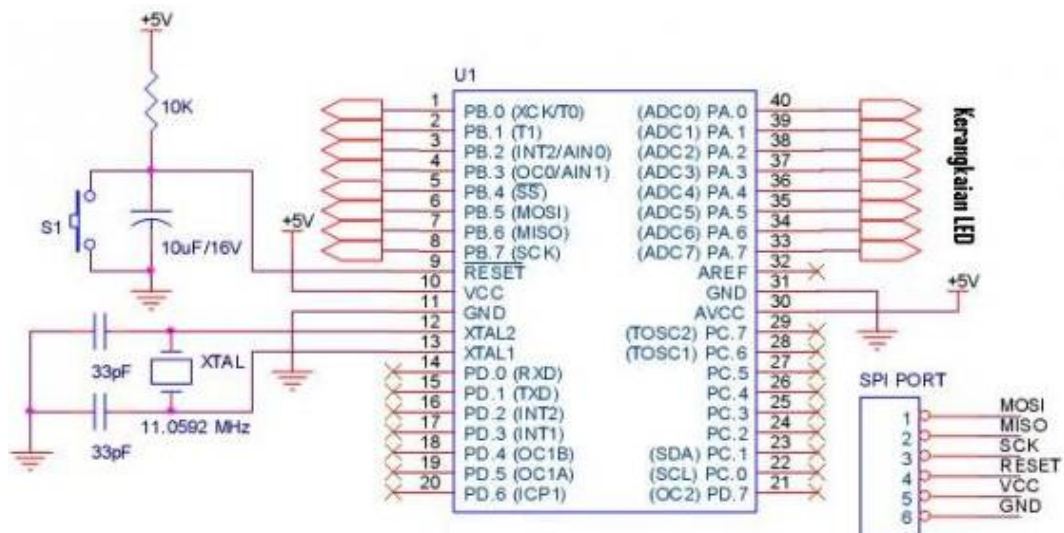
**Gambar 2.11 Rangkaian Alat Instrumen Ukur
Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Tanaman Jagung**

2.9.1 Konfigurasi Pin ATmega 16



Gambar 2.12 Pin Atmega 16
(sumber: M. Ary Heryyanto)

2.9.2 Sistem Minimum Mikrokontroler AVR ATmega



Gambar 2.13 Rangkaian Sistem Minimum Mikrokontroler

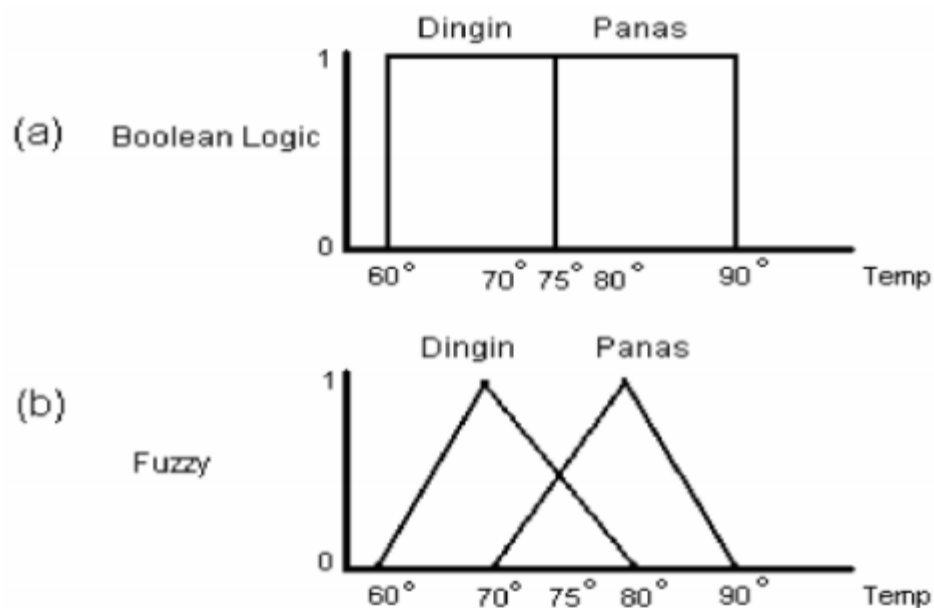
2.10 Fuzzy Logic

2.10.1 Sistem Fuzzy

Logika *Fuzzy* adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Dimana logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah *binary* (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika *fuzzy* menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.

Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Dia berhubungan dengan *set fuzzy* dan teori kemungkinan. Dia diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

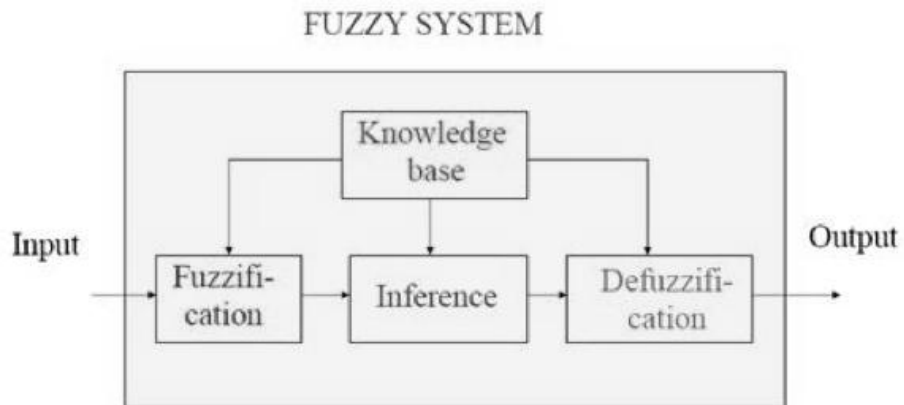
Perbedaan *Fuzzy Logic* dengan *Boolean Logic* terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.14 Perbedaan *Boolean Logic* dengan *Fuzzy Logic*

(Sumber: ElComTech, 2008)

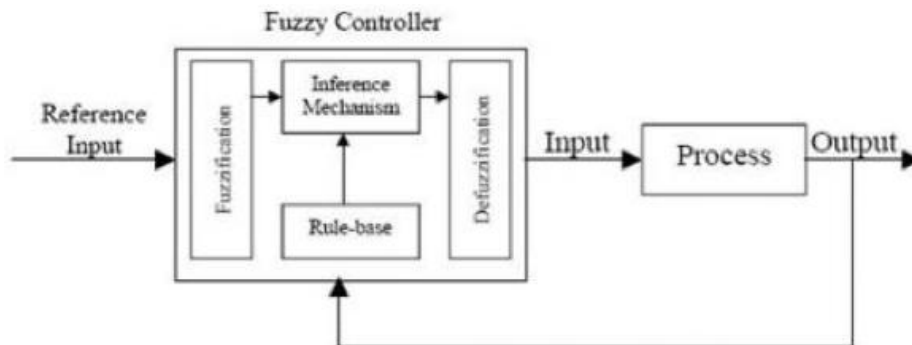
2.10.2 Tahap pemodelan dalam *Fuzzy Logic*



Gambar 2.15 Blok Diagram Sistem *Fuzzy*

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

Dari blok diagram diatas, bila diterapkan dalam pengendalian suatu proses dapat kita gambarkan seperti blok diagram di bawah ini :



Gambar 2.16 Blok Diagram Sistem *Fuzzy*

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

Ada beberapa hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, yaitu:

a. Variabel *fuzzy*

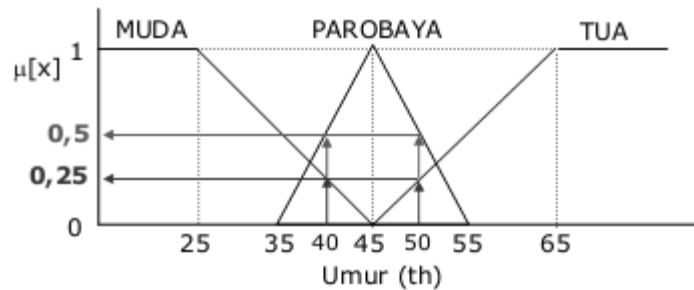
Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang hendak dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Contoh: umur, temperatur, permintaan, dsb.

b. Himpunan *fuzzy*

Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu kondisi atau keadaan tertentu dalam suatu variabel *fuzzy*.

Contoh:

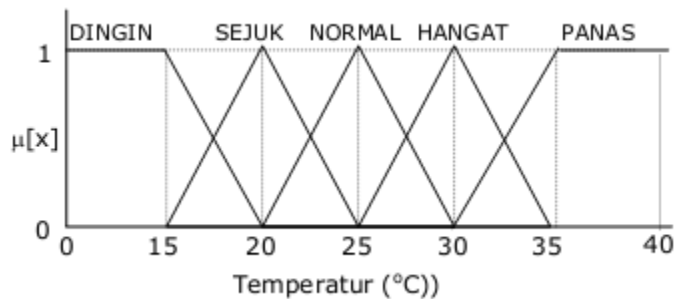
- Variabel umur, terbagi menjadi 3 himpunan *fuzzy*, yaitu : MUDA, PAROBAYA, TUA.



Gambar 2.17 Himpunan *Fuzzy* Umur

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

- Variabel temperatur, terbagi menjadi 5 himpunan *fuzzy*, yaitu : DINGIN, SEJUK, NORMAL, HANGAT, dan PANAS.



Gambar 2.18 Himpunan *Fuzzy* Suhu

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

c. Semesta Pembicaraan

Semesta pembicaraan adalah keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy*. Semesta pembicaraan merupakan himpunan bilangan *real* yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri

ke kanan. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Adakalanya nilai semesta pembicaraan ini tidak dibatasi batas atasnya.

Contoh :

- Semesta pembicaraan untuk variabel umur: $[0 + \infty)$
- Semesta pembicaraan untuk variabel temperatur: $[0 40]$

d. Domain

Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diijinkan dalam semesta pembicaraan dan boleh dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy*. Seperti halnya semesta pembicaraan, domain merupakan himpunan bilangan real yang senantiasa naik (bertambah) secara monoton dari kiri ke kanan. Nilai domain dapat berupa bilangan positif maupun negatif. Contoh domain himpunan fuzzy :

- MUDA = $[0 45]$
- PABOBAYA = $[35 55]$
- TUA = $[45 +\infty)$
- DINGIN = $[0 20]$
- SEJUK = $[15 25]$
- NORMAL = $[20 30]$
- HANGAT = $[25 35]$
- PANAS = $[30 40]$

2.10.3 Struktur Dasar *Fuzzy Logic Controller*

Kontroler logika *fuzzy* dikategorikan dalam kontrol cerdas (*intelligent control*). Unit logika *fuzzy* memiliki kemampuan menyelesaikan masalah perilaku sistem yang kompleks, yang tidak dimiliki oleh kontroler konvensional. Secara umum kontroler logika fuzzy memiliki kemampuan sebagai berikut :

1. Beroperasi tanpa campur tangan manusia secara langsung, tetapi memiliki efektifitas yang sama dengan kontroler manusia.
2. Mampu menangani sistem-sistem yang kompleks, non-linier dan tidak tasioner.

3. Memenuhi spesifikasi operasional dan kriteria kinerja.
4. Strukturnya sederhana, kokoh dan beroperasi real time.

A. Himpunan *Fuzzy*

Pada himpunan tegas (*crisp*), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A , yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki 2 kemungkinan yaitu:

- satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan, atau
- nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

Kalau pada himpunan *crisp*, nilai keanggotaan hanya ada 2 kemungkinan, yaitu 0 atau 1, pada himpunan *fuzzy* nilai keanggotaan terletak pada rentang 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A[x]=0$ berarti x tidak menjadi anggota himpunan A , demikian pula apabila x memiliki nilai keanggotaan *fuzzy* $\mu_A[x]=1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A .

Terkadang kemiripan antara keanggotaan *fuzzy* dengan probabilitas menimbulkan kerancuan. Keduanya memiliki nilai pada interval $[0,1]$, namun interpretasi nilainya sangat berbeda antara kedua kasus tersebut. Keanggotaan *fuzzy* memberikan suatu ukuran terhadap pendapat atau keputusan, sedangkan probabilitas mengindikasikan proporsi terhadap keseringan suatu hasil bernilai benar dalam jangka panjang. Misalnya, jika nilai keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* MUDA adalah 0,9. Maka tidak perlu dipermasalahkan berapa seringnya nilai itu diulang secara individual untuk mengharapkan suatu hasil yang hampir pasti muda. Di lain pihak, nilai probabilitas 0,9 muda berarti 10% dari himpunan tersebut diharapkan tidak muda. Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut yaitu :

- a. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan suatu kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti : MUDA, PAROBAYA, TUA.
- b. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variabel, seperti : 40, 25, 50, dsb.

B. Fungsi Keanggotaan

Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan.

- Representasi Linear
- Representasi Kurva Segitiga
- Representasi Kurva Trapesium
- Representasi Kurva Bentuk Bahu
- Representasi Kurva-S
- Representasi Kurva Bentuk Lonceng (Bell Curve)
- Koordinat Keanggotaan

C. Operator Dasar Operasi Himpunan *Fuzzy*

- *Operator AND*

Diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2.6)$$

- *Operator OR*

Diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan

$$\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (2.7)$$

- *Operator NOT*

Diperoleh dengan mengurangkan nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1

$$\mu_{A'} = 1 - \mu_A[x] \quad (2.8)$$

D. Fungsi Implikasi

Tiap-tiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan *fuzzy* akan berhubungan dengan suatu relasi *fuzzy*. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah:

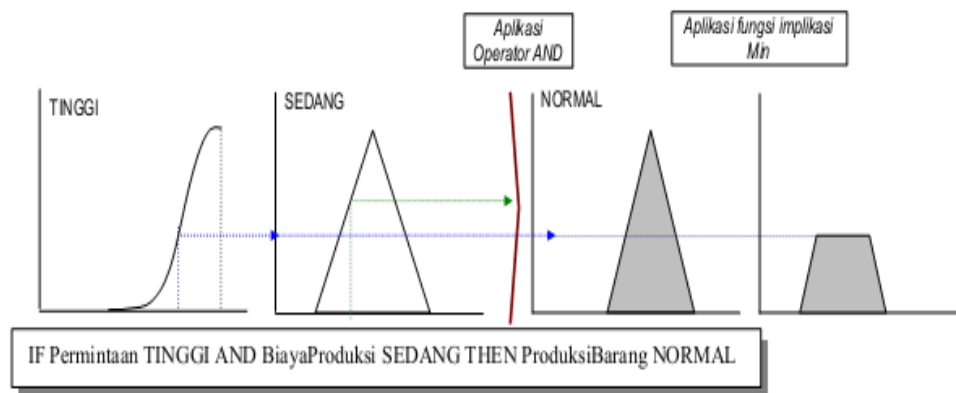
$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B$$

dengan x dan y adalah skalar, dan A dan B adalah himpunan *fuzzy*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut sebagai anteseden, sedangkan proposisi yang mengikuti *THEN* disebut sebagai konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator *fuzzy*, seperti:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \bullet (x_2 \text{ is } A_2) \bullet (x_3 \text{ is } A_3) \bullet \dots \bullet (x_x \text{ is } A_x) \text{ THEN } y \text{ is } B$$

dengan \bullet adalah operator (misal: *OR*, *AND* atau *NOT*).

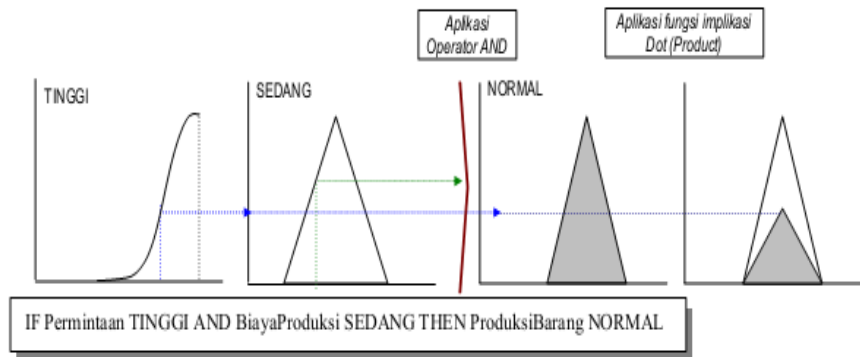
- a. Min (minimum). Fungsi ini akan memotong output himpunan *fuzzy*. Gambar di bawah menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi min.



Gambar 2.19 Grafik Fungsi Min

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

- b. Dot (*product*). Fungsi ini akan menskala *output* himpunan *fuzzy*. Gambar di bawah menunjukkan salah satu contoh penggunaan fungsi dot.



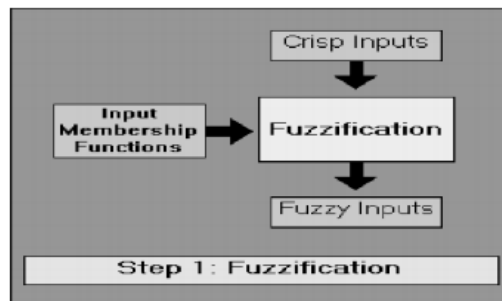
Gambar 2.20 Penggunaan Fungsi Dot
(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

2.10.4 Fuzzification

Fuzzifikasi adalah proses yang dilakukan untuk mengubah variabel nyata menjadi variabel *fuzzy*, ini ditujukan agar masukan kontroler *fuzzy* bisa dipetakan menuju jenis yang sesuai dengan himpunan *fuzzy*. Pemetaan dilakukan dengan bantuan model dari fungsi keanggotaan agar dapat diketahui besar masukan tersebut (derajat keanggotaan). Terdapat beberapa jenis penggambaran fungsi keanggotaan, antara lain :

1. Gaussian
2. Segitiga
3. Trapesium
4. Bahu

Komponen lainnya yang memiliki peranan penting adalah Label. Label didefinisikan dari fungsi keanggotaan, fungsi keanggotaan apabila dikumpulkan akan menghasilkan *fuzzy set*. Dalam logika *fuzzy* terdapat basis pengetahuan, dimana terdiri dari fakta (*data base*), dan kaidah atur (*rule base*).



Gambar 2.21 Fuzzification

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

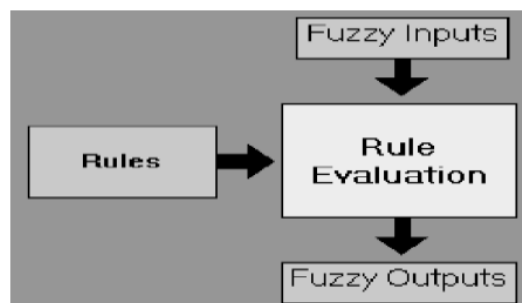
2.10.5 Rule Evaluation

Prosedur fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah variabel *non fuzzy* (variabel numerik) menjadi variabel *fuzzy* (variabel linguistik). Nilai error dan delta error yang dikuantisasi sebelumnya diolah oleh kontroler logika *fuzzy*, kemudian diubah terlebih dahulu ke dalam variabel *fuzzy*. Melalui *membership function* (fungsi keanggotaan) yang telah disusun, maka dari nilai *error* dan delta *error* kuantisasi akan didapatkan derajat keanggotaan bagi masing-masing nilai *error* dan delta *error*.

Pada umumnya aturan-aturan *fuzzy* dinyatakan dalam bentuk “*IF antecedent THEN consequent*” yang merupakan inti dari relasi *fuzzy*. Terdapat dua model aturan *fuzzy* yang digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi, yaitu:

1. Model Mamdani
2. Model Sugeno

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat dari gambar di bawah ini,

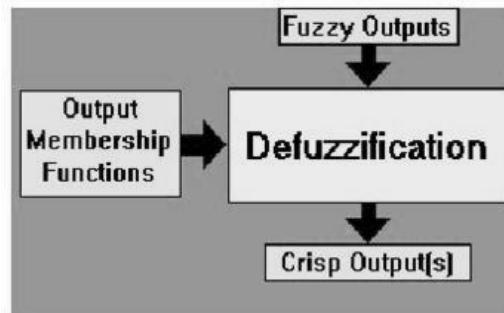


Gambar 2.22 Rule Evaluation

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

2.10.6 Defuzzification

Defuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai proses perubahan besaran *fuzzy* yang disajikan dalam bentuk himpunan-himpunan *fuzzy* keluaran dengan fungsi keanggotaannya untuk mendapatkan kembali bentuk tegasnya (*crisp*). Hal ini diperlukan sebab dalam aplikasi nyata yang dibutuhkan adalah nilai tegas (*crisp*). Prosesnya adalah ketika suatu nilai *fuzzy output* yang berasal dari *rule evaluation* diambil kemudian dimasukkan ke dalam suatu *membership function output*. Bentuk bangun yang digunakan dalam *membership function output* adalah bentuk singleton yaitu garis lurus vertikal ke atas, seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah. Besar nilai *fuzzy output* dinyatakan sebagai *degree of membership function output*. Nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam suatu rumus yang dinamakan COG (*Center Of Gravity*) untuk mendapatkan hasil akhir yang disebut *crisp output*. *Crisp output* adalah suatu nilai analog yang akan kita butuhkan untuk mengolah data pada sistem yang telah dirancang.



Gambar 2.23 Defuzzification

(Sumber: Sri Kusumadewi, 2002)

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan dilakukan pada bulan maret sampai dengan bulan Juni 2013 yang dilakukan di Laboratorium Dasar Elektronika dan juga Laboratorium Kendali Jurusan Teknik Elektro Universitas Jember. Penelitian ini bukan hanya dilakukan didalam kampus, dapat juga penelitian ini dilakukan diluar area kampus. Misalnya di lokasi pertanian tanaman jagung atau di rumah.

Tabel 3.1 Keterangan Waktu Pelaksanaan

No	Kegiatan	Bulan				
		Februari	Maret	April	Mei	Juni
1	Studi literature					
2	Pembelian bahan					
3	Pengerjaan alat					
4	Perancangan alat					
5	Pengujian alat					
6	Uji coba dan analisis					
7	Pembahasan					
8	Laporan					

3.2 Data Gathering (Studi Literatur)

Metode pertama yang dijalankan dalam proses pembuatan alat penentu kebutuhan pupuk urea tanaman jagung ini adalah pengumpulan data. Data yang dimaksudkan adalah mengenai warna daun jagung berdasarkan bagan warna jagung, pH tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman jagung dan data teknis dari sensor-sensor yang dibutuhkan.

Hal ini terutama mencari data dari alat yang relevan dengan mikrokontroler yang dapat dijadikan sebagai acuan.

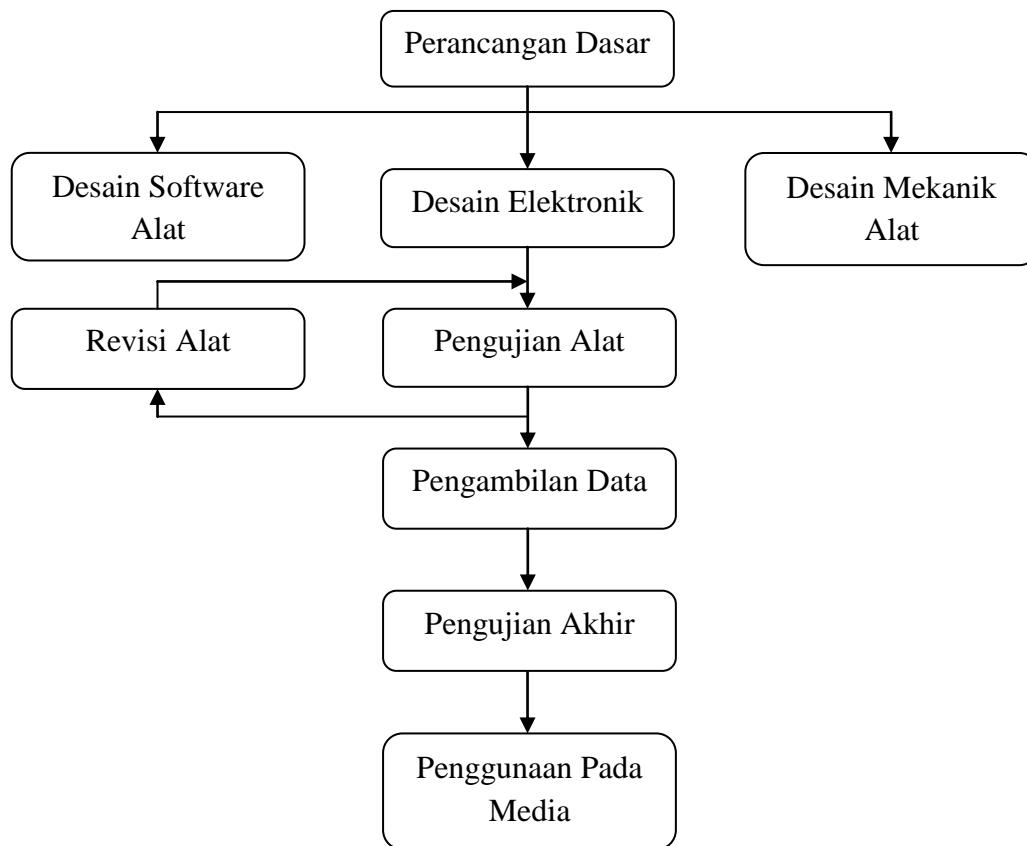
3.3 Pengumpulan dan Pengujian Data (penarikan sampling)

Pengambilan data yang dimaksudkan disini adalah dengan melakukan pengujian terhadap warna daun dan pH tanah pada beberapa tanaman jagung.

Variabel yang kami lakukan pengukuran meliputi dua hal, yaitu warna daun dan pH tanah. Pengukuran pH tanah dapat dilakukan dengan menggunakan sensor pH. Sedangkan pengukuran warna daun dapat dilakukan dengan menggunakan sensor photodiode.

3.4 Perancangan Sistem

Dari semua hasil pencarian data tersebut dapat dibuat sebuah rancangan sistem. Perancangan sistem dari alat ini dibuat secara bertahap. Langkah pertama dimulai dari desain mekanik alat, kemudian dilanjutkan dengan desain rangkaian elektronik atau mudahnya rangkaian *hardware*, dan tahap akhir adalah desain *software* alat atau memakai *software* yang dapat membantu dalam pembuatan alat ini. Secara garis besar langkah-langkah dalam perencanaan alat ditunjukkan pada gambar berikut ini,

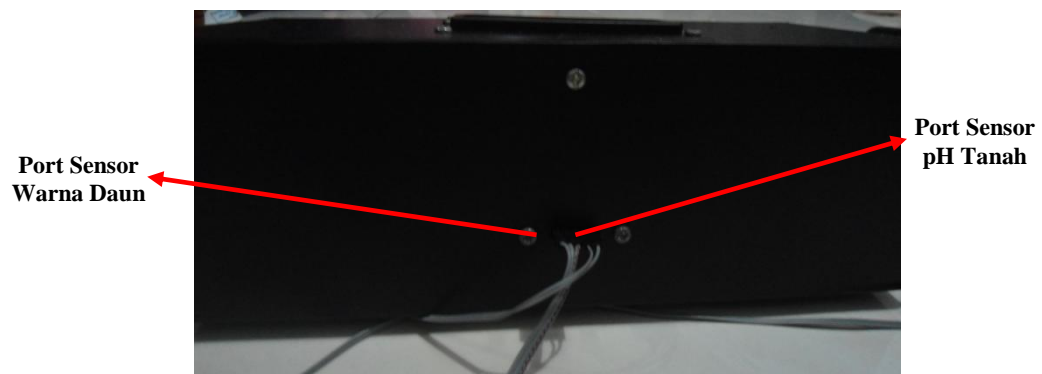


Gambar 3.1 Bagan Perencanaan Alat

3.4.1 Desain Alat



Gambar 3.2 Desain Alat Tampak Atas



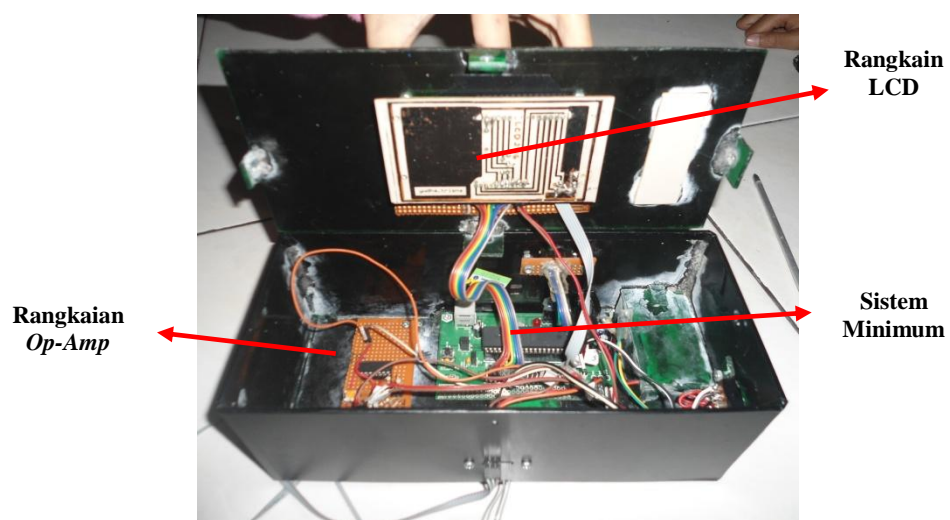
**Port
AVR USB**



Gambar 3.3 Desain Alat Tampak Samping



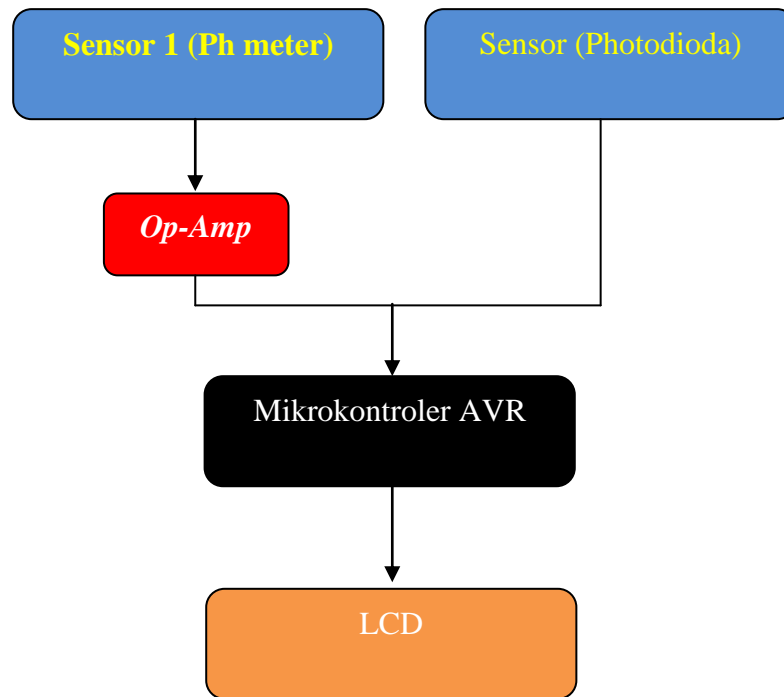
Gambar 3.4 Desain Alat Tampak Bawah



Gambar 3.5 Desain Alat Tampak Dalam

3.4.2 Perancangan *Hardware*

Setelah mempelajari berbagai referensi yang didapatkan, langkah selanjutnya adalah merancang *hardware* secara keseluruhan. Dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



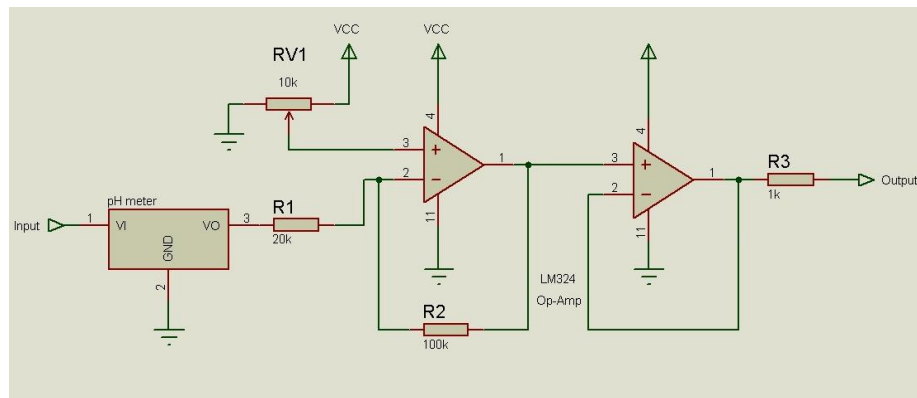
Gambar 3.6 Bagan Perancangan *Hardware*

Dari gambar perancangan *hardware* tersebut, dapat dijelaskan bahwa dalam alat penentu kebutuhan pupuk urea tanaman jagung ini memiliki dua sensor, yaitu sensor photodiode dan juga sensor pH. Photodiode ini digunakan untuk mendeteksi warna daun jagung. Cara kerjanya yaitu dengan mendeteksi gelap terang daun. Data ADC dari photodiode dimasukkan ke mikrokontroler dan data ADC tersebut dicocokkan dengan bagan warna daun. Sedangkan sensor pH tanah digunakan untuk mendeteksi pH tanah pada tanaman jagung. Dari kedua sensor tersebut menghasilkan *output* yang akan menjadi *input* bagi mikrokontroler. Di dalam mikrokontroler ini data *input* akan diproses sehingga didapatkan *output* yang ditampilkan melalui LCD. LCD digunakan

untuk menampilkan *output* dari mikrokontroler yang merupakan hasil akhir dari proses.

3.4.3 Sensor pH Tanah

Pada alat ini digunakan sensor pH yang biasa digunakan dalam pengukuran pH tanah. Cara kerja alat ini yaitu, ketika probe pH meter dimasukkan kedalam tanah maka akan menimbulkan beda potensial. Beda potensial yang dihasilkan ini akan dikuatkan 5x melalui rangkaian *op-amp*.



Gambar 3.7 Rangkaian Sensor pH Tanah dan *Op-Amp*



Gambar 3.8 Sensor pH Tanah

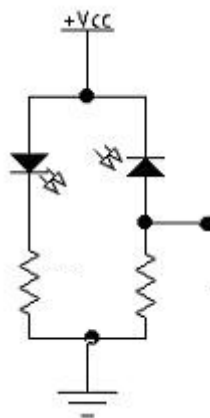
Kemudian tegangan hasil penguatan dikonversi oleh rangkaian pengkondisi sinyal, data analog akan diubah menjadi data digital oleh ADC. Setelah menjadi data

digital maka diproses dalam mikrokontroler yang kemudian hasilnya akan berupa nilai pH tanah yang ditampilkan pada LCD .

3.4.4 Sensor Warna

Data *input* yang kedua didapat dari sensor warna yaitu photodiode. Warna daun dapat dideteksi menggunakan sensor photodiode. Sensor ini akan mendeteksi cahaya. Photodiode akan mengubah cahaya menjadi arus listrik. Cahaya yang dapat dideteksi oleh photodiode ini mulai dari cahaya inframerah, cahaya tampak, ultra ungu sampai dengan sinar-X. Prinsip kerjanya adalah besar tegangan yang dihasilkan oleh photodiode tergantung dari intensitas cahaya yang diterima.

Pada alat ini, sumber cahaya yang digunakan adalah LED. Sensor photodiode dan LED diletakkan diatas daun, tepatnya di bagian ujung daun (1/3 dari ujung daun). Sehingga cahaya LED akan dipantulkan ke sensor photodiode. Besar tegangan yang dihasilkan photodiode berbanding terbalik dengan besar intensitas cahaya yang diterima photodiode. Dan semakin cerah warna daun maka intensitas cahaya yang dipantulkan akan semakin banyak dan semakin gelap warna daun maka intensitas cahaya yang dipantulkan akan semakin sedikit. Sehingga ketika semakin cerah warna daun maka akan semakin kecil tegangan yang dihasilkan. Sebaliknya, semakin gelap warna daun maka tegangan yang dihasilkan akan semakin besar.



Gambar 3.9 Rangkaian Sensor Warna



Gambar 3.10 Sensor Warna

Alat ini diaplikasikan pada tanaman jagung ketika sudah berumur 40 hari. Daun yang diamati adalah daun yang terbuka sempurna (daun ke 3 dari atas). Kebutuhan pupuk N (pupuk urea) tanaman jagung dapat dilihat menggunakan bagan warna daun.

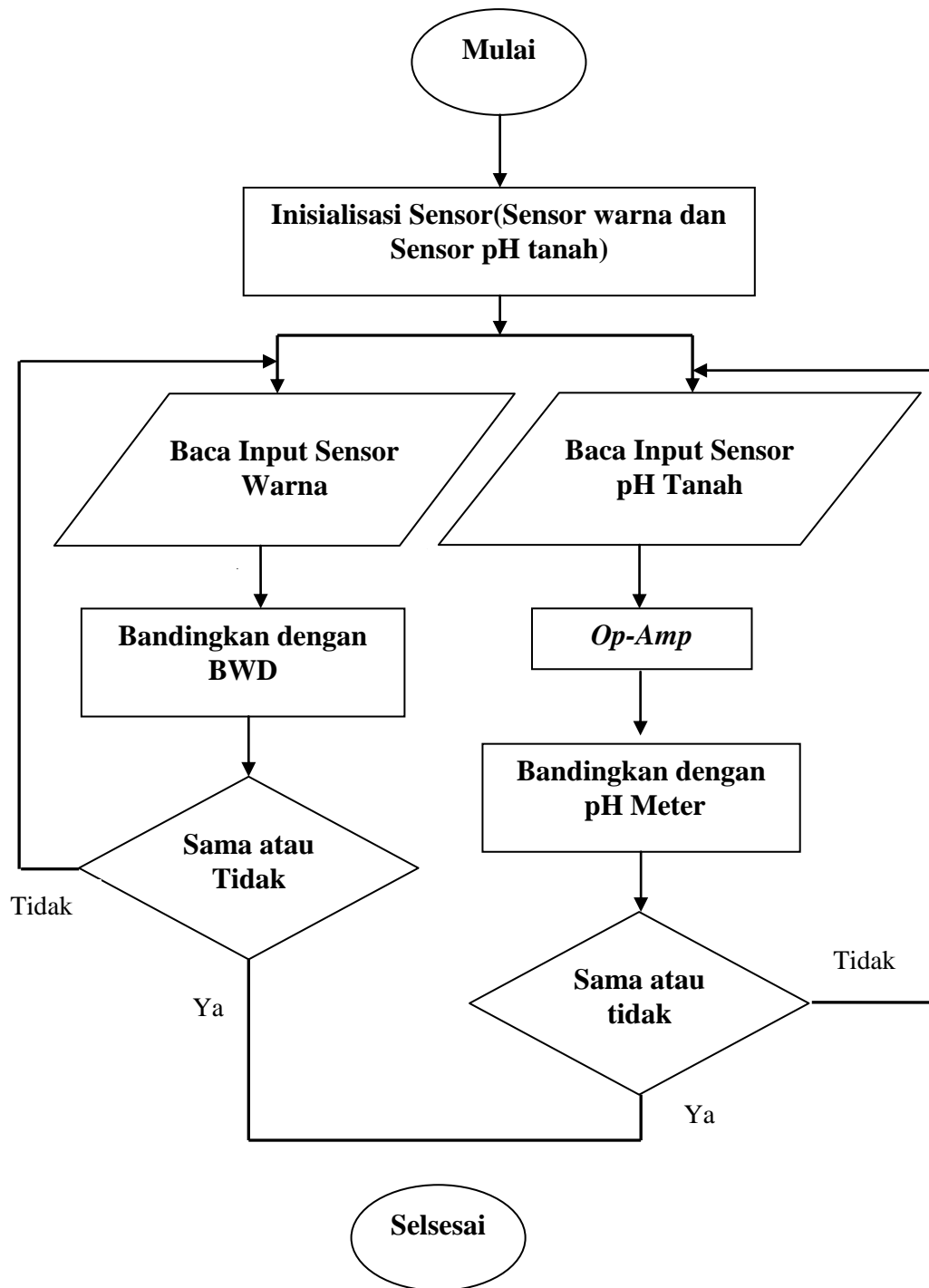


Gambar 3.11 Bagan Warna Daun

Tabel 3.2 Takaran Pupuk Urea
(Sumber : Syafruddin et al, 2007)

Skor BWD	Takaran N (kg/ha)	
	Hibrida	Bersari bebas
3,5	99	85
3,6	95	80
3,7	89	74
3,8	84	69
3,9	77	63
4,0	71	56
4,1	64	49
4,2	56	41
4,3	46	28
4,4	34	8
4,5	14	-
4,6	-	-

Sehingga untuk mengetahui warna daun tanaman jagung kita terlebih dahulu melakukan *setting point* antara data ADC yang dihasilkan oleh sensor photodiode dengan bagan warna daun. Hal ini dilakukan agar sensor dapat mendeteksi warna daun secara akurat. Berikut adalah bagan kalibrasi kedua sensor :

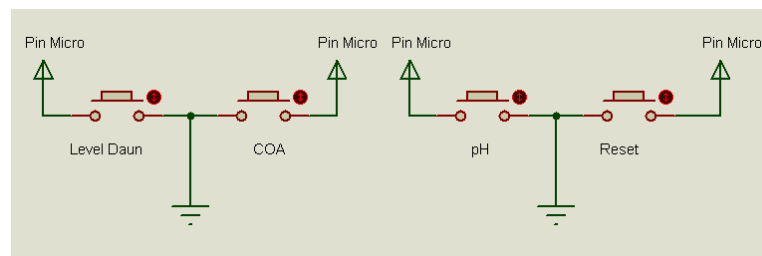


Gambar 3.12 Bagan Kalibrasi Sensor

3.4.5 Push Button

Pada alat ini menggunakan 4 *push button*. *Push button* yang pertama digunakan untuk menampilkan level daun dan takaran pupuk urea tanaman jagung yang diukur. Jadi ketika *push button* 1 ditekan maka pada LCD akan tampil level daun dan takaran pupuk urea yang dibutuhkan. *Push button* yang kedua digunakan untuk menampilkan *Center of Area* (COA) dan ADC kedua sensor. Jadi ketika *push button* 2 ditekan, LCD akan menampilkan COA dan ADC dari kedua sensor.

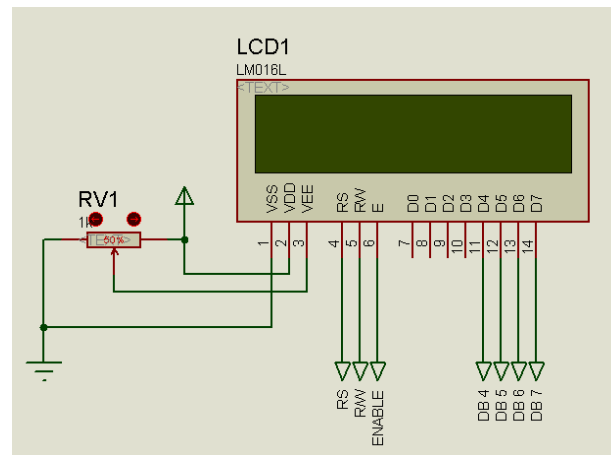
Push button yang ketiga digunakan untuk menampilkan pH tanah yang diukur. Jadi ketika *push button* 3 di tekan, LCD akan menampilkan pH tanah yang di ukur. Dan yang terakhir *push button* yang keempat, digunakan untuk *reset*. Ketika *push button* ini ditekan maka program akan di *reset* .



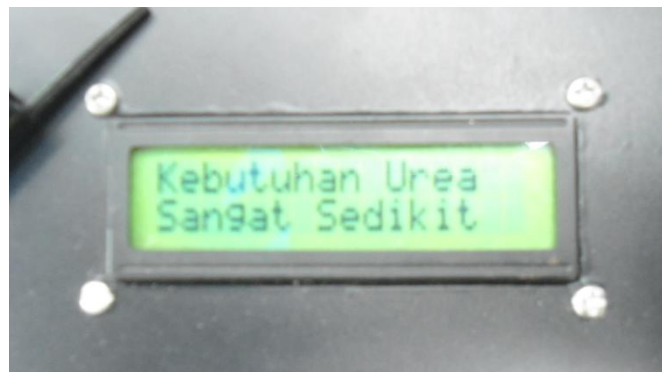
Gambar 3.13 Rangkaian Push Button

3.4.6 LCD

Ketika kedua sensor dipasang maka data yang didapat dari kedua sensor akan diproses. Dari proses tersebut akan didapatkan *output* berupa *text* yang nantinya akan ditampilkan dalam layar LCD. Misalkan pada LCD akan dituliskan “Sangat Banyak” ketika kondisi tanaman jagung yang dideteksi dalam keadaan kekurangan banyak pupuk urea dan “Sangat Sedikit” ketika kondisi tanaman jagung yang dideteksi dalam keadaan cukup kandungan pupuk ureanya.



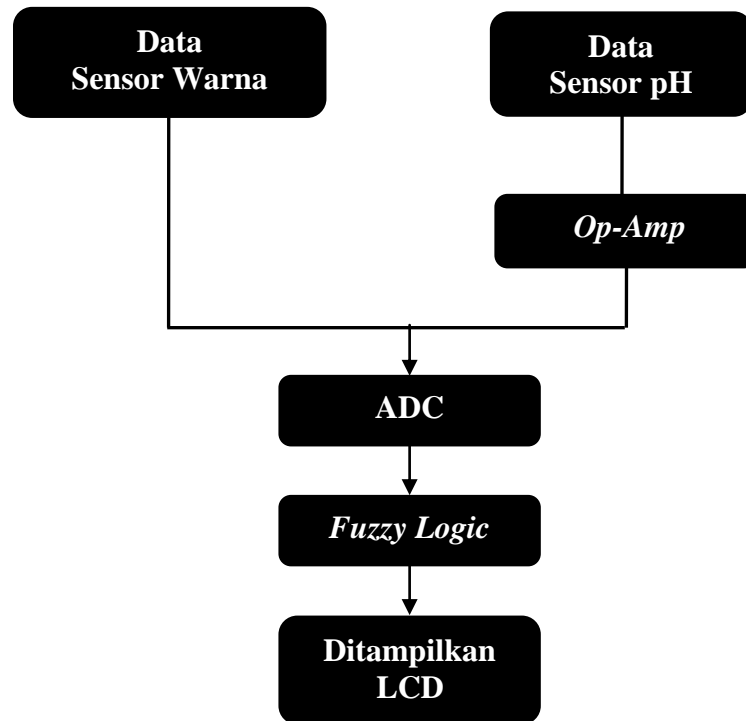
Gambar 3.14 Rangkaian LCD



Gambar 3.15 Tampilan LCD

3.4.7 Perancangan Software

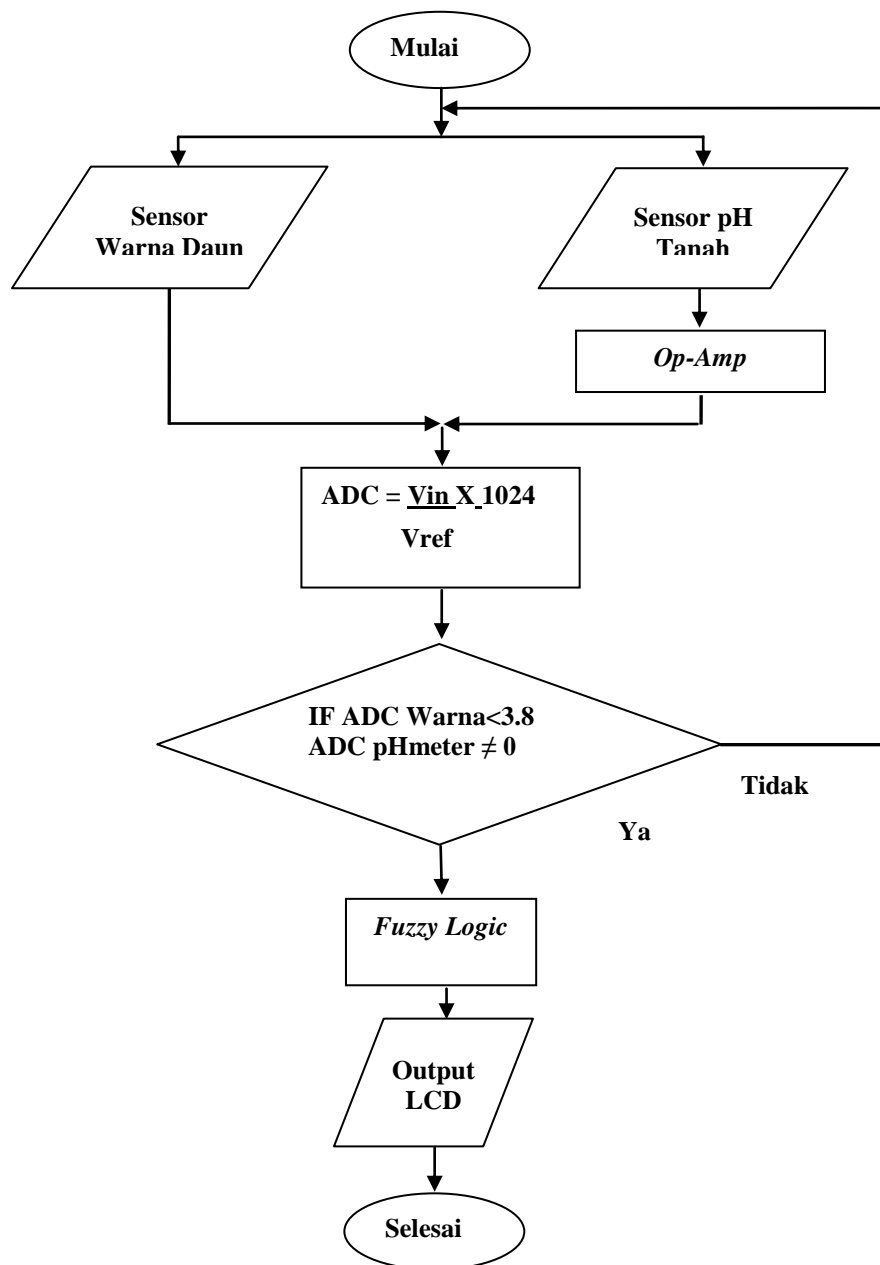
Perancangan *Software* atau perangkat lunak merupakan perancangan algoritma program untuk merealisasikan sistem penentu kebutuhan pupuk urea tanaman jagung. Perancangan perangkat lunak pada sistem penentu kebutuhan pupuk urea tanaman jagung meliputi perancangan ADC. Dari *input* data yang diperoleh kedua sensor akan dirubah oleh ADC dalam bentuk data digital sehingga data dapat diproses dan didapatkan *output* yang diinginkan. Untuk lebih mudahnya dapat dilihat pada gambar diagram blok perancangan *software* berikut ini :



Gambar 3.16 Diagram Blok Perancangan *Software*

Dari gambar diagram blok tersebut, dapat dijelaskan bahwa keluaran tegangan analog dari kedua sensor akan diubah menjadi data digital menggunakan ADC yang ada di dalam mikrokontroler. Setelah kedua data berupa data digital, dilakukan proses *fuzzy logic* untuk mendapatkan *output* berupa kadar pupuk yang dibutuhkan. Data *output* kemudian ditampilkan melalui LCD.

3.4.8 Flow Chart Proses



Gambar 3.17 *Flow Chart* Proses

Alur dari proses pendeteksian dapat dilihat pada *flow chart* di atas. Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa *input* dari kedua sensor akan di proses di dalam ADC.

Dari data analog yang dihasilkan oleh kedua sensor akan di *convert* menjadi data digital menggunakan ADC yang ada pada mikrokontroler. Data ADC tersebut akan diproses dengan rumusan sebagai berikut :

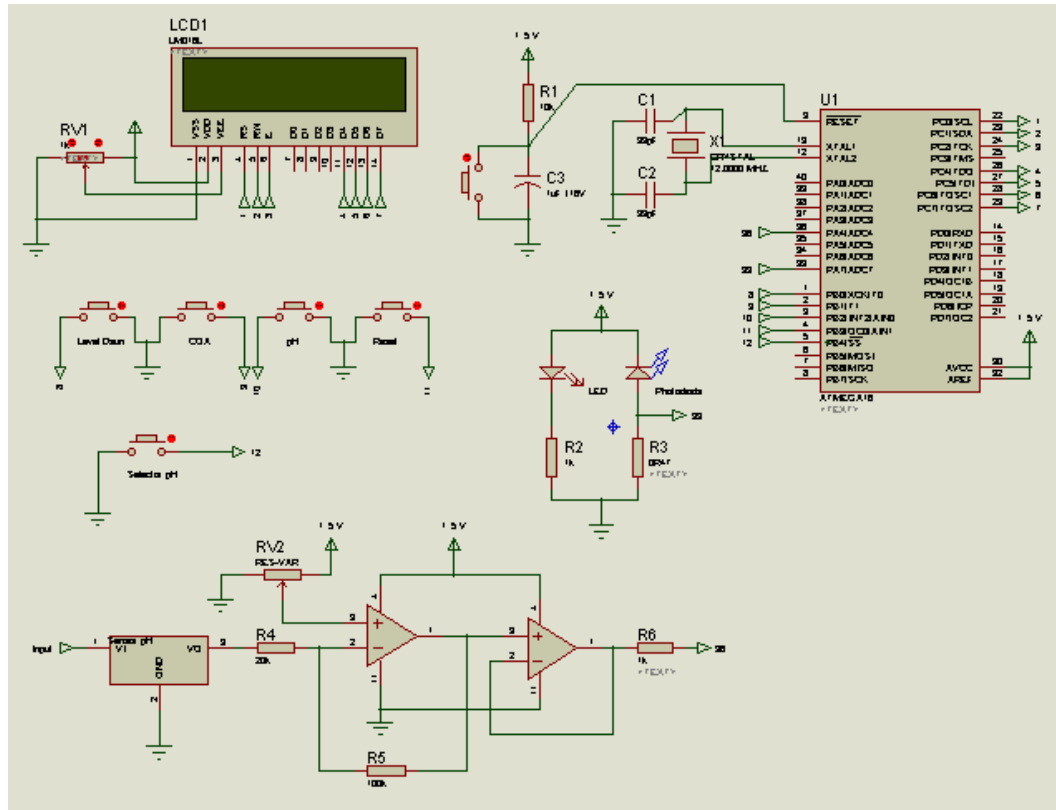
$$\text{—————} \quad (3.1)$$

$$\text{—————} \quad (3.2)$$

Sehingga X dari kedua sensor ini akan dijadikan *input* pada proses *fuzzy logic*. Setelah dalam proses ADC, maka *input* dapat diproses didalam mikrokontroler. Didalam mikrokontroler ini input akan diproses dengan metode *fuzzy logic*. Dan informasi kebutuhan pupuk urea tanaman jagung akan ditampilkan pada layar LCD.

3.5 Gambar Rangkaian

Secara garis besar, gambar rangkaian secara keseluruhan dapat dilihat pada gambar di bawah ini,



Gambar 3.18 Rangkaian Alat

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan *Metode Fuzzy Logic* ini dilakukan dengan menggunakan bantuan LCD, sehingga dengan menggunakan komponen LCD dapat diketahui keberhasilan dan aktifitas dari sistem alat yang telah dibuat. Sebelum melakukan pengujian alat dilakukan penanaman jagung hibrida yang akan digunakan untuk menguji alat. Pengujian alat yang dilakukan yaitu pengujian kedua sensor, pengujian proses *Fuzzy Logic*. Yang terakhir dilakukan yaitu pengujian alat pada tanaman jagung hibrida.

4.1. Penanaman Jagung Hibrida

Benih jagung yang digunakan adalah benih jagung Nusantara 1. Penanaman jagung dilakukan dengan cara berikut:

1. Media yang digunakan terdiri dari campuran tanah : pasir : kompos dengan perbandingan 1:1:1



Gambar 4.1 Perbandingan Campuran Tanah

2. Jarak tanam jagung di lapangan menggunakan ukuran 75 cm x 25 cm dan jarak bedengan 40 cm, sehingga populasi dalam 1 (satu) hektar tanaman adalah 50.000 tanaman. Namun pada penelitian ini jagung ditanaman pada media tanam “*polybag*” yang berukuran 1 kg.
3. Satu lubang tanaman diisi dengan 1 (satu) benih tanaman, dengan cara penanaman sebagai berikut :



1. Buat lubang 0,5 cm



2. Masukkan benih 2 biji/lubang

Gambar 4.2 Penanaman Benih Jagung

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Ir. R. Soedradjad, M.T.)

Setelah benih dimasukkan lubang, kemudian lubang ditutup dengan abu sekam. Setelah tanaman tumbuh, maka salah satu tanaman dimatikan dan dibiarkan tumbuh bagi tanaman yang tumbuhnya sehat dan baik.

4. Dosis dan waktu pemberian pupuk adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Dosis Pupuk Tanaman Jagung

Jenis Pupuk	Dosis Pupuk (kg/ha)	Dosis Pupuk (kg/ha)		
		7-10 HST	28-30 HST	40-45 HST
Urea	400	150	300	BWD
SP36/TSP	150	150		
KCl	100	50	50	

Keterangan: HST= Hari Setelah Tanam, BWD= Bagan Warna Daun

Dengan demikian dosis pupuk optimal untuk masing-masing tanaman adalah:

Tabel 4.2 Dosis Pupuk Tanaman Jagung pada *Polybag*

Jenis Pupuk	Dosis Pupuk (g/tanaman)	Dosis Pupuk (g/tanaman)		
		7-10 HST	28-30 HST	40-45 HST
Urea	8	2.4	5.6	BWD
SP36/TSP	3	3		
KCl	2	1	1	

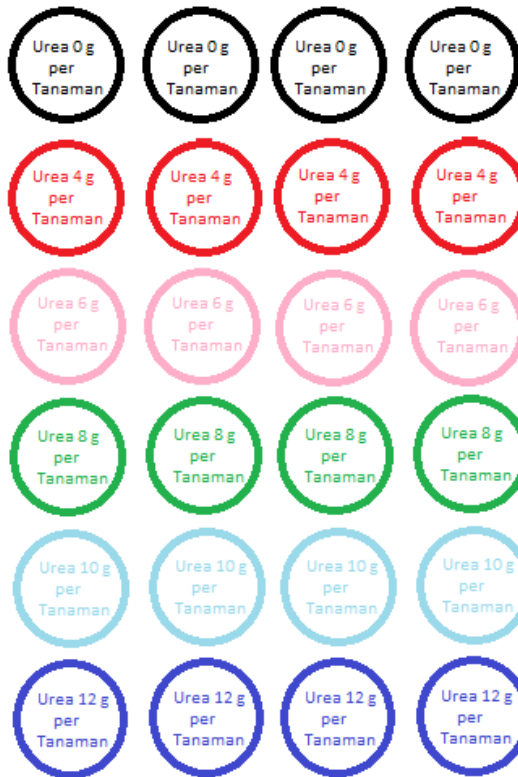
Keterangan: HST= Hari Setelah Tanam

5. Ulangan sebanyak 4 kali dan perlakuan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Dosis Pupuk pada Masing-masing Tanaman Jagung

Jenis Pupuk	Dosis Pupuk (g/tanaman)	Dosis Pupuk (g/tanaman)		
		7-10 HST	28-30 HST	40-45 HST
Urea-2	0	0	0	BWD
Urea-2	4	1.2	2.8	
Urea-1	6	1.8	4.2	
Urea Normal	8	2.4	5.6	
Urea+1	10	3.0	7.0	
Urea+2	12	3.6	8.4	

pH Tanah 5.6-7.5



Gambar 4.3 Penanaman Benih Jagung

6. Pemupukan unsur N dilakukan dengan jumlah sesuai poin (4) sedangkan untuk pupuk SP36/TSP dan KCl jumlahnya sama untuk semua perlakuan sesuai poin (3).
7. Pemupukan dilakukan dengan dengan cara ditebarkan sekeliling tanaman dengan jaran 5,0 cm dari tanaman sedalam 2,0 cm kemudian ditutup kembali dengan tanah.



1. Buat alur mengelilingi lubang tanam sedalam 1 cm



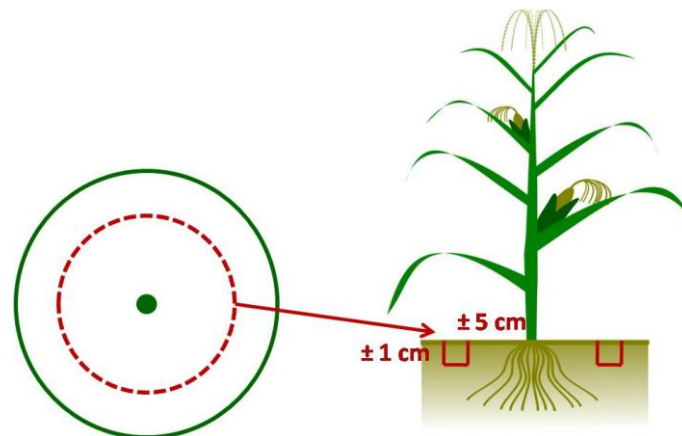
2. Tabur pupuk sepanjang alur



3. Tutup kembali alur dengan media



4. Siram dengan air dari Gembor



Gambar 4.4 Penanaman Benih Jagung

(Sumber: Dokumentasi Pribadi Ir. R. Soedradjad, M.T.)

8. Pada umur 40-50 HST dilakukan pemantauan warna daun menggunakan BWD dan kandungan khlorofil daun dengan “Chlorophyllmeter SPAD”, dengan cara:
 - a. Daun yang akan dipantau warnanya adalah daun yang telah terbuka sempurna (daun ke-3 dari atas).
 - b. Lindungi daun yang akan dipantau warnanya dengan cara membelakangi matahari, sehingga daun tidak terkena cahaya matahari langsung.
 - c. Alat diletakan 1/3 dari ujung daun, kemudian hasil pengukuran dicatat.

- d. Diukur 5 kali pada umur 40, 41, 42, 43, 44 dan 45 HST, kemudian nilai dirata-ratakan untuk menentukan dosis pemupukan.



Gambar 4.5 Cara Mengukur Warna Daun Jagung dengan Bagan Warna Daun
(Sumber: www.google/images.com)



Gambar 4.6 Cara Mengukur Warna Daun jagung dengan alat Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*

4.2. Pengujian Sensor

4.2.1. Sensor Warna (Photodioda)

Sensor pertama yang dilakukan pengujian adalah sensor photodioda. Pengujian dilakukan dengan cara melihat tegangan *output* dari sensor ketika tidak terdapat halangan dan pada saat terdapat halangan berupa daun tanaman jagung.



Gambar 4.7 Tegangan Photodioda Saat Tanpa Halangan



**Gambar 4.8 Tegangan Photodioda Saat Terhalang
Daun Tanaman Jagung**

Dari hasil pembacaan sensor photodiode tersebut berupa tegangan analog kemudian dikonversikan ke bentuk digital dengan menggunakan ADC yang telah terdapat pada mikrokontroler ATmega16. Berikut adalah *listing program* pengkonversian dan pembacaan nilai ADC pada sensor warna (photodiode):

```
void nilai_photo() //baca sensor1
{
  photo = read_adc(7);
  daun = photo;
  warna = 5*daun/1024;
}
```

Pada program di atas, tegangan output dari sensor photodiode yang berupa data analog diubah menjadi data digital oleh ADC yang terdapat pada mikrokontroler. Hal ini dilakukan agar data output dari sensor photodiode dapat dibaca dan diolah oleh mikrokontroler. Dalam program ini menggunakan ADC 10 bit, sehingga ADC maksimal yang dihasilkan adalah 1024.

Pada program ini data ADC dari sensor photodiode diubah menjadi data tegangan dengan menggunakan rumus :

$$\text{Warna} = 5 \cdot \text{daun} / 1024 \quad (4.1)$$

Keterangan :

Warna = Data tegangan yang dihasilkan oleh sensor photodiode

5 = Tegangan Referensi yang digunakan

Daun = Nilai ADC yang dihasilkan oleh sensor photodiode

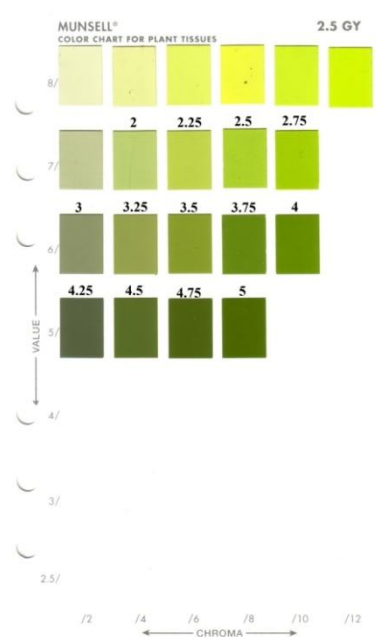
1024 = ADC maksimum yang dihasilkan

Dari hasil pengujian sensor photodiode dapat dihasilkan data sebagai berikut :

Tabel 4.4 Perbandingan ADC dan Tegangan *Output* dari Photodiode

No	ADC Photodiode	Tegangan Photodiode (V)
1	56	0.27
2	66	0.32
3	353	1.72
4	472	2.3
5	558	2.72

Dari data di atas dapat dilihat bahwa, nilai ADC yang dihasilkan berbanding lurus dengan tegangan *output* dari sensor photodiode. Dengan kata lain, semakin besar nilai ADC yang dihasilkan maka tegangan output dari sensor photodiode juga semakin besar. Setelah itu dilakukan *setting point* antara data tegangan yang telah diolah di mikrokontroler dengan bagan warna daun (BWD). Yang menjadi acuan dalam setting point adalah bagan warna daun berdasarkan buku “*MUNSELL COLOR CHARTS FOR PLANT TISSUES*”. Berikut gambar bagan warna daunnya :



Gambar 4.9 Bagan Warna Daun
(Sumber: *MUNSELL COLOR CHARTS*)

4.2.2. Sensor pH Tanah

Untuk sensor yang kedua yaitu sensor pH tanah. Pada sensor pH tanah ini menggunakan rangkaian *op-amp*. Rangkaian ini digunakan agar tegangan *output* dari sensor diperkuat dan dapat dibaca oleh mikrokontroler. Berikut data tegangan hasil percobaan :

Tabel 4.5 Data Tegangan Output Sensor pH Tanah

No	Tegangan Alat Sebelum Penguatan (V)	Tegangan Alat Sesudah Penguatan (V)	Tegangan Teori Sesudah Penguatan (V)	Error %
1	-0.045	0.249	0.225	10.67
2	-0.102	0.550	0.510	7.84
3	-0.105	0.552	0.525	5.14
4	-0.071	0.379	0.355	6.76
5	-0.055	0.234	0.275	14.90



Sebelum

Sesudah

Gambar 4.10 Tegangan Output Sensor pH Sebelum dan Sesudah Dikuatkan

Berikut contoh perhitungan tegangan setelah mengalami penguatan untuk tegangan input -0.045 V secara teori :

Penguatan 1(*inverting*)

$$\text{---} \quad \text{---} \quad (4.2)$$

Penguatan 2 (*non inverting*)

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (4.3)$$

Jadi tegangan setelah penguatan yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Tegangan setelah penguatan} &= \text{Tegangan input} * \text{penguatan 1} * \text{penguatan 2} \quad (4.4) \\ &= -0.045 \text{ V} * (-5) * (1) \\ &= 0.225 \text{ V} \end{aligned}$$

Dari perbandingan antara Tegangan sesudah penguatan pada alat dan tegangan sesudah pengutan, menurut teori dapat diperoleh nilai *error*-nya dengan cara dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$\text{Error} = \frac{|H_t - H_p|}{H_p} \quad (4.5)$$

Dimana : H_t = Hasil Teori
 H_p = Hasil Percobaan

Berikut contoh perhitungannya :

Setelah itu dilakukan kalibrasi alat. Dengan cara mengecek nilai ADC yang dihasilkan sensor setiap perubahan pH 1 skala. Dari hasil percobaan diperoleh bahwa nilai ADC yang dihasilkan setiap perubahan 1 skala adalah 40. Berikut *listing program* ADC yang dihasilkan :

```
void nilai_phmeter()
{ phmeter = read_adc(4);
  nilai = phmeter;
  if (PINB.0==1)
  ph = 7-(nilai/40);
  else
```

$$\text{ph} = 7+(\text{nilai}/40);\}$$

Dari *listing program* tersebut, dapat dijelaskan bahwa sensor pH diinputkan pada Port B 4. Dan rumus :

$$\text{ph} = 7-(\text{nilai}/40); \quad (4.6)$$

$$\text{ph} = 7+(\text{nilai}/40); \quad (4.7)$$

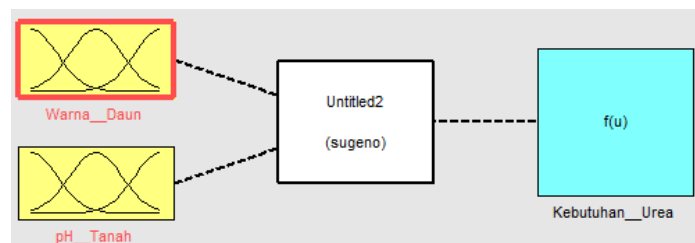
Perhitungan di atas digunakan untuk mengkonversi nilai ADC yang dihasilkan sensor menjadi nilai pH tanah yang diukur oleh sensor. Dan ketika sensor tidak ditancapkan ke tanah nilai pH adalah 7. Ketika PINB.0 ber logika 1, maka rumus yang digunakan adalah $\text{ph} = 7-(\text{nilai}/40)$ (pH bernilai asam). Ketika PINB.0 ber-logika 0, maka rumus yang digunakan adalah $\text{ph} = 7+(\text{nilai}/40)$ (pH bernilai basa). Dan hasil pengukuran akan ditampilkan pada LCD seperti sebagai berikut :



Gambar 4.11 Kalibrasi Sensor pH Tanah

4.3. Pengujian *Fuzzy Logic*

Pada pengujian alat selanjutnya adalah pengujian *Fuzzy Logic*. Dari hasil pembacaan nilai ADC kedua sensor tersebut akan diproses menggunakan logika *fuzzy* untuk menghasilkan nilai tengah yang pada program dilambangkan “zt”. Nilai tengah ini nantinya dimasukkan pada beberapa *range* dan *range* tersebut tergolongkan pada kondisi kebutuhan pupuk urea tanaman jagung. Metode *fuzzy* yang digunakan pada alat ini yaitu menggunakan metode *fuzzy* Sugeno orde satu.



Gambar 4.12 Diagram *Fuzzy Logic*

4.3.1. Variabel Fuzzy

Dalam sistem *fuzzy* terdapat sebuah variabel *fuzzy*. Variabel *fuzzy* adalah sebuah variabel yang akan dibahas dalam suatu sistem *fuzzy*. Pada alat ini terdapat 3 variabel *fuzzy*, yaitu : warna daun, pH tanah dan kebutuhan urea.

4.3.2. Himpunan Fuzzy

Didalam proses *fuzzy*, terlebih dahulu harus ditentukan variabel-variabel dan himpunan-himpunan dari *fuzzy* tersebut. Pada pembuatan alat ini terdapat beberapa himpunan *fuzzy* yaitu :

- Variabel warna daun terdapat 4 himpunan *fuzzy* dan setiap himpunan terdiri dari beberapa level daun, yaitu :

Sedikitx	$\text{warna} \leq 1.51 \text{ V}$	Level daun 2 – 2.75
Sedangx	$1.50 \leq \text{warna} \leq 2.30 \text{ V}$	Level daun 3 – 3.75
Banyakx	$2.25 \leq \text{warna} \leq 2.57 \text{ V}$	Level daun 4 – 4.5
Sangat Banyakx	$\text{warna} \geq 2.56$	Level daun 4.75 – 5

- Variabel pH tanah terdapat 5 himpunan *fuzzy*, yaitu :

Sedikit1	$\text{pH} \leq 6.2$
Sedang1	$5.8 \leq \text{pH} \leq 6.8$
Banyak1	$6.2 \leq \text{pH} \leq 7$
Sedang2	$6.8 \leq \text{pH} \leq 7.4$
Sedikit2	$\text{pH} \geq 7$

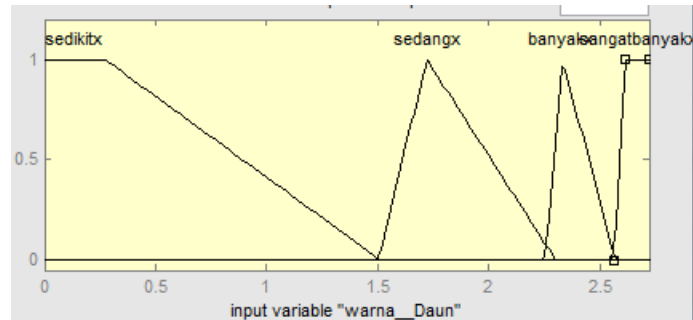
- Variabel kebutuhan urea terdiri dari 6 himpunan *fuzzy*, yaitu :

Sangat banyak	$z_t \leq 2$
Banyak	$1 \leq z_t \leq 3$
Sedang	$2 \leq z_t \leq 4$
Cukup	$3 \leq z_t \leq 5$
Sedikit	$4 \leq z_t \leq 6$
Sangat sedikit	$z_t \geq 5$

Zt adalah lambang untuk nilai tengah pada program.

4.3.3. Fungsi Keanggotaan

Dalam proses terdapat fungsi keanggotaan. Dapat digambarkan juga fungsi keanggotaan dari masing-masing sensor. untuk fungsi keanggotaan sensor warna dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.13 Fuzzifikasi Warna Daun

Dari gambar diatas, terlihat bahwa sensor warna memiliki fungsi keanggotaan diantaranya :

Sedikitx

$$\mu[x] \begin{cases} 1 ; & \text{warna} \leq 0.27 \\ (1.51 - \text{warna}) / (1.51 - 0.27) ; & 0.27 < \text{warna} < 1.51 \\ 0 ; & \text{warna} \geq 1.51 \end{cases}$$

Sedangx

$$\mu[x] \begin{cases} (\text{warna} - 1.50) / (1.72 - 1.50) ; & 1.50 < \text{warna} < 1.72 \\ 1 ; & \text{warna} = 1.72 \\ (2.30 - \text{warna}) / (2.30 - 1.72) ; & 1.72 < \text{warna} < 2.30 \\ 0 ; & \text{warna} \leq 1.50 \text{ atau } \text{warna} \geq 2.30 \end{cases}$$

Banyakx

$$\mu[x] \begin{cases} (\text{warna} - 2.25) / (2.33 - 2.25) ; & 2.25 < \text{warna} < 2.33 \\ 1 ; & \text{warna} = 2.33 \\ (2.57 - \text{warna}) / (2.57 - 2.33) ; & 2.33 < \text{warna} < 2.57 \\ 0 ; & \text{warna} \leq 2.25 \text{ atau } \text{warna} \geq 2.33 \end{cases}$$

Sangat Banyakx

$$\mu[x] \begin{cases} (warna-2.56)/(2.61-2.56); & 2.56 < warna < 2.61 \\ 1; & warna \geq 2.61 \\ 0; & warna \leq 2.56 \end{cases}$$

Dari fungsi keanggotaan diatas kemudian dapat dibuat program sebagai fuzzyfikasi untuk sensor pertama yaitu sensor photodioda. Program fuzzyfikasi photodioda ini dapat dilihat pada *listing program* di bawah ini :

```
void fuzzyfikasi_sedikitx() //sensor1
{
if (warna<=0.27)
{
sedikitx = 1;
}
else if ((warna>0.27)&&(warna<1.51))
{
sedikitx = ((1.51-warna)/(1.51-0.27));
}
else if (warna>=1.51)
{
sedikitx = 0;
}
}
void fuzzyfikasi_sedangx()
{
if ((warna<=1.50)||((warna>=2.30))
{
sedangx = 0;
}
else if ((warna>1.50)&&(warna<1.72))
{
```

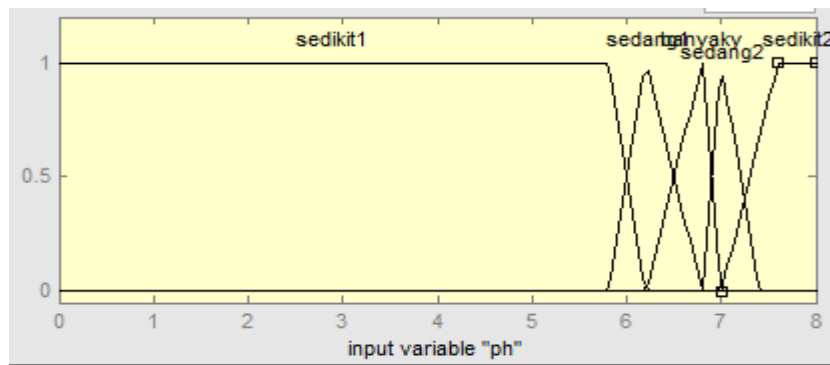
```
sedangx = ((warna-1.50)/(1.72-1.50));
}
else if (warna==1.72)
{
sedangx = 1;
}
else if ((warna>1.72)&&(warna<2.30))
{
sedangx = ((2.30-warna)/(2.30-1.72));
}
}
void fuzzyfikasi_banyakx()
{
if ((warna<=2.25)||((warna>=2.57))
{
banyakx = 0;
}
else if ((warna>2.25)&&(warna<2.33))
{
banyakx = ((warna-2.25)/(2.33-2.25));
}
else if (warna==2.33)
{
banyakx = 1;
}
else if ((warna>2.33)&&(warna<2.57))
{
banyakx = ((2.57-warna)/(2.57-2.33));
}
}
```

```

void fuzzyfikasi_sangatbanyakx()
{
if (warna<=2.56)
{
sangatbanyakx = 0;
}
else if ((warna>2.56)&&(warna<2.61))
{
sangatbanyakx = ((warna-2.56)/(2.61-2.56));
}
else if (warna>=2.61)
{
sangatbanyakx = 1;
}
}

```

Dan untuk fungsi keanggotaan sensor pH tanah dapat dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 4.14 Fuzzifikasi pH Tanah

Dari gambar diatas, terlihat bahwa sensor pH tanah memiliki fungsi keanggotaan diantaranya :

Sedikit1

$$\mu[x] \begin{cases} 1 ; & \text{pH} \leq 5.8 \\ (6.2-\text{pH})/(6.2-5.8) ; & 5.8 < \text{pH} < 6.2 \end{cases}$$

	0 ;	pH ≥ 6.2
Sedang2		
$\mu[x]$	$(pH-5.8)/(6.2-5.8) ;$	$5.8 < pH < 6.2$
	1 ;	pH = 6.2
	$(6.8-pH)/(6.8-6.2) ;$	$6.2 < pH < 6.8$
	0 ;	pH ≤ 5.8 atau pH ≥ 6.8
Banyakx		
$\mu[x]$	$(pH-6.2)/(6.8-6.2) ;$	$6.2 < pH < 6.8$
	1 ;	pH = 6.8
	$(7-pH)/(7-6.8) ;$	$6.8 < pH < 7$
	0 ;	pH ≤ 6.2 atau pH ≥ 7
Sedang2		
$\mu[x]$	$(pH-6.8)/(7-6.8) ;$	$6.8 < pH < 7$
	1 ;	pH = 7
	$(7.4-pH)/(7.4-7) ;$	$7 < pH < 7.4$
	0 ;	pH ≤ 6.8 atau pH ≥ 7.4
Sedikit2		
	$(pH-7)/(7.6-7) ;$	$7 < pH < 7.6$
	1 ;	pH ≥ 7.6
	0 ;	pH ≤ 7

Dari fungsi keanggotaan diatas kemudian dapat dibuat program sebagai fuzzyfikasi untuk sensor kedua yaitu sensor pH tanah.

Program fuzzyfikasi pH tanah ini dapat dilihat pada *listing program* di bawah ini :

```
void fuzzyfikasi_sedikit1()//sensor 2
{
if (ph<=5.8)
{
```



```
sedikit1 = 1;
}
else if ((ph>5.8)&&(ph<6.2))
{
sedikit1 = ((6.2-ph)/(6.2-5.8));
}
else if (ph>=6.2)
{
sedikit1 = 0;
}
}
void fuzzyfikasi_sedang1()
{
if ((ph<=5.8)|| (ph>=6.8))
{
sedang1 = 0;
}
else if ((ph>5.8)&&(ph<6.2))
{
sedang1 = ((ph-5.8)/(6.2-5.8));
}
else if (ph==6.2)
{
sedang1 = 1;
}
else if ((ph>6.2)&&(ph<6.8))
{
sedang1 = ((6.8-ph)/(6.8-6.2));
}
}
```

```
void fuzzyfikasi_banyaky()
{
if ((ph<=6.2)||(ph>=7))
{
banyaky = 0;
}
else if ((ph>6.2)&&(ph<6.8))
{
banyaky = ((ph-6.2)/(6.8-6.2));
}
else if (ph==6.8)
{
banyaky = 1;
}
else if ((ph>6.8)&&(ph<7))
{
banyaky = ((7-ph)/(7-6.8));
}
}
void fuzzyfikasi_sedang2()
{
if ((ph<=6.8)||(ph>=7.4))
{
sedang2 = 0;
}
else if ((ph>6.8)&&(ph<7))
{
sedang2 = ((ph-6.8)/(7-6.8));
}
else if (ph==7)
```

```
{
sedang2 = 1;
}
else if ((ph>7)&&(ph<7.4))
{
sedang2 = ((7.4-ph)/(7.4-7));
}
}
void fuzzyfikasi_sedikit2()
{
if (ph<=7)
{
sedikit2 = 0;
}
else if ((ph>7)&&(ph<7.6))
{
sedikit2 = ((ph-7)/(7.6-7));
}
else if (ph>=7.6)
{
sedikit2 = 1;
}
}
```

4.3.4. Rule Fuzzy

Tahap yang penting dalam proses *fuzzy* adalah tahap penentuan aturan-aturan *fuzzy* untuk kedua *input*. Aturan *fuzzy* yang digunakan seperti pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.6 Rule Fuzzy

Sensor II/I	Sedikitx (nitrogen)	Sedangx (nitrogen)	Banyakx (nitrogen)	Sangat Sedikit (nitrogen)
Sedikit1 (nitrogen)	SangatBanyak 1 (kebutuhan Urea)	Banyak 6 (kebutuhan Urea)	Sedikit 11 (kebutuhan Urea)	Cukup 16 (kebutuhan Urea)
Sedang1 (nitrogen)	Banyak 2 (kebutuhan Urea)	Cukup 7 (kebutuhan Urea)	Sedang 12 (kebutuhan Urea)	Sedikit 17 (kebutuhan Urea)
Banyaky (nitrogen)	Sedikit 3 (kebutuhan Urea)	Sedang 8 (kebutuhan Urea)	Sedikit 13 (kebutuhan Urea)	Sangat Sedikit 18 (kebutuhan Urea)
Sedang2 (nitrogen)	Banyak 4 (kebutuhan Urea)	Cukup 9 (kebutuhan Urea)	Sedang 14 (kebutuhan Urea)	Sedikit 19 (kebutuhan Urea)
sedikit2 (nitrogen)	Sangat Banyak 5 (kebutuhan Urea)	Banyak 10 (kebutuhan Urea)	Sedikit 15 (kebutuhan Urea)	Cukup 20 (kebutuhan Urea)

Keterangan Sensor I = Sensor Warna daun Sensor II = Sensor pH tanah

Aturan *fuzzy* pada dijelaskan sebagai berikut :

1. Jika photodiode dalam keadaan sedikitx dan sensor pH dalam keadaan sedikit1 maka kebutuhan pupuk urea sangat banyak
2. Jika photodiode dalam keadaan sedikitx dan sensor pH dalam keadaan sedang1 maka kebutuhan pupuk urea banyak
3. Jika photodiode dalam keadaan sedikitx dan sensor pH dalam keadaan banyaky maka kebutuhan pupuk urea sedikit
4. Jika photodiode dalam keadaan sedikitx dan sensor pH dalam keadaan sedang2 maka kebutuhan pupuk urea banyak
5. Jika photodiode dalam keadaan sedikitx dan sensor pH dalam keadaan sedikit2 maka kebutuhan pupuk urea sangat banyak

6. Jika photodiode dalam keadaan sedang dan sensor pH dalam keadaan sedikit1 maka kebutuhan pupuk urea banyak
7. Jika photodiode dalam keadaan sedang dan sensor pH dalam keadaan sedang1 maka kebutuhan pupuk urea cukup
8. Jika photodiode dalam keadaan sedang dan sensor pH dalam keadaan banyak maka kebutuhan pupuk urea sedang
9. Jika photodiode dalam keadaan sedang dan sensor pH dalam keadaan sedang2 maka kebutuhan pupuk urea cukup
10. Jika photodiode dalam keadaan sedang dan sensor pH dalam keadaan sedikit2 maka kebutuhan pupuk urea banyak
11. Jika photodiode dalam keadaan banyak dan sensor pH dalam keadaan sedikit1 maka kebutuhan pupuk urea sedikit
12. Jika photodiode dalam keadaan banyak dan sensor pH dalam keadaan sedang1 maka kebutuhan pupuk urea sedang
13. Jika photodiode dalam keadaan banyak dan sensor pH dalam keadaan banyak maka kebutuhan pupuk urea sedikit
14. Jika photodiode dalam keadaan banyak dan sensor pH dalam keadaan sedang2 maka kebutuhan pupuk urea sedang
15. Jika photodiode dalam keadaan banyak dan sensor pH dalam keadaan sedikit2 maka kebutuhan pupuk urea sedikit
16. Jika photodiode dalam keadaan sangat banyak dan sensor pH dalam keadaan sedikit1 maka kebutuhan pupuk urea cukup
17. Jika photodiode dalam keadaan sangat banyak dan sensor pH dalam keadaan sedang1 maka kebutuhan pupuk urea sedikit
18. Jika photodiode dalam keadaan sangat banyak dan sensor pH dalam keadaan banyak maka kebutuhan pupuk urea sangat sedikit
19. Jika photodiode dalam keadaan sangat banyak dan sensor pH dalam keadaan sedang2 maka kebutuhan pupuk urea sedikit
20. Jika photodiode dalam keadaan sangat banyak dan sensor pH dalam keadaan sedikit2 maka kebutuhan pupuk urea cukup

Sedangkan contoh penulisan program *rule* pada mikrokontroler sebagai berikut

:

```
void rule6() //banyak
{
if (sedangx<sedikit1)
{
    pred6 = sedangx;
    z6 = ((warna*1.6484)+(ph*(0.1099))+(-1.4725));
}
else if ((sedangx>sedikit1)||((sedangx==sedikit1))
{
    pred6 = sedikit1;
    z6 = ((warna*1.6484)+(ph*(0.1099))+(-1.4725));
}
}
void rule7()// cukup
{
if (sedangx<sedang1)
{
    pred7 = sedangx;
    z7 = ((warna*(-2))+ph*(3.6))+(-14.88));
}
else if ((sedangx>sedang1)||((sedangx==sedang1))
{
    pred7 = sedang1;
    z7 = ((warna*(-2))+ph*(3.6))+(-14.88));
}
}
```

Nilai-nilai konstanta dari program diatas didapatkan dari pengambilan *sample* dari dua-tiga titik yang menjadi suatu persamaan garis. Pengambilan *sample* dilakukan sesuai dengan aturan *fuzzy* yang telah ditentukan. Sebagai contoh menentukan konstanta pada rule 6, yaitu pada kategori banyak. Pada rule 6 didapatkan tiga persamaan garis yaitu:

$$1.50a + 0b + c = 1 \quad (4.8)$$

$$1.72a + 5.8b + c = 2 \quad (4.9)$$

$$2.30a + 6.2b + c = 3 \quad (4.10)$$

Keterangan : a = konstanta warna untuk *rule 6*

b = konstanta berat untuk *rule 6*

dengan logika seperti pada perhitungan diatas, dapat dituliskan pada matlab dengan cara seperti di bawah ini :

$$a = [1.50 \ 0 \ 1; 1.72 \ 5.8 \ 1; 2.30 \ 6.2 \ 1];$$

$$b = [1; 2; 3];$$

$$c = \text{inv}(a) * b$$

dengan penulisan seperti diatas, akan didapatkan nilai konstanta sebesar :

$$a = 1.6484$$

$$b = 0.1099$$

$$c = -1.4725$$

dari semua *rule* yang diproses pada *fuzzy* didalam program ini terlebih dahulu akan dicari konstanta-konstantanya dan konstanta-konstanta tersebut akan digunakan sebagai acuan dari setiap *rule* yang ada. Dari hasil perhitungan untuk mencari konstanta pada setiap *rule* dengan menggunakan matlab, maka didapatkan nilai-nilai konstanta seperti pada tabel di bawah ini :

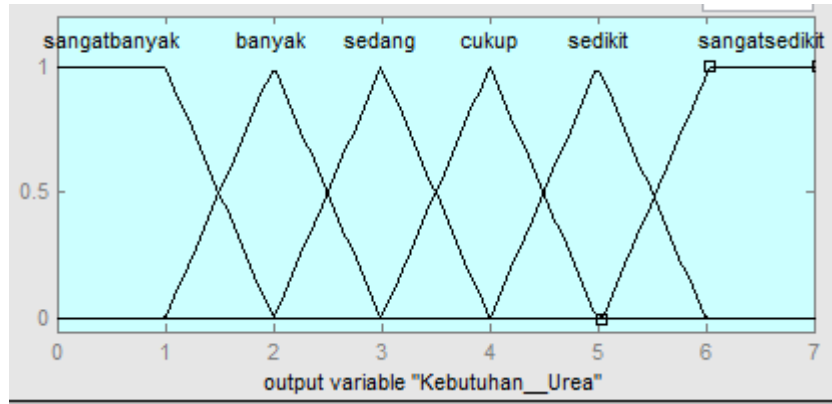
Tabel 4.7 Nilai Konstanta pada Rule Fuzzy

Rule	Warna	pH	c (nilai Tetapan)
1	0.7622	0.1371	-0.0009
2	- 0.5977	29.020	-158.308
3	0.5797	14.059	-47.166
4	0.7233	0.2578	0
5	0.5797	14.056	-105.302
6	16.484	0.1099	-14.725
7	-2	3.6	-14.88
8	1.3158	1.1842	-7.3158
9	2.5991	-0.1322	0
10	3	-0.5	0.64
11	3.9706	0.1176	-4.9338
12	-4.1667	3.3333	-7.9583
13	3.125	1.25	-10.7813
14	-12.5	10	-37.8750
15	3.125	1.25	-11.7813
16	25.4717	-0.0472	-62.2076
17	14.2857	0.7143	-36.7143
18	28.5714	-0.7143	-63.7143
19	16.6667	0.8333	-44.3333
20	28.5714	-0.7143	-65.1429

4.3.5. Proses Defuzifikasi

Yang menjadi *input* dalam proses defuzifikasi adalah himpunan *fuzzy* yang didapat dari komposisi aturan-aturan (*rule*) yang telah dibuat, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Dan-

pada alat ini *output* yang dihasilkan adalah informasi kebutuhan pupuk urea tanaman jagung. Berikut gambar *fuzzy output*-nya :



**Gambar 4.15 Fuzzy Output Kebutuhan Pupuk Urea
Tanaman Jagung**

Fungsi dari defuzifikasi adalah untuk menerjemahkan informasi *fuzzy*, dari proses komputasi perubahan kedua sensor yaitu photodiode dan juga sensor pH tanah menjadi informasi dalam bentuk *crisp* yang akan ditampilkan.

Defuzifikasi adalah proses akhir dari proses *fuzzy logic*. Metode defuzifikasi yang dipakai adalah metode *centroid*. Pada metode ini, solusi *crisp* yang diperoleh dengan cara mencari nilai tengah atau biasa disebut *Center of Area* (COA). Pencarian nilai tengah ini dapat dilihat pada perumusan di bawah ini :

$$(4.11)$$

Sedangkan penulisan program rumus pada mikrokontroler adalah sebagai berikut :

```
void defuzzyfikasi()
{
```

penjumlah= $((pred1*z1)+(pred2*z2)+(pred3*z3)+(pred4*z4)+(pred5*z5)+(pred6*z6)+(pred7*z7)+(pred8*z8)+(pred9*z9)+(pred10*z10)+(pred11*z11)+(pred12*z12)+(pred13*z13)+(pred14*z14)+(pred15*z15)+(pred16*z16)+(pred17*z17)+(pred18*z18)+(pred19*z19)+(pred20*z20))$;

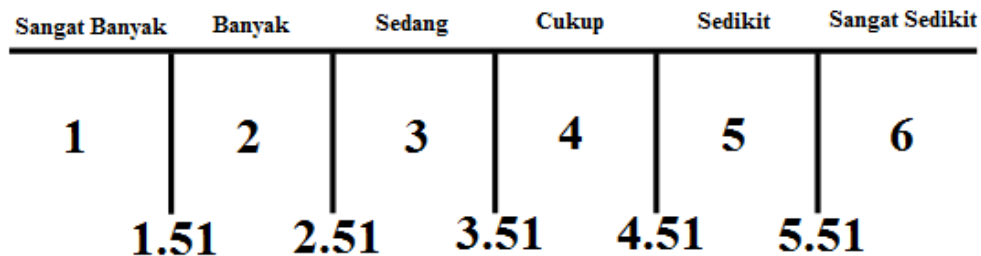
pembagi= $(pred1+pred2+pred3+pred4+pred5+pred6+pred7+pred8+pred9+pred10+pred11+pred12+pred13+pred14+pred15+pred16+pred17+pred18+pred19+pred20)$;

$zt = penjumlah/pembagi$;

}

Hasil perhitungan X_{total} atau titik tengah ini merupakan hasil akhir dari perhitungan didalam proses alat ini. Tetapi pada alat yang dibuat masih dibutuhkan logika-logika yang berfungsi untuk menentukan kondisi yang diinginkan. Dari nilai tengah yang didapatkan, akan digolongkan dalam beberapa golongan. Pada alat ini nilai tengah yang didapatkan akan digolongkan menjadi 6 golongan, yaitu : Sangat Sedikit, Sedikit, Cukup, Sedang, Banyak, Sangat Banyak.

Berikut hasil penggolongan nilai tengah (*fuzzy Output*) :



Gambar 4.16 Penggolongan Nilai Tengah

Dari gambar diatas dapat dijelaskan bahwa ketika nilai tengah berada pada posisi :

Nilai tengah ≤ 1.50	maka	Sangat Banyak
Nilai tengah 1.51 – 2.50	maka	Banyak
Nilai tengah 2.51 – 3.50	maka	Sedang
Nilai tengah 3.51 – 4.50	maka	Cukup
Nilai tengah 4.51 – 5.50	maka	Sedikit

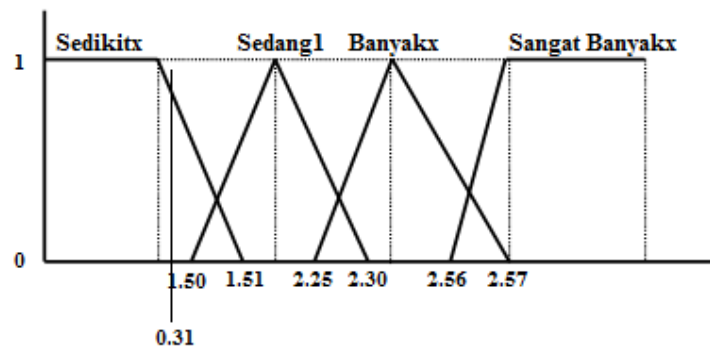
Nilai tengah ≥ 5.51 maka Sangat Sedikit

Dan pada program dalam mikrokontroler dapat ditulis sebagai berikut :

```
void hasilakhir()
{
  if ((warna>=3.8)&&(phmeter==0))
  {
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("  Scan Daun  ");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Pasang pHmeter:) ");
  }
  else if (zt<=1.50)
  {
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Sangat Banyak");
  }
  else if ((zt>=1.51)&&(zt<=2.50))
  {
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf ("Kebutuhan Urea");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Banyak");
  }
  else if ((zt>=2.51)&&(zt<=3.50))
  {
```

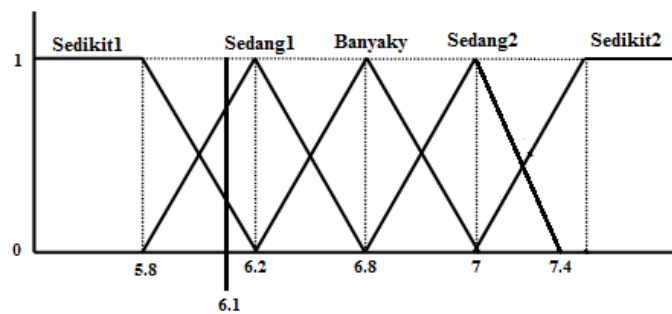
```
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Sedang");
}
else if ((zt>=3.51)&&(zt<=4.50))
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Cukup");
}
else if ((zt>=4.51)&&(zt<=5.50))
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Sedikit");
}
else if (zt>=5.51)
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy (0,0);
lcd_putsf ("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy (0,1);
lcd_putsf ("Sangat Sedikit");
}}
```

Untuk lebih memahami proses *fuzzy logic* pada alat ini, berikut contoh perhitungannya : misalkan pada pengukuran suatu tanaman jagung, sensor photodiode mendeteksi tegangan ADC sebesar 0.31.



Gambar 4.17 Himpunan Fuzzy Warna

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa ketika sensor mendeteksi tegangan ADC 0.31, maka warna daun dapat dikategorikan memiliki kandungan nitrogen sedikitx. Kemudian untuk sensor pH tanah menunjukkan pH sebesar 6.1.



Gambar 4.18 Himpunan Fuzzy pH Tanah

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa ketika sensor mendeteksi pH 6.1, maka tanah tersebut dapat dikategorikan memiliki kandungan nitrogen sedang1. Kemudian dilakukan perhitungan fuzzyfikasi dengan rumusan di bawah ini :

Fuzzyfikasi Sensor Photodiode

Fuzzyfikasi Sensor pH Tanah

Dari hasil fuzzyfikasi tersebut kemudian dimasukkan ke dalam fungsi implikasi. Fungsi implikasi yang digunakan yaitu fungsi implikasi minimum.

- Jika sedikitx dan sedikit1 maka sangat banyak (*rule 1*)

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \min (\mu_{\text{sedikitx}} [0.31] \quad \mu_{\text{sedikit1}} [6.1]) \\ &= \min (0.967 ; 0.25) = 0.25\end{aligned}$$

- Jika sedikitx dan sedang1 maka banyak (*rule 2*)

$$\begin{aligned}\alpha_2 &= \min (\mu_{\text{sedikitx}} [0.31] \quad \mu_{\text{sedang1}} [6.1]) \\ &= \min (0.967 ; 0.75) = 0.75\end{aligned}$$

Sedangkan untuk rule yang lain tidak dilalui garis, sehingga bernilai 0. Contoh pada *rule 3* berikut ini :

$$\begin{aligned}\alpha_3 &= \min (\mu_{\text{sedikitx}} [0.31] \quad \mu_{\text{banyaky}} [0]) \\ &= \min (0.967 ; 0) = 0\end{aligned}$$

Berikut hasil implikasi kedua *input fuzzy* :

Tabel 4.8 Nilai Konstanta pada Rule Fuzzy

Sensor II/I	Sedikitx	Sedangx	Banyakx	Sangat Banyakx
Sedikit1	0.25	0	0	0
Sedang1	0.75	0	0	0
Banyaky	0	0	0	0
Sedang2	0	0	0	0
sedikit2	0	0	0	0

Dari tabel di atas dapat terlihat bahwa rule yang bernilai adalah *rule 1* dan *rule 2*. Karena yang dilewati garis hanya *rule 1* dan *2* saja maka untuk *rule* yang lainnya akan bernilai 0. Sehingga rumus konstanta atau persamaan linier yang digunakan adalah rumus persamaan pada *rule 1* dan *rule 2*. Sehingga di dapat persamaan sebagai berikut :

$$\text{Rule 1 : } Z1 = (\text{warna} * 0.7622) + (\text{pH} * 0.1371) + c =$$

$$Z1 = (0.31 * 0.7622) + (6.1 * 0.1371) + (-0.0009) = 1.0716$$

$$\text{Rule 2 : } Z2 = (\text{warna} * (-0.5977)) + (\text{pH} * 2.9020) + c =$$

$$Z2 = (0.31 * (-0.5977)) + (6.1 * 2.9020) + (-15.8308) = 1.6861$$

Sedangkan program dalam mikrokontroler dapat dituliskan sebagai berikut :

```
void rule1()// sangatbanyak
{
if (sedikitx<sedikit1)
{
    pred1 = sedikitx;
    z1 = ((warna*0.7622)+(ph*(0.1371))+(-0.0009));
}
else if ((sedikitx>sedikit1)||(sedikitx==sedikit1))
{
    pred1 = sedikit1;
    z1 = ((warna*0.7622)+(ph*(0.1371))+(-0.0009));
}
}
void rule2()// banyak
{
if (sedikitx<sedang1)
{
    pred2 = sedikitx;
    z2 = ((warna*(-0.5977)+(ph*2.9020)-15.8308);
}
}
```

```

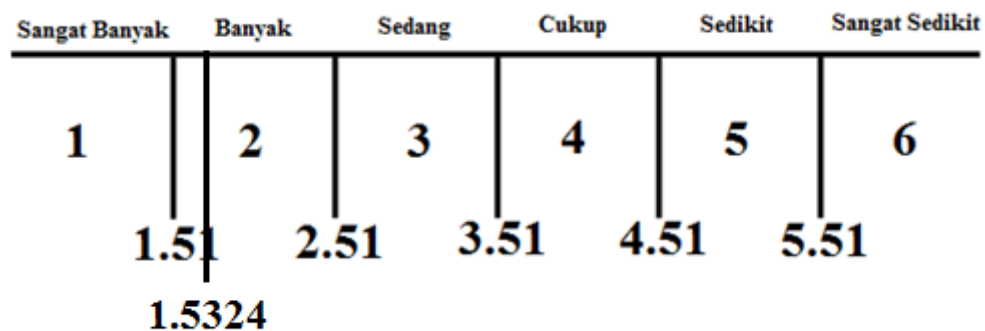
else if ((sedikitx>sedang1)||((sedikitx==sedang1))
{
    pred2 = sedang1;
    z2 = ((warna*(-0.5977))+(ph*2.9020)-15.8308);
}
}

```

Setelah memperoleh nilai Z1 dan Z2, maka masuk ke tahap selanjutnya yaitu proses defuzifikasi. Berikut perhitungannya:



Nilai Z_{total} adalah nilai tengah (COA) dari sistem *fuzzy* tersebut, sehingga nilai tengah yang diperoleh dimasukkan kedalam kategori yang sudah ditentukan sebagai berikut :



Gambar 4.19 Contoh Penggolongan Hasil Nilai Tengah

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa hasil akhir atau nilai tengah yang didapat masuk ke dalam kategori banyak, sehingga tanaman jagung tersebut membutuhkan banyak pupuk urea. Kemudian Informasi kebutuhan pupuk urea ini akan ditampilkan pada LCD.

4.4. Pengujian Seluruh Alat dan Pengambilan Data Tanaman Jagung

Pengujian alat ini dilakukan dengan cara dilakukannya percobaan pada tanaman jagung yang telah di tanam. Tanaman jagung yang di ukur adalah tanaman yang sudah berumur 40 HST.



Gambar 4.20 Tanaman Jagung yang akan Diukur

Tanaman jagung yang akan diukur dilakukan perlakuan khusus, yaitu pemberian pupuk urea dengan takaran yang berbeda-beda. Pupuk urea yang diberikan mulai dari takaran pupuk urea normal, takaran pupuk urea yang kurang dan takaran pupuk urea yang berlebih. Hal ini dilakukan bertujuan untuk mengamati pengaruh takaran pemberian pupuk urea terhadap warna daun dan pertumbuhan tanaman jagung. Selain itu perlakuan ini bertujuan untuk menentukan takaran pupuk urea yang dibutuhkan tanaman jagung pada alat yang dibuat. Tanaman jagung yang akan diukur berjumlah 24 buah. Dan pengukuran dilakukan selama 2 hari.

Setiap tanaman dilakukan pengukuran sebanyak 4x pengulangan.



Gambar 4.21 Pengukuran dan Pengambilan Data

Dari penelitian yang telah dilakukan diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 4.9 Data Hasil Percobaan Hari Pertama

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	pH Tanah	Daun		COA	Kebutuhan Pupuk Urea
			Tegangan ADC	Level		
1	0 gram	7.00	3.78	5	26.40	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
2		7.00	3.78	5	26.40	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
3		7.00	3.78	5	26.40	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
4		7.00	3.78	5	26.40	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
5	0 gram	7.00	3.43	5	18.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
6		7.00	3.43	5	18.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
7		7.00	3.43	5	18.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
8		7.00	3.43	5	18.55	Sedikit (0 Kg/ha)
9	0 gram	7.00	3.60	5	21.49	Sedikit (0 Kg/ha)
10		7.00	3.60	5	21.49	Sedikit (0 Kg/ha)
11		7.00	3.60	5	21.49	Sedikit (0 Kg/ha)
12		7.00	3.60	5	21.49	Sedikit (0 Kg/ha)

13	0 gram					
14	(mati)					
15						
16						
17	4 gram	7.00	3.34	5	17.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
18		7.00	3.34	5	17.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
19		7.00	3.34	5	17.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
20		7.00	3.34	5	17.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
21	4 gram	7.00	2.89	5	9.6	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
22		7.00	2.89	5	9.6	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
23		7.00	2.89	5	9.6	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
24		7.00	2.89	5	9.6	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
25	4 gram	7.00	3.30	5	16.49	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
26		7.00	3.30	5	16.49	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
27		7.00	3.30	5	16.49	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
28		7.00	3.30	5	16.49	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
29	4 gram					
30	(mati)					
31						
32						
33	6 gram	7.05	3.04	5	12.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
34		7.05	3.04	5	12.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
35		7.05	3.02	5	12.29	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	pH Tanah	Daun		COA	Kebutuhan Pupuk Urea
			Tegangan ADC	Level		
36		7.05	3.02	5	12.29	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
37	6 gram	7.00	3.50	5	19.77	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
38		7.00	3.50	5	19.77	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
39		7.00	3.40	5	18.17	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
40		7.00	3.40	5	18.17	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
41	6 gram	7.00	3.35	5	17.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
42		7.00	3.35	5	17.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
43		7.00	3.00	5	11.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
44		7.00	3.00	5	11.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
45	6 gram	7.00	2.78	5	7.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
46		7.00	2.77	5	7.72	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
47		7.00	2.77	5	7.72	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
48		7.00	2.78	5	7.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
49	8 gram	7.00	3.37	5	17.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
50		7.00	3.37	5	17.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
51		7.00	3.37	5	17.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
52		7.00	3.38	5	17.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
53	8 gram	6.90	3.68	5	29.52	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
54		6.90	3.68	5	29.52	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
55		6.90	3.68	5	29.52	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
56		6.90	3.70	5	29.83	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
57	8 gram					
58	(mati)					
59						

60						
61	8 gram					
62	(mati)					
63						
64						
65	10 gram	7.00	3.30	5	16.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
66		7.00	3.30	5	16.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
67		7.00	3.30	5	16.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
68		7.00	3.30	5	16.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
69	10 gram	7.00	3.48	5	19.36	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
70		7.00	3.48	5	19.36	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
71		7.00	3.48	5	19.36	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
72		7.00	3.47	5	18.47	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
73	10 gram					
74	(mati)					
75						
76						
77	10 gram					
78	(mati)					
79						
80						
81	12 gram	7.00	3.53	5	21.72	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
82		7.00	3.61	5	21.56	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
83		7.00	3.63	5	21.88	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
84		7.00	3.62	5	21.78	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
85	12 gram	6.98	2.90	5	11.19	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
86		6.98	2.90	5	11.19	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
87		7.00	3.70	5	23.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	pH Tanah	Daun		COA	Kebutuhan Pupuk Urea
			Tegangan ADC	Level		
88		7.00	3.70	5	23.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
89	12 gram					
90	(mati)					
91						
92						
93	12 gram					
94	(mati)					
95						
96						

Tabel 4.10 Data Hasil Percobaan Hari Kedua

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	pH Tanah	Daun		COA	Kebutuhan Pupuk Urea
			Tegangan ADC	Level		
1	0 gram	7.12	3.24	5	16.51	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
2		7.12	3.24	5	16.51	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
3		7.12	3.24	5	16.51	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
4		7.12	3.24	5	16.51	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
5	0 gram	7.02	3.84	5	27.47	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
6		7.02	3.50	5	20.21	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
7		7.00	3.49	5	20.17	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
8		7.02	2.62	5	5.18	Sedikit (0 Kg/ha)
9	0 gram	7.02	2.61	5	5.02	Sedikit (0 Kg/ha)

10		7.00	2.62	5	5.18	Sedikit (0 Kg/ha)
11		7.00	2.62	5	5.18	Sedikit (0 Kg/ha)
12		7.00	2.62	5	5.18	Sedikit (0 Kg/ha)
13	0 gram					
14	(mati)					
15						
16						
17	4 gram	7.00	3.45	5	19.46	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
18		7.00	3.00	5	11.47	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
19		7.00	2.99	5	11.06	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
20		7.00	2.99	5	11.06	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
21	4 gram	7.02	3.34	5	17.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
22		7.00	3.34	5	17.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
23		7.00	3.37	5	18.59	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
24		7.00	3.37	5	18.59	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
25	4 gram	7.00	3.28	5	15.54	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
26		7.00	3.28	5	15.54	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
27		7.00	3.28	5	15.54	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
28		7.00	3.28	5	15.54	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
29	4 gram					
30	(mati)					
31						
32						

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	pH Tanah	Daun		COA	Kebutuhan Pupuk Urea
			Tegangan ADC	Level		
33	6 gram	7.00	2.75	5	7.32	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
34		7.00	2.77	5	7.72	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
35		7.00	2.76	5	7.56	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
36		7.00	2.76	5	7.56	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
37	6 gram	7.00	3.60	5	21.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
38		7.00	3.60	5	21.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
39		7.00	3.37	5	18.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
40		7.00	3.37	5	18.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
41	6 gram	7.00	3.35	5	17.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
42		7.00	3.35	5	17.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
43		7.00	2.93	5	10.41	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
44		7.00	2.93	5	10.41	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
45	6 gram	7.00	2.75	5	7.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
46		7.00	2.77	5	7.72	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
47		7.00	2.77	5	7.72	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
48		7.00	2.75	5	7.73	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
49	8 gram	7.00	2.71	5	6.75	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
50		7.00	2.71	5	6.75	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
51		7.00	3.11	5	13.26	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
52		5	7.00	5	22.30	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
53	8 gram	6.98	3.73	5	30.77	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
54		6.90	3.73	5	30.77	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
55		6.90	3.32	5	21.38	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
56		6.90	3.23	5	19.5	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)

57	8 gram					
58	(mati)					
59						
60						
61	8 gram					
62	(mati)					
63						
64						
65	10 gram	6.92	3.39	5	21.76	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
66		6.92	3.39	5	21.76	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
67		7.00	3.48	5	18.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
68		7.00	3.48	5	18.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
69	10 gram	7.00	2.85	5	8.94	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
70		7.00	3.22	5	14.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
71		7.00	3.00	5	11.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
72		7.00	3.42	5	18.47	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
73	10 gram					
74	(mati)					
75						
76						
77	10 gram					
78	(mati)					
79						
80						
81	12 gram	6.85	3.49	5	27.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
82		6.85	3.49	5	27.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
83		6.82	3.40	5	29.18	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
84		6.82	3.40	5	29.18	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	pH Tanah	Daun		COA	Kebutuhan Pupuk Urea
			Tegangan ADC	Level		
65	10 gram	6.92	3.39	5	21.76	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
66		6.92	3.39	5	21.76	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
67		7.00	3.48	5	18.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
68		7.00	3.48	5	18.16	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
69	10 gram	7.00	2.85	5	8.94	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
70		7.00	3.22	5	14.48	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
71		7.00	3.00	5	11.55	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
72		7.00	3.42	5	18.47	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
73	10 gram					
74	(mati)					
75						
76						
77	10 gram					
78	(mati)					
79						
80						
81	12 gram	6.85	3.49	5	27.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
82		6.85	3.49	5	27.33	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
83		6.82	3.40	5	29.18	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
84		6.82	3.40	5	29.18	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
85	12 gram	6.98	2.89	5	10.19	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
86		6.98	2.89	5	10.19	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
87		7.00	3.72	5	23.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)

88		7.00	3.72	5	23.43	Sangat Sedikit (0 Kg/ha)
89	12 gram					
90	(mati)					
91						
92						
93	12 gram					
94	(mati)					
95						
96						

Dari data pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa semua warna daun yang diukur dengan alat ini masuk ke dalam kategori level 5. Pupuk urea sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Dan tanaman jagung yang tumbuh dengan baik yaitu tanaman jagung yang diberi pupuk urea sebanyak 6 gram. Sedangkan menurut teori tanaman jagung yang harus tumbuh baik adalah tanaman yang diberi pupuk urea sebanyak 8 gram. Sehingga hasil yang didapat tidak sesuai dengan yang diharapkan. Hal ini dikarenakan beberapa faktor, yaitu : cuaca saat penanaman jagung, unsur hara yang terkandung pada media tanah dan gangguan hama. Faktor-faktor inilah yang dapat mengakibatkan pertumbuhan tanaman jagung menjadi lambat atau menjadi cepat. Namun ketidaksesuain ini tidak mempengaruhi kinerja dari alat yang dibuat. Alat masih bisa berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan. Untuk penentuan takaran pupuk urea tanaman jagung ini berdasarkan data berikut :

Tabel 4.11 Takaran Pupuk Urea
(Sumber : Syafruddin et al, 2007)

Skor BWD	Takaran N (kg/ha)	
	Hibrida	Bersari bebas
3,5	99	85
3,6	95	80
3,7	89	74
3,8	84	69
3,9	77	63
4,0	71	56
4,1	64	49
4,2	56	41
4,3	46	28
4,4	34	8
4,5	14	-
4,6	-	-

Dari pengujian alat yang dilakukan dengan cara mengukur warna daun dan pH tanaman jagung secara bergantian, didapat nilai *Center of Area* dari masing-masing tanaman. Dan untuk menguji keakuratan alat, maka dibandingkan antara nilai *Center of Area* hasil pengukuran alat dengan *Center of Area* hasil perhitungan menurut teori. Sehingga dapat diperoleh nilai errornya dengan cara dilakukan perhitungan dengan rumus :

$$\text{---} \quad (4.12)$$

Dimana : Ht = Hasil Teori
 Hp = Hasil Percobaan

Dengan rumusan diatas, kami dapatkan nilai-nilai *error* seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.12 Data Hasil Penelitian Hari Pertama

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area</i> Alat	<i>Center Of Area</i> Perhitungan	<i>Error %</i>
1	0 gram	26.40	24.50	7.76
2		26.40	24.50	7.76
3		26.40	24.50	7.76
4		26.40	24.50	7.76
5	0 gram	18.55	18.67	0.63
6		18.55	18.67	0.63
7		18.55	18.67	0.63
8		18.55	18.67	0.63
9	0 gram	21.49	21.50	0.05
10		21.49	21.50	0.05
11		21.49	21.50	0.05
12		21.49	21.50	0.05
13	0 gram			
14	(mati)			
15				
16				
17	4 gram	17.16	17.17	0.04
18		17.16	17.17	0.04
19		17.16	17.17	0.04
20		17.16	17.17	0.04
21	4 gram	9.60	9.67	0.69
22		9.60	9.67	0.69

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area Alat</i>	<i>Center Of Area Perhitungan</i>	<i>Error %</i>
23		9.60	9.67	0.69
24		9.60	9.67	0.69
25	4 gram	16.49	16.50	0.06
26		16.49	16.50	0.06
27		16.49	16.50	0.06
28		16.49	16.50	0.06
29	4 gram			
30	(mati)			
31				
32				
33	6 gram	12.55	14.53	13.60
34		12.55	14.53	13.60
35		12.29	14.07	12.64
36		12.29	14.07	12.64
37	6 gram	19.77	19.83	0.32
38		19.77	19.83	0.32
39		18.17	18.17	0.02
40		18.17	18.17	0.02
41	6 gram	17.33	17.33	0.02
42		17.33	17.33	0.02
43		11.48	11.50	0.17
44		11.48	11.50	0.17
45	6 gram	7.73	7.83	1.31
46		7.72	7.67	0.69

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area Alat</i>	<i>Center Of Area Perhitungan</i>	<i>Error %</i>
47		7.72	7.67	0.69
48		7.73	7.83	131
49	8 gram	17.73	17.67	0.36
50		17.73	17.67	0.36
51		17.73	17.67	0.36
52		17.73	17.83	0.58
57	8 gram			
58	(mati)			
59				
60				
61	8 gram			
62	(mati)			
63				
64				
65	10 gram	16.43	16.50	0.42
66		16.43	16.50	0.42
67		16.43	16.50	0.42
68		16.43	16.50	0.42
69	10 gram	19.36	19.50	0.72
70		19.36	19.50	0.72
71		19.36	19.50	0.72
72		18.47	19.33	4.46
73	10 gram			
74	(mati)			

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area Alat</i>	<i>Center Of Area Perhitungan</i>	<i>Error %</i>
75				
76				
77	10 gram			
78	(mati)			
79				
80				
81	12 gram	21.72	20.33	6.82
82		21.56	21.67	0.49
83		21.88	22.00	0.55
84		21.78	21.83	0.24
85	12 gram	11.19	11.99	6.65
86		11.19	11.99	6.65
87		23.43	23.17	1.14
88		23.43	23.17	1.14
89	12 gram			
90	(mati)			
91				
92				
93	12 gram			
94	(mati)			
95				
96				

Tabel 4.13 Data Hasil Penelitian Hari Kedua

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area</i> Alat	<i>Center of Area</i> Perhitungan	Error %
1	0 gram	16.51	17.1	3.44
2		16.51	17.1	3.44
3		16.51	17.1	3.44
4		16.51	17.1	3.44
5	0 gram	27.47	28.64	4.08
6		20.21	22.07	8.43
7		20.17	19.67	2.56
8		5.18	5.08	2.05
9	0 gram	5.02	4.88	2.81
10		5.18	5.17	0.25
11		5.18	5.17	0.25
12		5.18	5.17	0.25
13	0 gram			
14	(mati)			
15				
16				
17	4 gram	19.46	19	2.42
18		11.47	11.5	0.26
19		11.06	11.33	2.41

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area</i> Alat	<i>Center of Area</i> Perhitungan	Error %
20		11.06	11.33	2.41
21	4 gram	17.16	18.98	9.59
22		17.16	17.17	0.04
23		18.59	17.67	5.22
24		18.59	17.67	5.22
25	4 gram	15.54	16.17	3.88
26		15.54	16.17	3.88
27		15.54	16.17	3.88
28		15.54	16.17	3.88
29	4 gram			
30	(mati)			
31				
32				
33	6 gram	7.32	7.33	0.18
34		7.72	7.67	0.69
35		7.56	7.5	0.8
36		7.56	7.5	0.8
37	6 gram	21.48	21.5	0.09
38		21.48	21.5	0.09
39		18.48	17.67	4.6

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area</i> Alat	<i>Center of Area</i> Perhitungan	Error %
40		18.48	17.67	4.6
41	6 gram	17.33	17.33	0.02
42		17.33	17.33	0.02
43		10.41	10.33	0.75
44		10.41	10.33	0.75
45	6 gram	7.73	7.33	5.41
46		7.72	7.67	0.69
47		7.72	7.67	0.69
48		7.73	7.33	5.41
49	8 gram	6.75	6.67	1.24
50		6.75	6.67	1.24
51		13.26	13.33	0.55
52		22.3	22.33	0.15
53	8 gram	30.77	30.76	0.03
54		30.77	30.76	0.05
55		21.38	21.48	0.47
56		19.5	19.45	0.28
57	8 gram			
58	(mati)			
59				
60				
61	8 gram			
62	(mati)			
63				

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	<i>Center of Area</i> Alat	<i>Center of Area</i> Perhitungan	Error %
64				
65	10 gram	21.76	23.07	5.67
66		21.76	23.07	5.67
67		18.16	19.5	6.87
68		18.16	19.5	6.87
69	10 gram	8.94	9	0.67
70		14.48	15.17	4.53
71		11.55	11.5	0.43
72		18.47	18.5	0.16
73	10 gram			
74	(mati)			
75				
76				
77	10 gram			
78	(mati)			
79				
80				
81	12 gram	27.33	25.32	7.92
82		27.33	25.32	7.92
83		29.18	25.32	15.24
84		29.18	25.32	15.24
85	12 gram	10.19	11.76	13.36
86		10.19	11.76	13.36
87		23.43	23.5	0.3

No	Tanaman dengan Pupuk Urea	Center of Area Alat	Center of Area Perhitungan	Error %
88		23.43	23.5	0.3
89	12 gram			
90	(mati)			
91				
92				
93	12 gram			
94	(mati)			
95				
96				

Nilai *error* tertinggi dari semua percobaan alat terdapat pada pengambilan data hari kedua yaitu 15.24 %. *Error* ini terjadi karena beberapa faktor, yaitu pembacaan sensor yang kurang akurat dan tidak stabil, pengamatan peneliti yang kurang teliti dan konstanta *fuzzy* yang kurang tepat.

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

1. Pada Tabel 4.13 halaman 105 menyatakan bahwa nilai *error persen* terbesar pada saat percobaan alat adalah 15.24 %.
2. Kebutuhan pupuk urea tanaman jagung dapat diketahui melalui warna daun dan pH tanah.
3. Kebutuhan pupuk urea tanaman jagung dapat dikontrol atau diketahui dengan menggunakan metode *fuzzy logic*.
4. Rata-rata tanaman jagung yang diteliti membutuhkan sangat sedikit pupuk urea (0 kg/ha).

5.2. Saran

Agar alat Instrumen Ukur Kadar Kebutuhan Pupuk Urea Pada Tanaman Jagung Menggunakan Metode *Fuzzy Logic* yang dibuat dalam skripsi ini dapat bekerja lebih baik dan akurat, maka saran-saran yang dapat diberikan yaitu :

1. Diharapkan untuk sensor warna menggunakan sensor yang lebih teliti dalam mendeteksi perubahan warna.
2. Diharapkan untuk sensor pH tanah menggunakan sensor yang lebih berkualitas, agar dapat mendeteksi pH lebih akurat lagi.
3. Tambahkan jumlah himpunan fuzzy input agar alat dapat mendeteksi lebih akurat.
4. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai desain alat, karena cahaya matahari dapat berpengaruh terhadap pendeteksian warna daun tanaman jagung.
5. Agar alat bekerja lebih akurat perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai penentuan takaran pupuk urea pada tanaman jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Winoto, Ardi. 2008. *Mikrokontroler AVR ATmega8/16/32/8535 dan Pemrogramannya dengan Bahasa C pada winAVR*. Bandung : Informatika Bandung
- Lazuardi, Muhammad. *Aplikasi mikrokontroler AT89S51 sebagai kontroler Proporsional pada pengaturan PH*. Jurusan Teknik, Elektro Universitas Diponegoro. Semarang
- Anang. 2011. *Belajar Fuzzy Logic*. <http://belajarfuzzylogic.blogspot.com>. Diakses pada tanggal : 6 Desember 2012
- Gani, Anischan. *Bagan Warna Daun*. Diakses pada tanggal : 6 Desember 2012
- Sri Kusuma Dewi dan Hari Purnomo. 2010. *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Adi, Yuwono. 2009. “*pH Tanah*”. Pada <http://ganitri.blogspot.com> .Diakses (online) pada tanggal: 6Desember 2012
- . ATmega16 Data Sheet, <http://www.atmel.com>. 2001
- Syafruddin, Faesal, dan M. Akil. 2007. *Pengelolaan Hara pada Tanaman Jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia, Maros
- Coughlin, Robert F., Driscoll, Frederick F. 1983. *Penguat Operasional dan Rangkaian Terphpadu Linier*. Terjemahan Herman Widodo Soemitro. Erlangga, Jakarta.
- Balai Penelitian Tanah. 2008. Perangkat Uji Tanah Kering. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Vol. 30 (5): 13.
- Halliday, D.J. and M.E. Trenkel. 1992. *IFA World Fertilizer Use Manual*. International Fertilizer Industry Association, Paris.
- Hopkins, H.J.1999. *Introduction to Plant Physiology*. Jhon Wiley and Sons, New York.
- Jones, J.B., B. Wolf, and H.A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing, Inc., New York.

- Syafruddin, Saenong, dan Subandi. 2008. Penggunaan Bagan Warna Daun (BWD) untuk Efisiensi Pemupukan N pada Tanaman Jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* Vol. 27 (1): 24.
- Sutoro. 2007. Respon Terkorelasi Karakter Sekunder Tanaman Jagung pada Seleksi di Lingkungan Pemupukkan Berbeda. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* Vol. 26 (2): 120.
- Wahid, A.S., 2003. Peningkatan Efisiensi Pupuk Nitrogen Pada Padi Sawah Dengan Metode Bagan Warna Daun. *Jurnal Libang Pertanian* Vol. 25 (3): 157.

LAMPIRAN

/*

*/

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.03.4 Standard
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2008 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 21/07/2013
Author :
Company :
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
Clock frequency : 4,000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

*/

```
#include <mega16.h>  
// Alphanumeric LCD Module functions  
#asm  
    .equ __lcd_port=0x15 ;PORTC  
#endasm  
#include <lcd.h>
```

```
#include <delay.h>  
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
```

```
// Read the AD conversion result  
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)  
{  
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);  
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage  
    delay_us(10);
```

```

// Start the AD conversion
ADCSRA|=0x40;
// Wait for the AD conversion to complete
while ((ADCSRA & 0x10)==0);
ADCSRA|=0x10;
return ADCW;
}
// Declare your global variables here
int photo,phmeter ;
float warna,ph,daun,nilai,level,pupuk;

float
sedikitx,sedangx,banyakx,sangatbanyakx,sedikit1,sedang1,banyak1,sedang2,sedikit2;
float
    pred1,pred2,pred3,pred4,pred5,pred6,pred7,pred8,pred9,pred10,pred11,pred12,
    pred13,pred14,pred15,pred16,pred17,pred18,pred19,pred20;
float z1,z2,z3,z4,z5,z6,z7,z8,z9,z10,z11,z12,z13,z14,z15,z16,z17,z18,z19,z20;
float zt,penjumlah,pembagi;
char buff[40];
void reset()
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("    DIGITAL  ");

    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf(" LEAF COLOURS ");
    delay_ms(1000);

    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("    By  ");

    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf(" Yudha_Triswa ");
    delay_ms(1000);
    lcd_clear();
}
void takaran_pupuk()
{
    if (level==2)
    {
        pupuk= 12 ;
    }
    else if (level==2.25)

```

```
{
pupuk= 150 ;
}
else if (level==2.5)
{
pupuk= 150 ;
}
else if (level==2.75)
{
pupuk= 150 ;
}
else if (level==3)
{
pupuk=150;
}
else if (level==3.25)
{
pupuk= 150 ;
}
else if (level==3.5)
{
pupuk= 99 ;
}
else if (level==3.75)
{
pupuk= 36.5 ;
}
else if (level==4)
{
pupuk=71;
}
else if (level==4.25)
{
pupuk= 51 ;
}
else if (level==4.5)
{
pupuk= 14 ;
}
else if (level==4.75)
{
pupuk= 0 ;
}
else if (level==5)
```

```
{
  pupuk= 0;
}
}
void level_daun()
{
if ((warna>=0)&&(warna<=0.30))
{
  level=2 ;
}
else if ((warna>=0.31)&&(warna<=0.6))
{
  level=2.25;
}
else if ((warna>=0.61)&&(warna<=1.2))
{
  level=2.5;
}
else if ((warna>=1.21)&&(warna<=1.50))
{
  level=2.75;
}
else if ((warna>=1.51)&&(warna<=1.75))
{
  level=3;
}
else if ((warna>=1.76)&&(warna<=1.80))
{
  level=3.25;
}
else if ((warna>=1.81)&&(warna<=2.06))
{
  level=3.5;
}
else if ((warna>=2.07)&&(warna<=2.30))
{
  level=3.75;
}
else if ((warna>=2.31)&&(warna<=2.40))
{
  level=4;
}
else if ((warna>=2.41)&&(warna<=2.50))
{
  level=4.25;
}
```

```

}
else if ((warna>=2.51)&&(warna<=2.56))
{
level=4.5;
}
else if ((warna>=2.57)&&(warna<=2.60))
{
level=4.75;
}
else if (warna>=2.61)
{
level=5;
}
}
void nilai_photo()
{
//warna = 1.32;
photo = read_adc(7);
daun = photo;
warna = 5*daun/1024;
//ftoa(warna,2,buff);//mengubah tipe data float ke tipe data array yg akan ditampilkan
// di LCD
//lcd_gotoxy(0,0);
//lcd_puts(buff);
//lcd_gotoxy(8,0);
//lcd_putsf("PHOTO");
}
void nilai_phmeter()
{
//ph = 7;
phmeter = read_adc(4);
nilai = phmeter;
if (PINB.0==1)

ph = 7-(nilai/40);

else
ph = 7+(nilai/40);
//ftoa(phmeter,2,buff);//mengubah tipe data float ke tipe data array yg akan
ditampilkan di LCD
// lcd_gotoxy(0,1);
//lcd_puts(buff);
// lcd_gotoxy(8,1);
// lcd_putsf(" pH ");
}

```

```

void fuzzyfikasi_sedikitx() //sensor1
{
if (warna<=0.27)
{
sedikitx = 1;
}
else if ((warna>0.27)&&(warna<1.51))
{
sedikitx = ((1.51-warna)/(1.51-0.27));
}
else if (warna>=1.51)
{
sedikitx = 0;
}
}
void fuzzyfikasi_sedangx()
{
if ((warna<=1.50)||((warna>=2.30))
{
sedangx = 0;
}
else if ((warna>1.50)&&(warna<1.72))
{
sedangx = ((warna-1.50)/(1.72-1.50));
}
else if (warna==1.72)
{
sedangx = 1;
}
else if ((warna>1.72)&&(warna<2.30))
{
sedangx = ((2.30-warna)/(2.30-1.72));
}
}
void fuzzyfikasi_banyakx()
{
if ((warna<=2.25)||((warna>=2.57))
{
banyakx = 0;
}
else if ((warna>2.25)&&(warna<2.33))
{
banyakx = ((warna-2.25)/(2.33-2.25));
}
else if (warna==2.33)

```

```

{
banyakx = 1;
}
else if ((warna>2.33)&&(warna<2.57))
{
banyakx = ((2.57-warna)/(2.57-2.33));
}
}
void fuzzyfikasi_sangatbanyakx()
{
if (warna<=2.56)
{
sangatbanyakx = 0;
}
else if ((warna>2.56)&&(warna<2.61))
{
sangatbanyakx = ((warna-2.56)/(2.61-2.56));
}
else if (warna>=2.61)
{
sangatbanyakx = 1;
}
}
void fuzzyfikasi_sedikit1()//sensor 2
{
if (ph<=5.8)
{
sedikit1 = 1;
}
else if ((ph>5.8)&&(ph<6.2))
{
sedikit1 = ((6.2-ph)/(6.2-5.8));
}
else if (ph>=6.2)
{
sedikit1 = 0;
}
}
void fuzzyfikasi_sedang1()
{
if ((ph<=5.8)||ph>=6.8)
{
sedang1 = 0;
}
else if ((ph>5.8)&&(ph<6.2))

```

```

{
sedang1 = ((ph-5.8)/(6.2-5.8));
}
else if (ph==6.2)
{
sedang1 = 1;
}
else if ((ph>6.2)&&(ph<6.8))
{
sedang1 = ((6.8-ph)/(6.8-6.2));
}
}
void fuzzyfikasi_banyak()
{
if ((ph<=6.2)||(ph>=7))
{
banyak = 0;
}
else if ((ph>6.2)&&(ph<6.8))
{
banyak = ((ph-6.2)/(6.8-6.2));
}
else if (ph==6.8)
{
banyak = 1;
}
else if ((ph>6.8)&&(ph<7))
{
banyak = ((7-ph)/(7-6.8));
}
}
void fuzzyfikasi_sedang2()
{
if ((ph<=6.8)||(ph>=7.4))
{
sedang2 = 0;
}
else if ((ph>6.8)&&(ph<7))
{
sedang2 = ((ph-6.8)/(7-6.8));
}
else if (ph==7)
{
sedang2 = 1;
}
}

```



```

else if ((ph>7)&&(ph<7.4))
{
sedang2 = ((7.4-ph)/(7.4-7));
}
}
void fuzzyfikasi_sedikit2()
{
if (ph<=7)
{
sedikit2 = 0;
}
else if ((ph>7)&&(ph<7.6))
{
sedikit2 = ((ph-7)/(7.6-7));
}
else if (ph>=7.6)
{
sedikit2 = 1;
}
}
void rule1()// sangatbanyak
{
if (sedikitx<sedikit1)
{
    pred1 = sedikitx;
    z1 = ((warna*0.7622)+(ph*(0.1371))+(-0.0009));
}
else if ((sedikitx>sedikit1)||((sedikitx==sedikit1))
{
    pred1 = sedikit1;
    z1 = ((warna*0.7622)+(ph*(0.1371))+(-0.0009));
}
}
void rule2()// banyak
{
if (sedikitx<sedang1)
{
    pred2 = sedikitx;
    z2 = ((warna*(-0.5977)+(ph*2.9020)-15.8308);
}
else if ((sedikitx>sedang1)||((sedikitx==sedang1))
{
    pred2 = sedang1;
    z2 = ((warna*(-0.5977)+(ph*2.9020)-15.8308);
}
}

```

```

}
void rule3()// sedikit
{
if (sedikitx<banyak)
{
    pred3 = sedikitx;
    z3 = ((warna*0.5797)+(ph*1.4059)+(-4.7166));
}
else if ((sedikitx>banyak)||((sedikitx==banyak))
{
    pred3 = banyak;
    z3 = ((warna*0.5797)+(ph*1.4059)+(-4.7166));
}
}
void rule4()//banyak
{
if (sedikitx<sedang2)
{
    pred4 = sedikitx;
    z4 = ((warna*0.7233)+(ph*0.2578));
}
else if ((sedikitx>sedang2)||((sedikitx==sedang2))
{
    pred4 = sedang2;
    z4 = ((warna*0.7233)+(ph*0.2578));
}
}
void rule5()// sangat banyak
{
if (sedikitx<sedikit2)
{
    pred5 = sedikitx;
    z5 = ((warna*0.5797)+(ph*1.4056)+(-10.5302));
}
else if ((sedikitx>sedikit2)||((sedikitx==sedikit2))
{
    pred5 = sedikit2;
    z5 = ((warna*0.5797)+(ph*1.4056)+(-10.5302));
}
}

void rule6() //banyak
{
if (sedangx<sedikit1)
{

```

```

    pred6 = sedangx;
    z6 = ((warna*1.6484)+(ph*(0.1099))+(-1.4725));
}
else if ((sedangx>sedikit1)||((sedangx==sedikit1))
{
    pred6 = sedikit1;
    z6 = ((warna*1.6484)+(ph*(0.1099))+(-1.4725));
}
}
void rule7()// cukup
{
if (sedangx<sedang1)
{
    pred7 = sedangx;
    z7 = ((warna*(-2))+(ph*(3.6))+(-14.88));
}
else if ((sedangx>sedang1)||((sedangx==sedang1))
{
    pred7 = sedang1;
    z7 = ((warna*(-2))+(ph*(3.6))+(-14.88));
}
}
void rule8()//sedang
{
if (sedangx<banyak)
{
    pred8 = sedangx;
    z8 = ((warna*1.3158)+(ph*(1.1842))+(-7.3158));
}
else if ((sedangx>banyak)||((sedangx==banyak))
{
    pred8 = banyak;
    z8 = ((warna*1.3158)+(ph*(1.1842))+(-7.3158));
}
}
void rule9()//cukup
{
if (sedangx<sedang2)
{
    pred9 = sedangx;
    z9 = ((warna*(2.5991))+((ph*(-0.1322))));
}
else if ((sedangx>sedang2)||((sedangx==sedang2))
{
    pred9 = sedang2;

```

```

        z9 = ((warna*(2.5991))+(ph*(-0.1322)));
    }
}
void rule10()// banyak
{
if (sedangx<sedikit2)
{
    pred10 = sedangx;
    z10 = ((warna*3)+(ph*(-0.5))+0.64);
}
else if ((sedangx>sedikit2)||((sedangx==sedikit2))
{
    pred10 = sedikit2;
    z10 = ((warna*3)+(ph*(-0.5))+0.64);
}
}
void rule11()// sedikit
{
if (banyakx<sedikit1)
{
    pred11 = banyakx;
    z11 = ((warna*3.9706)+(ph*0.1176)+(-4.9338));
}
else if ((banyakx>sedikit1)||((banyakx==sedikit1))
{
    pred11 = sedikit1;
    z11 = ((warna*3.9706)+(ph*0.1176)+(-4.9338));
}
}
void rule12()// sedang
{
if (banyakx<sedang1)
{
    pred12 = banyakx;
    z12 = ((warna*(-4.1667))+(ph*3.3333)+(-7.9583));
}
else if ((banyakx>sedang1)||((banyakx==sedang1))
{
    pred12 = sedang1;
    z12 = ((warna*(-4.1667))+(ph*3.3333)+(-7.9583));
}
}
void rule13()//sedikit
{

```

```

if (banyakx<banyak)
{
    pred13 = banyakx;
    z13 = ((warna*3.125)+(ph*(1.25))+(-10.7813));
}
else if ((banyakx>banyak)|| (banyakx==banyak))
{
    pred13 = banyak;
    z13 = ((warna*3.125)+(ph*(1.25))+(-10.7813));
}
}
void rule14()// sedang
{
if (banyakx<sedang2)
{
    pred14 = banyakx;
    z14 = ((warna*(-12.5)+(ph*(10))+(-37.8750));
}
else if ((banyakx>sedang2)|| (banyakx==sedang2))
{
    pred14 = sedang2;
    z14 = ((warna*(-12.5)+(ph*(10))+(-37.8750));
}
}

void rule15()//sedikit
{
if (banyakx<sedikit2)
{
    pred15 = banyakx;
    z15 = ((warna*3.125)+(ph*(1.25))+(-11.7813));
}
else if ((banyakx>sedikit2)|| (banyakx==sedikit2))
{
    pred15 = sedikit2;
    z15 = ((warna*3.125)+(ph*(1.25))+(-11.7813));
}
}

void rule16()//cukup
{
if (sangatbanyakx<sedikit1)
{
    pred16 = sangatbanyakx;
    z16 = ((warna*25.4717)+(ph*(-0.0472))+(-62.2076));
}
}

```

```

}
else if ((sangatbanyak>sedikit1)||((sangatbanyak==sedikit1))
{
    pred16 = sedikit1;
    z16 = ((warna*25.4717)+(ph*(-0.0472))+(-62.2076));
}
}
void rule17();//sedikit
{
if (sangatbanyak<sedang1)
{
    pred17 = sangatbanyak;
    z17 = ((warna*(14.2857)+(ph*0.7143))+(-36.7143));
}
else if ((sangatbanyak>sedang1)||((sangatbanyak==sedang1))
{
    pred17 = sedang1;
    z17 = ((warna*(14.2857)+(ph*0.7143))+(-36.7143));
}
}
void rule18();//sangatsedikit
{
if (sangatbanyak<banyak)
{
    pred18 = sangatbanyak;
    z18 = ((warna*(28.5714)+(ph*(-0.7143))+(-63.7143));
}
else if ((sangatbanyak>banyak)||((sangatbanyak==banyak))
{
    pred18 = banyak;
    z18 = ((warna*(28.5714)+(ph*(-0.7143))+(-63.7143));
}
}
void rule19();//sedikit
{
if (sangatbanyak<sedang2)
{
    pred19 =sangatbanyak;
    z19 = ((warna*(16.6667)+(ph*0.8333))+(-44.3333));
}
else if ((sangatbanyak>sedang2)||((sangatbanyak==sedang2))
{
    pred19 = sedang2;
    z19 = ((warna*(16.6667)+(ph*0.8333))+(-44.3333));
}
}

```

```

}

void rule20()//cukup
{
if (sangatbanyakx<sedikit2)
{
    pred20 = sangatbanyakx;
    z20 = ((warna*(28.5714))+(ph*(-0.7143))+(-65.1429));
}
else if ((sangatbanyakx>sedikit2)||(sangatbanyakx==sedikit2))
{
    pred20 = sedikit2;
    z20 = ((warna*(28.5714))+(ph*(-0.7143))+(-65.1429));
}
}

void defuzzyfikasi()
{
penjumlah =
((pred1*z1)+(pred2*z2)+(pred3*z3)+(pred4*z4)+(pred5*z5)+(pred6*z6)+(pred7*z7)+(pred8*z8)+(pred9*z9)+(pred10*z10)+(pred11*z11)+(pred12*z12)+(pred13*z13)+(pred14*z14)+(pred15*z15)+(pred16*z16)+(pred17*z17)+(pred18*z18)+(pred19*z19)+(pred20*z20));
pembagi =
(pred1+pred2+pred3+pred4+pred5+pred6+pred7+pred8+pred9+pred10+pred11+pred12+pred13+pred14+pred15+pred16+pred17+pred18+pred19+pred20);
zt = penjumlah/pembagi;
}
void hasilakhir()
{
if ((warna>=3.8)&&(phmeter==0))
{
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("  Scan Daun  ");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Pasang pHmeter: ");
}
else if (zt<=1.50)
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Sangat Banyak");
}
}

```

```

}
else if ((zt>=1.51)&&(zt<=2.50))
{

lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf ("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Banyak");

}
else if ((zt>=2.51)&&(zt<=3.50))
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Sedang");

}
else if ((zt>=3.51)&&(zt<=4.50))
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Cukup");
}
else if ((zt>=4.51)&&(zt<=5.50))
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Sedikit");
}
else if (zt>=5.51)
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy (0,0);
lcd_putsf ("Kebutuhan Urea");
lcd_gotoxy (0,1);
lcd_putsf ("Sangat Sedikit");
}
}
}

```



```

void main(void)
{
// Declare your local variables here

// Input/Output Ports initialization
// Port A initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTA=0x00;
DDRA=0x00;

// Port B initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTB=0xff;
DDRB=0x00;

// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;

// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T State1=T State0=T
PORTD=0x00;
DDRD=0x00;

// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 0 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC0 output: Disconnected
TCCR0=0x00;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 1 Stopped
// Mode: Normal top=FFFFh
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge

```

```

// Timer 1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer 2 Stopped
// Mode: Normal top=FFh
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;
// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;
// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;
// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;
// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 1000,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: None
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x82;
// LCD module initialization
lcd_init(16);
lcd_clear();

```

```

lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("  DIGITAL  ");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf(" LEAF COLOURS ");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("  By  ");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf(" Yudha_Trisna ");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("  LOADING  ");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf(".");
delay_ms(200);
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_putsf("..");
  delay_ms(200);
lcd_gotoxy(3,1);
lcd_putsf("...");
  delay_ms(200);
lcd_gotoxy(6,1);
lcd_putsf("....");
  lcd_gotoxy(10,1);
lcd_putsf(".....");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf(" SELAMAT DATANG  ");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("  :)  ");
delay_ms(1000);
lcd_clear();
while (1)
{
  // Place your code here
  lcd_clear();
  nilai_photo();
  nilai_phmeter();
  level_daun();
  takaran_pupuk();
  fuzzyfikasi_sedikitx();
  fuzzyfikasi_sedangx();
}

```

```
fuzzyfikasi_banyakx();  
fuzzyfikasi_sangatbanyakx();  
fuzzyfikasi_sedikit1();
```

```
fuzzyfikasi_sedang1();  
fuzzyfikasi_banyakx();  
fuzzyfikasi_sedang2();  
fuzzyfikasi_sedikit2();
```

```
rule1();  
rule2();  
rule3();  
rule4();  
rule5();  
rule6();  
rule7();  
rule8();  
rule9();  
rule10();  
rule11();  
rule12();  
rule13();  
rule14();  
rule15();  
rule16();  
rule17();  
rule18();  
rule19();  
rule20();
```

```
defuzzyfikasi();  
hasilakhir();  
delay_ms(300);
```

```
if (PINB.2==0)  
{  
  lcd_clear();  
  ftoa(ph,2,buff);  
  lcd_gotoxy(11,0);  
  lcd_puts(buff);  
  lcd_gotoxy(0,0);  
  lcd_putsf("pH Tanah = ");  
  delay_ms(1500);  
  lcd_clear();  
}
```

```

else if (PINB.3==0)
{
lcd_clear();
ftoa(level,2,buff);
lcd_gotoxy(12,0);
lcd_puts(buff);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Level Daun=");
ftoa(pupuk,0,buff);
lcd_gotoxy(6,1);
lcd_puts(buff);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("Urea=");
lcd_gotoxy(11,1);
lcd_putsf("Kg/ha");
delay_ms(1500);
lcd_clear();
}
else if (PINB.4==0)
{
lcd_clear();
ftoa(zt,2,buff);
lcd_gotoxy(6,0);
lcd_puts(buff);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("COA = ");
delay_ms(1500);
lcd_clear();
ftoa(phmeter,2,buff);
lcd_gotoxy(9,0);
lcd_puts(buff);
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("ADC pH = ");
ftoa(warna,2,buff);
lcd_gotoxy(12,1);
lcd_puts(buff);
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("ADC Photo = ");
delay_ms(2000);
lcd_clear();
}
else if (PINB.1==0)
{
reset();
}}};

```