

12330/115/H/00

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT OPTIMASI DAYA PADA SEL SURYA DENGAN MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER

TUGAS AKHIR

Oleh :

YOHANES GUNALAN DJUHARTO

NRP. 2291.100.070

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	18-7-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21-1081

RSE
629.89
Dju
p-1

1999



JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
1999



**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT
OPTIMASI DAYA PADA SEL SURYA DENGAN
MENGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Elektro**

Pada

Bidang Studi Elektronika

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

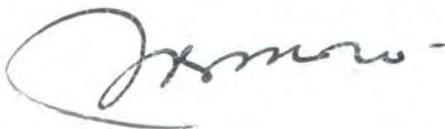
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

S u r a b a y a

Mengetahui / Menyetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. MURDI ASMOROADJI

NIP. 130 532 014

Ir. HENDRA KUSUMA

NIP. 131 846 104

S U R A B A Y A

Februari, 1999

ABSTRAK

Masalah yang dihadapi umat manusia sejalan dengan pertumbuhan penduduk yang cukup pesat adalah krisis energi. Salah satu sumber energi alternatif yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi adalah energi surya. Penelitian dan percobaan terus dikembangkan untuk memaksimalkan pemanfaatan energi surya ini, selain karena persediaan yang tidak terbatas dan tidak akan habis, juga mempunyai tingkat resiko yang relatif kecil jika dibandingkan dengan pembangkit listrik yang lain.

Daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga surya ini sangat tergantung dengan kondisi disekitarnya seperti terang atau mendung, intensitas matahari untuk tiap kondisi waktu dan juga posisi sel surya itu sendiri terhadap matahari.

Dalam tugas akhir ini hendak dibahas khusus mengenai posisi sel surya terhadap matahari, yaitu jika sel surya ini mengalami gangguan perubahan letak, maka alat ini akan mencari kembali posisi yang paling tepat, yaitu tegak lurus dengan arah datangnya sinar matahari, sehingga menghasilkan tegangan dan arus yang maksimal, yang pada akhirnya menghasilkan daya yang maksimal pula.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas segala berkat dan kasihNya, atas kasih dan pertolonganNya semata penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul :

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT OPTIMASI DAYA PADA SEL SURYA DENGAN MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC CONTROLLER

Tugas akhir ini memiliki beban 6 SKS (Satuan Kredit Semester) dan merupakan syarat untuk menyelesaikan program studi Strata Satu (S-1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Untuk menyelesaikan tugas akhir ini, penulis melakukan perencanaan dan pembuatan alat berdasarkan teori-teori yang telah diperoleh selama masa kuliah, literatur-literatur dan bimbingan dari Dosen Pembimbing.

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada: -
Bapak Ir. Murdi Asmoroaji selaku Dosen Pembimbing I, atas kebaikan dan kesabarannya selama membimbing penulis.
- Bapak Ir. Hendra Kusuma selaku Dosen Pembimbing II, atas bimbingan dan dorongan sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
- Bapak Ir. Soetikno selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika, yang tidak hanya memberi banyak bekal melalui mata kuliah, tapi terlebih daripada itu melalui teladan

hidup Bapak. Penulis sangat berterima kasih atas pinjaman sel surya milik pribadi Bapak.

- Bapak Ir. Nawantowibowo selaku Dosen Wali, yang selalu menginspirasi penulis dalam setiap perwalian dan mendorong penulis untuk menyelesaikan kuliah dengan sebaik-baiknya.

- Bapak-bapak dan ibu-ibu dosen, khususnya pada bidang studi Elektronika yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh kuliah.

- Ayah dan Ibu tercinta yang dengan sabar terus mendukung dan mendorong penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini, jauh melebihi rasa hormat dan sayang yang bisa penulis berikan. Dukungan penuh yang diberikan di saat penulis mengalami tekanan berat dalam penyelesaian tugas akhir ini sangat menguatkan penulis dan kembali menyadarkan penulis betapa besar kasih ayah dan ibu. Terima kasih Tuhan.

- Kakak-kakak, ipar, adik, saudara, dan teman-teman yang, begitu banyak sehingga tidak bisa penulis sebutkan satu persatu, terus membantu dalam doa dan dukungan, terima kasih banyak..

- Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, termasuk Bapak Djamian, P. Nasrip, P. Sapari, P. Jalmo, dan yang lain.

Penulis berharap bahwa tugas akhir ini akan bermanfaat bagi pembaca serta dapat disempurnakan dan dikembangkan semaksimal mungkin.

Surabaya, Januari 1999

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i	
LEMBAR PENGESAHAN	ii	
ABSTRAK	iii	
KATA PENGANTAR	iv	
DAFTAR ISI	vi	
DAFTAR GAMBAR	x	
DAFTAR TABEL	xii	
BAB I	PENDAHULUAN	1
	1.1. LATAR BELAKANG	1
	1.2. PERMASALAHAN	2
	1.3. TUJUAN	2
	1.4. PEMBatasan PERMASALAHAN	3
	1.5. METODOLOGI	3
	1.6. SISTEMATIKA	4
	1.7. RELEVANSI	5
BAB II	TEORI PENUNJANG	6
	2.1. PENDAHULUAN	6
	2.2. SISTEM KONTROL MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY	6
	2.2.1. LOGIKA FUZZY	8

2.2.2. OPERASI HIMPUNAN FUZZY	11
2.2.3. PROSES LOGIKA FUZZY	12
2.2.4. LOGIKA FUZZY UNTUK KONTROL	16
2.3. MOTOR DC	19
2.3.1. TORSI MOTOR DC	20
2.3.2. JENIS-JENIS MOTOR DC	20
2.3.3. PENGONTROLAN KECEPATAN DAN KARAKTERISTIK DAYA MOTOR DC	21
2.3.4. DC CHOPPERS	23
2.4. SEL SURYA	24
2.4.1. PRINSIP KERJA SEL SURYA	25
BAB III MIKROKONTROLER FUZZY NLX220	27
3.1. KEISTIMEWAAN NLX220	27
3.2. DESKRIPSI	27
3.3. FUNGSI KAKI-KAKI DARI NLX220	29
3.4. ARSITEKTUR PERANGKAT	31
3.5. PENGEMBANGAN SISTEM LOGIKA FUZZY	31
3.5.1. FUNGSI KEANGGOTAAN	31
3.5.2. VARIABEL FUZZY	35
3.5.3. ATURAN	36
3.5.4. EVALUASI ATURAN	37
3.5.5. FUNGSI KEANGGOTAAN MENGAPUNG	37

3.6. OPERASI PERANGKAT	40
3.6.1. FUZZIFIER	41
3.6.2. PEMBAHARUAN DATA KELUARAN	41
3.6.3. DEFUZZIFIER	42
3.6.4. ORGANISASI MEMORI	44
3.6.5. ATURAN PENYIMPANAN VARIABEL FUZZY	45
3.7. PEWAKTUAN	48
3.7.1. PEWAKTUAN OPERASI	48
3.7.2. PEWAKTUAN KONTROLER	49
3.7.3. WAKTU TUNDA LOOPBACK INTERNAL	50
3.7.4. PEWAKTUAN KELUARAN	50
3.7.5. OPERASI PRESCALE	50
3.7.6. MODE INAKTIF	51
3.8. MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY NLX220	52
3.8.1. FUNGSI KEANGGOTAAN	52
3.8.2. FUNGSI KEANGGOTAAN MENGAPUNG	52
3.8.3. ATURAN LOGIKA FUZZY	53
3.9. KEUNTUNGAN NLX220	55
BAB IV PERENCANAAN HARDWARE	57
4.1. PERENCANAAN SISTEM	57
4.2. PERENCANAAN HARDWARE	58
4.2.1. SENSOR LDR	58

	4.2.2. FUZZY LOGIC CONTROLLER NLX220	61
	4.2.3. DRIVER MOTOR	62
BAB V	PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SOFTWARE	63
BAB VI	PENGUJIAN DAN PENGUKURAN	70
	6.1. PEMBUATAN DAN PENGUJIAN ALAT	70
	6.2. PENGUKURAN DAN KALIBRASI	70
BAB VII	PENUTUP	73
	7.1. KESIMPULAN	73
	7.2. SARAN	73
	DAFTAR PUSTAKA	74

DAFTAR GAMBAR

2.1. LOOK UP TABLE	7
2.2. PERBANDINGAN TWO VALUE LOGIC DENGAN FUZZY	9
2.3. FUNGSI SEGITIGA	11
2.4. PROSES FUZZIFICATION	13
2.5. BLOK DIAGRAM SISTEM KONTROL LOGIKA FUZZY	16
2.6. BLOK DIAGRAM KONTROL PID ANALOG	17
2.7. PERBANDINGAN KONTROLER KONVENSIONAL DENGAN FUZZY	18
2.8. KARAKTERISTIK DAYA MOTOR DC	21
2.9. CHOPPER DENGAN BEBAN RESISTIF	23
3.1. NLX220 DENGAN 28 KAKI	29
3.2. DIAGRAM BLOK NLX220	32
3.3. FUNGSI KEANGGOTAAN TEMPERATUR	33
3.4. TIPE FUNGSI KEANGGOTAAN	34
3.5. FUNGSI KEANGGOTAAN KECEPATAN	34
3.6. FUNGSI KEANGGOTAAN OVERLAP	35
3.7. FUZZIFIKASI MASUKAN TEMPERATUR	36
3.8. FUNGSI KEANGGOTAAN MENGAPUNG	38
3.9. DEFUZZIFIKASI IMMEDIATE	43

3.10. DEFUZZIFIKASI AKUMULASI	44
3.11. PEWAKTUAN I/O	49
4.1. DIAGRAM BLOK SISTEM KONTROL	58
4.2. RANGKAIAN SENSOR LDR	60
4.3. DIAGRAM BLOK FLC NLX220	61
4.4. DRIVER MOTOR	62
4.5. MEMBERSHIP FUNCTION IN1	65
4.6. MEMBERSHIP FUNCTION IN3	66

DAFTAR TABEL

3.1. ORGANISASI MEMORI	44
3.2. ORGANISASI BYTE GENAP DALAM NLX220	46
3.3. ORGANISASI BYTE GANJIL DALAM NLX220	47
6.1. PENGUKURAN SENSOR LDR SAAT DIGERAKKAN DENGAN SUDUT PERUBAHAN SEBESAR 5° MENJAUHI SUMBER CAHAYA	71



TUGAS AKHIR

BAB I

PENDAHULUAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi listrik, di abad ke dua puluh ini, merupakan bentuk energi yang paling banyak dipakai saat ini. Dengan begitu banyak kegunaan, kenyamanan, dan kemudahan yang diberikan membuat energi listrik ini menjadi bentuk energi yang akan selalu dipakai dan dikembangkan. Sebagai salah satu bentuk sumber energi listrik pembangkit listrik tenaga surya makin hari makin meningkat jumlahnya. Hal ini dikarenakan makin menipisnya kandungan bahan bakar minyak yang selama ini terus dieksploitasi oleh umat manusia, sedangkan energi surya (matahari) tidak akan pernah habis dan juga mempunyai tingkat resiko yang relatif jauh lebih kecil jika dibandingkan dengan pembangkit energi yang lain. Ukurannyapun relatif jauh lebih kecil dan cukup beragam sesuai dengan jumlah daya yang dibutuhkan.

Sayangnya harganya masih relatif mahal untuk saat ini -tapi relatif murah untuk jangka panjang- dan juga daya yang dihasilkan kurang maksimal. Tingkat kemaksimalan daya yang dihasilkan selain tergantung dari jenis bahannya sendiri, yang mempunyai tingkat efisiensi masing-masing, juga sangat tergantung dengan kondisi cuaca saat itu dan arah datangnya sinar matahari ke sel surya.

Jika posisi sel surya dapat dipertahankan untuk selalu tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari, maka daya yang dihasilkan akan mencapai maksimal

untuk kondisi saat itu. Untuk itu diperlukan suatu alat kontrol yang mampu bereaksi dengan cepat mengikuti setiap perubahan posisi yang ada.

1.2. Permasalahan

Dasar dari strategi perancangan sistem kontrol adalah model matematis yang menggambarkan suatu proses masukan diolah menjadi keluaran yang dikehendaki. Pendekatan seperti ini berguna jika pembuatan model matematis dapat dilakukan. Dalam perancangan sistem non linear pembuatan model matematis akan menjadi sangat sulit dilakukan. Walaupun model matematis dapat dibuat, model tersebut akan menjadi sangat kompleks untuk dihitung secara real time.

Sistem kontrol yang menggunakan logika fuzzy memiliki pendekatan yang berbeda dalam perancangannya. Respon kontrol terhadap suatu input tergantung pada aturan-aturan yang telah ditetapkan secara intuitif. Pendekatan ini mirip dengan proses pengambilan keputusan yang dilakukan oleh otak manusia sehingga model matematis yang kompleks tidak diperlukan.

1.3. Tujuan

Dalam tugas akhir ini direncanakan dan dibuat peralatan yang mampu bereaksi terhadap setiap perubahan posisi dan mencari kembali dengan cepat posisi yang paling tegak lurus terhadap arah datangnya sinar matahari, untuk itu digunakan motor DC yang pengontrolannya dengan menggunakan logika fuzzy. Logika fuzzy

diterapkan secara nyata dalam rangkaian elektronika yang menggunakan prosesor logika fuzzy sehingga proses fuzzy dilakukan secara hardware.

Dari peralatan yang dibuat diharapkan diperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan pengalaman tentang penerapan logika fuzzy dalam sistem kontrol. Proses disain dan analisa perfomansi sistem akan memberikan gambaran yang lebih jelas akan keuntungan dan kelemahan dari penerapan logika fuzzy dalam sistem kontrol secara realistik.

1.4. Pembatasan Permasalahan

Titik berat pembahasan dalam tugas akhir ini adalah penggunaan Fuzzy Logic Controller, dalam tugas akhir ini dipakai mikrokontroller Fuzzy NLX 220, suatu chip khusus menangani proses kontrol fuzzy. Prosesor tersebut bersama-sama dengan perangkat keras lainnya akan mengatur posisi sel surya yang paling tegak lurus terhadap arah sinar supaya dayanya maksimal..

Sistem kontrol yang digunakan adalah sistem kontrol lup terbuka. Untuk setiap kondisi input yang berbeda, diberikan respons yang berbeda dalam bentuk tegangan output yang akan digunakan untuk mengubah arah dan kecepatan motor, sehingga menggerakkan dan mengarahkan sel surya ke posisi yang diinginkan.

1.5. Metodologi

Untuk mencapai tujuan yang direncanakan, maka dalam pengerjaan tugas akhir ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

Studi literatur mengenai teori logika fuzzy secara umum untuk mempelajari tentang dasar-dasar logika fuzzy yang digunakan untuk proses kontrol. Kemudian mempelajari teori logika fuzzy yang digunakan oleh Fuzzy Logic Controllers NLX 220 dan mempelajari cara pembuatan aturan fuzzy sesuai dengan pendekatan kontrol PID.

Studi literatur mengenai berbagai jenis sel surya dan spesifikasi tegangan dan arus yang dihasilkan. Karakteristik dari sel surya yang berbeda dari sumber energi listrik konvensional.

Studi literatur mengenai motor DC dan pengaturannya.

Mengamati, mencoba dan mempelajari LDR yang digunakan sebagai sensor.

Setelah itu dilakukan perencanaan rangkaian, dimulai dari pembuatan blok diagram, perencanaan rangkaian lengkap, dan disain PCB. Setelah rangkaian dirakit, dilakukan pengujian tiap-tiap bagian dan kemudian pengujian dilakukan kembali setelah semua bagian digabungkan.

Tahap berikutnya adalah pembuatan program fuzzy, yang akan digunakan sebagai alat pengontrol untuk setiap kondisi yang ada sehingga sel surya dapat menjejak arah dengan optimal.

Pengukuran dilakukan setelah semua bagian bekerja dengan baik. Pengukuran dilakukan perbagian dan kemudian secara keseluruhan sistem.

1.6. Sistematika

Sistematika pembahasan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I merupakan Pendahuluan yang meliputi latar belakang, permasalahan, tujuan, pembatasan masalah, metodologi, sistematika, dan relevansi tugas akhir ini.

BAB II membahas mengenai teori penunjang yang diperlukan dalam tugas akhir ini meliputi teori fuzzy untuk kontrol, teori tentang sel surya, teori tentang motor dc dan cara pengaturannya.

BAB III membahas teori khusus mengenai kontroler fuzzy yang digunakan.

BAB IV membahas perencanaan hardware.

BAB V membahas perencanaan software.

BAB VI membahas mengenai hasil pengujian dan pengukuran.

BAB VII merupakan bab penutup yang berupa kesimpulan dan saran dari tugas akhir ini.

1.7. Relevansi

Diharapkan dengan data dan hasil perencanaan tugas akhir ini dapat memberikan sumbangan tentang penerapan logika fuzzy dalam sistem kontrol yang dapat dimanfaatkan secara luas dalam pengembangan ilmu dan industri, khususnya bagi industri pemanfaatan energi surya dan pengembangan ilmu tentang teori fuzzy di Teknik Elektro ITS.



TUGAS AKHIR

BAB II

TEORI PENUNJANG

BAB 2

TEORI PENUNJANG

2.1. Pendahuluan

Dalam bab II ini akan dibahas tentang dasar-dasar teori yang menunjang dalam perencanaan sistem optimasi daya sel surya melalui pengaturan posisinya terhadap arah datangnya sinar matahari dengan menggunakan prosesor logika fuzzy sebagai komponen pengendali utama.

Mula mula akan dibahas tentang teori fuzzy yang merupakan dasar penting untuk merancang sistem kontrol yang akan dibuat. Kemudian dilanjutkan dengan pembahasan tentang motor dc dan cara-cara pengaturannya, terakhir mengenai teori dasar dan karakteristik sel surya.

2.2. Sistem Kontrol Menggunakan Logika Fuzzy

Tujuan dari setiap sistem kontrol adalah menghasilkan keluaran yang dikehendaki untuk setiap masukan yang diberikan. Rangkaian usaha yang dilakukan untuk mengolah input menjadi output yang dikehendaki disebut proses kontrol. Ada beberapa macam metode proses kontrol, yaitu : metode look up table (konvensional), model matematis untuk mencari transfer function antara input dan output, dan model logika fuzzy.

Mode pengontrol konvensional menggunakan tabel untuk menentukan harga output sesuai dengan input atau kombinasi input yang diberikan (gambar 2.1).

Metode ini hanya efektif untuk kontrol yang sederhana yang memiliki resolusi rendah dan variabel input sedikit, jika variabel input dan resolusinya meningkat maka metode variabel akan membutuhkan memori yang sangat besar, menimbulkan gangguan pada sistem karena terjadi event yang tidak tertanggapi, dan meloncatnya nilai output dari tabel yang satu ke tabel yang lain, solusi dari masalah ini adalah membuat persamaan output sebagai fungsi input yang merupakan model matematis dari sistem tersebut.

	Variabel 2			
Variabel 1	Out 1.1			
	Out n.1			Out n.n

Gambar 2.1 Look Up Table

Secara teoritis, model matematis dari suatu sistem harus secara tepat menggambarkan perilaku sistem terhadap input yang diberikan. Untuk sistem yang kompleks, pembuatan model matematis menjadi sangat sulit bahkan mustahil untuk dilakukan, jikapun dapat maka persamaan menjadi sangat kompleks sehingga tidak dapat diproses secara real time. Pembuatan model matematis juga membutuhkan keahlian khusus sehingga membutuhkan ahli yang mampu mengkonversi sifat atau perilaku sistem yang dikehendaki kedalam persamaan matematis. Sehingga untuk proses ini diperlukan waktu dan biaya yang tidak sedikit. Sebagai contoh seorang insinyur pertanian mengerti hubungan yang terjadi antara pengairan, pemupukan, kelembaban tanah dan suhu udara yang tepat untuk proses pertumbuhan yang

sempurna tetapi tidak dapat mengekspresikan proses berpikirnya itu kedalam suatu persamaan matematis yang tepat.

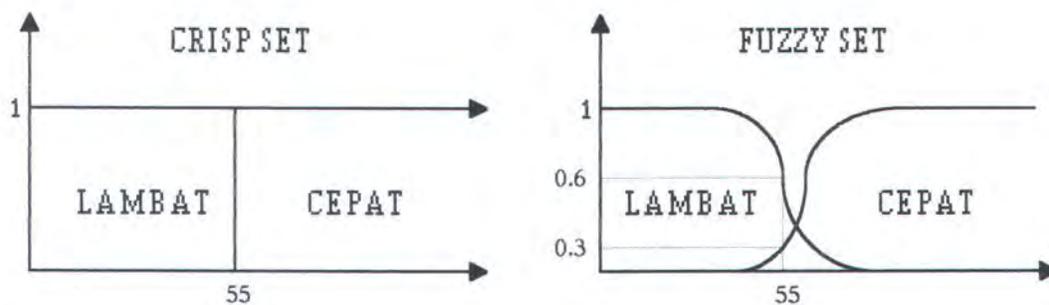
Kelemahan lain dari pembuatan model matematis adalah keterbatasan data yang ada sehingga tidak memungkinkan pembuatan model atau adanya asumsi-asumsi yang memudahkan pembuatan model matematis tetapi mengurangi keakuratan sistem.

Metode kontrol menggunakan logika fuzzy mulai dikembangkan beberapa tahun terakhir ini untuk mengatasi kelemahan dari metode konvensional diatas. Fuzzy logic menawarkan pemecahan masalah yang intuitif, yang sesuai dengan cara berpikir manusia. Pendekatan logika fuzzy memungkinkan pembuatan sistem kontrol yang cepat, murah, dan handal sehingga metode ini menjadi jawaban yang tepat untuk saat ini untuk memecahkan berbagai macam permasalahan pada sistem kontrol terutama pada sistem kontrol non linier dan dinamis. Dalam alat optimasi daya sel surya ini memang arah pergerakan matahari dari Timur ke Barat adalah linier tiap satuan waktunya, tapi perubahan besar tahanan yang dihasilkan oleh sensor LDR tidak linier untuk setiap kondisi perubahan posisi matahari setiap saat, dengan menggunakan logika fuzzy maka kendala ketidaklinieran respon sensor ini dapat teratasi.

2.2.1. Logika Fuzzy

Teori fuzzy mulai dikembangkan oleh Lotfi Zadeh pada tahun 1965 di University of California. Teori ini dikembangkan untuk mengatasi kelemahan

'two valued logic' yang hanya membagi suatu keadaan menjadi hanya dua kemungkinan saja misalnya besar atau kecil, benar atau salah, dan tidak memberi kemungkinan nilai lainnya. Teori 'two valued logic' yang kemudian diimplementasikan dalam metode pemecahan masalah ternyata sangat efektif dan berhasil sebatas permasalahan dapat dideskripsikan secara tepat kuantitasnya. Dalam kenyataannya suatu masalah seringkali tidak dapat dengan jelas dideskripsikan kuantitasnya, sebagai contoh suatu mobil yang berjalan pada 60 km/jam sulit dikatakan termasuk kategori cepat atau lambat. Contoh pemecahan dengan 'two valued logic' adalah memberi batasan 0 - 55 km/jam adalah kategori lambat dan lebih dari 55 km/jam adalah kategori cepat. Kesulitan yang pertama adalah



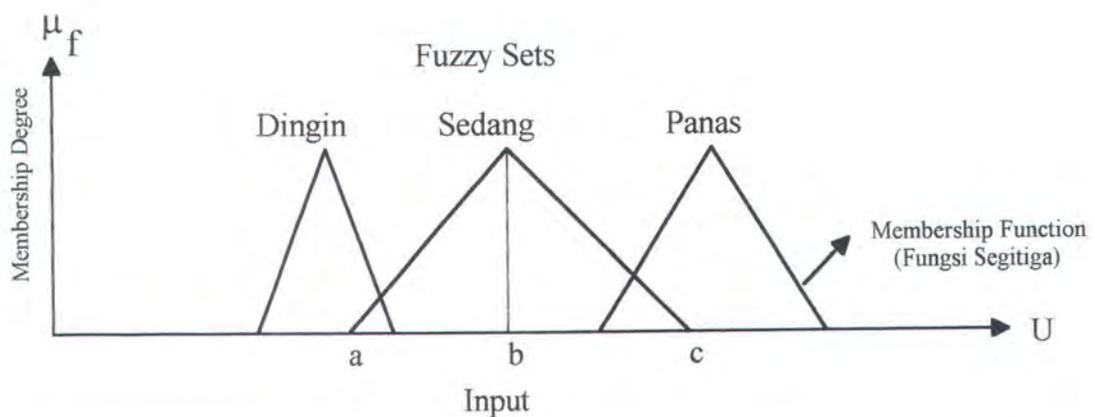
menentukan batasan antara cepat dan lambat secara kuantitatif karena setiap orang mempunyai penilaian yang berbeda, jikapun dapat maka kesulitan berikutnya adalah menentukan kategori kecepatan 55 km/jam yang berarti terletak pada perbatasan antara cepat dan lambat. Logika fuzzy membagi suatu keadaan kedalam suatu interval (0,1) yang secara intuitif dapat dinyatakan dengan contoh seperti mobil itu sangat lambat, lambat, sedang, cepat, sangat cepat, dan seterusnya. Jika logika fuzzy

ini diterapkan pada permasalahan kecepatan mobil diatas maka dapat dikatakan misalnya mobil dengan kecepatan 55 km/jam mempunyai nilai 0.6 lambat dan 0.3 cepat, yang berarti mobil tersebut

Gambar 2.2 Perbandingan metode 'two valued logic' dengan fuzzy cenderung lambat. Cara pemecahan seperti ini lebih dapat diterima daripada jika dikatakan mobil tersebut lambat atau cepat. Untuk lebih jelas permasalahan diatas dapat digambarkan seperti di atas.

Beberapa istilah dari teori fuzzy adalah sebagai berikut :

Fuzzy set disebut juga membership function adalah suatu himpunan kejadian



dengan batas-batas sesuai dengan membership functionnya. Membership function fuzzy umumnya berbentuk fungsi S, fungsi segitiga, fungsi trapezoidal, fungsi eksponensial, dan fungsi π . Dalam tugas akhir ini dipakai fungsi segitiga sesuai dengan karakteristik prosesor fuzzy yang digunakan. Notasi matematis fuzzy set

ditulis sebagai : $F = \{(u, \mu_f(u)) \mid u \in U\}$. Fungsi segitiga¹ dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$T(u, a, b, c) = \begin{cases} 0 & \text{untuk } u < a \\ (u-a)/(b-a) & \text{untuk } a \leq u \leq b \\ (c-u)/(c-b) & \text{untuk } b \leq u \leq c \\ 0 & \text{untuk } u > c \end{cases}$$

Gambar 2.3 Fungsi Segitiga

Membership degree menunjukkan tingkatan suatu kejadian masuk kedalam fuzzy set, nilai membership degree (derajat keanggotaan) didapat dari nilai yang ditunjukkan membership function pada nilai input tertentu. Notasi matematis membership degree :

$$\mu_f : U \rightarrow [0,1]$$

Gambar 2.3 akan menunjukkan contoh dari fuzzy sets, fungsi keanggotaan, dan derajat keanggotaan.

2.2.2. Operasi Himpunan Fuzzy (Fuzzy Set)

Didalam teori fuzzy terdapat operasi matematis, yang digunakan untuk melakukan perhitungan pada himpunan fuzzy. Empat operasi dasar² adalah :

¹ Jun Yan, Michael Ryan, James Power, USING FUZZY LOGIC (Prentice Hall, 1994), p.18

² Ibid, pp. 20 - 21.

- Identitas** : dua buah himpunan fuzzy A dan B dikatakan sama jika keduanya didefinisikan pada suatu semesta yang sama dan membership function yang sama, dinyatakan dalam notasi matematis : $\mu_A(u) = \mu_B(u)$, $u \in U$ (U adalah notasi dari Universe).
- Gabungan** : adalah gabungan dua buah himpunan fuzzy A dan B yang membentuk sebuah himpunan fuzzy dimana fungsi keanggotaan himpunan tersebut dinyatakan dalam notasi : $\mu_{A \cup B} = \max \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \}$ untuk semua $u \in U$. Operasi ini ditunjukkan oleh operator 'and' dalam aturan fuzzy.
- Irisan** : adalah irisan dua buah himpunan fuzzy A dan B yang membentuk sebuah himpunan fuzzy dimana fungsi keanggotaan himpunan tersebut dinyatakan dalam notasi : $\mu_{A \cap B} = \min \{ \mu_A(u), \mu_B(u) \}$ untuk semua $u \in U$. Operasi ini ditunjukkan oleh operator 'or' dalam aturan fuzzy.
- Komplemen** : adalah himpunan fuzzy yang mempunyai fungsi keanggotaan yang dinyatakan dalam notasi : $\mu_{A'}(u) = 1 - \mu_A(u)$ untuk semua $u \in U$, dimana $\mu_A(u)$ adalah derajat keanggotaan himpunan fuzzy A dan $\mu_{A'}(u)$ adalah derajat keanggotaan himpunan fuzzy komplemen A. Operasi ini ditunjukkan oleh operator 'not' dalam aturan fuzzy.

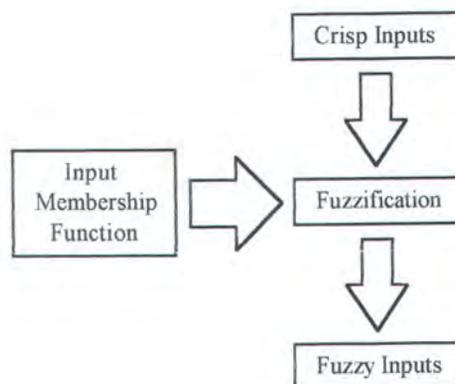
2.2.3. Proses Logika Fuzzy

Dalam pemecahan permasalahan menggunakan metoda logika fuzzy diperlukan tiga tahap proses yaitu :



- a. proses fuzzification, yaitu mengubah variabel input yang berupa variabel crisp kedalam variabel fuzzy, yang dimaksud dengan variabel crisp adalah variabel yang berorientasi numerik.
- b. proses evaluasi aturan (rule evaluation), yaitu mencari nilai aksi dengan memberi bobot pada setiap aturan yang diberikan.
- c. proses defuzzification, yaitu mengubah variabel fuzzy yang terbentuk dari proses evaluasi aturan menjadi variabel crisp.

Proses fuzzification adalah rangkaian usaha untuk mentransformasi variabel input yang mulanya bersifat numerik (crisp inputs) ke variabel fuzzy (fuzzy inputs). Transformasi ini dipengaruhi oleh fungsi keanggotaan yang digunakan. Untuk lebih jelasnya proses fuzzifier digambarkan seperti di bawah



Gambar 2.4³ Proses Fuzzification

Proses evaluasi aturan (rule evaluation) adalah rangkaian usaha yang menentukan nilai aksi sebagai tanggapan atas setiap input atau kombinasi input yang

³ Motorola, FUZZY LOGIC EDUCATION PROGRAM

diberikan dengan memberi bobot pada masing-masing aturan yang telah ditetapkan. Di dalam proses ini terdapat dua komponen utama yaitu himpunan aturan (rule sets) dan metode evaluasi aturan.

Himpunan aturan adalah semua aturan yang diperlukan untuk menentukan tanggapan terhadap input atau kombinasi input yang diberikan. Aturan ini bersifat linguistic dan mempunyai bentuk 'jika ... maka ...' (If ... then ...). Bentuk aturan ini diciptakan berdasarkan keinginan untuk⁴:

1. menyediakan cara yang mudah bagi para ahli untuk mengekspresikan pengetahuan dan pengalaman mereka.
2. menyediakan cara yang mudah bagi para desainer untuk menyusun dan memprogram aturan fuzzy.
3. mengurangi biaya desain.

Bentuk umum dari aturan fuzzy adalah : jika x_1 adalah A_{k1} dan x_2 adalah A_{k2} atau x_3 adalah A_{k3} ... maka y_1 adalah B_{k1} , dimana x_1 , x_2 , dan x_3 adalah input kejadian 1 (antecedent 1), kejadian 2, dan kejadian 3, A_{k1} , A_{k2} , dan A_{k3} adalah himpunan fuzzy yang berkorelasi dengan kejadian, y_1 adalah output kejadian, dan B_{k1} adalah himpunan fuzzy yang berkorelasi dengan output.

Metode evaluasi aturan adalah metode yang digunakan dalam mengevaluasi aturan yang telah ditetapkan. Ada beberapa metode evaluasi aturan yang sering dipakai seperti mini rule (Mamdani), product rule (Larsen), Max-min rule (Zadeh), Arithmetic rule (Zadeh), dan Boolean. Metode yang dipakai dalam tugas akhir ini

⁴ Jun Yan, Michael Ryan, James Power op.cit, pp. 30-31

adalah Max-min sesuai dengan metode yang dipakai oleh fuzzy prosesor NLX220⁵ yang digunakan. Konsep dari metode max-min adalah mencari nilai minimum pada setiap rule, kemudian mencari nilai maksimum dari himpunan aturan yang berkorelasi dengan satu kejadian output sehingga dapat ditentukan nilai aksi yang seharusnya, demikian diulangi untuk setiap kejadian output. Nilai minimum pada setiap rule menggambarkan derajat kefuzzian aturan tersebut, sedangkan nilai maksimum dari nilai minimum himpunan aturan yang berkorelasi dengan satu kejadian output menggambarkan kejadian yang paling dapat dipercaya karena mempunyai derajat kefuzzian yang paling tinggi sehingga aturan yang mempunyai derajat kefuzzian diambil sebagai aturan yang paling dapat dipercaya (the winning rule).

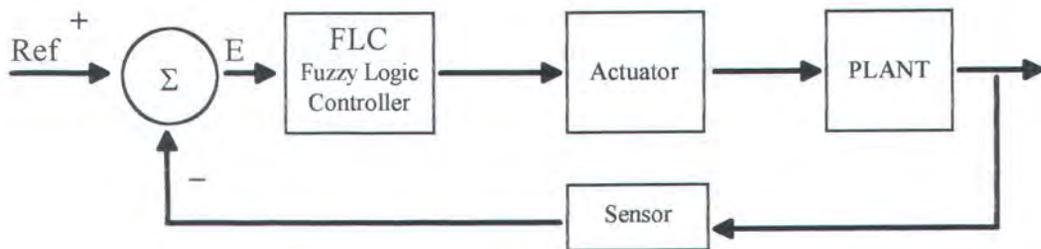
Proses defuzzification adalah tahap terakhir proses logika fuzzy yang berfungsi untuk mengubah output yang berupa output fuzzy menjadi output crisp. Ada beberapa metode defuzzification, antara lain : Center Of Gravity (COG), fuzzy singleton, accumulate, dan immediate. Dalam tugas akhir ini dipakai metode accumulate dan immediate. Metode accumulate pada output berarti nilai output sama dengan nilai aksi aturan yang menang ditambah dengan nilai output sebelumnya sehingga metode ini dapat dipakai untuk pendekatan proses integrasi. Sedangkan metode immediate pada output berarti nilai output sama dengan nilai aksi aturan yang menang.

Pada bab III akan diuraikan secara lebih mendalam tentang teori logika fuzzy khususnya yang dipakai oleh Fuzzy Logic Controller NLX220.

⁵ NeuraLogix, 1992.

2.2.4. Logika Fuzzy Untuk Kontrol

Struktur dasar dari alat pengontrol menggunakan logika fuzzy ditunjukkan pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.5 Blok Diagram Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Sistem kontrol otomatis pada umumnya terdiri dari empat bagian utama : sensor, kontroler, aktuator, dan plant. Sensor mengukur perilaku dari sistem. Aktuator memberikan daya untuk menggerakkan peralatan yang dikontrol agar mencapai suatu harga yang diinginkan. sedangkan kontroler memberikan sinyal perintah ke aktuator sesuai aksi kontrol menurut besarnya deviasi (error) yaitu selisih antara referensi dan output yang terukur oleh sensor.⁶

Sistem kontrol yang digunakan adalah sistem lup terbuka, tidak perlu menggunakan sistem lup tertutup.

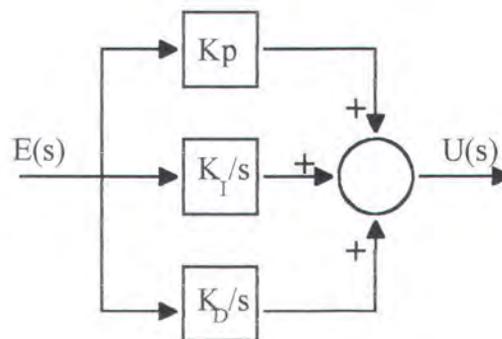
Dalam industri terdapat beberapa klasifikasi pengontrolan secara klasik sesuai dengan aksi pengontrolannya sebagai berikut :

1. Pengontrolan dua posisi atau ' On - Off '.
2. Pengontrolan proporsional.
3. Pengontrolan integral.

⁶ Katsuhiko Ogata, Edi Leksono, TEKNIK KONTROL AUTOMATIK JILID 1 (Jakarta, Erlangga, 1991) p.3

4. Pengontrolan proporsional plus integral (PI).
5. Pengontrolan proporsional plus turunan (PD).
6. Pengontrolan proporsional plus integral plus turunan (PID).

Pada sistem kontrol analog banyak digunakan kontrol kontroler PID karena tipe ini mempunyai kestabilan dan performansi yang lebih baik. Diagram blok kontroler PID analog ditunjukkan pada gambar 2.6.



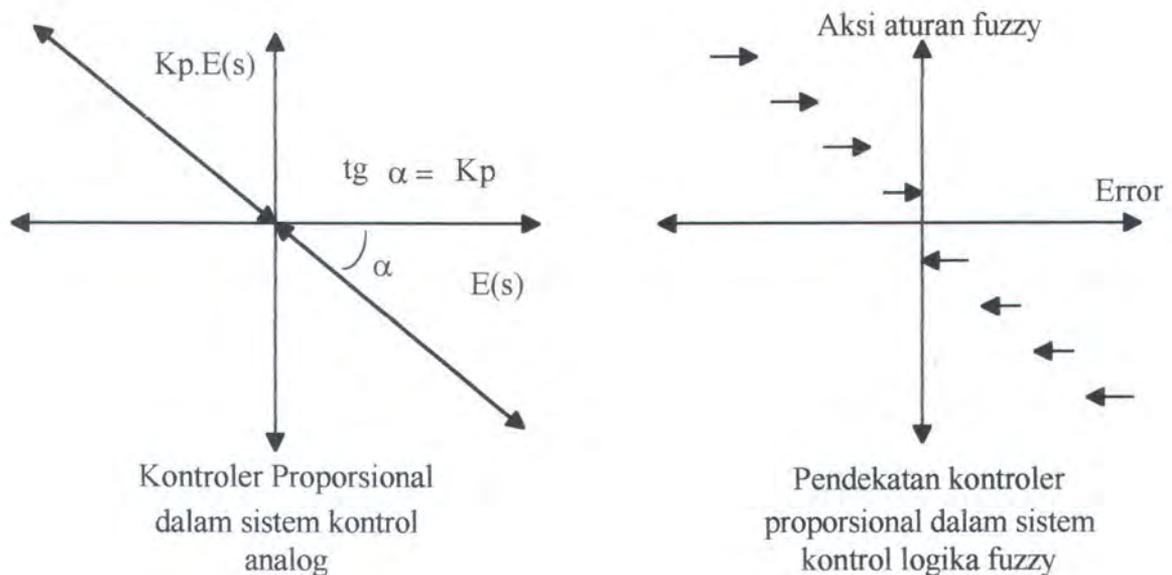
Gambar 2.6. Blok diagram kontroler PID analog

Fungsi alih dari kontroler ini adalah $\frac{U(s)}{E(s)} = D(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_D s$

Pada sistem kontrol analog, kontroler PI berfungsi sebagai phase lag kompensator yang bersifat meningkatkan penguatan pada frekuensi rendah mengurangi steady state error. Sedangkan kontroler PD berfungsi sebagai phase lead kompensator yang bersifat menambah kestabilan sistem. Kontroler PID merupakan gabungan dari dua tipe kontroler diatas sehingga bertipe lag-lead kompensator yang mempunyai sifat dari kedua kontroler diatas.

Secara matematis, bentuk proporsional mempunyai fungsi alih berupa hasil perkalian antara konstanta proporsional dengan error. Pada logika fuzzy, bentuk ini

didekati dengan memberikan setiap konstanta aksi pada masing-masing variabel fuzzy yang berhubungan dengan error. Untuk error yang positif maka diberi aksi negatif agar error mengecil ke arah nol, demikian pula untuk sebaliknya. Untuk error yang lebih besar maka diberi aksi yang lebih besar pula. Pembentukan variabel fuzzy, misalnya error adalah kecil atau error adalah besar batasannya ditentukan berdasarkan tingkat pengalaman dan keahlian perancang.



Bentuk integral dari sistem analog adalah penjumlahan error secara kontinu, dengan menggunakan logika fuzzy, bentuk integral sistem analog dapat didekati dengan menjumlahkan setiap konstanta aksi sebelumnya pada variabel fuzzy yang berhubungan dengan error. Pendekatan fungsi integral pada NLX220 menggunakan metode accumulate pada outputnya.

Bentuk turunan dari sistem analog adalah perbedaan error persatuan waktu, dengan menggunakan logika fuzzy bentuk turunan ini dapat didekati dengan memberikan konstanta aksi pada variabel fuzzy yang berhubungan dengan selisih

error terhadap error sebelumnya. Error yang disampling pada $(k+1)T$ dikurangi dengan error pada $(k)T$ sehingga terdapat selisih error, kemudian input ini dikelompokkan sesuai membership function sehingga didapat membership degree dari tiap variabel fuzzy yang berkorelasi dengan derivatif error tersebut, setelah itu sesuai dengan rule yang digunakan dapat diperoleh nilai aksi untuk sampling data tersebut.

Kemudian ketiga unsur diatas dijumlahkan sehingga membentuk suatu sistem kontrol pendekatan metode PID menggunakan logika fuzzy. Keuntungan metode PID menggunakan logika fuzzy selain desainnya yang mudah dan cepat, juga sifat penentuan nilai aksi yang berlaku lokal pada interval tertentu saja sehingga memudahkan mengatasi permasalahan yang non linier, berbeda dengan metode konvensional, jika mengubah besarnya konstanta maka seluruh karakteristik sistem berubah sehingga metode konvensional lebih sesuai untuk permasalahan yang linier.

Dalam tugas akhir ini tidak digunakan metode PID, karena selain penggunaan metode Proporsional sudah memuaskan, juga karena keterbatasan jumlah input dan output yang diperlukan, jika menggunakan metode PID butuh lebih banyak input dan output variabel fuzzy yang digunakan.

2.3. Motor DC

Motor arus searah mempunyai bagian yang diam (stator) dan bagian yang berputar (rotor). Bagian stator terdiri dari badan motor (bodi) yang memiliki lempeng-lempeng magnet yang melekat padanya. Untuk motor kecil,

lempengan-lempengan tersebut adalah magnet permanen sedangkan pada motor yang besar berupa elektromagnet. Umumnya lempengan tersebut dibuat dari bahan magnetik derajat tinggi. Kumputan yang dililitkan pada lempengan magnet tersebut disebut kumputan medan.

Rotor terdiri dari jangkar yang intinya terbuat dari lempengan-lempengan yang ditakik. Susunan lempengan membentuk celah-celah. Konduktor kumputan jangkar dimasukkan pada celah-celah tersebut. Ujung dari tiap kumputan dihubungkan pada satu segmen komutator. Tiap segmen merupakan pertemuan dua ujung kumputan yang terhubung ke segmen itu.

2.3.1. Torsi Motor DC

Bila kumputan medan diberi tegangan, maka akan terbentuk kutub-kutub magnet utara dan selatan pada lempeng-lempeng magnet. Pada kumputan jangkar juga diberikan tegangan melalui komutator dan sikat-sikat. Hal ini menyebabkan terbentuknya medan magnet disekeliling masing-masing konduktor, sehingga menghasilkan torsi.

Total torsi yang dihasilkan oleh gaya magnetik dari kedua medan sebanding dengan kuat medan (Φ) dan arus jangkar (I_a).

Persamaannya adalah : $T = K \Phi I_a$ (NM^{-1}), dimana T = torsi, Φ = kuat medan, I_a = arus jangkar, K = konstanta desain.

2.3.2. Jenis-jenis Motor DC

Berdasarkan tipe magnet, motor dc dapat dibedakan atas :

- motor dc magnet permanen : kuat medan magnet umumnya tetap dan dapat berkurang sesuai dengan ketahanan material magnet tersebut untuk mempertahankan sifat kemagnetannya.
- motor dc magnet buatan : sifat kemagnetan terbentuk karena adanya arus listrik yang mengalir melalui kawat yang melilit pada material yang mudah menjadi magnet. Kekuatan medan magnetnya tergantung dari besar kecilnya arus yang mengalir.

Berdasarkan sumber arus penguat magnetnya, motor dc dapat dibedakan atas:

- motor dc penguat terpisah : arus penguat medan magnet diperoleh dari sumber dc diluar motor.
- motor dc penguat sendiri : arus penguat medan magnet berasal dari motor itu sendiri.

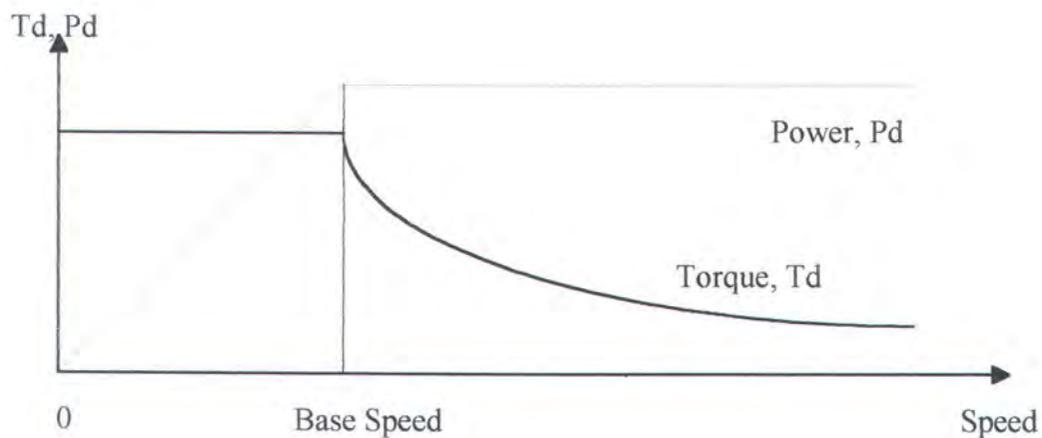
Berdasarkan hubungan lilitan penguat magnet terhadap lilitan jangkar motor dc dibedakan atas : 1. motor dc seri, 2. motor dc shunt, 3. motor kompond yang dibedakan lagi menjadi motor kompond pendek dan motor kompond panjang.

2.3.3. Pengontrolan Kecepatan dan Karakteristik Daya Motor DC

Kecepatan putaran motor dc secara umum dapat diatur dengan mengubah besarnya 1. tegangan jangkar, 2. arus medan, 3. torsi⁷. Dalam tugas akhir ini dipakai

⁷ Muhammad H.Rasyid, POWER ELECTRONICS CIRCUIT, DEVICES, and APLICATIONS (Singapore, Prentice Hall International, Inc., 1988), p.496

motor dc magnet permanen sehingga dalam pengontrolan kecepatan motor hanya menggunakan tegangan jangkar dan torsi. Perkalian antara kecepatan dan torsi menghasilkan daya motor. Karakteristik dari daya motor ditunjukkan pada gambar 2.8. berikut ini.



Gambar 2.8⁸ Karakteristik Daya Motor DC

Selama daya motor belum mencapai maksimum, maka kecepatan dapat dinaikkan dengan asumsi torsi konstan. Saat daya mencapai maksimum, yaitu saat kecepatan mencapai base speed maka hasil kali kecepatan dan torsi adalah konstan, akibatnya jika kecepatan ditambah maka torsi akan menurun. Karena itu besarnya kecepatan maksimum motor dc tergantung pada daya motor dan torsi.

Untuk mengontrol besarnya tegangan yang diberikan ke motor dc digunakan metode chopper.

⁸ Ibid., p.497

2.4. Sel Surya

Pemanfaatan sel surya untuk mengubah energi matahari menjadi energi listrik sudah dipakai secara luas dan terus dikembangkan. Sampai dengan saat ini, pada dasarnya dapat dikelompokkan dalam tiga kategori.

Kategori pertama adalah rangkaian sel surya dalam bentuk modul kecil, mampu menghasilkan 1 sd 10 kW daya listrik. Tipe ini dapat digunakan untuk beban yang relatif kecil seperti pompa irigasi, peralatan komunikasi, pengisian ulang baterai, kontrol jarak jauh dan lain-lain.

Kategori kedua dari sumber energi sel surya ini adalah yang berupa stasiun tenaga darat (cooperative terrestrial power station) yang mampu memproduksi 10 kW sd 5 MW daya listrik. Tipe ini didisain untuk pemakaian suatu komunitas, untuk kepentingan bisnis atau kelompok tertentu yang akan mendukung sumber tenaga yang konvensional atau sebagai sumber tenaga cadangan. Dapat juga dipakai untuk kota kecil di daerah yang terpencil atau yang kekurangan energi.

Kategori yang terakhir adalah stasiun tenaga daya penuh (full-scale megawatt power station), memproduksi 10 sd 100 MW, dan dapat didisain untuk menjadi sumber energi listrik utama. Biasanya stasiun tenaga ini dibangun di daerah gurun yang mempunyai kemungkinan memperoleh sinar matahari maksimal dalam jangka waktu panjang sepanjang hari.

Ketiga kategori di atas mempunyai kelemahan yang sama, jika dibandingkan sumber tenaga listrik konvensional, yaitu ketidakmampuan menyediakan daya listrik secara konstan sepanjang hari (24 jam). Maka pemanfaatan dari sel surya ini diusahakan untuk dioptimalkan untuk setiap kondisi eksternal yang ada.

2.4.1. Prinsip kerja sel surya

Sel surya terbuat dari bahan semikonduktor, suatu bahan yang mempunyai konduktivitas listrik antara isolator (tidak dapat menghantarkan listrik) dan konduktor (penghantar listrik yang baik, biasanya logam), seperti silikon dan germanium. Kebanyakan sel surya yang diperdagangkan secara umum adalah berbentuk kristal tunggal silikon murni yang "dikotori" dengan bahan lain seperti Boron atau Fosfor. Sel surya secara umum terdiri dari 2 lapisan permukaan, seperti terlihat dalam gambar di bawah, yaitu *p*-type silikon dan *n*-type silikon, dengan penghubung diantara keduanya yang disebut *pn*-junction. *P*-type, yang menghantarkan muatan positif, dibuat dengan mengganti sejumlah kecil silikon dalam kristal dengan boron. Sedangkan *n*-type, penghantar muatan negatif, dibuat dengan mengganti silikon dengan fosfor.

Saat sinar matahari menerpa sel surya, sejumlah elektron dilepaskan dan berpindah ke elektroda negatif (*n*-layer), dan pada saat yang sama lobang yang terbentuk oleh energi perpindahan ini berkumpul di *p*-layer. Maka terbentuklah aliran listrik melalui kedua elektroda itu.

Sinar matahari yang datang menerpa sel surya ini berfungsi seperti regenerator baterai yang selama daerah sel surya tersebut disinari maka energi listrik dihasilkan oleh sel itu. Energi listrik yang dihasilkan dalam bentuk tegangan dc sebesar kurang lebih 0,5 V per sel dan arus listrik yang dihasilkan besarnya bervariasi tergantung dari beberapa faktor, yaitu panjang gelombang dan intensitas cahaya matahari yang menyinari sel serta besarnya luas permukaan sel yang disinari. Untuk memaksimalkan daya listrik yang dihasilkan oleh sel surya ini maka harus dibuat sedemikian rupa sehingga seluruh luas permukaan sel surya itu dapat disinari oleh matahari, yaitu jika posisinya tegak lurus menghadap matahari. Saat posisi demikian tegangan dan arus yang dihasilkan adalah maksimal untuk kondisi panjang gelombang dan intensitas yang sama.

2.4.2. Karakteristik Performansi Sel Surya

Untuk memperoleh level tegangan dan level daya yang lebih tinggi, sel-sel surya secara individu biasanya dirangkai secara seri dan paralel, hampir sama dengan sistem pada baterai. Bentuk gabungan sel surya yang paling kecil, biasa disebut modul surya, yaitu yang dipakai dalam tugas akhir ini, memberikan daya puncak kira-kira sebesar 5 W/ft^2 . Untuk memperoleh besar tegangan dan daya listrik sesuai dengan yang diinginkan, maka dilakukan penggabungan terhadap beberapa buah modul/ panel surya.

Salah satu keuntungan utama yang diberikan oleh tenaga sel surya adalah kehandalan dan kefleksibelan disain dari rangkaian modul surya. Modul surya

tanpa membutuhkan persyaratan tambahan pada unit dasar dari pembangkit tenaga sel surya ini. Unit juga bisa ditambah atau dikurangi untuk menyesuaikan dengan perubahan tenaga yang diperlukan. Pada kondisi modul mengalami kerusakan, susunan seri paralel dari sistem memungkinkan sistem tetap dapat beroperasi, tentunya dengan penurunan daya yang dihasilkan, karena ada sel yang tidak menghasilkan energi listrik (yang rusak tersebut).

Saat sel surya dihubungkan secara seri, besar tegangan total menjadi sama dengan jumlah seluruh tegangan sel yang dirangkai seri, sedangkan arusnya tetap sama dengan arus yang dihasilkan oleh satu buah sel surya. Saat sel surya dihubungkan secara paralel, total arusnya menjadi sama dengan penjumlahan dari masing-masing arus yang dihasilkan oleh masing-masing sel surya, sedangkan tegangannya tetap sama dengan tegangan dari sebuah sel surya.

Efek dari penyinaran (ataupun kerusakan) pada sel surya tergantung dari susunan seri paralel sel surya tersebut. Jika seri, arus output dari rangkaian sel surya tersebut akan dibatasi oleh besarnya arus yang dihasilkan oleh sebuah sel yang tak tersinari (kekurangan sinar), ini akan menyebabkan penurunan daya output secara dramatis. Sedangkan kombinasi paralel, hanya mengalami penurunan arus sebesar berkurangnya arus pada satu (atau beberapa) sel yang tidak tersinari (rusak) tersebut. Oleh karena itu maka diharapkan keseluruhan sel dapat tersinari dengan baik, sehingga tidak menyebabkan terjadinya penurunan daya, ini terjadi jika sel menghadap tegak lurus arah datang sinar.



TUGAS AKHIR

BAB III

MIKROKONTROLER FUZZY NLX220

BAB 3

MIKROKONTROLER FUZZY NLX220⁶

3.1. Keistimewaan NLX220

Mikrokontroler ini merupakan mikrokontroler logika fuzzy yang dapat berdiri sendiri, fleksibel, adaptif, dapat bekerja dengan eksternal ROM (EEPROM) atau *One Time Programmable* (OTP), memiliki empat masukan analog 8 bit dan empat keluaran analog 8 bit, 28 kaki, menawarkan enam jenis fungsi keanggotaan, 111 variabel fuzzy, dan 56 aturan. Kontroler ini dapat dipakai untuk manajemen tenaga dan baterai, pengendalian motor, pengendalian pemanas, pengendalian mobil dan kontrol proses industri.

3.2. Deskripsi

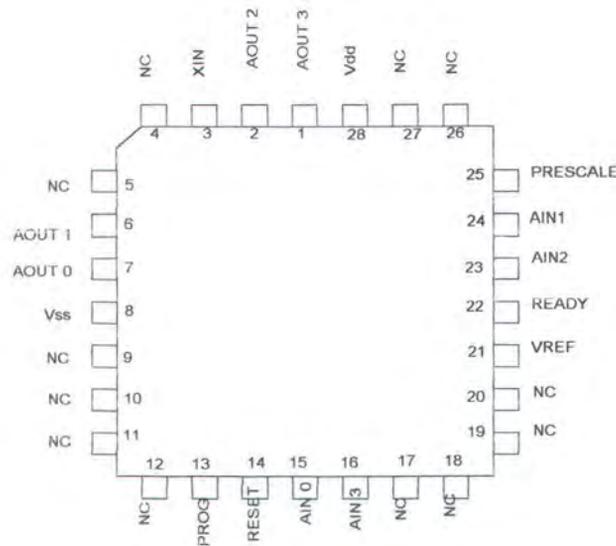
NLX220 memiliki unjuk kerja yang tinggi, dan merupakan kontroler logika fuzzy *stand alone*. Perangkat ini dapat melakukan operasi logika fuzzy secara langsung dalam hardware. NLX220 adalah unggul dalam hal pemakaian, unjuk kerja, terencana dan kuat terhadap kondisi lingkungan operasi yang kasar. Perangkat ini memiliki generator lonceng internal. NLX220 memakai daya yang kecil saat operasi normal dan mempunyai mode *power down* sehingga mengurangi daya

⁶ -----, NLX220, NLX220P, Stand-Alone Fuzzy Logic Controllers Preliminary Data (Adaptive Logic, Inc., 1994), pp. 1-11.

dengan faktor 10. Metodologi fuzzy menggunakan bahasa yang relatif mirip dengan cara berpikir manusia, sehingga pemakaiannya sederhana. Logika fuzzy dapat digunakan untuk menambah kemampuan berpikir berbagai produk. Logika fuzzy dapat memperbaiki unjuk kerja, penambahan perencanaan dan menaikkan efisiensi.

Memori menyimpan fungsi keanggotaan fuzzy dan parameter-parameter aturan. Organisasi memorinya fleksibel dan efisien beradaptasi dengan berbagai keperluan aplikasi. Perangkat tersebut dapat menyimpan 111 variabel fuzzy, yang diorganisasikan menjadi aturan seperti yang dikehendaki. Perangkat ini memiliki enam tipe fungsi keanggotaan yang berbeda untuk keperluan aplikasi. Fungsi keanggotaannya memiliki kemiringan yang konstan dan hanya perlu spesifikasi tipe, lebar, dan pusat. NLX220 memiliki fungsi keanggotaan mengapung (*floating*). Pusat dan lebar dari fungsi keanggotaan dapat dibuat “mengapung” atau bervariasi secara dinamis. Fungsi keanggotaan mengapung dapat digunakan untuk mengukur derivatif, membangun pewaktu atau untuk mengatur hanyutan (*drift*) dari sensor.

Ada dua metode defuzzifikasi yaitu *immediate* dan *accumulate*. Mode *immediate* menghasilkan keluaran tertentu. Mode *accumulate* menambahkan suatu nilai pada keluaran sebelumnya. Informasi aplikasi dimasukkan secara mudah dengan sistem paket program INSIGHT™ yang dijalankan pada Microsoft Windows.



Gambar 3.1.
NLX220 dengan 28 Kaki.

3.3. Fungsi Kaki-kaki dari NLX 220

MASUKAN

Reset :

Sebuah sinyal aktif rendah akan menginisialisasi perangkat. RESET harus tetap aktif paling sedikit delapan siklus lonceng untuk menjamin operasi yang benar. RESET dapat dikemudikan oleh rangkaian *power-on reset*.

AIN(3:0) (Masukan Data-Analog) :

Data analog diubah secara internal menjadi data digital 8 bit. Kaki masukan yang tak terpakai sebaiknya ditanahkan.

Xin (Masukan Lonceng) :

Lonceng dapat dikemudikan oleh lonceng eksternal atau kristal (di mana kaki kristal yang lain ditanahkan).

Prog :

Kaki ini digunakan untuk pemrograman NLX220. Kaki ini tidak digunakan pada NLX220, sehingga kaki ini dalam operasinya harus ditanahkan.

Prescale :

Logika satu pada kaki ini menyebabkan perangkat ke mode *prescale* sedang nol menyebabkan operasi normal. Kaki ini dapat ditanahkan jika mode *prescale* tidak dipakai atau dapat juga dihubungkan ke kaki READY untuk pemakaian seterusnya. Mode dapat diminta selama operasi melalui logika external. Setelah RESET tidak dipertahankan, kaki *prescale* harus tetap pada logika rendah selama paling sedikit empat siklus lonceng.

KELUARAN

Aout(3:0) (Keluaran Data-Analog) :

Data digital delapan bit diubah secara internal menjadi tegangan analog.

Ready :

Setelah reset, kaki ini menunjukkan NLX220 mulai mengambil dan memproses data. Kaki ini sebaiknya tidak dihubungkan atau disambung ke *prescale* selama operasi.

Vref :

Filter tegangan referensi internal , ditanahkan melalui kapasitor 0,1 μ F.

3.4. Arsitektur Perangkat

Diagram NLX220 ditunjukkan pada gambar 3.2 di bawah. Elemen-elemen utama adalah Fuzzifier, Defuzzifier dan Kontroler. Fuzzifier mengubah data masukan menjadi data fuzzy. Fuzzifier yang berhubungan dengan kontroler mengevaluasi data fuzzy melalui himpunan aturan yang didefinisikan oleh pemakai untuk menjelaskan bagaimana sistem dikendalikan. Ketika aturan-aturan telah dievaluasi, defuzzifier menunjukkan suatu nilai aksi keluaran yang diperuntukkan.

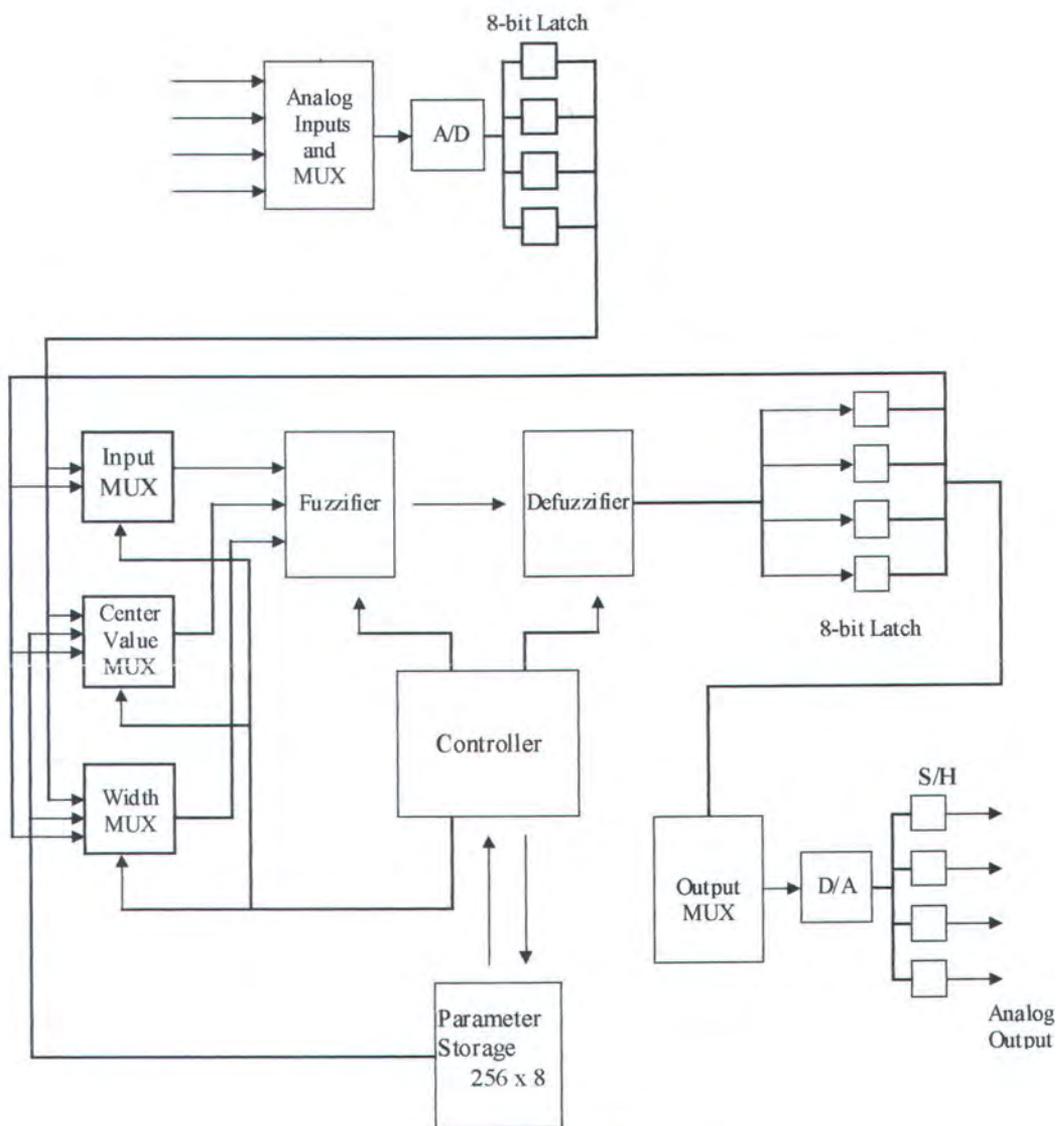
3.5. Pengembangan Sistem Logika Fuzzy

Untuk mengerti operasi perangkat, perlu dimengerti bagaimana memasukkan model logika fuzzy dan bagaimana melakukan kalkulasi logika fuzzy. Bagian berikut akan menjelaskan konsep dasar sistem fuzzy.

3.5.1. Fungsi Keanggotaan (*Membership Function*)

Fungsi keanggotaan berguna untuk membagi-bagi jangkauan, yang mana sebuah masukan dapat bervariasi. Fungsi keanggotaan dibandingkan dengan data masukan untuk melihat termasuk yang manakah data tersebut. Mereka mempunyai nama yang dipilih oleh perancangnya sendiri, seperti panas, cepat atau tinggi. Termometer dapat digunakan untuk menggambarkan konsep fungsi keanggotaan dan menunjukkan bagaimana logika fuzzy bekerja seperti manusia. Seseorang membagi-bagi jangkauan termometer sebagai berikut:

Gambar 3.2.
Diagram Blok NLX220



Gambar 3.2.

Diagram Blok NLX220

Dibawah 60°F = Cold (dingin)

60°F sampai 70°F = Cool (sejuk)

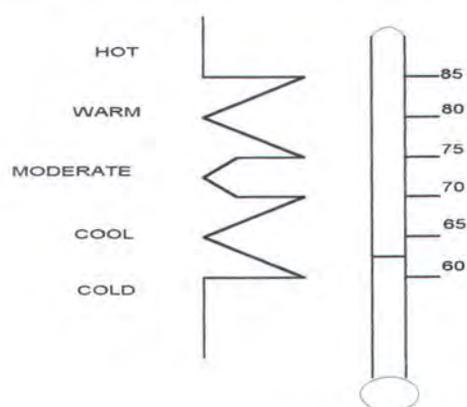
70°F sampai 75°F = Moderate (sedang)

75°F sampai 85°F = Warm (hangat)

Diatas 85°F = Hot (panas)

Pembagian tersebut adalah suatu cara intuisi seseorang untuk membagi-bagi temperatur berdasarkan perasaan. Seseorang dapat menjelaskan ruang dengan suhu 60°F adalah sejuk. Dalam logika fuzzy lima pembagian tersebut disebut fungsi keanggotaan dan digambarkan pada gambar 3.3. Fungsi keanggotaan dipisahkan seperti ditunjukkan atau mereka bisa saling tindih (*overlap*). Hal tersebut memungkinkan data jatuh di daerah yang termasuk di dua fungsi keanggotaan.

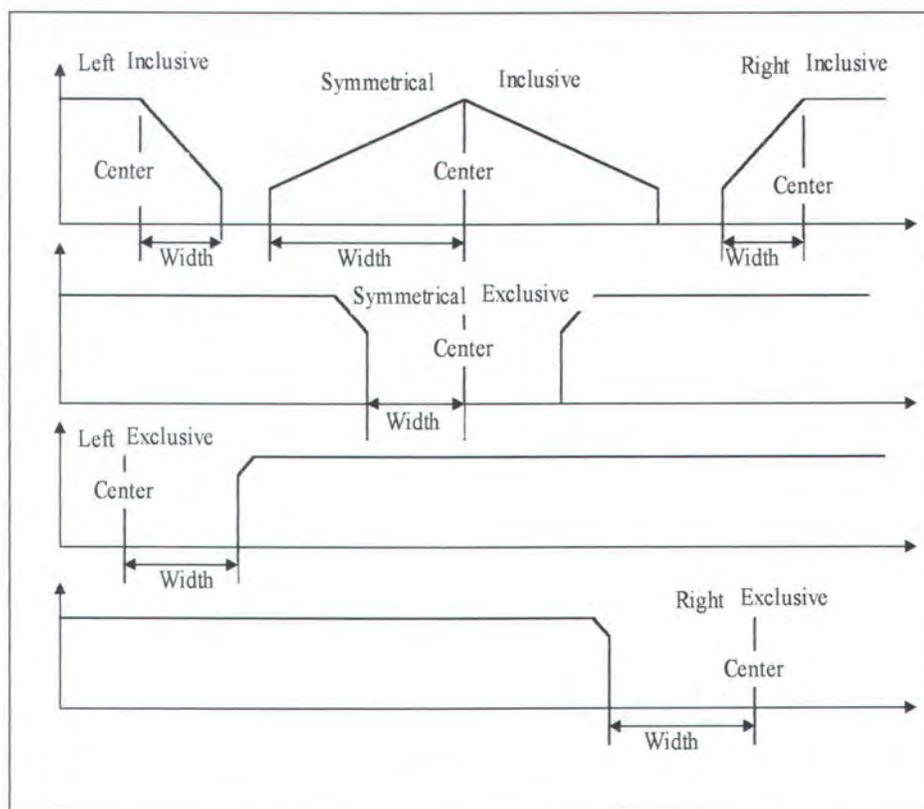
Suhu sebagai contoh dapat diterangkan agak sejuk dan agak dingin.



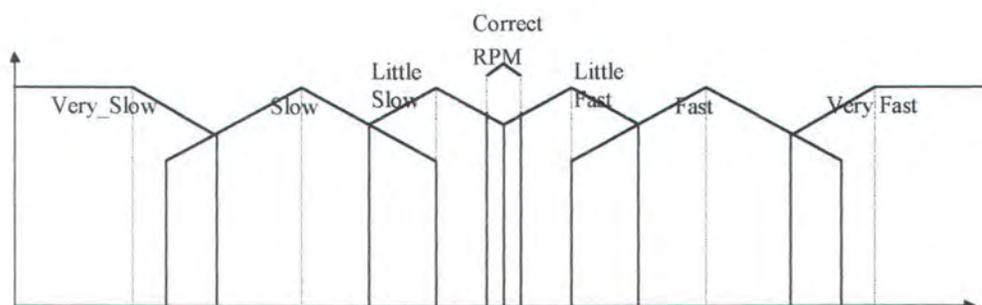
Gambar 3.3.

Fungsi Keanggotaan Temperatur.

NLX220 punya enam fungsi keanggotaan yang berbeda dan kemiringan yang konstan seperti gambar 3.4. Terdiri dari fungsi *Left*, *Symmetrical* dan *Right*; masing-masing untuk jenis *Inclusive* dan *Exclusive*. Dalam aplikasinya hal tersebut diberi nama, tipe spesifikasi bentuk, dan juga nilai angka untuk pusat dan lebar. Sebagai contoh, fungsi keanggotaan tunggal *right* atau *left inclusive* digunakan untuk meliputi jangkauan nilai yang besar pada ujung jangkauan variasi masukan. *Cold* dapat diwakili oleh fungsi keanggotaan *left inclusive* dan *Hot* oleh fungsi keanggotaan *right inclusive*.



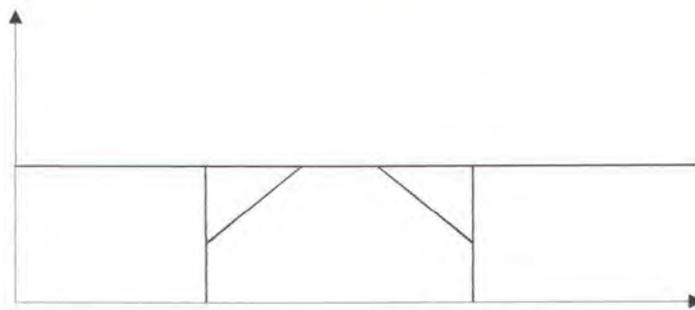
Gambar 3.4. Tipe Fungsi Keanggotaan



Gambar 3.5. Fungsi Keanggotaan Kecepatan.

Pengendalian yang teliti tentang titik operasi yang diinginkan dapat dibuat fungsi keanggotaan *inclusive* simetrik secara sempit. Contoh aplikasi pengendalian motor, yang memerlukan ketelitian. Sebuah contoh dari campuran berbagai tipe yang berbeda lebar fungsi keanggotaan digunakan untuk memonitor kecepatan motor seperti gambar 3.5.

Fungsi keanggotaan tersebut dapat tumpang tindih untuk menghasilkan bentuk baru seperti trapesium seperti gambar 3.6. Trapesium tersebut dibentuk oleh adanya fungsi keanggotaan *left* dan *right inclusive* yang bertindihan. Masukan dapat masuk ke trapesium yang merupakan dua fungsi keanggotaan.



Gambar 3.6.
Fungsi Keanggotaan *Overlap*.

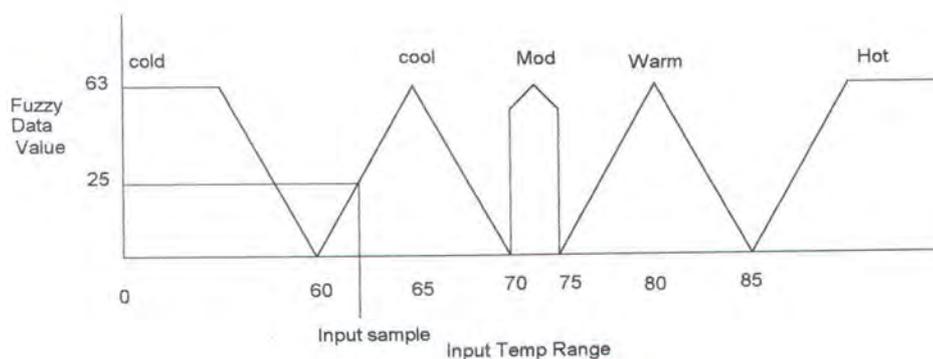
3.5.2. Variable Fuzzy

Variable fuzzy adalah pernyataan bahasa yang menggambarkan hubungan antara nilai masukan terhadap fungsi keanggotaan yang meliputi seluruh sumbu. Variabel fuzzy mereferensi sebuah fungsi keanggotaan dan sebuah nilai variabel masukan. Sebagai contoh sebuah variabel fuzzy sebagai berikut:

If Temperatur is Cool

Dalam contoh ini, 'Temperature' menunjukkan sebuah masukan dan 'Cool' adalah sebuah fungsi keanggotaan.

Asosiasi ini dilakukan oleh Fuzzifier. Hasilnya adalah sebuah nilai data fuzzy yang menggambarkan derajat yang mana data masukan cocok dengan fungsi keanggotaan. Nilai data fuzzy adalah sebuah angka dan pada NLX220 jangkauan dari 0 sampai 63. Gambar 3.7. sebagai contoh evaluasi variabel fuzzy.



Gambar 3.7.

Fuzifikasi Masukan Temperatur.

3.5.3. Aturan

Aturan terdiri dari satu atau lebih variabel fuzzy dan sebuah nilai aksi keluaran. Aturan digunakan untuk menceritakan bagaimana kontroler merespon perubahan data masukan. Dalam sebuah contoh di bawah, kedua aturan berisi dua variabel fuzzy. Aturan dimasukkan ke sistem pengembangan INSIGHT dengan format sebagai berikut:

Keluaran -5 If Velocity is Fast and Acceleration is Positive

Keluaran +5 If Velocity is Little- Slow and Acceleration is Zero.

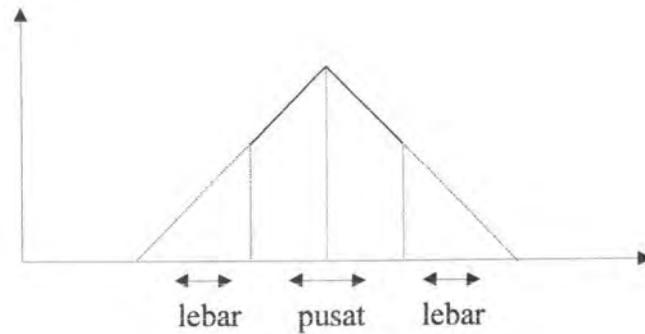
Dalam aturan pertama, variabel fuzzy pertama adalah 'Velocity is Fast' dan variabel fuzzy kedua adalah Acceleration is Positive.' Aksi '+5' atau '-5' adalah nilai angka yang dapat dipakai pada keluaran untuk memperlambat atau mempercepat motor. Tanda + digunakan untuk menunjukkan bahwa keluaran tersebut dapat bertambah atau berkurang jika menggunakan mode akumulasi.

3.5.4. Evaluasi Aturan

Ada beberapa metode untuk mengevaluasi aturan logika fuzzy. NLX220 mengevaluasi aturan menggunakan teknik dua step MAX dan MIN. Langkah pertama (MIN), semua nilai variabel fuzzy dalam sebuah aturan dibandingkan dan nilai terendah mewakili nilai aturan. Pada langkah kedua (MAX), nilai untuk aturan-aturan dibandingkan dan aturan dengan nilai tertinggi yang menjadi pemenang. Cara atau metode fungsi keanggotaan, variabel fuzzy dan aturan-aturan didefinisikan dan diorganisasi tergantung atas keperluan aplikasi. Sifat fisik sistem yang dikendalikan harus dimengerti sebelum memasukkan model fuzzy.

3.5.5. Fungsi Keanggotaan Mengapung

Rancangan unik dari NLX220 adalah fungsi keanggotaan mengapung. Seperti ditunjukkan gambar 3.8 dibawah, fungsi keanggotaan mengapung mempunyai nilai *Center* (pusat) dan *Width* (lebar) yang bervariasi secara dinamik. Fungsi keanggotaan biasa nilai pusat dan lebarnya tetap (*fixed*), yang disimpan di dalam memori. Fungsi keanggotaan mengapung tersebut nilainya berasal dari suatu masukan atau keluaran.



Gambar 3.8.
Fungsi Keanggotaan Mengapung.

Suatu fungsi keanggotaan dapat dipilih sebagai *floating* untuk memasukkan rancangan. Fungsi keanggotaan mengapung akan berubah nilai pusat dan lebarnya selagi data nilai masukan atau keluarannya berubah. Sebagai contoh, dua variabel fuzzy dengan fungsi keanggotaannya yang menerangkan sepintas lalu dan didefinisikan secara konvensional dan menggunakan aturan sebagai berikut:

In_1 is small (0,25, Symetrical Inclusive)

In_2 is small (0.25, Symetrical Inclusive)

di mana angka pertama adalah nol menunjukkan fungsi keanggotaan pusat dan yang kedua 25 adalah fungsi keanggotaan lebar. Dua variabel dapat digabungkan menjadi sebuah aturan sebagai berikut:

and In_2 is small Keluaran +1 If In_1 is small

di mana variabel fuzzy ' In_1 is small' membandingkan masukan In_1 terhadap fungsi keanggotaan konvensional '*small*'. Fungsi keanggotaan mengapung dapat memberi penjelasan yang sama namun lebih ringkas dengan variabel fuzzy dan aturan sebagai berikut:

In_1 is small-difference ($In_2, 25$ Symetrical Exclusive)

Keluaran +1 if In_1 is small-difference

Dalam variabel fuzzy, pusat dari fungsi keanggotaan small-difference didefinisikan oleh nilai In_2 yang disimpan dalam gerendel masukan. Dalam fuzzifikasi, sebuah masukan dikurangkan dari fungsi keanggotaan pusat dan nilai absolut dari hasil diubah untuk mengukur seberapa dekat dengan nilai pusatnya. Jika fuzzifiernya sebuah fungsi keanggotaan *floating center* maka ia akan mengurangi satu masukan dari yang lainnya. Fungsi keanggotaan mengapung memungkinkan menggunakan variabel fuzzy secara langsung mengukur perbedaan antara dua masukan. Teknik ini dapat digunakan untuk mengkalibrasi perubahan sebuah sensor waktu. Nilai sensor yang tetap dibandingkan terhadap himpunan tegangan. Aturan-aturan kalibrasi mengecek derajat ketidaksetaraan dan menyimpan nilai koreksi di sebuah gerendel keluaran. Jika masukannya dalam keadaan kalibrasi, pusat tersebut akan cocok dan nilai koreksinya nol. Ketidaksetaraan yang besar akan menyimpan koreksi yang besar. Koreksi digunakan untuk mengatur fungsi keanggotaan *floating center* dalam aturan-aturan yang memproses data yang dirasakan. Fungsi keanggotaan mengapung dapat digabungkan atau dikombinasi dengan nilai keluaran aksi mengapung untuk memperoleh derivatif dari sebuah nilai masukan. Aturan dapat mereferensi sebuah masukan selagi nilai aksi mengapung menyebabkan ia dilewatkan secara langsung ke gerendel keluaran. Selama sampling masukan berikutnya, nilai gerendel keluaran memilih nilai fungsi keanggotaan pusat, yang mempengaruhi pengurangan nilai masukan sebelumnya dari nilai yang berlangsung (*current value*). Perbedaan atau selisih dibagi-bagi melalui interval

sampling dan merupakan nilai derivatif yang dapat direferensikan dalam sebuah aturan. Sebagai contoh menggunakan sebuah nilai aksi/masukan yang akan mengukur percepatan motor. Sebuah aturan yang menyimpan sebuah masukan menjadi gerendel keluaran dapat ditulis sebagai berikut:

VALUE- TO = IN1 If IN1 is MUST-WIN (0,0 Right Inclusive)

Aturan mereferensi IN1 sebagai nilai aksi. Fungsi keanggotaan MUST-WIN adalah tipe *Right Exclusive* yang dimulai dari nol sedemikian rupa dengan tidak memandang nilai IN1, aturan harus menang (*win*) dan nilai IN1 disimpan di gerendel keluaran. Aturan kedua mengkalkulasi derivatif dan mengatur keluaran yang menggerakkan motor.

ACCELL + If IN1 is value-T1 (value-T0,25 Symetrically inclusive)

Aturan menentukan apakah nilai masukan T1 adalah dalam 25 dari nilainya pada T0. Dalam aplikasi nyata, ada fungsi keanggotaan lain yang menentukan polaritas derivatif dan aturan-aturan lain untuk pengaturan yang lebih besar untuk variasi yang lebih besar. Contoh di atas adalah fungsi keanggotaan mengapung yang langsung (*straightforward*). Dalam aplikasi nyata, fungsi keanggotaan mengapung dipakai secara intensif untuk menghemat memori karena hanya menggunakan beberapa variabel fuzzy dan aturan-aturan mendeteksi perbedaan antara masukan-masukan dibanding yang dilakukan fungsi konvensional.

3.6. Operasi Perangkat

Pemrosesan data meliputi beberapa langkah. Pertama, data analog yang disampel diubah menjadi digital dan digerendel (*latched*). Berikutnya Fuzzifier

membandingkan isi masukan gerendel dengan variabel fuzzy untuk menemukan nilai variabel fuzzy. Fuzzifier juga melakukan kalkulasi MAX-of-MIN untuk menentukan aturan yang menang. Akhirnya, Defuzzifier menentukan nilai aksi aturan pemenang dan menahannya untuk mengkonversi menjadi keluaran analog atau *internal feedback*.

3.6.1. Fuzzifier

Fuzzifier membandingkan data keluaran yang ditahan dengan fungsi keanggotaan untuk menghitung nilai variabel fuzzy. Ketika hitungan MIN telah dilakukan terhadap semua variabel fuzzy dalam sebuah aturan, nilai yang mewakili aturan disimpan. Ketika hitungan MAX telah dilakukan terhadap semua aturan yang mereferensi sebuah keluaran maka nilai aksi aturan pemenang dilewatkan ke Defuzzier.

3.6.2. Pembaharuan Data Keluaran yang Digerendel

Aturan-aturan dievaluasi berurutan dari atas ke bawah. Keluaran-keluaran dapat digunakan berulang-ulang dalam sebuah himpunan aturan. Ketika aturan atau sekelompok aturan mempengaruhi keluaran yang telah dievaluasi dan aturan berikutnya yang dimasukkan mereferensi keluaran yang lain, maka kompiler secara otomatis menyisipkan kode untuk aturan terakhir (*Last Rule*) menyebabkan keluaran yang digerendel diperbaharui oleh nilai aksi aturan pemenang. Data yang telah digerendel yang ada segera sebagai umpan balik. Jika, setelah pemrosesan aturan mempengaruhi keluaran-keluaran yang lain, prosesor menghitung aturan atau

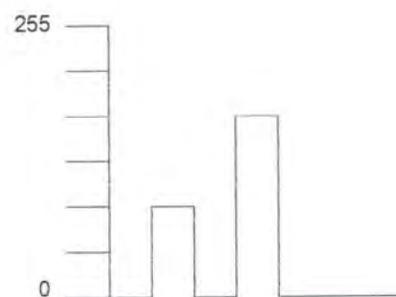
sekelompok aturan yang lain yang mereferensi keluaran sebelumnya, kemudian hal ini akan memperbaharui data gerendel keluaran lagi. Sebuah data gerendel keluaran kemudian dapat diperbarui (*updated*) selama siklus pemrosesan selagi ada sekelompok aturan terpisah yang mereferensinya. Seperti telah disinggung sebelumnya, penyamplingan masukan adalah kontinyu. Nilai keluaran analog juga diperbarui secara kontinyu. Selama siklus pemrosesan, variabel fuzzy dapat menggunakan sebuah sampel data dari siklus sampel sebelumnya atau dari siklus yang sedang berlangsung (*current*) tergantung di mana letak siklus sampling relatif terhadap siklus pemrosesan. Akan ada lebih dari sekelompok aturan yang mereferensi masukan dan keluaran yang sama, kemudian nilai keluaran dapat berubah lebih dari sekali selama siklus pemrosesan berdasarkan data masukan yang berbeda.

3.6.3. Defuzzifier

Nilai aksi aturan pemenang dan mode data dilalukan ke blok Defuzzifier. Data digital dari Defuzzifier digerendel dan diubah menjadi analog sebagai keluaran atau dikembalikan secara internal (*looped back internally*). Jika semua kelompok aturan mereferensi sebuah keluaran yang mengevaluasi terhadap nol (*zero*), maka keluaran tidak akan berubah nilainya. Jika lebih dari satu aturan mengevaluasi terhadap nilai bukan nol tertinggi yang sama, maka aturan yang pertama masuk yang akan menang dan aksinya akan menentukan keluaran.

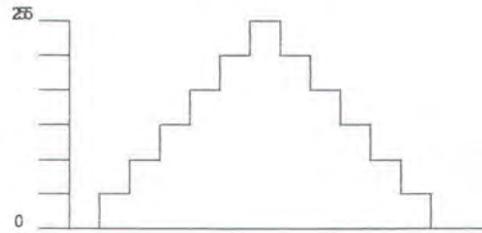
Defuzzifikasi menyebabkan nilai aksi aturan pemenang menggerakkan sebuah keluaran. Ada dua metode defuzzifikasi, *Immediate* dan *Accumulate*. Dua mode tersebut terlihat pada gambar 3.9. dan 3.10..

Fungsi mode *Immediate* seperti susunan tabel, di mana nilai aksi yang ditunjuk menjadi aturan pemenang selama masuk dipakai menjadi keluaran. Defuzzifikasi *Immediate* sangat berguna jika nilai keluaran mutlak.



Gambar 3.9.
Defuzzifikasi *Immediate*.

Mode Akumulasi menambah atau mengurangi keluaran yang ada oleh nilai aksi aturan pemenang. Keluaran adalah fungsi aksi yang sedang berlangsung dan keluaran sebelumnya. Defuzzifikasi akumulasi dapat digunakan untuk perubahan halus pada keluaran ketika sistem dikendalikan dekat titik operasi yang diinginkan. Hal ini juga berguna untuk fungsi-fungsi waktu.



Gambar 3.10.
Defuzzifikasi Akumulasi

3.6.4. Organisasi Memory

Alamat Desimal	Alamat Hexa	Fungsi
0	00	Aturan
-----	-----	-----
223	DF	Aturan
224	ED	Center
-----	-----	-----
239	EF	Center
240	FO	Lebar
-----	-----	-----
255	FF	Lebar

Tabel 3.1.
Organisasi Memori

NLX220 berisi 256 *byte* memory OTP (*One Time Programmable*) untuk aplikasi penyimpanan parameter. 32 *byte* terakhir menyimpan nilai fungsi keanggotaan tetap (*fixed member function*) pusat dan lebar. Sisanya 224 *byte* diorganisasikan sebagai satu atau lebih aturan dengan satu atau lebih variabel fuzzy per aturan. Setiap aturan memerlukan dua *byte*, plus dua *byte* tambahan untuk setiap variabel fuzzy dalam aturan itu. Sebuah aturan berisi lima variabel fuzzy untuk contoh akan menggunakan 12 *byte*. Memori diorganisasikan menjadi tiga seksi yang

didefinisikan sebagai penyimpan variabel fuzzy/aturan, penyimpan pusat dan penyimpan lebar.

3.6.5. Aturan dan Penyimpan Variabel Fuzzy

Aturan diorganisasikan sebagai sebuah atau lebih kelompok variabel-variabel fuzzy. Setiap variabel fuzzy terdiri dari dua *byte*, seperti dijelaskan dalam tabel 3.2. dan 3.3. *Byte* pertama disimpan pada alamat genap dan yang kedua pada alamat ganjil. *Byte-byte* tersebut dibagi-bagi menjadi bidang-bidang yang mengendalikan bagaimana data diproses. Tiga bit LSB untuk *byte* genap mendefinisikan tipe fungsi keanggotaan atau apakah variabel fuzzy sebelumnya adalah aturan terakhir atau variabel fuzzy terakhir dari aturan terakhir yang mereferensi keluaran. Ketika bagian *least significant* memilih tipe fungsi keanggotaan, lima bit-bit MSB dibagi-bagi menjadi tiga bagian bit yang memilih sumber satu masukan dari empat kaki masukan atau gerendel keluaran. Dua sisa bit-bit MSB mendefinisikan baik itu pusat dan lebar dari fungsi keanggotaan mengapung atau *fixed*. Tipe kode signal-signal variabel fuzzy terakhir (001) adalah variabel fuzzy terakhir dari aturan yang telah diproses. Ketika hal ini terjadi, hanya dua bit-bit MSB dari lima bagian bit yang digunakan. Bit-bit MSB memilih apakah nilai aksi yang berasal dari lokasi memori *fixed* atau dari gerendel I/O. Bit-bit MSB berikutnya memilih mode keluaran apakah *Immediate* atau *Accumulate*. Kode (000) menunjukkan variabel fuzzy terakhir dari aturan terakhir. Dua bit-bit MSB digunakan seperti dijelaskan pada paragraf di atas. Suatu tambahan, dua bit di atas bagian pemilihan tipe digunakan untuk memilih keluaran. *Byte* kedua selalu terjadi

pada alamat ganjil dan berisi alamat pusat dan lebar bagian indeks jika *byte* sebelumnya dipilih sebagai tipe fungsi keanggotaan dan nilai pusat atau lebar tetap. Jika salah satu baik itu pusat atau lebar dipilih sebagai mengampung, maka mereka mengambil *byte* ganjil digunakan untuk memilih masukan atau keluaran. Ketika tipe *byte* pertama adalah variabel fuzzy terakhir atau variabel fuzzy terakhir dari aturan terakhir dan aksinya adalah *fixed*, maka *byte* kedua mengandung nilai aksi. Jika aksinya adalah mengampung, maka *byte* ganjil memilih masukan atau keluaran yang memberikan nilai aksi.

Tabel 3.2.

Organisasi *Byte* Genap (*Command Byte*) dalam NLX220

7	6	5	4	3	2	1	0
WF	CF	I/O CONT	I/O SELECT		TYPE 2-7		
AF	MODE				TYPE 1		
AF	MODE		OUTPUT SELECT		TYPE 0		
Type		<u>210</u>					
		000	Last term of Last Rule of given output				
		001	Last Term of Current Rule				
		010	MF, Symmetrical Inclusive				
		011	MF, Symmetrical Exclusive				
		100	MF, Left Inclusive				
		101	MF, Left Exclusive				
		110	MF, Right Inclusive				
		111	MF, Right Exclusive				
I/O Select		<u>43</u>					
		00	I/O Port 0 as input				
		01	I/O Port 1 as input				
		10	I/O Port 2 as input				
		11	I/O Port 3 as input				
I/O Control		<u>5</u>					
		0	Select from inputs				
		1	Select from outputs				
Mode		<u>6</u>					
		0	Immediate, Output equals Action				
		1	Accumulate, Output equals current output plus two's				

complement action (-128 to 128)		
AF	<u>7</u>	
	0	Select Action from select byte (fixed)
	1	Select Action from I/O via select byte (float)
Output Select	<u>43</u>	
	00	ACTION from current RULE set to Output 0
	01	ACTION from current RULE set to Output 1
	10	ACTION from current RULE set to Output 2
	11	ACTION from current RULE set to Output 3
CF	<u>6</u>	
	0	Select Center from Memory via Select byte (fixed)
	1	Select Center from I/O via select byte (float)
WF	<u>7</u>	
	0	Select Width from Memory via Select byte (fixed)
	1	Select Width from I/O via Select byte (fixed)

Tabel 3.3.

Organisasi Byte Ganjil (*Select Byte*) dalam NLX220

7	6	5	4	3	2	1	0	
CENTER SELECT				WIDTH SELECT				TYPE = 2 - 7 CF or WF = 0 (FIXED) TYPE = 2 - 7 CF or WF = 1 (FLOAT)
	I/O CONT	I/O SELECT CENTER			I/O CONT	I/O SELECT WIDTH		
ACTION								TYPE = 0 - 1 AF = 0 (FIXED) TYPE = 0 - 1 AF = 1 (FLOAT)
					I/O CONT	I/O SELECT ACTION		
Width Select			(3:0)	Used as Address index (E0-EF) for Fixed 6-bit WIDTH value when type = 2 - 7 and WF = 0				
Center Select			(7:4)	Used as Address index (F0-FF) for Fixed 8-bit CENTER value when type = 2 - 7 and CF = 0				
I/O Select Width			<u>10</u>					
			00	I/O Port 0 as Width (Type = 2 - 7 and WF = 1)				
			01	I/O Port 1 as Width (Type = 2 - 7 and WF = 1)				
			10	I/O Port 2 as Width (Type = 2 - 7 and WF = 1)				
			11	I/O Port 3 as Width (Type = 2 - 7 and WF = 1)				
I/O Control			<u>2</u>					
			0	Select from Inputs (Type = 2 - 7 and WF = 1)				
			1	Select from Outputs (Type = 2 - 7 and WF = 1)				
I/O Select Center			<u>54</u>					
			00	I/O Port 0 as Input (Type = 2 - 7 and CF = 1)				
			01	I/O Port 1 as Input (Type = 2 - 7 and CF = 1)				
			10	I/O Port 2 as Input (Type = 2 - 7 and CF = 1)				
			11	I/O Port 3 as Input (Type = 2 - 7 and CF = 1)				

I/O Control	<u>6</u>	
	0	Select from Inputs (Type = 2 - 7 and CF = 1)
	1	Select from Outputs (Type = 2 - 7 and CF = 1)
ACTION	7:0	8-bit action value to be applied to an output due to winning Last Term of a Rule (Type = 1) or Last Term of last Rule of given output (Type = 0), and AF = 0 (Fixed)
I/O Select Action	<u>10</u>	
	00	I/O Port 0 as Action (Type = 1 - 0 and AF = 1)
	01	I/O Port 1 as Action (Type = 1 - 0 and AF = 1)
	10	I/O Port 2 as Action (Type = 1 - 0 and AF = 1)
	11	I/O Port 3 as Action (Type = 1 - 0 and AF = 1)
I/O Control	2	
	0	Select from Inputs (Type = 1 - 0 and AF = 1)
	1	Select from Outputs (Type = 1 - 0 and AF = 1)

3.7. Pewaktuan

Gambar 3.11 menunjukkan pewaktuan NLX220. Ada tiga blok arsitek untuk pewaktuan meliputi pemultiplekan masukan konverter A/D, kontroler fuzzy dan pemultiplekan keluaran konverter D/A. Kecepatan pemrosesan adalah fungsi kecepatan lonceng dan banyaknya lonceng (1024) yang diperlukan untuk penyamplingan data secara komplit dan siklus pemrosesan. Kecepatan maksimum lonceng adalah 10 Mhz dan minimum 1 MHz.

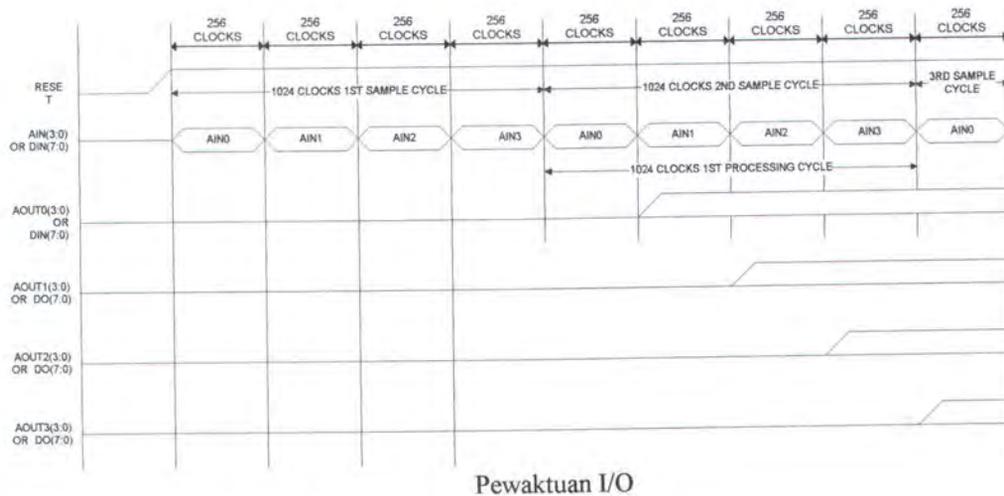
3.7.1. Pewaktuan Operasi

Reset :

Ketika kaki RESET aktif, semua gerendel dihapus, keluaran digital dalam logika rendah dan keluaran analog bertahan pada levelnya terutama pada saat reset. Jika RESET aktif untuk seratus lonceng atau lebih, masukan analog akan nol ketika sampling memulai lagi. Jika RESET aktif untuk kurang dari seratus lonceng ada beberapa sisa data yang disampel terakhir yang masih ada pada masukan analog

ketika penyamplingan mulai lagi. Ketika RESET tidak aktif, maka penyamplingan masukan dimulai lagi selama 1024 lonceng.

Gambar 3.11.



Konversi Masukan :

Nilai analog masukan diubah menjadi data digital dan digerendel secara internal dalam periode setiap 256 lonceng. Jumlah total 1024 lonceng yang diperlukan untuk mengkonversi empat masukan setiap pengulangan proses konversi. Pada lonceng maksimum, kecepatan penyamplingan untuk setiap masukan adalah 10 kHz atau 100 mikrodetik.

3.7.2. Pewaktuan Kontroler

Siklus pemrosesan 1024 lonceng pertama mulai setelah siklus konversi masukan yang pertama selesai. Siklus pemrosesan terdiri 1024 lonceng dengan tidak memandang banyaknya variabel fuzzy dan aturan yang dipakai. Evaluasi variabel fuzzy dan aturan masing-masing memerlukan empat lonceng. Sebagai contoh, aturan

dengan dua variabel memerlukan 12 lonceng untuk pemrosesan. Selama siklus pemrosesan baik variabel fuzzy atau aturan diproses setiap empat lonceng, kecuali 64 lonceng terakhir pada akhir siklus pemrosesan.

3.7.3. Waktu Tunda Loopback Internal

Ketika data berada dalam gerendel keluaran akan di-loopback secara internal sebagai masukan, maka mereka akan mengalami kelambatan sebagai masukan analog sebesar 1024 lonceng dari siklus sampling yang pertama. Setelah itu, pada saat gerendel keluaran diperbarui selama pemrosesan maka data umpan balik digunakan sebagai masukan.

3.7.4. Pewaktuan Keluaran

Keluaran diperbarui pada batas 256 *byte* setelah pemrosesan dimulai seperti terlihat dalam gambar 3.11. Setiap kaki keluaran diperbarui sekali setiap 1024 lonceng. Pewaktuan untuk memperbarui keluaran tidak berubah. Gerendel keluaran diperbarui secara *immediate* setelah evaluasi aturan yang relevan lengkap.

3.7.5. Operasi *Prescale*

Perangkat ini berisi sesuatu yang dapat dibebani, yaitu suatu pencacah *prescale* 8-bit yang memungkinkan perangkat ini menjadi tidak aktif untuk periode tertentu. Rancangan ini dapat digunakan pada berbagai kecepatan sampling dan pemrosesan. Lokasi terakhir dalam memori, yang dalam keadaan normal menyimpan

data lebar dari fungsi keanggotaan tetap, dapat menyimpan suatu nilai yang dibebankan ke pencacah. Kaki *PRESCALE* memilih operasi normal atau operasi *prescale*. Dalam mode *prescale*, kontroler tidak aktif untuk periode 1024 lonceng setelah pencacah ditambah. Ketika pencacah berjalan, kontroler aktif untuk periode tunggal 1024 lonceng untuk melakukan komputasi fuzzy. Penyetelan skala dengan memasukkan bilangan komplemen dari interval 1024 lonceng, yang diharapkan di antara siklus sampling dan pemrosesan. Sebagai contoh, dipilih penyamplingan yang dipisahkan dengan 2 (dua) interval, berarti memasukkan bilangannya adalah FD. Interval-interval *prescale* dimasukkan pada saat kompilasi desain file. Kaki dapat dikondisikan low ketika tidak digunakan atau dikondisikan ke kaki READY untuk operasi *prescale* kontinyu. Logika eksternal juga dapat digunakan untuk mengoperasikan kaki yang memungkinkan fungsi *prescale* dipertahankan atau tidak selama periode operasi yang berbeda.

3.7.6. Mode Inaktif

Konsumsi power dapat diperkecil dari mode operasi ke mode *standby* yaitu dengan mempertahankan kaki lonceng berada pada logika nol. Menghentikan lonceng berarti menunda pemrosesan dan membiarkan keluaran pada kondisi setting terakhir. Nilai keluaran analog akan menjadi nol. Pemrosesan berlanjut lagi ketika lonceng memulai lagi. Sedang lonceng berhenti pada level logika satu.

3.8. Menggunakan Logika Fuzzy dengan NLX220

Logika fuzzy adalah metode yang mengakomodasi data-data masukan yang tidak teliti dan sistem non-linier secara mudah untuk perkembangan sistem kontrol yang kuat dan cepat. Metode ini menggunakan bahasa-bahasa aturan untuk mengimplementasikan algoritma kontrol. Hal tersebut memungkinkan harga yang tidak mahal dan dengan cara yang mudah menambahkan kecerdasan pada berbagai produk. Sangat sedikit pengetahuan logika fuzzy yang diperlukan untuk menghasilkan sebuah rancangan NLX220.

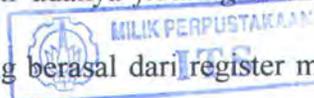
Proses perancangan memerlukan penamaan masukan dan keluaran dan pendefinisian variabel fuzzy. *Membership function* berfungsi mendefinisikan nilai variabel fuzzy untuk nilai masukan yang diberikan. Variabel fuzzy yang digabung dengan nilai keluaran menjadi sebuah aturan yang mengimplementasi hukum kontrol.

3.8.1. Fungsi Keanggotaan dan Variabel Fuzzy

Fungsi keanggotaan (*membership function*) digunakan untuk mengklasifikasi data masukan menjadi suatu katagori. Mereka didefinisikan dalam bentuk penjelasan, dan berupa nilai angka pusat dan lebar. Definisi fungsi keanggotaan tergantung keperluan aplikasi. Nilai setiap variabel fuzzy ditentukan oleh pemakaian nilai masukan pada variabel fungsi keanggotaan.

3.8.2. Fungsi Keanggotaan Mengapung

Rancangan yang unik dari NLX220 adalah adanya *floating membership function*, yang mempunyai nilai pusat dan lebar yang berasal dari register masukan



dan keluaran yang bervariasi secara dinamis. Rancangan tersebut memungkinkan untuk memakai nilai masukan sebelumnya dan membandingkannya dengan nilai saat ini untuk menghitung kecepatan perubahan waktu masukan. Hal ini juga memungkinkan membandingkan nilai sensor umpan balik terhadap nilai yang diinginkan, atau nilai keluaran sensor saat ini dengan nilai keluaran tetap yang disimpan.

3.8.3. Aturan-Aturan Logika Fuzzy

Aturan-aturan fuzzy tersusun dari pernyataan logika fuzzy, sebuah kanal keluaran, dan aksi konsekuensi, sama dengan pernyataan if-then dalam bahasa pemrograman Boolean. Aturan-aturan dievaluasi untuk tingkat kejelasannya dalam himpunan fuzzy. Aturan-aturan fuzzy adalah dalam bentuk sebagai berikut:

- Aturan1 : If VARIABLE-1 and VARIABLE-2 and VARIABLE-3 then
OUTPUT = value- A
- Aturan2 : If VARIABLE-1 and VARIABLE-5 then OUTPUT = Value-B

Variabel fuzzy dalam pernyataan aturan selalu di-AND-kan dalam NLX220. Derajat kebenaran atau *alpha-cut* dari pernyataan aturan adalah sama dengan nilai terendah dari variable fuzzy. Dalam tingkat untuk mencapai fuzzy OR, maka dua aturan yang mempunyai aksi konsekuensi yang sama harus digunakan. Dalam hal di mana dua atau lebih aturan yang mempunyai aksi konflik (sebagai contoh., jika banyak aturan menunjuk kanal keluaran yang sama) maka aturan dengan *alpha-cut* tertinggi yang lebih awal yang diambil, dan aksi konsekuensinya digunakan sebagai keluaran (hal ini disebut metode defuzzifikasi *MAX of MIN*). Bila dua aturan

menunjuk keluaran yang sama dan keduanya mengevaluasi pada nilai pemenang bukan *zero* yang sama, maka aturan yang lebih awal yang diambil, dan nilai aksi konsekuensinya digunakan sebagai keluaran.

Nilai aksi konsekuensi dapat digunakan sebagai keluaran secara langsung (mode *immediate*) atau dapat juga ditambahkan pada nilai sebelumnya dari keluaran (mode *accumulate*). Mode *immediate* atau mode *accumulate* dapat dipilih secara bebas.

Di dalam NLX220, tingkatan-tingkatan di mana aturan ditempatkan mempunyai dua efek dalam proses pengambilan keputusan. Sebuah aturan pemenang ditetapkan untuk setiap grup aturan yang menunjuk keluaran yang sama. Dalam sebuah grup tersebut, ikatan antara dua aturan mengakibatkan aturan yang lebih awal yang menjadi pemenang. Jika dua grup aturan menunjuk keluaran yang sama kemudian dipisahkan oleh sebuah aturan yang menunjuk keluaran yang lain, maka nilai aksi ditetapkan dan dengan segera digunakan sebagai output untuk setiap grup. Jika keluaran dari sebuah grup aturan tersebut bermode *accumulate* maka ia menambahkan atau mengurangi dari nilai yang telah ditetapkan oleh grup yang lebih awal. Jika nilai aksi bermode *immediate*, maka nilai sebelumnya ditimpa, yang pada intinya menolak suatu grup aturan yang lebih awal yang telah menunjuk keluaran tadi.

Jika hal-hal tersebut tidak diambil untuk menetapkan tingkatan aturan, maka aturan-aturan yang diinginkan menjadi pemenang dapat diabaikan.

Sebagai contoh :

- If ... then keluaran 1 = value 1

- If ... then keluaran 1 = value 2
- Di sini aturan yang pertama dari dua aturan yang menjadi pemenang, dan nilai aksi yang digunakan adalah pada keluaran 1 (jika ada ikatan, maka nilai 1 yang menjadi pemenang).
- If ... then keluaran 2 = value 3
- Jika aturan ini mengevaluasi terhadap nilai bukan *zero*, maka nilai aksi yang dipakai adalah pada keluaran 2.
- if ... then keluaran 1 = value 4
- Jika aturan ini mempunyai nilai bukan *zero*, maka hal ini dapat menjadi pemenang dan dipakai nilai aksi pada keluaran 1. Penumpukan (atau dalam hal mode *accumulate* menambahkan pada) nilai aksi sebelumnya yang ditetapkan pada keluaran 1.

Sifat ini dapat digunakan untuk menolak aturan-aturan sebelumnya secara sengaja atau untuk melakukan manipulasi bit.

3.9. Keuntungan NLX220

Pendekatan logika fuzzy menyebabkan sensor-sensor sistem menjadi sederhana dan intuitif. Penyederhanaan masukan-masukan dari sensor-sensor, mendefinisikan fungsi keanggotaan untuk mengklasifikasi masukan-masukan sensor menjadi kategori-kategori yang relevan dan mendefinisikan variabel-variabel fuzzy menjadi pernyataan-pernyataan aturan. Empat kanal masukan analog, menghilangkan kebutuhan konverter ADC dan multiplekser. Resolusi delapan bit juga dapat dikembangkan dengan memberikan sebuah sinyal yang diamplifikasi

(yaitu melalui umpan balik atau proses *setpoint*) menjadi sebuah masukan kedua. Dengan melakukan hal ini maka resolusi akan semakin besar tanpa memerlukan konverter A/D 10 atau 12 bit yang mahal. Representasi digital secara internal akan mengeliminasi perubahan-perubahan parameter-parameter kontrol disebabkan faktor usia dan hanyutan temperatur dan fungsi keanggotaan mengapung dapat digunakan untuk mengkompensasi hanyutan sensor jika bacaan sensor yang tetap diperlukan. Logika fuzzy juga dapat dengan mudah mengakomodasi sensor-sensor non-linier dibanding oleh metode lain. Dengan memodifikasi tanggapan di daerah khusus dari ruang masukan di mana non-linier terjadi, maka NLX220 dapat diharapkan dapat menangani sensor-sensor non-linier dengan harga yang murah. Akhirnya, kesederhanaan proses perancangan memungkinkan untuk merancang yang dilengkapi dengan waktu yang diperlukan untuk pengontrolan yang lain.



TUGAS AKHIR

BAB IV

PERENCANAAN HARDWARE

BAB 4

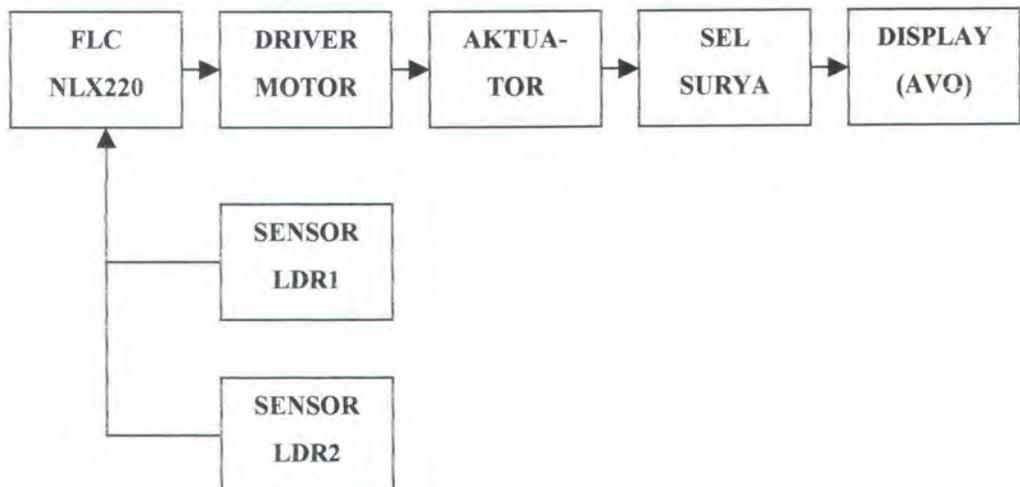
PERENCANAAN HARDWARE

Setelah mempelajari teori-teori tentang sistem kontrol dan teori logika fuzzy, dalam bab ini akan dibahas tentang perencanaan perangkat keras (hardware) yang dibuat. Sistematika dalam perencanaan hardware adalah:

1. Merancang diagram blok secara keseluruhan dan cara kerja umum.
2. Merancang sirkuit elektronika untuk setiap blok yang sesuai dengan kebutuhan.

4.1. Perencanaan Sistem

Diagram blok sistem optimasi daya sel surya ini adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1. Diagram Blok Sistem Kontrol Optimasi Daya Sel Surya

Cara kerja sistem secara umum adalah sebagai berikut:

FLC NLX220 berfungsi untuk memproses data dengan logika fuzzy untuk mengontrol posisi dari sel surya supaya posisinya selalu menghadap tegak lurus terhadap matahari sehingga daya yang dihasilkan optimal.

Driver motor berfungsi mengubah posisi sel surya supaya selalu mengikuti gerak matahari, yaitu dengan memberikan tegangan tertentu kepada sesuai dengan yang dioutputkan oleh kontroler fuzzy.

Display sebagai media tampilan untuk memonitor proses yang berlangsung dalam sistem tersebut, yaitu besarnya tegangan yang dihasilkan oleh setiap posisi sel surya.

Sensor LDR digunakan untuk mencari apakah posisi sel surya sudah benar-benar tegak lurus menghadap matahari.

4.2. Perencanaan Hardware

Sebagai langkah awal dilakukan pendataan komponen yang diperlukan dalam sistem kontrol ini. Sesuai dengan fungsinya, hardware yang direncanakan dikelompokkan dalam tiga bagian utama yaitu: FLC NLX220, Driver motor, dan sensor LDR.

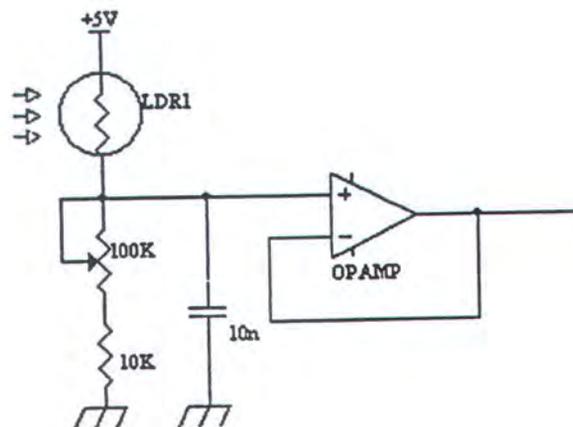
4.2.1. Sensor LDR

Untuk mengoptimalkan kerja sel surya dalam mengejar arah gerak sinar matahari digunakan dua buah LDR yang bekerja sama sebagai satu kesatuan sensor yang akan menggerakkan sebuah motor dalam arah horisontal (untuk mengejar sinar matahari jika alat ini mengalami perubahan letak), dan dua buah LDR yang lain untuk menggerakkan motor yang lain dalam arah vertikal (sesuai arah gerak matahari dari Timur ke Barat).

Kedua sensor ini dicari yang mempunyai karakteristik hampir sama, yaitu yang menghasilkan besar resistensi relatif sama untuk setiap kondisi sudut arah datangnya sinar. Dua LDR pada rangkaian yang pertama mempunyai nilai resistensi sebesar kurang lebih $7K\Omega$ dan bernilai $40 K\Omega$ saat kondisi paling mendekati tidak mendapat sinar (semua LDR saat tidak mendapat sinar akan memberikan nilai resistensi besar sekali, tak terhingga). Sedangkan pada rangkaian LDR yang kedua mempunyai range resistensi sebesar $12 K\Omega$ s.d. $180 K\Omega$.

LDR tersebut dirangkai dengan sebuah hambatan variabel, dalam alat ini digunakan $100 K\Omega$, dan hambatan tetap sebesar $10 K\Omega$ yang digunakan sebagai rangkaian pembagi tegangan supaya tegangan yang dihasilkan dapat diatur sesuai yang kita inginkan, yaitu besarnya sama untuk rangkaian dua LDR itu. Lalu dikuatkan dengan Op-Amp penguat 1. Tegangan yang dihasilkan oleh masing-masing rangkaian sensor LDR harus sama pada saat posisi yang dianggap sebagai referensi titik setimbang (posisi paling tegak lurus menghadap matahari). Karena

prinsip kerja dari rangkaian sensor ini adalah jika salah satu sensor lebih banyak menerima sinar, maka ia akan memberikan nilai resistensi yang lebih rendah, sehingga tegangan yang dihasilkan lebih besar, maka aktuator akan menggerakkan motor ke arah sinar, yaitu ke arah sensor yang lebih terang, sampai akhirnya kedua sensor menerima sinar dengan intensitas yang sama, tegangan keluaran yang dihasilkan juga sama. Gambar di bawah ini menunjukkan rangkaian sensor pertama yang menghasilkan V_{out1} dan digunakan oleh Fuzzy NLZ220 sebagai input pertama, IN1.



Gambar 4.2. Rangkaian Sensor LDR

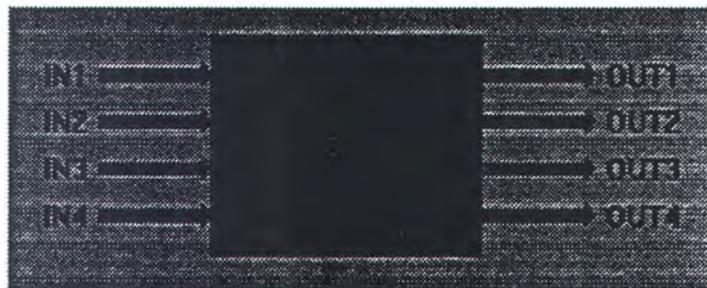
Rangkaian sensor yang kedua, identik dengan gambar di atas, menghasilkan V_{out2} , dan sekaligus sebagai IN2 bagi fuzzy. V_{out1} dan V_{out2} inilah yang harus bernilai sama saat posisi setimbang dan bekerjasama untuk menggerakkan sel surya

dalam arah horisontal.

Sedangkan sensor ketiga, Vout3, IN3 dan sensor keempat, Vout4, IN4 juga harus menghasilkan $V_{out3} = V_{out4}$, dan bekerjasama menggerakkan motor yang lain untuk mengubah arah sel surya secara vertikal.

4.2.2. Fuzzy Logic Controller NLX220

Unit Fuzzy Logic Controller NLX220 ini merupakan unit utama dari sistem ini. Diagram blok dari unit FLC NLX220 ini ditunjukkan pada gambar berikut ini:



Gambar 4.3. Diagram Blok FLC NLX220

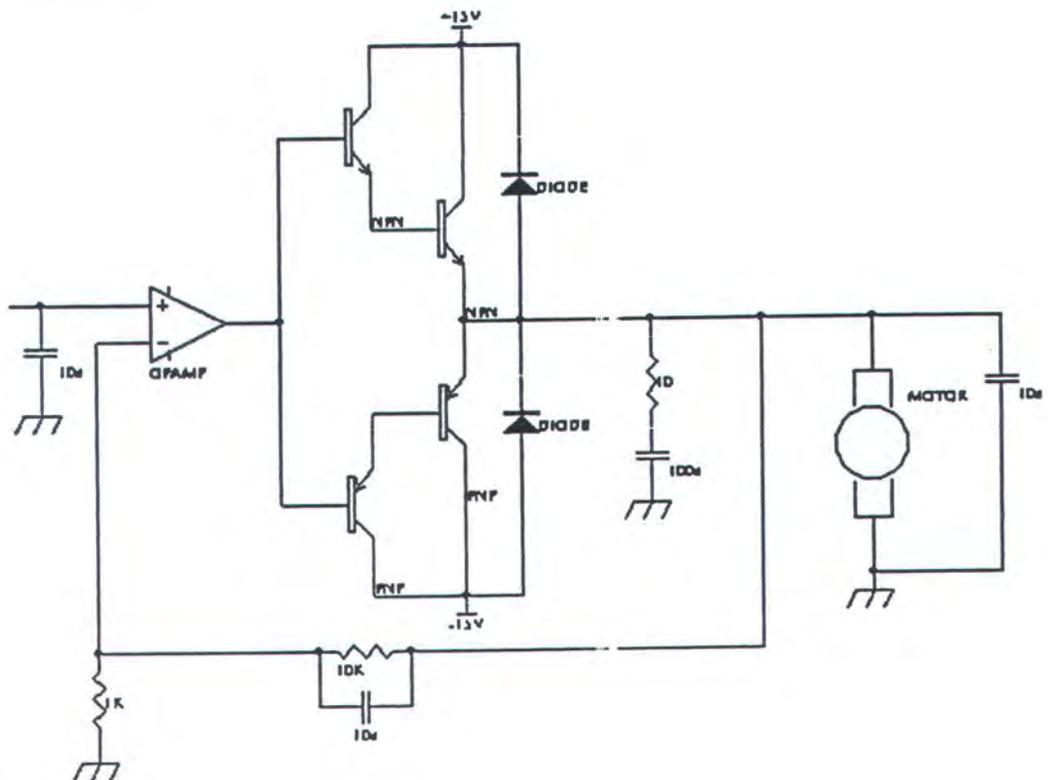
NLX220 ini mempunyai 4 buah input yang kesemuanya digunakan dan berasal dari output keempat rangkaian LDR yang sudah dijelaskan di atas.

NLX220 ini mempunyai empat buah output, yang kesemuanya digunakan, dimana OUT1 dan OUT2 merupakan respon dari rule fuzzy terhadap IN1 dan IN2. Logika berpikirnya sebenarnya sederhana sekali, yaitu jika misalnya sinar berada di

kiri sel, menyebabkan $IN1$ lebih besar dari $IN2$, maka sel harus diarahkan ke kiri, $UOT1 = 0$ dan $OUT2$ bernilai positif, maka selisihnya adalah tegangan negatif yaitu motor bergerak ke kiri, didrive dengan tegangan negatif, maka dibuat yang berasal dari $OUT1-OUT2$ pada output subtraktor dan sebagai input dari driver motor.

Begitu juga dengan $OUT3$ dan $OUT4$ digunakan untuk memberikan selisih tegangan untuk menghasilkan tegangan positif dan negatif sesuai dengan yang diinginkan oleh driver motor yang lainnya (arah vertikal).

4.2.3. Driver Motor





TUGAS AKHIR

BAB V

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SOFTWARE

BAB 5

PERENCANAAN DAN PEMBUATAN SOFTWARE

Software yang digunakan berupa sekumpulan aturan-aturan (rule sets) yang digunakan oleh NLX220 untuk merespon input yang diberikan. Dalam pembuatan aturan fuzzy ini dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Penentuan Input dan Output yang diperlukan.
2. Pembuatan fuzzy variabel.
3. Pembuatan aturan fuzzy (rule sets)

NLX220 mempunyai empat port input yang dapat dihubungkan dengan peralatan luar (terpakai semuanya), empat input internal yang berasal dari umpan balik output (tidak dipakai dalam alat optimasi ini), dan empat port output.

Keempat input yang digunakan adalah IN1, IN2, IN3, dan IN4. Sedangkan keempat outputnya adalah OUT1, OUT2, OUT3 dan OUT4.

Langkah selanjutnya adalah merancang variabel fuzzy yang diperlukan dalam proses. Format penulisan variabel fuzzy pada software Insight adalah:

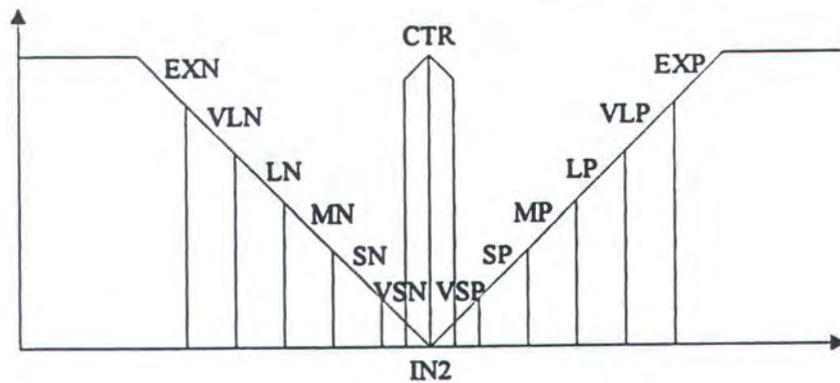
<antecedant> is <fuzzy set> (center, width, type membership functions).

Antecedant yang dipakai dalam program ini sebanyak dua buah yaitu IN1 dan IN3, yaitu menggunakan 'Floating membership function' dengan IN2 dan IN4 sebagai centernya.

Untuk IN1 variabel fuzzynya adalah:

1. IN1 is CTR (IN2, 3, Symmetric Inclusive)
2. IN1 is VSP (IN2, 0, Left Exclusive)
3. IN1 is SP (IN2, 10, Left Exclusive)
4. IN1 is MP (IN2, 20, Left Exclusive)
5. IN1 is LP (IN2, 30, Left Exclusive)
6. IN1 is VLP (IN2, 40, Left Exclusive)
7. IN1 is EXP (IN2, 50, Left Exclusive)
8. IN1 is VSN (IN2, 0, Right Exclusive)
9. IN1 is SN (IN2, 10, Right Exclusive)
10. IN1 is MN (IN2, 20, Right Exclusive)
11. IN1 is LN (IN2, 30, Right Exclusive)
12. IN1 is VLN (IN2, 40, Right Exclusive)
13. IN1 is EXN (IN2, 50, Right Exclusive)

Sehingga Membership Functionnya adalah sebagai berikut:

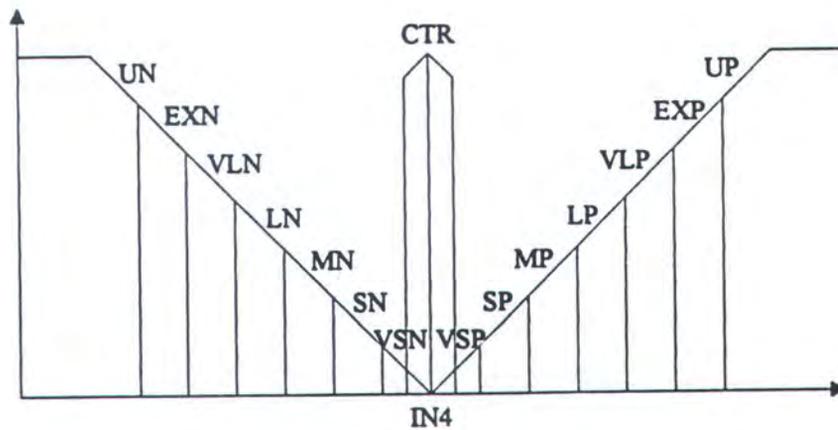


Sedangkan untuk IN3 fuzzy variabel adalah analogi dengan fuzzy variabel IN1 di atas, hanya yang menjadi center dari floating membership functionnya adalah IN4 dan mendapat tambahan dua buah variabel fuzzy lagi untuk membuat lebih smooth dari hasil kontrolnya sekaligus memaksimalkan pemakaian jumlah variabel fuzzy dan rule yang disediakan oleh NLX220 ini. Tambahan variabelnya adalah:

14. IN3 is UP (IN4, 60, Left Exclusive)

15. IN3 is UN (IN4, 60, Right Exclusive)

Sehingga Membership Functionnya adalah:



Langkah terakhir adalah membuat sekumpulan aturan (rule sets):

1. IF IN1 IS CTR THEN OUT1 = 0
2. IF IN1 IS CTR THEN OUT2 = 0
3. IF IN1 IS UN THEN OUT1 = 0
4. IF IN1 IS UP THEN OUT1 = 255
5. IF IN1 IS EXN THEN OUT1 = 0
6. IF IN1 IS EXP THEN OUT1 = 200
7. IF IN1 IS VLN THEN OUT1 = 0
8. IF IN1 IS VLP THEN OUT1 = 150
9. IF IN1 IS LN THEN OUT1 = 0
10. IF IN1 IS LP THEN OUT1 = 110
11. IF IN1 IS MN THEN OUT1 = 0
12. IF IN1 IS MP THEN OUT1 = 75

13. IF IN1 IS SN THEN OUT1 = 0
14. IF IN1 IS SP THEN OUT1 = 45
15. IF IN1 IS VSN THEN OUT1 = 0
16. IF IN1 IS VSP THEN OUT1 = 20

17. IF IN1 IS UN THEN OUT2 = 255
18. IF IN1 IS UP THEN OUT2 = 0
19. IF IN1 IS EXN THEN OUT2 = 200
20. IF IN1 IS EXP THEN OUT2 = 0
21. IF IN1 IS VLN THEN OUT2 = 150
22. IF IN1 IS VLP THEN OUT2 = 0
23. IF IN1 IS LN THEN OUT2 = 110
24. IF IN1 IS LP THEN OUT2 = 0
25. IF IN1 IS MN THEN OUT2 = 75
26. IF IN1 IS MP THEN OUT2 = 0
27. IF IN1 IS SN THEN OUT2 = 45
28. IF IN1 IS SP THEN OUT2 = 0
29. IF IN1 IS VSN THEN OUT2 = 20
30. IF IN1 IS VSP THEN OUT2 = 0

31. IF IN3 IS CTR THEN OUT3 = 0
32. IF IN3 IS CTR THEN OUT4 = 0
33. IF IN3 IS EXN THEN OUT3 = 0

34. IF IN3 IS EXP THEN OUT3 = 200
35. IF IN3 IS VLN THEN OUT3 = 0
36. IF IN3 IS VLP THEN OUT3 = 150
37. IF IN3 IS LN THEN OUT3 = 0
38. IF IN3 IS LP THEN OUT3 = 110
39. IF IN3 IS MN THEN OUT3 = 0
40. IF IN3 IS MP THEN OUT3 = 75
41. IF IN3 IS SN THEN OUT3 = 0
42. IF IN3 IS SP THEN OUT3 = 45
43. IF IN3 IS VSN THEN OUT3 = 0
44. IF IN3 IS VSP THEN OUT3 = 20

45. IF IN3 IS EXN THEN OUT4 = 200
46. IF IN3 IS EXP THEN OUT4 = 0
47. IF IN3 IS VLN THEN OUT4 = 150
48. IF IN3 IS VLP THEN OUT4 = 0
49. IF IN3 IS LN THEN OUT4 = 110
50. IF IN3 IS LP THEN OUT4 = 0
51. IF IN3 IS MN THEN OUT4 = 75
52. IF IN3 IS MP THEN OUT4 = 0
53. IF IN3 IS SN THEN OUT4 = 45
54. IF IN3 IS SP THEN OUT4 = 0

55. IF IN3 IS VSN THEN OUT4 = 20

56. IF IN3 IS VSP THEN OUT4 = 0



TUGAS AKHIR

BAB VI

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

BAB 6

PENGUJIAN DAN PENGUKURAN

Sebelum digabung sebagai satu sistem, maka tiap-tiap bagian sistem dilakukan pengujian terlebih dahulu. Setelah semua bagian bekerja dengan baik, tahap selanjutnya adalah pengukuran dan kalibrasi.

6.1. Pembuatan dan Pengujian Alat

Untuk merealisasikan sistem yang direncanakan, dibuat hardware dengan bagian-bagian yang terpisah dan memiliki fungsi sendiri. Bagian-bagian yang dibuat dan perlu diuji adalah FLC NLX220, Driver motor, dan Display.

Pengujian dilakukan dengan memberikan input simulasi pada alat yang diuji kemudian melihat hasilnya, apabila hasilnya sesuai dengan perencanaan alat maka alat tersebut dianggap telah bekerja dengan baik. Jika tidak, dilakukan perbaikan sehingga semua alat dapat bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

6.2. Pengukuran dan Kalibrasi.

Pengukuran dan kalibrasi juga dilakukan perbagian dari sistem, kalibrasi dilakukan sampai diperoleh hasil yang mendekati spesifikasi alat yang diinginkan. Pengukuran LDR dilakukan dengan mengubah arah LDR itu dari mula-mula menghadap tegak lurus terhadap sumber cahaya, dalam hal ini sinar matahari

sinar lampu, dan perlahan-lahan diubah sudutnya tiap 5° makin menjauhi sumber cahaya sampai pada akhirnya LDR itu sama sekali tidak tersinari, tahanannya menjadi besar sekali, tak terhingga. Dengan ini akan diperoleh data besarnya range masing-masing LDR.

Data dari pengukuran keempat LDR itu adalah sebagai berikut:

Tabel 6.1. Pengukuran Sensor LDR saat digerakkan dengan sudut perubahan sebesar 5° menjauhi sumber cahaya

LDR1	LDR2	LDR3	LDR4
7,18	6,9	12,1	13,4
8,07	8,01	18,7	18,91
8,13	8,05	23,54	24,23
9,34	9,2	29,7	29,97
11,68	11,45	36,43	35,14
12,58	12,4	42,05	43,23
14,8	14,86	49,73	49,98
16,6	16,0	55,25	56,05
19,31	19,1	62,7	62,97
21,5	21,3	69,81	70,35
23,2	22,5	75,13	76,31
24,2	23,8	81,9	82,45
24,8	24,3	88,27	89,7
26,2	25,8	94,51	95,97
27,5	27,4	100,75	101,3
28,9	28,3	107,23	108,7
30,3	30,15	113,71	115,84
31,7	31,4	120,47	122,71
32,8	32,8	127,93	129,35
33,4	33,05	133,31	134,91
35,6	34,7	139,97	141,27
37,9	37,3	146,53	149,91
40,2	39,1	153,61	154,3
42,3	41,9	160,29	160,71
43,4	42,8	167,73	169,84
44,0	43,5	174,84	179,6

Dari hasil pengukuran terdapat sedikit perbedaan antara LDR1 dan LDR2 untuk kondisi sudut kemiringan yang sama, maka perlu diadakan kalibrasi dengan memberikan hambatan variabel seperti terlihat dalam gambar 4.2. rangkaian sensor LDR. Dibuat sedemikian rupa sehingga tegangan output dari Op-Amp LDR1 sama dengan tegangan output Op-Amp LDR2. Demikian juga dengan pasangan LDR3 dan LDR4.



TUGAS AKHIR

BAB VII

PENUTUP

BAB 7

PENUTUP

7.1. Kesimpulan

Dari keseluruhan perencanaan dan pembuatan alat dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Sistem kontrol menggunakan logika fuzzy mempunyai keunggulan-keunggulan antara lain: tidak memerlukan model matematis yang kompleks sehingga memudahkan proses desain, mampu mengatasi permasalahan yang non linear dan dinamis, aturan fuzzy bersifat intuitif sehingga mudah dimengerti, fleksibilitas tinggi sehingga mudah untuk menambah/mengubah aturan yang ada sesuai kebutuhan.
2. Dengan menggunakan Fuzzy Logic Controller NLX220, proses fuzzy dilakukan secara hardware sehingga mempercepat waktu proses dan memudahkan proses desain.
3. Ketelitian sensor LDR sangat diperlukan sebagai salah satu faktor untuk menjamin ketelitian sistem kontrol, terutama dalam tugas akhir ini sensor LDR sangat menentukan apakah benar pada saat posisi sel surya yang direferensikan sebagai posisi tegak lurus menghadap matahari, tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian sistem sensor LDR1 dan sistem sensor LDR2 sudah sama, sehingga nantinya kontroler Fuzzy dapat memutuskan aksi yang seharusnya dilakukan terhadap motor. Dalam tugas akhir ini, pemakaian

Floating Membership Function memberikan kemudahan dalam hal penyesetan kondisi kedua sensor LDR. Jika tanpa Floating MF diperlukan penyesetan kedua nilai resistor variabel pada kedua sistem sensor, dengan Floating MF hanya salah satu saja yang diset dan yang lainnya digunakan sebagai nilai referensinya. Hasil yang dicapai dari proses kontrol secara keseluruhan dari alat ini menunjukkan hasil yang relatif memuaskan, yaitu posisi yang relatif tepat menghadap tegak lurus terhadap arah datangnya sinar, dan akan bergerak terus mencari jika belum mencapai posisi tegak lurus tersebut. Berarti dapat disimpulkan proses kontrol oleh Fuzzy yang didukung oleh Floating MF sudah bekerja dengan baik sesuai yang diharapkan.

7.2. Saran

Untuk memperbaiki dan meningkatkan unjuk kerja dari sistem yang telah dibuat, dapat dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Penggunaan jaringan syaraf tiruan untuk melatih dan membangun aturan-aturan fuzzy secara otomatis sehingga didapatkan sistem yang mempunyai intelegensia buatan yang mampu beradaptasi dengan lingkungan secara otomatis.
2. Penggunaan teknologi fuzzy dengan metode lain, sehingga dapat dilakukan perbandingan metode fuzzy yang tepat untuk suatu permasalahan tertentu.



TUGAS AKHIR

DAFTAR PUSTAKA

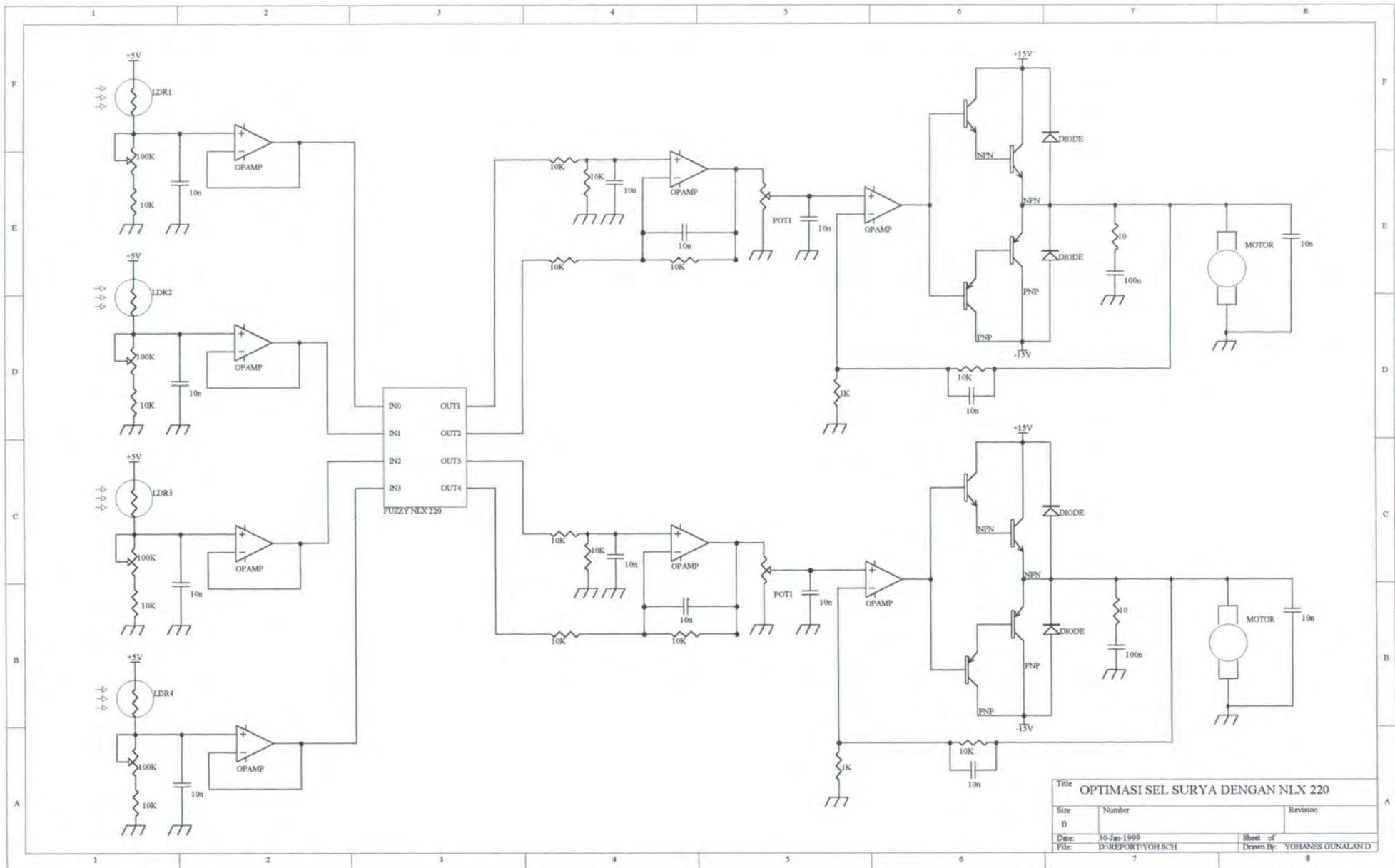
DAFTAR PUSTAKA

1. Hall, Douglas V., MICROPROCESSOR AND INTERFACING : Programming and Hardware, McGraw-Hill Inc, Singapore, 1992.
2. Ogata, Katsuhiko., TEKNIK KONTROL AUTOMATIK, JILID 1.Diterjemahkan oleh Edi Leksono, Jakarta : Erlangga, 1991.
3. Maloney,Timothy J., INDUSTRIAL SOLID-STATE ELECTRONICS, Prentice-Hall Inc., 1986.
4. Yan, Jun, Michael Ryan, dan James Power, USING FUZZY LOGIC, Prentice-Hall International, 1994.
5. ____, FUZZY LOGIC EDUCATION PRGRAM. USA: Motorola.
6. ____, 1994. STAND ALONE FUZZY LOGIC CONTROLLERS NLX220. USA: Adaptive Logic.
7. Dickinson, W. C., dan P. N. Cheremisnoff, SOLAR ENERGY TECHNOLOGY HANDBOOK: Part B Applications, System Design and Economic, Marcel Dekker Inc, 1980.

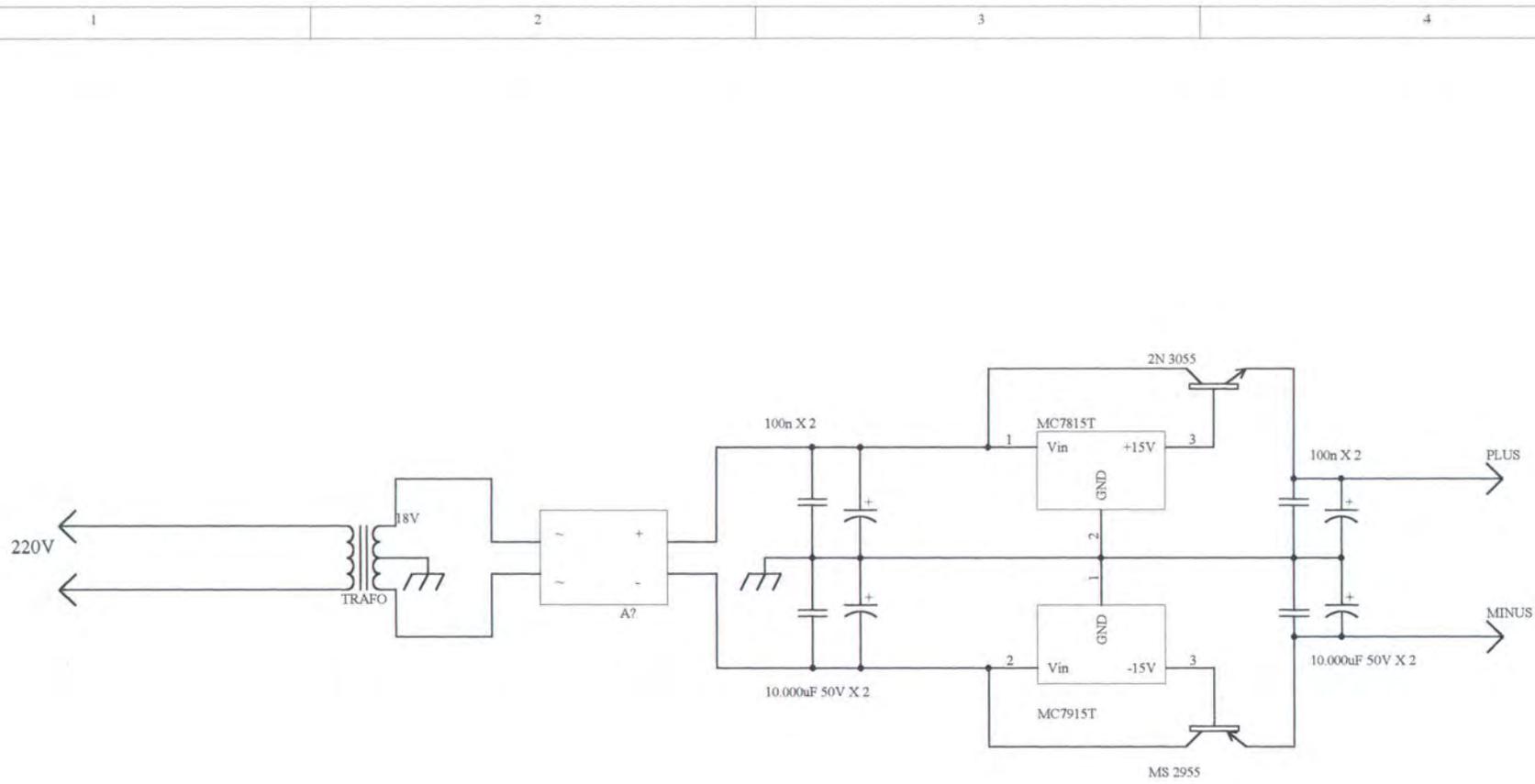


TUGAS AKHIR

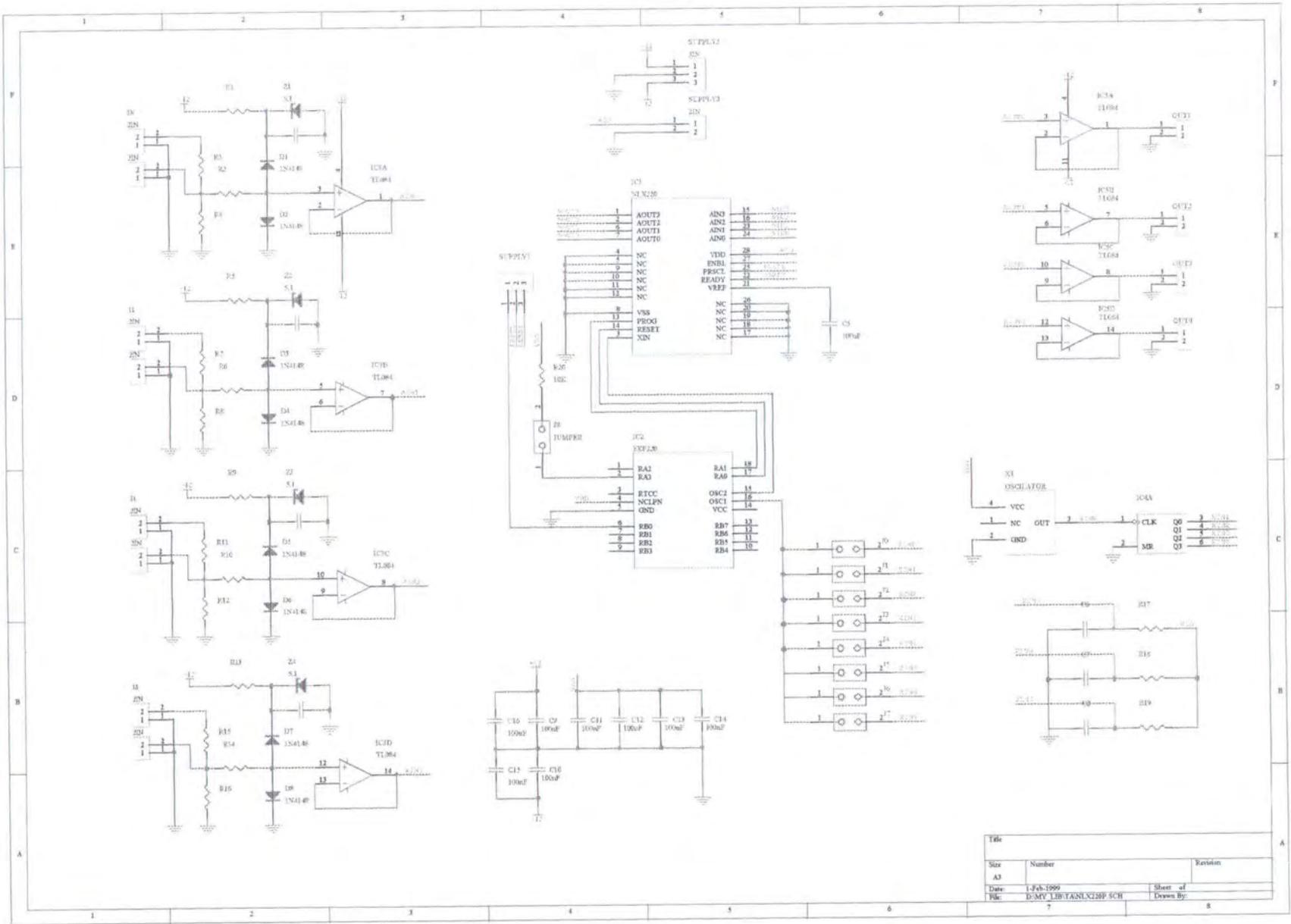
LAMPIRAN



Title		
OPTIMASI SEL SURYA DENGAN NLX 220		
Size	Number	Revision:
B		
Date:	30-Jan-1999	Sheet of
File:	D:\REPORT\YOH.SCH	Drawn By: YOHANES GUNALAN D



Title		
SCHEMATIC POWER SUPPLY		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	30-Jan-1999	Sheet of
File:	D:\REPORT\POWER.SCH	Drawn By: YOHANES GUNALAND



Title		
Size	A3	Revision
Date	1-Feb-1999	Sheet of
File	D:\MY LIB\TANLX200.SCH	Drawn By

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Yohanes Gunalan Djuharto lahir di Jember, pada tanggal 25 Februari 1972, putra dari Djuharto dan Inggit Herawati. Menempuh pendidikan dasar di SDK Aletheia, Jember dan lulus pada tahun 1985. Pendidikan tingkat menengah ditempuh di SMPK Maria Fatima, Jember dan lulus pada tahun 1988. Kemudian melanjutkan ke SMAK Santo Paulus, Jember dan lulus pada tahun 1991. Melanjutkan pendidikan di Teknik Elektro, FTI ITS pada tahun 1991 dan diharapkan lulus pada ujian Tugas Akhir periode Wisuda Maret 1999 ini. Selama berada di ITS penulis pernah menjadi asisten praktikum Rangkaian Listrik, Elektronika, Elektronika Lanjut II. Juga aktif di Unit Kegiatan Bridge, dan beberapa kali menjabat pengurus sebagai sekretaris dan pembantu umum, UK Tae Kwon Do, dan aktif di ke Himpunan Mahasiswa Elektro dan pernah menjadi pengurus Litbang pada kepengurusan Hima periode 1994/1995.