

MESIN BOR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI TEKNOLOGI FUZZY LOGIC

TUGAS AKHIR

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	27-7-2000
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	21.1361

Disusun Oleh :

WILIS YUDI SETIAWAN

2296 109 027

RSE
629.89
Set
m-1

1999



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

**MESIN BOR DENGAN MENGGUNAKAN
TEKNOLOGI FUZZY LOGIC**

TUGAS AKHIR

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

Pada

Bidang Studi Teknik Elektronika

Jurusan Teknik Elektro

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

Mengetahui / Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Ir. NAWANTOWIBOWO

NIP. 130 368 612

PUJIONO, ST.

NIP. 132 094 793

SURABAYA

Agustus, 1999

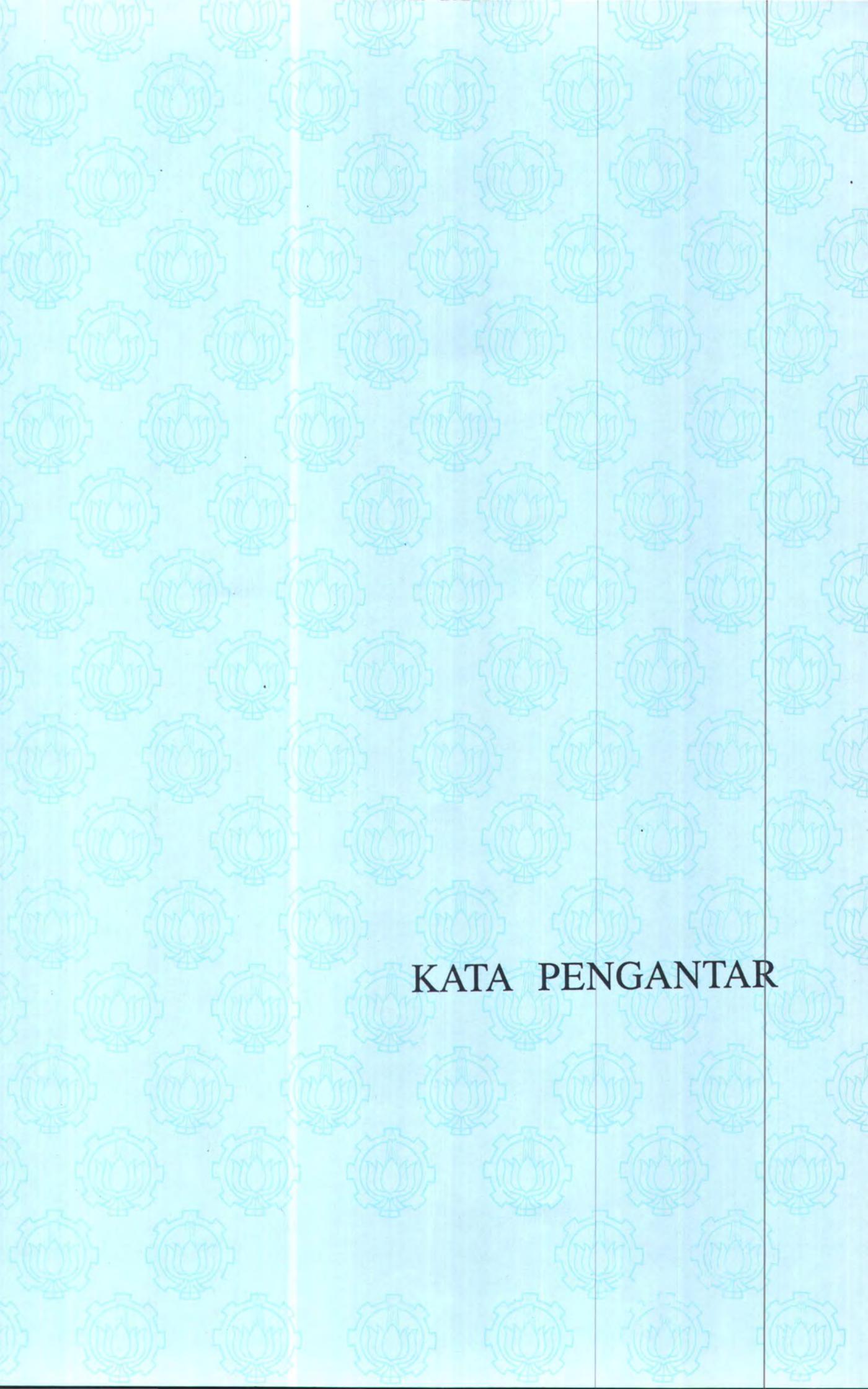




ABSTRAK

ABSTRAK

Penggunaan mesin bor secara umum sering digunakan, pengendalian proses secara manual atau konvensional memiliki beberapa kelemahan. yaitu pada kekuatan motor yang jika digunakan sering melebihi kekuatan nominalnya akan menyebabkan motor menjadi cepat rusak/terbakar.. Untuk itu dalam tugas akhir ini akan dibuat suatu sistem pengontrol mesin bor agar dicapai optimasi pengeboran sesuai dengan yang telah ditetapkan menggunakan *Fuzzy Logic Controller NLX220*. Pengontrolan dilakukan dengan jalan mengatur frekuensi PWM yang masuk pada rotor, sehingga kecepatan motorDC dapat diatur sesuai yang diinginkan.. Dengan menggunakan teknik logika fuzzy, sistem ini didukung dengan kemampuan adaptif kontrol dimana perubahan nilai setting kedalaman atau perubahan counter akan langsung ditanggapi oleh NLX220 sehingga putaran motorDC tetap dalam nilai yang diinginkan, hal ini dimungkinkan karena NLX220 mempunyai *floating membership function*. Pada tugas akhir ini mesin bor dikontrol pada rentang kedalaman 3mm sampai 7,5 cm, dengan memberi beban pengeboran antara lain berupa mika/PCB.



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur ke hadirat Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nyalah penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul:

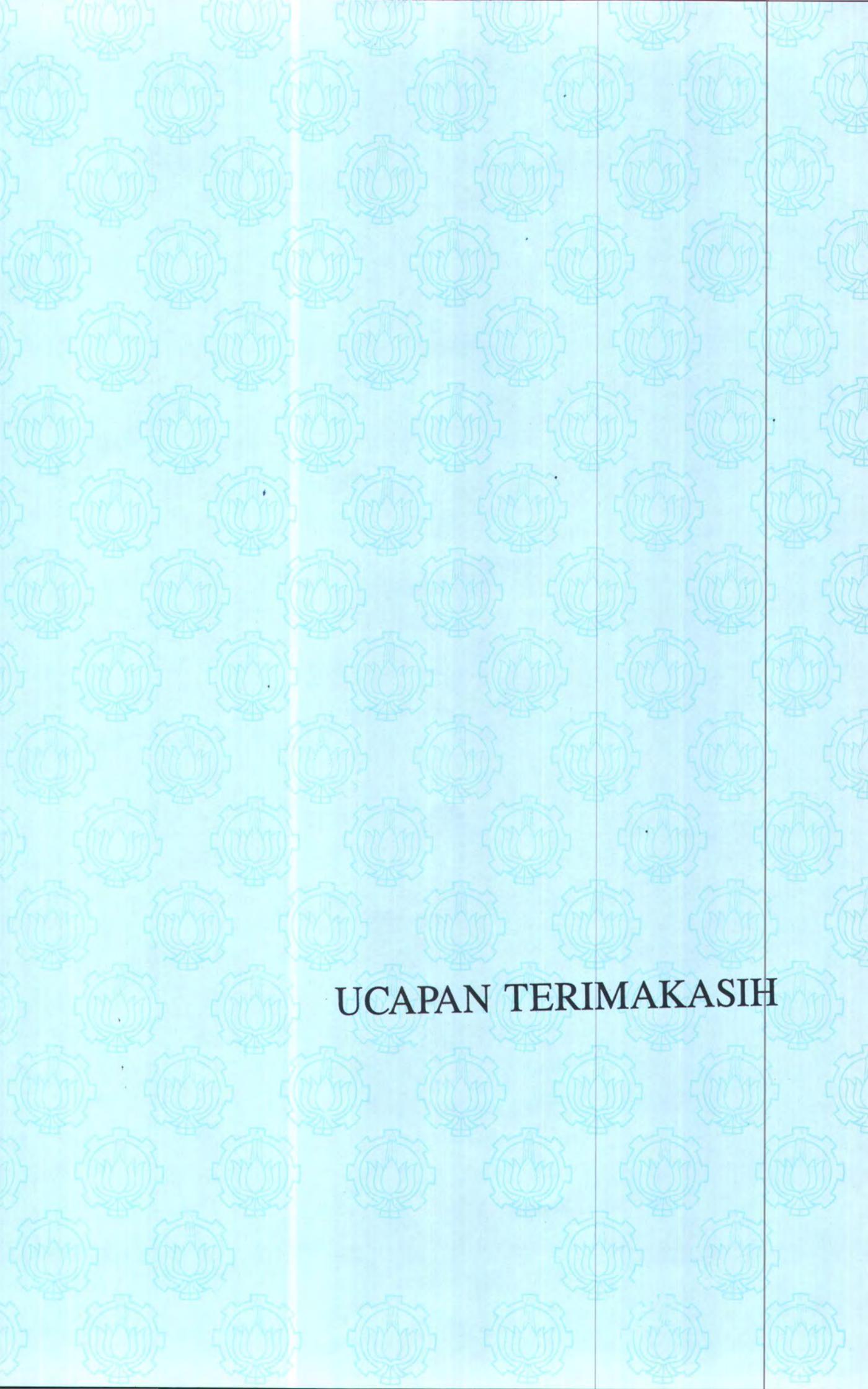
MESIN BOR DENGAN MENGGUNAKAN TEKNOLOGI FUZZY LOGIC

Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan pendidikan S-1 pada Bidang Studi Elektronika, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Akhirnya penulis berharap agar tugas akhir ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama bagi rekan - rekan mahasiswa.

Surabaya, 28 Juli 1999

Penulis



UCAPAN TERIMAKASIH

UCAPAN TERIMAKASIH

Rasa syukur yang tak terhingga penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena hanya karena rahmat dan hidayah-Nya tugas ini dapat selesai. Selain itu kepada berbagai pihak yang telah banyak membantu dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, secara khusus penulis ucapkan kepada:

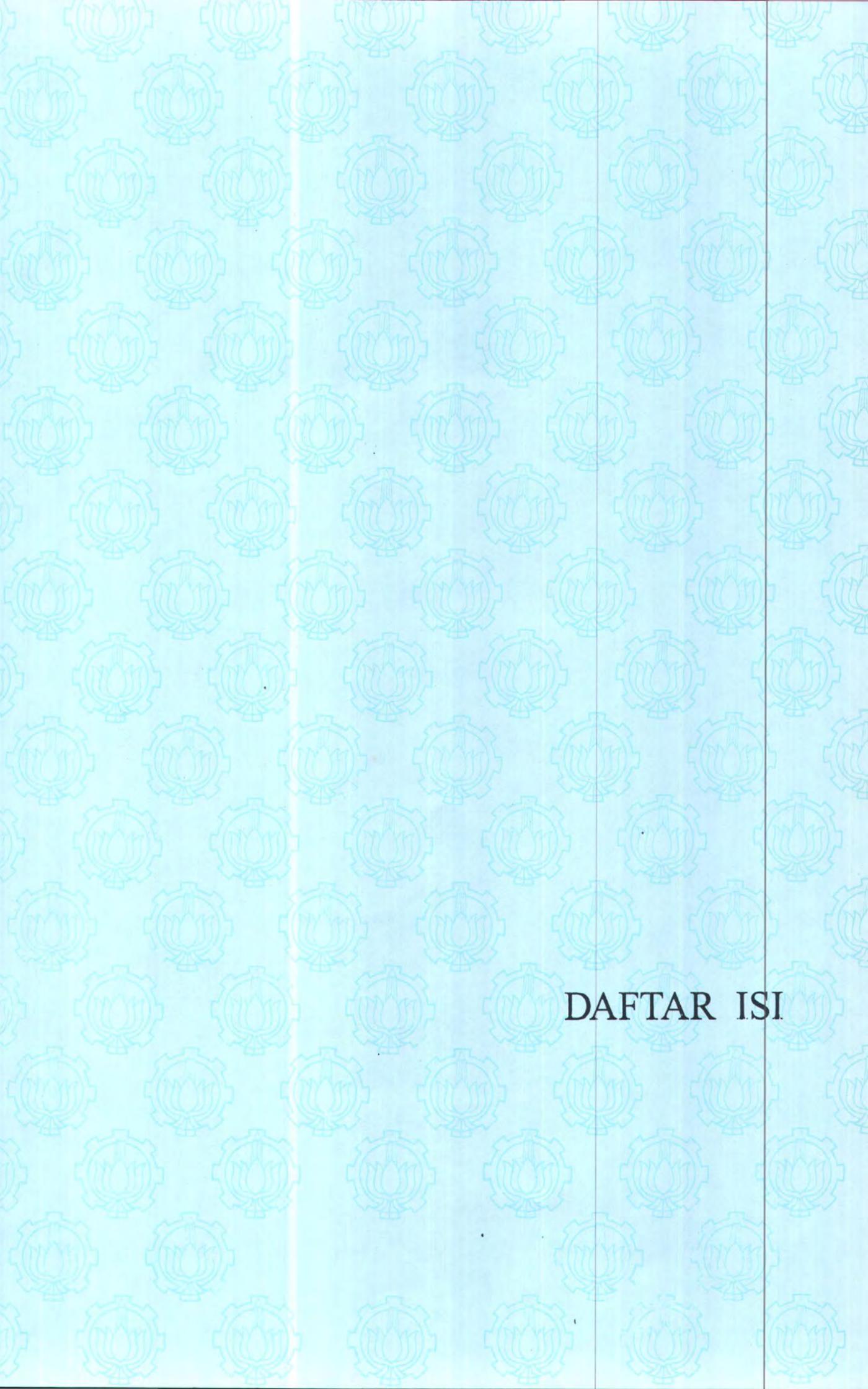
1. **Ayahnda dan ibunda tercinta, serta adik dan kakak tersayang** yang telah banyak memberikan dorongan moral dan material sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. **Bapak Ir. Nawantowibowo**, selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan nasehat, pengarahan, ataupun dorongan yang sangat bermanfaat untuk penyelesaian tugas akhir ini.
3. **Bapak Pujiono, ST**, selaku Dosen Pembimbing II, yang penuh perhatian dalam mendukung, mengarahkan serta memberikan pengetahuan yang sangat berguna bagi penulis sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
4. **Bapak Ir. Soetikno**, selaku Koordinator Bidang Studi Elektronika yang telah banyak memberikan, nasehat ataupun pengarahan baik teknis maupun nonteknis yang sangat berguna bagi penyelesaian tugas akhir ini.
5. **Teman-teman, Joki, Suratman, Kristiyono**, dan lain-lain yang tidak bosan-bosannya membantu sehingga tugas akhir ini selesai.

6. **Sumarno** dari PT.Tanto Granitindo dan **Tarmuji** dari PT.Guna Jasa yang telah banyak yang mensupport tentang bidang mekanik sehingga tugas ini berakhir.
7. **Baju Utomo**, yang memberi banyak pengetahuan tentang Fuzzy Logic dan VHDL kepada penulis.
8. **Bapak Hadi Hariono, ST**, Manager Teknik dan Perawatan PT. Tanto Granitindo yang banyak memberikan fasilitas dan segala kemudahan.
9. **Semua pihak**, yang dengan *amat menyesal* penulis lupa menyebutkannya satu per satu.

Akhirnya dengan tulus ikhlas penulis berdoa agar Allah SWT melimpahkan Rahmat dan HidayahNya, serta membalas semua budi baik yang telah mereka berikan.

Surabaya, Juli 1999

Penulis



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERMASALAHAN.....	1
1.3 HIPOTESA.....	1
1.4 TUJUAN TUGAS AKHIR.....	2
1.5 METODOLOGI.....	2
BAB II TEORI PENUNJANG.....	3
2.1 Pendahuluan.....	3
2.2 Digital to Analog Converter (DAC).....	3
2.3 Counter.....	5
2.4 MotorDC.....	7
2.5 Pulse Width Modulation.....	9
2.5.1 Multiple Pulse Width Modulation.....	9
2.6 Kontroler Logika Fuzzy (KLF).....	10
2.7 Proses Logika Fuzzy.....	11
2.8 Pengontrolan dengan Logika Fuzzy.....	14
2.9 Kontroler Fuzzy Logic NLX220.....	16

2.9.1 Keistimewaan dan Aplikasi NLX220.....	17
2.9.2 Pin Deskripsi.....	18
2.9.3 Arsitektur Devais.....	20
2.9.4 Membership Function (MF).....	22
2.9.5 Variabel Fuzzy.....	25
2.9.6 Rule.....	25
2.9.7 Evaluasi Rule.....	26
2.9.8 Floating Membership Function.....	26
2.9.9 Operasional Devais.....	29
2.9.10 Organisasi Memori dan Timing Diagram.....	33
BAB III PEMBUATAN SISTEM.....	35
3.1 Perencanaan Blok Diagram Sistem.....	35
3.2 Perancangan Perangkat Keras.....	36
3.2.1 Rangkaian Driver.....	37
3.2.2 Rangkaian Relay.....	38
3.2.3 Rangkaian sensor arus dan penguat Instrument.....	39
3.2.4 Rangkaian Counter dan DAC.....	41
3.2.5 Rangkaian Fuzzy Logic Controller NLX220.....	43
3.2.6 Rangkaian Setting Kedalaman.....	44
3.2.7 Counter PAL.....	45
3.3 Perancangan Perangkat Lunak NLX220.....	47
3.3.1 Input.....	47
3.3.2 Output.....	48
3.3.3 Variabel.....	49
3.3.4 Rules.....	50
BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN.....	54
4.1 Kalibrasi dan Pengukuran.....	54
4.2 Pengujian dan pengukuran Sistem Fuzzy.....	57

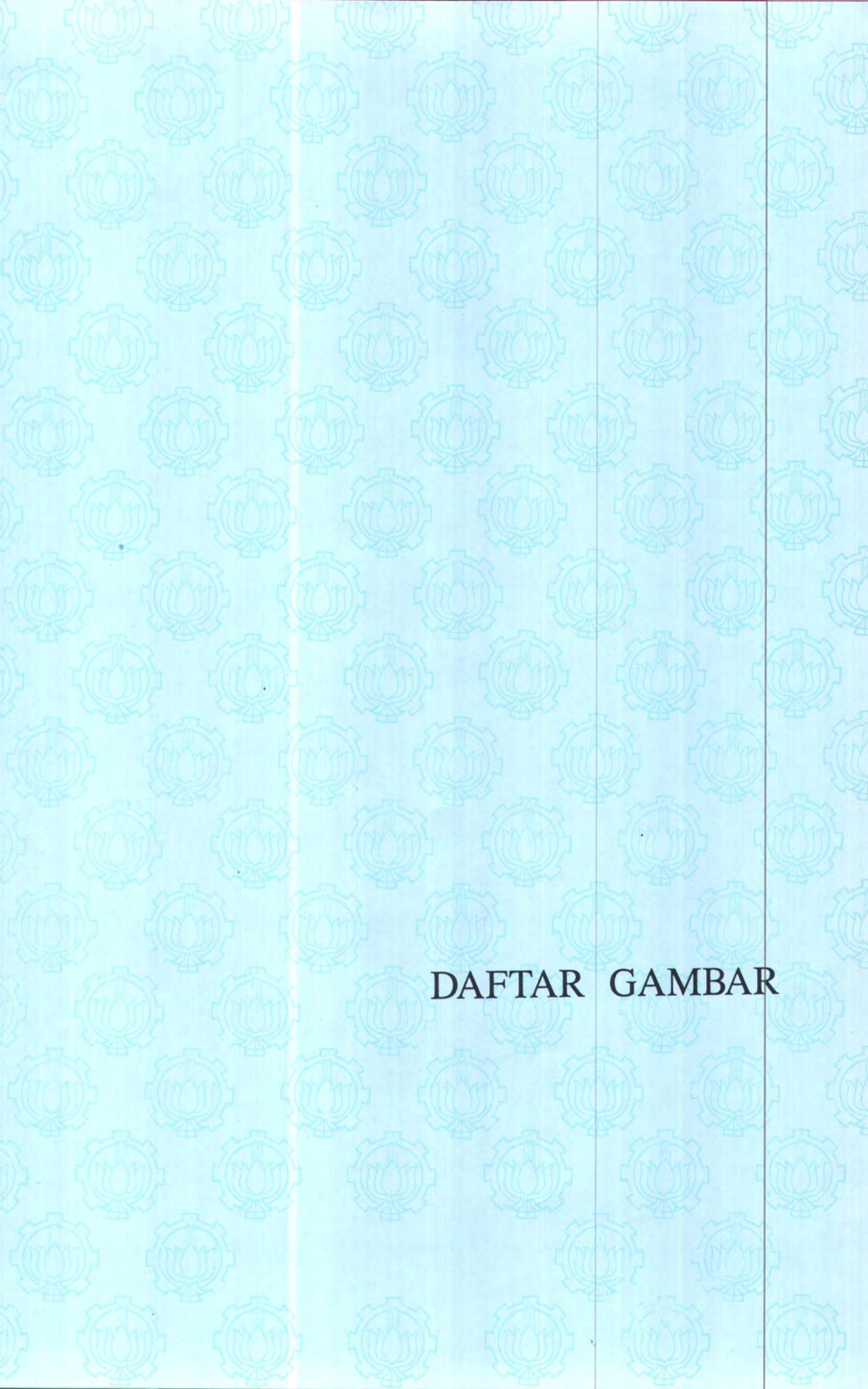
BAB V	PENUTUP	58
	5.1 Kesimpulan.....	58
	5.2 Saran - saran.....	59
	DAFTAR PUSTAKA.....	60
	LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

2.1 Absolute Maximum Rating $T_a=25^\circ$	19
2.2 Analog Conversion Specifications	19
2.3 Specifications and Recommended Operating Conditions	19
2.4 Alokasi Memori NLX220	33
2.5 Command Byte / Alamat genap	33
2.6 Select Byte / Alamat ganjil	33
4.1 Hasil pengukuran pada counter setelah kalibrasi	55
4.2 Pengukuran terhadap tegangan setting dan tegangan counter	56



DAFTAR GAMBAR

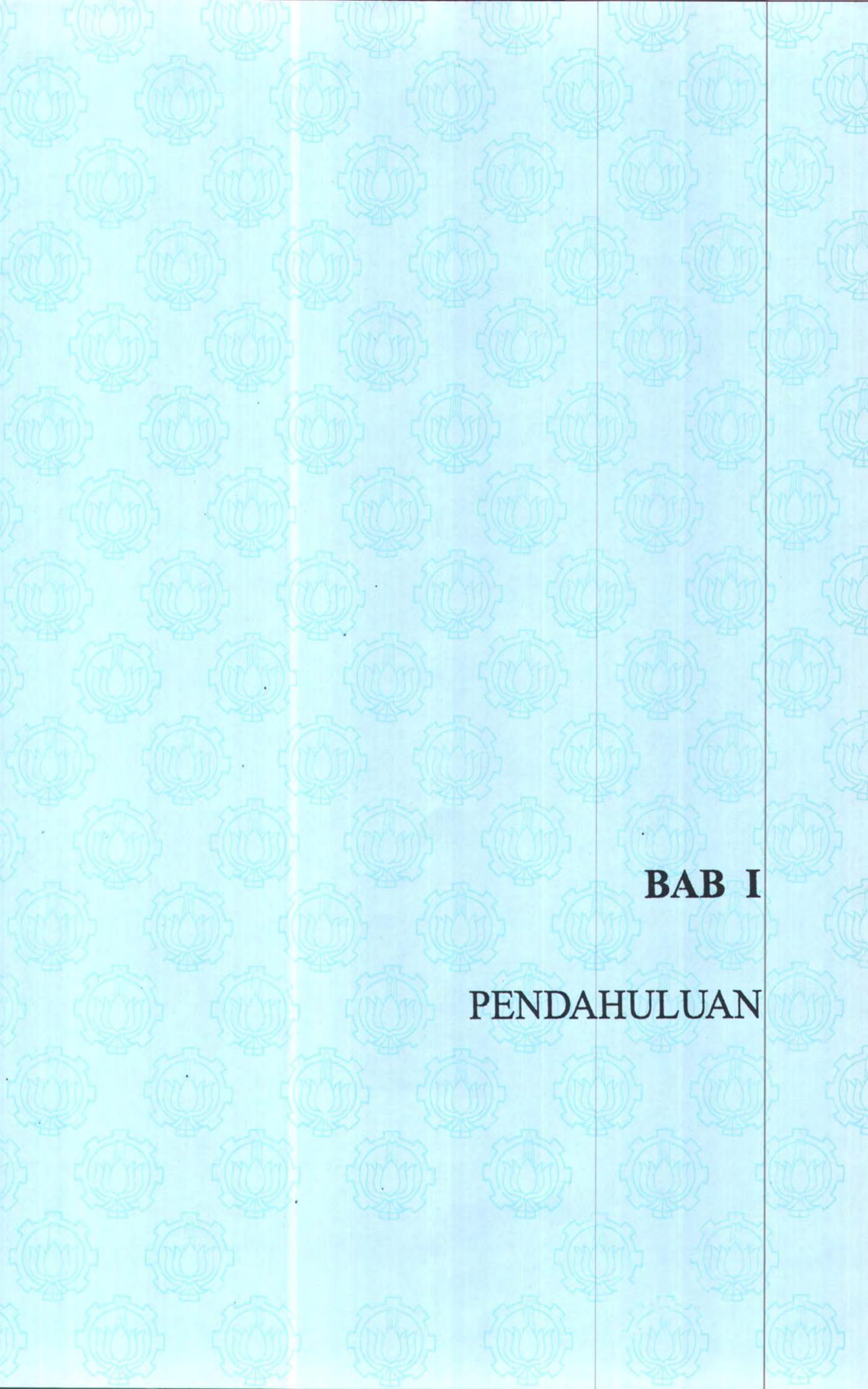
DAFTAR GAMBAR

2.1 DAC dengan tangga R-2R.....	4
2.2 Counter biner.....	5
2.3 Timing diagram counter.....	7
2.4 MotorDC shunt.....	8
2.5 Pembentukan Gelombang Multiple PWM.....	9
2.6 Proses Fuzzification	12
2.7 Blok diagram Sistem Kontrol Logika Fuzzy	14
2.8 Perbandingan Kontroler Proposional Konvensional dengan Kontroler Logika Fuzzy.....	15
2.9 Blok diagram NLX220.....	21
2.10 Jenis Membership Function.....	23
2.11 Membership Function Kecepatan.....	24
2.12 Overlap Dua Membership Function.....	24
2.13 Fuzzifikasi dari Temperatur input.....	25
2.14 Floating Membership function.....	27
2.15 Mode Immediate Defuzzifikasi.....	32
2.16 Mode Accumulate Defuzzifikasi.....	32
2.17 Timing diagram NLX220.....	34
3.1 Blok Diagram Sistem.....	35
3.2 Rangkaian Driver.....	37
3.3 Rangkaian Relay.....	38
3.4 Sensor arus.....	39
3.5 Penguat Instrumentasi.....	40
3.6 Rangkaian Counter dan DAC.....	41
3.7 Rangkaian kontrol dengan Fuzzy Logic NLX220.....	43
3.8 Rangkaian Setting Kedalaman.....	45

3.9 Simulasi counter menggunakan NOVA..... 47

3.10 Flowchart dari program..... 53





BAB I

PENDAHULUAN

BAB I PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Dalam dunia industri dimana banyak sekali proses produksi yang dikerjakan dengan bantuan mesin bor listrik, tentu dibutuhkan peralatan yang dapat mengatur kedalaman pengeboran agar sesuai keinginan yang dikerjakan dan dengan daya yang relatif efisien. Salah satu metode untuk mengatur pengeboran adalah dengan cara teknik PWM, sehingga mesin bor listrik tersebut dapat diatur kedalaman pengeboran berdasarkan kebutuhan dengan tidak mengabaikan kekuatan optimal dari motor penggerakannya.

Dengan Teknologi Fuzzy ini diharapkan mesin bor ini dapat memberikan hasil yang lebih baik, dibandingkan dengan peralatan konvensional yang ada.

1.2 PERMASALAHAN

Untuk mempertahankan agar putaran motor dapat stabil saat mendapatkan beban (arus) yang berubah-ubah saat pengeboran, diperlukan suatu pengontrol dan pengatur putaran motorDC.

1.3 HIPOTESA

- Putaran motorDC dapat diatur dengan mengubah frekuensi Pulse Width Modulation (PWM) yang masuk ke rotor.

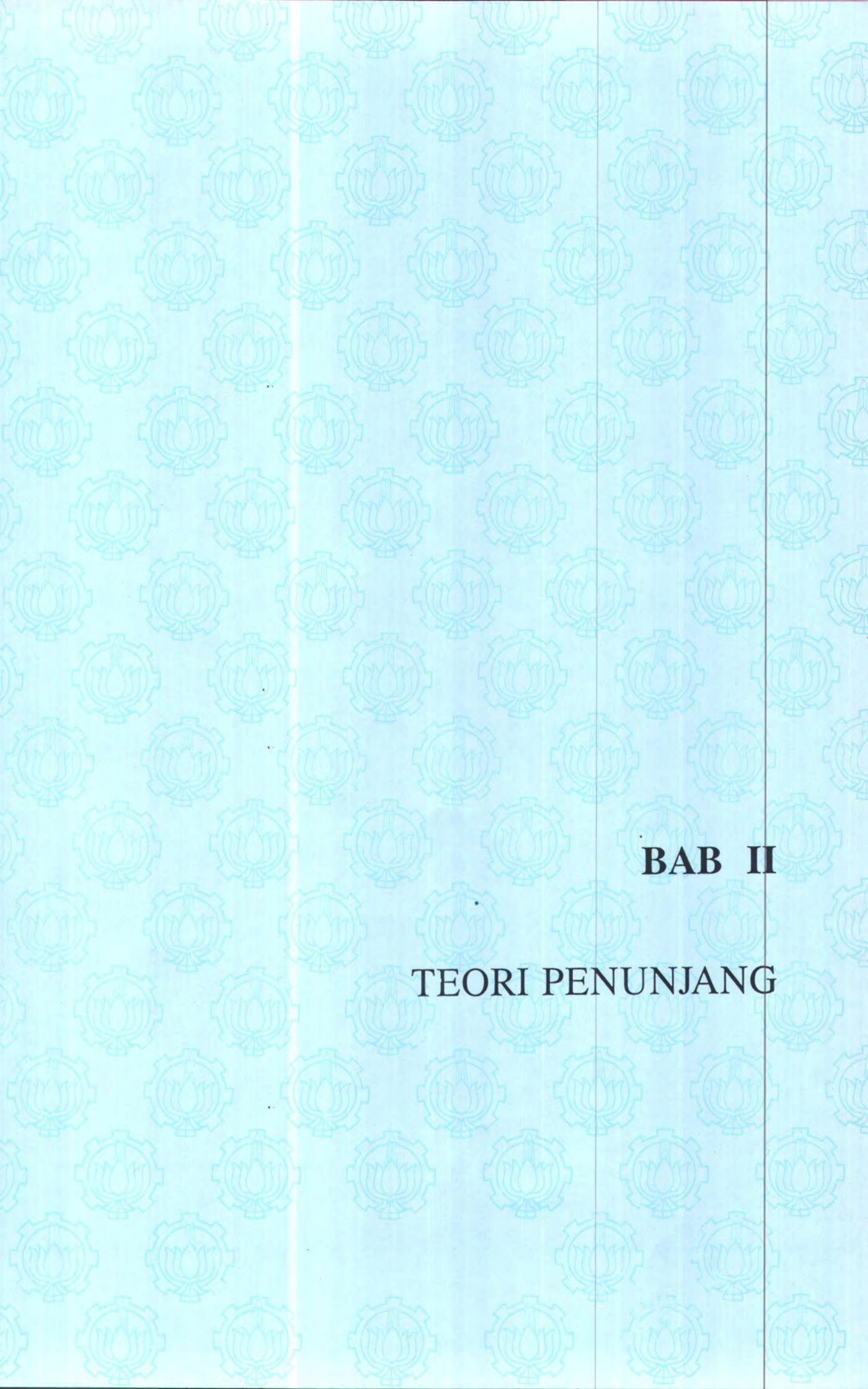
- Pengontrolan terhadap putaran motorDC dapat dilakukan oleh Kontroler Logika Fuzzy (KLF) NLX220.

1.4 TUJUAN TUGAS AKHIR

Tujuan tugas akhir ini adalah membuat perangkat keras dan lunak untuk mengontrol putaran motorDC sesuai dengan kedalaman yang diinginkan.

1.5 METODOLOGI

- Merancang blok diagram sistem pengatur dan pengontrol putaran motorDC.
- Membuat dan menganalisa rangkaian yang berhubungan dengan sistem.
- Pengukuran dan pengujian sistem pada beban yang berubah.
- Pengambilan kesimpulan dari hasil pengukuran dan pengujian, serta memberikan saran.



BAB II

TEORI PENUNJANG

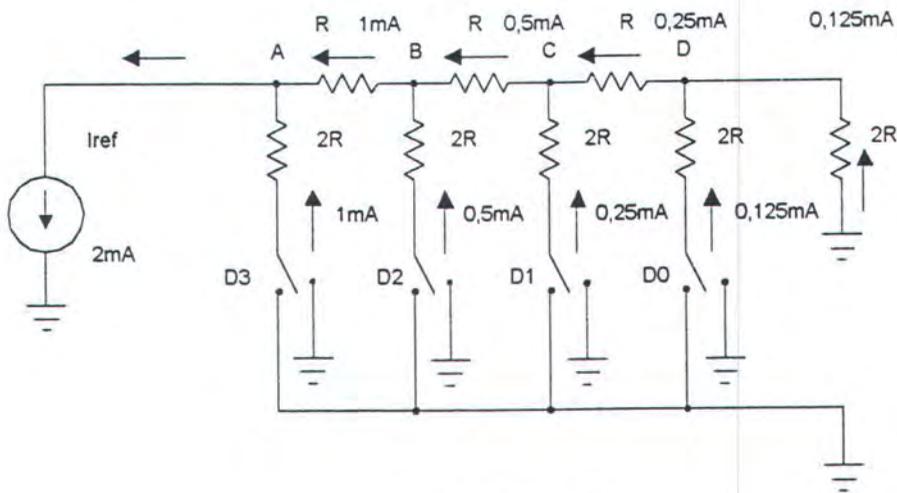
BAB II TEORI PENUNJANG

2.1 Pendahuluan

Dalam bab ini akan menjelaskan teori dasar yang menunjang perancangan tugas akhir ini. Pembahasan akan menjelaskan prinsip DAC, Counter, metode pengaturan kedalaman mesin bor, konsep PWM, dan teori fuzzy untuk kontroler.

2.2 Digital to Analog Converter (DAC)

Digital to Analog Converter adalah suatu rangkaian integrated yang dikemas dalam satu chip IC yang dapat mengkonversikan besaran digital ke besaran analog. Teknik yang digunakan adalah R-2R Ladder, disini hanya diperlukan dua macam nilai resistor. Karena resistor-resistor yang berada pada chip yang sama, maka akan memiliki karakteristik yang identik. Hal ini akan memperkecil toleransi. Gambar 2.1 memperlihatkan bagaiman suatu rangkaian tangga dapat membagi arus kedalam tingkat-tingkat biner. Konverter D/A yang standar mempunyai arus acuan yang ditetapkan oleh pemakai. Disini dicontohkan arus acuan sebesar 2mA. Ujung bawah dari setiap hambatan 2R ditanahkan dalam tiap posisi saklar. Bilamana suatu saklar dipasang kekiri, tanah bagian bawah yang menyerap arus. Dengan semua saklar dipasang kekanan, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.1, akan didapatkan I_{out} sama dengan nol.



Gambar 2.1

DAC dengan tangga $R-2R^1$

Cara rangkaian tangga membagi arus acuan 2mA dapat dijelaskan sebagai berikut. Perhatikan sebelah kanan dari simpul A, dari sini terlihat nilai hambatan ekuivalen sebesar $2R$. Karena itu, arus masuk 2mA dibagi rata pada simpul A. Dengan cara yang sama, pada simpul B terlihat hambatan $2R$ dalam susunan paralel dengan $2R$. Sekali lagi, arus dibagi rata disini menjadi dua cabang arus masing-masing $0,5\text{mA}$. Proses ini dilanjutkan menelusuri seluruh rangkaian tangga, dan akan didapatkan arus yang disalurkan kedalam tanah bagian atas berturut-turut berharga sebesar 1 , $0,5$, $0,25$, dan $0,125\text{mA}$. Apabila dipindahkan posisi-posisi saklar, tidak akan mengubah cara pembagian arus pada titik simpul. Arus masih tetap terbagi rata pada setiap simpul. Tetapi bila suatu saklar dipasang ke kiri, saklar akan mengarahkan arus menuju ke tanah bagian bawah. Bit-bit D3 sampai D0 mengendalikan saklar-saklar yang ditransistorisasi (telah diganti dengan transistor). Dari pembicaraan sebelumnya kita dapat mengikuti bahwa

¹ Elektronika Komputer Digital, p.340

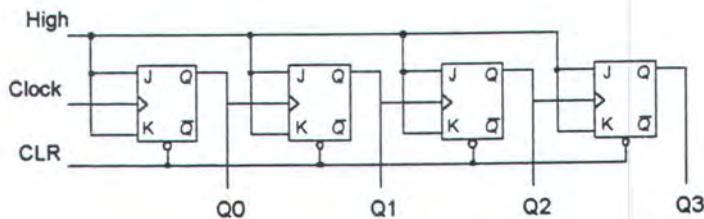
$$I_{out} = (D_n - 1 + 2^{-1}D_{n-2} + \dots + 2^{1-n}D_0) \frac{I_{ref}}{2} \dots\dots\dots(2.1)$$

Misalnya, sebuah tangga 8-bit akan menghasilkan arus keluaran maksimal

$I_{ref} \frac{255}{256}$. Penambahan LSB dalam hal ini adalah $I_{ref} \frac{1}{255}$.

2.3 Counter

Counter adalah sebuah register yang mampu menghitung jumlah pulsa clock yang masuk melalui input clocknya. Sebuah counter yang dibangun dengan flip-flop JK ditunjukkan pada gambar 2.2. Karena inputan J dan K terpasang pada tingkat tegangan tinggi, maka setiap flip-flop akan mengalami togel ketika masukan clock menerima tepi positif pulsa.



Gambar 2.2

Counter biner²

Berikut ini akan dibahas cara kerja sebuah counter. Misalnya output sebuah word biner :

$Q = Q_3 \ Q_2 \ Q_1 \ Q_0$

² Ibid., p133

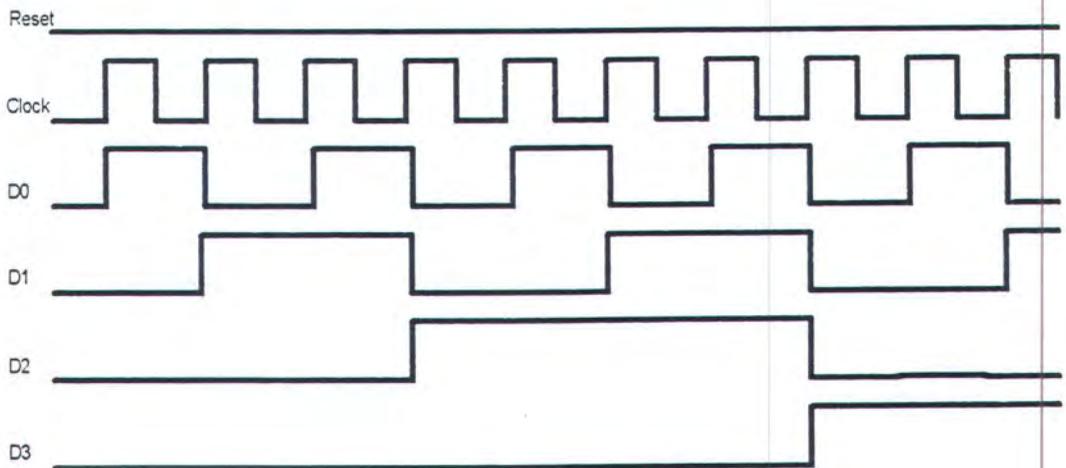
Q3 adalah bit MSB (most significant bit) dan Q0 bit LSB (least significant bit).

Apabila CLR menjadi rendah, semua flip-flop akan direset. Ini menghasilkan word digital:

$$Q = 0 0 0 0$$

Bila CLR kembali kepada logika tinggi, counter telah siap melaksanakan operasi. Karena flip-flop LSB menerima setiap pulsa clock, secara langsung, maka Q0 akan mengalami togel sekali setiap tepi positif dari pulsa (lihat timing diagram pada gambar 2.3). Flip-flop yang lain lebih jarang togel sebab tepi positif pulsa yang diterima berasal dari flip-flop sebelumnya.

Sebagai contoh, bila Q0 berubah dari 0 menjadi 1, maka flip-flop Q1 akan menerima sebuah tepi positif pulsa dan menerima togel pada keluaran Q1. Demikian pula, bila Q1 berubah dari 0 menjadi 1, maka flip-flop Q2 akan menerima sebuah tepi positif pulsa dan menimbulkan togel pada keluaran flip-flop ini. Dan apabila Q2 berubah dari 0 menjadi 1, flip-flop Q3 akan mengalami togel. Dengan kata lain, bilamana suatu flip-flop mengalami set menjadi 1, maka hal ini akan menimbulkan togel pada flip-flop berikutnya.



Gambar 2.3

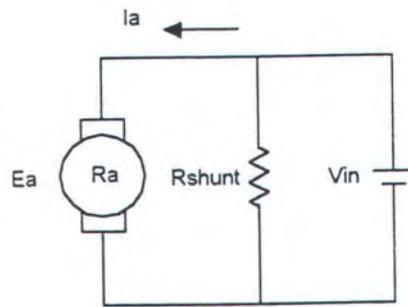
Timing diagram counter³

2.4 MotorDC

MotorDC adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi listrik yang dimasukkan adalah berupa tegangan DC. Gambar motorDC seperti terlihat pada gambar 2.4

Dari gambar tersebut maka dapat diperoleh besar GGL lawan untuk motorDC yaitu sebagai berikut:

³ Ibid., p.133



Gambar 2.4

MotorDC shunt

$$E_a = V_t - I_a \cdot R_a$$

dimana : E_a = GGL lawan motorDC (V)

V_t = Tegangan jepit DC (V)

I_a = Arus beban (A)

R_a = Tahanan dalam motor (Ω)

Pada motor DC juga berlaku hubungan sebagai berikut

$$E_w = C \cdot n \cdot \phi$$

dimana : C = konstanta

n = kecepatan motor (rpm)

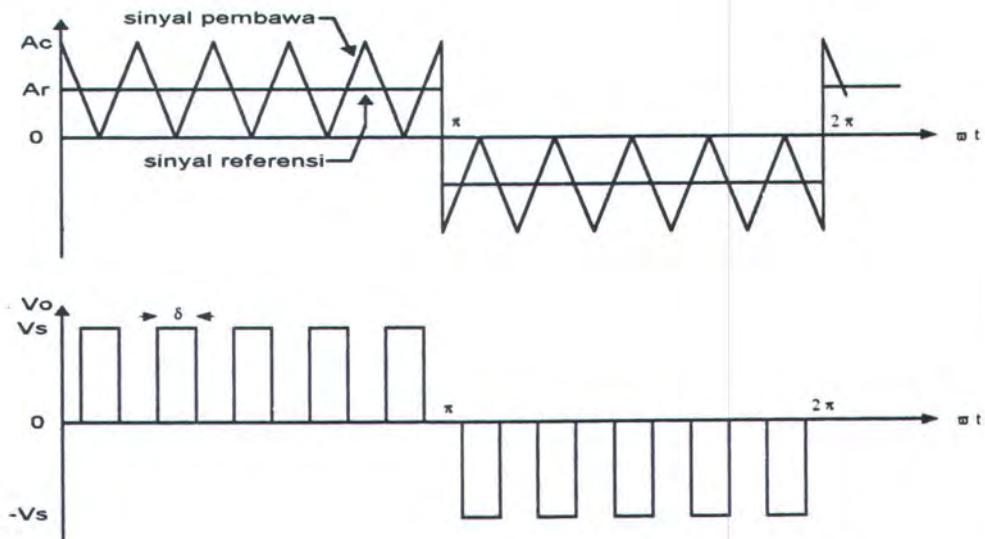
ϕ = fluks motorDC (weber)

2.5 Pulse Width Modulation (PWM)

Dalam aplikasi industri teknik PWM sangat dibutuhkan, salah satu kegunaannya adalah untuk mengatur frekuensi atau tegangan dari inverter. Ada beberapa metode PWM yang sering digunakan, seperti Single Pulse Width Modulation, Multiple Pulse Width Modulation, ataupun Sinusoidal Pulse Width Modulation.

2.5.1 Multiple Pulse Width Modulation

Pada teknik PWM jenis Multiple Pulse Width Modulation, harmonisa dapat dikurangi dengan menggunakan beberapa pulsa setiap setengah periodenya. Gelombang output dihasilkan dengan membandingkan sinyal segitiga dengan tegangan referensi seperti Gambar 2.5 di bawah ini.



Gambar 2.5

Pembentukan Gelombang Multiple PWM⁴

⁴ Mohammad H. Rashid, op.cit., p.375

Dimana tegangan output dikontrol oleh indeks modulasi, dimana jumlah pulsa setiap setengah periodenya adalah

$$N = fc / 2fo$$

Variasi indeks modulasi berkisar dari 0 sampai 1 sesuai dengan lebar pulsa δ , sehingga tegangan output akan berubah 0 sampai V_s .

Jika δ adalah lebar masing-masing pulsa, maka tegangan outputnya adalah

$$V_o = \left(\frac{2p}{2\pi} \int_{(\pi/p-\delta)/2}^{(\pi/p+\delta)/2} V_s^2 d(\omega t) \right)^{1/2} = V_s \sqrt{\frac{p\delta}{\pi}}$$

Dari persamaan di atas dapat disimpulkan bahwa tegangan yang dihasilkan tergantung pada rasio lebar pulsa δ dan banyaknya pulsa tiap setengah periodenya p .

2.6 Kontroler Logika Fuzzy (KLF)

Perancangan Kontroler logika fuzzy menggabungkan aspek pendefinisian himpunan fuzzy dengan aspek logika fuzzy untuk memperoleh suatu kontroler yang dapat mempesentasikan cara kerja operator manusia. Dengan prosedur perancangan tertentu kedua aspek diterapkan pada masukan dan keluaran untuk membentuk hasil perancangan yang berbentuk suatu algoritma aturan fuzzy.

Perancangan fuzzy logic controller selama ini tidak mempunyai prosedur yang tetap. Hal ini disebabkan oleh fleksibilitas fuzzy logic kontroler terhadap berbagai plant. Namun penelitian oleh Lee C.C dan Harris C.J, Moore C.G dan Brown M mengungkapkan metodologi perancangan KLF secara umum. Dari penelitiannya dapat disimpulkan bahwa perancangan KLF mempunyai pola yang umum.

2.7 Proses Logika Fuzzy

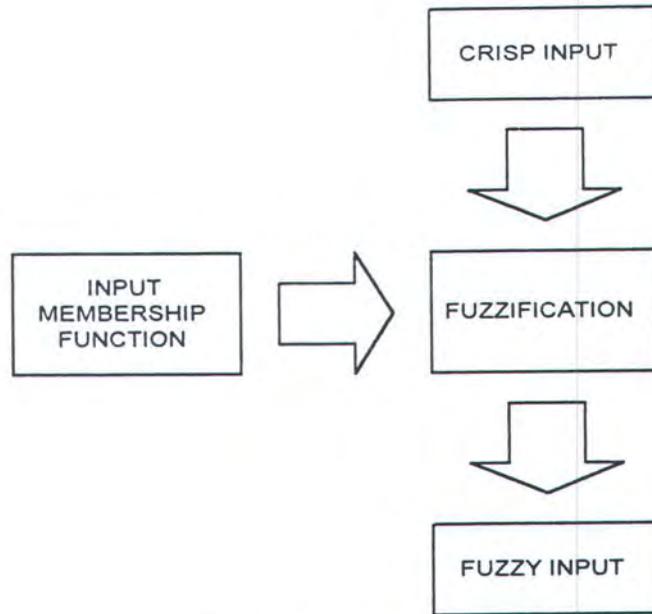
Dalam pemecahan permasalahan menggunakan metode logika fuzzy dipergunakan tiga tahap, yaitu:

- a. proses fuzzification yaitu mengubah variabel input yang berupa variabel crisp ke dalam variabel fuzzy. Dimana Variabel crisp adalah variabel yang berorientasi numerik.
- b. proses evaluasi aturan atau (rules evaluation) yaitu mencari nilai aksi dengan memberikan bobot pada setiap aturan yang diberikan.
- c. proses defuzzification yaitu mengubah variabel fuzzy yang terbentuk dari proses evaluasi aturan menjadi variabel crisp.

Proses fuzzification merupakan rangkaian usaha untuk mentransformasikan variabel input yang mulanya bersifat numerik (crisp input) menjadi variabel fuzzy (fuzzy input). Transformasi ini dipengaruhi oleh fungsi keanggotaan yang digunakan.

Proses evaluasi aturan merupakan rangkaian usaha untuk menentukan nilai aksi sebagai tanggapan untuk setiap input atau kombinasi input yang diberikan dengan memberi bobot pada masing-masing aturan yang telah ditetapkan. Dalam proses ini terdapat dua komponen utama yaitu himpunan aturan (rule set) dan metode evaluasi aturan.

Secara diagram proses fuzzifier dapat dilihat seperti Gambar 2.6.



Gambar 2.6
Proses Fuzzification⁵

Himpunan aturan (rule sets) adalah semua aturan yang diperlukan untuk menentukan tanggapan terhadap input atau kombinasi input yang diberikan. Aturan ini bersifat linguistik dan mempunyai bentuk “*jika.....maka.....*” (*if.....then*).

Bentuk aturan ini ditemukan berdasarkan keinginan untuk⁶:

- a. menyediakan cara yang mudah bagi para ahli untuk mengekspresikan pengetahuan dan pengalaman mereka.
- b. menyediakan cara yang mudah bagi para desainer untuk menyusun dan memprogram aturan fuzzy.
- c. mengurangi biaya design.

⁵ Fuzzy Logic Education Program (Motorolla)

⁶ Jun Yan, Michel Ryan, James Power pp 30-31

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_{k2} 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 Bolean. Metode yang digunakan pada tugas akhir ini adalah metode Min Max sesuai yang dipakai oleh Fuzzy Logic Controller NLX220.

Konsep dari metode ini adalah mencari nilai minimum variabel dari setiap rule, kemudian mencari nilai maksimum dari himpunan aturan yang berkorelasi dengan satu kejadian output sehingga dapat ditentukan nilai aksi yang seharusnya. Nilai minimum pada setiap rule menggambarkan derajat kefuzzian aturan tersebut, sedangkan nilai maksimum dari nilai minimum himpunan rule yang berkorelasi dengan satu kejadian output menggambarkan kejadian yang paling dapat dipercaya karena mempunyai derajat kefuzzian paling tinggi sehingga aturan yang mempunyai derajat kefuzzian paling tinggi diambil sebagai aturan yang menang (*the winning rule*).

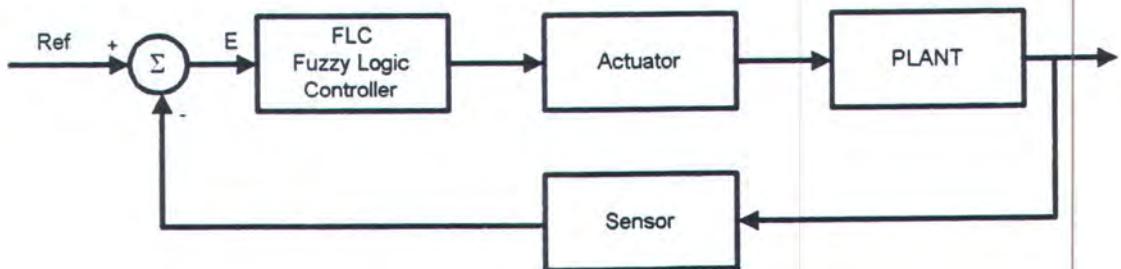
Proses defuzzification adalah tahap terakhir proses logika fuzzy yang berfungsi untuk mengubah output yang berupa output fuzzy menjadi output crisp. Ada beberapa metode defuzification, yaitu: Center of Gravity (COG), fuzzy sigleton, acumulate, dan

immediate. Dalam tugas akhir kali ini metode yang digunakan adalah metode accumulate dan immediate sesuai dengan spesifikasi NLX220 yang digunakan.

Metode accumulate pada output berarti nilai output sama dengan nilai aksi aturan yang menang ditambah dengan nilai sebelumnya sehingga metode ini dapat digunakan sebagai pendekatan proses integrasi. Sedangkan metode immediate berarti nilai output sama dengan nilai aksi aturan yang menang.

2.8 Pengontrolan dengan Logika Fuzzy

Kontroler dengan menggunakan fuzzy logic secara blok diagram dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.7 di bawah ini.



Gambar 2.7

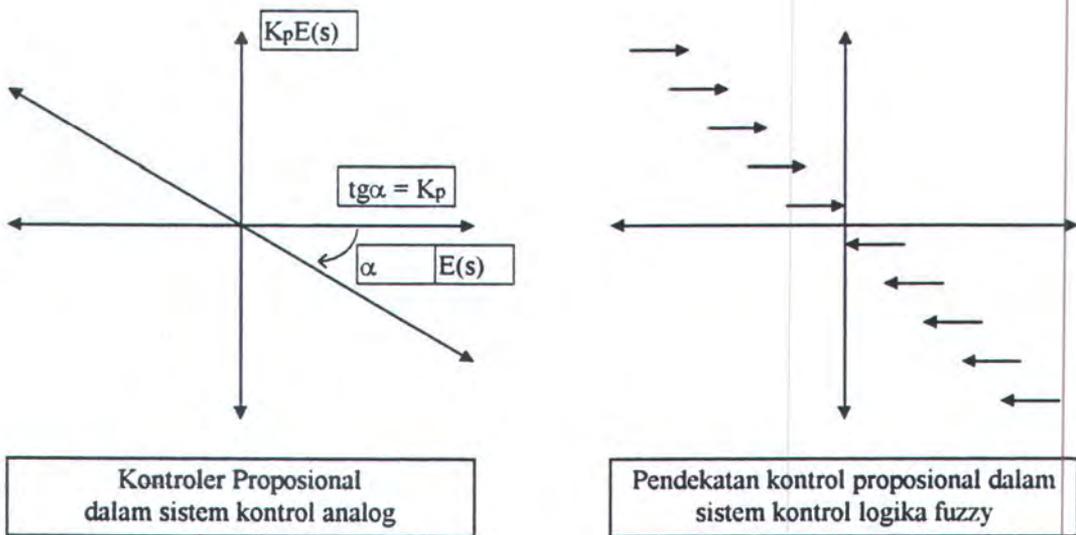
Blok diagram Sistem Kontrol Logika Fuzzy

Dimana sistem kontrol umumnya terdiri dari empat bagian utama yaitu kontroler, actuator, plant dan sensor.

Sistem kontrol yang digunakan sistem berumpan balik untuk menjaga hubungan yang telah ditentukan antara keluaran dan masukan acuan dengan membandingkannya

dan menggunakan selisihnya sebagai alat pengontrolan. Secara umum sistem kontrol berumpan balik adalah lebih baik dibanding sistem kontrol tanpa umpan balik.

Secara matematis, bentuk proposional mempunyai fungsi alih berupa hasil perkalian antara konstanta proposional 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, begitu pula sebaliknya. Untuk error yang lebih besar maka diperlukan aksi kontrol yang lebih besar pula. Kesulitan yang dialami jika menggunakan variabel fuzzy adalah dalam menentukan batasan error adalah kecil atau besar. Untuk menangani hal ini diperlukan pengalaman dan keahlian yang cukup dari perancang.



Gambar 2.8
Perbandingan Kontroler Proposional Konvensional
dengan Kontroler Logika Fuzzy

Bentuk integral dari sistem analog adalah penjumlahan error secara kontinyu, 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 adalah dengan menggunakan metode accumulate pada outputnya.

Bentuk turunan atau derivative dari sistem analog adalah perbedaan per satuan waktu, dengan menggunakan logika fuzzy turunan ini dapat didekati dengan konstanta aksi pada variabel fuzzy yang berhubungan dengan selisih error terhadap error sebelumnya.

2.9 Kontroler Fuzzy Logic NLX220

NLX220 merupakan devais yang membentuk kalkulasi logika fuzzy secara langsung di hardware. Karena memang dibuat untuk kontroler, maka NLX220 dirancang agar mudah dalam pemakaian, mempunyai unjuk kerja yang baik, dan tangguh dalam lingkungan yang kasar.

Devais ini terdiri dari 4 analog input dan output dengan sumber internal clock . NLX 220 akan menyerap daya yang rendah saat operasi normal dan mempunyai power-down mode yang akan mengurangi daya dengan faktor 10.

Fuzzy logic sangat sesuai dengan proses-proses yang mempunyai input data yang acak dan sistem tidak linier untuk laju sistem kontrol yang tangguh.

Metodologinya mamakai deskripsi secara linguistik dari sistem, sehingga menjadikannya sangat intuitif dan mudah untuk dipakai. Dapat juga dipakai untuk menambahkan

kecerdasan pada produk-produk industri, misalnya untuk meningkatkan performansi, dan meningkatkan efisiensi.

NLX220P bisa diprogram yang sesuai untuk pengembangan dan produksi yang terbatas. Kompatibilitas pin NLX220 memakai teknologi OTP untuk storage dan sesuai untuk produksi yang beragam.

Memori menyimpan MF Fuzzy dan rule parameter. Pengorganisasian memori fleksibel dan dengan efisien mengadaptasi keperluan dari aplikasinya. Devais ini menyimpan 111 variabel Fuzzy yang diorganisasikan dalam bentuk keperluan *rulena*.

Devais ini menyediakan 6 tipe MF yang berbeda untuk berbagai aplikasi. MF mempunyai kemiringan konstan dan hanya perlu spesifikasi tipe, *with*, dan *center*.

NLX220 juga menyediakan floating MF, dimana lebar dan center bisa 'float' dibuat berubah-ubah dengan dinamis. Floating MF dimanfaatkan untuk mengukur penurunan, membuat timer, atau meng-*adjust* untuk men-*drive* sensor.

Ada dua metode Defuzzifikasi yaitu *immediate* dan *accumulate*. *Immediate* akan men-*drive* output untuk harga yang sudah tertentu dan *accumulate* untuk menambahkan harga yang telah ada.

2.9.1 Keistimewaan dan Aplikasi NLX220

Keistimewaan dari Kontroler Logika Fuzzy NLX220 adalah dapat berdiri sendiri (*stand alone*), single chip, fleksibel, mudah beradaptasi, dapat berhubungan dengan eksternal ROM (EEPROM) atau One Time Programming (OTP), mempunyai empat input analog 8 bit, empat output analog 8 bit, kemasan berbentuk PLCC 28 pin,

menggunakan enam buah membership function; 111 variabel fuzzy dan 50 buah rule. Dalam aplikasi NLX220 dapat digunakan untuk keperluan manajemen daya, pengontrolan motor, pengontrolan heater, pengontrolan otomotif dan kontrol proses industri.

2.9.2 Pin Deskripsi

Input

RESET, untuk menginisialisasi devais dengan sinyal aktif low. Harus tetap aktif hingga sedikitnya 8 clock untuk memastikan operasi yang lama telah habis. Dapat diaktifkan dengan rangkaian power-up delay. Sedangkan Reset akan mengaktifkan low-power mode.

AIN(0-3), input data analog secara internal akan dikonversikan ke 8 bit data digital.

Input yang tidak dipakai harus di-ground-kan.

XIN, input clock, boleh dipakai eksternal input clock atau dengan kristal, di mana ujung satunya di-ground-kan.

PROG, untuk pemrograman NLX220P. Pin ini tidak dipakai pada NLX220. Saat operasi harus di-ground-kan.

PRESCALE, input logika '1' menandakan dalam prescale mode dan '0' dalam operasi normal. Pin ini di-ground-kan saat mode prescale tidak pernah digunakan atau dihubungkan dengan pin READY untuk operasi kontinyu. Mode juga bisa dipanggil selama pengoperasian oleh logika eksternal. Setelah RESET diaktifkan, PRESCALE input harus dipertahankan pada logika rendah sedikitnya selama 4 clock.

Output

AOUT (0-3), Analog output, 8 bit data digital dikonversikan secara internal ke level analog.

READY, setelah reset pin ini menandakan devais mulai men-sample dan memproses data. Pin ini seharusnya tidak dihubungkan atau disambungkan dengan PRESCALE selama pengoperasian.

VREF, mem-*filter* referensi tegangan internal, dihubungkan ke ground dengan 0,1uF kapasitor.

Table 2.1 Absolute maximum Ratings Ta = 25 C

Parameter	Min	Max	Unit
Vdd	-0,5	7,0	V
Vss	0	0	V
Digital Input	0	Vdd	V
Analog Input	0	Vdd	V
Power Dissipation		100	mV
Storage temperatur	-50	150	C

Tabel 2.2 Analog Conversion Specifications

Parameter	Value	Units
Resolution	1	Bit
Slew Rate, Tracking	1,6	V/ms max
Zero Code Error	1x	LSB
Full Scale Error	1x	LSB
Signal to Noise Ratio	45	dBmin
Sampling Rate	10KHz	Per Channel

Tabel 2.3 Specifications and Recommended Operating Conditions

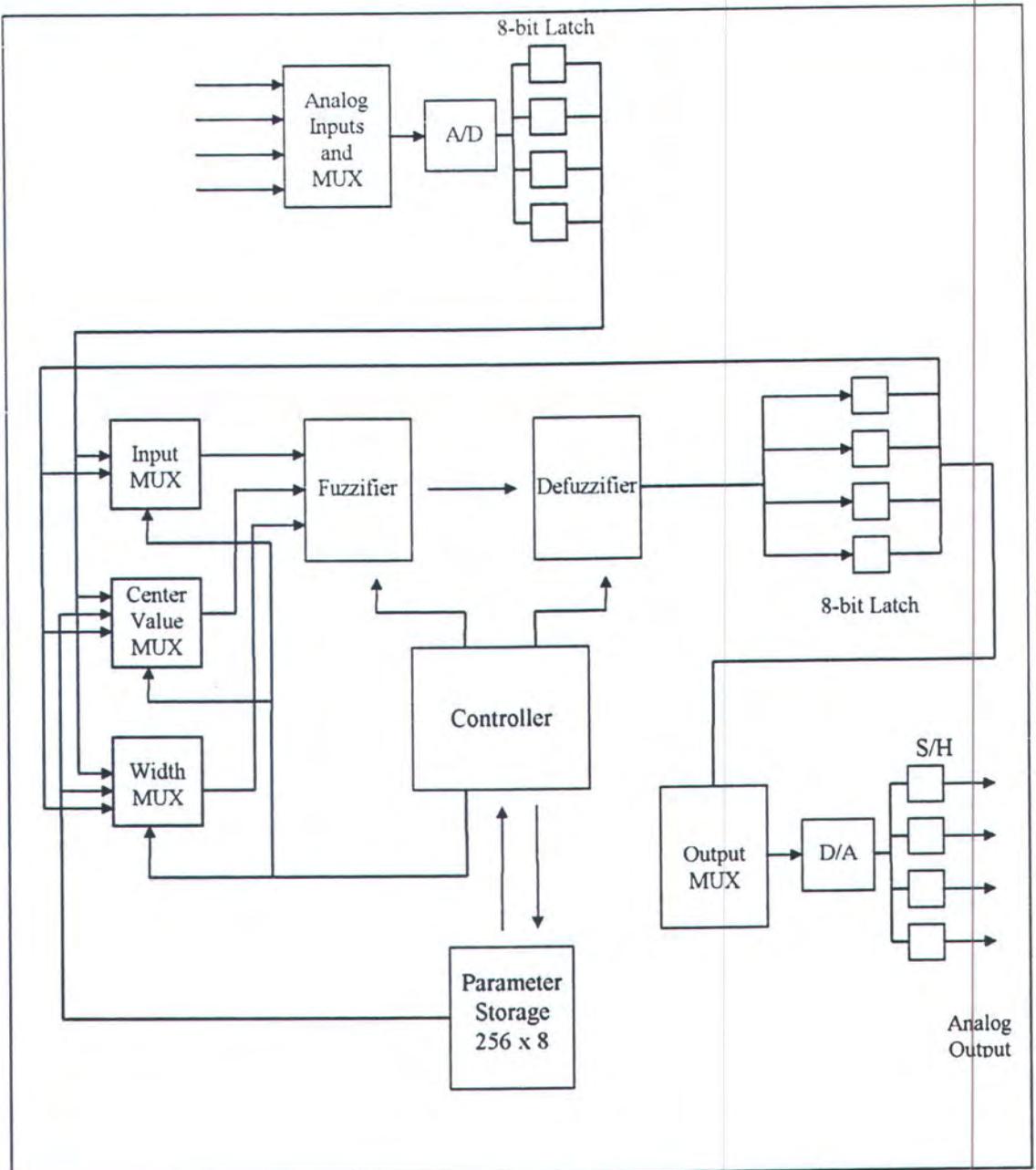
	Parameter	Min	Norm	Max	Unit
Vdd	Supply Voltage	4,75	5,0	5,25	V
Idd	Supply Current				mA
Iol	Digital output Low Level Current			15	mA

Ioh	Digital output High Level Current			-40	uA
F	Clock Frequency	1		10	MHz
Vil	Digital input Low Level voltage	0		0,8	V
Vih	Digital input High Level voltage	3,5		Vdd	V
Iil	Digital input low Level voltage			-40	uA
Iih	Digital input High Level voltage				uA
Zin	Analog Input impedance	100	150	250	kOhm
Vin	Analog input Voltage	0		Vdd-0,5	V
Vo	Analog Output voltage range	Vss+0,5			V
Io	Analog Output Current	-5		5	mA
Tw	Reset Pulse Width	100			ms
Tsv	Reset inactive before clock	10			ms
Ta	Operating Ambient temperature	0		70	C

2.9.3 Arsitektur Device

Devais ini adalah stand alone kontroler Fuzzy logic yang membentuk semua kalkulasi di dalam hardware dan softwarena. Input dapat secara langsung dihubungkan ke sensor atau switch, demikian juga outputnya langsung dihubungkan dengan piranti analog atau digunakan untuk fungsi kontrol.

Komponen utama NLX220 adalah Fuzzifier, Deffuzzifier, dan Kontroler. Fuzzifier mengkonversikan input data ke dalam data Fuzzy, dan dalam hubungannya dengan kontroler, akan mengevaluasi data fuzzy dengan definisi set rule yang dimasukkan yang menggambarkan sistem kontrol yang dimaksud. Setelah semua rule dievaluasi, Deffuzzifier memberikan nilai aksi ke output yang bersesuaian.



Gambar 2.9

Blok diagram NLX220

2.9.4 Membership Function (MF)

MF dipakai untuk membagi input ke dalam bagian-bagian dimana inputnya biasanya bervariasi. MF dibandingkan dengan data input untuk mengetahui dimana data tersebut akan ditempatkan. Tempat-tempat tersebut tergantung disainernya dalam mengklasifikasikan data, misalnya hangat, cepat, atau tinggi.

Dalam hal ini termometer, pembagiannya suhunya dibuat sehalus mungkin, misal :

1. Di bawah 60 F = Dingin
2. 60 F - 70 F = Cool
3. 70 F - 75 F = Moderat
4. 75 F - 85 F = Warm
5. Di atas 85 F = Panas

Pembagian ini hanya secara intuitif saja. Di dalam Fuzzy Logic 5 bagian ini disebut MF.

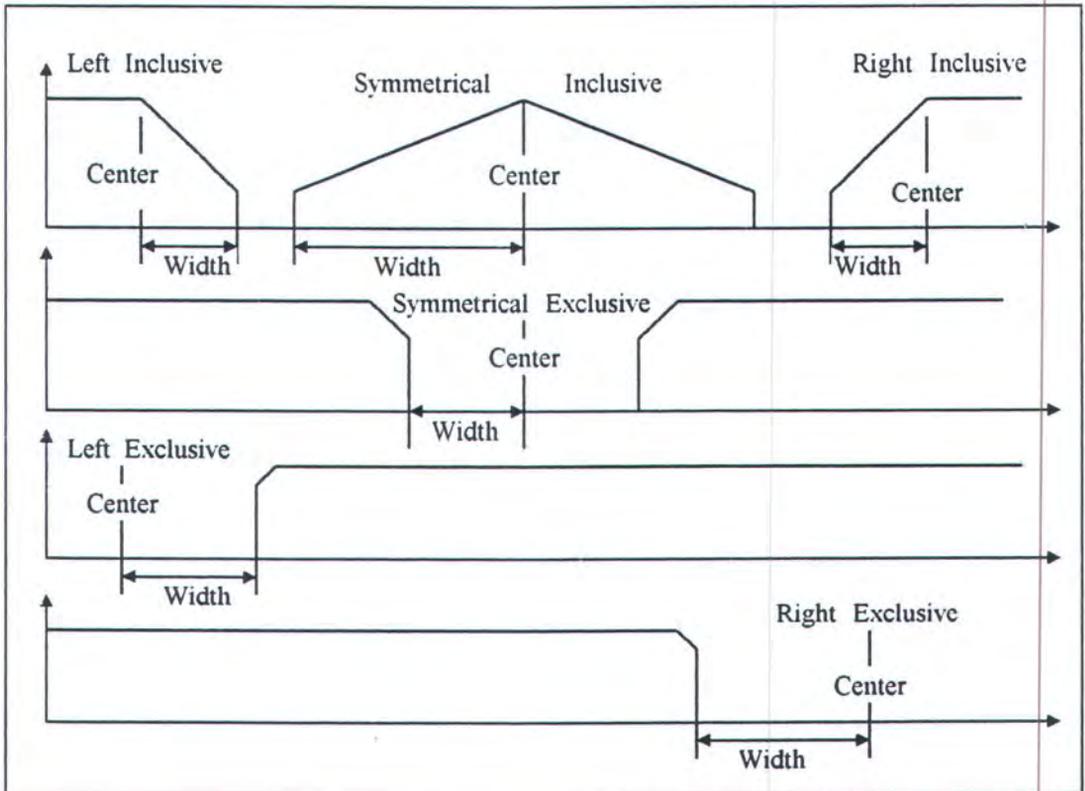
Pembagian ini boleh terjadi overlap, dimana datanya berarti member dari kedua MF.

Misalnya dingin dengan cold.

NLX220 mensupport 6 macam slope:

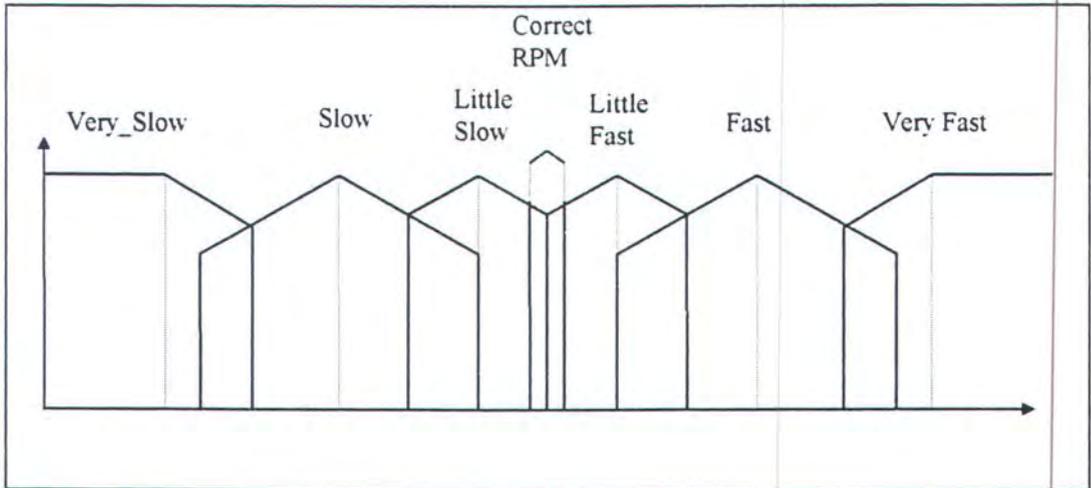
1. Left Inclusive
2. Symmetrical Inclusive
3. Right Inclusive
4. Symmetrical Exclusive
5. Left Exclusive
6. Right Exclusive

Di dalam aplikasinya didefinisikan dengan nama, tipe bentukannya, dan nilai numerik center dan width-nya. Pemilihan MF harus hati-hati agar dapat menyederhanakan banyak model. Misalnya, dalam termometer Dingin adalah left inclusive dan Panas right Inclusive MF.



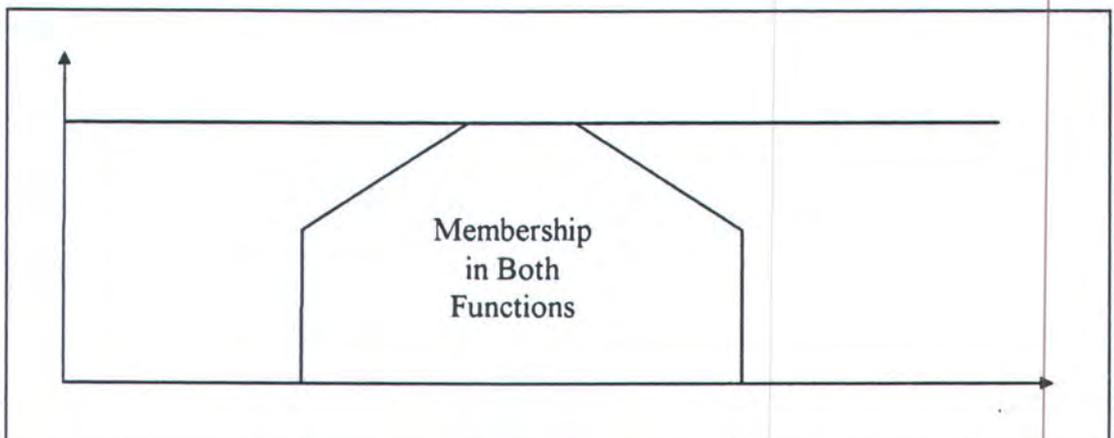
Gambar 2.10
Jenis Membership Function

Ketepatan kontrol pada operating point yang diinginkan dapat diberikan dengan menyempitkan Symmetrical Inclusive MF, sehingga sistem kontrol menjadi presisi. Gambar 2.11 merupakan contoh dari gabungan dari tipe dan lebar yang berbeda dipakai untuk memonitor kecepatan motor.



Gambar 2.11
Membership Function Kecepatan

MF dapat di-*overlap*-kan agar membentuk tipe MF baru seperti trapezoidal, yang merupakan gabungan dari Left Inclusive dan Right Inclusive. Data input yang masuk ke dalam tipe trapezoid merupakan anggota dari kedua MF tersebut.



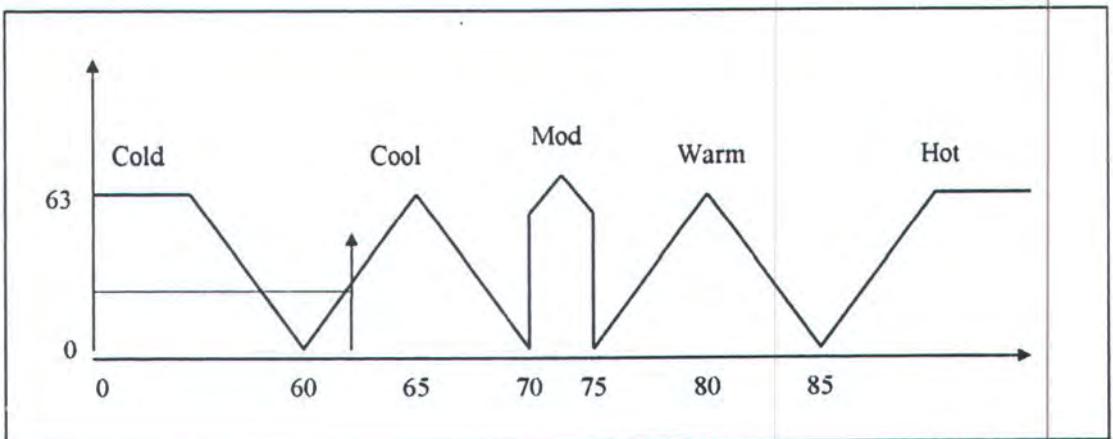
Gambar 2.12
Overlap Dua Membership Function

2.9.5 Variabel Fuzzy

Variabel fuzzy diekspresikan secara linguistic untuk menunjukkan input bersesuaian dengan MF di sumbu mendatarnya. Variabel Fuzzy berdasarkan pada Membership Function dan Input variabel, seperti misalnya :

if Temperatur is Cool

Di dalam contoh ini 'Temperatur' adalah input dan 'Cool' adalah Membership Function. Hubungan itu dikerjakan oleh Fuzzifier, dimana hasilnya merupakan data Fuzzy yang menunjukkan derajat mana data input yang sesuai dengan MF. Data Fuzzy adalah numerik dan berkisar antara 0 - 63 di dalam NLX220.



Gambar 2.13

Fuzzifikasi dari Temperatur input .

2.9.6 Rule

Rule berisi satu atau lebih variabel Fuzzy dan sebuah nilai aksi ke outputnya. Rule dipakai untuk memberitahu kontroler bagaimana menanggapi perubahan data input

Misalnya :

Output -5 if Velocity is Fast and Acceleration is Positive

Output +5 if Velocity is Little_Slow and Acceleration is Zero

Di rule pertama, variabelnya adalah 'Velocity is Fast' dan kedua 'Acceleration is Positive'. Aksi '-5' dan '+5' diberikan ke output untuk mengurangi atau mempercepat motor. Jika memakai tanda ' \pm ' berarti memakai mode output accumulate yang menunjukkan bahwa output bisa ditambah atau dikurangi.

2.9.7 Evaluasi Rule

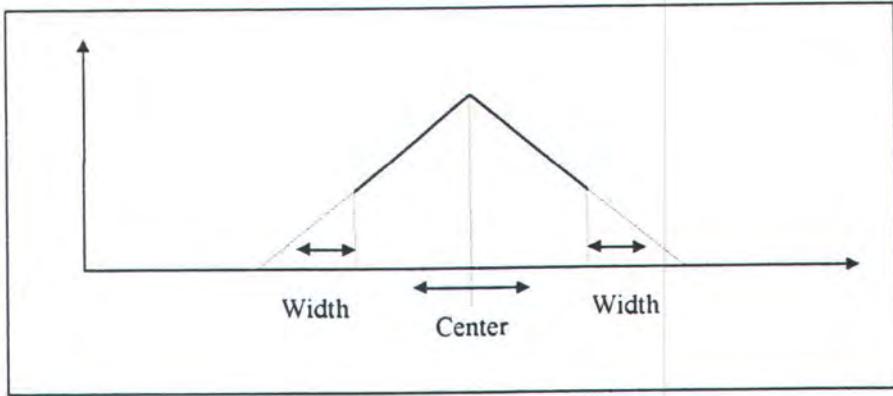
Ada beberapa metode untuk mengevaluasi rule Fuzzy Logic, dimana NLX220 mengevaluasi rule dengan teknik dua step MAX-of-MIN.

Pada step pertama *MIN*, semua nilai variabel Fuzzy dibandingkan dan nilai yang paling rendah mewakili Rule. Step kedua *MAX*, nilai rule dibandingkan dan nilai yang paling tinggi sebagai pemenang.

Membership function, variabel Fuzzy, dan Rule dibuat dan dikelompokkan menurut keperluan aplikasi. Sifat-sifat fisik sistem yang akan dikontrol harus dipahami sebelum memasukkan model Fuzzy.

2.9.8 Floating Membership Function

Keistimewaannya memakai fungsi Floating MF. Floating yang dimaksudkan adalah nilai center dan width dari MF dapat dibuat berubah-ubah, yang biasanya adalah nilainya tetap dan disimpan di memori. Nilai dari floating membership function dapat berasal dari input atau output.



Gambar 2.14
Floating Membership function.

Beberapa MF dibuat floating saat pemasukan data. Floating MF berfungsi merubah nilai center dan width sebagai data dari perubahan pilihan input atau output.

Misalnya :

IN1 is small (0, 25, Symmetrical Inclusive)

IN2 is small (0, 25, Symmetrical Inclusive)

Dimana : 0 = center

25 = width

Dua variabel Fuzzy tadi dapat digabungkan menjadi:

Output +1 if IN 1 is small and IN2 is small

dimana varabel fuzzy 'IN1 is small' membandingkan input IN1 dengan membership function konvensional 'small'. Floating MF membuatnya akan menjadi lebih ringkas dengan variabel Fuzzy dan rule berikut :

IN1 is small_difference (IN2, 25, symmetrical Exclusive)

Output +1 if IN1 is small_difference

Di dalam variabel Fuzzy, center dari MF `small_difference` didefinisikan oleh nilai `IN2` yang disimpan di latch input.

Saat proses Fuzzifikasi, sebuah input dikurangkan dari center dan nilai absolutnya di-inversikan untuk mengukur bagaimana sedekat mungkin hal itu dapat match dengan nilai center-nya. Ketika fuzzifikasi, floating MF akan mengurangi satu input dengan yang lain.

Floating MF seperti contoh di atas digunakan untuk mengkalibrasi input sensor over time, dengan cara langsung membandingkan dua input. Nilai stabil sensor dibandingkan dengan set tegangan. Rule dikalibrasi untuk mengecek derajat dari ketidaktepatan dan menyimpannya ke dalam output latch. Jika input dalam kalibrasi, center akan match dan nilai koreksi adalah nol. Koreksi ketidaktepatan yang besar akan menyimpan nilai yang besar juga. Koreksi digunakan untuk meng-*adjust* floating center dari MF di dalam rule yang memproses data sensor.

Floating MF dapat digabungkan dengan aksi floating output untuk memperoleh derivatif dari nilai input. Rule dapat mereferensikan sebuah input sebagai aksi floating sehingga melewatkannya secara langsung ke output latch.

Selama input sampel berikutnya, nilai output latch memilih MF nilai center, yang berakibat berkurangnya nilai input yang sebelumnya. Beda nilai yang terjadi dibagi dengan sampling interval, adalah nilai derivatif yang dapat dijadikan acuan di dalam rule.

Sebagai contoh pemakaian input atau aksi di dalam mengukur percepatan motor. Rule yang memberikan nilai input ke dalam output latch adalah :

$$\text{VALUE_TO} = \text{IN1 if IN1 is MUST_WIN}(0, 0, \text{Right Inclusive})$$

Rule memberikan IN1 sebagai nilai aksi . MUST_WIN adalah tipe Right Inclusive mulai nol hingga berapapun nilai IN1, rule harus menang dan nilai IN1 diberikan ke output latch.

Rule kedua menghitung derivatif dan meng-adjust output drive ke motor :

ACCEL \pm if IN1 is VALUE_T1 (VALUE_T0, 25, Symmetrical Inclusive)

Dimana rule menentukan apakah nilai input pada t1 masih di dalam range 25 dari nilai awal saat t0. Di dalam aplikasi aktual, diperlukan MF lain untuk menentukan polaritas derivatif dan rule yang lain untuk menjangkau variasi yang lebar.

Contoh di atas menggambarkan bahwa floating membership function digunakan dengan jelas. Di dalam aplikasinya, floating MF dipakai ekstensif untuk menyimpan memori karena akan memakai variabel dan rule yang lebih sedikit untuk mendeteksi perbedaan input daripada fungsi-fungsi konvensional yang biasa.

2.9.9 Operasional Device

Pemrosesan data meliputi beberapa langkah. Pertama, data sampel analog dikoversikan ke digital dan di-latch. Berikutnya Fuzzifier membandingkan isi dari input latch dengan variabel fuzzy untuk menemukan nilai variabel. Fuzifier juga membentuk penghitungan *MAX of MIN* untuk mencari pemenang rule. Terakhir, Defuzzifier menentukan pemenang aksi rule dan menahannya untuk konversi ke analog output atau untuk internal feedback.

Fuzzifier

Fungsi fuzzifier adalah membandingkan data input latch dengan MF untuk menghitung nilai fuzzy variabel. Ketika penghitungan MIN rule dilakukan, nilainya mewakili rule yang disimpan. Ketika penghitungan MAX dilakukan pada seluruh variabel yang mereferensikan nilai output, nilai rule pemenang akan diberikann ke Defuzzifier.

Peng-*update*-an Output Latch

Rule dievaluasi dalam urutan saat dimasukkannya. Banyak rule dapat mereferensikan output dan output dapat direferensikan berulang-ulang di dalam sebuah set rule. Ketika sebuah rule atau grup rule memberikan output yang dievaluasi dan rule selanjutnya memasukkan referensi ke output lain, compiler akan menyertakan kode untuk Last Rule dengan output latch untuk di-*update* dengan nilai pemenang yang baru. Latch data juga bisa dengan cepat dipakai sebagai feedback.

Jika setelah pemrosesan rule yang berakibat ke output lain, processor menemukan rule atau grup rule lain yang menunjuk output sebelumnya, output latch akan di-*update* lagi.

Peng-*update*-an output mungkin bisa sesering mungkin selama proses sebagaimana disana ada bagian grup terpisah yang mereferensikannya.

Sebagaimana uraian sebelumnya, sampling input adalah kontinyu, demikian juga output analog yang harus di-*update* terus menerus. Selama proses variabel Fuzzy mungkin mamakai data sample yang lalu atau dari data yang sedang dipakai proses tergantung dimana sampling input cycle berada relatif terhadap processing cycle. Jika lebih dari satu grup rule yang mereferensi ke input dan output yang sama, maka nilai output akan

berubah lebih dari satu kali selama sebuah proses cycle berdasar pada perbedaan input data.

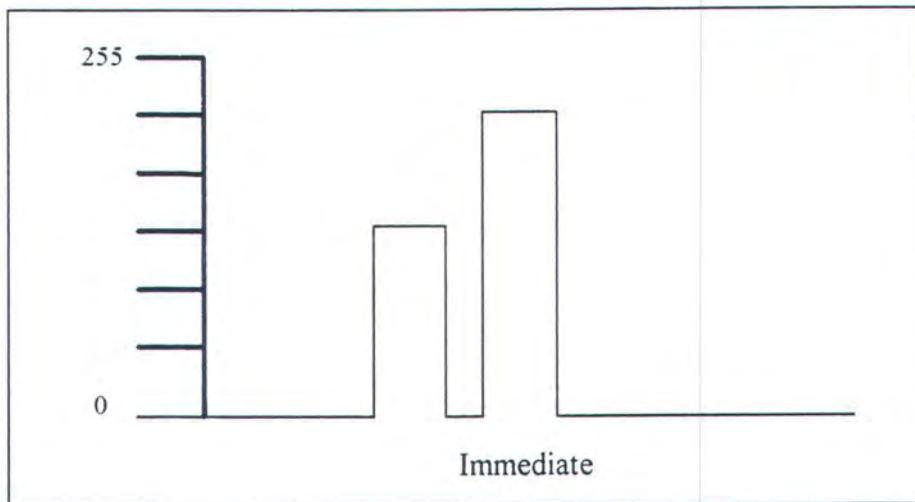
Defuzzifier

Nilai aksi rule yang menang dan mode data diberikan ke defuzzifier. Data digital dari defuzzifier dilatch dan dikonversikan ke analog untuk mendrive output atau diumpanbalikkan kembali secara internal.

Jika semua rule dalam sebuah grup mereferensikan sebuah hasil evaluasi output adalah nol, maka grup tidak akan merubah nilainya. Jika lebih dari satu rule mengevaluasi dengan hasil nilai paling tinggi dan tidak nol, maka rule pertama yang masuk akan menang dan aksinya menentukan output.

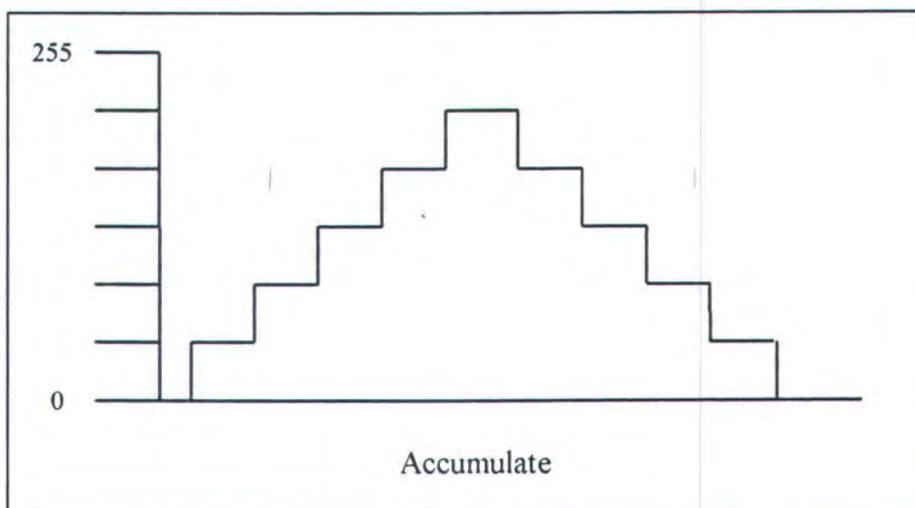
Metode Defuzzifikasi

Hasil defuzzifikasi berpengaruh langsung ke output. Devais ini mens-upport dua metode defuzzifikasi, yaitu Accumulate dan Immediate. Mode immediate fungsinya sama dengan tabel, di mana nilai aksi yang menandakan ke rule pemenang selama pemasukan, diaplikasikan ke output. Immediate dipakai saat nilai output harus absolute.



Gambar 2.15 Mode Immediate Defuzzifikasi

Mode accumulate adalah untuk menaikkan atau menurunkan nilai output yang ada dengan nilai pemenang rule. Output merupakan fungsi dari aksi sekarang dengan aksi sebelumnya. Digunakan pada perubahan output yang halus saat sistem dalam kontrol yang mendekati titik operasinya dan sangat berguna pula pada pembuatan timing.



Gambar 2.16 Mode Accumulate Defuzzifikasi

2.9.10 Organisasi Memori dan Timming Diagram

Tabel 2.4 Alokasi Memori NLX220

Alamat (Desimal)	(Alamat Hexadesimal)	Fungsi
0	00	Rule
223	DF	Rule
224	E0	Center
239	EF	Center
240	F0	Width
225	FF	Width

Tabel 2.5 Command Byte / Alamat genap Tabel 2.6 Select Byte / Alamat ganjil

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		

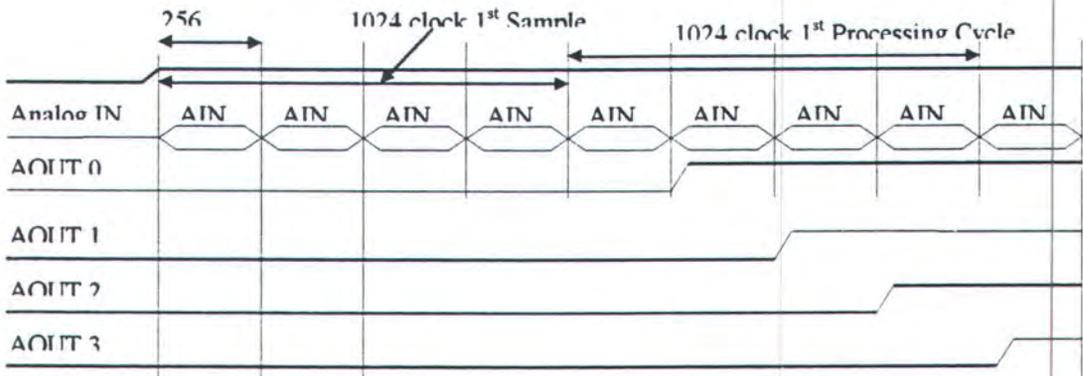
7	6	5	4	3	2	1	0
center select			width select				
	I/O cont		I/O select center		I/O cont		I/O select width
ACTION							
					I/O cont		I/O select action

Type	<u>2 1 0</u> 0 0 0 Last Term of last Rule of given output 0 0 1 Last Term of Current Rule 0 1 0 MF, Symmetrical, Inclusive 0 1 1 MF, Symmetrical, Exclusive 1 0 0 MF, Left, Inclusive 1 0 1 MF, Left, Exclusive 1 1 0 MF, Right, Inclusive 1 1 1 MF, Right, Exclusive
I/O Select	<u>4 3</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 +127)

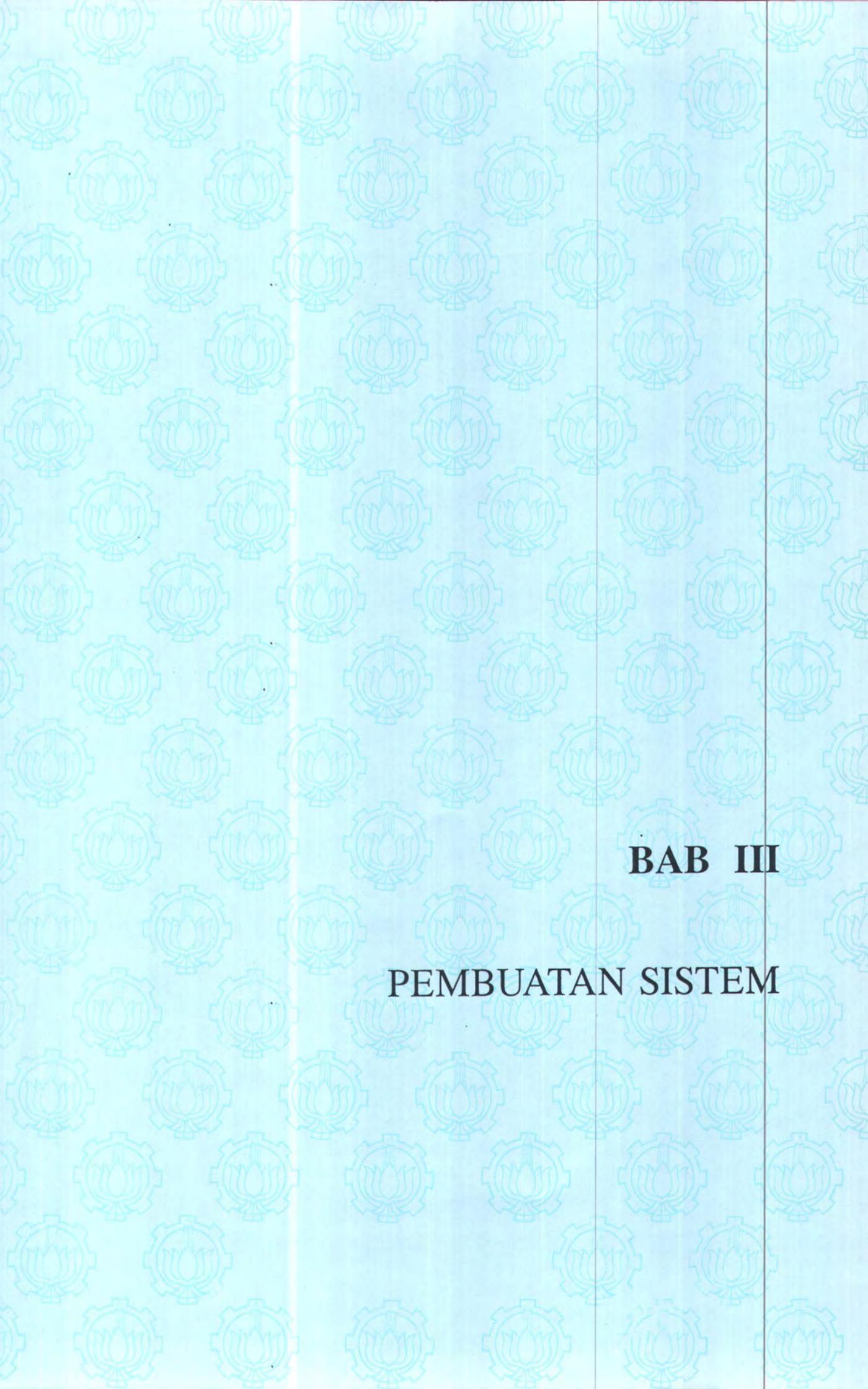
Width Select (0 - 3)	Used as address index (E0-EF) for fixed 6-bit value Width when type= 2-7 and WF= 0.
Center Select (4 - 7)	Used as Address index (F0-FF) for fixed 8-bit CENTER value when type = 2-7 and CF = 0
I/O Select Width <u>1 0</u>	00 I/O port 0 as Width (Type=2-7 and WF=1) 01 I/O port 1 as 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>5 4</u>	00 I/O port 0 as Input (type=2-7 and WF=1)

AF	<u>7</u> 0 Select Action from select Byte (FIXED) 1 Select Action from I/O via select Byte (FLOAT)	01 I/O port 1 as Input (Type=2-7 and WF=1) 10 I/O port 2 as Input (Type=2-7 and WF=1) 11 I/O port 3 as Input (Type=2-7 and WF=1)
Output Select	<u>4 3</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	I/O Control <u>6</u> 0 Select from Inputs (Type = 2-7 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 2-7 and WF=1)
CF	<u>6</u> 0 Select Center from memory via Select byte (FIXED) 1 Select Center from I/O via Select byte (FLOAT)	ACTION (0 - 7) 8-Bit Action value to be applied to an output due to winning of Last Term of Last Rule (Type = 1) or Last Term of Last Rule of given output (Type = 0), and AF = 0 (Fixed)
WF	<u>7</u> 0 Select Width from memory via Select byte (FIXED) 1 Select Width from I/O via Select byte (FLOAT)	I/O Select Action <u>10</u> 00 I/O port 0 as Action (type=0-1 and AF=1) 01 I/O port 1 as Action (type=0-1 and AF=1) 10 I/O port 2 as Action (type=0-1 and AF=1) 11 I/O port 3 as Action (type=0-1 and AF=1)
		I/O Control <u>2</u> 0 Select from Inputs (Type = 0 - 1 and WF=1) 1 Select from outputs (Type = 0 - 1 and WF=1)

Timing Diagram



Gambar 2.17
Timing diagram NLX220



BAB III

PEMBUATAN SISTEM

BAB III PEMBUATAN SISTEM

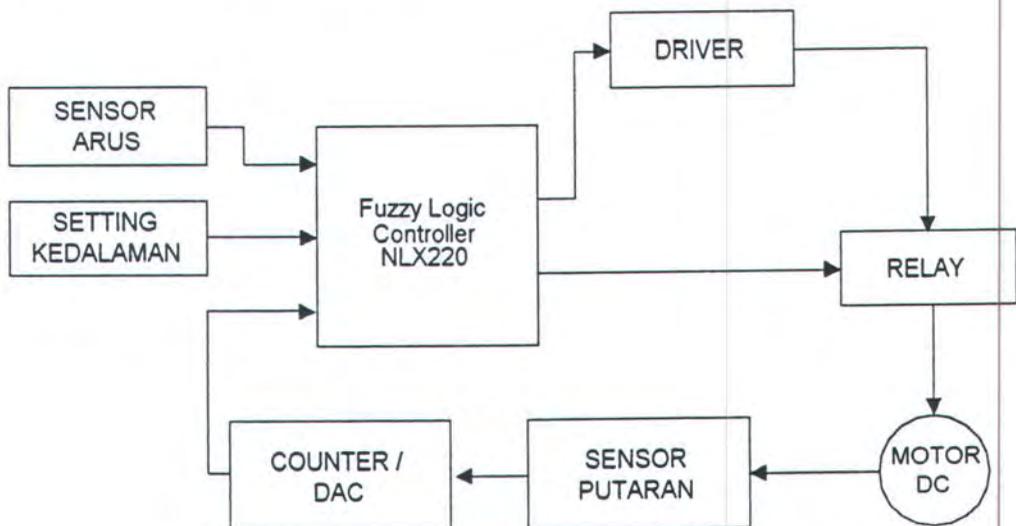
Dalam pembuatan sistem pengaturan mesin bor ini terdiri-dari perangkat keras dan perangkat lunak.

Adapun langkah-langkah pembuatan sistem ini terdiri atas :

1. Perencanaan blok diagram sistem.
2. Perancangan rangkaian untuk masing-masing bagian .
3. Perancangan perangkat lunak.

3.1 Perencanaan Blok Diagram Sistem

Secara lengkap blok diagram untuk pengaturan mesin bor dengan menggunakan fuzzy logic dapat dilihat pada Gambar 3.1 .



Gambar 3.1
Blok Diagram Sistem

Bagian-bagian dari sistem tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut :

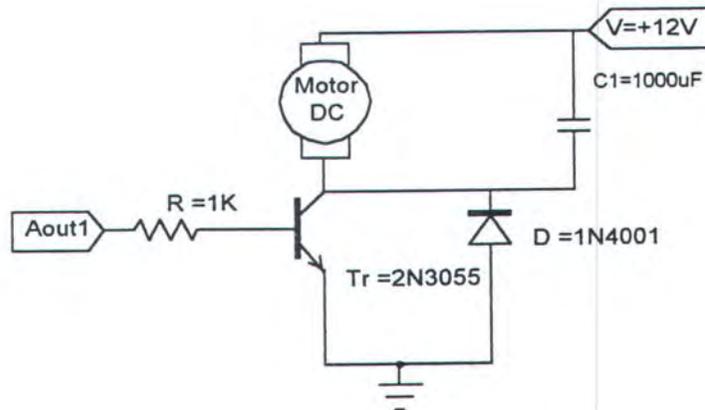
1. Rangkaian Driver merupakan bagian yang mengendalikan kecepatan putaran motor yang berdasarkan inputan PWM dari IC fuzzy logic.
2. Rangkaian pengukuran (sensor) arus untuk mengetahui besarnya arus yang masuk pada MotorDC.
3. Fuzzy Logic Controller NLX220 adalah bagian yang berfungsi untuk memproses rule-rule yang telah disusun dengan menggunakan logika fuzzy untuk mengontrol kecepatan putaran motor sesuai dengan setting.
4. Rangkaian Display adalah bagian yang menampilkan kedalaman pengeboran yang diinginkan dan kedalaman sesungguhnya.
5. Relay untuk mengarahkan putaran motor untuk naik atau turunnya tangkai (shaft) mesin bor.
6. Counter dan DAC merupakan satu kesatuan untuk mengubah jumlah putaran menjadi tegangan sehingga besaran yang terukur dipakai untuk memproses ketepatan kedalaman yang sesuai dengan yang diinginkan (setting).
7. Rangkaian setting kedalaman adalah bagian yang berfungsi untuk menetapkan kedalaman pengeboran yang diinginkan

3.2 Perancangan Perangkat Keras

Untuk merancang rangkaian elektronik, akan dikelompokan menurut fungsinya sebagai berikut:

3.2.1 Rangkaian Driver

Rangkaian driver transistor 2N3055C dan diode, dimana Transistor 2N3055C mempunyai spesifikasi sebagai berikut $V_{CEmax} = 40V$, $V_{EBmax} = 7V$, $I_{Cmax} = 15A$, dan $H_{FE} = 160$.



Gambar 3.2
Rangkaian Driver

Dengan arus beban motorDC sebesar 1A pada beban nominalnya, maka transistor mencukupi untuk perencanaan driver ini.

Jika pada Aout1 yang telah di buffer memberikan arus dibatasi maksimal 4mA, dan tegangan pada $V_{BB} = 5V$ tegangan bias transistor = 0,7V.

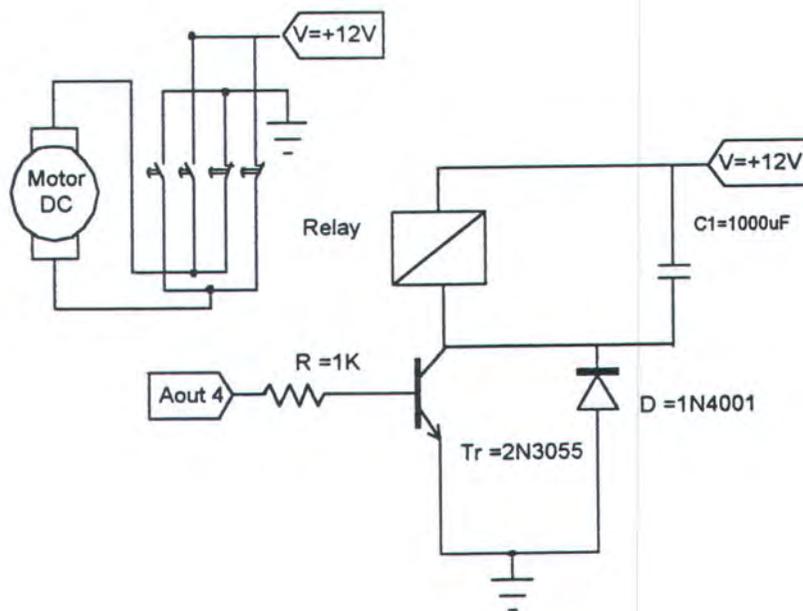
Maka R_B yang diperlukan :

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{V_{BB} - V_{BE}}{I_B} \\ &= \frac{5V - 0,7V}{4mA} \\ &= 1075 \Omega \cong 1K\Omega \end{aligned}$$

Dalam rangkaian driver ini digunakan pula diode yang berfungsi untuk mencegah mengalirnya arus balik dari motor ke transistor yang disebabkan oleh beban induktif. Dimana gulungan tembaga dari motor menyimpan energi listrik. Arus listrik dari gulungan mengalir melalui transistor reverse bias pada kolektor - emitor. Untuk menghindari hal itu, diode disambungkan ke Ground sehingga arus tidak akan melalui transistor.

3.2.2 Rangkaian Relay

Rangkaian relay digunakan untuk mengatur arah gerakan naik dan turunnya tangkai mesin bor, digunakan transistor 2N3055C dan diode, dimana Transistor 2N3055C mempunyai spesifikasi sebagai berikut $V_{CEmax} = 40V$, $V_{EBmax} = 7V$, $I_{Cmax} = 15A$, dan $H_{FE} = 160$.



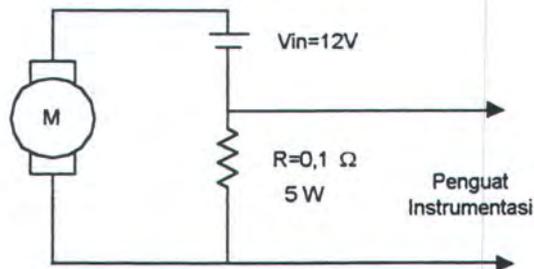
Gambar 3.3
Rangkaian Relay

Dengan arus beban relay sebesar 210mA mampu bagi transistor untuk mencukupi perencanaan rangkaian relay ini.

Dalam rangkaian relay ini digunakan pula diode yang berfungsi untuk mencegah mengalirnya arus balik dari relay ke transistor yang disebabkan oleh beban induktif.

3.2.3 Rangkaian Sensor arus dan penguat Instrumentasi

Motor DC yang dipakai adalah motor DC dengan tegangan DC12 Volt. Motor dirangkai seri dengan resistor bernilai kecil yaitu 0.1Ω agar tidak membebani motor DC yang dipakai. Agar tidak terbakar jika terjadi lonjakan arus yang besar, maka resistor yang dipergunakan yang berdaya besar yaitu 5W. Resistor ini berfungsi sebagai pengubah arus ke tegangan. Arus beban yang mengalir melalui hubungan seri tersebut dikonversikan menjadi tegangan yang kemudian akan diinputkan ke penguat instrumentasi.



Gambar 3.4

Sensor arus

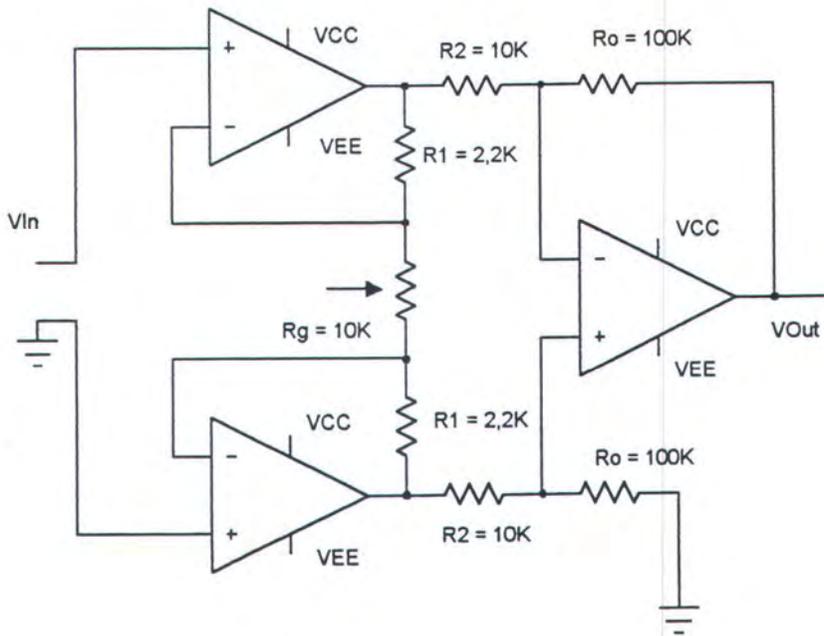
Rancangan penguat instrumentasi dimaksudkan sebagai rangkaian pengkondisi sinyal output dari transduser agar sesuai dengan input yang dipakai pada IC fuzzy.

Penguat instrumentasi berfungsi menguatkan sinyal input dengan penguatan maksimal 45X sehingga level sinyal sesuai dengan range level input IC fuzzy.

$$A_v = [2R_1/R_g + 1] [R_o/R_2]^1$$

dimana:

$R_1 = 22 \text{ k}\Omega$, $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_g = 10 \text{ k}\Omega$, $R_o = 100 \text{ k}\Omega$



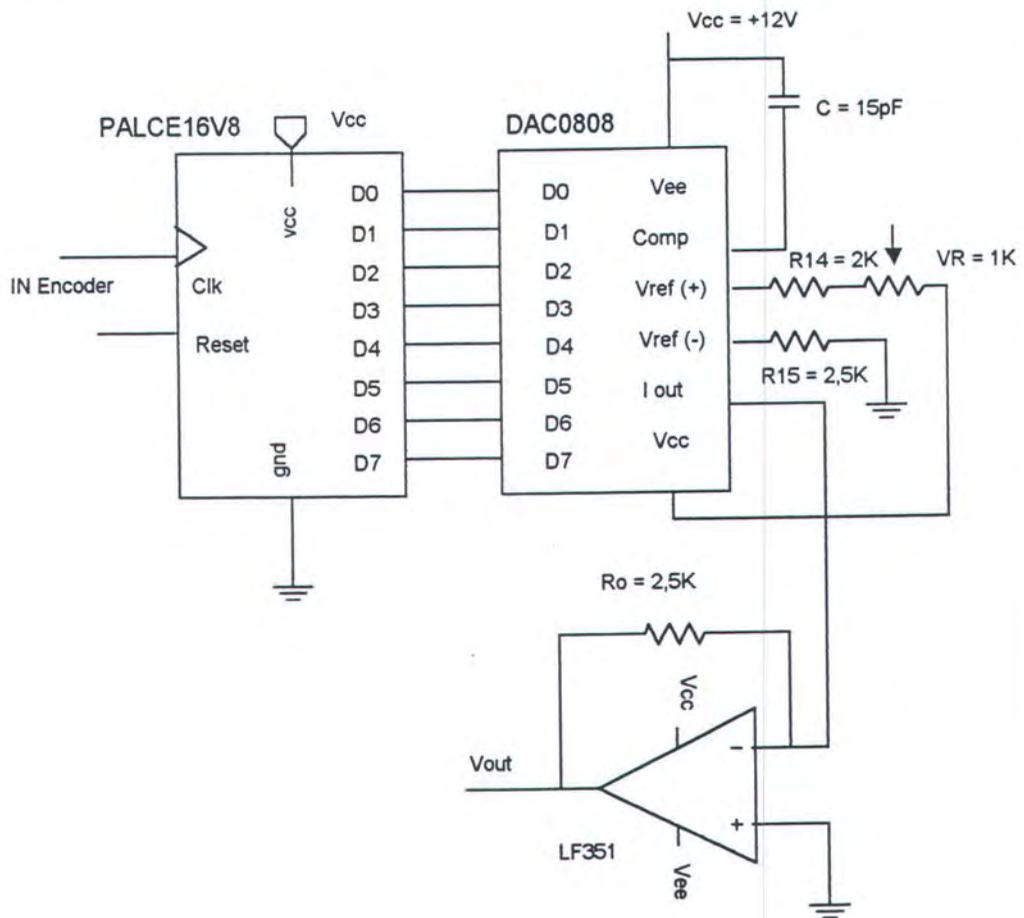
Gambar 3.5

Penguat Instrumentasi

¹ Analog Filter Design, p.44

3.2.4 Rangkaian Counter dan DAC

Rangkaian counter adalah rangkaian yang akan menghitung jumlah putaran roda gigi pada tangkai mesin bor dan berupa bilangan biner dan nantinya akan di ubah menjadi tegangan dc.



Gambar 3.6
Rangkaian Counter dan DAC

Dalam rangkaian ini device yang digunakan adalah IC DAC 0808 yang dirangkai seperti terlihat pada Gambar 3.6. Sehingga bilangan biner dari counter yang masuk akan diubah menjadi arus output yang dapat dihitung dengan persamaan :

$$I_{out} = \frac{V_{ref}}{R14} \left(\frac{D7}{2} + \frac{D6}{4} + \frac{D5}{8} + \frac{D4}{16} + \frac{D3}{32} + \frac{D2}{64} + \frac{D1}{128} + \frac{D0}{256} \right)$$

$D_n = '1'$ jika logika high dan $D_n = '0'$ jika logika low

Jika output dihubungkan dengan Op-amp seperti yang terlihat pada gambar 3.6, maka output yang semula berupa arus dapat diubah menjadi tegangan yang mempunyai range yang cukup besar, tergantung pada harga R_o yang digunakan.

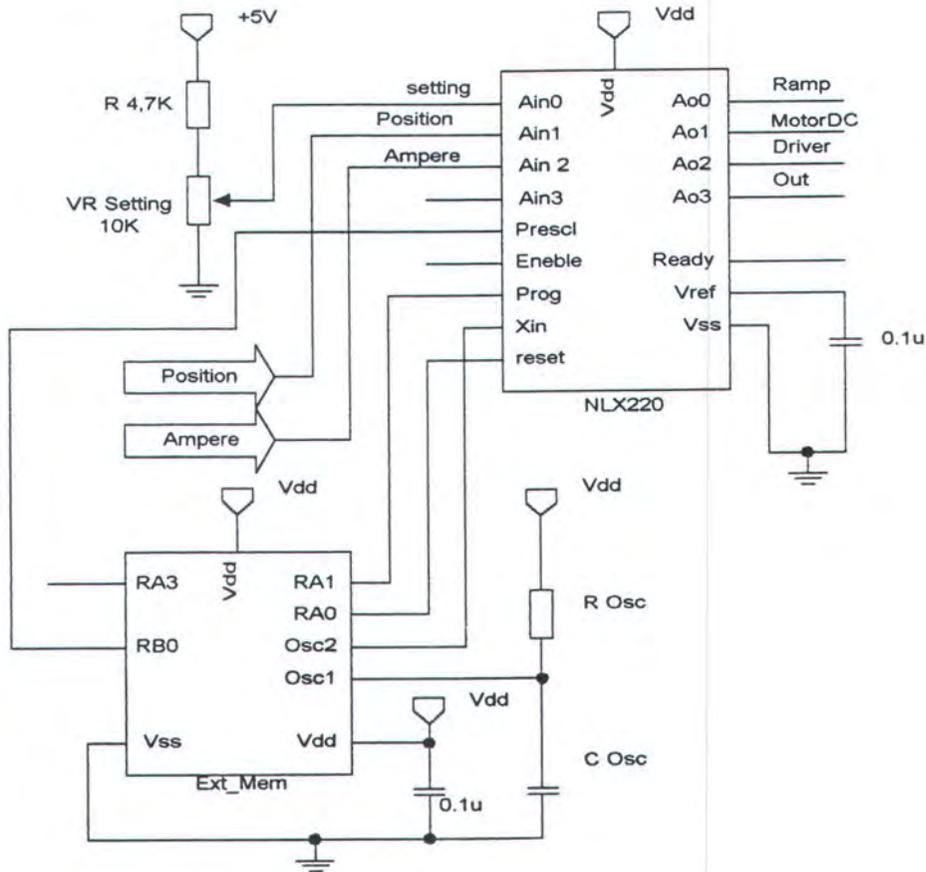
Pada rangkaian ini tegangan referensi dipilih sebesar 5Volt, $R14$ yang digunakan sebesar $2,5K\Omega$. sehingga arus output akan maksimal = 2mA. Jika dipilih R_o feedback sebesar $2,5K\Omega$ akan diperoleh tegangan pada Op-amp yang besarnya dapat dicari sebagai berikut:

$$\begin{aligned} V_{out} &= R_o \times \frac{V_{ref}}{R14} \left(\frac{D7}{2} + \frac{D6}{4} + \frac{D5}{8} + \frac{D4}{16} + \frac{D3}{32} + \frac{D2}{64} + \frac{D1}{128} + \frac{D0}{256} \right) \\ &= 2,5 \times \frac{5}{2,5} \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \frac{1}{64} + \frac{1}{128} + \frac{1}{256} \right) \\ &= 5\text{Volt} \end{aligned}$$

E_{out} yang keluar pada rangkaian ini dihasilkan kemudian menjadi input bagi IC Fuzzy.

3.2.5 Rangkaian Fuzzy Logic Controller NLX220

Rangkaian Fuzzy Logic Controller NLX220 untuk sistem ini dapat dilihat pada Gambar 3.7. Dimana fungsi dari Fuzzy logic kontroler ini adalah untuk mengontrol putaran motorDC agar sesuai dengan kedalaman yang diinginkan, disamping untuk menghasilkan sinyal pwm.



Gambar 3.7

Rangkaian kontrol dengan Fuzzy Logic NLX220

Dalam sebuah rangkaian kontrol Fuzzy Logic NLX220 secara sederhana, komponen utamanya adalah sebuah IC NLX220 dan sebuah IC eksternal memori yaitu PIC16C54. Dalam rangkaian ini clock dibangkitkan oleh rangkaian RC atau dari

sebuah oscilator. Jika menggunakan type RC clock yang dihasilkan dapat dihitung sebagai berikut :

$$t = 5RC$$

Untuk R Osc = 5,1K dan C Osc = 22p, maka

$$\begin{aligned} t &= 5,1K \cdot 22p \\ &= 605\mu s \end{aligned}$$

$$f = 1/t = 1/605\mu s$$

$$t = 1,65 \text{ MHz}$$

Clock ini selanjutnya dihubungkan ke input PIC16C54 yaitu kaki Osc1 untuk kemudian dioutputkan kembali melalui kaki Osc2 ke IC NLX220 setelah dibagi dengan faktor 4, sehingga clock sesungguhnya yang masuk ke IC NLX 220 adalah

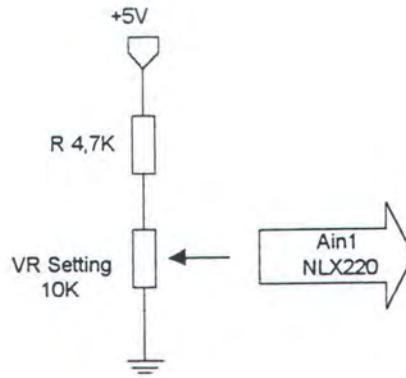
$$f = \frac{1}{4} \cdot 1,65 \text{ MHz}$$

$$f = 413,22 \text{ kHz}$$

3.2.6 Rangkaian Setting kedalaman

Dalam tugas akhir ini, pengaturan kedalaman pengeboran dibatasi dalam range sampai sekitar 7.5 cm, jika lebih dari nilai itu maka motor tidak akan berputar. Pemilihan ini didasarkan karena secara mekanik yaitu pada panjang tangkai mesin bor yang terbatas dan supaya tidak menyentuh dasar mesin bor

Input masukan yang diizinkan oleh fuzzy logic adalah sekitar 0 sampai +5V. Jika dipilih nilai untuk setting sekitar 0,1 Volt untuk 3mm maka setting maksimum adalah 2,94 Volt untuk 7,5 cm.



Gambar 3.8
Rangkaian Setting kedalaman

Untuk membatasi arus yang masuk pada buffer Ain1 maksimal sebesar 4mA, maka dipilih nilai resistansi yang akan mengalir arus di bawah nilai maksimum. Disini dipilih sebesar 14,7K Ω , sehingga arus yang ditimbulkan sebesar :

$$I = \frac{5V}{14,7K\Omega}$$

$$= 0,3 \text{ mA}$$

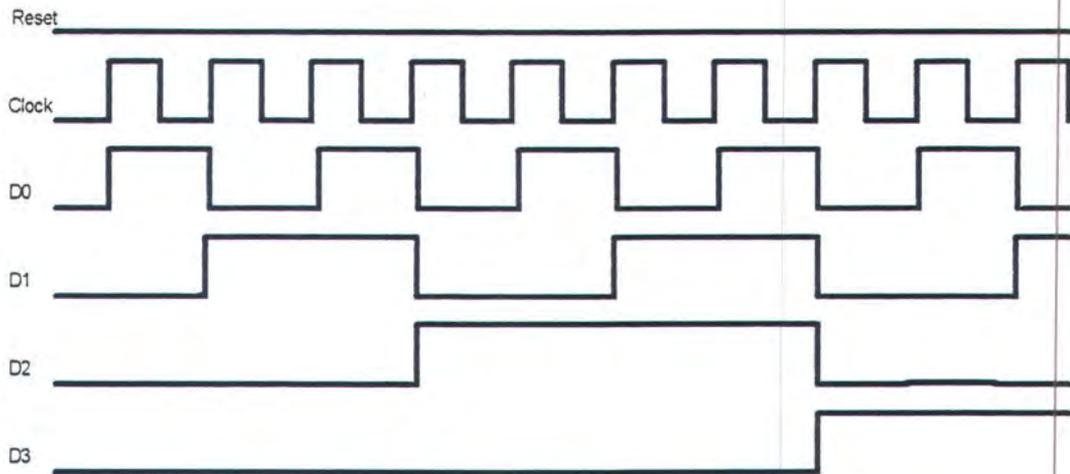
3.2.7 Counter PAL

Pembentukan bilangan biner dapat dibentuk dari sebuah IC PAL yang diprogram menggunakan *WARP2*. Dengan input sebuah sinyal clock akan didapat dari encoder. Untuk pemrograman ini dilakukan dengan menggunakan *WARP2*, dengan kompailer (Galaxy) dan simulatornya (Nova), sehingga hasil yang diinginkan dapat dilihat terlebih dahulu sebelum dimasukkan ke dalam IC.

Listing Programnya adalah sebagai berikut:

```
entity counter is port(  
    clk, clear:      in bit;  
    data:            buffer bit_vector(7 downto 0));  
end counter;  
  
-  
  
use work.int_math.all;  
  
architecture archcounter of counter is  
  
begin  
  
upcount: process (clk)  
    begin  
        if (clk'event and clk= '1') then  
            if clear = '1' then  
                data <= "00000000";  
            elsif clear = '0' then  
                data <= data + 1;  
            end if;  
        end if;  
    end process upcount;  
  
end archcounter;
```

Adapun sinyal yang disimulasikan dengan NOVA adalah seperti gambar berikut ini:



Gambar 3.9
Simulasi counter menggunakan NOVA

3.3 Perancangan Perangkat Lunak NLX220

Dalam tugas akhir ini device NLX220 berfungsi sebagai kontroler dan penghasil sinyal pwm yang sangat berguna untuk pengaturan motor. Sebagai perangkat lunak untuk aplikasi NLX220 adalah Insight.

3.3.1 Input

Definisi input dalam NLX220 ada dua, yaitu input eksternal dan input internal. Input eksternal adalah input yang secara fisik harus dihubungkan ke kaki-kaki dari NLX220, sedangkan input internal merupakan masukan feedback dari output ke input tanpa harus menghubungkannya secara fisik.

Untuk pengaturan mesin bor ini, dibutuhkan beberapa input sebagai berikut:

1. Ramp, merupakan gelombang segitiga yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal pwm serta berfungsi untuk semacam pewaktu.
2. MotorDC, merupakan sinyal dc yang dapat dicounting berguna sebagai tegangan referensi untuk pengatur lebar sinyal pwm. MotorDC ini merupakan input feedback internal.
3. Setting, merupakan input eksternal yang berfungsi menunjukkan putaran yang diinginkan.
4. Post, merupakan input eksternal yang berasal dari rangkaian Counter dan DAC.
5. Ampere, merupakan input eksternal yang berasal dari rangkaian pengukur arus.

3.3.2 Output

Output terdiri-dari tiga bagian, yaitu:

1. Ramp, merupakan gelombang segitiga yang berfungsi untuk menghasilkan sinyal pwm.
2. MotorDC, merupakan sinyal dc yang dapat dicounting berguna sebagai tegangan referensi untuk mengatur lebar pulsa pwm.
3. Driver, merupakan output yang mengeluarkan sinyal pwm.
4. Out, untuk memberikan arah putaran motor.

3.3.3 Variabel

Secara garis besar variabel yang dibuat dibedakan, menjadi beberapa bagian

1. Kontrol Ramp
2. Kontrol Output-PWM
3. Deteksi Posisi
4. Deteksi Ampere
5. Batasan shut off

Penjelasan variable yang dibuat adalah sebagai berikut:

1. Kontrol Ramp

Ramp is count (255, 0, Right Exclusive)

Ramp is reset (252, 0, Symmetrical Inclusive)

2. Kontrol PWM

Ramp is on (MotorDC, 0, Left Inclusive)

Ramp is off (MotorDC, 0, Right Inclusive)

3. Deteksi Posisi

Post is PON (Pset, 1, Symmetrical Inclusive)

Post is PSHigh (Pset, 1, Left Exclusive)

Post is PMLow (Pset, 10, Right Exclusive)

Post is PSLow (Pset, 1, Right Exclusive)

Post is PVLow (Pset, 20, Right Exclusive)

4. Deteksi Ampere

Ampere is NOLoad (88, 30, Right Exclusive)

Ampere is SLoad (88, 20, Right Exclusive)

Ampere is SOVLoad (88, 10, Left Exclusive)

Ampere is Mload (88, 4, Right Exclusive)

Ampere is MOVload (88, 4, Left Exclusive)

Amperet is NOMLoad (88, 4, Symmetrical Inclusive)

5. Batasan Shut off

Pset is OverP (220, 0, Right Inclusive)

3.3.4 Rules

Rule disusun untuk mengatur karakteristik dari sistem, dibedakan menjadi beberapa bagian, yaitu:

1. Stair Step Ramp Generator, sebagai pembentuk sinyal step ramp.
2. Output Change Rules, mengubah output dc sebagai tegangan referensi untuk mengubah lebar pwm sesuai dengan putaran yang diinginkan.
3. PWM kontrol, pemberi pulsa trigger ke driver.

Secara lebih mendetail adalah sebagai berikut:

1. Stair Step Ramp Generator

if Ramp is count then Ramp + 12

if Ramp is reset then Ramp = 0

2. Output Change Rules

If Post is PVLow and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC = 50

If post is PSLow and Ampere is SOVLoad and Ramp is Reset

then Motor DC+-20

If Post is PON and Ampere is MOVLoad and Ramp is Reset

then MotorDC+-20

If Post is PMLow and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC -5

If Post is PSLow and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC+5

If Post is PSLow and Ampere is MOVLoad and Ramp is Reset

then MotorDC-4

If Post is PSLow and Ampere is MLoad and Ramp is Reset

then MotorDC+10

If Post is PSLow and Ampere is NOMLoad and Ramp is Reset

then MotorDC +5

If Post is PON and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC=150

If Post is PSHigh and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC=50

If Post is PON and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then Out=255

3. PWM kontrol

if Ramp is on

then Driver=255

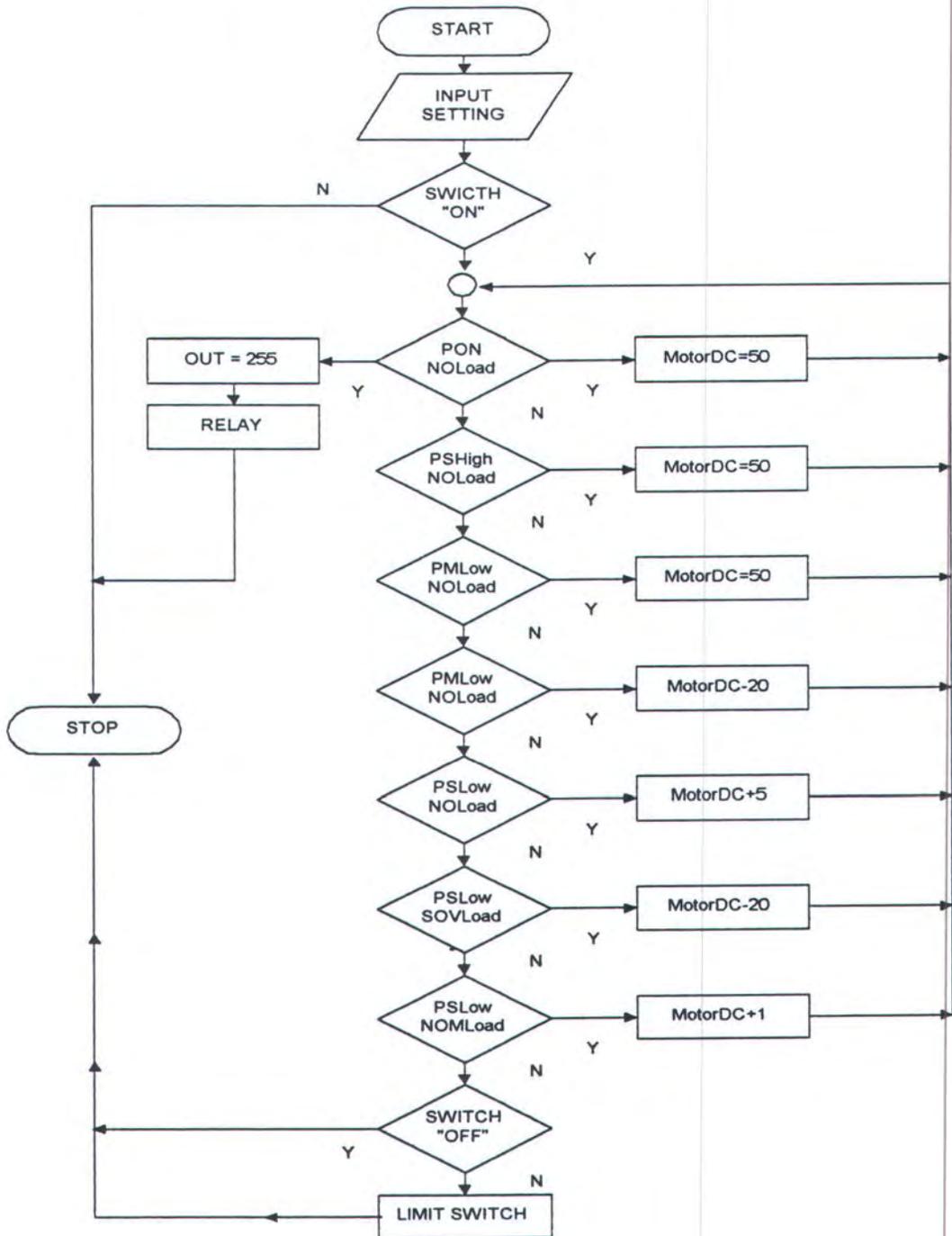
if Ramp is off

then Drive =0

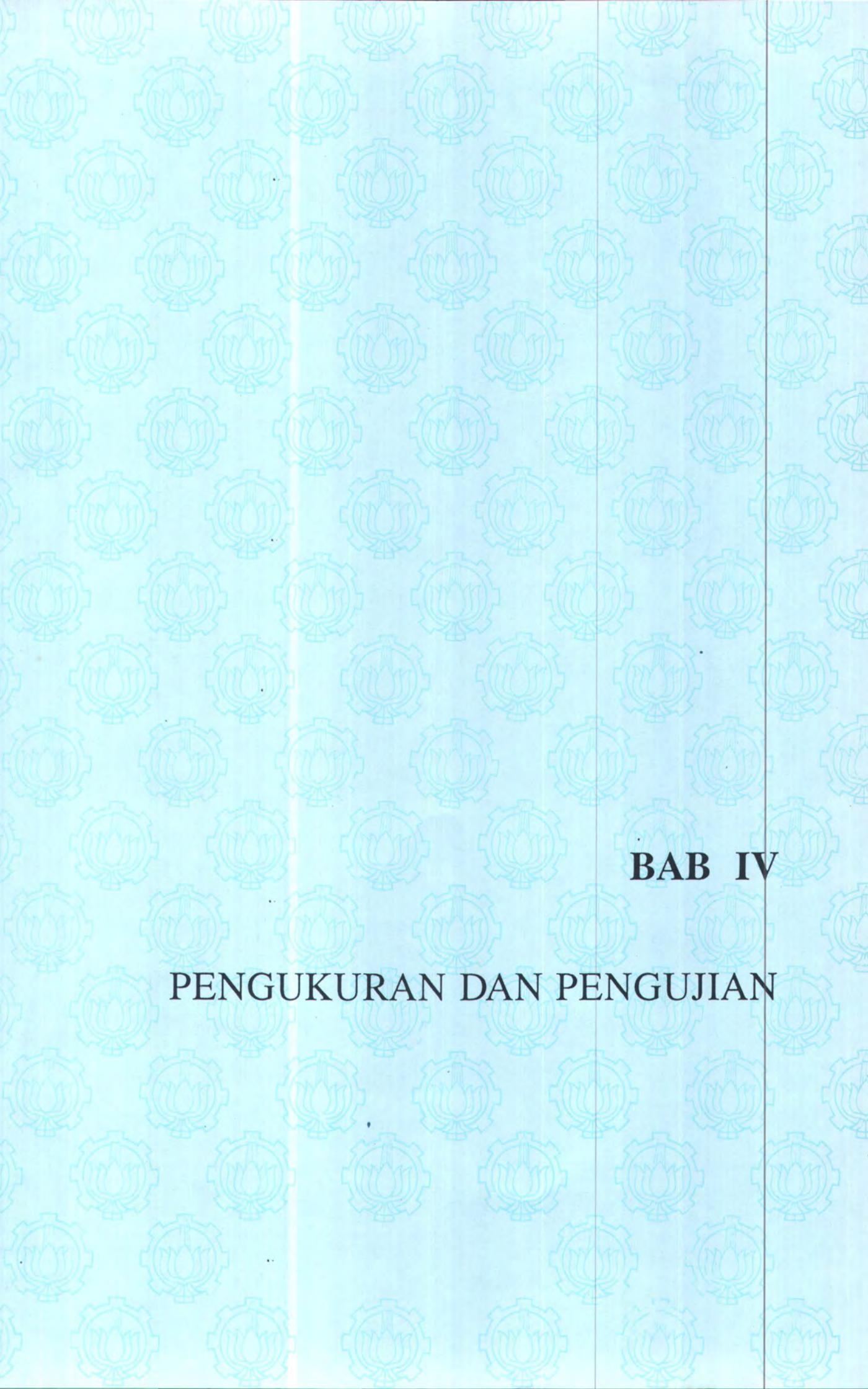
if Pset is OverP

then Driver=0

Adapun flowchart dari tugas akhir ini dapat dilihat seperti pada Gambar 3.10.



Gambar 3.10
Flowchart dari program



BAB IV

PENGUKURAN DAN PENGUJIAN

BAB IV PENGUKURAN DAN PENGUJIAN

Pengukuran dan pengujian diperlukan untuk mengetahui keberhasilan dari perancangan dan mengetahui kehandalan dari sistem. Dalam membuat pengontrol mesin bor sebelumnya harus dilakukan kalibrasi terutama untuk mengetahui kedalaman pengeboran secara benar.

Langkah-langkah yang diperlukan dalam pengukuran dan pengujian adalah sebagai berikut:

1. Kalibrasi dan pengukuran
2. Pengujian dan pengukuran sistem fuzzy

4.1 Kalibrasi dan pengukuran

Untuk mendeteksi kedalaman mesin bor diperlukan sebuah encoder yang memiliki lubang-lubang sebanyak dua puluh lima buah lubang sebagai sensor untuk membentuk pulsa-pulsa, yang selanjutnya akan dikonversikan menjadi tegangan dc. Jika kedalaman motor sebesar 3mm, secara perhitungan maka tegangan yang dihasilkan setelah diperkuat dengan penguat inverting dan data biner $D = 00000001$.

$$\begin{aligned} V_{out} &= R_0 \times \frac{V_{ref}}{R_{14}} \left(\frac{D_7}{2} + \frac{D_6}{4} + \frac{D_5}{8} + \frac{D_4}{16} + \frac{D_3}{32} + \frac{D_2}{64} + \frac{D_1}{128} + \frac{D_0}{256} \right) \\ &= 2,5 \times \frac{5}{2,5} \left(\frac{0}{2} + \frac{0}{4} + \frac{0}{8} + \frac{0}{16} + \frac{0}{32} + \frac{0}{64} + \frac{0}{128} + \frac{1}{256} \right) \\ &= 0,13 \text{ Volt} \end{aligned}$$

Jika diputar dengan manual, encoder akan menghasilkan pulsa yang akan diinputkan pada counter dan DAC. Hal ini dapat menghasilkan data biner dan tegangan DC.

Berikut ini adalah pengetesan untuk mengetahui tingkat kelinieran DAC, dimana sebagai encoder akan menghasilkan pulsa tertentu, berdasarkan persamaan di atas:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran pada counter setelah kalibrasi

Kedalaman (mm)	Display setting	Display Kedalaman
3	0.5	0.8
6	1.3	1.5
9	2.2	2.5
12	3.2	3.7
15	4	4,4
18	5.2	5.3
21	5.9	6
24	7.6	8
27	8.9	10
30	9.4	10.3

Dari gambar dan tabel di atas dapat dilihat bahwa rangkaian counter dan DAC dengan menggunakan IC DAC 0808 cukup linier.

Berikutnya adalah menggabungkan semua bagian sistem seperti Fuzzy Logic Kontroler NLX220, counter, dan setting serta komponen lain yang mendukung kesatuan sistem. Pengamatan dilakukan menggunakan voltmeter, oscilloscope dan pengamatan secara visual terhadap perubahan putaran motor.

Pertama yang dilakukan adalah menghubungkan power utama dengan tegangan jala-jala PLN, sehingga semua bagian telah menerima tegangan supply termasuk NLX220. Pada fase ini NLX220 telah bekerja tetapi secara program sistem ini dalam keadaan reset, karena switch yang menghubungkan setting dengan NLX220 masih terbuka.

Pengamatan yang dilakukan terhadap tegangan motorDC NLX220 adalah sebesar 0,04V.

Langkah selanjutnya adalah memberikan nilai tertentu pada setting dan menghubungkan switch reset, sehingga motor mulai berputar menuju nilai settingnya. Hasil pengukuran yang diperoleh sampai tahap ini sebagai berikut:

Tabel 4.2 Pengukuran terhadap tegangan setting dan tegangan counter

Data Biner	Tegangan Seting (volt)	Counter (volt)
00000001	0,14	0,13
00000010	0,34	0,32
00000011	0,53	0,52
00000100	0,74	0,73
00000101	0,95	0,93
00000110	1,17	1,15
00000111	1,4	1,3
00001000	1,69	1,6
00001001	1,82	1,84
00001010	2,12	2,15

Dari tabel di atas menunjukkan harga counter telah mendekati harga setting, sehingga dapat disimpulkan bahwa kontroler telah berjalan sebagaimana semestinya.

Langkah selanjutnya adalah mengkalibrasi display, untuk display digunakan dua buah divais ICL7106 dan tiga buah 7 segment. Karena kita menggunakan dua buah display dengan hardware murni (tanpa software), maka untuk dapat menampilkan nilai-nilai yang sesuai kita menggunakan rangkaian pembagi tegangan, dengan perbandingan resistor yang dapat memberikan angka-angka antara 1 sampai 20. Kendala yang dihadapi pada fase ini adalah sulitnya mengkalibrasi dua buah display ini agar menunjukan nilai sama untuk sebuah obyek dengan tegangan yang bervariasi.

4.2 Pengujian dan pengukuran Sistem Fuzzy

Untuk menguji modul ini, dibuat *rule* atau aturan yang sederhana yaitu harga tegangan input sama dengan harga tegangan output. Sehingga dari hal ini dapat mengetahui apakah modul NLX220 sudah berjalan atau belum. Selain itu dapat juga diketahui urutan pin input dan pin output sehingga mempermudah pengujian sistem.

Variabel Fuzzy yang digunakan adalah sebagai berikut:

- input is win1 (0 , 0, right inclusive)
- input is win2 (0 , 0, right inclusive)
- input is win3 (0 , 0, right inclusive)
- input is win4 (0 , 0, right inclusive)

sedangkan rulenya sebagai berikut:

- if input is win1 then output1=input1
- if input is win2 then output2=input2
- if input is win3 then output3=input3
- if input is win4 then output4=input4

Dengan menggunakan kelompok rule tersebut maka pada setiap input diberikan sumber tegangan dan outputnya diukur. Dari pengukuran diperoleh hasil bahwa harga output sama dengan hasil input. Hal ini membuktikan bahwa modul telah bekerja dengan baik.

BAB V

PENUTUP

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

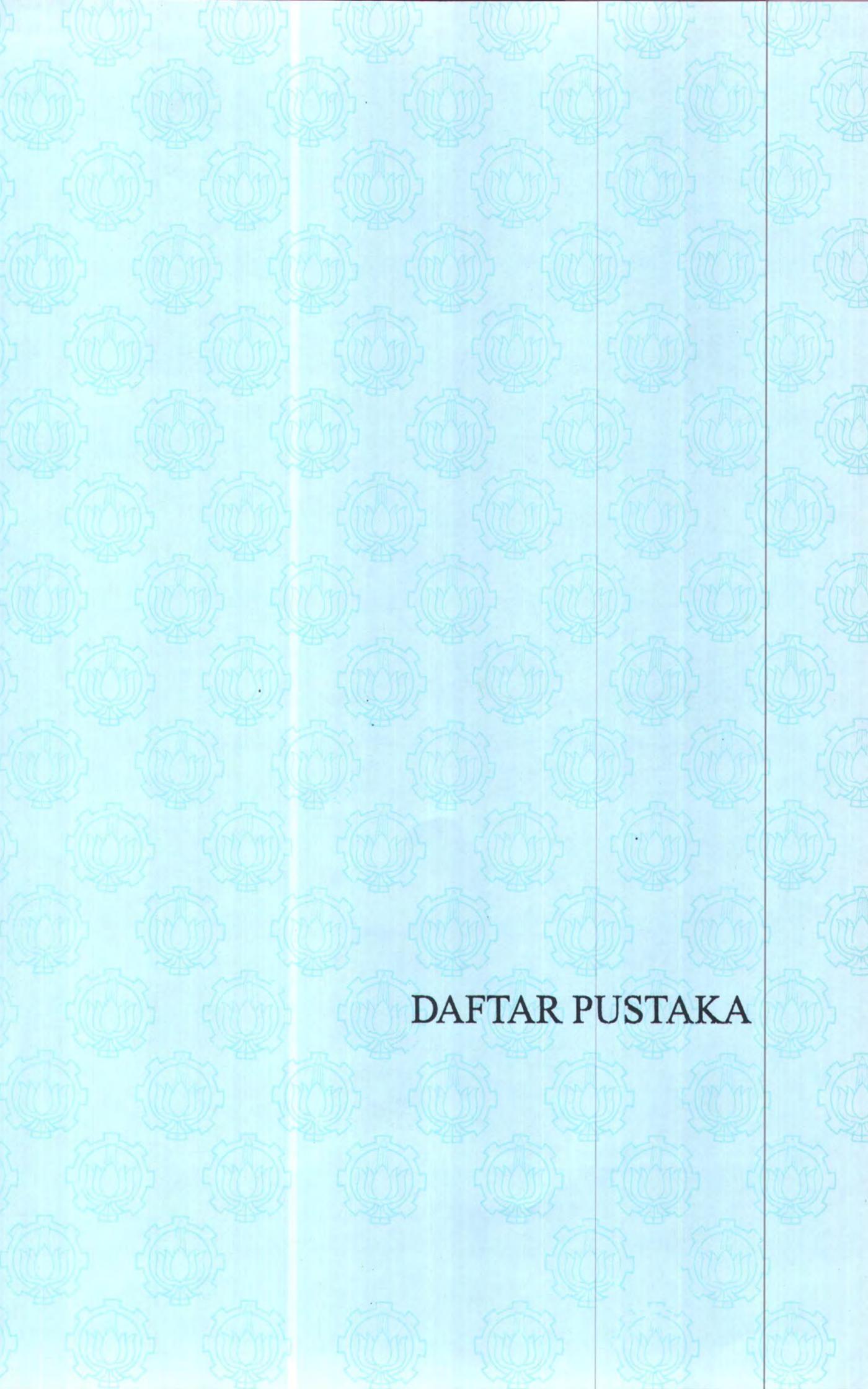
Pada bagian akhir buku ini, setelah melihat hasil pengukuran dan pengujian kiranya dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan teknologi *fuzzy logic* dapat diterapkan pada mesin bor secara otomatis karena memiliki beberapa keunggulan antara lain:
 - Tidak memerlukan model matematis yang rumit sehingga mempermudah proses perancangan.
 - Aturan *fuzzy* bersifat intuitif sehingga mudah dimengerti.
 - Memiliki fleksibilitas yang tinggi karena mudah untuk mengubah aturan atau rule sesuai dengan keperluan.
2. Agar arus balik dari motor tidak merusak rangkaian driver motorDC dan rangkaian driver relay, maka semua transistor harus dilengkapi dengan diode.
3. Pada perencanaan alat kontrol mesin bor, perlu diperhatikan kekuatan dari gear box dan daya motorDC penggerak shaft yang dipakai
4. Untuk lebih stabilnya perhitungan posisi maka sebaiknya sensor arus dari motorDC diisolasi dengan *optoisolator 4N25* agar tidak terpengaruh arus induktif.

5.2 Saran-saran

Untuk kelanjutan dan pengembangan dari tugas akhir ini maka selama proses pembuatan tugas akhir ini kami mencatat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebagai saran.

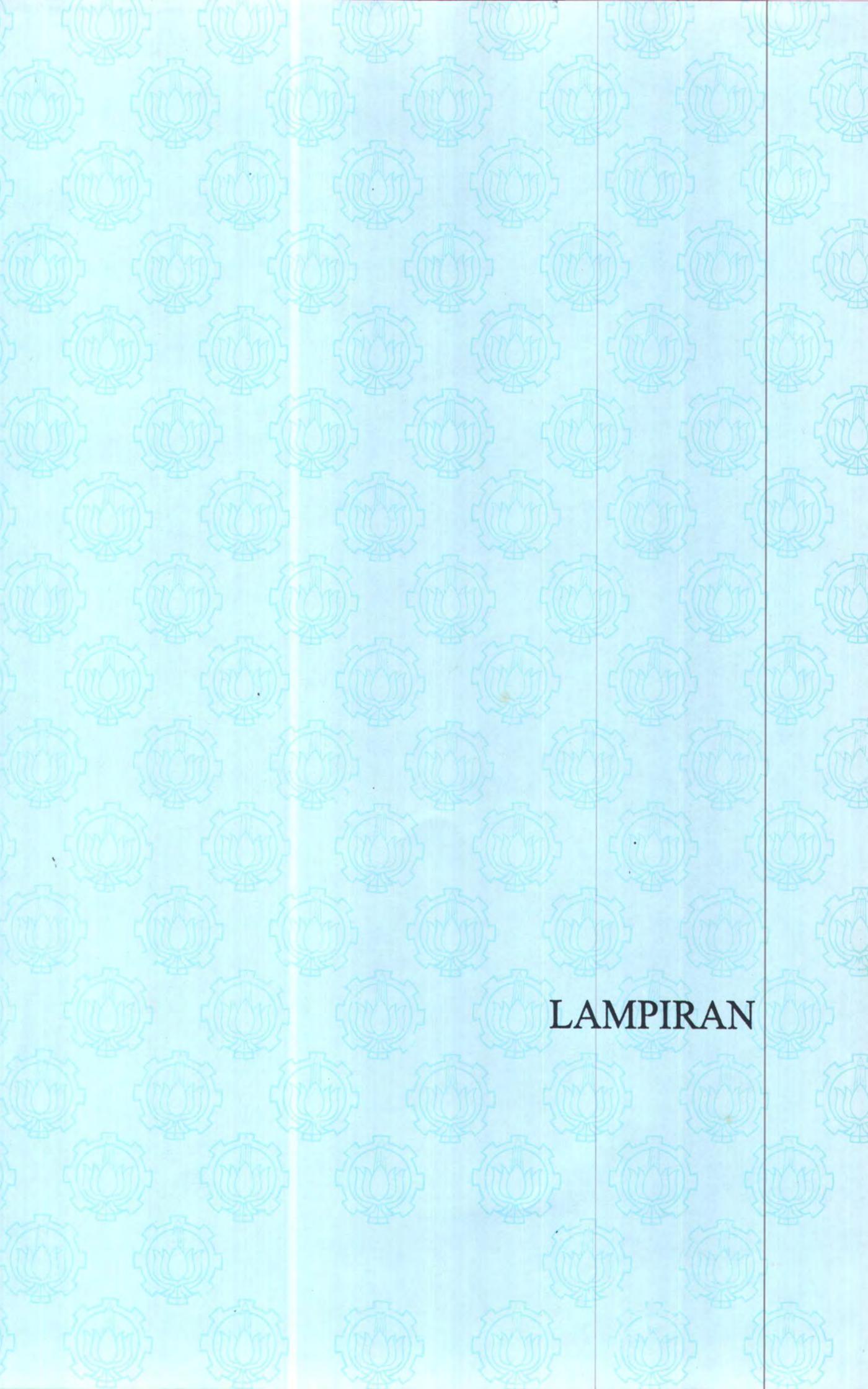
- Penerapan Teknologi Fuzzy Logic akan lebih efektif apabila di tambahkan pengontrolan pada motor yang menggerakkan mata bor. Dimana mata bor akan berputar lebih cepat (bervariasi) sesuai dengan tingkat kekerasan dari material yang akan dibor. Dan ini lebih memberikan nilai pengontrolan yang lebih bersifat adaptif.
- Pengontrolan dengan menggunakan *Fuzzy Logic Controller NLX220* akan berhasil dengan baik, jika karakteristik obyek yang akan dikontrol dikuasai dengan baik.
- Dalam tugas akhir ini diamati jika mesin bergetar dengan kuat akan menyebabkan kesalahan pada posisinya. Dimana sensor akan terjadi counting yang tidak semestinya. Hal ini disebabkan oleh spelling/toleransi/jarak gear box, tangkai bor yang cukup besar. Dasar mesin bor yang tidak kuat juga menyebabkan getaran sensor.
- Untuk lebih telitinya/resolusi tentang jarak pengeboran sebaiknya penggerak tangkai bor dengan sistem ulir.



DAFTAR PUSTAKA

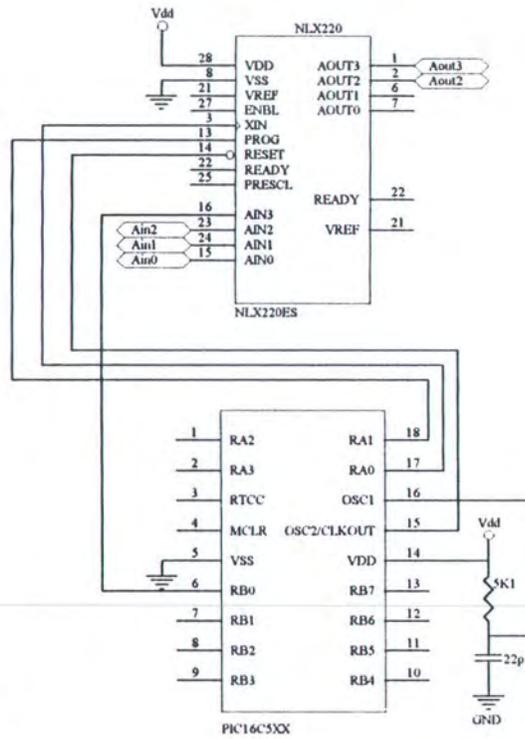
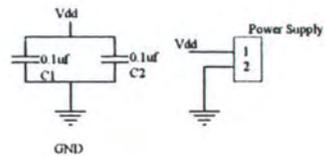
DAFTAR PUSTAKA

1. Albert Paul Malvino, Ph.D dan Tjia May On, Ph.D (penterjemah). 1989. ELEKTRONIKA KOMPUTER DIGITAL. Edisi Kedua. Jakarta: PT. Penerbit Erlangga.
2. Albert Paul Malvino, Ph.D dan Hanapi Gunawan (penterjemah). 1992. PRINSIP-PRINSIP ELEKTRONIK. Edisi Kedua. Jakarta: PT. Penerbit Erlangga.
3. Muhammad H. Rashid, POWER ELECTRONICS, CIRCUIT, DEVICES, AND APPLICATIONS, Second Edition, Prentice - Hall International Inc. Singapore, 1988.
4. M.E. Van Valkenburg, ANALOG FILTER DESIGN, Holt-Saunders International Editions, New York, 1982.
5. Yan Jun, Michael Ryan, James Power, USING FUZZY LOGIC, Prentice - Hall, Cambridge, 1994.
6. _____. STAND ALONE FUZZY LOGIC CONTROLLERS NLX220P. 1994.
USA: Adaptif Logic

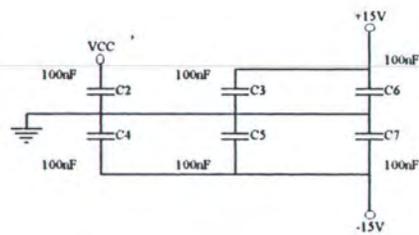
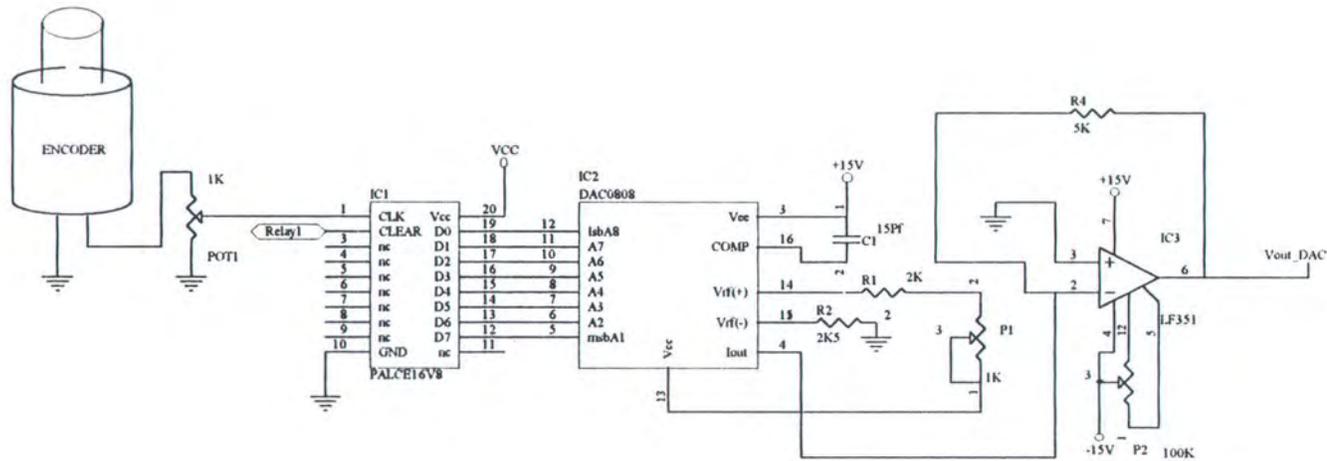


LAMPIRAN

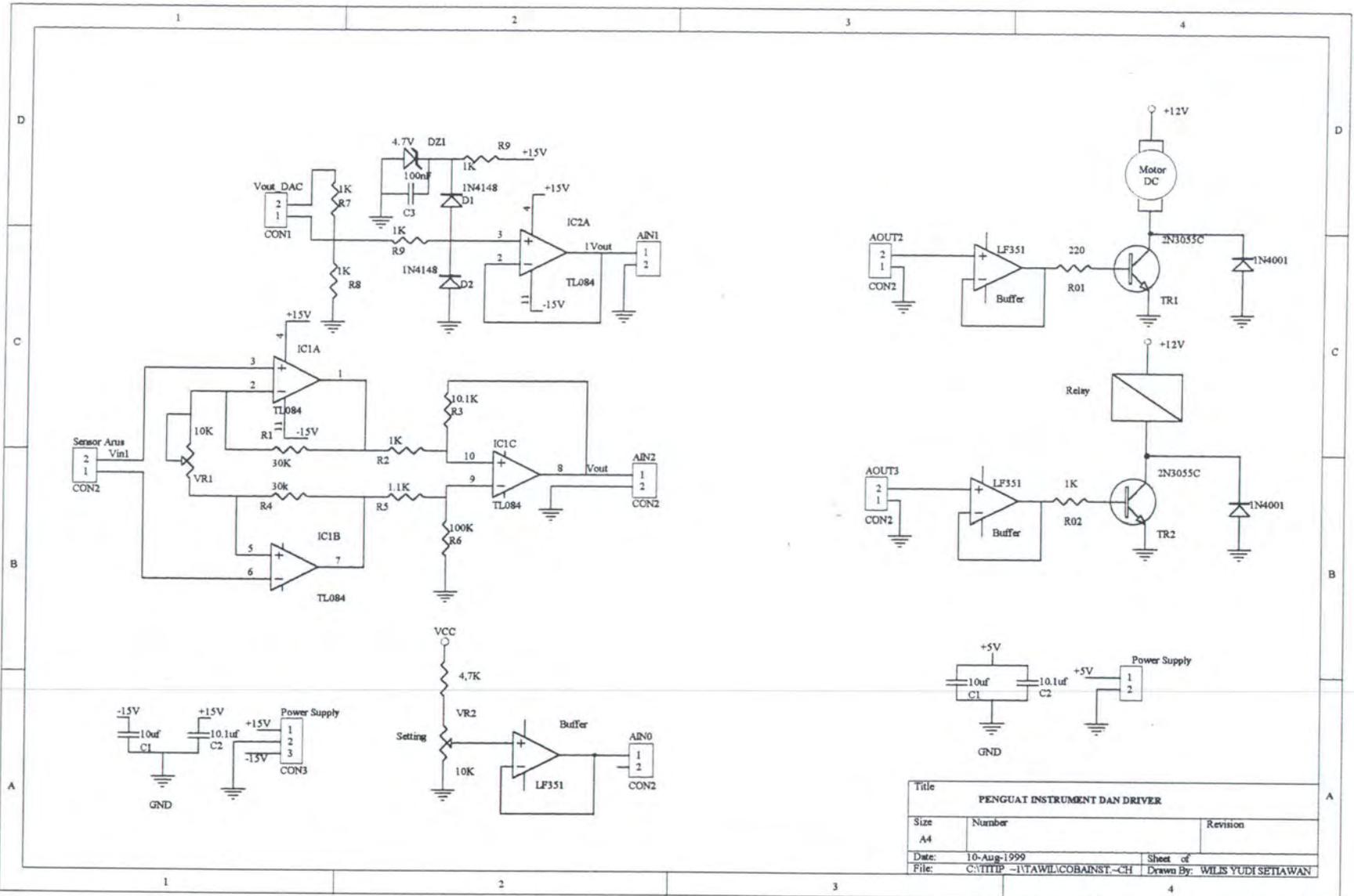
LAMPIRAN A-1



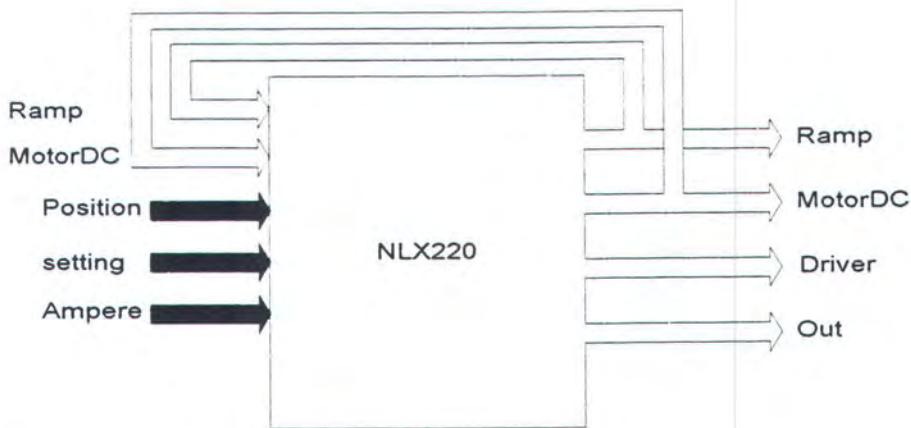
Title		
Rangkaian Fuzzy Logic		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	7 May 1999	Sheet of
File:	A:TAWIL.FUZZYL-1.SCH	Drawn By: Wilis Yuh Sebanan



Title		
ENCODER DAN COUNTER		
Size	Number	Revision
A4		
Date	7-May-1999	Sheet of
File	A:\TAWIL\DACFUZZY SC11	Drawn by
		WILIS YUDI SETIAWAN



Title		
PENGUAT INSTRUMENT DAN DRIVER		
Size	Number	Revision
A4		
Date:	10-Aug-1999	Sheet of
File:	C:\TITIP - I\TAWIL\COBAINST.-CH	Drawn By: WILIS YUDI SETIAWAN



Inputs

Ramp (Ramp)
 MotorDC (MotorDC)
 Post
 Pset
 Ampere

Outputs

Ramp
 MotorDC
 Driver
 Out

Fuzzy Variables

Ramp is Count (255, 0, Right Exclusive)
 Ramp is Reset (252, 0, Right Inclusive)
 Ramp is On (MotorDC, 0, Left Inclusive)
 Ramp is Off (MotorDC, 0, Right Inclusive)
 Pset is OverP (210, 0, Right Inclusive)
 Post is PON (Pset, 1, Symmetrical Inclusive)
 Post is PSHigh (Pset, 1, Left Exclusive)
 Post is PMLow (Pset, 10, Right Exclusive)
 Post is PSLow (Pset, 1, Right Exclusive)
 Post is PVLow (Pset, 20, Right Exclusive)
 Ampere is NOLoad (88, 30, Right Exclusive)
 Ampere is SLoad (88, 20, Right Exclusive)
 Ampere is SOVLoad (88, 10, Left Exclusive)
 Ampere is MLoad (88, 4, Right Exclusive)
 Ampere is MOVLoad (88, 4, Left Exclusive)
 Ampere is NOMLoad (88, 4, Symmetrical Inclusive)

Rules

If Ramp is Count

then Ramp + 12

If Ramp is Reset

then Ramp = 0

If Post is OverP

then MotorDC = 0

If Post is PVLow and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC = 50

If post is PSLow and Ampere is SOVLoad and Ramp is Reset

then Motor DC + -20

If Post is PON and Ampere is MOVLoad and Ramp is Reset

then MotorDC + -20

If Post is PMLow and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC + -5

If Post is PSLow and Ampere is MOVLoad and Ramp is Reset

then MotorDC + -4

If Post is PSLow and Ampere is SLoad and Ramp is Reset

then MotorDC + 4

If Post is PSLow and Ampere is MLoad and Ramp is Reset

then MotorDC + 10

If Post is PSLow and Ampere is NOMLoad and Ramp is Reset

then MotorDC + 5

If Post is PON and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC = 150

If Post is PSHigh and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then MotorDC = 50

If Post is PON and Ampere is NOLoad and Ramp is Reset

then Out = 255

If Ramp is Off

then Driver = 0

If Ramp is On

then Driver = 255

LISTING PROGRAM COUNTER PALCE-16V8

```
entity counter is port(  
    clk, clear:    in bit;  
    data:          buffer bit_vector(7 downto 0));  
end counter;  
  
use work.int_math.all;  
  
architecture archcounter of counter is  
begin  
    upcount: process (clk)  
        begin  
            if (clk'event and clk= '1') then  
                if clear = '1' then  
                    data <= "00000000";  
                elsif clear = '0' then  
                    data <= data + 1;  
                end if;  
            end if;  
        end if;  
    end process upcount;  
end archcounter;
```

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Wilis Yudi Setiawan lahir di Surabaya pada tanggal 17 Oktober 1969, putra dari S. Sabani dan Sri Soetini. Penulis beragama Islam dan beralamat di Jl. Pucang Anom Timur No.1 Surabaya. Penulis anak ke-3 dari tiga bersaudara.

Riwayat Pendidikan Penulis :

1. SD Taman Pelajar Surabaya, lulus tahun 1983
2. SMP Negeri 19 Surabaya, lulus tahun 1986
3. SMA Negeri 9 Surabaya, lulus tahun 1989
4. Politeknik Elektronika Surabaya, lulus 1993

Sejak tahun 1996 penulis diterima menjadi mahasiswa Teknik Elektro ITS (S-1 Extension) dengan nomor pokok 2296 109 027. Saat ini sedang menyelesaikan Tugas Akhir pada bidang studi Elektronika. Dan penulis masih bekerja di PT Tanto Granitindo, Waru – Sidoarjo.