

MEREKABENTUK PENSTABIL SISTEM KUASA  
SARAF-KABUR BERSEPADU BERKOMPUTER  
UNTUK SET ALTERNATOR MIKRO

SAIFUL JAMAAN

Tesis ini dikemukakan  
sebagai memenuhi syarat penganugerahan  
Ijazah Doktor Falsafah (Kejuruteraan Elektrik)

Fakulti Kejuruteraan Elektrik  
Universiti Teknologi Malaysia

OKTOBER 2008

*Ku Persembahkan karya ini  
Untuk Istri tercinta Elita Mediawaty Saiful*

*Putra-putri ku:  
Wanda Cepricia Akhrami.  
Giovanno Octograha Saiful.  
Cindy Aulia Putri*

*Terimakasih diatas segala do'a dan semangat yang telah diberikan.*

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah bersyukur kehadiran Allah Yang Maha Esa, kerana dengan rahmat dan kurnia Nya saya boleh menyelesaikan penulisan tesis ini dengan baik.

Di sini saya ingin merakamkan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada penyelia PM. Dr. Mohd. Wazir bin Mustafa dan PM. Md. Shah Bin Majid, di atas bantuan, nasihat dan bimbingan yang telah diberikan selama pengajian di Fakulti Kejuruteraan Elektrik, Universiti Teknologi Malaysia.

Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Sekolah Pengajian Siswazah UTM yang telah memberikan kesempatan untuk melanjutkan pengajian ke peringkat PhD. Pusat Pengurusan Penyelidikan (*RMC*) dengan bantuan dan fasiliti yang telah diberikan sepanjang melakukan penyelidikan. Tidak lupa juga kepada seluruh pensyarah dan staf, juruteknik Makmal Kuasa Asas, Makmal Kuasa Lanjut dan Makmal Sistem Tenaga, Fakulti Kejuruteraan Elektrik, Universiti Teknologi Malaysia yang telah memberi kerjasama yang baik.

Kepada saudara Dr. Henry Nasution, Muchammad Oktaviandri, Herlanda Windiarti, M. Irfan Jambak dan rakan-rakan seperjuangan yang sedang menuntut di UTM yang telah banyak memberikan dorongan dan motivasi untuk menyelesaikan tugas ini, saya ucapkan terima kasih di atas semua bantuannya.

Semoga Allah membalasnya dengan pahala yang setimpal, Amin.

## ABSTRAK

Penstabil Sistem Kuasa adalah suatu sistem kawalan yang berfungsi untuk memampas ayunan frekuensi rendah yang berlaku pada suatu sistem kuasa saling hubung akibat daripada berlakunya gangguan. Kaedah kawalan; Logik-kabur, Rangkaian Saraf-tiruan, Separa Kamiran Kebezaan tala-diri, Logik-kabur, Separa Kamiran Kebezaan Logik-kabur yang ditala dengan Sistem Saraf-tiruan telah digunakan dalam sistem kuasa saling hubung. Kelemahannya, ianya memerlukan banyak masa untuk memampas ayunan dan membuat sistem kembali stabil setelah berlaku gangguan ataupun perubahan beban yang besar secara tiba-tiba. Ini boleh mengakibatkan penjana terjejas dari kesegerakan, sehingga mengganggu penghantaran kuasa elektrik. Sistem kawalan Logik-kabur dan Rangkaian Saraf-tiruan bersepadu secara digital telah direkabentuk untuk mengatasi kelemahan dan bagi mendapatkan ciri-ciri dinamik yang lebih baik. Perkakasan kawalan digital yang terdiri daripada pengubah analog ke digital, pengubah digital ke analog, perkakasan pesegerakan dan perkakasan pengendali telah dibina untuk keperluan penyelidikan ini. Penstabil Sistem Kuasa yang dibangunkan telah diuji di Makmal Kuasa Lanjut, Fakulti Kejuruteraan Elektrik Universiti Teknologi Malaysia. Penjana kuasa elektrik yang digunakan adalah set alternator mikro yang terdiri daripada penjana segerak 3.5 kW dan motor arus terus 5 kW yang dihubungkan ke bus infinit. Sistem kawalan yang digunakan adalah kaedah Logik-kabur dan Rangkaian Saraf-tiruan bersepadu secara berkomputer. Daripada hasil ujikaji terhadap perubahan beban secara tiba-tiba dan penghantaran kuasa yang berubah, dijumpai bahawa penggunaan kawalan Saraf-kabur bersepadu secara purata memberikan ciri keluaran diantara 5 - 10% lebih baik apabila dibandingkan dengan sistem kawalan sedia ada.

## ABSTRACT

A Power System Stabilizer is a control system that is used to reduce low frequency oscillation which occurs in a system interconnection that is caused by disturbances. Control methodology; Fuzzy Logic, Neural Network, Self tuning Proportional Integral Differential, Fuzzy Logic Proportional Integral Differential, and Fuzzy Logic which is tuned by neural network system had been used in the power system interconnection. The disadvantage is that it took more time to reduce oscillation and stabilize the system after disturbances or a huge sudden load change. It can cause the generator to be out of synchronization, affecting the transmit Power System Stabilizer of the electric power. Digitally integrated Fuzzy logic control system and artificial neural network has been developed to overcome the disadvantage and in order to obtain a better dynamic characteristic. Digital control hardware is consist of Analogue to Digital Converter, Digital to Analogue Converter, synchronizing hardware and operational hardware had been made for this research. The developed Power System Stabilizer has been tested in Makmal Kuasa Lanjut, Faculty of Electrical Engineering, Universiti Teknologi Malaysia. Electric Power Generator that had been used is a set of micro alternator which consist of 3.5 kW synchronous generator and a 5 kW direct current motor that has been connected to infinite bus. An computerized integrated fuzzy logic and neural control system method is used. From the test for sudden load change and a power transmission that is changed, it was found out that the used integrated fuzzy logic and neural control gave about 5 - 10% improvement of output characteristic average as compared to existing control system.

**KANDUNGAN**

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>PERAKUAN</b>	i
	<b>DEDIKASI</b>	iii
	<b>PENGHARGAAN</b>	iv
	<b>ABSTRAK</b>	v
	<b>ABSTRACT</b>	vi
	<b>KANDUNGAN</b>	vii
	<b>SENARAI JADUAL</b>	xii
	<b>SENARAI RAJAH</b>	xiii
	<b>SENARAI TATANDA</b>	xviii
	<b>SENARAI LAMPIRAN</b>	xxi
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
1.1	Latar Belakang	1
1.2	Kajian Kepustakaan	2
1.3	Objektif Kajian	4
1.4	Pernyataan Masalah	5
1.5	Caruman	5
1.6	Susunan Tesis	6

<b>2</b>	<b>KESTABILAN SISTEM PENJANA SEGERAK</b>	<b>8</b>
2.1	Pengenalan	8
2.2	Model Lelurus Penjana Segerak.	9
2.3	Masalah Kestabilan Sistem Penjana Segerak	15
2.4	Gelung Mekanik	17
2.5	Gelung Elektrik	19
2.6	Perubahan Voltan Pangkalan	21
2.7	Ringkasan	22
<b>3</b>	<b>TINJAUAN KEPUSTAKAAN</b>	<b>24</b>
3.1	Pengenalan	24
3.2	Rekabentuk Penstabil Sistem Kuasa Separa Kamiran Kebezaan Tala-diri untuk Sistem Kuasa Pelbagai Mesin	24
3.3	Kaedah Baru Untuk Kawalan Ujaan dengan Menggunakan Teori Set Kekaburan	26
3.4	Kestabilan Penjana Segerak Berasas Logik-kabur	28
3.5	Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur Saraf-tiruan untuk Pelbagai Mesin	30
3.6	Asas Aturan Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur yang di tala dengan Saraf-tiruan	32
3.7	Penstabil Sistem Kuasa Logik -Kabur Secara Berkomputer	33
3.8	Ringkasan	35

<b>4</b>	<b>KAWALAN SARAF-KABUR BERSEPADU</b>	<b>36</b>
4.1	Pengenalan	36
4.2	Sistem Logik-kabur	37
4.2.1	Konsep Himpunan Bahagian	37
4.2.2	Pemboleh ubah Linguistik	37
4.2.3	Fungsi Keanggotaan	38
4.2.4	Hubungan Logik-kabur	39
4.2.5	Model Matematik Logik-kabur	40
4.2.6	Tatarajah Asas Sistem Logik-kabur	51
4.3	Rangkaian Saraf-tiruan	55
4.3.1	Struktur Rangkaian	57
4.3.2	Fungsi Pengaktifan	60
4.3.3	Proses Pembelajaran	66
4.4	Kawalan Saraf-kabur bersepadu	74
4.4.1	Rekabentuk Kawalan Logik-kabur	77
4.4.2	Corak Kawalan Saraf-kabur Bersepadu	79
4.4.3	Rekabentuk Aturan Logik-kabur	79
4.5	Ringkasan	83
<b>5</b>	<b>PENSTABIL SISTEM KUASA SARAF-KABUR BERSEPADU</b>	<b>85</b>
5.1	Pengenalan	85
5.2	Sistem Kajian	86



5.3	Perkakasan	87
5.3.1	Kawalan Kelajuan	87
5.3.2	Kawalan Voltan Penjana Segerak	91
5.3.3	Pengukur Parameter Elektrik	94
5.3.4	Pemultiplek	102
5.3.5	Pengendali	103
5.3.6	Penyegerakan	106
5.4	Perisian	108
5.4.1	Pengendalian Motor	110
5.4.2	Pengendalian Penjana Segerak	112
5.4.3	Pengendalian Beban	113
5.5	Kawalan Saraf-kabur bersepadu berbantu berkomputer	115
5.5.1	Kawalan Logik-kabur	115
5.5.2	Kawalan Saraf-tiruan	120
5.5.3	Kawalan Saraf-kabur bersepadu	127
5.6	Ringkasan	129
<b>6</b>	<b>KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN</b>	<b>131</b>
6.1	Pengenalan	131
6.2	Ujian Alternator Mikro Bekerja Sendiri	132
6.3	Ujian Alternator Mikro Bekerja Selari Dengan Bas Infinit	136
6.4	Perbincangan	140
6.4.1	Ujian Tanpa Penstabil Sistem Kuasa	140
6.4.2	Ujian Dengan Penstabil Sistem Kuasa	141

<b>7</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	<b>143</b>
7.1	Kesimpulan	143
7.2	Cadangan	144
	<b>RUJUKAN</b>	<b>145</b>
	<b>LAMPIRAN</b>	<b>150</b>

**SENARAI JADUAL**

<b>NO JADUAL</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
4.1	Aturan yang diperolehi daripada data kawalan empirik untuk kawalan Logik-kabur	76
4.2	Aturan kekaburan untuk mengawal nilai pembelajaran dalam sistem saraf rambatan balikan	80
4.3	Kelebihan dan kelemahan sistem Logik-kabur dan Saraf-tiruan	83
5.1	Asas Kaedah fungsi pemboleh ubah $e$ dan perubahan pemboleh ubah $de$	119
5.2	Set data pengujian sistem pembelajaran Saraf-kabur	122

## SENARAI RAJAH

NO RAJAH	PERKARA	MUKA SURAT
1.1	Segi tiga Caruman penyelidikan	6
2.1	Penjana segerak yang dihubungkan dengan bas infinit	9
2.2	Dinamik asas penjana segerak.	10
2.3	Rajah blok model dinamik sebuah penjana segerak	12
2.4	Dinamik model tindak balas gegelung angkir terhadap perubahan sudut $\delta$	13
2.5	Rajah blok model voltan	13
2.6	Model lurus dinamik sebuah mesin segerak	14
2.7	Rajah blok model dinamik gerak rotor dengan memasukan kesan gelung reaktif	15
2.8	Rajah blok Model gelung mekanik dinamik mesin segerak	18
2.9	Gambarajah fasa daya kilas segerak dan daya kilas redaman	18
2.10	Rajah blok komponen daya kilas yang dihasilkan oleh komponen negatif	20
2.11	Ciri tanggapan perubahan sudut terhadap waktu untuk berbagai nilai daya kilas	22
2.12	Rajah blok model sebuah mesin segerak dengan tambahan blok Penstabil Sistem Kuasa	23
3.1	Penstabil Sistem Kuasa Separa Kamiran Kebezaan Tala-diri	26
3.2	Penstabil Sistem Kuasa kawalan ujaan dan Pengatur Voltan Otomatik	28
3.3	Penstabil Sistem kuasa Logik-kabur	29
3.4	Keadaan penjana dalam Satah Fasa	30
3.5	Rajah blok Penstabil Sistem Kuasa dengan kaedah Saraf-tiruan	31

3.6	Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur yang di tala dengan Neural	33
3.7	Antara muka Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur berbantu komputer	34
3.8	Antara muka untuk menentukan Fungsi keanggotaan dalam kaedah Logik-kabur	34
4.1.	Sepadan (a) Set Klasik dan (b) Set Logik-kabur	41
4.2	Fungsi keanggotaan (a) set klasik dan (b) set Logik-kabur	42
4.3	Persilangan dua buah set Logik-kabur A dan B	43
4.4	Kesatuan dua buah set Logik-kabur A dan B	44
4.5	Pelengkap set Logik-kabur A dan B	45
4.6	Perbezaan Set Logik-kabur dengan Set Klasik	46
4.7	Fungsi keanggotaan segitiga dengan $a=2$ , $b=6$ , $c=8$	47
4.8	Fungsi keanggotaan trapezoid dengan $a=2$ , $b=4$ , $c=8$ , $d=10$	47
4.9	Fungsi keanggotaan Gaussian dengan $C = 1$ ; $\sigma=5$ , $d=10$	48
4.10	Fungsi keanggotaan $x = [2 \ 4]$	48
4.11	Tatarajah Sistem Kawalan Logik-kabur	51
4.12	(a) Pembahagian fungsi segitiga (b) tingkat keanggotaan	53
4.13	Penegasan dengan Kaedah Sentroid	55
4.14	(a) Susunan saraf Rangkaian Saraf-tiruan	56
4.14	(b) Rangkaian Saraf-tiruan dengan 3 lapisan	56
4.15	Rangkaian Saraf-tiruan dengan lapisan tunggal	58
4.16	Rangkaian Saraf-tiruan dengan banyak lapisan	58
4.17	Rangkaian Saraf-tiruan dengan lapisan kompetitif	59
4.18	Fungsi pengaktifan: Langkah perduaan pengehad tetap	60
4.19	Fungsi pengaktifan: Undak Perduaan ambang	61
4.20	Fungsi pengaktifan: Fungsi simetri undak dwikutub	61
4.21	Fungsi pengaktifan: Ambang dwikutub	62
4.22	Fungsi pengaktifan: Lelurus	62
4.23	Fungsi pengaktifan: Ketepuan Lelurus	63
4.24	Fungsi pengaktifan: Dwikutub Ketepuan Lelurus	64
4.25	Fungsi pengaktifan: Sigmoid Perduaan	65
4.26	Fungsi pengaktifan: Sigmoid Dwikutub	66
4.27	Arkitek Rangkaian kaedah Hubb	68
4.28	Pembatasan lurus dengan perseptron	69

4.29	Arkitek Rangkaian rambatan balikan	70
4.30	Fungsi keanggotaan untuk pengekodan aturan-aturan Logik-kabur	75
	(a) Fungsi keanggotaan untuk halaju	
	(b) fungsi keanggotaan untuk pecutan	
	(c) keluaran dari fungsi keanggotaan untuk mengawal voltan	
4.31	Corak penggunaan Logik-kabur untuk mendapatkan nilai pembelajaran pada saraf rambatan balikan	79
4.32	Fungsi keanggotaan yang dipilih dari penerapan Saraf-kabur	81
	(a) fungsi keanggotaan untuk isyarat ralat masukan	
	(b) fungsi keanggotaan dari parameter keluaran nilai pembelajaran	
5.1	Rajah blok Penstabil Sistem dalam sistem kuasa elektrik	85
5.2	Set alternator mikro yang digunakan dalam penyelidikan ini	86
5.3	Rajah blok kawalan kelajuan motor arus terus	87
5.4	Litar 3 fasa Penerus Terkawal Silikon	89
5.5	(a) Rajah blok litar picuan penerus terkawal silicon FC36M	90
	(b) modul FC36M	
5.6	Rajah blok Kawalan kelajuan motor arus terus secara digital	91
5.7	Rajah blok pengaturan voltan penjana segerak secara Berkomputer	92
5.8	Litar Penerus terkawal silikon untuk arus medan Penjana	93
5.9	Modul SPKC 200 – 2400	93
5.10	Titik pengukuran parameter elektrik daripada set alternator mikro	94
5.11	Rajah blok pengukuran voltan secara berkomputer	95
5.12	Litar isyarat dan litar pengawal gandaan	96
5.13	Bekalan kuasa yang diperlukan oleh litar pengukuran Voltan secara berkomputer	96
5.14	(a) Litar pengukuran arus secara berkomputer	97
5.14	(b) Rajah perkakasan pengukur arus secara berkomputer	97
5.15	(a) Rajah blok pengukuran kuasa elektrik	99
5.15	(b) Litar pengukuran kuasa elektrik	99
5.15	(c) Perkakasan pengukur kuasa elektrik	100
5.16	Litar pemasangan transduser kuasa elektrik	100
5.17	(a) Litar transduser kuasa <i>MOCI</i>	101
5.17	(b) Ciri penskalaan masukan dan keluaran <i>MOCI</i>	101

5.18	(a)	Rajah blok pemultiplek	102
5.18	(b)	Perkakasan pemultiplek	102
5.19		Rajah blok pengawalan mesin secara berkomputer	103
5.20	(a)	Litar gandaan arus pengendali	104
5.20	(b)	Gandaan arus pengendali	104
5.20	(c)	Litar pengendali set alternator mikro	105
5.20	(d)	Pengendali set alternator mikro	105
5.21		Litar penyegerakan antara penjana dengan bas infinit	106
5.22		Litar penyegerakan antara Penjana dan bas infinit	107
5.23	(a)	Antara muka perisian Penstabil Sistem Kuasa dengan meter analog	109
5.23	(b)	Paparan graf Antara muka	109
5.24		Carta alir pengendalian motor	110
5.25	(a)	Mesej kesalahan sistem tidak siap	111
5.25	(b)	Mesej kesalahan fatal	111
5.25	(c)	Mesej bila sistem sedia untuk dikendalikan	111
5.26		Carta alir pengendalian Penjana	113
5.27		Carta alir pengendalian beban	114
5.28		Carta alir kaedah kawalan Logik-kabur	116
5.29	(a)	Pembahagian fungsi segitiga pembolehkan ralat masukan dalam proses pengkaburan	117
5.29	(b)	Pembahagian fungsi segitiga pembolehkan perubahan ralat masukan dalam proses pengkaburan	118
5.30		Antara muka pengguna kawalan Logik-kabur	120
5.31		Carta alir Proses pembelajaran dalam kaedah rambatan balikan Saraf-tiruan	121
5.32		Konfigurasi Saraf-tiruan dengan 2 lapisan masukan, 4 lapisan tersembunyi dan 2 lapisan keluaran	123
5.33	(a)	Rajah blok proses pembelajaran Saraf-tiruan, rambatan balikan	123
5.33	(b)	Cartaalir proses pembelajaran Saraf-tiruan, rambatan balikan	124
5.34		Antaramuka perisian Saraf-tiruan rambatan balikan	125
5.35		Graf ralat terhadap jumlah proses pembelajaran	126

5.36	Carta alir proses pembelajaran sistem Saraf-kabur	127
5.37	Penstabil Sistem Kuasa Bersepadu dengan tiga kawalan gelung tutup	130
6.1	Litar ujikaji set mikro alternator	131
6.2	Ciri Pengatur Voltan Automatik tanpa sistem kawalan	132
6.3	Ciri Pengatur Voltan Automatik dengan sistem kawalan konvensional	132
6.4	Ciri Pengatur Voltan Automatik dengan sistem kawalan Logik-kabur	133
6.5	Ciri Pengatur Voltan Automatik dengan sistem kawalan Saraf-kabur	133
6.6	Ciri kelajuan tanpa sistem kawalan (gelung terbuka)	134
6.7	Ciri kelajuan dengan sistem kawalan konvensional	134
6.8	Ciri kelajuan dengan sistem kawalan Logik-kabur	135
6.9	Ciri kelajuan dengan sistem kawalan Saraf-kabur	135
6.10	Ciri sistem kuasa tanpa Penstabil Sistem Kuasa pada perubahan beban 1.25 kW	136
6.11	Ciri sistem kuasa dengan kawalan konvensional Penstabil Sistem Kuasa pada perubahan beban 1.25 kW	137
6.12	Ciri sistem kuasa dengan kawalan Logik-kabur Penstabil Sistem Kuasa pada perubahan beban 1.25 kW	137
6.13	Ciri sistem kuasa dengan kawalan Saraf-kabur Penstabil Sistem Tenaga pada perubahan beban 1.25 kW	138
6.14	Ciri sistem kuasa tanpa Penstabil Sistem Kuasa pada perubahan beban 2.25 kW	138
6.15	Ciri sistem kuasa dengan kawalan konvensional Penstabil Sistem Kuasa pada perubahan beban 2.25 kW	139
6.16	Ciri sistem kuasa dengan kawalan Logik-kabur Penstabil Sistem Kuasa pada perubahan beban 2.25 kW	139
6.17	Ciri sistem kuasa dengan kawalan Saraf-kabur Penstabil Sistem Tenaga pada perubahan beban 2.25 kW	140



## SENARAI TATATANDA

$\phi$	fluks
$\delta$	sudut mesin
$\Delta\delta$	perubahan sudut mesin
$\xi$	faktor redaman
$\mu$	pemboleh ubah Logik-kabur
$\otimes$	fungsi perduaan Logik-kabur
$x$	pengabur ( $x_0$ )
$Y_n$	keluaran ke $n$
$-\eta$	pemberat lapisan kompetitif
$y_{in}$	masukan rangkaian ke unit keluaran
$\delta k$	isyarat ralat
$\xi$	faktor redaman
$\Delta\delta$	paksi nyata
$A$	nilai pecutan
$A_s$	skala pecutan
$c$	pemalar
$D$	pekali redaman mesin
$E$	daya gerak elektrik
$E_{FD}$	fluks medan magnet
$E'q$	voltan medan
$E_{FD}$	voltan medan ujaan
$\Delta E'q$	perubahan voltan medan
$\Delta E_{FD}$	perubahan voltan medan ujaan
$f_L$	frekuensi talian
$F_a$	faktor skala

$f_g$	frekuensi penjana
$G(s)$	isyarat keluaran kawalan
$I_f$	arus ujaan penjana
$I$	arus
$J$	momen inersia
$J\omega^2$	tenaga kinetik
$M$	momentum sudut
$n$	kelajuan
$n$	pengabur ( $n_0$ )
$P$	kuasa aktif
$p$	pengabur ( $p_0$ )
$\Delta P_{el}$	perubahan kuasa elektrik
$P_{acc}$	kuasa pecutan
$PB$	positif besar
$PM$	positif tengah
$PS$	positif kecil
$NB$	negatif besar
$PM$	negatif tengah
$PS$	negatif kecil
$\Delta P$	perubahan kuasa
$Q$	kuasa regangan
$T_m$	daya kilas mekanik
$T_e$	daya kilas elektrik
$T_a$	selisih daya kilas elektrikal dan daya kilas mekanik
$T_s$	daya kilas segerak
$T_D$	daya kilas redaman
$t$	sasaran
$T(\mu)$	barisan linguistik ubah Logik-kabur
$\Delta T_e$	perubahan daya kilas elektrik
$\Delta T_m$	perubahan daya kilas mekanik
$u(t)$	isyarat kestabilan
$\Delta V$	perubahan voltan
$v$	pengabur ( $v_0$ )
$V$	voltan

$V_{ref}$	voltan rujukan
$\omega$	kelajuan sudut
$\omega_o$	kelajuan sudut segerak
$\omega_n$	frekuensi tabii
$\omega_R$	frekuensi redaman
$\Delta\omega$	perubahan kelajuan mekanikal
$\omega_n$	frekuensi tabii
$\omega_R$	frekuensi redaman
$w_i$	pemberat data ke $- i$
$\Delta\omega$	paksi khayal
$\Delta W_{jk}$	pembetulan pemberat
$\Delta W_{ok}$	pembetulan pincang
$x_i$	masukan data ke $- i$
$X_n$	masukan ke $n$
$ZE$	sifar

**SENARAI LAMPIRAN**

<b>LAMPIRAN</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
A	Tatacara Penstabil Sistem Kuasa	150
B	Tatacara Menjalankan Motor	157
C	Tatacara Mengawal Motor	158
D	Tatacara Mengawal Voltan Penjana	159
E	Tatacara Menjalankan Beban	160
F	Tatacara Mengawal Beban	161
G	Tatacara Kawalan Logik-kabur	162
H	Tatacara Pemboleh Ubah Kawalan Logik-kabur	164
I	Tatacara Pengaburan Kawalan Logik-kabur	166
J	Tatacara Proses Kawalan Logik-kabur	167
K	Tatacara Proses Pembelajaran Saraf-tiruan	168
L	Tatacara Proses Kawalan Saraf-kabur	170

## **BAB I**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Latar Belakang.**

Dalam operasi sistem kuasa elektrik, kestabilan frekuensi dan voltan adalah merupakan perkara yang amat penting, ianya merupakan salah satu parameter yang menggambarkan kualiti suatu sistem kuasa. Kestabilan sistem kuasa elektrik didefinisikan sebagai kemampuan sistem untuk kembali bekerja secara normal setelah mengalami sesuatu perubahan. Ketidakstabilan sistem akan mengakibatkan kehilangan kesegerakan sistem, sehingga sistem tidak lagi mampu bekerja secara normal setelah mengalami perubahan.

Keadaan sebenar perubahan beban sistem kuasa elektrik berlaku secara berterusan sehingga mengakibatkan ayunan terhadap beberapa parameter di sekitar titik kerja sistem kuasa. Bahkan pada sistem kuasa yang besar yang terdiri daripada banyak penjana kuasa dengan muatan penjana yang besar, ayunan akan lebih mudah berlaku. Oleh itu ayunan berlaku secara berterusan menyebabkan setiap penjana akan saling mempengaruhi. Sistem yang stabil memiliki kawalan yang cukup untuk meredamkan ayunan yang berlaku.

Penggunaan pengatur voltan automatik dengan gandaan besar adalah untuk menambah kestabilan voltan dan pada keadaan tertentu ia akan menambah ketidakstabilan sistem. Ini kerana apabila berlaku ayunan yang kecil sahaja boleh membuat suap balik yang akan mengakibatkan berlakunya daya kilas redaman

negatif pada keadaan ini dimana diperburukkan oleh dengan adanya gandaan daripada pengatur voltan automatik yang besar, sehingga jumlah daya kilas redaman sistem menjadi kecil. Bahkan apabila daya kilas redaman menjadi negatif maka amplitud ayunan akan semakin besar dan sistem boleh kehilangan kesegerakannya.

Penambahan Penstabil Sistem Kuasa dalam sistem kuasa elektrik bertujuan untuk memberi isyarat kawalan tambahan yang boleh mengurangkan redaman negatif yang berlaku pada kes seperti di atas. Dengan melakukan penalaan beberapa parameter pada nilai tertentu, ianya akan menghasilkan daya kilas redaman positif bagi memperbaiki kestabilan sistem. Untuk menjaga kestabilan sistem kuasa secara berterusan, harus dilakukan penalaan parameter secara berterusan juga. Untuk melakukan penalaan, perlu mengira parameter dan mengetahui ciri model sistem. Cara ini memerlukan masa yang panjang dan tidak begitu efisien. Oleh itu penjana isyarat kawalan Penstabil Sistem Kuasa diubahsuai dengan cara menambahkan isyarat kawalan kepada sistem ujaan secara automatik tanpa mengira ciri dan model yang sebenar dari loji dengan menggunakan konsep Saraf-kabur. Sistem ini bekerja berasaskan kepada perubahan keluaran yang berlaku dan masukan yang mempengaruhi sistem sehingga sistem mampu membuat penyesuaian perubahan parameter secara berterusan.

## **1.2 Kajian Kepustakaan**

Beberapa penyelidikan telah dilakukan dengan berbagai kaedah supaya prestasi Penstabil Sistem Kuasa dapat ditingkatkan bagi memastikan berkurangnya puncak terlajak yang berlaku pada sistem kuasa elektrik ketika berlaku gangguan.

Pada tahun 1991, M. A. M. Hassan O. P. Malik G. S. Hope, melakukan kajian Mengenai Kestabilan penjana segerak berasas Logik-kabur [1]. Kajian ini menyajikan aplikasi Logik-kabur untuk meningkatkan kestabilan sistem tenaga elektrik. Isyarat kawalan dikira menggunakan fungsi keanggotaan Logik-kabur terhadap perubahan kelajuan dan perubahan kuasa dalam satah fasa. Keberkesanan daripada Penstabil Sistem Kuasa yang diusulkan dimulai dengan simulasi pembelajaran untuk beberapa keadaan operasi gangguan.

Pada tahun 1994, E. Handschin, W. Hoffmann, F. Reyer, Th. Stephanblome Mengkaji sistem ujaan penjana segerak dengan tajuk Kaedah Baru Sistem Ujaan Penjana Berasaskan Asas Kekaburan [2]. Dalam kajian ini tanggapan yang diinginkan oleh Logik-kabur diberikan oleh satu set aturan yang diperolehi daripada batas pengatur voltan ujaan konvensional secara simulasi. Hasil simulasi ini mendukung konsep dari satu Logik-kabur untuk tujuan kawalan ujaan. Hal ini menunjukkan bahawa Logik-kabur yang dirancang adalah lebih baik daripada satu kawalan ujaan konvensional.

Pada tahun 1998, Chi-Jui Wu dan Yuan-Yih Hsu [3], telah melakukan kajian mengenai Penstabil Sistem Kuasa dengan Separa Kamiran Kebezaan tala-diri. Perubahan kelajuan  $\Delta\omega$  yang diperolehi daripada keluaran penjana merupakan masukan bagi Penstabil Sistem Kuasa dalam penyelidikan ini.

Pada tahun 1998, M. A. Abido Y. L. Abdel-Magid, membuat kajian mengenai Penstabil Sistem Kuasa yang bertajuk Kestabilan Penjana Segerak Berasaskan Logik-kabur [4,5]. Dalam kajian ini, digunakan pengawal Logik-kabur dengan 6 fungsi keanggotaan subjektif baku. Fungsi taklelurus dianggap sebagai lebih pantas untuk aplikasi penstabil mesin segerak dibanding fungsi keanggotaan putus-putus. Untuk memperlihatkan kepekaan pengawal Logik-kabur yang digunakan, beberapa kajian secara simulasi telah dilakukan terhadap satu mesin tunggal yang terhubung ke sistem voltan tetap melalui suatu talian hantaran dwi litar. Hasil yang lebih baik diperoleh dengan menggunakan pengawal Logik-kabur yang dicadangkan.

Pada tahun 1999, N. Hosseinzadeh. A. Kalam, membuat kajian mengenai Penstabil Sistem Kuasa dengan Asas Aturan Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur yang ditala dengan Saraf-tiruan [6,7]. Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur telah dikembangkan menggunakan perubahan kuasa aktif dan kelajuan sebagai parameter isyarat masukan. Pengambilan keputusan pengawal Logik-kabur diwakili oleh jadual keputusan  $5 \times 5$ , iaitu 25 aturan "*Jika-maka*". Model loji tidak diperlukan untuk merekabentuk Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur.

Tahun 2003, Saiful Jamaan, Md Shah Majid, Mohd Wazir Mustafa, Hasimah Abd. Rahman membuat kajian mengenai Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur Secara berkomputer [11]. Dalam kajian ini, seluruh kegiatan kawalan dilakukan dengan

menggunakan sebuah komputer peribadi. Samada berhubungan dengan pengiraan parameter-parameter kawalan mahupun antaramuka antara operator dengan sistem yang dikawal.

Pelbagai penyelidikan telah dilakukan untuk meningkatkan prestasi kawalan Penstabil Sistem Kuasa. Penggunaan kaedah Separa Kamiran Kebezaan, Logik-kabur, Saraf-tiruan samada bekerja secara berasingan mahupun bekerja secara bersepadu telahpun dilakukan. Penyelidikan ini bertujuan untuk meningkatkan prestasi kawalan Penstabil Sistem Kuasa menggunakan kaedah Saraf-kabur secara bersepadu menggunakan komputer peribadi dengan perisian dan perkakasan yang dibina khas untuk kepentingan kajian ini.

### **1.3 Objektif Kajian**

Penyelidikan ini bertujuan untuk membina suatu sistem kawalan penjana segerak yang bekerja selari dengan bas infinit. Kawalan yang dimaksudkan adalah Penstabil Sistem Kuasa yang dengan mudah boleh di set mengikut ciri sistem yang dikawal menggunakan kaedah Saraf-kabur. Penyelidikan ini akan merekabentuk dan membangunkan perkakasan dan perisian yang sesuai. Penjanaan isyarat kawalan oleh Penstabil Sistem Kuasa konvensional pada sistem ujaan penjana digantikan dengan kawalan yang berasas Saraf-kabur bagi memperbaiki redaman positif. Dengan kaedah ini diharapkan kestabilan sistem kuasa elektrik akan lebih terjamin. Objektif daripada penyelidikan ini adalah:

- (i) Merekabentuk perkakasan Penstabil Sistem Kuasa, yang boleh diset secara berkomputer untuk alternator mikro yang disambung ke bas infinit.
- (ii) Meningkatkan kestabilan sistem kuasa dengan menggunakan dua isyarat kawalan yang masing-masing merupakan isyarat yang ditambahkan kepada sistem ujaan penjana dan pengawal kelajuan penggerak utama. Isyarat perubahan voltan dan perubahan kuasa digunakan untuk kawalan ujaan penjana sementara isyarat perubahan kuasa dan perubahan kelajuan pula digunakan untuk isyarat kawalan kelajuan penggerak utama [32]



- (iii) Memperbaiki ciri dinamik daripada sistem samada beroperasi secara normal ataupun apabila berlaku gangguan dengan menggunakan kaedah Saraf-kabur.
- (iv) Membandingkan hasil ujikaji yang diperoleh dari sistem yang dibina dengan ciri sistem Penstabil Sistem Kuasa konvensional.

#### **1.4 Pernyataan Masalah**

Kajian dilaksanakan ke atas satu set alternator mikro yang terdiri daripada penjana segerak dengan kuasa 3.5 kW dan motor arus terus 5 kW sebagai penggerak utama. Sistem ini dihubungkan ke bus infinit dengan sebuah panel penyegerakkan. Penyelidikan dilaksanakan dengan membuat ubahsuai pada sistem sedia ada dan melakukan rekabentuk terhadap sistem yang tidak boleh digunakan. Ini melibatkan rekabentuk sistem pengendalian, sistem kawalan dan sistem pengukuran parameter yang diperlukan. Semua sistem yang dibina menggunakan teknologi digital dan berkomputer.

Batasan masalah:

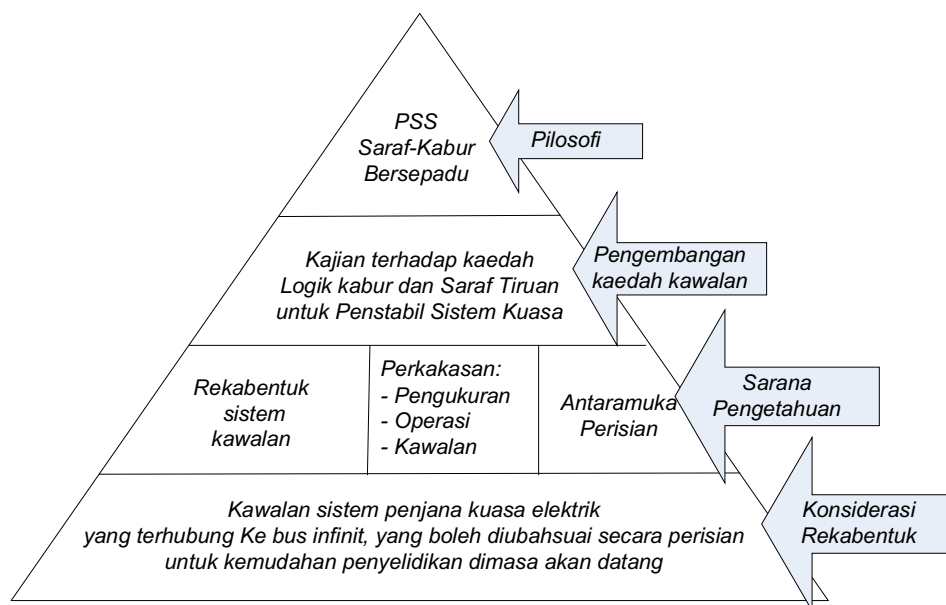
- (i) Hubungan masukan dan keluaran tidak memerlukan data kuantitatif mengenai hubungan masukan dan keluaran yang dimodelkan secara analisis matematik.
- (ii) Perubahan voltan, perubahan kelajuan atau perubahan frekuensi merupakan masukan pada kawalan tanpa melibatkan seluruh parameter sistem.
- (iii) Gangguan yang berlaku pada masa pengukuran tidak dibincangkan pada penyelidikan ini.

#### **1.5 Caruman**

Caruman penyelidikan untuk memperbaiki prestasi dinamik Sistem Kuasa Elektrik seperti digambarkan di Rajah 1.1. Ia adalah seperti berikut;

- (i) Penerapan kaedah Saraf-kabur bersepadu untuk meningkatkan prestasi penjana segerak yang terhubung ke bus infinit.

- (ii) Mengkaji sistem kawalan berasas Logik-kabur dan Saraf-tiruan samada bekerja sendiri mahupun bersama secara bersepadu.
- (iii) Merekabentuk perkakasan kawalan dan antara muka perisian untuk memudahkan proses pengawalan.
- (iv) Menghasilkan suatu sistem kawalan untuk sistem kuasa elektrik yang boleh diubahsuai secara perisian untuk memberikan kemudahan bagi penyelidikan pada masa akan datang.



Rajah 1.1 Segi tiga Caruman penyelidikan

## 1.6 Susunan Tesis

Tesis ini disusun dalam 7 Bab. Selepas Bab ini Bab II menerangkan mengenai model lurus sebuah penjana segerak yang bekerja selari dengan sistem lain yang terhubung ke bus infinit.

Bab III akan memberi fokus terhadap tinjauan Kepustakaan. Bab ini menunjukkan Penstabil Sistem Kuasa yang telah dibangunkan oleh para penyelidik,

untuk mendapatkan kestabilan dinamik daripada sistem kuasa elektrik. Kajian-kajian yang telah dilakukan oleh para penyelidik diantaranya adalah; Penstabil Sistem Kuasa dengan Separa Kamiran Kebezaan tala-diri, Kawalan ujaan menggunakan kaedah Kawalan Logik-kabur, Penstabil Sistem Kuasa dengan kaedah Saraf-tiruan Logik-kabur, Penstabil Sistem Kuasa dengan kaedah Logik-kabur yang ditala dengan Neural, Pengawal Bersepadu untuk menambah kestabilan dengan menggunakan kaedah Logik-kabur.

Bab IV akan menerangkan teori sistem kawalan Logik-kabur. Disini diterangkan mengenai konsep himpunan bahagian, pembolehubah linguistik, fungsi keanggotaan, hubungan Logik-kabur, model matematik Logik-kabur yang digunakan dalam kaedah Logik-kabur. Disini juga diterangkan teori mengenai Saraf-tiruan, komponen Jaringan Saraf-tiruan, Arkitek Jaringan, fungsi pengaktifan, proses pembelajaran dan beberapa teori mengenai kaedah-kaedah yang banyak dilakukan dalam aplikasi kawalan berasas Saraf-tiruan. Disini juga dijelaskan mengenai persepadaan kaedah Logik-kabur dengan kaedah kawalan Saraf-tiruan.

Bab V akan membincangkan teori mengenai rekabentuk perkakasan Penstabil Sistem Kuasa Logik-kabur – Saraf-tiruan. Perkakasan-perkakasan yang dibina meliputi perkakasan pengukuran besaran parameter-parameter elektrik, perkakasan pengendali dan perkakasan kawalan serta perkakasan penyegerakkan antara penjana yang bekerja selari dengan bus infinit. Dalam bab ini juga dibahas mengenai perisian yang digunakan, samada perisian itu untuk antara muka perkakasan dengan komputer mahupun untuk pengiraan-pengiraan yang diperlukan dalam sistem kawalan.

Bab VI pula menjelaskan mengenai prosedur kajian dan hasil ujikaji. Pada Bab ini juga dilakukan analisis terhadap hasil ujikaji.

Bab VII pula merupakan penutup Tesis ini yang berisikan kesimpulan dan cadangan daripada penyelidikan yang telah dicapai.