

**MODEL PENTAKSIRAN PEMBELAJARAN PELAJAR MENGGUNAKAN
KAEDAH HIBRID**

71

NORAZAH BINTI YUSOF

**TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH IJAZAH
DOKTOR FALSAFAH**

**FAKULTI TEKNOLOGI DAN SAINS MAKLUMAT
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI**

2005

PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

1 Mac 2005

NORAZAH BINTI YUSOF
P18097

PENGHARGAAN

'Dengan Nama Allah Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang'. Alhamdulillah syukur saya ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah kurniaan rahmatNya dan izinNya yang telah memberikan kekuatan dan keazaman yang berterusan bagi saya menyiapkan tesis ini. Selawat serta salam ke atas junjungan besar kita Nabi Muhammad S.A.W, keluarga baginda dan para sahabat.

Ucapan ribuan terima kasih saya tujukan kepada semua pihak yang terlibat sama ada secara langsung mahu pun tidak langsung dalam menjayakan penyelidikan ini. Terutamanya, penghargaan ini saya rakamkan kepada penyelia tesis saya iaitu Profesor Dr. Abdul Razak bin Hamdan yang telah banyak membantu dalam memberi panduan dan tunjuk ajar serta nasihat yang baik sepanjang tempoh penyelidikan tesis ini dilaksanakan.

Penghargaan juga ditujukan kepada pensyarah-pensyarah, staf pentadbiran dan rakan-rakan seperjuangan sama ada di Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia dan juga di Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat, Universiti Teknologi Malaysia yang telah memberi bantuan, sokongan serta doa kepada saya di sepanjang penyediaan tesis ini. Ucapan ribuan terima kasih ditujukan kepada Profesor Madya Dr. Khairuddin Omar, Dr. Azuraliza Abu Bakar, Profesor Madya Dr. Siti Mariyam Hj. Shamsuddin, Profesor Madya Dr. Puteh Saad, Dr. Azizah Abdul Rahman, Puan Fauziah Mat Som, serta ahli-ahli kumpulan penyelidik *ISCFSKSM*, *SCRG*, dan jabatan Kejuruteraan Perisian, Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat, yang telah banyak memberi tunjuk ajar, saranan dan bantuan yang sangat berharga dari peringkat awal sehingga ke peringkat tesis ini disempurnakan.

Ucapan terima kasih kepada penaja saya, Universiti Teknologi Malaysia kerana memberi peluang kepada saya untuk melanjutkan pelajaran di peringkat Doktor Falsafah di Universiti Kebangsaan Malaysia.

Tidak lupa juga buat ibu, suami, anak-anak dan keluarga tersayang yang sentiasa mendoakan kejayaan saya dan menjadi pencetus semangat. Buat suami, Hj. Abdul Hamid Nasir, terima kasih atas segala pengorbanan dan toleransi yang diberikan. Buat anak-anak, Nur Farhana, Ahmad Faiz, Nur Syazwani, Ahmad Luqman, Ahmad Kamil dan seorang lagi yang bakal lahir, jadikanlah kejayaan emak ini sebagai dorongan kepada kalian untuk berjaya dengan cemerlang. Semoga segala jasa baik dan pengorbanan semua, diberkati dan mendapat rahmat daripada Allah S.W.T., AMIN.

ABSTRAK

Dalam era kebangkitan teknologi komunikasi dan maklumat (ICT) dalam bidang pendidikan, semakin banyak aplikasi sistem pembelajaran berbantuan komputer dibangunkan di Malaysia untuk membantu proses pengajaran dan pembelajaran. Namun, kebanyakan aplikasi ini tidak memberi perhatian secara individu kepada pelajar seperti yang boleh diberikan oleh seorang tenaga pengajar. Oleh yang demikian, sesuatu sistem pembelajaran perlu berupaya membuat pentaksiran dan penaaakulan terhadap pelajar tersebut. Ini mendorong kepada kajian dalam bidang pemodelan pelajar yang bermatlamat untuk mentaksir tahap penguasaan dan kecekapan pelajar ketika mempelajari matapelajaran Teknik Pengaturcaraan 1 iaitu bahasa pengaturcaraan C secara latih tubi. Pentaksiran dan penaaakulan pembelajaran pelajar bukanlah suatu tugas yang mudah, terutamanya apabila melibatkan banyak atribut dan pelbagai skil. Dalam kajian ini, terdapat empat faktor yang terlibat dalam pengukuran dua output pembelajaran pelajar, iaitu purata markah, purata masa, purata cubaan, dan purata bantuan. Sementara itu, dua output pembelajaran pelajar yang diukur ialah tahap penguasaan pelajar dan tahap kecekapan pelajar mempelajari domain pelajarannya. Pengetahuan pakar domain sentiasa diperlukan untuk menentukan kriteria tingkah laku pembelajaran pelajar serta keputusan mengenai tahap penguasaan dan kecekapan pelajar. Namun, kebanyakan maklumat daripada mereka sering kurang jelas dan tidak lengkap. Untuk mengatasi masalah ini, penyelidikan ini mengkaji pendekatan hibrid yang terdiri daripada kaedah kabur-neural rambatan balik dan kaedah kabur-kasar. Kaedah kabur-neural rambatan balik digunakan untuk mengatasi masalah keputusan pakar domain yang tidak pasti dan tidak lengkap. Dengan melatih rangkaian neural rambatan balik menggunakan corak-corak terpilih hasil dari penaaakulan kabur, rangkaian ini kemudiannya dapat mengesan keputusan-keputusan lain yang sebelumnya tidak pasti. Untuk memastikan modul penaaakulan berupaya mentaksir dan mengelaskan pelajar, satu pangkalan pengetahuan petua pakar yang lengkap dibina dengan mengambilkira semua kemungkinan set terma input kabur dan menghubungkan outputnya dengan keputusan petua kabur yang diperolehi dari model Kabur-Neural rambatan balik. Kajian mendapati bilangan petua yang terbentuk adalah bergantung secara langsung kepada saiz terma set input yang diisytiharkan. Semakin banyak saiz set terma input yang diisytiharkan, maka semakin banyak petua yang dihasilkan. Petua kabur yang terlalu banyak adalah tidak ekonomi dari segi masa pengkomputeran dan ruang. Oleh yang demikian, pendekatan hibrid Kabur-Kasar diperkenalkan untuk mengurangkan bilangan petua dan panjang atribut bahagian syarat dalam pangkalan pengetahuan pakar. Beberapa ujikaji telah dijalankan ke atas model ini dan didapati ia telah berjaya mentaksir tahap penguasaan dan kecekapan pembelajaran pelajar dan dapat mengelaskan pelajar mengikut kategori yang telah ditentukan oleh pakar domain.

STUDENT LEARNING ASSESSMENT MODEL USING HYBRID METHOD

ABSTRACT

In the advent and merging of information and communication technology (ICT) in education, more and more computer aided learning systems are being developed in Malaysia to assist teaching and learning. However, most of these applications are still lack of individualized attention as compared to learning from the human instructor. In order for a learning system to provide individualized attention, the system must have the capability to assess and reason about the student. This has prompted to a research in the field of student modeling that aims to assess and reason the student's mastery and efficiency level in a drill and practice type of learning Programming Technique 1 i.e C programming language. Assessment and reasoning the student performance is not an easy task, especially when it involves many attributes and various skills. In this research, there are four factors required to measure two student's output. The four factors are the average marks, time spent, attempts, and help needed. The two output to be measured are the mastery and the learning efficiency level. The knowledge of the human expertise is always acquired to determine the criteria of the students' learning behavior and the decisions about their level of mastery and efficiency. Unfortunately, most of their information is always vague and incomplete. In order to overcome these problems, this research studies hybrid artificial intelligent techniques that are the neural-fuzzy and the rough-fuzzy techniques. The back propagation neural-fuzzy approach is used to solve the problem of vagueness in the decision made by the human expertise. By training the neural network with selected patterns that are certain from the fuzzy inference, the network is then can recognize other decisions that are previously not certain. To overcome the problem of rules incompleteness, a complete fuzzy rule base is formed by combining all possible term sets of the fuzzy input and associated it with the decisions made about the student's performance and learning efficiency obtained from the back propagation neural-fuzzy method. It is found that the total number of fuzzy rules being constructed depend directly on the definition of the size of the input fuzzy term set. The more the size of the input fuzzy term set, then the more the fuzzy rules are formed. Too many fuzzy rules will occupy more computing time and space. Therefore, the rough-fuzzy approach, which involves the fuzzy logic and the reduction process of the rough set theory, is introduced to reduce the size of the fuzzy rules in the knowledge base optimally. Several experiments have been conducted on the proposed model's prototype, and it has successfully assessed the mastery and efficiency level of the student and classified the student into categories as determined by the human instructor.

KANDUNGAN

		Halaman
PENGAKUAN		ii
PENGHARGAAN		iii
ABSTRAK		iv
ABSTRACT		v
KANDUNGAN		vi
SENARAI JADUAL		xi
SENARAI RAJAH		xiv
SENARAI SINGKATAN		xvii
SENARAI ISTILAH		xviii
BAB I	Pengenalan	
1.1	Pendahuluan	1
1.2	Kajian Latarbelakang	2
1.3	Penyataan Masalah	4
1.4	Objektif Kajian	5
1.5	Skop Kajian	6
1.6	Metodologi Kajian	7
1.7	Kepentingan Kajian	9
1.8	Ringkasan Hasil Kajian	10
1.9	Organisasi Tesis	11
BAB II	TEKNIK MENGENDALI MODEL PELAJAR DALAM SISTEM TUTORAN CERDAS	
2.1	Pendahuluan	13
2.2	Sistem Tutoran Cerdas Dan Komponen Utamanya	13
	2.2.1 Komponen Model Pakar-Domain	18
	2.2.2 Komponen Model Pengajar	20
	2.2.3 Komponen Model Pelajar	22
	2.2.4 Komponen Antara Muka Pengguna	23
2.3	Jenis Pembelajaran Penguasaan	25
	2.3.1 Penentuan Objektif Pembelajaran Mengikut Aras	28

	keupayaan Kognitif Taksonomi Bloom	
2.3.2	Strategi Pengajaran Secara Latih Tubi	30
2.3.3	Pembinaan dan Pemilihan Bahan Pengajaran bagi Kaedah Pembelajaran Penguasaan secara Latih Tubi	36
2.4	Teknik Pembelajaran Mesin dalam Pemodelan Pelajar	38
2.4.1	Pendekatan Sistem Pakar dalam Pemodelan Pelajar	40
2.4.2	Pendekatan Rangkaian neural dalam Pemodelan Pelajar	43
2.4.3	Pendekatan Logik Kabur dalam Pemodelan Pelajar	45
2.4.4	Pendekatan Teori Set Kasar dalam Pemodelan Pelajar	48
2.4.5	Pendekatan hibrid dalam Pemodelan Pelajar	49
2.5	Kesimpulan	51
BAB III	KERANGKA KERJA MODEL PENTAKSIRAN PEMBELAJARAN PELAJAR BERASASKAN PENDEKATAN HIBRID	
3.1	Pendahuluan	55
3.2	Kerangka Kerja Usulan Model Pembelajaran Pelajar Berasaskan Pendekatan Hibrid	55
3.3	Modul Pembelajaran Penguasaan secara Latih Tubi	58
3.3.1	Fasa Penyediaan Bahan Pengajaran	59
3.3.2	Fasa Perlaksanaan Pembelajaran Penguasaan secara Latih Tubi	63
3.4	Modul Penormalan Data Pembelajaran Pelajar	65
3.4.1	Purata Markah, x_1	66
3.4.2	Purata Masa, x_2	67
3.4.3	Purata Cubaan, x_3	68
3.4.4	Purata Bantuan, x_4	69
3.5	Perolehan Pengetahuan Pakar Domain	69
3.5.1	Penentuan Faktor-Faktor Tingkah Laku Pembelajaran Pelajar	71
3.5.2	Penentuan Kategori dan Kriteria Pembelajaran Pelajar	72
3.6	Pembinaan Pangkalan Pengetahuan Pakar	75
3.7	Pentaksiran Pembelajaran Pelajar	77
3.8	Kesimpulan	78

BAB IV	PENTAKSIRAN TAHAP PENGUASAAN DAN TAHAP KECEKAPAN PEMBELAJARAN PELAJAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN LOGIK KABUR	
4.1	Pendahuluan	79
4.2	Penaakulan Kabur dalam Menilai dan Mengkelaskan Tahap Penguasaan dan Kecekapan Pembelajaran Pelajar	80
4.3	Operasi Kekaburan	82
4.3.1	Penakrifan Pemboleh Ubah Input dan Output Kabur	83
4.3.2	Penentuan Fungsi Keahlian Kabur	88
4.4	Operasi Pembinaan Pangkalan Petua Kabur	95
4.5	Operasi Pentaabiran Kabur	98
4.5.1	Pentaabiran Kabur Gaya Mamdani	100
4.5.2	Pentaabiran Kabur Gaya Sugeno	102
4.6	Operasi Nyah-Kaburan	105
4.7	Uji kaji untuk Menentukan Teknik Pentaabiran Kabur yang sesuai	106
4.8	Uji kaji untuk Menentukan Keberkesanan Pangkalan Pengetahuan Pakar yang diperolehi secara Langsung daripada Pakar Domain Mengkelaskan Pembelajaran Pelajar	110
4.9	Kesimpulan	112
BAB V	PEMBINAAN PANGKALAN PENGETAHUAN PAKAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN KABUR-NEURAL RAMBATAN BALIK	
5.1	Pendahuluan	114
5.2	Modul Pembinaan Pangkalan Pengetahuan Pakar Menggunakan Pendekatan Kabur-Neural Rambat Balik	115
5.3	Penjanaan Pangkalan Pengetahuan Pakar	117
5.4	Penyediaan Corak Data Input Untuk RNRB	121
5.4.1	Penyediaan Corak Data Latihan	121
5.4.2	Penyediaan Corak Data Pengujian	126
5.4.3	Penyediaan Corak Data Pengesahan	128
5.5	Struktur dan Parameter RNRB	130
5.5.1	Penentuan Nod Aras Input, Aras Output, dan Aras Tersembunyi RNRB	132
5.5.2	Penentuan Fungsi Pengaktifan RNRB	134
5.5.3	Penentuan Parameter Rangkaian: Nilai Awal Pemberat,	134

	Kadar Pembelajaran dan Momentum	
5.5.4	Penentuan Tempoh Latihan RNRB	136
5.5.5	Penentuan Cara Mengukur Prestasi Rangkaian	137
5.6	Latihan RNRB	138
5.7	Pengujian RNRB	140
5.8	Kesimpulan	142
BAB VI	PENGURANGAN SAIZ PANGKALAN PENGETAHUAN PAKAR MENGGUNAKAN PENDEKATAN KABUR-KASAR	
6.1	Pengenalan	144
6.2	Penurunan Pangkalan Pengetahuan Pakar Berasaskan Pendekatan Kabur-Kasar	145
6.3	Pemetaan Sistem Keputusan	146
6.4	Perwakilan Data	148
6.5	Pengiraan Pengurangan	152
6.6	Penjanaan Petua	157
6.7	Penterjemahan Petua kepada Nilai Linguistik	164
6.8	Kesimpulan	166
BAB VII	HASIL DAN PERBINCANGAN	
7.1	Pendahuluan	168
7.2	Perbandingan Hasil Penaakulan Corak Data Uji oleh Pangkalan Pengetahuan Pakar	170
7.3	Perbandingan Terhadap Saiz Pangkalan Pengetahuan Pakar	171
7.4	Perbandingan Terhadap Pelancaran Petua Bagi Pangkalan Pengetahuan Pakar Ketika Operasi Penaakulan Kabur	174
7.5	Perbandingan Terhadap Perbezaan Pengkelasan Output Oleh Pangkalan Pengetahuan Pakar	177
7.6	Kesimpulan	182
BAB VIII	PENUTUP	
8.1	Pendahuluan	184
8.2	Sumbangan Kajian	184
8.3	Kajian Masa Hadapan	186

8.4	Kesimpulan	187
	RUJUKAN	188
	LAMPIRAN	
A	Perwakilan Pengetahuan Domain	198
B	Gambarajah aliran data	200
C	Contoh Item Soalan Objektif	202
D	Skrin antara muka modul pembelajaran penguasaan secara latih tubi	205
E	Pangkalan data modul pembelajaran penguasaan secara latih tubi	209
F	Sampel borang soal selidik pakar domain	212
G	Rumusan soal selidik pakar domain	222
H	Pangkalan pengetahuan pakar domain (PPPD) dalam nilai linguistik dengan bilangan set terma input dan output yang berbeza	225
I	Penyediaan corak data uji berdasarkan petua PPPD dengan 3 set terma input dan output	228
J	Hasil taakulan kabur terhadap 100 corak data uji	231
K	Taburan pemetakan output	234
L	Pangkalan pengetahuan pakar dalam nilai linguistik	236
M	Corak data input yang berpotensi dalam nilai numerik	240
N	Hasil nyah-kaburan setiap sampel berasaskan pangkalan pengetahuan pakar domain	243
O	Corak data latihan RNRB	250
P	Corak data pengesahan	254
Q	Pangkalan pengetahuan pakar lengkap berdasarkan RNRB dan pembetulan daripada pakar domain	267
R	Sistem maklumat keputusan dalam perwakilan numerik	281
S	Senarai petua dalam PPPR bagi setiap sampel	286
T	Perbezaan hasil nyah-kaburan PPPL dan PPPR setiap sampel	292
U	Senarai penerbitan	298

SENARAI JADUAL

No. Jadual		Halaman
2.1	Komponen-komponen STC	15
2.2	Rumusan komponen-komponen STC	17
2.3	Teknik-teknik perwakilan pengetahuan domain	19
2.4	Contoh Jadual Penentu Ujian (JPU)	37
2.5	Penggunaan kaedah sistem pakar	41
2.6	Pendekatan rangkaian neural dalam STC	44
2.7	Pendekatan set kabur dan logik kabur dalam STC	47
2.8	Pendekatan hibrid dalam STC	50
2.9	Kebaikan dan kelemahan pendekatan pembelajaran mesin dalam pemodelan pelajar	52
3.1	Jadual Penentu Ujian (JPU) yang umum	61
3.2	Jenis item soalan dan bilangan gerak balas serta cubaan maksimum	62
3.3	Kriteria pembelajaran pelajar yang terbahagi kepada tiga kategori	73
3.4	Contoh butir-butir kriteria untuk mengkategorikan pelajar kepada tiga tahap penguasaan dan kecekapan	74
3.5	Gabungan tingkah laku pembelajaran pelajar	76
4.1	Pengisytiharan pemboleh ubah input x_1, x_2, x_3 dan x_4 dengan 3 set terma	87
4.2	Pengisytiharan pemboleh ubah input x_1 dan x_2 dengan 5 set terma	87
4.3	Pengisytiharan pemboleh ubah output dengan 3 set terma	87
4.4	Pengisytiharan pemboleh ubah output dengan 5 set terma	88
4.5	Pengisytiharan pemboleh ubah purata markah (x_1) dengan 3 set terma	90
4.6	Pengisytiharan pemboleh ubah purata markah (x_1) dengan 5 set terma	91
4.7	Pengisytiharan pemboleh ubah purata masa (x_2) dengan 3 set terma	91
4.8	Pengisytiharan pemboleh ubah purata masa (x_2) dengan 5 set terma	92
4.9	Pengisytiharan pemboleh ubah purata cubaan (x_3) dengan 3 set terma	92
4.10	Pengisytiharan pemboleh ubah purata bantuan (x_4) dengan 3 set terma	92

4.11	Pengisytiharan pemboleh ubah tahap penguasaan (y_1) mengikut gaya taabiran Mamdani	93
4.12	Pengisytiharan pemboleh ubah tahap kecekapan (y_2) mengikut gaya taabiran Mamdani	94
4.13	Pengisytiharan pemboleh ubah tahap penguasaan (y_1) mengikut gaya taabiran Sugeno	94
4.14	Pengisytiharan pemboleh ubah tahap kecekapan (y_2) mengikut gaya taabiran Sugeno	95
4.15	Petua kabur dalam pangkalan pengetahuan pakar yang diperolehi daripada pakar domain (PPPD)	98
4.16	Empat sampel model taabiran kabur	107
4.17	Pentaabiran kabur terhadap 5 corak data uji berdasarkan petua P1	108
4.18	Peratusan corak data uji yang tidak menepati sasaran petua pakar	109
4.19	Peratusan corak data uji yang berjaya ditaabir	111
5.1	Penjanaan corak petua terhadap empat sampel kajian	119
5.2	Sebahagian petua PPPL bagi sampel #S01 dan #S02	120
5.3	Sebahagian petua PPPL bagi sampel #S03 dan #S04	120
5.4	Corak data input mewakili 3 x 3 x 3 x 3 set terma input	122
5.5	Corak data input mewakili 5 x 5 x 3 x 3 set terma input	122
5.6	Sebahagian hasil nyah-kaburan corak data input bagi sampel #S01 dan #S02	124
5.7	Sebahagian hasil nyah-kaburan corak data input bagi sampel #S03 dan #S04	124
5.8	Bilangan corak data latihan yang terpilih	125
5.9	Corak data latihan bagi sampel #S01	125
5.10	Corak data latihan bagi sampel #S02	126
5.11	Corak data latihan bagi sampel #S03	126
5.12	Corak data latihan bagi sampel #S04	126
5.13	Corak data pengujian bagi sampel #S01 dan #S02	127
5.14	Corak data pengujian bagi sampel #S03 dan #S04	127
5.15	Data-data numerik set terma dan titik silang bagi setiap pemboleh ubah	129
5.16	Sebahagian daripada corak data pengesahan	130
5.17	Hasil latihan rangkaian neural rambatan balik	139

5.18	Keputusan latihan RNRB terhadap sampel #S01, #S02, #S03 dan #S04	140
5.19	Sebahagian hasil pengkelasan yang berbeza daripada kehendak pakar domain bagi sampel #S01	141
6.1	Sistem maklumat keputusan bagi sampel #S01	147
6.2	Perwakilan nilai numerik bagi atribut syarat	148
6.3	Perwakilan numerik bagi atribut tahap penguasaan dan tahap kecekapan dengan 5 x 5 set terma	149
6.4	Sistem maklumat keputusan dalam perwakilan numerik bagi sampel #S01	151
6.5	Hasil penurunan berkaitan objek bagi sampel #S01	155
6.6	Hasil pengiraan penurunan berkaitan objek bagi sampel #S02	156
6.7	Hasil pengiraan penurunan berkaitan objek bagi sampel #S03	157
6.8	Hasil pengiraan penurunan berkaitan objek bagi sampel #S04	157
6.9	Petua yang dijana daripada pengiraan penurunan sampel #S01 menggunakan teknik Johnson dan Alkhawarizmi Genetik	158
6.10	Rumusan penjanaan petua keputusan daripada pengiraan pengurangan	162
6.11	Terjemahan atribut keputusan bagi set terma output 3 x 3	165
6.12	Terjemahan atribut keputusan bagi set terma output 5 x 5	165
7.1	Bilangan petua dalam PPPL dan PPPR serta peratus pengurangan petua	172
7.2	Perbandingan panjang atribut syarat petua antara PPPL dan PPPR	173
7.3	Peratus petua dengan panjang atribut berbeza bagi PPPL dan PPPR	173
7.4	Peratus petua dengan panjang atribut berbeza bagi PPPL dan PPPR dan PPPR	175
7.5	Perbezaan nilai nyah-kabur y_1 dan y_2 bagi setiap sampel	178

SENARAI RAJAH

No. Rajah		Halaman
2.1	Struktur STC	18
2.2	Model domain STC	19
2.3	Model pengajar STC	21
2.4	Model pelajar STC	22
2.5	Komponen antara muka pengguna STC	24
2.6	Langkah-langkah mereka bentuk pengajaran pembelajaran penguasaan oleh Yusup (2001)	26
2.7	Aras keupayaan kognitif Taksonomi Bloom	29
2.8	Prosedur umum bagi kaedah latih tubi oleh Alessi dan Trollip (1985)	30
2.9	Alkharizmi pemilihan item secara baris giliran kad imbasan	32
2.10	Gambaran pendekatan baris gilir secara kad imbasan	33
2.11	Alkharizmi pemilihan item secara baris gilir baris gilir prestasi berselang boleh ubah	33
2.12 (a)	Gambaran susunan item soalan yang dirawak dalam baris gilir	34
2.12 (b)	Gambaran item I5 dikeluarkan setelah dapat dijawab dengan betul	34
2.12 (c)	Gambaran semua item I7 dikeluarkan dari baris gilir	35
2.12 (d)	Gambaran item I7 diselitkan di kedudukan baru baris gilir	35
2.12 (e)	Gambaran item I1 dikeluarkan setelah dapat dijawab dengan betul	35
2.12 (f)	Gambaran item I7 diselitkan di kedudukan baru baris gilir	35
2.13	Pendekatan kaedah tindanan	38
2.14	Pendekatan kaedah pepijat	39
2.15	Senibina asas sistem pakar oleh Grzymala-Busse (1991)	42
3.1	Kerangka kerja usulan model pentaksiran pembelajaran pelajar	56
3.2	Fasa-fasa utama dalam modul pembelajaran penguasaan secara latih tubi	59
3.3	Rangkaian semantik item soalan	61
3.4	Langkah-langkah dalam modul perwakilan data pelajar	66
3.5	Skor T bagi masa menjawab soalan	67
3.6	Fasa-fasa dalam perolehan pengetahuan pakar domain	70
4.1	Operasi utama modul penaakulan kabur	81

4.2	Operasi kekaburan dalam modul taakulan kabur	82
4.3	Pemetakan input kabur dengan 3 set terma	84
4.4	Pemetakan input kabur dengan 5 set terma	84
4.5	Pemetakan kabur bagi pemboleh ubah output dengan 3 x 3 set terma	85
4.6	Pemetakan kabur bagi pemboleh ubah output dengan 5 x 5 set terma	86
4.7	Fungsi keahlian segitiga	89
4.8	Rumus bagi nilai keahlian segitiga	89
4.9	Titik persilangan antara dua set terma pemboleh ubah input	89
4.10	Operasi pembinaan pangkalan petua kabur dalam modul taakulan kabur	96
4.11	Perlaksanaan MPU secara MISO	99
4.12	Operasi pentaabiran kabur dalam modul taakulan kabur	100
4.13	Hubungan antara input dan output bagi pentaabiran gaya Mamdani	100
4.14	Penentuan aras pelancaran P_2 dan P_5 bagi taakulan gaya Mamdani	102
4.15	Pengagregatan semua output yang dilancarkan secara taakulan gaya Mamdani	102
4.16	Hubungan antara input dan output bagi pentaabiran gaya Sugeno	102
4.17	Penentuan aras pelancaran P_2 dan P_5 bagi taakulan gaya Sugeno	104
4.18	Pengagregatan semua output yang dilancarkan secara taakulan gaya Sugeno	104
4.19	Operasi nyah-kaburan dalam modul taakulan kabur	105
4.20	Hasil nyah-kaburan menggunakan teknik pusat kawasan (COA) bagi contoh yang ditaakul secara gaya Mamdani	106
4.21	Hasil nyah-kaburan menggunakan teknik pusat kawasan (COA) bagi contoh yang ditaakul secara gaya Sugeno	106
4.22	Hasil taabiran kabur terhadap corak data uji bagi petua 1	108
4.23	Alkharizmi penjanaan corak data input	111
5.1	Modul pembinaan pangkalan pengetahuan dalam kerangka kerja model pembelajaran pelajar	116
5.2	Alkharizmi penjanaan pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap	118
5.3	Hasil pentaabiran kabur terhadap corak data berpotensi	125
5.4	Alkharizmi penjanaan rawak corak data pengesahan	129
5.5	Seni bina rangkaian multi aras berasaskan Fausett (1994) dan	132

	Negnevitsky (2002)	
5.6	Peratus corak data uji yang tidak dapat dikelaskan mengikut kehendak pakar domain	142
6.1	Modul pengurangan pangkalan pengetahuan pakar dalam kerangka kerja model pembelajaran pelajar	146
6.2	Perwakilan nilai numerik bagi atribut keputusan secara struktur pepohon	150
6.3	Perwakilan nilai numerik bagi atribut keputusan dengan 3 x 3 set terma	151
6.4	Penghampiran kasar	153
6.5	Peratus petua PPPR sampel #S01 dengan panjang atribut bahagian syarat yang berbeza	160
6.6	Alkhawarizmi penukaran atribut satu keputusan kepada dua keputusan	164
7.1	Peratus corak data yang berjaya ditaakul	170
7.2	Bilangan petua yang dilaksanakan bagi sampel #S01	175
7.3	Bilangan petua yang dilaksanakan bagi sampel #S02	176
7.4	Bilangan petua yang dilaksanakan bagi sampel #S03	176
7.5	Bilangan petua yang dilaksanakan bagi sampel #S04	176
7.6	Peratus perbezaan kelas bagi y_1 dan y_2 setiap sampel antara PPPL dan PPPR	177
7.7	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_1 di antara PPPL dan PPPR sampel #S01	179
7.8	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_2 di antara PPPL dan PPPR sampel #S01	179
7.9	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_1 di antara PPPL dan PPPR sampel #S02	180
7.10	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_2 di antara PPPL dan PPPR sampel #S02	180
7.11	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_1 di antara PPPL dan PPPR sampel #S03	181
7.12	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_2 di antara PPPL dan PPPR sampel #S03	181
7.13	Perbandingan nilai nyah-kaburan output y_1 di antara PPPL dan PPPR sampel #S04	182

SENARAI SINGKATAN

BPR	Pengecam Corak <i>Browsing</i> (<i>Browsing Pattern Recognition</i>)
ICT	Teknologi Maklumat dan Komunikasi
JPU	Jadual Penentu Ujian
KK	Kabur kasar
KNRB	Kabur neural rambatan balik
GA	Alkhawarizmi Genetik (<i>Genetic Algorithm</i>)
MIMO	<i>Multi-input Multi-Output</i>
MISO	<i>Multi-input Single-Output</i>
MPU	Modus Ponen Umum
PPBK	Sistem pengajaran dan pembelajaran berbantuan komputer
PPPD	Pangkalan pengetahuan pakar yang diperoleh secara langsung daripada pakar domain
PPPL	Pangkalan pengetahuan pakar lengkap
PPPR	Pangkalan pengetahuan pakar ringkas
RN	Rangkaian neural
RNRB	Rangkaian neural rambatan balik
STC	Sistem tutoran cerdas

SENARAI ISTILAH

Alkharizmi	<i>Algorithm</i>
Anggaran	<i>Approximate</i>
Aras input	<i>Input layer</i>
Aras output	<i>Output layer</i>
Aras tersembunyi	<i>Hidden layer</i>
Atribut yang terkeluar	<i>Dispensable attribute</i>
Baris gilir prestasi berselang boleh ubah	<i>Variable interval performance queuing</i>
Corak kesahan	<i>Verification pattern</i>
Corak latihan	<i>Training pattern</i>
Corak pengujian	<i>Testing pattern</i>
Enjin taabir	<i>Inference engine</i>
Fasa latihan	<i>Training phase</i>
Fasa pengujian	<i>Testing phase</i>
Fungsi pengaktifan	<i>Activation function</i>
Ingatan kalis sekutuan	<i>Associative memory</i>
Kadar pembelajaran	<i>Learning rate</i>
Kaedah pembelajaran berasaskan inkuiri	<i>Inquiry-based learning method</i>
Kaedah pepijat	<i>Bug/buggy method</i>
Kaedah tindanan	<i>Overlay method</i>
Kelas kesetaraan	<i>Equivalence class</i>
Kesandaran bersyarat	<i>Conditional dependencies</i>
Ketaktekalan	<i>Inconsistency</i>
Ketekalan	<i>Consistency</i>
Ketidakpastian	<i>Uncertainty</i>
Komposisi hasil tambah dan darab	<i>Sum-product composition method</i>
Litup	<i>Cover</i>
Logik kabur	<i>Fuzzy logic</i>
Minimum tempatan	<i>Local minimum</i>
Model Domain	<i>Domain model</i>

Pangkalan pengetahuan	<i>Knowledge base</i>
Pembelajaran berasaskan penyiasatan	<i>Inquiry-based learning</i>
Pembelajaran koperatif	<i>Cooperative learning</i>
Pembelajaran penemuan	<i>Discovery learning</i>
Pembelajaran penguasaan	<i>Mastery learning</i>
Pembelajaran seliaan	<i>Supervised learning</i>
Pemetakan kabur	<i>Fuzzy partition</i>
Penaakulan	<i>Reasoning</i>
Pengajaran bantuan komputer	<i>Computer-aided instruction (CAI)</i>
Pengecaman corak	<i>Pattern recognition</i>
Pengesanan model	<i>Model Tracing</i>
Penghampiran atas	<i>Upper approximation</i>
Penghampiran bawah	<i>Lower approximation</i>
Pengelasan yang tidak boleh beza	<i>Indiscernibility class</i>
Pengurangan kecerunan	<i>Gradient descent</i>
Peraturan delta	<i>Delta rule</i>
Petua	<i>Rule</i>
Petua kabur	<i>Fuzzy rule</i>
Petua keputusan	<i>Decision rule</i>
Pincang	<i>Bias</i>
Purata pemberat	<i>Weighted average (WA)</i>
Pusat kawasan	<i>Center of area (COA)</i>
Rambatan balik	<i>Back propagation</i>
Rangkaian neural	<i>Neural Network</i>
Secara berketentuan	<i>Deterministically</i>
Selang	<i>Interval</i>
Sempadan kawasan	<i>Boundary region</i>
Sistem cerdas berasaskan pengetahuan	<i>Intelligent knowledge-based system</i>
Sistem Pakar	<i>Expert systems</i>
Sistem pembelajaran cerdas	<i>Intelligent tutoring system</i>
Sistem pengajaran	<i>Instructional system</i>

Sistem pengajaran kecekapan

Competency instructional system

Sistem Tutoran Cerdas (STC)

Intelligent Tutoring System (ITS)

Taakulan sah

Valid reasoning

Teknologi sistem pengajaran

Instructional system technology

Tepat

Exact

BAB I

PENGENALAN

1.1 PENDAHULUAN

Penggunaan Teknologi Maklumat dan Komunikasi (ICT) dalam pengajaran dan pembelajaran telah menjadi salah satu agenda utama negara dalam usaha untuk meningkatkan mutu pendidikan di Malaysia. Ini memberikan satu cabaran kepada sistem pendidikan supaya beralih kepada penggunaan secara maksimum potensi teknologi maklumat yang menjadi tunjang kepada pembangunan era maklumat.

Penggunaan teknologi khususnya teknologi maklumat yang menyeluruh dalam semua aktiviti yang mungkin, adalah perlu dan tidak dapat dielakkan. Dalam konteks institusi pengajian tinggi yang sering menghadapi masalah kekurangan pensyarah, sedangkan bilangan pelajar pula semakin ramai dari tahun ke setahun, kecekapan dan keberkesanan yang tinggi dalam sistem pengajaran, pembelajaran dan pentadbiran amat diperlukan.

Sistem pengajaran dan pembelajaran berbantuan komputer (PPBK) merupakan suatu aplikasi penggunaan komputer yang dapat membantu proses pengajaran dan pembelajaran. Siti Fatimah (1998) menyatakan antara kelebihan sistem PPBK ini ialah pelajar dapat melakukan proses pembelajaran di luar waktu perkuliahan tanpa perlu menunggu kehadiran pengajar. Dengan adanya sistem PPBK ini, peranan pelajar dan pengajar telah mulai berubah. Pelajar bertanggungjawab dalam merancang dan mengawal proses pembelajaran mereka, manakala pengajar berperanan sebagai fasilitator yang membimbing dan memberi motivasi serta menjadi pemangkin dalam proses pembelajaran pelajar.

1.2 KAJIAN LATAR BELAKANG

Walaupun aplikasi PPBK dikatakan telah membantu proses pengajaran dan pembelajaran, Beck dan rakan-rakannya (1996) berpendapat, kebanyakan aplikasi PPBK ini tidak memberi perhatian secara individu kepada pelajar seperti yang boleh diberikan oleh seseorang tenaga pengajar. Bahan-bahan penyampaian dan soalan yang dikemukakan kepada pelajar adalah sama untuk setiap pelajar dan tidak mengambil kira kemampuan pelajar yang berbeza. Keadaan ini boleh menyebabkan pelajar mudah menjadi bosan serta boleh menghafal soalan-soalan yang dikemukakan. Ini mengakibatkan proses pembelajaran menjadi tidak berkesan.

Untuk memberi perhatian secara individu atau satu-ke-satu kepada pelajar, Beck et al. (1996) menyarankan supaya sistem PPBK perlu mampu menaksir dan mentaahir pelajar tersebut. Oleh itu, sistem PPBK perlulah mempunyai ciri-ciri kecerdasan yang dapat memahami setiap individu pelajar. Sistem sebegini yang mempunyai elemen-elemen kecerdasan ini disebut sebagai sistem tutoran cerdas (STC).

Menurut Beck et al. (1996) dan Murray (1999), STC adalah suatu sistem pengajaran bantuan komputer yang akan mendapatkan maklumat mengenai pelajar dan menyesuaikan kandungan dan strategi pengajaran mengikut kesesuaian pelajar. Untuk melaksanakan yang demikian, sistem perlulah berupaya mentaahir pelajar. Holt et al. (1993) menyatakan bahawa komponen yang mewakili kepercayaan sistem mengenai pelajar dalam STC adalah model pelajar. Menurut Ong dan Ramachandran (2000) pula, matlamat utama STC adalah untuk menyediakan arahan secara satu-ke-satu kepada pelajar. Ini dilaksanakan dengan cara memperoleh setiap tindakan pelajar melalui interaksi antara sistem dengan pelajar sambil membina satu model pelajar mengenai pengetahuan, skil dan kemahiran mereka.

Sementara itu, pentaksiran pembelajaran pelajar merupakan suatu perkara yang penting dalam pendidikan. Kubiszyn dan Borich (1996) telah menakrifkan pentaksiran pembelajaran pelajar sebagai suatu proses pengumpulan data-data pembelajaran pelajar untuk tujuan mengenalpasti masalah pembelajaran pelajar, serta

untuk membuat keputusan mengenai pelajar. Shambaugh dan Magliaro (1997) pula menyatakan bahawa pentaksiran pembelajaran pelajar boleh dilaksanakan atas pelbagai tujuan, seperti untuk mengesan penguasaan pelajar, mengesan kemajuan, menentukan penempatan, mengesan kelemahan pelajar (diagnosis), memberi gred, membuat klasifikasi, pensijilan dan pemilihan. Dalam pada itu, setiap tujuan pentaksiran pelajar perlu mempunyai kaedah pengukuran dan atribut yang sesuai untuk menghasilkan keputusan pentaksiran yang sahih serta boleh dipercayai.

Sebagai contoh, pentaksiran untuk mengesan prestasi pembelajaran pelajar apabila dilaksanakan dengan sahih dan betul boleh memberi manfaat kepada pelajar serta pengajar. Antara kebaikannya ialah pelajar dapat mengetahui kedudukan pencapaiannya dan akan berusaha untuk meningkatkan prestasi pembelajarannya secara kawalan sendiri. Dalam pada itu, pengajar juga boleh mengetahui prestasi pencapaian pelajar serta keberkesanan proses pengajaran dan pembelajaran. Dengan ini beliau dapat memperbaiki strategi penyampaian bahan-bahan pengajaran dan merancang tindakan susulan seperti menyediakan bahan-bahan pengkayaan, pengukuhan atau bahan pemulihan yang bersesuaian dengan keadaan pelajar.

Dengan demikian, pentaksiran pelajar juga menjadi aktiviti yang penting dalam model pelajar. Dalam kajian-kajian lepas, pentaksiran pelajar banyak dilakukan untuk tujuan diagnosis yang melibatkan proses mengesan tindakan pembelajaran pelajar dan pembinaan model pelajar yang menyatakan keadaan dan status terkini pembelajaran pelajar (Elsom-Cook 1990; van Merriënboer et al. 1993; Ragnemalm 1995; Beck et al. 1997; Serengul 1998; Katz et al. 1993). Selain dari untuk tujuan diagnosis, pentaksiran dalam STC juga dilakukan untuk tujuan memberi gred (Bergeron et al. 1989), membuat klasifikasi (Chiu et al. 1991), mengesan prestasi pelajar (Katz et al. 1993; Harp et al. 1995; Beck et al. 1997), dan mengukur tahap pengetahuan pelajar (Gurer et al. 1995; Martin & VanLehn 1995; Panagiotou & Grigoriadou 1995; Xu 2002)

Secara umumnya, pentaksiran dalam STC melibatkan operasi mengumpul data pelajar, menterjemahnya ke bentuk maklumat yang dikehendaki sistem (untuk

mbolehkan sistem mengenali pelajar), dan seterusnya memberikan tindak balas yang bersesuaian dengan hasil pentaksiran tersebut.

1.3 PENYATAAN MASALAH

Proses pentaksiran pembelajaran pelajar dalam STC merupakan suatu aktiviti yang mencabar. Secara tradisinya, kaedah statistik boleh digunakan untuk mentaksir prestasi pelajar (Sulaiman 1991; Kubiszyn & Borich 1996), namun dalam konteks STC, pentaksiran pembelajaran pelajar adalah lebih rumit terutamanya apabila melibatkan banyak atribut dan pelbagai skil. Ini adalah kerana, tingkah laku dan reaksi pembelajaran pelajar adalah sukar untuk diramal dan adalah tidak mudah untuk membina petua yang dapat membuat keputusan dengan jelas mengenai pelajar (Harp 1995; Ragnemalm 1995; Tchetagni & Nkambou 2002). Justeru itu, para penyelidik seperti Barr dan Feigenbaum (1982), Sison dan Shimura (1998) serta Murray (1999) telah menyarankan supaya menggunakan teknik kecerdasan buatan, terutamanya dalam bidang pembelajaran mesin, untuk membuat pentaksiran terhadap pembelajaran pelajar.

Daripada pemerhatian kajian yang lalu, pendekatan pembelajaran mesin yang digunakan untuk mentaksir pelajar dalam STC adalah sistem pakar (Barr & Feigenbaum 1982; McArthur 1988; Lesgold et al. 1993), rangkaian neural (Chiu et al. 1991; Harp et al. 1995), logik kabur (Katz et al. 1993; Panagiotou 1995; Jameson 1996; Beck 1997; Huang 1997; Chang 2001; Xu 2002) dan teori set kasar (Wang & Hung 2001). Didapati, setiap pendekatan ini mempunyai kebaikan dan kelemahan yang tersendiri. Dalam pada itu, terdapat sedikit kajian yang telah menggunakan pendekatan hibrid iaitu yang menggabungkan beberapa pendekatan pembelajaran mesin seperti sistem pakar dengan rangkaian neural (Chiu et al. 1991; Prentzas et al. 1999), dan menggabungkan rangkaian neural dengan logik kabur (Mullier 1999; Stathacopoulou et al. 1999).

Namun, masih belum ada penyelidik yang menggabungkan teori set kasar dengan teknik kecerdasan buatan yang lain untuk mentaksir pelajar dalam STC. Ini memberi ruang kepada penyelidikan ini untuk melihat keberkesanan gabungan

pendekatan pembelajaran mesin yang melibatkan teknik logik kabur, rangkaian neural rambatan balik, dan teori set kasar untuk menangani permasalahan dalam pentaksiran pembelajaran pelajar.

Kebanyakan kajian penyelidikan (Chiu et al. 1991; Katz et al. 1993; Gurer et al. 1995; Panagiotou 1995; Harp 1995; Huang 1997; Mullier 1999; Xu 2002; Wang & Hung 2001) cuba mengenali pelajar menerusi corak pembelajaran pelajar yang diperolehi daripada data-data sebenar pembelajaran pelajar, dan hanya segelintir (Barr & Feigenbaum 1982; McArthur et al. 1988; Lesgold et al. 1993) memfokuskan kepada keputusan dan kriteria yang ditetapkan oleh pakar domain. Dengan demikian, penyelidikan ini cuba memberi tumpuan kepada perolehan pengetahuan pakar domain mengenai pengalaman dan maklumat mereka tentang pembelajaran pelajar dengan membentuk suatu pangkalan pengetahuan pakar dan kemudian menguji keberkesanan pangkalan pengetahuan pakar ini dengan segala kemungkinan data-data pembelajaran pelajar.

1.4 OBJEKTIF KAJIAN

Objektif kajian ini adalah untuk memperoleh suatu model pentaksiran pembelajaran pelajar menggunakan pendekatan hibrid, yang menggabungkan tiga teknik kecerdasan buatan iaitu teknik logik kabur, rangkaian neural rambatan balik dan teori set kasar, untuk membina pangkalan pengetahuan pakar yang ringkas dan pendek yang berupaya mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran pelajar seperti yang telah ditentukan oleh pakar domain bagi mata pelajaran Teknik Pengaturcaraan I secara latih tubi.

Untuk mencapai objektif tersebut, kajian ini telah melalui tiga proses utama iaitu:

- a. Mengkaji dan menentukan bagaimana teknik logik kabur boleh digunakan untuk mentaksir pembelajaran pelajar dan seterusnya mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran seperti yang ditentukan oleh pakar domain.

- b. Mengkaji dan menentukan keberkesanan pendekatan hibrid, yang dinamakan kaedah kabur-neural rambatan balik (KNRB), iaitu gabungan teknik logik kabur dan rangkaian neural rambatan balik, untuk menjana suatu pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap (PPPL) yang dapat mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran seperti yang ditentukan oleh pakar domain.
- c. Mengkaji dan menentukan keberkesanan pendekatan hibrid yang dinamakan kaedah kabur-kasar (KK), iaitu gabungan teknik logik kabur dan teori set kasar, untuk menghasilkan suatu pangkalan pengetahuan pakar yang lebih ringkas (PPPR) yang dapat mentaksir dan mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran seperti yang ditentukan oleh pakar domain.

1.5 SKOP KAJIAN

Kajian ini dilaksanakan berdasarkan kepada skop-skop berikut:

- a. Kajian ini menumpukan kepada pembelajaran penguasaan sebagai kaedah pembelajaran pelajar dengan latih tubi sebagai strategi pengajarannya.
- b. Kajian ini memilih mata pelajaran Teknik Pengaturcaraan I yang memfokuskan kepada bahasa pengaturcaraan C sebagai domain mata pelajaran yang diajar kepada pelajar. Mata pelajaran ini dipilih memandangkan ia adalah mata pelajaran asas dalam pengaturcaraan berkomputer bagi pelajar-pelajar yang mengambil jurusan Sains Komputer dan bukan Sains Komputer di Universiti Teknologi Malaysia.
- c. Kajian ini memilih 7 orang pensyarah daripada Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat, Universiti Teknologi Malaysia yang berpengalaman dalam pengajaran pengajaran mata pelajaran teknik pengaturcaraan I atau yang berpengalaman dalam bidang psikologi pendidikan sebagai pakar domain mata pelajaran untuk menentukan kriteria dan petua pembelajaran pelajar. Pensyarah berpengalaman dalam kajian ini adalah pensyarah-pensyarah yang telah mengajar mata pelajaran teknik pengaturcaraan 1 melebihi 3 kali serta yang telah berkhidmat selama lebih 10 tahun atau telah memperoleh ijazah Doktor Falsafah, atau mempunyai pangkat Profesor Madya dan ke atas.

- d. Kajian ini menumpukan kepada empat faktor tingkah laku pembelajaran pelajar (iaitu purata markah, purata masa, purata cubaan dan purata bantuan) dan dua keputusan output (iaitu tahap penguasaan dan tahap kecekapan).
- e. Kajian ini mentaksir pembelajaran pelajar dengan mengelaskannya kepada dua output iaitu tahap penguasaan pelajar dan tahap kecekapan pelajar. Pentaksiran terhadap tahap penguasaan pembelajaran pelajar ditakrif sebagai mengukur prestasi pelajar dalam mencapai objektif pembelajarannya dengan berdasarkan kepada aras keupayaan kognitif taksonomi Bloom (Bloom et al. 1971), manakala pentaksiran terhadap tahap kecekapan pembelajaran pelajar pula ditakrif sebagai mengukur kadar pembelajaran pelajar dalam mencapai objektif pembelajarannya mengikut aras taksonomi Bloom tersebut (Bloom et al. 1971).
- f. Kajian ini memfokus kepada penggunaan alkhawarizmi rambatan balik bagi teknik rangkaian neural yang berperanan untuk melatih corak-corak data latihan dalam KNRB. Alkhawarizmi rambatan balik ini dipilih kerana ia telah terbukti berkesan dalam menyelesaikan banyak masalah yang berkaitan dengan pengelasan dan pengecaman corak serta mempunyai keupayaan yang tinggi memperoleh penyelesaian secara optimum (Rumelhart et al. 1986; Fuller 1994; Masters 1994; Lin & Lee 1996; Castillo & Melin 2001; Negnevitsky 2002).

1.6 METODOLOGI KAJIAN

Berpandukan kepada matlamat kajian, metodologi kajian ini adalah berasaskan kepada proses kejuruteraan maklumat seperti yang dikemukakan oleh Negnevitsky (2000) iaitu:

- a. Penganalisaan masalah dan tinjauan kajian.
 Satu kerangka kerja kajian dibina berdasarkan tinjauan kajian-kajian lalu yang berkaitan dengan permasalahan kajian. Dengan demikian, entiti-entiti utama kajian dan faktor-faktor mempengaruhi kajian (faktor input dan output) dapat dikenal pasti.
- b. Perolehan data dan pengetahuan.
 Data-data kajian terbahagi kepada dua yang utama iaitu perolehan pengetahuan pakar domain mata pelajaran, dan perolehan data-data pembelajaran pelajar.

Proses perolehan pengetahuan serta maklumat daripada pakar domain mata pelajaran dilaksanakan secara tinjauan soal selidik dan beberapa siri temuramah. Melalui proses ini, satu senarai kriteria pembelajaran yang harus dicapai pelajar serta tahap-tahap penguasaan dan kecekapan yang akan diukur oleh sistem dapat dikenal pasti. Berdasarkan kepada pengalaman pakar domain mengenai pembelajaran pelajar, pangkalan pengetahuan pakar dibina yang mengandungi petua-petua mengenai kaitan antara tingkah laku pembelajaran pelajar dengan keputusan tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran pelajar. Disamping perolehan pengetahuan daripada pakar domain mata pelajaran, beberapa set soalan latihan dan ujian yang disediakan oleh pensyarah yang mengajar mata pelajaran bahasa pengaturcaraan C telah dikumpulkan sebagai item-item soalan latihan tubi. Proses perolehan data-data pembelajaran pelajar dilaksanakan secara simulasi iaitu dengan merekodkan tingkah laku pembelajaran pelajar ketika belajar menerusi modul pembelajaran penguasaan secara latihan tubi.

c. Pembinaan modul penaakulan.

Suatu modul penaakulan berasaskan set kabur dibina untuk mentaksir dan mengelaskan tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran pelajar berdasarkan kepada petua-petua yang ditentukan oleh pakar domain. Petua-petua ini disimpan dalam pangkalan pengetahuan pakar.

d. Pembinaan pangkalan pengetahuan pakar.

Satu model kabur-neural rambatan balik (KNRB) dibina untuk membentuk suatu pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap (PPPL) yang dijana dengan mengambil kira semua keadaan tingkah laku pembelajaran pelajar serta dengan berasaskan petua daripada pakar domain. Seterusnya satu set corak data latihan dipilih untuk melatih rangkaian neural supaya dapat memberikan keputusan bagi bahagian kesimpulan setiap petua yang dibentuk. Pengujian akan dilaksanakan untuk memastikan pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap yang dibangunkan ini dapat mengelaskan pelajar mengikut kriteria yang ditentukan oleh pakar domain. Jika tidak, proses latihan-semula akan dilakukan. Satu model kabur-kasar dibina yang bertujuan untuk mengurangkan saiz pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap untuk menghasilkan pangkalan pengetahuan pakar yang ringkas (PPPR). Pengujian

akan dilaksanakan untuk menentukan pangkalan pengetahuan pakar yang ringkas (PPPR) ini yang dapat mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran yang ditentukan oleh pakar domain.

e. Pengujian dan pelaksanaan.

Beberapa uji kaji telah dijalankan untuk menentukan keberkesanan pangkalan pengetahuan pakar yang dibangunkan, iaitu PPPD, PPPL dan PPPR. Perbandingan hasil penaakulan kabur berdasarkan ketiga-tiga pangkalan pengetahuan pakar (iaitu PPPD, PPPL dan PPPR) dilaksanakan untuk mengukur ketepatan pangkalan pengetahuan pakar ini mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran. Akhirnya, satu kesimpulan akan diberikan dan beberapa cadangan hasil daripada keputusan ujikaji akan disenaraikan.

1.7 KEPENTINGAN KAJIAN

Kajian ini merupakan salah satu usaha untuk menghasilkan suatu model untuk mentaksir pelajar bagi sistem pengajaran dan pembelajaran bantuan komputer secara latih tubi. Dengan mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajarannya, pelajar dapat mengetahui kedudukan pembelajarannya dan berusaha meningkatkan prestasi pembelajaran ke tahap yang lebih baik. Pada masa yang sama, pengajar juga dapat mengetahui status pembelajaran pelajarannya dan boleh merancang tindakan susulan demi untuk memperbaiki strategi penyampaian bahan-bahan pengajarannya.

Kajian ini diharap dapat membantu memberi pemahaman, pendedahan dan gambaran mengenai konsep teknik logik kabur dan bagaimana ianya boleh digunakan untuk melaksanakan pentaabiran kabur untuk tujuan pengkelasan.

Dalam pada itu, kajian ini diharap dapat membantu memberi pemahaman, pendedahan dan gambaran mengenai konsep rangkaian neural rambatan balik dan bagaimana kaedah logik kabur boleh digabungkan dengannya untuk menghasilkan suatu keputusan bagi keadaan yang tidak pasti.

Selain daripada itu, kajian ini juga diharap dapat membantu memberikan pemahaman, pendedahan dan gambaran mengenai teori set kasar dan bagaimana petua-petua dalam pangkalan pengetahuan pakar boleh dikurangkan saiznya supaya memperoleh petua yang lebih ringkas dan padat serta dapat menghasilkan keputusan pengkelasan yang memuaskan.

Secara keseluruhannya, dengan memahami keberkesanan pendekatan hibrid, penyelidikan ini diharapkan akan menjadi satu permulaan untuk penyelesaian masalah lain yang berkaitan dengan pentaksiran dan pengkelasan seperti pentaksiran prestasi pensyarah atau penilaian kakitangan.

1.8 RINGKASAN HASIL KAJIAN

Hasil kajian yang diperolehi daripada penyelidikan ini ialah:

- a. Penggunaan pendekatan logik kabur didapati berupaya mentaksir dan mengelaskan pelajar mengikut tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran pelajar seperti yang ditentukan oleh pakar domain. Kajian ini telah memperoleh sebanyak 18 petua daripada pakar domain mata pelajaran mengenai keadaan tingkah laku pembelajaran pelajar dan tahap penguasaan serta tahap kecekapan pembelajaran mereka.
- b. Pendekatan hibrid menerusi kaedah Kabur-Neural Rambatan Balik (KNRB) didapati berupaya menghasilkan suatu pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap (PPPL). Hasil kajian mendapati, sebanyak 100% corak data uji telah berjaya ditaksir dan dikelaskan kepada tahap penguasaan dan tahap kecekapan pembelajaran pelajar oleh PPPL yang dibina menerusi pendekatan hibrid ini.
- c. Pendekatan hibrid menerusi kaedah kaedah Kabur-Kasar (KK) mampu mengurangkan bilangan petua bagi pangkalan pengetahuan pakar untuk menghasilkan suatu pangkalan pengetahuan pakar yang lebih ringkas (PPPR). Ujikaji mendapati antara 50% hingga 67% bilangan petua telah berjaya dikurangkan daripada pangkalan pengetahuan pakar yang lengkap.
- d. Pendekatan hibrid menerusi KK juga mampu meringkaskan bilangan atribut bahagian syarat petuanya dan ujikaji mendapati antara 19% hingga 33% petua telah berjaya diringkaskan sehingga kepada 1 atribut, antara 8% hingga 11%