

Mengesan Tahap Kelikatan Minyak Pelincir Dalam Kenderaan Menggunakan Sistem Logik Kabur

Norsalina Harun, Siti Norul Huda Sheikh Abdullah, Khairuddin Omar dan
Siti Rozaimah Sheikh Abdullah

Department of Mechanical and Materials Engineering
Faculty of Engineering
Jabatan Sains Komputer,
Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat,
Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia.
emel: sh22201@ftsm.ukm.my

Received Date: 15th April 2005 Accepted Date: 22nd May 2006

ABSTRAK

Kualiti minyak pelincir yang baik menjamin prestasi optimum sesebuah enjin kenderaan. Setakat ini, kualiti minyak pelincir ditentukan oleh dua faktor, iaitu faktor jarak yang telah dilalui kenderaan dan tempoh penggunaan minyak pelincir. Namun begitu, dua faktor ini tidak dapat memberikan gambaran sebenar tentang kualiti minyak kerana banyak lagi faktor lain seperti konduktiviti, kelembapan, kelikatan dan suhu yang boleh mempengaruhi kualiti minyak pelincir. Selain daripada itu, sisa minyak pelincir yang dibuang tanpa rawatan yang terurus akan mencemarkan alam sekitar. Daripada kajian yang telah dijalankan, terdapat beberapa pembolehubah yang dikenal pasti boleh dijadikan faktor penentu kepada kualiti minyak pada keadaan semasa. Pembolehubah tersebut adalah ralat dan perubahan ralat bagi suhu yang boleh digunakan sebagai sebagai input kepada satu sistem logik kabur. Pengetahuan pakar yang telah dikumpul membenarkan penjelasan mengenai kepakaran yang lebih bersifat kemanusiaan. Sistem ini berfungsi secara sendiri dengan menggunakan bahasa pengaturcaraan Prolog. Penggunaan bahasa tersebut memudahkan perwakilan pengetahuan berasaskan peraturan dan dengan ini, proses pentaabiran dapat dilakukan secara tabii. Data yang diperolehi diaplikasikan terhadap fungsi keahlian bagi sistem logik kabur yang telah dibangunkan dan akan melalui beberapa langkah untuk mendapatkan nilai rapuh yang menunjukkan kualiti minyak pelincir. Hasil yang diperolehi adalah 90% daripada data dapat diramal dengan ketepatan 82.40% hingga 98.11%.

Kata kunci: Logik kabur, kualiti minyak pelincir, kelikatan

ABSTRACT

Maintaining the quality of lubricant oil quality can guarantee maximum ability in engine functions of vehicles. Currently, the quality of lubricant oil is primarily determined by two factors, namely, vehicle's mileage and duration. However, these judgments are inaccurate because there are many other factors like conductivity, humidity, temperature and viscosity that may affect the oil quality. In addition, improper treatment of used lubricant oil will greatly pollute the environment. From the investigation carried out, some parameters were

suitably identified to determine the current quality of lubricant oil. Those parameters were error and change of error of lubricant oil temperature that were used as the inputs to a fuzzy logic system. The expert knowledge was compiled to justify the human expertise. This developed fuzzy logic system was able to function on its own by using Prolog programming language. The language eased the representation of rule-based knowledge so that its inference can be performed naturally. The obtained data of temperature relation to the lubricant oil quality were applied to the developed membership function of the the fuzzy logic system and had gone through several stages to obtain crisp values representing the lubricant oil quality. The results obtained shows that 90% of the data can be predicted with 82.4 to 98.11% accuracy.

Keywords: fuzzy logic, lubricant oil, viscosity

PENGENALAN

Minyak pelincir kenderaan adalah antara bahan yang penting dalam sesuatu enjin. Minyak pelincir mengurangkan geseran dan serpihan dengan melincirkan bahagian enjin yang bergerak seperti ombok, bearing, dan lain-lain. Selain daripada itu ia juga membantu menyejukkan enjin, mengurangkan pengaratan dan menyerap bahan buangan yang berbahaya yang terhasil daripada pembakaran (Castrol 2001 & Rosli 1996).

Minyak pelincir mengandungi unsur yang terdiri daripada pelbagai sifat fizikal. Minyak pelincir yang selalu digunakan adalah minyak mineral. Ia dinamakan minyak mineral kerana bahan utama minyak pelincir dihasilkan daripada penyulingan berat dan sisa hasil penyulingan minyak bumi yang telah diolah bagi memperoleh minyak pelincir yang memenuhi syarat kelikatan yang tinggi, titik tuang yang rendah, dan tahan terhadap pengoksidasian (Khairuddin et al. 2002).

Teknik kepintaran buatan diketahui sebagai teknik yang semakin mendapat perhatian dewasa ini. Apa yang membuatkan teknik kepintaran buatan ini popular ialah ia berupaya untuk belajar daripada pengalaman dan menangani ketidakpastian, kekaburan, dan maklumat yang kompleks dalam persekitaran yang mementingkan kualiti (Guh 1999). Sehingga ini masih belum terdapat sistem yang mengengahkan model logik kabur dalam menentukan kualiti minyak pelincir. Logik kabur diketahui mampu memetakan input secara tidak linear kepada output yang berskala (The Mathworks 2002).

PENGENALPASTIAN TAHAP KUALITI MINYAK PELINCIR

Setakat ini, pelbagai sistem pemantauan minyak pelincir telah diketengahkan. Namun begitu,

belum ada lagi satu sistem yang mampu untuk mengesan kualiti minyak pelincir pada keadaan sebenar. Hal ini terjadi disebabkan hubungan tidak linear yang terdapat di antara faktor-faktor penentunya (Khairuddin et al. 2002). Terdapat dua sistem yang telah dibangunkan untuk mengesan kualiti minyak pelincir. Sistem tersebut adalah sistem yang menggunakan model Rangkaian Neural Buatan (RNB) (Mohammad Syarif 2002), dan Pengelas Bayesian Berentropi (PBB) (Wiji 2002).

Mohammad Syarif (2002) menerangkan RNB yang dibangunkan berkebolehan untuk melakukan proses perhitungan kelikatan minyak pelincir, dengan menggunakan seni bina Rangkaian Kehadapan Multi-aras (RKMA) dan algoritma pembelajaran Perambatan Balik (PB). Di dalam RNB yang dibangunkan, set data sampel diambil berdasarkan hubungan yang terdapat di antara input dan output. Azoff (1994) mendefinisikan pemilihan data input dan output sebagai satu proses pembinaan model. Ini penting kerana menurut Refenes et al. (1994), pemilihan data input dan output yang alah akan mengakibatkan pemetaan input-output yang salah dan akan menurunkan prestasi RNB. Ini berlaku kerana tiada hubungan di antara data input dan output yang dipelajari oleh RNB. Oleh itu tiga parameter input telah dipilih berdasarkan hubungannya dengan kelikatan iaitu, suhu, tekanan, dan tegasan ricih.

Wiji (2002) pula yang menggunakan PBB mengelaskan output, iaitu kualiti dari minyak pelincir, menjadi beberapa kelas berdasarkan dari input yang diberikan, dengan menggunakan dua kaedah iaitu melalui kaedah berpenyelia (dengan menggunakan entropi) dan tanpa seliaan (tanpa entropi). Melalui kaedah ini, minyak pelincir yang digunakan dapat dibezakan menjadi beberapa kelas berdasarkan pada kelikatannya. Data input dan output PBB perlulah mempunyai hubungan di antaranya. Oleh itu parameter yang

sama seperti RNB telah digunakan. Terdapat perbandingan yang dilakukan antara kaedah RNB dan PBB. RNB didapati memberi keputusan yang lebih baik dengan peratusan 86.56% (Mohammad Syarif 2002) berbanding PBB, 82.86% (Wiji 2002).

Kedua-dua teknik di atas menggunakan model matematik yang kompleks kerana teknik-teknik tersebut diilhamkan dari fungsi otak manusia (SAS 2003). Selain dari itu, kedua-duanya memerlukan data yang banyak untuk mencapai objektif sistem masing-masing. Kedua-dua perkara ini mungkin antara penyebab yang menyumbang kepada peratusan ketepatan output aplikasi yang tinggi. Antara perkara yang diberi perhatian dalam kedua-dua penyelidikan tersebut adalah hubungan kelikatan dengan suhu, tekanan, dan tegasan ricih. Perkara ini dilihat penting bagi mengetahui ciri-ciri yang perlu diperhatikan bagi kualiti minyak pelincir.

SISTEM LOGIK KABUR DALAM PENGESANAN KUALITI MINYAK PELINCIR

Minyak pelincir bagi setiap kenderaan adalah berbeza dari segi jenis yang digunakan dan tahap kelikatannya. Jenis minyak merujuk kepada minyak dari jenis mineral, separuh sintetik, dan sintetik. Tahap kelikatan pula merujuk kepada spesifikasi yang telah ditentukan oleh pengeluar kenderaan. Perbezaan ini menyebabkan setiap minyak yang dijadikan sampel berbeza coraknya sungguhpun diambil pada jarak dan masa penggunaan yang sama. Selain dari itu, analisis secara manual tidak dapat memberikan keputusan yang tepat tentang keadaan minyak tersebut. Manakala analisis melalui ujian makmal dapat memberikan keputusan yang tepat tetapi memerlukan kos yang agak besar dan memakan masa yang lama. Oleh itu, sekiranya terdapat suatu sistem yang dapat menentukan kualiti minyak pelincir pada keadaan sebenar, ia dapat meminimumkan kos dan mempercepatkan proses analisis minyak tersebut.

Terdapat beberapa aspek yang perlu dipertimbangkan dalam pembinaan sistem logik kabur dalam kajian ini. Antaranya ialah menentukan parameter, fungsi keahlian, julat bagi setiap parameter, pembinaan peraturan, dan teknik penyahkaburan. Masalah utama yang dihadapi dalam pembangunan sistem ini adalah mencari parameter yang boleh diperolehi secara atas talian. Tambahan pula hanya terdapat beberapa

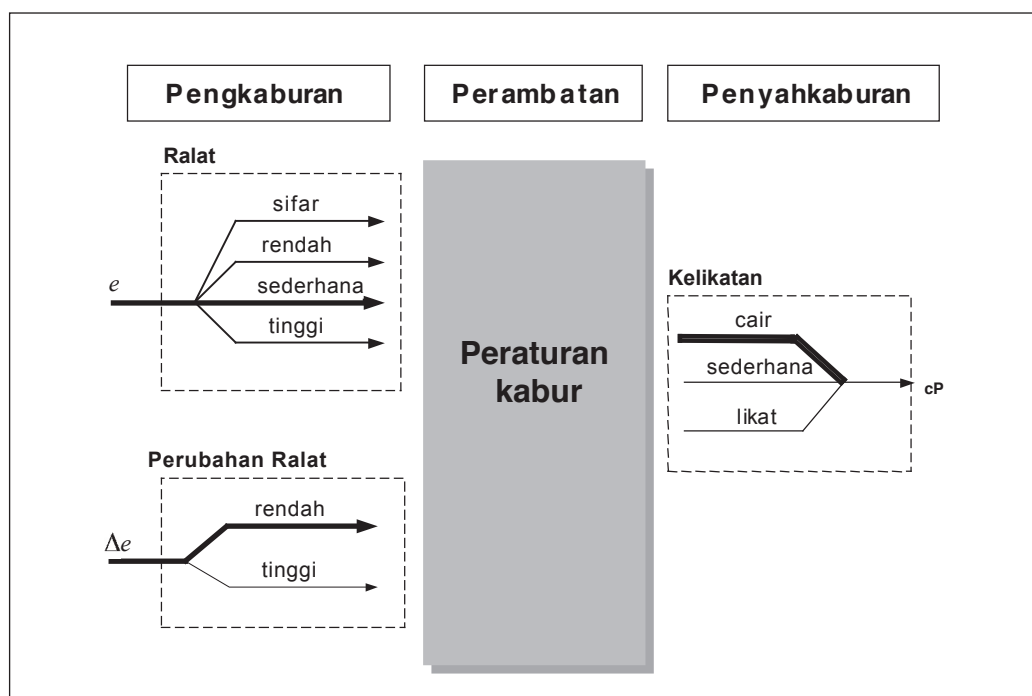
peralatan tersedia ada, seperti pengesan suhu, yang mampu melakukan tugas tersebut. Selain daripada itu, tidak terdapat satu parameter yang benar-benar dapat memberikan gambaran sebenar minyak pelincir (Basu et al. 2000). Dengan kata lain, beberapa parameter perlu diambil kira seperti suhu dan kelikatan untuk menentukan kualiti sesuatu minyak pelincir. Namun begitu, pengesan kelikatan secara talian bagi mengesan kelikatan minyak masih dalam peringkat pembangunan kajian ini. Oleh itu, hanya parameter suhu digunakan bagi tujuan menentukan kualiti minyak pelincir dalam kajian ini.

Pemilihan fungsi keahlian mempengaruhi pemetaan input kepada nilai keahlian. Oleh kerana sistem masih berada di peringkat awal, fungsi keahlian yang mudah difahami perlu dipilih. Penentuan julat bagi setiap parameter adalah penting bagi menjamin keputusan seperti yang dijangkakan. Kesilapan penentuannya akan menyebabkan kesimpulan tidak mencapai matlamat yang dikehendaki. Pembinaan peraturan juga harus diambil kira. Ini kerana sekiranya terdapat peraturan yang tidak digunakan atau peraturan yang tidak benar, ia akan mendatangkan kesan yang negatif terhadapapa komputasi dan kesimpulan yang dijanakan.

REKA BENTUK SISTEM LOGIK KABUR

Rajah 1 menunjukkan reka bentuk umum sistem pakar kabur penentuan kelikatan minyak pelincir. Secara umumnya ia terdiri daripada tiga bahagian utama iaitu bahagian pengkaburan, perambatan, dan penyahkaburan. Pada peringkat pengkaburan, nilai rapuh diumpukkan kepada pembolehubah kabur yang bersesuaian. Nilai ini akan ditukarkan kepada darjah keahlian bagi setiap pengukur kelayakan (rendah, sederhana, tinggi) melalui fungsi keahlian. Ralat (e) mewakili perubahan suhu (Δe) iaitu perbezaan suhu semasa dengan titik set suhu, manakala perubahan ralat pula merupakan perbezaan antara suhu semasa dengan suhu sebelumnya. Keluaran (cP) pula mewakili kelikatan minyak pelincir.

Bahagian perambatan akan menyatakan pemetaan input set kabur kepada output set kabur. Ia akan menentukan darjah keahlian premis untuk setiap peraturan. Jika lebih dari satu kenyataan, operator logik akan digunakan untuk mendapatkan satu nilai sahaja. Output



Rajah 1. Reka bentuk umum sistem pakar kabur

bagi setiap peraturan akan digabungkan bagi mendapatkan satu set kabur unik. Bahagian ini menggunakan sama ada kaedah minimum atau kaedah hasil.

Pada peringkat penyahkaburan pula, darjah keahlian set kabur yang diperoleh akan ditukarkan kembali ke nilai rapuh melalui sama ada kaedah sentroid, pusat graviti atau titik maksimum (Marzuki 1993).

METODOLOGI KAJIAN

Sistem dibangunkan berdasarkan langkah yang dicadangkan oleh Negnevitsky (2002). Langkah-langkah tersebut merupakan definisi masalah dan pembolehubah linguistik, penentuan set kabur, Ingatan Sekutuan Kabur (ISK), pengkodan, dan penilaian serta penalaan sistem.

Definisi masalah dan pembolehubah linguistik

Langkah pemilihan pembolehubah bagi sesuatu sistem pakar kabur adalah langkah yang paling penting (Negnevitsky 2002). Langkah ini menentukan pembolehubah yang terlibat serta julat bagi setiap pembolehubah. Bagi mengelakkan nilai output yang tidak tepat, pengujian pembolehubah dibuat berdasarkan

beberapa kajian yang telah dijalankan. Kajian termasuklah pengujian makmal (Norasra 2002) dan berdasarkan data simulasi yang digunakan oleh Mohammad Syarif (2002) dan Wiji (2002).

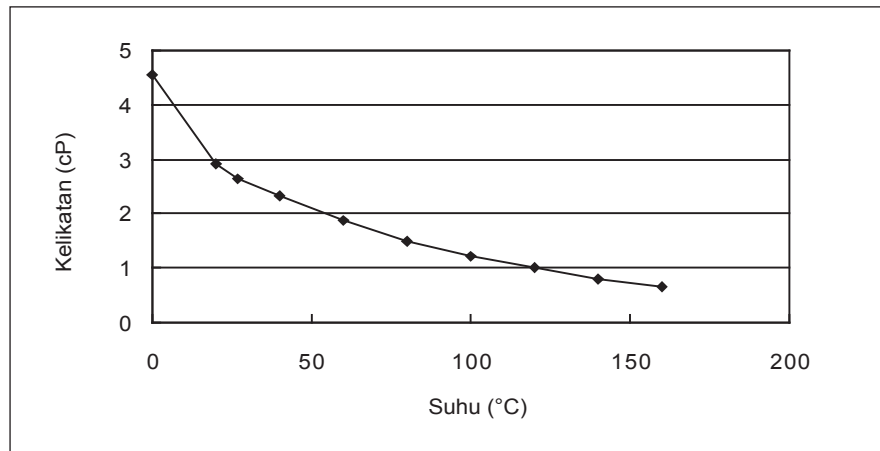
Faktor penting dalam menentukan kualiti sesuatu minyak pelincir adalah melalui kelikatannya. Menurut Khairuddin et al. (2002), terdapat tiga perkara yang mempengaruhi kelikatan, iaitu suhu, tekanan, dan tegasan ricih. Dalam fasa ini, data simulasi diperoleh dari formula yang telah digunakan oleh Mohammad Syarif (2002). Analisis data telah dijalankan oleh Norsalina (2004) terhadap data yang diperolehi oleh Mohammad Syarif (2002). Dua kesimpulan telah dapat dibuat, iaitu pertama, pada satu suhu malar, kelikatan, tegasan ricih, dan tekanan akan meningkat. Manakala, kesimpulan kedua mendapati sekiranya suhu semakin meningkat, kelikatan akan menurun (Rajah 2) manakala nilai tegasan ricih dan tekanan adalah malar. Oleh kerana hanya kelikatan berubah dengan kenaikan suhu, dua pembolehubah tersebut iaitu suhu dan kelikatan telah dipilih untuk dipertimbangkan sebagai pembolehubah di dalam sistem logik kabur ini.

Disebabkan suhu adalah satu-satunya pembolehubah input yang sesuai untuk dipertimbangkan, maka dari bacaan suhu,

dijana pula dua pembolehubah input yang lain iaitu ralat dan perubahan ralat (Jadual 1 dan 2). Penggunaan dua pembolehubah ini adalah untuk melihat kesan perubahan suhu pada setiap peringkat terhadap kelikatan. Manakala kelikatan dijadikan sebagai pembolehubah output (Jadual 3).

Penentuan Set kabur

Set kabur mempunyai beberapa bentuk. Sistem yang dibangunkan menggunakan bentuk segi tiga dan trapezoid bagi memudahkan proses pengiraan dan mengurangkan beban ingatan (The Mathworks 2002). Rajah 3 menunjukkan set kabur yang digunakan.



Rajah 2. Bilangan data melawan suhu

Jadual 1. Pembolehubah linguistik ralat

Ralat (<i>e</i>) ((-20) - 140)		
Nilai Linguistik	Notasi	Julat
Sifar	sifar	[-20, 0, 100]
Rendah	rendah	[0, 100, 130]
Sederhana	sederhana	[100, 130, 140]
Tinggi	tinggi	[130, 140]

Jadual 2. Pembolehubah linguistik perubahan ralat

Perubahan ralat (Δe) (0-20)		
Nilai Linguistik	Notasi	Julat
Rendah	rendah	[0, 5, 13]
Tinggi	tinggi	[10, 20]

Jadual 3. Pembolehubah linguistik kelikatan

Kelikatan (<i>cP</i>) (0-703)		
Nilai Linguistik	Notasi	Julat
Cair	cair	[0, 500, 553]
Sederhana	sederhana	[500, 553, 643]
Likat	likat	[553, 643, 703]

Ingatan Sekutuan Kabur (ISK)

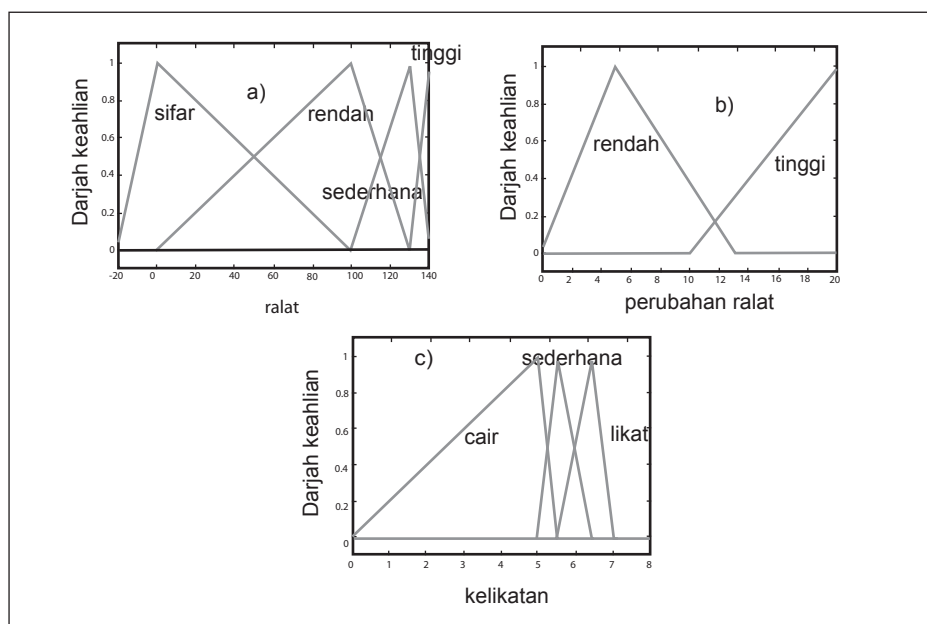
ISK adalah satu bentuk perwakilan peraturan di dalam sebuah sistem pakar kabur. Ia digunakan apabila semua peraturan yang terdapat dalam sistem mempunyai struktur yang sama dan semua keadaan digunakan untuk mencapai kesimpulan (Shalfield 2001). Sistem ini menggunakan bentuk matriks 4 x 2 (Jadual 4).

Pengkodan set kabur, peraturan kabur, dan prosedur pentaabiran

Pengkodan dalam kajian ini menggunakan Fuzzy Logic Inferencing Toolkit (FLINT) dalam perisian WinProlog Versi 4.3. Contoh kod lengkap bagi pembolehkan suhu adalah seperti Rajah 4.

Dalam kajian ini, peraturan dibentuk dengan menggunakan ISK seperti yang terdapat dalam Jadual 4. Terdapat lapan peraturan yang telah dijana dari jadual tersebut. Rajah 5 pula menunjukkan struktur peraturan kabur dalam bentuk matriks yang digunakan dalam kajian ini.

Predikat pertama atau fungsi utama di dalam sistem ini, **find_kualiti/4** digunakan untuk menghantar nilai input kepada predikat **find_kualiti/5**. Selepas proses pentaabiran, predikat **find_kualiti/5** akan mengembalikan nilai kualiti kepada panggilan predikat **find_kualiti/5** dalam predikat **find_kualiti/4** untuk dipaparkan.



Rajah 3. (a) Set kabur ralat (e), (b) Set kabur perubahan ralat (Δe), (c) Set kabur output kelikatan (cP)

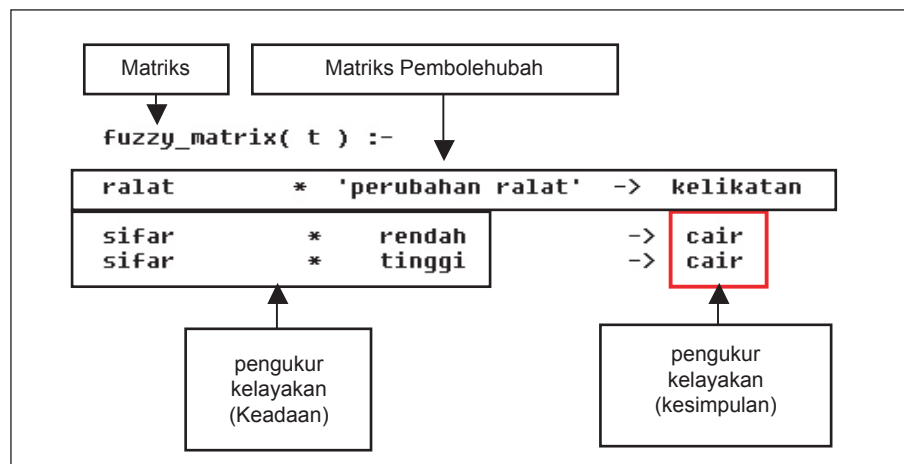
Jadual 4. Matriks peraturan kabur

Δe <i>e</i>	<i>rendah</i>	<i>tinggi</i>
sifar	cair	cair
rendah	sederhana	sederhana
sederhana	sederhana	sederhana
tinggi	likat	sederhana

```

fuzzy_variable(ralat) :-
    [-20,140] ;
    sifar,    /\, linear, [-20,0,100] ;
    rendah,   /\, linear, [0,100,130] ;
    sederhana, /\, linear, [100,130,140] ;
    tinggi,   /, linear, [130,140] ;
    centroid(all_memberships,mirror_rule,shrinking)
    
```

Rajah 4. Kod janaan untuk pembolehubah suhu



Rajah 5. Struktur peraturan kabur dalam bentuk matriks

Perkara yang harus diambil kira sebelum melakukan pentaabiran terhadap peraturan-peraturan adalah jumlah input dan output yang terlibat. Terdapat dua input dan satu pembolehubah output. Predikat **fuzzy_variable_value/2** digunakan untuk memetakan input dan output kepada fungsi keahlian dan mendapatkan nilai keahlian dari semua pembolehubah tersebut.

Dalam kajian ini terdapat tiga panggilan predikat ini untuk setiap satu pembolehubah. Dua parameter bagi predikat ini ialah nama pembolehubah dan nilai keahlian yang

diumpukkan. Selepas nilai keahlian diperolehi, cara perambatan nilai tersebut kepada peraturan dengan menggunakan penghubung seperti kesatuan, persilangan, dan pelengkap perlu ditentukan. Kajian ini menggunakan predikat **fuzzy_propagate/4**. Pembolehubah bagi predikat ini ialah minimum untuk persilangan, maksimum untuk kesatuan, pelengkap dan, matriks peraturan ($[t]$). Predikat **fuzzy_reset_membership/1** mengawalkan nilai pengukur kelayakan dengan sifar. Struktur penuh prosedur pentadbiran adalah seperti berikut:

```

find_kualiti(Ralat,Perubahan_ralat,Kelikatan):-
    fuzzy_reset_membership(kelikatan),
    fuzzy_variable_value(ralat, Ralat),
    fuzzy_variable_value('perubahan_ralat',Perubahan_ralat),
    fuzzy_propagate(minimum,maximum,complement,[t]),
    fuzzy_variable_value(kelikatan,Kelikatan)
    find_kualiti(Ralat,Perubahan_ralat) :-
    find_kualiti(Ralat,Perubahan_ralat,Kelikatan),
    write(Ralat*Perubahan_ralat = Kelikatan),nl, ttyflush.
    
```

Menilai dan melakukan penalaan sistem

Terdapat tujuh langkah yang telah disarankan. Langkah-langkah ini melakukan pemeriksaan semula terhadap beberapa perkara iaitu pembolehubah output dan input, set kabur, pertindihan set, peraturan, keperluan penerang, pemberat peraturan, dan bentuk set kabur. Walau bagaimanapun, tidak semua langkah-langkah tersebut perlu diikuti. Pemeriksaan dilakukan mengikut keperluan yang bersesuaian dengan kelompok pakar atau bahasa pengaturcaraan yang digunakan.

HASIL DAN PERBINCANGAN

Sistem ini diuji dengan menjadikan ralat dan perubahan ralat sebagai input. Input juga diuji menggunakan kelompok logik kabur Matlab Fuzzy Logic Toolbox (MFLT) melalui perisian MATLAB Versi 6 untuk melihat kesesuaian set kabur yang telah ditetapkan bagi sistem ini. Selain daripada itu, output yang diperoleh akan dibandingkan dengan output sistem yang telah dibangunkan. Jadual 5 merupakan output yang dijana oleh FLINT dan MF-LT dan Rajah 6 menunjukkan graf perbandingan output tersebut.

Bagi menilai output yang dihasilkan oleh sistem, dua jenis pengujian digunakan iaitu matriks prestasi (RKDP) dan ujian Kruskal Wallis. Secara umum, matriks prestasi melihat peratus ralat bagi setiap output manakala ujian Kruskal Wallis adalah untuk membuktikan hipotesis. Seperti yang dinyatakan, pengujian RKDP akan mendapatkan nilai perbezaan (ralat) output

sistem dan output sebenar. Nilai itu kemudiannya akan dibandingkan kepada output sebenar dan peratusnya akan diperoleh. Keputusan pengujian adalah seperti dalam Jadual 5.

Jadual 5 menunjukkan bahawa ralat semakin menurun dari bilangan 2 hingga 4. Tetapi ia kembali meningkat pada bilangan ke 5 hingga ke 10. RKDP terendah diperoleh pada bilangan ke 5 iaitu sebanyak 1.89% manakala RKDP tertinggi adalah pada bilangan ke 9 iaitu 17.60%. Secara keseluruhan, daripada sepuluh data yang diuji, sembilan daripadanya didapati masih berada dalam kawasan penerimaan iaitu antara 0 hingga 1 dengan peratus ketepatan dari 82.40% hingga 98.11% (Jadual 6). Ini bermakna 90% data berjaya diramal menggunakan sistem ini.

Pengujian Kruskal Wallis pula telah dilakukan dengan menggunakan perisian *Analyze-it* versi 1.71, di dalam persekitaran Microsoft Excel 2000. Ujian ini dipilih kerana output dibahagikan mengikut sistem (kategori) yang digunakan. Kaedah ini diketahui lebih cekap dan berkesan kerana set data bagi sistem ini tidak tertabur secara normal (Hui & Leng 2002). Ujian ini adalah untuk melihat sama ada k populasi tersebut mempunyai taburan yang sama di mana $k \geq 2$. Hipotesis yang diuji adalah:

H_0 : Semua k populasi mempunyai taburan yang sama, melawan,

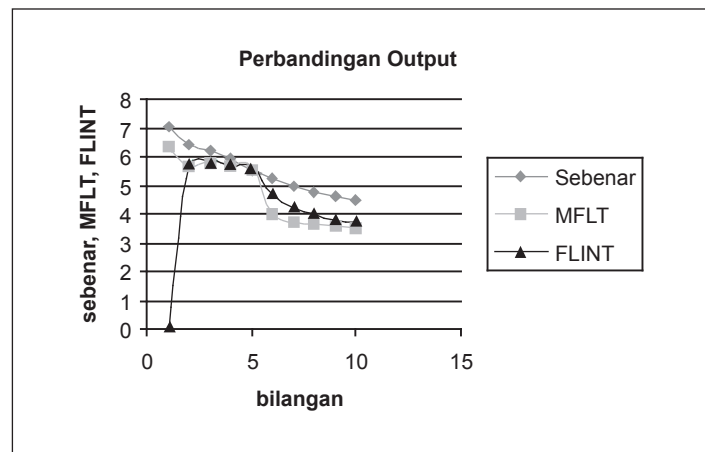
H_1 : Sekurang-kurangnya dua populasi mempunyai taburan berbeza.

Statistik ujian yang digunakan adalah:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_j} - 3(n+1)$$

Jadual 5. Perbandingan antara Output Sebenar, MFLT dan FLINT

Bil	Purata Kelikatan	Output MFLT	Ralat MFLT	Output FLINT	Ralat FLINT
1	7.033908	6.33	0.703908	0	-
2	6.43705	5.65	0.787050	5.63	0.807050
3	6.21125	5.88	0.331250	5.85	0.361250
4	5.929918	5.70	0.229918	5.63	0.299918
5	5.525534	5.65	0.124466	5.63	0.104466
6	5.214399	4.01	1.204399	4.68	0.534399
7	4.975939	3.72	1.255939	4.23	0.745939
8	4.783276	3.65	1.133276	3.97	0.813276
9	4.611295	3.61	1.001295	3.80	0.811295
10	4.470686	3.51	0.966860	3.69	0.780686



Rajah 6. Perbandingan output

Jadual 6. Ralat dan RDKP bagi FLINT

Bil	Purata Kelikatan	Output FLINT	Ralat FLINT	RKDP	Ketepatan
1	7.033908	0	-	-	-
2	6.43705	5.63	0.807050	12.53%	87.47%
3	6.21125	5.85	0.361250	5.82%	94.18%
4	5.929918	5.63	0.299918	5.06%	94.94%
5	5.525534	5.63	0.104466	1.89%	98.11%
6	5.214399	4.68	0.534399	10.25%	89.75%
7	4.975939	4.23	0.745939	14.99%	85.01%
8	4.783276	3.97	0.813276	17.00%	83.00%
9	4.611295	3.80	0.811295	17.60%	82.40%
10	4.470686	3.69	0.780686	17.46%	82.54%

dengan, n merupakan pangkat pada nilai cerapan terbesar, R_i adalah jumlah pangkat untuk sampel i , dan $\alpha = 0.05$.

Nilai p yang diperoleh adalah 0.2701. Nilai tersebut adalah lebih tinggi dari nilai α iaitu 0.05. Oleh sebab itu H_0 diterima. Maka, ketiga-tiga populasi mempunyai taburan kelikatan yang sama.

KESIMPULAN

Kajian yang telah dilakukan merupakan satu usaha untuk mengkaji tahap keberkesanan logik kabur dalam menentukan kelikatan minyak pelincir pada kenderaan. Fokus penyelidikan ini adalah pada cara penentuan pembolehubah yang sesuai berdasarkan data minyak pelincir

yang ada. Untuk mencapai matlamat ini, beberapa kajian mengenai sifat-sifat minyak pelincir serta pandangan pakar dalam bidang tersebut telah diambil kira. Penyelidikan ini memberikan sumbangan kepada penyelidikan dan pembangunan dalam industri permotoran dengan memperkenalkan satu lagi teknik kepintaran buatan, iaitu logik kabur dalam bidang penentuan kualiti minyak pelincir. Sebelum ini terdapat kajian yang menggunakan RNB dan PBB untuk tujuan tersebut.

Tambahan pula, kajian ini telah meneroka pembolehubah yang digunakan di dalam sistem dari data yang diperoleh melalui rumus (Mohammad Syarif 2002). Nilai kelikatan boleh ditentukan dengan menggunakan satu faktor iaitu suhu yang dipecahkan kepada ralat dan

perubahan ralat, berbanding kajian-kajian sebelum ini yang menggunakan tiga faktor iaitu suhu, tekanan, dan tegasan ricih. Walaupun hanya satu faktor yang dipertimbangkan dalam kajian ini, hasil yang diperoleh masih berada dalam kawasan penerimaan.

Set kabur hasil dari pemerhatian terhadap data juga telah berjaya dibentuk. Set-set ini menunjukkan julat ralat dan perubahan ralat yang berlaku ke atas suhu. Set ini berguna sebagai asas kepada penerokaan bentuk-bentuk set lain, serta anjakan julat pembolehubah pada masa hadapan. Kajian juga telah berjaya menghasilkan satu set matriks peraturan kabur yang menggambarkan semua kemungkinan

gabungan pembolehubah yang digunakan untuk membentuk pengkalan peraturan lengkap.

Melalui pengujian RDKP dan Kruskal Wallis yang telah dijalankan untuk menguji prestasi dan melihat taburan bagi ketiga-tiga jenis output, pengujian RDKP membuktikan 90% data mempunyai ketepatan output yang tinggi iaitu antara 82.4% hingga 98.11%. Output tersebut juga masih berada dalam kawasan penerimaan iaitu antara 0 hingga 1. Pengujian Kruskal Wallis pula berjaya membuktikan bahawa H_0 diterima iaitu ketiga-tiga jenis output (populasi) mempunyai taburan yang sama. Keadaan ini diberikan apabila nilai $p = 0.2701$ yang diperoleh lebih besar dari nilai $\alpha = 0.05$.

RUJUKAN

- Azoff, E. M. 1994. *Neural network time series forecasting of financial markets*. Ed. Wiley Finance. Chichester: John Wiley & Sons.
- Basu, A., Bendorfer, A., Buelna, C., Campbell, J., Ismail, K., Lin, Y., Rodriguez, L & Wang, S.S. 2000. "Smart sensing" of oil degradation and oil level measurements in gasoline engines. (atas talian) <http://www.delphiautomotive.com/pdf/techpapers/2000-01-1366.pdf>. (26 Ogos 2003).
- Castrol. Oil lifecycle (atas talian). 2001. http://www.castrol.com/castrol/life_print.html (9 Januari 2002).
- Guh, R.S. 1999. On-line statistical process control : A hybrid intelligent approach. PhD Dissertation. University of Nottingham.
- Hui, L.S & Leng, G. K. 2002. *Statistik asas konsep dan amalan*. Kuala Lumpur: McGraw Hill.
- Khairuddin, O., Mohammad Syarif, A. L. & Wiji, D. 2002. Kajian Penentuan Kualiti Minyak Hitam. Laporan teknik FTSM/Jun 2002/LT10. Fakulti Teknologi & Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Marzuki, M. M. 1993. Fuzzy logic control a more humanistic approach to automation. *Prosiding Kolokium Kelima Fakulti Kejuruteraan*, Universiti Kebangsaan Malaysia, hlm 51-69.
- Mohammad Syarif, A.L. 2002. Penentuan kualiti minyak hitam pada kenderaan menggunakan rangkaian neural perambatan balik. Tesis Sarjana. Jabatan Sains dan Pengurusan Sistem. Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Negnevitsky, M. 2002. *Artificial intelligence: a guide to intelligent system*. Harlow: Pearson Education Limited.
- Norasra, A. R. 2002. Alat pengesanan minyak pelincir dalam kenderaan bermotor. Tesis Sarjana. Fakulti Kejuruteraan, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Norsalina, H. 2004. Sistem pakar kabur bagi mengesan kualiti minyak pelincir kenderaan bermotor. Tesis Sarjana. Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Refenes, A.N., Zapranis, A.D., & Bentz, Y. 1994. Modelling stock returns with neural network. *Proc. Conf. Computational Intelligence for Financial Engineering (CIFER)*.
- Rosli, H. 1996. *Enjin kereta*. Skudai: Penerbit Universiti Teknologi Malaysia.
- SAS. 2003. Credit-risk solution based on Neural Network. (atas talian) <http://www.sas.com/offices/europe/belux/pdf/success/kul.pdf> (20 April 2003)
- Shalfield, R. 2001. *LPA Win-Prolog 4.1: Flint reference*. London: LPA Ltd.
- The Mathworks. 2002. Fuzzy logic toolbox user's guide version 2. (atas talian) http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/pdf_doc/fuzzy/fuzzy_tb.pdf (19 Mei 2002).
- Wiji, D. 2002. Peramalan kualiti minyak pelincir menggunakan pengelas bayesian berentropi. Tesis Sarjana. Jabatan Sains dan Pengurusan Sistem. Fakulti Teknologi dan Sains Maklumat, Universiti Kebangsaan Malaysia.