

KAJIAN AWAL PENGGUNAAN JARINGAN NEURAL TIRUAN (ANN) BAGI MENENTUKAN NILAI PEROKSIDA TIGA MINYAK SAWIT KOMERSIL BERDASARKAN SPEKTRUM FTIR

(Preliminary Study on Application of Artificial Neural Networks (ANN) for Determining the Peroxide Value of Three Commercial Palm Oil Based FTIR Spectrum)

Azwan Mat Lazim^{1*}, Musa Ahmad¹, Zuriati Zakaria¹, M. Suzeren Jamil¹
Suria Ramli¹, Faiz Zainuddin¹, Mohd Nasir Taib²

¹Pusat Pengajian Sains Kimia & Teknologi Makanan,
Fakulti Sains dan Teknologi, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Selangor

²Fakulti Kejuruteraan Elektrik,
Universiti Teknologi MARA, 40450 Shah Alam, Selangor

*Corresponding author: azwani79@ukm.my

Abstrak

Nilai peroksida sering digunakan bagi menentukan kualiti minyak masak di mana nilai ini mengukur sebatian peroksida dan kumpulan hidroperoksida yang terbentuk di peringkat primer pengoksidaan lipid. Dalam kajian ini sebanyak tiga minyak masak (sawit) komersil telah dipilih dan dilabelkan sebagai A, B dan C. Dua keadaan berbeza telah diaplikasikan ke atas sampel-sampel minyak tersebut. Pertama, sampel minyak telah didedahkan ke udara selama 3 bulan (minyak A) manakala yang kedua sampel minyak telah digunakan untuk menggoreng berulang kali (minyak B dan C). Bagi tujuan latihan ANN, sebanyak dua input telah dipilih daripada spektrum FTIR yang diperolehi, iaitu nilai serapan pada panjang gelombang 3444 cm^{-1} dan 3450 cm^{-1} . Hasil kajian menunjukkan arkitektur yang sesuai bagi jaringan ANN bagi menentukan nilai peroksida bagi sampel minyak komersil adalah 2:20:1. Bagi ujian ramalan, nilai peroksida yang diramalkan oleh ANN adalah hampir menyamai nilai peroksida yang diperolehi daripada kaedah piawai. Keputusan telah menunjukkan bahawa ralat purata yang rendah telah diperolehi, iaitu 0.48 apabila neuron terlindung yang digunakan bagi arkitektur jaringan adalah 20 manakala bilangan ulangan latihan adalah 300.

Kata kunci: nilai peroksida, FTIR, ANN, minyak sawit

Abstract

Peroxide value is one of the measurements that being used to determine the peroxide in oil samples produce from the peroxide compound and hydroperoxide group at the primary level of lipid oxidation. In this study, 3 commercial palm cooking oils were selected and labeled as A, B and C. Two different conditions were applied to the samples. First, the oil sample was exposed to the air for three months (labeled as A) while samples B and C were used for frying for many times. Two inputs from FTIR spectra (3444 cm^{-1} and 3450 cm^{-1}) were chosen for the ANN training. The suitable architecture for this training is 2:20:1. The prediction made by ANN was very accurate and compatible to the result which obtained from the standard method. A low average error (0.48) was obtained when the hidden neuron (20) and the epochs (300) were used.

Keyword: peroxide value, FTIR, ANN, palm oil

Pengenalan

Tanpa kita sedari minyak masak yang telah digunakan beberapa kali atau disimpan dalam persekitaran yang kurang sesuai di mana terdapat interaksi dengan udara, haba, kelembapan dan cahaya boleh menyebabkan kemerosotan kualiti minyak, kandungan nutrisi malah boleh menghasilkan bahan toksik. Dalam keadaan semulajadi, kehadiran oksigen boleh menyebabkan berlakunya pengoksidaan terhadap lemak dan minyak yang mengandungi kandungan lemak tak tepunya tinggi. Proses pengoksidaan boleh menyebabkan perubahan kepada sifat organoleptik dalam

lemak dan minyak kerana kehadiran bahan yang tidak diinginkan. Ini disebabkan telah berlaku perubahan struktur dalam lemak dan minyak [1].

Terdapat beberapa hasil akhir yang boleh dilihat apabila minyak ini terdegradasi, seperti perubahan warna, bau (tengik) dan rasa. Ini adalah disebabkan oleh terhasilnya bahan-bahan kimia seperti aldehid, keton, polimer, alkohol, asid dan peroksida dalam sampel minyak masak. Kemerosotan kualiti minyak juga boleh dikaitkan dengan nilai peroksida yang tinggi iaitu sebanyak 10 Meq per kilogram lemak dan minyak pengoksidaan [2]. Kaedah titratan merupakan kaedah konvensional yang telah digunapakai sejak dahulu lagi di mana natrium tiosulfat digunakan sebagai titran untuk menentukan kuantiti peroksida yang terbebas. Namun begitu, kaedah ini telah mempunyai beberapa kelemahan seperti masa titratan yang panjang, penggunaan bahan kimia yang banyak, ralat yang tinggi, kebolehulangan yang rendah serta tidak efisien.

Sebagai alternatif dalam menentukan kualiti minyak sawit, salah satu kaedah yang kini diminati oleh para penyelidik ialah menggunakan kaedah FTIR [3]. Melalui kaedah ini, keputusan yang diperoleh adalah lebih cepat dan mudah berbanding dengan kaedah konvensional. Selain daripada kurang penggunaan bahan kimia kaedah ini turut menawarkan nilai ralat yang rendah [4]. Kaedah ini didapati amat berpotensi dalam aplikasi penentuan status oksidatif bagi minyak makan dan kestabilannya. Seperti yang dilaporkan oleh Van de Voort et al. (1994) [5] dalam kajian mereka terhadap minyak zaitun, apabila pengoksidaan berlaku spektrum minyak akan menunjukkan peningkatan pelebaran serapan jalur O-H ($3800-3200\text{ cm}^{-1}$) manakala pengurangan berlaku pada serapan ester trigliseridik (1744 cm^{-1}) serta regangan C-H ($3050-2800\text{ cm}^{-1}$). Selanjutnya Fujiwara dan Kobayashi (1972) [6] mencadangkan pengoksidaan minyak boleh dibandingkan dengan jalur serapan hidroperoksida, yang merujuk kepada regangan OO-H (iaitu pada 3450 cm^{-1}) seperti kajian yang telah dilakukan ke atas sampel metil oktadekadienoat teroksida. Penyataan ini disokong oleh kajian yang dilakukan oleh Van de Voort et al. (1994) [5] di mana getaran regangan OO-H bagi sampel t-butil hidroperoksida berlaku pada 3444 cm^{-1} . Walaubagaimanapun, kemungkinan berlaku gangguan daripada serapan asid lemak bebas yang wujud dalam minyak semasa menentukan nilai peroksida dengan menggunakan spektrum FTIR. Ia berlaku kerana OH daripada kumpulan karboksilik (COOH) turut memberikan serapan pada jalur serapan OH iaitu sekitar $3600-3310\text{ cm}^{-1}$. Tetapi, gangguan yang wujud ini tidak memberi kesan yang besar terhadap kajian yang dijalankan [5, 7].

Dalam kajian yang dibuat oleh Hussain et al. (1998) [8], beliau telah membuktikan bahawa ANN merupakan model yang terbaik dalam menyelesaikan masalah seperti mengesan dan meramalkan nilai bahagian dalam campuran minyak masak. Berdasarkan pencaman corak, ANN dapat menyelesaikan masalah pencampuran minyak yang berkualiti dengan minyak yang tidak berkualiti (*adulteration*) seperti mencampurkan minyak sawit mentah (CPO) dan minyak isirong sawit mentah (PPO) [9]. Selalunya pencampuran dilakukan kerana CPO merupakan minyak yang mahal berbanding dengan PPO. Biasanya kadar pencampuran adalah antara 1-10% bagi tujuan untuk meminimumkan kos pengeluaran [10]. Namun begitu berdasarkan corak yang diperoleh menggunakan FTIR, ANN dapat meneka kandungan sebenar CPO kerana komposisi kimia bagi minyak campuran telah berubah berbanding dengan komposisi asal [9]. Antara kejayaan lain yang telah dilaporkan dengan menggunakan model ANN dalam penentuan kualiti minyak adalah seperti pengklasifikasian antara campuran minyak soya dan minyak *rapeseed*, nilai ketengikan minyak (*rancidity*) [11], mencirikan nilai pencampuran antara campuran beberapa minyak masak [8].

Bagi analisis kimometrik pula, pencaman corak FTIR daripada setiap sampel minyak dioptimumkan untuk membina model analisis utama (PCA) dan kuasa dua terkecil separa (PLS). Dalam kajian kami terdahulu, perbandingan keputusan yang dibuat antara nilai pencirian minyak yang diramalkan menggunakan kaedah kemometrik PLS telah dibandingkan dengan nilai pencirian minyak komersial yang ditentukan dalam kaedah konvensional. Keputusan telah menunjukkan kaedah tersebut mampu menentukan kualiti minyak masak setara dengan kaedah konvensional [12]. Lanjutan daripada kajian tersebut, kajian ini akan membincangkan pula tentang pengaplikasian model ANN dalam menentukan nilai peroksida bagi tiga minyak masak komersil yang boleh didapati di pasaran pada keadaan tertentu. Kebolehan ANN akan diuji berdasarkan ketepatan ramalan nilai peroksida bagi setiap minyak berdasarkan pencaman corak spektrum FTIR yang diperolehi berbanding nilai peroksida yang diperoleh berdasarkan kaedah piawai PORIM (1995) [13].

Bahan dan Kaedah

Sampel minyak

Sebanyak tiga sampel minyak sawit berlainan jenama telah dibeli dari pasaran. Minyak-minyak ini kemudiannya dilabelkan A, B dan C. Beberapa keadaan telah dilakukan terhadap sampel-sampel ini. Minyak A didedahkan ke udara dalam jangka waktu 3 bulan manakala minyak B dan C telah digoreng berulang kali. Ini bertujuan mendapatkan nilai peroksida pada keadaan yang berbeza.

Penentuan Nilai peroksida (kaedah PORIM)

Sebanyak 5.00 g sampel minyak ditimbang dalam kelalang kon 250 mL. Kemudian, sebanyak 30 mL larutan asid asetik glasial : klorofom dalam nisbah 3:2 ditambah ke dalam sampel dan kemudiannya digoncang. Setelah itu, sebanyak 0.5 ml iodida tepu ditambah dan digoncang selama 1 minit. Sebanyak 30 mL air suling yang telah dididih dan disejukkan ditambah ke dalam kelalang. Sampel kemudiannya dititratkan dengan larutan piawai 0.1 natrium tiosulfat. Setiap kali penambahan larutan piawai dilakukan bekas sampel digoncang dengan kuat. Apabila warna kekuningan hampir hilang, beberapa titik larutan penunjuk kanji (1%) ditambah, di mana larutan sampel berubah menjadi biru. Larutan sampel kemudiannya dititrat sehingga larutan biru hilang. Nilai peroksida (militara/kg) dikira mengikut formula berikut:

$$\text{Nilai peroksida} = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 1000}{W} \quad (1)$$

V_1 = isipadu titratan sampel (mL)

V_2 = isipadu titratan pengosong (mL)

N = kenormalan natrium tiosulfat

W = berat sampel

Titratan blank (tanpa sampel) dilakukan sebanyak 2 kali dengan menggunakan kaedah yang sama.

Kaedah transformasi fourier infra merah (FTIR)

Spektrofotometer Perkin Elmer 2000, model GX dengan pengesan *deuterated triglycine sulphate* (DTGS) telah digunakan. Bilangan pengimbas penambah yang digunakan ialah 16 dengan resolusi 4 cm^{-1} . Bagi analisis kualitatif dan kuantitatif, prosedur Hendl et al. (2001) [14] telah digunakan di mana sampel diletakkan di antara dua sel dan ditutup dengan kemas. Kawasan serapan di antara $4000\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$ kemudiannya direkodkan. Pada kawasan ini terdapat serapan kumpulan berfungsi selain daripada kawasan cap jari yang memberikan ciri kepada sesuatu sebatian [15].

Pengoptimuman ANN bagi analisis kualitatif nilai peroksida

Dalam kajian ini ANN telah diaplikasikan dalam penentuan nilai peroksida bagi tiga sampel minyak komersil. Sistem jaringan tiga lapis suapam hadapan yang mempunyai satu lapisan neuron terlindung telah digunakan dalam proses latihan jaringan dengan algoritma perambatan balik (BP) bagi tujuan memproses data. Lapisan input mengandungi 2 neuron yang mewakili nilai transmisi pada 3450 dan 3444 cm^{-1} . Nombor gelombang ini dipilih berdasarkan kajian terdahulu terhadap jalur hidroperoksida yang merujuk kepada regangan OO-H teroksida bagi metil oktadekadienoat yang memberi serapan pada 3450 cm^{-1} [6]. Dalam kajian Van de Voort et al (1994) [5] pula, mereka menyatakan getaran regangan bagi OO-H bagi t-butil hidroperoksida berlaku pada 3444 cm^{-1} di mana pada jalur ini perubahan peroksida dalam lemak dan minyak dapat dilihat.

Latihan ANN telah menggunakan program *Matlab* 5.3 (1992) di mana bilangan latihan ulangan yang difikirkan sesuai bagi kajian ini adalah di antara 100 hingga 300 manakala bilangan neuron terlindung yang akan digunakan adalah di antara 6 hingga 20. Kedua-dua parameter akan dioptimumkan latihannya melalui kaedah cuba jaya. Selain daripada itu, beberapa parameter lain telah ditetapkan (Jadual 1) sebelum arkitektur terbaik dipilih untuk digunakan dalam bahagian ini.

Keputusan dan Perbincangan

Spektrum serapan FTIR sampel minyak

Berdasarkan spektrum yang diperoleh (Rajah 1 dan Rajah 2) bagi ketiga-tiga sampel minyak, antara intepretasi yang boleh dibuat terhadap dua spektrum yang diperoleh sebelum berlakunya pengoksidaan dan selepas berlakunya pengoksidaan ialah terdapat serapan frekuensi regangan =CH *cis* ditunjukkan pada jalur 3100- 2990 cm^{-1} [3]. Bagi C=C *cis* serapan regangannya ditunjukkan pada panjang gelombang 1648 cm^{-1} [16]. Apabila berlakunya proses pengoksidaan, spektrum minyak akan memberikan peningkatan serapan pada jalur regangan O-H iaitu sekitar kawasa 3800-3200 cm^{-1} . Pada keadaan ini serapan akan berkurangan berlaku pada jalur rangkaian ester trigliserida (1744 cm^{-1}) dan pada jalur regangan C-H iaitu sekitar 3050-2800 cm^{-1} [5, 7]

Peningkatan nilai peroksida boleh dilihat pada spektrum minyak B dan minyak C, berbanding dengan minyak A didapati peratus transmisi bagi kedua-dua minyak ini adalah rendah berbanding dengan minyak A. Boleh dikatakan kadar pengoksidaan dalam kedua-dua jenis minyak ini adalah tinggi berbanding dengan minyak A kerana minyak-minyak ini telah digunakan untuk menggoreng terlebih dahulu sebelum dianalisis. Menurut Kuntom et al. (1990) [17] pengoksidaan berlaku dengan cepat apabila suhu diberikan kepada minyak melebihi 60 $^{\circ}\text{C}$ dan setiap peningkatan 15 $^{\circ}\text{C}$ kadarnya adalah dua kali ganda. Selain daripada itu menurut Shalihin (1978) [18] interaksi dengan udara pada suhu yang tinggi turut kadar pengoksidaan. Kandungan asid lemak (18%) sebanyak 44% dalam minyak sawit [19] turut menyumbangkan kepada peningkatan pengoksidaan dalam minyak sawit. namun begitu kemerosotan mutu minyak dengan peningkatan nilai peroksida tidak menjejaskan kualiti minyak sawit komersil kerana selain daripada tokoferol dan beta karotena yang menjadi antioksidan semulajadi terdapat antioksidan yang ditambah ke dalam minyak sawit supaya ia tahan lebih lama [20].

Pengoptimuman jaringan ANN

Proses latihan atau pengoptimuman jaringan dijalankan dengan menpelbagaikan lapisan jaringan dengan mengubah bilangan neuron dan lapisan terlindung. Jumlah SSE bagi setiap latihan direkodkan pada setiap penghujung ulangan latihan. Dalam kajian Wesolowski dan Suchacz (2001) [10] bagi mengklasifikasikan minyak, bilangan ulangan latihan yang digunakan adalah anantara 1-300 unit sahaja oleh itu, bilangan ulangan latihan maksimum yang difikirkan sesuai untuk latihan jaringan ANN adalah sebanyak 300 unit. Untuk mendapatkan jaringan yang baik, proses pengoptimuman telah dilakukan terhadap setiap parameter yang terlibat dalam arkitektur ANN. Parameter yang pertama dioptimumkan ialah kadar pembelajaran. Bilangan ulangan latihan dan neuron terlindung yang ditetapkan adalah masing-masing 300 dan 10. Rajah 3 menunjukkan hasil yang diperoleh apabila kadar pembelajaran diubah-ubah. Keputusan menunjukkan bahawa kadar pembelajaran pada 0.001 memberikan nilai ralat yang rendah. Oleh kerana didapati nilai ini sesuai, maka kadar pembelajaran ini dipilih untuk pengoptimuman parameter seterusnya.

Bagi mengoptimumkan bilangan ulangan latihan dan neuron terlindung, kadar pembelajaran telah ditetapkan iaitu 0.001, manakal nilai bagi kedua-dua parameter yang ingin dioptimumkan diubah-ubah. Jadual 1 menunjukkan nilai SSE yang direkodkan dengan menggunakan 6, 8, 10, 15 dan 20 neuron terlindung dengan ulang latihan yang digunakan adalah antara 10 hingga 300.

Keputusan yang diperoleh menunjukkan 6 neuron terlindung menghasilkan nilai SSE paling tinggi berbanding dengan saiz neuron terlindung yang lain. Dalam setiap didapati dengan menambahkan bilangan saiz neuron terlindung SSE yang diperoleh semakin rendah. Perkara ini berlaku kerana berlakunya perubahan parameter perubahan parameter semasa latihan jaringan turut dipengaruhi oleh saiz neuron yang digunakan (Svozil et al. 1997) [21]. Satu corak menarik diperoleh pada setiap latihan apabila menggunakan 20 neuron terlindung dimana nilai SSE yang diperoleh semakin rendah apabila bilangan ulangan latihan ditambah (Rajah 4). Menurut Taib et al. (1996) [22] keputusan ini disebabkan oleh hanyutan parameter (parameter drift) semasa latihan dijalankan. Nilai ini akan digunakan untuk kajian selanjutnya.

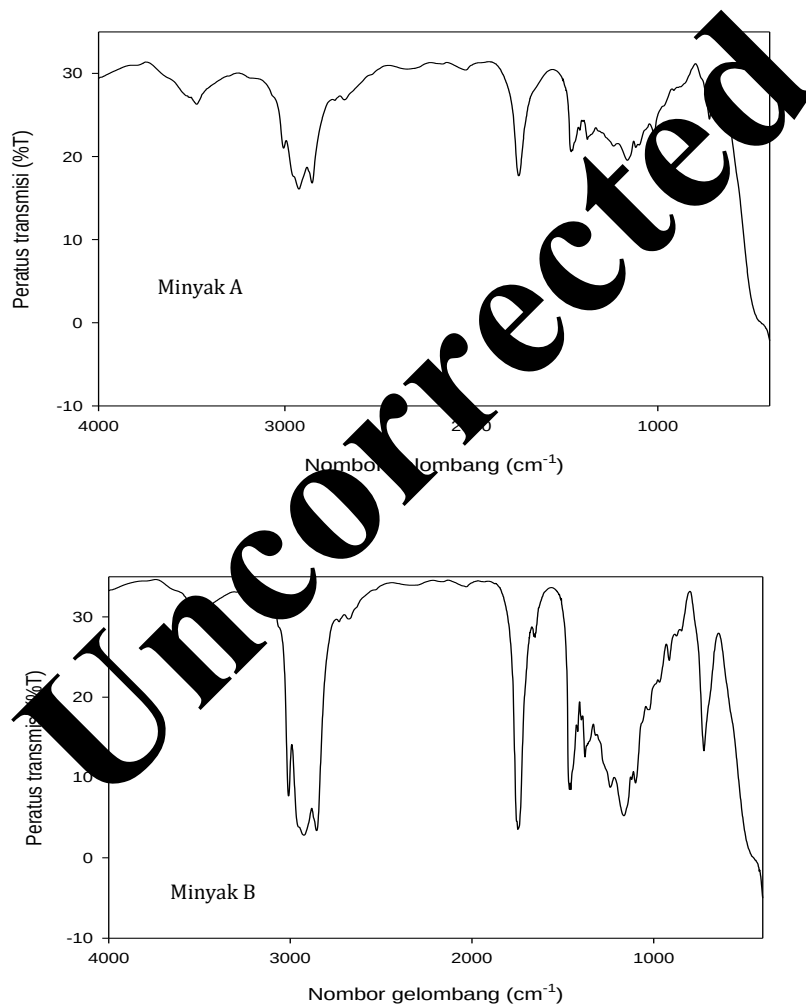
Ujian Ramalan

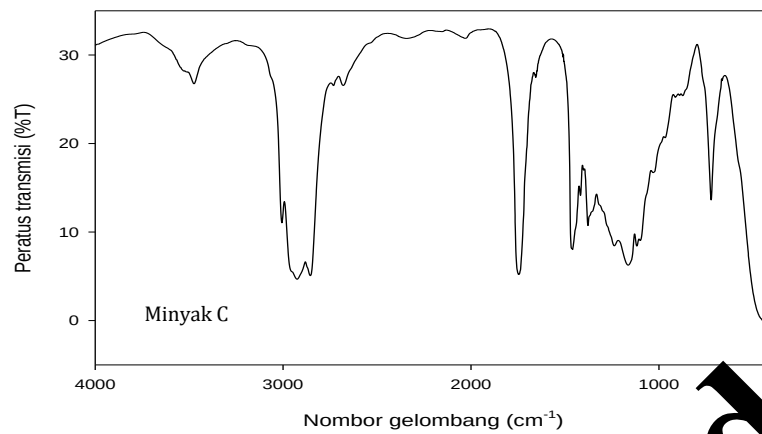
Jaringan ANN yang terlatih dengan 300 bilangan ulangan latihan telah digunakan dalam meramalkan nilai peroksida. Pemilihan jaringan ini kerana ralat yang diperoleh adalah rendah. Menurut Hussain et al. (1996) [8] satu model dengan ralat yang paling minimum akan membuat pencaman yang baik. Nilai yang diramalkan oleh ANN

kemudiannya dibandingkan dengan nilai sebenar yang diperoleh melalui kaedah penitratan PORIM (Jadual 2). Keputusan yang diperoleh menunjukkan purata ralat bagi 20 neuron terlindung adalah yang paling rendah iaitu 0.48 dengan kadar ramalan yang baik dan persis.

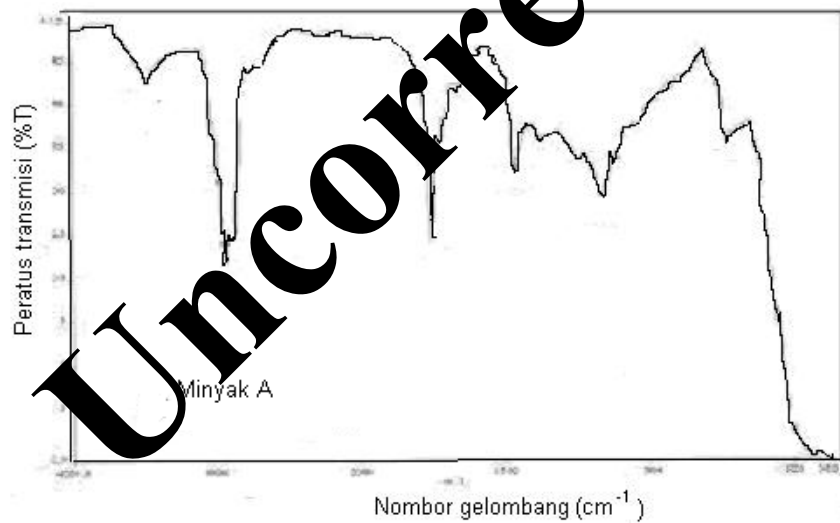
Ujian pengesahan

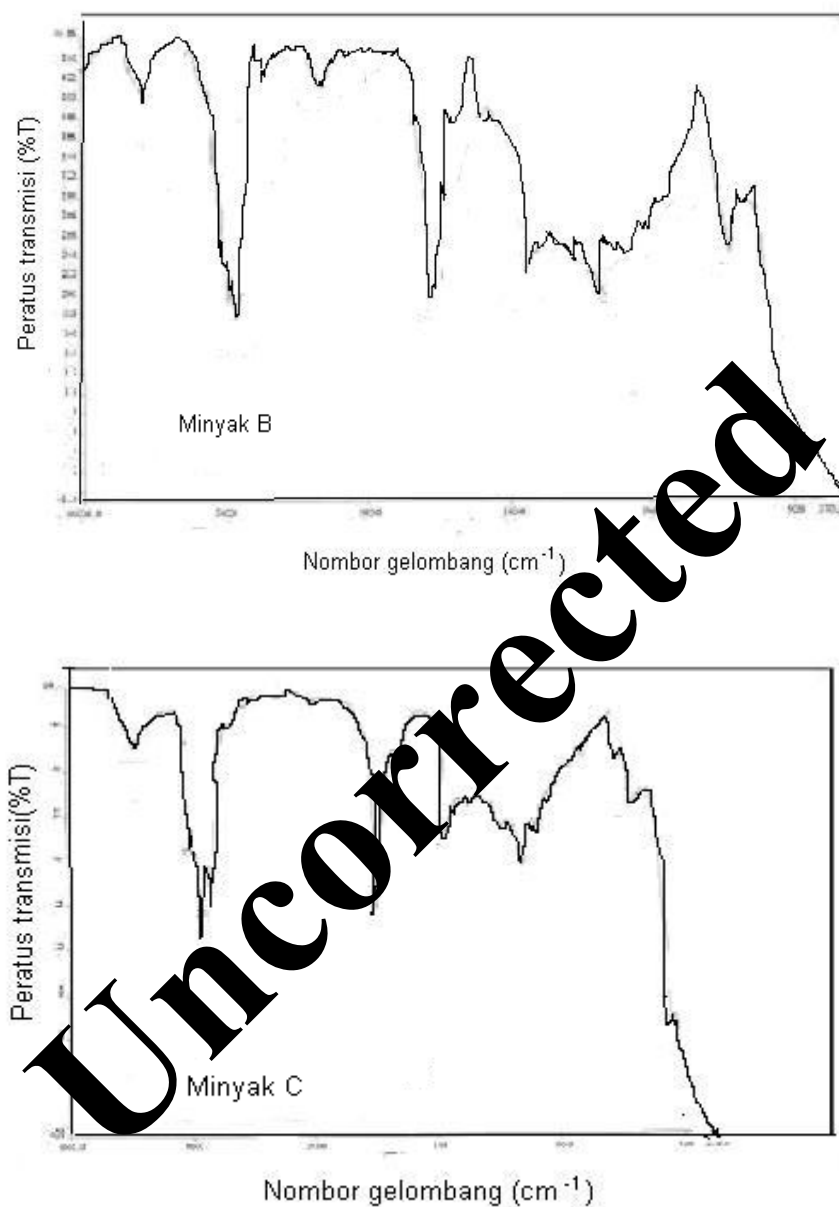
Dalam kajian ini perbandingan telah dibuat antara nilai yang diramalkan oleh ANN dengan nilai sebenar. Satu garis lurus penyesuaian terbaik dengan kecerunan diperoleh 1.1 (Rajah 5). Menurut Miller dan Miller (2000) [22], jika kecerunan garis regresi yang diperoleh adalah > 1 atau < 1 menunjukkan terdapat ralat yang sistematik yang berlaku dalam dalam salah satu plot kalibrasi yang dibuat. Namun begitu, dengan pintasan pada 0 dan kecerunan menghampiri satu memberikan nilai kepercayaan lebih daripada 95% dimana keputusan yang diperoleh adalah persis [23].



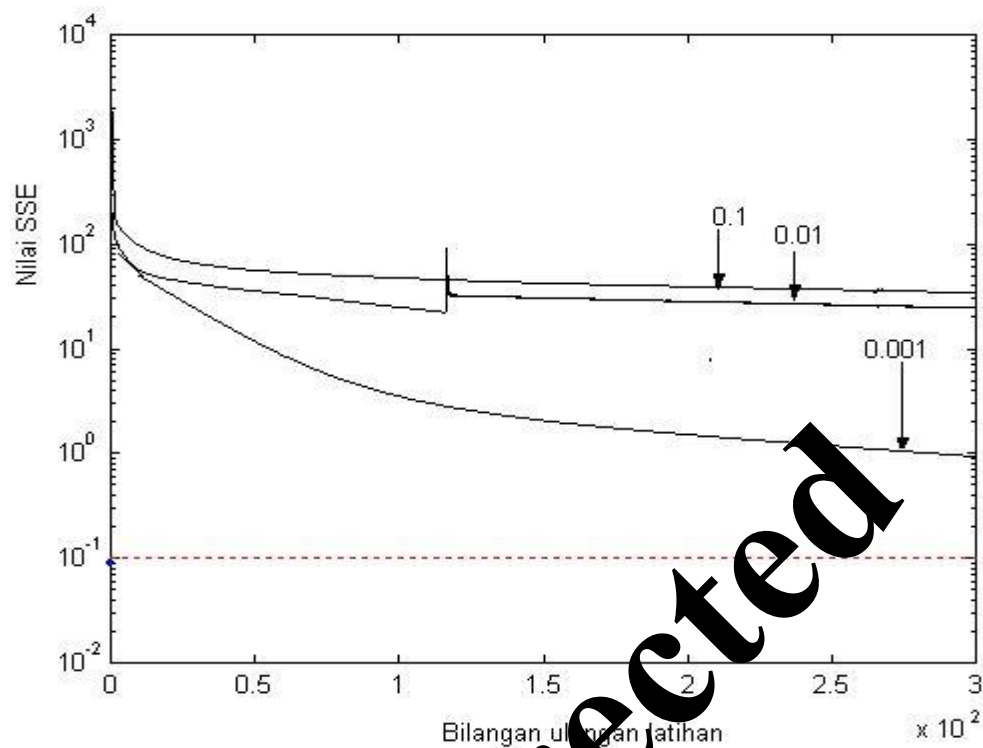


Rajah 1. Serapan FTIR untuk tiga jenis minyak komersil telah teroksidasi iaitu A, B, C

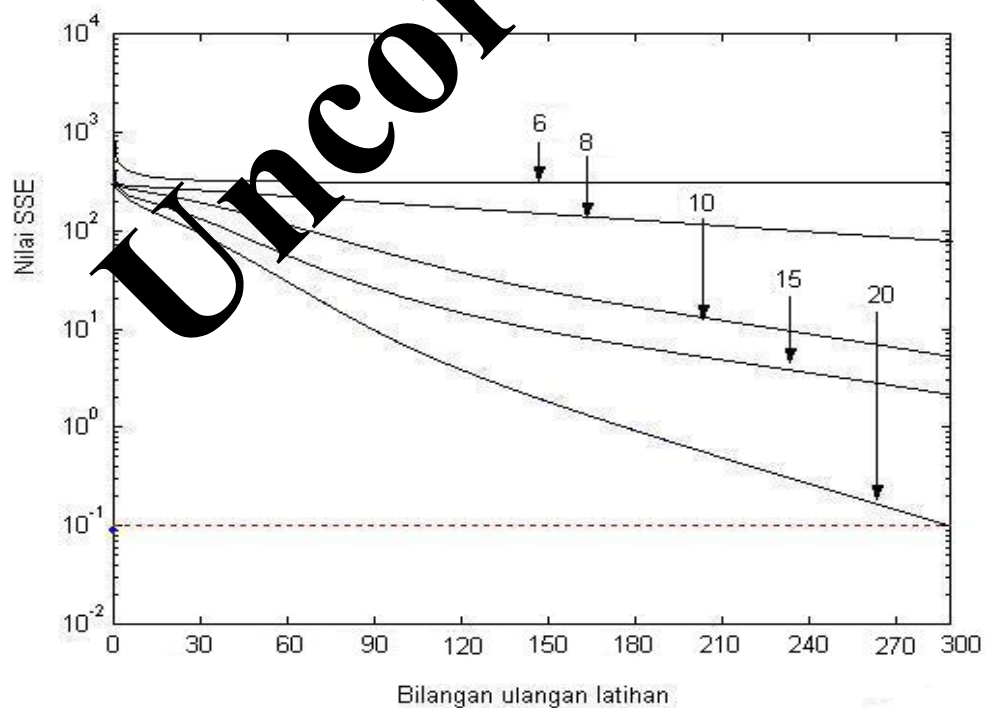




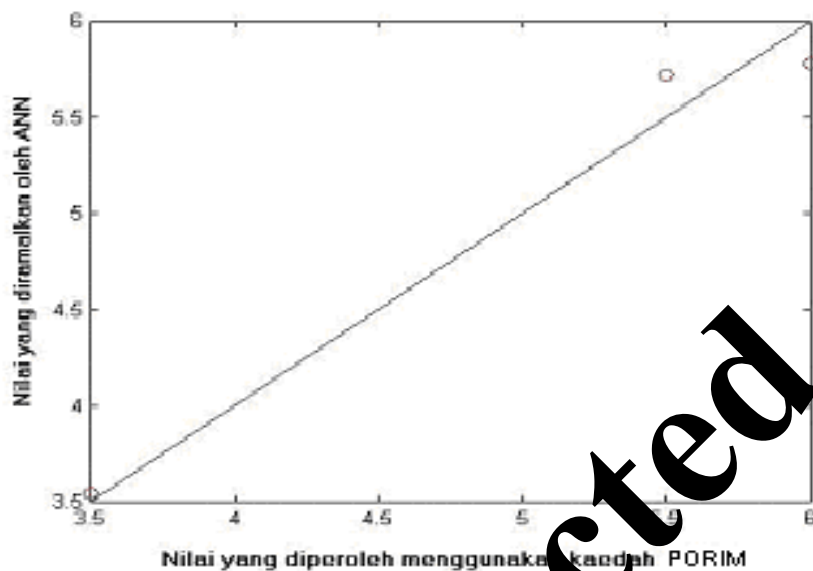
Rajah 2. Spektrum FTIR bagi minyak komersil yang belum teroksidabagi minyak A, B dan C



Rajah 3. SSE yang diperoleh dalam proses pengoptimuman kadar pembelajaran apabila bilangan ulangan latihan 300 dan neuron terlindung 20 ditetapkan



Rajah 4. SSE yangt diperoleh apabila bilangan ulangan latihan ditetapkan 300 dan bilangan neuron terlindung yang berbeza digunakan



Rajah 5. Perbandingan antara ramalan nilai peroksida yang dibuat oleh ANN dengan nilai peroksida sebenar menggunakan kaedah PORIM

Jadual 1. Nilai SSE yang diperoleh dengan menggunakan saiz neuron terlindung yang berbeza pada bilangan ulangan latihan antara 100-300.

Bilangan ulangan latihan	Neuron terlindung				
	6	8	10	15	20
100	3.500	0.147	3.500	3.500	0.243
150	3.500	0.127	3.500	0.846	0.127
200	3.500	3.500	3.500	3.500	0.126
250	3.500	3.500	0.126	0.127	0.116
300	3.500	3.500	0.126	3.500	0.098

Bilangan neuron terlindung

Nilai peroksida	6		8		10		15		20	
(kaedah PORIM)	Ramalan	Ralat	Ramalan	Ralat	Ramalan	Ralat	Ramalan	Ralat	Ramalan	Ralat
3.50	5.00	1.50	5.00	1.50	3.50	0.00	5.00	1.50	3.54	0.04
5.50	5.00	0.50	5.00	0.50	5.75	0.25	5.00	0.50	5.72	0.22
6.00	5.00	1.00	5.00	1.00	5.75	0.25	5.00	1.00	5.78	0.22
Jumlah Ralat	3.00		3.00		0.51		3.00		0.48	

Jadual 2. Perbandingan nilai peroksida yang diramalkan oleh ANN dengan nilai peroksida yang diperoleh menggunakan kaedah PORIM

Kesimpulan

Penggunaan ANN dalam menentukan nilai peroksida bagi tiga sampel minyak masak komersil pada keadaan berbeza berjaya dilakukan. Arkitektur jaringan tiga lapisan terapan hadapan dengan kadar pembelajaran sebanyak 0.001 dan bilangan ulangan latihan sebanyak 300 yang mengandungi susunan neuron 2: 20: 1 didapati sesuai digunakan bagi tujuan memproses dan pencaman corak spektrum FTIR. Dalam ujian ramalan, jaringan terlatih ini memberikan ralat purata terendah, iaitu 0.48. Anggaran ralat dengan kecerunan 1.1 telah diperolehi dalam ujian pengesahan. Ini menunjukkan ANN dapat meramalkan sesuatu nilai berdasarkan corak spektrum diperolehi walaupun nilai input yang diberikan adalah sedikit. Selain daripada itu penggunaan ANN adalah mudah tanpa memerlukan penggunaan satu model matematik yang kompleks. Kajian lanjut boleh dilakukan dengan menggunakan ANN sebagai satu alternatif kepada model matematik yang sedia ada.

Rujukan

1. Cornelius, J.A. (1999). Some technical aspects influencing the quality of palm kernels. *J. Sci. Agric.* 17: 57-61.
2. Choo, Y.M. (1999). Specialty products: carotenoids. Dlm. Yusof, B. Jalani, B.S. & Chan, K.W. (pnry). Advance in oil palm research, hlm. 34-52. Kuala lumpur. PORIM
3. Guillen, M.D & Cabo, N.(1997). Infrared spectroscopy in the study of edible oils and fats, *J. Sci. Food Agric.* 75: 1-11.
4. Moh, M.H. Che Man, Y.B. Badlishah, B.S. Jinap, S. Saad. M.S. & Abdullah, W.J.W. (1999). Quantitative analysis of palm carotene using FTIR and NIR spectroscopy. *JAOCS.* 76 (2): 249-254.
5. Van de Voort, F.R, Ismail A.A., Sedman, J., Dubois, J. & Nicodemo, T., (1994). The determination of peroxide value by FTIR, *J. Am. Oil Chem. Soc.* 71:921-926
6. Fukuzumi, K. & Kobayashi, E. (1972). Quantitative determination of methyl octadecadienoate hydroperoxide by infrared spectroscopy. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 49: 162-165.
7. Moh, M.H & Tang, T.S. (1999). A review on the quantitative analysis of fats and oils using FTIR. *PORIM Bulletin.* 41:30-37.
8. Hussain, S. Devi, K.S. Krishna,D. & Reddy, P.J. (1996). Characterization and identification of edible oil blend and prediction of the composition by ANN- A case study. *Chemometrics and Intelligent Lab. Syst.* 35:117-126
9. Nora Izma, A.A. (2003). Pembangunan kaedah analisis menggunakan FTIR dan NIR dalam membandingkan

- minyak tulen dan minyak campuran. Tesis Pusat pengajian Sains Kimia & Teknologi Makanan. UKM, Bangi
10. Basiron, Y. (2001). Global oils and fats business: challenges in new millenium. *Oil Palm Industry Economic Journal*. 11: 1-9.
 11. Wesolowski, M. & Suchacz, B. (2001). Classification of rapeseed and soybean oils by use of unsupervised pattern recognition method and neural networks. *J. Anal. Chem.* 371: 323-330.
 12. Azwan Mat Lazim, Mohd Zuli Jaafar, Phang Wei Shong & Suzereen Jamil (2013). Penentuan Kualiti Minyak Masak dan Lemak Komersial Menggunakan Teknik Kimometik. *The Malaysian Journal of Analytical Sciences*, Vol 17 No 1 (2013): 146 – 152
 13. *PORIM Test Method*. (1995). Kuala Lumpur: PORIM
 14. Hendl, O., Howell, J., Lowery, J. & William Jones (2001). A rapid and simple method for the determination of iodine values using derivatives FTIR measurements, *Anal. Chim. Acta*. 427:75-81
 15. Kamaliah Mahmood & Norsaadah A.R. (1997). *Kaedah spektroskopi dalam pengenalanpastian sebatian organik*. Kuala lumpur: Penerbit Universiti Malaya.
 16. Che Man, Y.B., Moh, M.H. & Van de Voort, F.R. 1999. Determination of free fatty acid in crude palm oil and refined bleached deodorized palm olein using FTIR. *Journal of American Oil Chemist Society*. 76(4): 485-490.
 17. Kuntom, A. (1990). Oxidation and palm oil. *PORIM Bulletin*. 20: 32-40.
 18. Sherwin, E.R. (1978). Oxidation and antioxidant in fat and oil processing. *Journal of American Oil Chemist Society*. 55: 809-814.
 19. Fauziah, A. Razali, I. & Nor Aini, S. (2000). Frying performance of palm olein and high oleic sunflower oil during batch frying of potato crisps. *Palm Oil Development*. 33: 2-7.
 20. Berger, K.G. (1982). Refined palm oil quality as received. *PORIM Bull.* 19: 19-26.
 21. Svozil, D. Kvasnicka, V. & Prospichal, J. (1997). Introduction to multilayer feed-forward neural network. *Chemom. Intell. Lab. Sys.* 39: 42-62.
 22. Taib, M.N & Narayanaswamy, R. (1996). Multichannel calibration technique for optical fibre chemical sensor using ANN. *Sens. Actuators. B.* 38-39:365.
 23. Miller, J.N & Miller, J.C. (2000). *Statistics and chemometrics for analytical chemistry*. Ed. Ke-4. England. Perason Education Ltd.
 24. March, J.G., Simonet, B.M. & Grases, F. (1990). Determination of phytic acid by catalytic fluorimetric. *Analyst*. 124:897-900.

Uncorrected