

# Pengkelasan Tahap Pengetahuan Pelajar Secara Pembelajaran Adaptif Berteknologikan Hipermedia- Satu Pendekatan Rangkaian Neural

Norazah Yusof, Paridah Samsuri, Nor Bahiah Hj. Ahmad,  
Siti Zaiton Mohd. Hashim, Siti Mariyam Hj. Shamsuddin

Fakulti Sains Komputer dan Sistem Maklumat  
Universiti Teknologi Malaysia

## Abstrak

Hipermedia merupakan suatu sistem yang menghubungkan maklumat secara tidak linear. Sistem hipermedia terbentuk daripada nod dan pautan, dengan nod mewakili konsep atau idea yang boleh terdiri daripada teks, grafik, animasi, audio, video atau aturcara, manakala pautan pula berperanan sebagai penghubung antara nod. Sistem hipermedia dikenali juga sebagai sistem pembelajaran yang berpusat kepada pelajar. Ini adalah kerana sistem ini memberikan pelajar sepenuh pengawalan ke atas proses pembelajaran, iaitu pelajar bebas memandu penjelajahannya dalam mendapatkan bahan pengajaran. Sistem tutor berkepentingan pula merupakan suatu sistem pengajaran pintar yang cuba meniru kepintaran seorang guru atau pengajar yang menyampaikan bahan pengajaran dengan strategi pengajaran tertentu mengikut tahap pelajar yang berbeza. Terdapat pelbagai teknik dalam menentukan tahap pengetahuan bagi pelajar, dan di antaranya adalah dengan menggunakan kaedah kepintaran buatan. Oleh yang sedemikian, kertas kerja ini membincangkan teknik rangkaian neural dengan menggunakan rangkaian rambatan balik bagi mengklasifikasikan tahap pengetahuan pelajar berdasarkan kepada kriteria yang terpilih iaitu purata gred kumulatif, masa belajar, skor jawapan, kekerapan meminta bantuan, dan kekerapan ulangkaji. Data terhadap tahap pengetahuan pelajar diskala pada julat tertutup  $[0,1]$ , dan pencapaian pengkelasan oleh rangkaian neural dibandingkan dengan data asal.

**Katakunci :** Hipermedia, kepintaran buatan, rangkaian neural, rangkaian rambatan balik.

## 1.0 Pengenalan

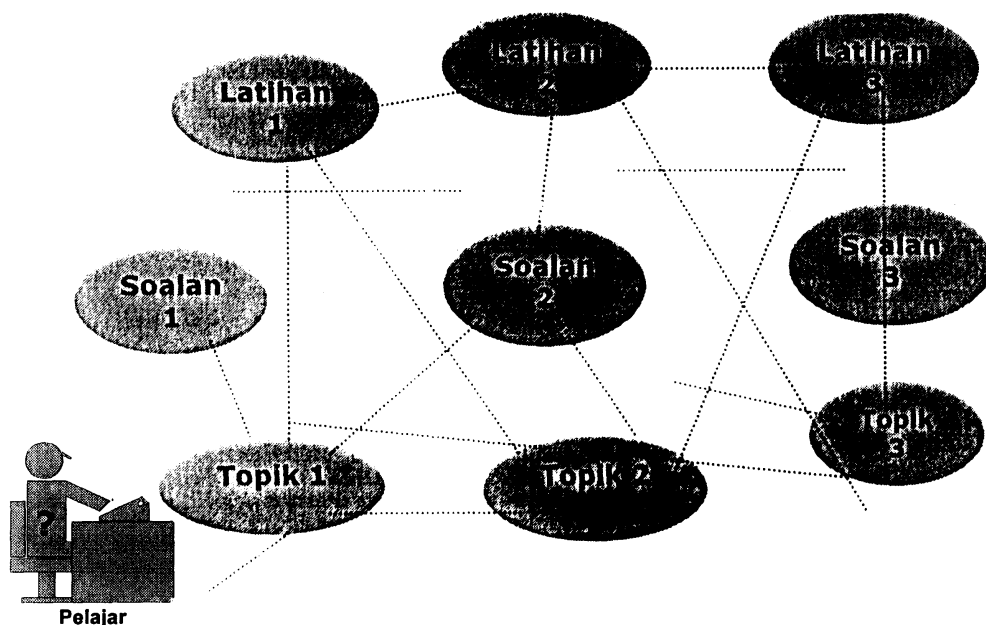
Sistem pembelajaran dan pengajaran berbantuan komputer (PBK) yang dibangunkan kebanyakannya adalah bersifat statik, iaitu semua bahan penyampaian dan soalan yang dikemukakan adalah sama bagi semua pengguna. Sedangkan pelajar sebagai pengguna, mempunyai tahap pengetahuan yang berbeza serta cara belajar yang berlainan antara satu dengan lain. Sistem hipermedia didapati sangat sesuai digunakan untuk tujuan pengajaran dan pembelajaran kerana pelajar boleh belajar secara sendiri dengan mengikut tahap kemampuan dan keinginan masing-masing. Ia juga boleh menjadi suatu alat kognitif yang membenarkan pelajar mengawal sistem sepenuhnya ketika mencapai bahan-bahan pelajaran, memilih soalan dan latihan bagi topik yang dikehendaki. Dalam menentukan tahap pengetahuan pelajar di dalam sistem hipermedia, terdapat pelbagai teknik yang boleh diketengah, di antaranya adalah menggunakan teknik kepintaran buatan.

Rangkaian neural adalah salah satu teknik di dalam kepintaran buatan yang sering digunakan oleh penyelidik di dalam bidang sains dan kejuruteraan. Rangkaian neural adalah satu penyajian mudahsuai terhadap unit rangkaian melalui satu proses pembelajaran daripada set data latihan. Model asas rangkaian neural yang pertama dicadangkan oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1943 (Fausett., L, 1994). Model ini membuka laluan kepada kajian lanjutan oleh John Von Neuman dan rakan-rakan. Satu rangkaian neural terdiri daripada sebilangan nod yang dihubungkan antara satu sama lain dengan pemberat tersendiri. Pembelajaran pada rangkaian dilakukan dengan sentiasa mengemaskini nilai pemberat tersebut. Penyelarasan pemberat pada talian dilakukan supaya kelakuan input dan output pada rangkaian memberikan nilai perbezaan ralat yang minima.

Kertas kerja ini membincangkan kajian terhadap pengelasan tahap pengetahuan pelajar menggunakan rangkaian rambatan balik berdasarkan kepada beberapa kriteria yang telah ditentukan oleh penulis. Data yang terlibat diskala pada julat tertutup  $[0,1]$  dan keputusan pengelasan yang dijana oleh rangkaian neural dibandingkan dengan data yang belum diskala.

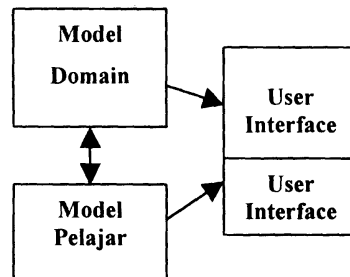
## 2.0 Sistem Pembelajaran Adaptif Berteknologi Hipermedia

Sistem pembelajaran adaptif berteknologi hipermedia adalah gabungan daripada dua sistem pembelajaran berbantuan komputer, iaitu sistem hipermedia untuk tujuan pembelajaran dan sistem tutor berkepentingan (Silva D. *et. al*, 1998). Sistem hipermedia untuk tujuan pembelajaran merupakan suatu sistem pembelajaran berbantuan komputer yang bahan-bahan pembelajarannya adalah berpautan antara satu dengan lain secara tidak linear. Sistem hipermedia dikenali sebagai sistem pembelajaran yang berpusat kepada pelajar kerana sistem ini memberikan pelajar sepenuh pengawalan ke atas proses pembelajaran di mana pelajar bebas memandu penjelajahannya dalam mendapatkan bahan pengajaran (**Rajah 1**).



Rajah 1: Sistem pembelajaran hipermedia yang berpusat kepada pelajar

Gabungan kedua-dua pendekatan ini memberikan kebebasan kepada pembelajaran secara penerokaan yang diperolehi daripada sistem hipermedia. Ia juga dapat menyesuaikan bahan pengajaran mengikut tahap pengetahuan dan tujuan pembelajaran pelajar tersebut dari bimbingan kepintaran yang diperolehi daripada sistem tutor berkepentaran (Kavcic A., 1998). Dengan kata lain, sistem pembelajaran adaptif berteknologi hipermedia merupakan sistem hipermedia yang melaksanakan teknik kepintaran buatan yang membenarkan pelajar mengawal proses pembelajaran mereka secara terpadu. Oleh yang sedemikian, proses pembelajaran dilakukan sendiri oleh pelajar, dengan sistem ini memberikan bimbingan dan bantuan secara dinamaik mengikut kesesuaian pelajar. Sistem pembelajaran adaptif berteknologi hipermedia mewarisi dua komponen utama daripada sistem tutor berkepentaran iaitu model domain dan model pelajar (**Rajah 2**).



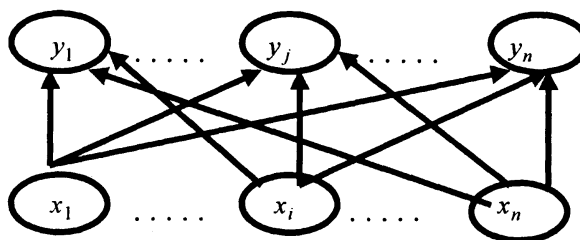
**Rajah 2: Komponen utama sistem tutor berkepentaran**

Namun terdapat juga sistem pembelajaran pintar yang lain yang boleh menambah beberapa komponen lagi seperti model tutor, model pedagogi, model motivasi dan sebagainya (Beck J. *et. al*, 1996). Model domain mewakili ilmu pengetahuan dalam domain pengajaran yang merupakan bahan-bahan yang akan diajar oleh sistem kepada pelajar. Domain biasanya dimodelkan oleh satu set konsep yang mewakili pengetahuan asas bagi domain dan konsep ini diterangkan dalam dokumen dan dipautkan antara satu dengan lain, membentuk satu rangkaian konsep atau semantik. Model pelajar pula merekod dan menyimpan maklumat khusus mengenai pelajar secara individu. Terdapat lima ciri pelajar yang boleh diwakilinya sama ada secara kombinasi atau tersendiri iaitu latar belakang pelajar, pengalaman pelajar, tujuan pembelajaran pelajar, tahap pengetahuan pelajar terhadap domain dan keutamaan atau kesukaan pelajar (Eklund. J *et. al*, 1996).

### 3.0 Rangkaian Neural dan Metodologi Pembelajaran Rambatan Balik

Suatu rangkaian neural boleh ditakrifkan sebagai satu pengajian penyesuaian terhadap unit rangkaian yang melalui proses pembelajaran daripada contoh latihan (Aleksander, 1990). Rangkaian akan menyimpan pengetahuan ujian dan menggunakannya apabila keadaan dipenuhi. Ini bermaksud bahawa setiap unit yang terhubung akan diumpukkan satu nilai pemberat tersendiri. Pembelajaran pada rangkaian dilakukan dengan sentiasa mengemaskini nilai pemberat. Pemberat akan sentiasa diselaraskan supaya kelakuan input dan output pada rangkaian lebih hampir dengan prasarana yang memberikan nilai input tersebut. Untuk membina satu rangkaian neural, kita perlu memutuskan bilangan unit pemprosesan pada aras input dan output serta jenis unit yang bersesuaian dan bentuk rangkaian yang akan digunakan.

Semua pengetahuan yang dimiliki oleh suatu rangkaian neural akan disimpan pada talian berpemberat yang wujud di antara neuron. Kehadiran pengetahuan ini pada talian berpemberat dan pola input akan menghasilkan pengetahuan yang dikemaskini semasa latihan. Pola input yang terlibat akan diberikan kepada rangkaian secara berjujukan. Kemudian pemberat akan diselaraskan bagi mencerpap pengetahuan yang berkaitan. Skema penyelarasan pemberat ini dikenali sebagai peraturan pembelajaran rangkaian neural (**Rajah 3**).



Rajah 3 : Peraturan pembelajaran rangkaian Neural

Pembelajaran rambatan balik merupakan salah satu operasi pembelajaran yang paling popular dalam rangkaian neural. Pembelajaran seumpama ini telah berjaya dilaksanakan dalam pelbagai masalah dan bidang. Rangkaian ini berfungsi dalam dua peringkat iaitu laluan kedepan dan laluan ke belakang. Latihan akan dimulakan dengan laluan kedepan melalui satu vektor input yang disampaikan dengan mengumpukkan keadaan pada unit pemprosesan input. Kemudian keadaan bagi unit dalam setiap aras akan ditentukan terhadap hubungan kehadiran daripada aras di bawah dan diagihkan kepada unit yang berada di aras atas. Prosedur ini mengubahsuai talian berpemberat pada rangkaian supaya dapat meminimumkan ukuran perbezaan antara vektor output sebenar dan vektor output sasaran. Nilai ralat  $\delta$  dihitung untuk elemen pemprosesan aras tersembunyi dan nilai ralat  $e$  dihitung untuk elemen pemprosesan aras output. Perubahan pemberat pada talian diubahsuai bagi mendapat ukuran ralat yang minimum. Operasi pengubahsuaian pemberat bermula pada aras output dan berundur kepada aras tersembunyi sebelum menuju kepada aras input. Operasi pembetulan ralat berlaku selepas pola data latihan berada di aras input dan operasi rambatan suap ke depan sempurna dilaksanakan (Maslina Darus *et. al*, 1998).

Terdapat 2 fasa yang terlibat apabila hendak menyelesaikan masalah yang berkaitan menggunakan rangkaian neural. Fasa tersebut adalah fasa konseptual dan fasa rekabentuk. **Fasa Konseptual** terdiri daripada beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan (Siti Mariyam Shamsuddin *et. al*, 2000). Antaranya :

- Pengesahan masalah yang hendak diselesaikan sama ada wujud kesesuaian untuk menggunakan rangkaian neural.
- Memilih paradigma penyelesaian seperti saiz data, keperluan perkakasan, sasaran data input dan data output.
- Menjana prototaip bagi menentukan keupayaan masalah tersebut untuk diselesaikan, dan lebih baik jika ada perbandingan dengan kaedah lain.
- Kesauran kajian masalah tersebut.

Fasa rekabentuk terdiri daripada :

- Penyediaan data seperti mengumpul maklumat tentang data yang berkaitan, pra-pemprosesan data tersebut dan pemilihan data bagi tujuan latihan dan ujian.
- Penentuan senibina rangkaian seperti jenis rangkaian yang hendak digunakan dan jenis fungsi keaktifan.
- Pengemaskinian parameter latihan yang melibatkan operasi cuba jaya atau daripada pengalaman.
- Latihan dan ujian merupakan bahagian yang memerlukan masa kajian yang panjang.
- Aplikasi penggunaan perisian, membangunkan aturcara atau gabung jalin dengan perkakasan yang sedia ada.

#### 4.0 Metodologi Pengkelasan Terhadap Tahap Pengetahuan Pelajar

Model pelajar mengandungi maklumat yang boleh digunakan untuk mengenalpasti tahap kefahaman pelajar dalam pembelajaran. Setelah dikenalpasti tahap kefahaman pelajar, satu hipotesis dibuat mengenai pendekatan seterusnya yang boleh digunakan ke atas pelajar tersebut. Tahap kefahaman pelajar boleh dikelaskan sebagai lemah, sederhana dan baik berdasarkan kepada kriteria yang dipilih oleh penulis. Kriteria yang telah dikenalpasti melalui penyelidikan ini ialah nilai markah purata kumulatif pelajar (CPA), masa yang diambil oleh pelajar dalam satu sesi pembelajaran, markah yang diperolehi dalam sesi soal-jawab, kekerapan pelajar menjejak semula dan kekerapan menggunakan bantuan dalam sistem berkaitan. **Jadual I** menggambarkan kriteria yang telah dipilih dan pengkelasan tahap kefahaman pelajar berdasarkan kepada kriteria tersebut.

**Jadual I : Kriteria Pengkelasan Tahap Kefahaman Pelajar**

Kriteria	Tahap Lemah ( $\alpha$ )	Tahap ( $\beta$ ) Sederhana	Tahap Cemerlang ( $\gamma$ )
Nilai CPA ( $x_1$ )	$x_1 < 2.7$	$2.7 \leq x_1 < 3.5$	$x_1 \geq 3.5$
Masa Belajar ( $x_2$ )	$x_2 > 100\%$ daripada masa yang ditetapkan	$80\% \leq x_2 \leq 100\%$ daripada masa yang ditetapkan	$x_2 < 80\%$ daripada masa yang ditetapkan
Pemarkahan soal-jawab ( $x_3$ )	$x_3 < 60\%$	$60\% \leq x_3 \leq 80\%$	$x_3 \geq 80\%$
Kekerapan Jejak Semula ( $x_4$ )	$x_4 > 3$	$2 \leq x_4 \leq 3$	$x_4 \leq 1$
Kekerapan Bantuan ( $x_5$ )	$x_5 > 3$	$2 \leq x_5 \leq 3$	$x_5 \leq 1$

Secara matematik, ini boleh digambarkan seperti berikut :

$$\alpha(x_i) \in \left\{ \begin{array}{l} x_1 < 2.7 \\ x_2 > 100\% \\ x_3 < 60\% \\ x_4 > 3 \\ x_5 > 3 \end{array} \right\}, \beta(x_i) \in \left\{ \begin{array}{l} 2.7 \leq x_1 \leq 3.5 \\ 80\% \leq x_2 \leq 100\% \\ 60\% \leq x_3 \leq 80\% \\ 2 \leq x_4 \leq 3 \\ 2 \leq x_5 \leq 3 \end{array} \right\}, \gamma(x_i) \in \left\{ \begin{array}{l} x_1 \geq 3.5 \\ x_2 < 80\% \\ x_3 \geq 80\% \\ x_4 \leq 1 \\ x_5 \leq 1 \end{array} \right\} \quad (1).$$

Berdasarkan nilai CPA, pelajar yang memperoleh nilai cpa kurang dari 2.7 dikelaskan sebagai lemah, pelajar yang mempunyai nilai CPA di antara 2.7 - 3.5 dikelaskan sebagai sederhana, dan pelajar dengan nilai CPA melebihi 3.5 dikelaskan sebagai cemerlang. Masa yang diambil oleh seseorang pelajar dalam sesi pembelajaran boleh digunakan untuk mengelaskan tahap kefahaman pelajar tersebut. Oleh yang sedemikian, bagi setiap tajuk, anggaran masa yang diambil oleh seorang pelajar akan ditentukan. Penulis mentakrifkan bahawa pelajar yang lemah akan mengambil masa belajar yang melebihi daripada masa yang ditetapkan, manakala pelajar yang sederhana berkemungkinan menggunakan keseluruhan masa yang ditetapkan, dan pelajar yang cemerlang menggunakan masa pembelajaran yang kurang daripada masa yang telah ditetapkan.

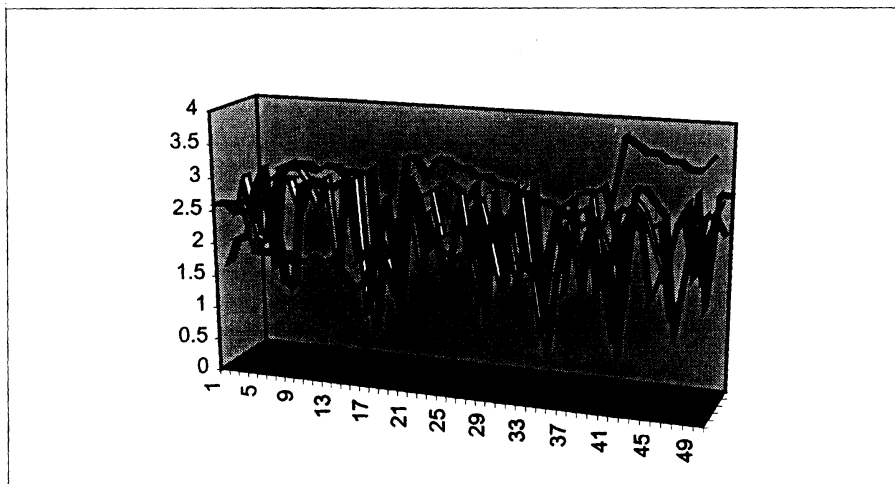
Sesi soal-jawab perlu disediakan dalam sistem pembelajaran sebagai satu cara untuk mengesan tahap kefahaman pelajar. Pelajar dengan pemarkahan kurang daripada 60% boleh dikelaskan sebagai pelajar lemah, pelajar dengan pemarkahan 60% - 80% merupakan pelajar sederhana, manakala pelajar cemerlang merupakan pelajar dengan markah melebihi 80 peratus. Semasa belajar melalui sistem pembelajaran hipermedia, kekerapan pelajar melakukan jejaksemula terhadap maklumat yang berkaitan boleh menggambarkan bahawa pelajar tersebut masih belum memahami tajuk-tajuk yang berkaitan dengan tajuk yang sedang dipelajari, hilang pedoman atau menyimpang daripada objektif asal pembelajaran. Di dalam penyelidikan ini, penulis mengandaikan bahawa pelajar yang lemah akan menjejak semula terhadap maklumat yang berkaitan lebih daripada 3X, pelajar yang sederhana diandaikan melakukan jejak semula di antara 2X - 3X, dan pelajar yang cemerlang hanya perlu menjejak semula sesuatu maklumat sama ada sekali atau tidak perlu menjejak semula.

Kekerapan pelajar menggunakan alatan bantuan dalam pembelajaran juga diambilkira dalam menentukan tahap kefahaman pelajar. Semasa proses pembelajaran, maklumat data berdasarkan kepada kriteria yang telah dinyatakan di atas akan dikumpul secara lelaran dan seterusnya maklumat data ini digunakan bagi menentukan tahap kefahaman pelajar. Melalui tahap kefahaman yang telah dikenalpasti, sistem pembelajaran hipermedia mempersembahkan corak pengajaran yang sesuai untuk tahap mereka, dan ini dilaksanakan dengan menggunakan teknik rangkaian neural iaitu rangkaian rambatan balik.

## 5.0 Pengkelasan Menggunakan Rangkaian Rambatan Balik

Di dalam kajian ini, data bagi kriteria yang diberi dikategorikan sebagai data yang telah diskala dan data yang belum diskala. Rangkaian rambatan balik digunakan bagi menguji masa pemprosesan dan peratus pengkelasan dengan menggunakan kedua jenis data ini. **Rajah 4** merupakan data input bagi kriteria yang dinyatakan di atas bagi tujuan pengkelasan. Bagi pemilihan dan pembentukan input data, 70 data yang berkaitan dipilih berdasarkan kepada kriteria yang telah diberi. Kriteria ini merupakan data input kepada rangkaian, dan mereka berada di aras input rangkaian. Terdapat banyak pendekatan dalam menentukan bilangan nod pada aras tersembunyi (Roselina *et. al*, 1999). Antaranya adalah :

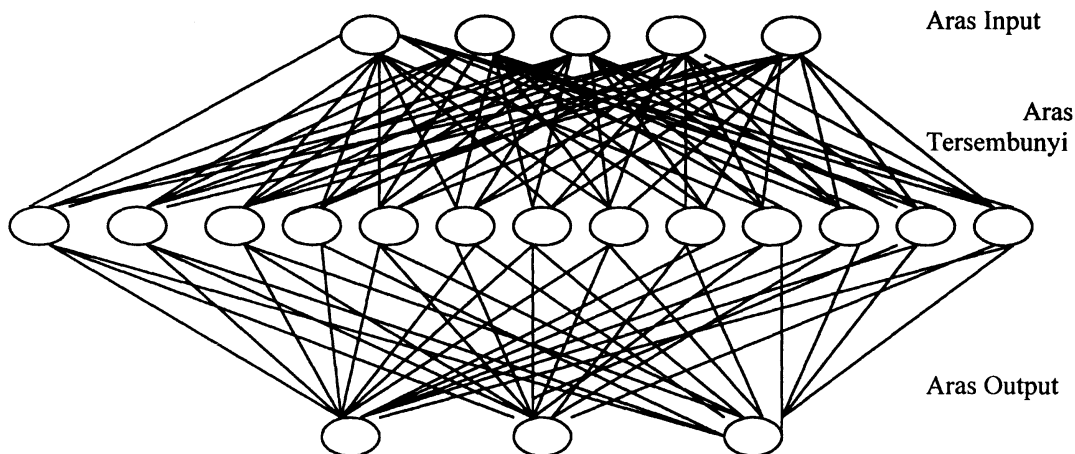
- $n$ , iaitu bilangan nod tersembunyi menyamai bilangan nod input yang digunakan,
- $\sqrt{(m \times n)}$  iaitu bilangan nod tersembunyi ditentukan menerusi hasil punca kuasa dua jumlah pendaraban bilangan nod input dan not output yang digunakan,
- $2n$ , iaitu bilangan nod tersembunyi didapati dengan mendarabkan bilangan nod input yang digunakan dengan nilai 2.



**Rajah 4 : Data Kriteria Pelajar**

Namun di dalam kajian ini, penentuan bilangan nod pada aras tersembunyi dilakukan secara cuba jaya, dan didapati bahawa bilangan nod tersembunyi yang bersesuaian bagi penyelidikan ini adalah sebanyak 13 unit, dan 3 unit pemprosesan pada aras output yang mewakili kategori lemah, sederhana dan cemerlang (**Rajah 5**). Di dalam kajian ini, apabila takat minimum dicapai, satu kecerunan akan dihitung dan pemberat akan diubahsuai supaya menuju kepada haluan kecerunan yang baru. Algoritma kecerunan tercuram digunakan yang mana teknik ini menggunakan dua parameter tambahan bagi mempercepatkan operasi penumpuan, iaitu pemalar pembelajaran,  $\alpha$ , dan pemalar momentum,  $\beta$ .

Pemalar pembelajaran mengukur keupayaan pengubahsuaian pemberat pada talian, manakala pemalar momentum merupakan satu titik penggal yang boleh mengubahsuaikan talian berpemberat di antara unit pemprosesan di dalam arah mencari purata kecerunan. Tindakbalas ini bertujuan mengelakkan operasi pembelajaran rambatan balik daripada terperangkap pada bahagian minimum tempatan.



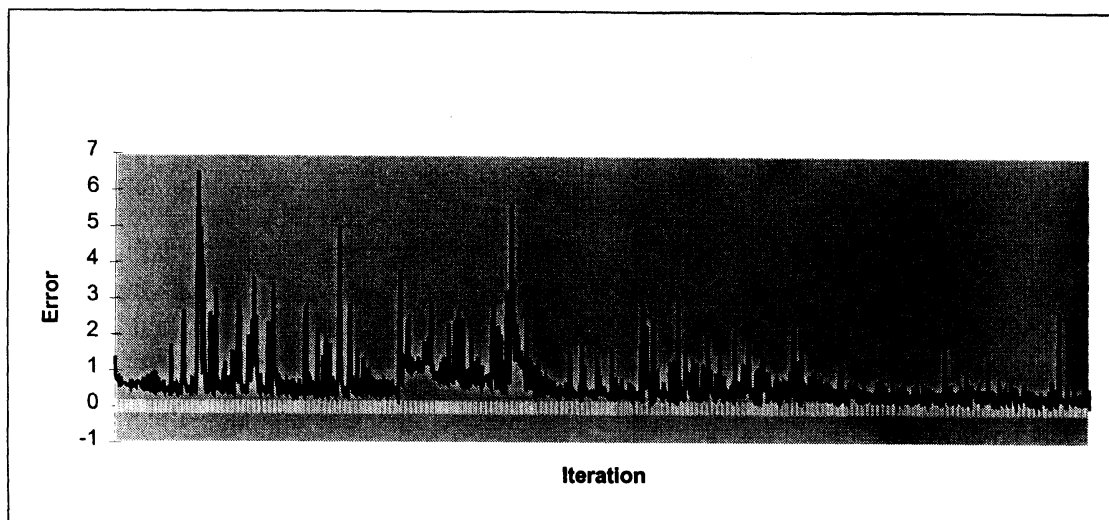
Rajah 5 : Model Rambatan Balik Bagi Tahap Kefahaman Pelajar

## 6.0 Keputusan

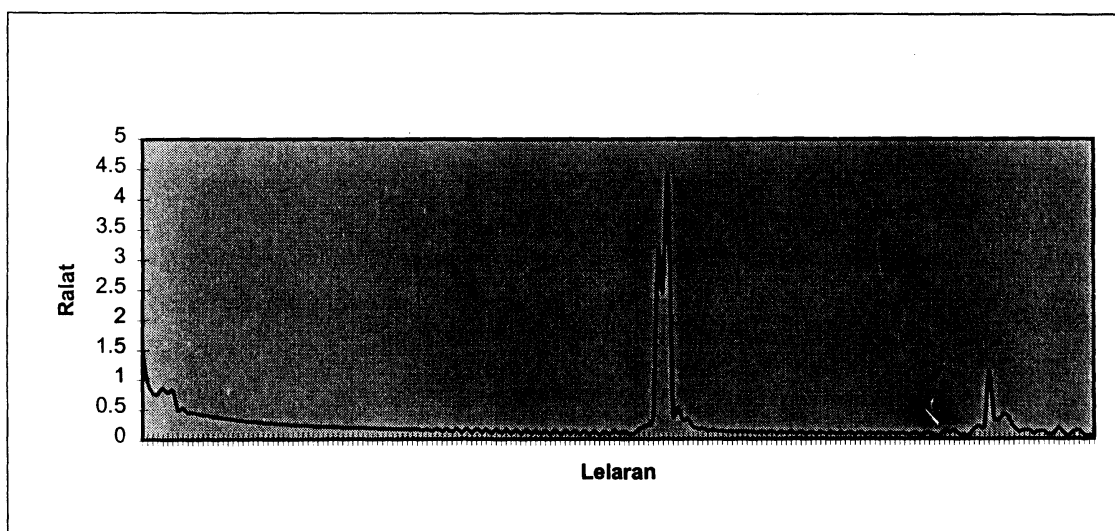
Kajian terhadap 70 data tahap kefahaman pelajar yang belum diskala dan sesudah diskala dilaksanakan dengan memilih fungsi sigmoid,  $\frac{1}{1+e^{-x}}$ , sebagai fungsi keaktifan. Parameter pembelajaran,  $\alpha = 0.7$ , parameter momentum,  $\beta = 0.2$  dan ralat maksimum  $e = 0.05$  ditentukan.

Rangkaian menggunakan nilai rawak bagi menentukan nilai awal bagi talian pemberat di setiap aras. Pelaksanaan terhadap data kriteria pelajar yang belum diskala menggunakan rangkaian rambatan balik dilakukan, dan didapati bahawa masa pemprosesan yang diambil oleh data jenis ini adalah sebanyak 5409 saat, berbanding dengan masa yang diambil oleh data yang telah diskala, iaitu sebanyak 1551 saat (Lihat **Rajah 6** dan **Rajah 7**).





**Rajah. 6 : Kadar Penumpuan Bagi Data Belum Di Skala**



**Rajah. 7 : Kadar Penumpuan Bagi Data Skala**

Daripada ujikaji di atas, di dapati bahawa peratus pengkelasan bagi kedua jenis data adalah 100% dengan data yang telah diskala memberikan operasi penumpuan yang lebih cepat berbanding data yang belum diskala. Ini memenuhi penyataan yang dibuat oleh (Timothy. M, 1993), bahawa apabila fungsi tak linear digunakan pada nod output, nilai output sasaran mestilah dijelmakan di dalam julat yang ditakrifkan oleh output sebenar rangkaian. Ini bertujuan memiawakan nilai output disamping mengelakkan masalah perhitungan yang kompleks. Masa pemprosesan dan kadar pengkelasan boleh dipertingkatkan dengan melakukan ujikaji lanjutan terhadap parameter rangkaian rambatan balik,  $\alpha$ , dan  $\beta$ , mengubahsuai bilangan nod tersembunyi berdasarkan kepada kriteria yang diberi di atas dan memilih algoritma pembelajaran yang lain seperti kecerunan konjugat atau *wavelets*.

## 7.0 Kesimpulan

Kertas kerja ini telah memperlihatkan kepenggunaan rangkaian rambatan balik terhadap pengkelasan tahap kefahaman pelajar berdasarkan kepada beberapa kriteria yang diberi di dalam pembelajaran adaptif berteknologikan hipermedia. Data kriteria pelajar diskala pada julat tertutup  $[0,1]$ , dan keputusan ujikaji yang diperolehi dibandingkan dengan data yang belum diskala bagi memperlihatkan operasi penumpuan rangkaian rambatan balik. Daripada keputusan yang diperolehi, didapati bahawa rangkaian memberikan kadar penumpuan yang lebih cepat terhadap data yang diskala berbanding dengan data yang tidak diskala dengan kadar pengecaman adalah 100%. Hasil keputusan yang telah dikelaskan oleh rangkaian rambatan balik terhadap tahap kefahaman pelajar akan disalurkan kepada pangkalan data yang terdapat pada sistem pembelajaran adaptif bagi melaksanakan operasi padanan satu dengan satu terhadap maklumat yang berkaitan. Oleh yang sedemikian, kajian ini akan diperluaskan lagi bagi mencari kaedah yang sesuai dan terbaik di dalam operasi padanan maklumat dan carian pelajar yang berkaitan.

## Rujukan

- Aleksander, I. And Morton, H. 1990. *An Introduction to Neural Computing*. London:Chapman and Hall.
- Beck J., Stern M. and Haugsjaa E. 1996. Applications of AI in Education, *ACM Crossroads*.
- Eklund J., Brusilovsky P. and Schwarz E., Adaptive Textbooks on the WWW, *Proceedings of Ausweb97 – The Third Australian World-Wide-Web Conference*, Queensland, Australia, 1997, pp. 186-192.
- Kavcic A. 1998. Adaptation and Navigation Techniques in Educational Adaptive Hypermedia Systems.
- Maslina Darius dan Siti Mariyam Hj. Shamsuddin. 1998. Pengoptimuman Rambatan Balik Terhadap Analisis Pelaburan Saham. *Jurnal Teknologi Maklumat*, Jilid 10(1), ms 46-57.
- Roselina Sallehuddin, Md. Salihin Ngadiman dan Siti Mariyam Hj. Shamsuddin. 1999. Penentuan Saiz Dan Bilangan Nod Tersembunyi Rangkaian Neural Bagi Peramalan. *Jurnal Teknologi Maklumat*, Jilid 11(1), ms 67-80.
- Silva D. et al. 1998. Concepts and documents for adaptive educational hypermedia: a model and a prototype. *Proceeding of the 2<sup>nd</sup> Workshop on Adaptive Hypertext and Hypermedia HYPERTEXT'98*, Pittsburgh, USA June 20-24.
- Siti Mariyam Hj. Shamsuddin, Maslina Darius dan Md. Nasir Sulaiman. 2000. Rangkaian Neural – Alternatif Pengkelasan Masalah ( Satu Imbasan ). *Prosiding Simposium Kebangsaan Sains Matematik ke-8*, UPMT, 1-2<sup>hb</sup> April.
- Timothy, Master. 1993. *Practical Neural Network Recipes in C++*. Academic Press, Inc.