

**APLIKASI RANGKAIAN NEURAL HMLP UNTUK SARINGAN BARAH
PANGKAL RAHIM BERDASARKAN IMEJ THINPREP**

Oleh

Mohd Izuddin Kasim

**Disertasi ini dikemukakan kepada
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian**

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN MEKATRONIK)

**Pusat Pengajian Kejuruteraan
Elektrik dan Elektronik
Universiti Sains Malaysia**

Mac 2006

ABSTRAK

Ujian palitan Pap merupakan salah satu ujian saringan yang sering digunakan untuk mengesan barah pangkal rahim pada peringkat awal. Namun demikian, kelemahan yang wujud pada ujian palitan Pap konvensional menyebabkan ujian palitan ThinPrep dicadangkan bagi meningkatkan pengesanan terhadap sel pra-barah. Sistem diagnosis berdasarkan kecerdikan buatan seperti rangkaian neural mampu untuk meningkatkan prestasi diagnosis barah pangkal rahim. Matlamat projek ini dijalankan adalah sebagai aplikasi rangkaian neural HMLP yang dilatih menggunakan algoritma MRPE bagi tujuan saringan barah pangkal rahim. Sistem analisis rangkaian neural dan sistem diagnosis barah pangkal rahim dibangunkan menggunakan perisian Borland C++ Builder versi 6. Sistem ini akan melakukan diagnosis berdasarkan data klinikal pada ciri-ciri imej yang diperoleh melalui sampel ujian palitan ThinPrep. Sebanyak 9 ciri-ciri imej palitan ThinPrep iaitu luas kawasan sel, paras biru sel, paras hijau sel, paras kelabu sel, paras merah sel, keamatan sel, keamatan1 sel, perimeter sel dan ketepuan sel dicadangkan sebagai masukan kepada rangkaian HMLP untuk mendiagnosis sel barah pangkal rahim kepada tiga kelas iaitu sel normal, sel LSIL dan sel HSIL. Analisis ciri-ciri dominan dilakukan bagi mengenalpasti ciri-ciri imej yang paling berpengaruh terhadap diagnosis. Keputusan menunjukkan ciri-ciri imej dominan untuk projek ini adalah luas kawasan sel dan perimeter sel pangkal rahim. Sistem diagnosis berasaskan rangkaian HMLP yang direkabentuk telah menghasilkan peratus kejituan sebanyak 88.5841%. Ini menunjukkan rangkaian HMLP mempunyai keupayaan yang tinggi sebagai pengelas pintar dalam mendiagnosis barah pangkal rahim.

APPLICATION OF HMLP NEURAL NETWORK FOR CERVICAL CANCER SCREENING BASED ON THINPREP IMAGE.

ABSTRACT

Pap smear test is commonly used as screening test to identify precancerous cells in the cervix. However, it has some limitations due to human and technical errors. To address these limitations, a new technique was proposed known as the ThinPrep. Diagnosis system based on artificial intelligence such as neural network has been proved in increasing the diagnostic performance. The purpose of this project is to build cervical cancer diagnosis system using the HMLP network which is trained using MRPE algorithm. The analysis of neural networks and diagnosis system is built using Borland C++ Builder software version 6. The diagnosis is done based on clinical data of image features of ThinPrep test samples. There are 9 image features were proposed as an input to the HMLP network to classify cervical cell into normal, LSIL and HSIL cell. The image features were area, blue level, green level, grey level, red level, intensity, intensity1, perimeter and saturation of cervical cell. Dominant features analysis bring into play to discover the image features that cause major effect to the diagnosis. Results show that the dominant image features for this project were area and perimeter of cervical cell. For overall diagnostic performance, the proposed diagnosis system based on the HMLP network produced 88.5841% of accuracy. This proves that the HMLP network has high applicability as intelligent classifiers to diagnose cervical cancer.

SENARAI KANDUNGAN

	Muka Surat
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SENARAI KANDUNGAN	iv
PENGHARGAAN	vii

BAB 1 PENGENALAN

1.1	Pengenalan.....	1
1.2	Masalah yang Dihadapi dan Alternatifnya.....	2
1.3	Objektif dan Skop Projek.....	3
1.4	Garis Panduan Laporan.....	4

BAB 2 KAJIAN ILMIAH

2.1	Pengenalan.....	7
2.2	Anatomi Pangkal Rahim.....	7
2.3	Sel Pangkal Rahim.....	8
2.4	Barah Pangkal Rahim.....	9
2.5	Ujian Palitan Pap.....	11
2.5.1	Kelemahan Ujian Palitan Pap.....	13
2.5.2	Ujian Palitan ThinPrep.....	14
2.6	Rangkaian Neural.....	16
2.6.1	Sejarah.....	16
2.6.2	Rangkaian Neuron Biologi.....	17

2.6.3	Rangkaian Neural Buatan.....	18
2.6.4	Senibina Rangkaian Neural.....	19
2.6.4.1	Rangkaian Neural Suap Hadapan.....	20
2.6.4.2	Rangkaian Neural Suap Balik.....	21
2.6.5	Proses Pembelajaran.....	22
2.6.6	Prestasi Rangkaian Neural.....	23
2.6.7	Aplikasi Rangkaian Neural Dalam Bidang Perubatan.....	25
2.7	Ringkasan.....	27

BAB 3 PENGESANAN BARAH PANGKAL RAHIM MENGGUNAKAN RANGKAIAN PERSEPTRON BERBILANG LAPISAN HIBRID (HMLP)

3.1	Pengenalan.....	28
3.2	Rangkaian Perseptron Berbilang Lapisan (MLP).....	28
3.3	Rangkaian Perseptron Berbilang Lapisan Hibrid (HMLP).....	30
3.3.1	Algoritma Pengubahsuaian Ralat Ramalan Jadi Semula (MRPE).....	32
3.4	Metodologi.....	35
3.4.1	Set Data Sel Pangkal Rahim.....	36
3.4.2	Penyediaan Antaramuka Analisis dan Aturcara Perisian.....	39
3.4.3	Analisis Ciri-ciri Dominan.....	39
3.4.4	Pembinaan Sistem Diagnosis Sel Pangkal Rahim.....	44
3.5	Kesimpulan.....	44

BAB 4	KEPUTUSAN	
4.1	Pengenalan.....	46
4.2	Antaramuka Sistem Analisis.....	46
4.3	Analisis Ciri-ciri Dominan.....	48
4.3.1	Luas Kawasan Sel Pangkal Rahim.....	48
4.3.2	Paras Biru Sel Pangkal Rahim.....	52
4.3.3	Paras Hijau Sel Pangkal Rahim.....	55
4.3.4	Paras Merah Sel Pangkal Rahim.....	59
4.3.5	Paras Kelabu Sel Pangkal Rahim.....	62
4.3.6	Keamatan Sel Pangkal Rahim.....	65
4.3.7	Keamatan1 Sel Pangkal Rahim.....	68
4.3.8	Perimeter Sel Pangkal Rahim.....	72
4.3.9	Ketepuan Sel Pangkal Rahim.....	75
4.3.10	Ulasan Analisis Ciri-ciri Imej Sel Pangkal Rahim.....	78
4.4	Analisis Sistem Diagnosis.....	80
4.5	Antaramuka Sistem Diagnosis Barah Pangkal Rahim.....	84
4.6	Kesimpulan.....	85

BAB 5	KESIMPULAN	
5.1	Rumusan.....	87
5.2	Kelemahan dan Cadangan.....	87

RUJUKAN

LAMPIRAN A: CARTA ALIR PERJALANAN PROJEK

**LAMPIRAN B: PRESTASI RANGKAIAN NEURAL BERDASARKAN
CIRI- CIRI IMEJ THINPREP**

PENGHARGAAN

Terlebih dahulu saya panjatkan kesyukuran kehadiran Illahi kerana dengan izin dan limpah kurniaNya saya dapat menyiapkan projek tahun akhir yang telah diamanahkan kepada saya dengan sebaik mungkin.

Setinggi-tinggi penghargaan dan ucapan jutaan terima kasih yang tidak terhingga saya tujukan khas kepada penyelia projek saya, Dr. Nor Ashidi Mat Isa yang telah banyak membantu dalam memberikan tunjuk ajar dan bimbingan kepada saya tanpa mengenal erti jemu dari permulaan sehinggalah projek ini siap sepenuhnya. Kesungguhan, ketekunan dan keprihatinan yang diberikan oleh beliau bukan sahaja kepada saya tetapi juga kepada rakan-rakan seperjuangan saya yang lain akan dijadikan sebagai sumber inspirasi untuk saya lebih maju pada masa hadapan.

Ucapan ikhlas terima kasih saya kalungkan kepada Pusat Pengajian Kejuruteraan Elektrik dan Elektronik, Universiti Sains Malaysia kerana telah menyediakan kemudahan yang secukupnya bagi melicinkan perjalanan projek ini. Bantuan yang diberikan tidak akan luput daripada ingatan saya.

Seikhlas penghargaan dan sanjungan buat keluarga tersayang kerana sentiasa mendoakan kejayaan saya. Dorongan dan sokongan yang diberikan adalah sebagai batu loncatan kepada saya untuk lebih bersemangat dalam menghadapi cabaran pada masa hadapan.

Tidak ketinggalan juga ucapan terima kasih saya tujukan kepada rakan-rakan yang banyak membantu saya terutamanya kata-kata semangat dan ilham daripada mereka. Sumbangan mereka telah membuka minda saya untuk menyiapkan projek ini dengan jayanya.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Berdasarkan perangkaan Pendaftaran Kanser Kebangsaan 2002, barah pangkal rahim telah menjadi pembunuh kedua selepas barah payu dara dengan pecahan 47% membabitkan kaum Cina, 42.6% mewakili kaum Melayu dan 10.4% mewakili kaum India (Berita Harian, 2006). Satu pertiga daripada jumlah kematian akibat barah di kalangan golongan wanita juga disebabkan oleh kanser ini.

Kerajaan Malaysia telah berusaha untuk meningkatkan kesedaran di kalangan rakyat Malaysia tentang bahaya penyakit barah ini melalui Program Kawalan Barah Nasional di samping usaha-usaha untuk mengawal, mengesan dan merawat penyakit barah. Malangnya, 80% wanita yang pertama kali disahkan menghadapi barah pangkal rahim sudah berada pada tahap yang serius dan tidak dapat diubati dengan sempurna sungguhpun program penyaringan barah pangkal rahim seperti ujian palitan Pap telah wujud sejak tahun 1943 (Ismail, 2005). Penyakit barah tertentu seperti barah pangkal rahim dan barah buah dada mampu dikesan pada peringkat awal. Ujian palitan Pap merupakan satu ujian saringan yang sering digunakan di Malaysia untuk mengesan sel tidak normal yang boleh mengakibatkan barah pangkal rahim. Pengesanan pada peringkat awal ini penting bagi mengelakkan penyakit barah tersebut merebak ke tahap yang lebih serius. Kematian akibat barah pangkal rahim seharusnya dapat dikurangkan, apatah lagi kempen kesedaran mengenai penyakit ini telah bermula sejak tahun 1960 dan ia sepatutnya boleh dikawal jika golongan wanita lebih mengambil berat terhadap kesihatan diri mereka.

1.2 Masalah yang Dihadapi dan Alternatifnya.

Jika dilihat pada statistik yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia pada tahun 2001, walaupun setelah terlaksananya program palitan Pap, kadar insiden barah pangkal rahim dalam jangkamasa 10 tahun iaitu dari tahun 1990 sehingga tahun 1999 tidak menunjukkan perubahan ketara di mana pada tahun 1990 kadar insiden adalah 13.3 per 100,000 wanita manakala kadar insiden pada tahun 1999 adalah 11.37 per 100,000 orang wanita. Ia menggambarkan bahawa program palitan Pap di Malaysia tidak menyeluruh dan tidak diamalkan oleh mereka yang memerlukannya iaitu kaum wanita yang telah bermulanya aktiviti perhubungan seks. Oleh itu, program ini telah gagal menyekat peringkat awal penyakit pangkal rahim yang melibatkan kumpulan sasaran tertentu daripada menjadi barah pangkal rahim. Kadar kematian akibat barah pangkal rahim di Malaysia dari tahun 1990 sehingga tahun 1999 tidak banyak berubah iaitu 0.5 per 100,000 wanita pada tahun 1990 dan 0.4 per 100,000 wanita pada tahun 1999. Pada masa yang sama, kajian oleh “National Health and Morbidity Survey II” pada tahun 1997 menunjukkan bahawa hanya 26% wanita Malaysia telah menjalani ujian palitan Pap dan keadaan ini amatlah mendukacitakan (Ismail, 2005).

Kekurangan ahli patologi di Malaysia merupakan salah satu faktor yang menyebabkan ujian palitan Pap tidak dapat dijalankan secara meluas di kalangan rakyat Malaysia walaupun kemudahan ujian palitan Pap telah ditingkatkan. Ahli patologi berperanan menghasilkan keputusan sesuatu proses penyaringan ke atas ujian palitan Pap. Kekurangan ahli patologi menyebabkan keputusan ujian palitan Pap diperoleh dalam jangka masa yang agak lama. Tambahan pula, seseorang ahli patologi hanya mampu menjalankan beberapa bilangan tertentu proses penyaringan dalam tempoh satu hari. Ini disebabkan oleh batas keupayaan mata manusia yang

akan mengalami keletihan jika melihat objek di bawah mikroskop dalam masa yang lama.

Kajian yang dijalankan oleh Othman *et al.* (1997) dan Hislop *et al.* (1994) mendapati ujian palitan Pap kurang berkesan untuk mengesan barah pangkal rahim pada peringkat awal. Terdapat tiga faktor kelemahan ujian palitan Pap iaitu sampel palitan yang tidak elok, kesalahan teknikal dan saiz perkembangan barah pada pangkal rahim yang kecil. Kesannya, kejituan diagnosis yang dibuat menurun.

Ujian palitan ThinPrep Pap adalah satu alternatif baru bagi menggantikan ujian palitan Pap dan ia telah terbukti lebih efektif dalam mengesan sel tidak normal pada pangkal rahim. Ujian palitan ThinPrep mampu mengekalkan sel dan meminimumkan pertindihan sel, darah, mukus dan radangan sekaligus mampu meningkatkan kejituan analisis (CYTYC, 2006).

Selain itu, penyelidikan-penyelidikan terdahulu telah membina sistem baru bagi meningkatkan kejituan diagnosis. Terdapat dua jenis sistem yang dibina iaitu sistem sokongan dan sistem alternatif. Sebahagian sistem sokongan dan alternatif yang dibina adalah berasaskan kecerdikan buatan. Salah satu kecerdikan buatan yang digunakan adalah rangkaian neural. Rangkaian neural telah terbukti mampu menjalankan fungsi-fungsi pemikiran manusia dan telah digunakan di dalam pelbagai bidang seperti pengelasan data, pemprosesan imej digital, pengecaman corak, kejuruteraan dan perubatan (Haykin, 1999; Fausett, 1994).

1.3 Objektif dan Skop Projek

Matlamat utama projek ini dijalankan adalah sebagai aplikasi rangkaian neural Perseptron Berbilang Lapisan Hibrid (*Hybrid Multilayered Perceptron, HMLP*) untuk diagnosis awal barah pangkal rahim. Sistem yang dibangunkan dilatih menggunakan

algoritma Pengubahsuaian Ralat Ramalan Jadi Semula (*Modified Recursive Prediction Error, MRPE*). Perisian yang digunakan untuk membangunkan sistem ini adalah perisian Borland C++ Builder versi 6.

Sistem diagnosis ini akan melakukan diagnosis berdasarkan data klinikal pada ciri-ciri imej yang diperoleh melalui sampel ujian palitan ThinPrep. Ciri-ciri imej tersebut merupakan input kepada rangkaian neural dan sistem diagnosis. Terdapat banyak ciri-ciri imej palitan ThinPrep yang boleh digunakan untuk mendiagnosis barah pangkal rahim. Oleh itu, analisis ciri-ciri dominan (*Dominant Features Analysis*) dilakukan bagi mengenalpasti ciri-ciri imej yang paling berpengaruh dan memberi kesan terhadap diagnosis melalui prestasi rangkaian neural.

Rangkaian neural direkabentuk untuk memodelkan permasalahan yang memerlukan pengelasan data melebihi dua kelas. Dalam projek ini, rangkaian neural HMLP digunakan untuk mengelaskan sel pangkal rahim kepada tiga kelas iaitu sel normal, sel lesi intra-epitelial skuamus gred rendah (*low-grade squamous intraepithelial lesion, LSIL*) dan sel lesi intra-epitelial skuamus gred tinggi (*high-grade squamous intraepithelial lesion, HSIL*). Tahap sel atau barah pangkal rahim tersebut merupakan keluaran kepada rangkaian neural dan sistem diagnosis.

1.4 Garis Panduan Laporan

Secara keseluruhannya, laporan ini mengandungi lima bab. Penerangan ringkas bagi setiap bab di dalam laporan ini akan diterangkan seperti berikut.

Bab pertama memberikan pengenalan ringkas mengenai projek yang akan dijalankan. Bermula dengan statistik barah pangkal rahim dan masalah yang dihadapi sehingga memerlukan kaedah terbaru bagi mengurangkan kes barah pangkal rahim.

Di samping itu, bab ini juga membincangkan skop dan objektif yang ingin dicapai daripada projek ini.

Bab kedua pula merupakan kajian ilmiah yang telah dijalankan. Kajian ini berkisar tentang barah pangkal rahim dan rangkaian neural. Pada permulaan Bab 2 ini, penjelasan mengenai anatomi, sel, barah dan tahap barah pangkal rahim berserta kesannya akan dibentangkan. Alasan mengapa Ujian palitan ThinPrep digunakan dalam usaha mengesan sel abnormal pada peringkat awal akan diulas berdasarkan kelemahan ujian palitan Pap konvensional. Kajian mengenai rangkaian neural dimulakan dengan teori dan konsep rangkaian neural biologi dan buatan. Perbincangan teori dan konsep rangkaian neural buatan merangkumi senibina, konsep pengoperasian, teknik pembelajaran dan prestasi rangkaian neural. Penerangan sepintas lalu mengenai aplikasi rangkaian neural dalam bidang perubatan mengakhiri Bab 2.

Rangkaian neural HMLP yang digunakan sebagai sistem diagnosis barah pangkal rahim akan dibincangkan dalam Bab 3. Penerangan akan dimulakan dengan rangkaian MLP yang merupakan teras kepada rangkaian HMLP berserta algoritma MRPE. Metodologi pelaksanaan projek ini juga akan diterangkan sehingga keluaran rangkaian neural diperoleh bermula dengan penyediaan data latihan dan data ujian bagi setiap ciri-ciri imej sel, pembinaan sistem analisis, analisis ciri-ciri dominan dan diakhiri dengan pembinaan sistem diagnosis berdasarkan rangkaian neural terbaik.

Bab 4 akan memapar dan membincangkan keputusan analisis prestasi rangkaian neural berdasarkan kejituan, sensitiviti dan spesifisiti di samping salah positif dan salah negatif. Terdapat dua jenis keputusan yang dibincangkan iaitu keputusan analisis bagi setiap rangkaian neural yang mewakili satu ciri imej sel pangkal rahim dan keputusan bagi sistem rangkaian neural yang mewakili ciri-ciri

dominan. Antaramuka sistem analisis dan sistem diagnosis juga dipaparkan sebagai hasil akhir sistem yang dibangun.

Bab 5 merupakan bab terakhir di dalam laporan ini. Semua keputusan dan ulasan daripada analisis-analisis yang telah dijalankan akan disimpulkan dalam bab ini. Kelemahan dan cadangan bagi projek ini juga disertakan bagi membaiki prestasi sistem pada masa hadapan.

Lampiran A memaparkan carta alir perjalanan projek secara keseluruhannya dalam usaha mengesan sel barah pangkal rahim. Jadual yang terdapat pada Lampiran B merupakan keputusan prestasi rangkaian neural HMLP mengikut ciri-ciri imej sel yang diperoleh melalui sampel ujian palitan ThinPrep.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

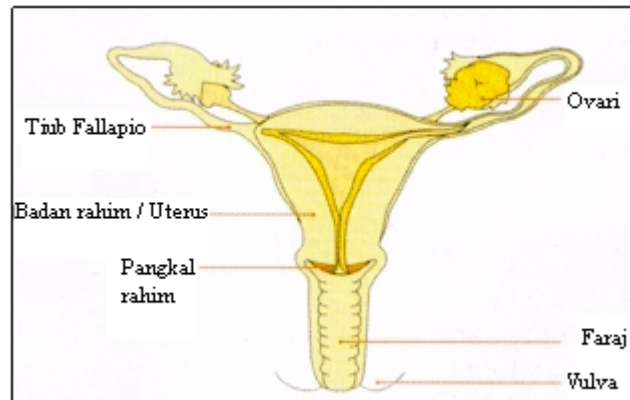
2.1 Pengenalan

Ujian palitan Pap merupakan salah satu ujian saringan untuk mengesan barah pangkal rahim pada peringkat awal. Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan yang terdapat pada ujian ini. Alternatif baru seperti ujian palitan ThinPrep dan sistem diagnosis berasaskan rangkaian neural berupaya untuk meningkatkan prestasi diagnosis. Rangkaian neural telah terbukti mampu menjalankan fungsi-fungsi pemikiran manusia dan telah digunakan di dalam pelbagai bidang termasuk dalam bidang perubatan (Haykin, 1999).

Bab ini akan membincangkan tentang barah pangkal rahim berserta rangkaian neural dengan lebih terperinci. Perbincangan mengenai rangkaian neural meliputi senibina, konsep pengoperasian, teknik pembelajaran dan prestasinya. Ujian saringan yang sering dijalankan untuk mengesan barah pangkal rahim juga akan dikupas.

2.2 Anatomi Pangkal Rahim

Pangkal rahim atau serviks merupakan salah satu bahagian di dalam sistem pembiakan wanita. Serviks dirujuk kepada apa sahaja struktur yang berbentuk seperti leher (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2006). Pangkal rahim adalah sempit dan terletak pada bahagian bawah rahim seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1. Ia merupakan sebahagian daripada rahim yang membuka ke arah faraj. Bahagian hujung bawah pangkal rahim boleh dibahagikan kepada dua kawasan iaitu ektoserviks (*ectocervix*) yang terletak pada bahagian luar dan endoserviks (*endocervix*) yang terletak lebih terkedalam.



Rajah 2.1 : Anatomi sistem pembiakan wanita

Terdapat satu simpang yang dinamakan simpang skuamor-kolumnar (*squamocolumnar junction*) yang menemukan lapisan epitelium skuamus pada ektoserviks dan lapisan epitelium kolumnar pada salur endoserviks. Di kawasan inilah sampel untuk ujian palitan Pap diambil kerana di kawasan ini biasanya berlaku perubahan yang dikenali sebagai displasia atau perubahan pra barah dan terjadinya barah (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2006).

2.3 Sel Pangkal Rahim

Sel terdiri daripada dua bahagian utama iaitu nukleus dan sitoplasma. Nukleus berbentuk bulat atau struktur memanjang dan kebiasaannya terletak pada bahagian tengah sel. Setiap komponen di dalam nukleus dan sitoplasma mempunyai saiz, bentuk dan ketumpatan yang berbeza yang menyebabkan imej yang kelihatan di bawah mikroskop mempunyai paras kelabu yang berbeza (Crum, 1994).

Pada pangkal rahim, terdapat empat jenis sel pada epitelium iaitu sel basal, parabasal, pertengahan dan *superficial* (Mat-Isa, 2002). Sel basal terletak di bawah epitelium dan ia mempunyai nukleus berbentuk bujur dan sitoplasmanya berwarna sedikit kehijauan. Sel ini sukar dikesan melalui ujian palitan Pap kerana kedudukannya yang terkedalam. Nukleus pada sel parabasal pula berbentuk bulat atau

bujur dan sitoplasmanya berwarna hijau pekat. Dalam ujian palitan Pap, sitoplasmanya akan berwarna merah jambu setelah diwarnakan dengan eosin. Sel pertengahan berbentuk poligon dan nukleusnya adalah bulat, berstruktur vesikel (*vesicular*) dan mempunyai corak kromatin yang halus. Sitoplasma sel pertengahan berwarna hijau pucat. Bagi sel *superficial*, ia berbentuk poligon dan saiznya lebih besar berbanding sel pertengahan tetapi saiz nukleusnya lebih kecil. Sitoplasmanya pula berwarna merah jambu ke jingga.

2.4 Barah Pangkal Rahim

Kebiasaannya, sel-sel akan membahagi melalui proses mitosis untuk membina lebih banyak sel untuk menggantikan sel-sel yang telah mati atau apabila organ memerlukannya. Namun demikian, jika sel-sel terus membahagi tanpa kawalan, ia akan mengakibatkan penghasilan sel yang tidak dikehendaki. Dalam barah pangkal rahim, sel-sel di pangkal rahim telah tumbuh secara tidak normal. Sel-sel tersebut terus membesar dan membentuk satu ketumbuhan atau tumor. Jika tidak dirawat, sel-sel barah ini boleh merebak ke bahagian badan yang lain melalui sistem darah atau limfa (Yong M., 2006). Secara amnya, pertumbuhan barah pangkal rahim atau serviks adalah perlahan dan beransur-ansur di mana ia mengambil masa di antara 10 hingga 15 tahun untuk berkembang (Ismail, 2005). Sebelum barah pangkal rahim berkembang, perubahan awal berlaku di dalam sel pada permukaan pangkal rahim dan ia merupakan peringkat pra-kanser.

Tumor atau ketumbuhan boleh dibahagikan kepada dua jenis iaitu tumor benign dan tumor malignan (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2006). Tumor benign merupakan ketumbuhan setempat yang bukan barah. Ia tidak merebak, tetapi mampu membesar dan boleh menyebabkan komplikasi setempat. Tumor malignan pula

merupakan ketumbuhan barah. Sel-selnya mampu memasuki dan merosakkan organ-organ setempat dan juga mampu merebak ke bahagian-bahagian lain yang lebih jauh dalam badan melalui saluran darah dan saluran limfa. Sel-sel itu juga mampu merebak dan mewujudkan komplikasi-komplikasi selanjutnya di paru-paru, hati dan tulang. Ini dikenali sebagai perebakan sekunder atau metastasis. Barah atau kanser secara globalnya telah diterima sebagai sejenis penyakit yang boleh membawa maut jika tidak dirawat (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2006).

Sel-sel barah terdiri daripada pelbagai jenis. Jenis yang paling biasa adalah sel kanser Skuamus dan Adenokarsinoma atau gabungan antara kedua-dua jenis sel ini. Sel kanser Skuamus mewakili di antara 80% hingga 85% dari keseluruhan kes kanser. Kanser ini biasanya bermula pada pangkal rahim dan dapat dikesan pada peringkat awal melalui ujian palitan Pap. Kanser jenis ini berkait rapat dengan Virus Papiloma Manusia (*Human Papilloma Virus, HPV*) yang diperolehi melalui aktiviti atau hubungan seks. Kanser jenis Adenokarsinoma pula berasal daripada tisu di dalam kelenjar serviks dan tidak berkaitan dengan hubungan seks. Lebih kurang 10% daripada keseluruhan kanser pangkal rahim adalah jenis Adenokarsinoma.

Barah pangkal rahim boleh dikategorikan kepada empat peringkat atau tahap seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.1.

Jadual 2.1: Peringkat atau tahap barah pangkal rahim.

Peringkat	Keterangan
0	"Karsinoma In-Situ" atau kanser peringkat awal yang ditemui di lapisan pertama pengalas sel serviks. Ia tidak lagi menembusi tisu-tisu serviks yang lain
1	Sel-sel Malignan yang tertumpu hanya kepada pangkal rahim dan belum lagi merebak

2	Sel-sel kanser telah merebak dan melampaui pangkal rahim, melibatkan 1/3 dari bahagian atas faraj.
3	Sel-sel kanser telah merebak ke bahagian pelvis dan 1/3 dari bahagian bawah faraj
4	Telah merebak ke dubur, pundi kencing dan juga bahagian-bahagian lain dalam badan.

Dalam bidang perubatan, apabila semua sel tidak normal berada di dalam epitelium dinamakan neoplasia intra-epitelial serviks (*cervical intra-epithelial neoplasia*, CIN). CIN bermaksud ketumbuhan baru yang wujud di dalam epitelial pangkal rahim. Istilah displasia juga digunakan. CIN terbahagi kepada tiga kategori iaitu CIN I, CIN II dan CIN III. Secara ringkasnya, CIN I merupakan displasia ringan, CIN II adalah displasia sederhana dan CIN III adalah displasia teruk (Kementerian Kesihatan Malaysia, 2006).

Penyebab barah pangkal rahim yang khusus masih belum ditemui. Virus Papiloma Manusia (HPV) telah dianggap sebagai punca utama bagi barah pangkal rahim setakat ini. Namun demikian, risiko barah pangkal rahim adalah lebih tinggi pada wanita yang tidak pernah atau lebih tiga tahun tidak melakukan ujian palitan Pap, mempunyai ramai pasangan seks, pasangan seks wanita tersebut mempunyai ramai pasangan seks, memulakan hubungan seks pada usia kurang daripada 18 tahun dan merokok (LPPKN, 2006).

2.5 Ujian Palitan Pap

Ujian palitan Papanicolaou atau lebih dikenali sebagai ujian palitan Pap merupakan salah satu ujian saringan yang sering digunakan untuk mengesan barah pangkal rahim pada peringkat awal. Pengesanan peringkat awal ini penting bagi membolehkan sebarang kewujudan sel tidak normal dikesan sebelum ia menjadi lebih

serius. Tujuan utama ujian palitan Pap ini adalah untuk mengesan sel abnormal yang berpotensi untuk menjadi sel barah (University Health Service, 2006).

Statistik yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia pada tahun 2001, pelaksanaan program palitan Pap telah berjaya menurunkan kadar insiden barah pangkal rahim. Pada tahun 1990 kadar insiden adalah 13.3 per 100,000 wanita manakala kadar insiden pada tahun 1999 adalah 11.37 per 100,000 orang wanita. Namun demikian, dalam jangkamasa 10 tahun tersebut iaitu dari tahun 1990 sehingga tahun 1999, pengurangan kes barah pangkal rahim tidak menunjukkan perubahan yang ketara (Ismail, 2005).

Ujian palitan Pap dimulakan dengan memalit sel pada simpang skuamokolumnar (*squamocolumnar junction*) pada pangkal rahim dengan menggunakan spatula atau berus kecil. Sel tersebut diambil dan spesimen yang diperolehi akan dipalit di atas slaid kaca. Palitan tersebut akan diawetkan menggunakan etanol untuk memelihara sel daripada kering (Mary-Calvagna, 2006). Bagi melihat komponen sel yang berbeza, palitan tersebut diwarnakan dengan pewarna. Sitoteknologis akan melihat palitan tersebut di bawah mikroskop untuk mengesan sel yang tidak normal. Kemudian, pakar patologi akan memeriksa palitan itu sekali lagi untuk tujuan pengesahan (Mat-Isa, 2002).

Keputusan ujian palitan Pap akan diklasifikasikan berdasarkan sistem Bethesda seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2.2. Ujian mengambil masa dua hingga tiga hari untuk diketahui keputusannya (LPPKN, 2006).

Jadual 2.2 : Sistem Bethesda

Klasifikasi	Displasia	CIN
Negatif	Normal	Normal
LSIL	Displasia sedikit	CIN I

HSIL	Displasia sederhana dan teruk	CIN II dan CIN III
Barah serius	Barah serius	Barah serius

2.5.1 Kelemahan Ujian Palitan Pap

Walaupun ujian palitan Pap mampu untuk mengesan barah pangkal rahim pada peringkat awal dengan baik, kelemahan yang terdapat pada ujian palitan Pap menyebabkan ujian tersebut kurang efektif. Dalam kajian terdahulu, sensitiviti ujian palitan Pap ini adalah di antara 50% hingga 90% (Mary-Calvagna, 2006). Sensitiviti merujuk kepada kebolehan untuk mengesan barah iaitu keputusan ujian saringan adalah positif ke atas orang yang mempunyai penyakit. Ini bermakna wujud kes salah negatif iaitu keputusan ujian saringan adalah negatif sedangkan orang yang diperiksa mempunyai penyakit.

Kajian yang dijalankan oleh Othman *et al.* (1997) dan Hislop *et al.* (1994) mendapati terdapat tiga faktor utama yang menyebabkan ujian palitan Pap kurang efektif iaitu sampel palitan yang tidak elok, kesalahan teknikal dan saiz perkembangan barah pada pangkal rahim yang kecil. Kesannya, kejituan diagnosis yang dibuat menurun. Persampelan yang tidak elok menyebabkan sampel palitan Pap sukar untuk disaring dan ia berpunca daripada kesalahan manusia. Akibatnya, bilangan sel yang dipalit adalah sedikit dan tidak mencukupi seterusnya menyebabkan kebarangkalian sel tidak normal tidak dipalit adalah tinggi.

Kehadiran bendasing seperti darah haid dan cairan faraj juga menyebabkan kebanyakan sampel palitan Pap tidak mencukupi untuk disaring kerana bendasing-bendasing tersebut menutupi sel pangkal rahim (Othman *et al.*, 1997). Sampel palitan

yang tebal di mana berlakunya pertindihan sel normal dan sel tidak normal juga memberikan kesukaran semasa proses penyaringan.

Bagi wanita yang telah menopause, kawasan palitan terletak di dalam kanal endoserviks. Ini menyebabkan proses palitan sel menjadi lebih sukar. Oleh itu, seseorang yang menjalankan proses palitan ini perlu mempunyai kemahiran dan pengalaman yang tinggi bagi memastikan palitan dibuat pada kawasan yang betul (Othman *et al.*, 1997). Selain itu, proses pengawetan dengan alkohol perlu dilakukan dengan baik bagi mengekalkan kewujudan sel dan mengelakkan sel-sel tersebut daripada kering. Sel yang kering akan menyukarkan proses penyaringan.

Keputusan ujian palitan Pap mengambil masa yang agak lama iaitu di antara dua hingga tiga hari (LPPKN, 2006). Ia disebabkan oleh keupayaan manusia di mana ahli patologi hanya mampu melakukan ujian saringan ke atas bilangan tertentu sampel palitan Pap dalam tempoh satu hari. Tambahan pula, mata manusia akan mengalami keletihan jika melihat objek di bawah mikroskop dalam tempoh masa yang lama.

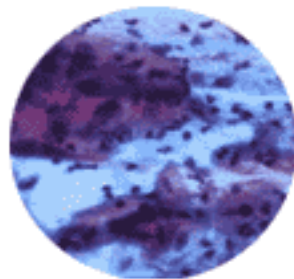
2.5.2 Ujian Palitan ThinPrep

Ujian palitan ThinPrep dibangunkan bagi mengatasi masalah yang terdapat pada ujian palitan Pap konvensional. Melalui ujian palitan ThinPrep, sel pangkal rahim dikeluarkan dengan cara yang sama pada ujian palitan Pap konvensional. Sampel asal yang diperoleh dari bahagian pangkal rahim kemudiaannya dibilas dengan larutan tertentu bagi meningkatkan pengesanan sel yang tidak normal.

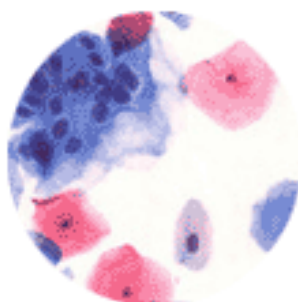
Ujian palitan ThinPrep adalah lebih efektif berbanding ujian palitan Pap konvensional dalam mengesan lesi intra-epitelial skuamus gred rendah (*low-grade squamous intraepithelial lesion, LSIL*) dan lesi intra-epitelial skuamus gred tinggi (*high-grade squamous intraepithelial lesion, HSIL*) (CYTYC, 2006). Berbanding

ujian palitan Pap biasa, ujian palitan ThinPrep telah berjaya meningkatkan pengesanan terhadap lesi pra-barah (*precancerous lesions*) sebanyak 65% di dalam populasi saringan dan peningkatan 6% pada populasi yang mempunyai risiko yang tinggi untuk mendapat barah (CYTYC, 2006).

Kualiti spesimen juga dapat ditingkatkan melalui ujian palitan ThinPrep kerana sampel dibilas dengan larutan tertentu untuk menipiskan mukus dan menghapuskan sisa-sisa yang boleh menutup sel-sel yang hendak dikesan. Rajah 2.2 menunjukkan imej sel yang diperoleh melalui ujian palitan. Melalui ujian palitan Pap konvensional, imej sel yang diperoleh dikaburi oleh darah, mukus dan radangan (*inflammation*) seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.2(a). Rajah 2.2(b) pula menunjukkan imej yang diperoleh melalui ujian palitan ThinPrep di mana ia melindungi sel dan meminimumkan pertindihan sel, darah, mukus dan radangan (CYTYC, 2006).



(a) Ujian palitan Pap konvensional



(b) Ujian palitan ThinPrep

Rajah 2.2 : Imej sel dari ujian palitan.

2.6 Rangkaian Neural

Rangkaian neural mempunyai potensi aplikasi yang merangkumi bidang kecerdikan buatan, kejuruteraan dan sains. Ia merupakan satu sistem yang direka untuk memodelkan cara sistem saraf biologi manusia bertindak di mana senibina, proses pembelajaran dan teknik pengoperasiannya adalah berdasarkan kepada rangkaian neural biologi tersebut. Rangkaian neural menyamai cara otak manusia bertindak dalam dua aspek iaitu pengetahuan yang dicapai melalui proses pembelajaran dan penyambungan neuron dalaman yang dikenali sebagai pemberat yang digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

2.6.1 Sejarah

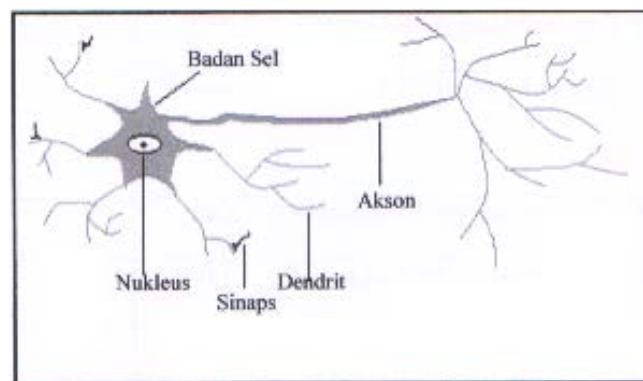
Sejarah awal rangkaian neural biologi adalah agak lama. Pada tahun 1873, Bain telah menulis sebuah buku tentang penemuan baru berkenaan otak manusia. Namun demikian, para saintis pada masa tersebut hanya mampu melihat rangkaian neural biologi dan tidak mampu melakukan eksperimen. Mereka hanya mampu mengkaji dan membina teori (Haykin, 1999).

Pembelajaran sebenar tentang rangkaian neural berlaku sebelum dan sehingga tahun 1940-an apabila perintis seperti McCulloch, Pitts dan Hebb cuba untuk mendapatkan maklumat dan mengkaji dengan lebih mendalam terutamanya berkenaan dengan neuron dan rangkaian neural. Mereka telah cuba untuk mendapatkan formula bagi struktur dan peraturan penyesuaian. Dalam tahun 1950-an, para saintis cuba untuk mentafsir misteri otak manusia dan mereka telah mula membina model rangkaian yang menyerupai rangkaian neuron biologi yang terdapat pada otak manusia. Kesannya, pada masa sekarang, jenis rangkaian neural buatan yang kerap

digunakan adalah rangkaian yang telah dihasilkan oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1943 (Haykin, 1999).

2.6.2 Rangkaian Neuron Biologi

Neuron merupakan unit struktur dan fungsi asas sistem saraf manusia. Ia berfungsi sebagai pemproses yang menerima maklumat dari neuron lain dan menghantar maklumat tersebut kepada neuron yang lain pula. Sel neuron manusia terdiri daripada badan sel, nukleus, sinaps, dendrit dan akson seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.3.



Rajah 2.3 : Sel neuron manusia

Secara teori, sel neuron manusia mempunyai tiga bahagian yang utama iaitu badan sel, dendrit dan akson. Setiap neuron mempunyai satu badan sel yang mempunyai banyak cabang yang dinamakan dendrit. Dendrit ini digunakan untuk menerima pelbagai maklumat atau input daripada neuron yang lain dan dibawa ke badan sel. Akson pula berperanan sebagai output yang membawa isyarat tindakan daripada sel neuron tersebut. Satu ruang kecil di antara dendrit dan akson yang dinamakan sinaps berperanan menghubungkan dua sel neuron. Setiap maklumat dikodkan berdasarkan perubahan isyarat elektrik dan apabila isyarat elektrik ini melepasi nilai ambang tertentu, sinaps tersebut akan dirangsangkan. Penghantaran dan

penerimaan maklumat di antara dua sel neuron hanya akan berlaku apabila sinaps tersebut dirangsang.

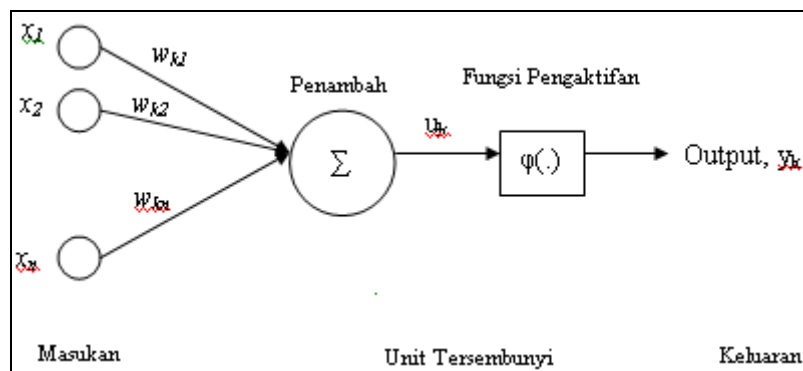
2.6.3 Rangkaian Neural Buatan

Rangkaian neural ditakrifkan sebagai pemproses teragih selari besar yang mempunyai satu kecenderungan semulajadi untuk menyimpan pengetahuan berpengalaman dan menggunakannya (Haykin, 1999). Ia menyamai cara otak manusia bertindak dalam dua aspek iaitu pengetahuan yang dicapai melalui proses pembelajaran dan penyambungan neuron dalaman yang dikenali sebagai pemberat yang digunakan untuk menyimpan pengetahuan.

Secara amnya, rangkaian neural mempunyai fungsi yang hampir sama dengan sel neuron manusia. Seperti sel neuron manusia, rangkaian neural juga mempunyai tiga bahagian utama iaitu input atau masukan, unit tersembunyi dan output atau keluaran, masing-masing menyerupai peranan pada dendrit, sel badan dan akson yang terdapat pada sel neuron manusia. Rajah 2.4 menunjukkan model umum sebuah rangkaian neural. Sebelum input memasuki bahagian pemprosesan atau unit tersembunyi, terdapat satu bahagian yang penting dalam model rangkaian neural iaitu pemberat. Pemberat-pemberat ini mempunyai fungsi yang sama seperti sinaps pada sel neuron manusia di mana ia memperkenalkan isyarat yang diterima kepada sel neuron yang berdekatan.

Berdasarkan kepada Rajah 2.4, andaikan neuron k yang dianalisa mempunyai n sinaps atau data masukan. Data x_j pada masukan sinaps ke- j yang disambungkan pada neuron k akan didarabkan dengan nilai pemberat sinaps ke- j tersebut, w_{kj} . Pendaraban ini menunjukkan kepentingan nilai pemberat kepada keluaran sesuatu neuron. Kemudian, penambah akan menjumlahkan kesemua data x_j yang telah

didarabkan dengan pemberat masing-masing. Hasil tambah nilai-nilai tersebut u_k , akan dihantar kepada fungsi pengaktifan $\phi(\cdot)$.



Rajah 2.4 : Model umum rangkaian neural

Permodelan neuron secara matematik berdasarkan Rajah 2.4 boleh diberi oleh dua persamaan berikut:

$$u_k = \sum_{j=1}^n w_{kj} x_j \quad (2.1)$$

dan

$$y_k = \phi(u_k) \quad (2.2)$$

di mana u_k adalah keluaran penambah, x_j adalah data masukan pada sinaps ke- j , w_{kj} adalah pemberat sinaps ke- j untuk neuron k , $\phi(\cdot)$ adalah fungsi pengaktifan dan y_k adalah keluaran bagi neuron k . Terdapat beberapa fungsi pengaktifan yang biasa digunakan seperti fungsi linear dan fungsi sigmoid. Pemilihan fungsi pengaktifan yang sesuai memberi kesan ke atas rangkaian neural di mana ia mampu mempercepatkan proses pembelajaran.

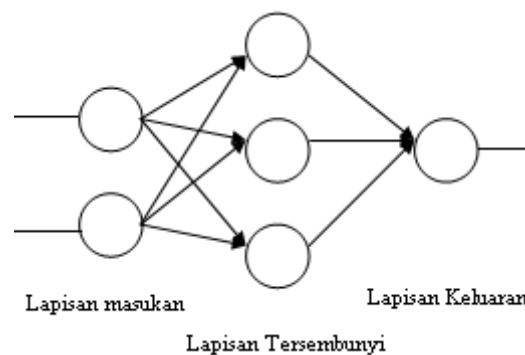
2.6.4 Senibina Rangkaian Neural

Terdapat pelbagai jenis rangkaian neural buatan. Setiap rangkaian neural berbeza di antara satu dengan yang lain berdasarkan senibina dan algoritma pembelajarannya. Secara amnya, senibina rangkaian neural boleh dibahagikan kepada

dua jenis yang utama iaitu rangkaian neural suap hadapan (*feedforward neural network*) dan rangkaian neural suap balik (*feedback neural network*) (Haykin, 1999). Perbezaan di antara dua jenis senibina rangkaian neural adalah kaedah penyambungan lapisan di dalam rangkaian tersebut.

2.6.4.1 Rangkaian Neural Suap Hadapan

Senibina bagi rangkaian neural suap hadapan adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.5 di mana neuron-neuron dalam rangkaian hanya membekalkan keluaran pada lapisan neuron selepasnya sahaja. Senibina asas rangkaian ini terdiri daripada tiga lapisan iaitu lapisan masukan, lapisan tersembunyi dan lapisan keluaran.



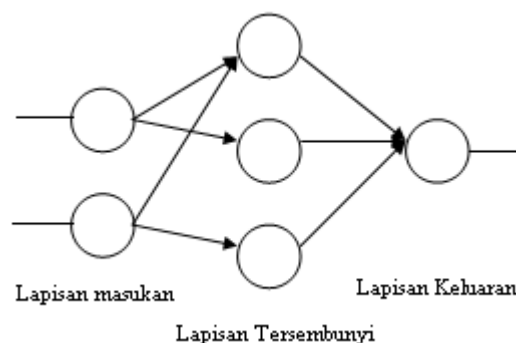
Rajah 2.5 : Rangkaian neural suap hadapan

Lapisan tersembunyi tidak semestinya hanya mempunyai satu lapisan. Terdapat juga rangkaian neural yang mempunyai lebih daripada satu lapisan tersembunyi bagi membolehkan rangkaian tersebut berupaya mengekstrak statistik sesuatu data pada peringkat yang lebih tinggi terutamanya apabila saiz masukan adalah besar (Mat-Isa, 2002).

Terdapat dua jenis penyambungan di antara neuron pada rangkaian neural suap hadapan iaitu rangkaian neural dengan sambungan penuh (*fully connected*) dan sambungan separa (*partially connected*). Rajah 2.5 dan Rajah 2.6 masing-masing menunjukkan rangkaian neural suap hadapan dengan sambungan penuh dan

sambungan separa. Berdasarkan Rajah 2.5, setiap neuron pada setiap lapisan akan disambungkan kepada setiap neuron pada lapisan yang berikutnya. Ini bermakna kesemua neuron pada lapisan terdahulu mempengaruhi aktiviti setiap neuron pada lapisan berikutnya.

Sambungan penuh pada rangkaian neural suap hadapan mewujudkan satu rangkaian neural yang kompleks. Kadangkala, tidak semua neuron pada lapisan terdahulu memberikan kesan kepada neuron lapisan yang berikutnya. Maka, penyingkiran sekurang-kurangnya satu sambungan neuron di antara dua lapisan tersebut akan menghasilkan satu rangkaian neural yang lebih ringkas yang dinamakan rangkaian neural suap hadapan dengan sambungan separa. Senibinanya adalah seperti dalam Rajah 2.6. Beberapa contoh rangkaian suap hadapan yang sering digunakan adalah Rangkaian Perseptron Berbilang Lapisan (*Multilayered Perceptron, MLP*) dan Rangkaian Perseptron Berbilang Lapisan Hibrid (*Hybrid Multilayered Perceptron, HMLP*).

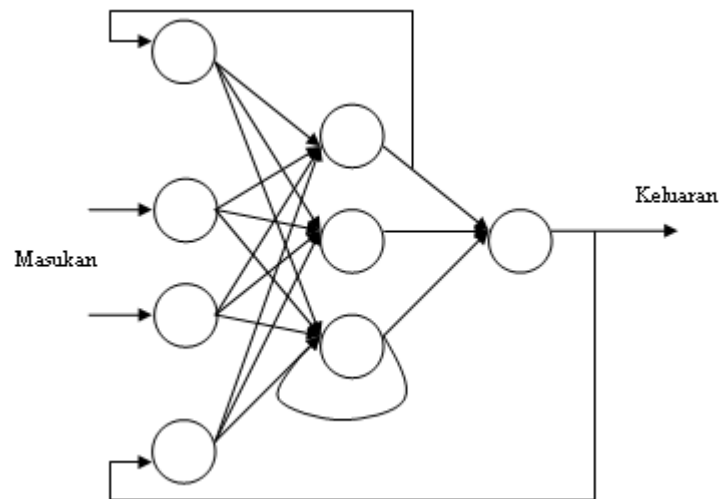


Rajah 2.6 : Rangkaian neural suap hadapan dengan sambungan separa

2.6.4.2 Rangkaian Neural Suap Balik

Senibina rangkaian suap balik adalah seperti dalam Rajah 2.7 di mana terdapat penambahan sekurang-kurangnya satu gelung suap balik (*feedback loop*). Dalam rangkaian jenis ini, neuron dibenarkan untuk membekalkan keluarannya kepada

neuron pada lapisan sebelumnya, selepasnya dan kepada neuron itu sendiri sebagai data masukan yang baru.



Rajah 2.7 : Rangkaian neural suap balik

Secara keseluruhannya, rangkaian neural suap hadapan lebih stabil dan pantas proses pembelajarannya berbanding rangkaian neural suap balik kerana ia memodelkan sesuatu sistem dengan satu laluan ke hadapan sahaja tanpa perlu menyuap balik keluarannya. Walau bagaimanapun, rangkaian neural suap balik mempunyai kelebihan dari segi keupayaannya untuk menyediakan keadaan tak lurus di dalam satu rangkaian lurus.

2.6.5 Proses Pembelajaran

Setiap pembinaan rangkaian neural perlu melalui dua fasa iaitu fasa pembelajaran atau fasa latihan dan fasa ujian. Proses pembelajaran adalah satu proses parameter-parameter rangkaian neural dipadankan melalui proses simulasi yang berterusan daripada persekitaran di mana rangkaian neural itu berada. Jenis pembelajaran adalah berdasarkan kaedah yang digunakan oleh parameter untuk berubah (Haykin, 1999).

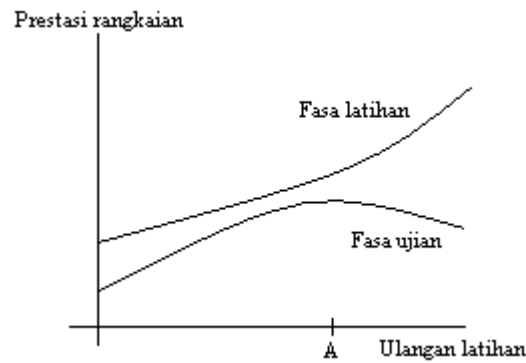
Dalam fasa latihan, nilai optimum parameter-parameter bagi rangkaian neural akan dicari. Rangkaian neural akan dimasukkan dengan satu set data latihan yang digunakan untuk mempelajari ciri-ciri statistik data masukan dan mewakili keseluruhan data tersebut. Pada fasa ujian pula, satu set data ujian akan dimasukkan kepada rangkaian neural yang telah dilatih bagi menentukan keupayaan rangkaian neural tersebut.

Terdapat dua jenis algoritma pembelajaran bagi rangkaian neural iaitu pembelajaran terselia (*supervised learning*) dan pembelajaran tak terselia (*unsupervised learning*). Pembelajaran secara terselia merupakan pembelajaran yang mempunyai pasangan set data masukan dan data keluaran sasaran. Data keluaran sasaran ini bertindak sebagai ‘guru’ agar keluaran rangkaian neural mengikut atau menghampiri keluaran yang dikehendaki di mana ralat keluaran diminimumkan. Ralat keluaran merujuk kepada perbezaan di antara keluaran rangkaian dengan keluaran sasaran. Nilai optimum bagi parameter-parameter rangkaian neural dapat diperoleh apabila rangkaian neural tersebut dapat mewakili keseluruhan data masukan dan meminimumkan ralat keluaran (Mat-Isa, 2002).

Bagi pembelajaran tak terselia, ia tidak mengandungi ‘guru’ untuk memantau keluaran. Ini bermakna data latihan hanya mengandungi data masukan di mana data keluaran sasaran tidak disediakan. Pembelajaran hanya berdasarkan kepada penyusunan sendiri dan pengalaman daripada nilai-nilai data masukan yang telah diberi kepada rangkaian neural.

2.6.6 Prestasi Rangkaian Neural

Secara amnya, prestasi rangkaian neural pada kedua-dua fasa latihan dan ujian boleh digambarkan seperti Rajah 2.8.



Rajah 2.8 : Prestasi rangkaian neural melawan bilangan lelaran latihan

Berdasarkan Rajah 2.8, pada permulaannya, penambahan bilangan lelaran data akan meningkatkan prestasi rangkaian neural pada kedua-dua fasa. Rangkaian neural akan meningkatkan keupayaan pengitlakannya (*generalization*). Pengitlakan bermaksud keupayaan rangkaian neural untuk belajar, mengesan dan mewakili ciri-ciri statistik data latihan dan berkemampuan untuk menentu luar (*extrapolate*) data baru pada fasa ujian (Mat-Isa, 2002). Rangkaian neural akan mencapai pengitlakan optimum pada titik A di mana prestasi maksimum dicapai pada fasa ujian. Selepas titik A tersebut, prestasi fasa latihan terus meningkat tetapi prestasi pada fasa ujian telah menurun. Ini kerana wujudnya fenomena panghafalan data (*data memorization*) di mana rangkaian neural mula menghafal ciri-ciri spesifik data latihan. Maka, pengemaskinian parameter-parameter rangkaian adalah berdasarkan ciri-ciri spesifik dan bukannya ciri-ciri statistik seperti yang dikehendaki. Kesannya, rangkaian neural gagal menentu luar data ujian yang baru kerana ciri-ciri spesifik di antara data latihan dengan data ujian adalah berbeza (Mat-Isa, 2002).

Keupayaan pengitlakan dan prestasi rangkaian neural ditentukan oleh beberapa faktor iaitu saiz data latihan, bilangan lelaran data latihan, bilangan neuron atau nod dan pemberat rangkaian. Bilangan nod memberikan kesan yang sama seperti bilangan lelaran data iaitu pertambahan bilangannya akan meningkatkan prestasi rangkaian. Namun demikian, apabila bilangan nod berlebihan terutamanya jika