

**KLASIFIKASI SEL-SEL KANSER PAYUDARA MENGGUNAKAN
RANGKAIAN NEURAL PETA-PETA PENUBUHAN-DIRI (SOM)**

Oleh

NURYANTI BINTI MOHD. SALLEH

Disertasi ini dikemukakan kepada

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN

(KEJURUTERAAN ELEKTRONIK)

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

Mei 2006

ABSTRAK

Perkembangan teknologi yang semakin pesat dewasa ini sedikit sebanyak telah memberi sumbangan dalam bidang sains dan teknologi. Kemajuan yang dicapai dalam aspek penyelidikan perubatan dapat membantu mengesan jangkitan kanser yang semakin menular. Pengesanan kanser pada peringkat awal sememangnya amat penting bagi membolehkan rawatan dibuat. Penemuan baru kaedah rangkaian neural yang semakin popular dan aplikasinya dalam bidang perubatan dapat memudahkan proses pengesanan sel-sel kanser. Bukan itu sahaja, malah keboleharapan sesetengah kaedah ini juga telah dilaporkan lebih tepat berbanding dengan kaedah konvensional. Justeru itu, pelaksanaan projek ini, adalah bertujuan untuk mengkaji keberkesanan kaedah rangkaian neural dalam mengklasifikasi sampel-sampel sel kanser payudara. Dalam projek ini, klasifikasi sel-sel kanser payudara telah dilaksanakan berdasarkan kaedah Peta-peta Penubuhan-Diri Kohonen 2-Dimensi. Lima masukan dan satu keluaran telah dikenakan bagi menentukan sama ada sel telah dijangkiti kanser atau tidak. Satu set data latihan telah digunakan bagi membolehkan rangkaian mempelajari melakukan pengesanan sel-sel kanser payudara. Algoritma sanggaan belakang telah dipilih bagi melatih rangkaian ini. Satu set data ujian juga telah digunakan untuk menentusahkan prestasi model rangkaian ini. Hasil daripada penyelidikan yang dibuat, keputusan telah menunjukkan bahawa penggunaan kaedah rangkaian neural ini, mampu menghasilkan peratus ketepatan diagnosis setinggi 96.53% bagi set data latihan dan 92.75% bagi set data ujian. Tiga ciri dominan sel payudara yang telah dapat dikenalpasti adalah sel terpisah, panjang X dan panjang Y. Projek ini telah dilaksanakan dengan menggunakan perisian 'NeuralWorks Professional II / Plus'.

ABSTRACT

The rapid era of technology advancement has contributed a big impact against science and technology approach. This development achievement in medical investigation could helps to detect cancer infection which expanded mostly among the women. Cancer detection in its earliest stage definitely is very important for an effective treatment. New innovation in neural network methods which have become popular and its application in medical field have enabled prediction of the cancer cells easier. Not just that, the ability some of those methods have also been reported more accurate as compared to conventional methods. Therefore, the purpose of this project is to investigate the possibility of neural network methods in classifying breast cancer cells. In this project, breast cancer cells classification was achieved based on Self-Organizing Maps Kohonen 2-Dimension neural network. Five inputs and an output were used to detect whether the cells are cancerous or not. A set of training data was used to train the network. Back Propagation algorithm has been chosen to train the network. A set of testing data was used to determine the potential of this network model. The results showed that the application of this neural network method was able to achieve 96.53% of classification accuracy for training set and 92.75% for testing set. Discrete cell, X length and Y length were the three dominant features that have been identified. This project was implemented using 'NeuralWorks Professional II / Plus' software.

KANDUNGAN

	Muka Surat
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SENARAI ISI KANDUNGAN	iv
SENARAI RAJAH DAN JADUAL	vii
PENGHARGAAN	xii
PRAKATA	xiii
BAB 1 PENGENALAN	
1.1 Pengenalan	1
1.2 Matlamat Projek	3
1.3 Objekif Projek	3
1.4 Bentangan Panduan Laporan Projek	4
BAB 2 KAJIAN ILMIAH	
2.1 Pengenalan	7
2.2 Kanser	8
2.2.1 Pengertian Kanser	8
2.2.2 Pembentukan Kanser	8
2.3 Payudara	10
2.4 Kanser Payudara	14
2.4.1 Gejala-Gejala Kanser Payudara	15
2.4.2 Faktor-Faktor Kanser Payudara	17

2.4.3	Tahap Penghidapan Kanser Payudara	18
2.4.4	Kategori Kanser Payudara	20
2.4.5	Komplikasi Kanser Payudara	20
2.4.6	Kaedah Pengesanan Kanser Payudara	21
2.5	Rangkaian Neural	24
2.5.1	Takrifan Rangkaian Neural	25
2.5.2	Sejarah Rangkaian Neural	26
2.5.3	Analogi Otak Manusia Terhadap Rangkaian Neural Biologi	27
2.5.4	Rangkaian Neural Buatan (RNB)	31
2.5.5	Elemen Asas RNB	34
2.5.6	Jenis-jenis Senibina RNB	37
2.5.7	Algoritma Pembelajaran	38
2.5.8	Pemilihan Rangkaian Neural Bagi Aplikasi	42
2.6	Peta-Peta Penganjuran Diri (SOM)	43
2.6.1	Aturan Perlaksanaan SOM	45
2.6.2	Penentuan Elemen Pemprosesan Pemenang SOM ...	50
2.7	Algoritma Sanggaan Belakang (<i>Back Propagation</i>)	54
2.7.1	Aturan Perlaksanaan Algoritma Sanggaan Belakang ..	54
2.8	Penglibatan Perisian Bagi Perlaksanaan Projek	58
2.8.1	NeuralWorks Professional II / Plus	58
2.9	Ringkasan	64
BAB 3	METODOLOGI	
3.1	Pengenalan	65

3.2	Pengelasan Data	65
3.3	Kaedah Implementasi Rangkaian Neural	67
3.4	Kaedah Implementasi Perisian	72
3.4.1	Penyediaan Fail Data	74
3.4.2	Pembinaan dan Pengoptimuman Struktur Model Rangkaian Proses Latihan Model Rangkaian	75
3.4.3	Proses Ujian Model Rangkaian	84
3.5	Ringkasan	88

BAB 4 KEPUTUSAN

4.1	Pengenalan	89
4.2	Analisa Prestasi Diagnosis	89
4.2.1	Kesan Bilangan Iterasi	91
4.2.2	Kesan Bilangan Nod Tersembunyi	94
4.2.3	Kesan Bilangan Nod Masukan	97
4.3	Ulasan	102

BAB 5 PENUTUP

5.1	Pengenalan	106
5.2	Kesimpulan	106
5.3	Masalah-masalah Yang Dihadapi	108
5.4	Cadangan Membina	110

BAHAN RUJUKAN

LAMPIRAN A : ANATOMI PAYUDARA MANUSIA

SENARAI RAJAH DAN JADUAL

Muka Surat

SENARAI RAJAH

Rajah 2.1 : Perbandingan di Antara Sel Normal dan Sel Barah	9
Rajah 2.1(a) : Apabila sel normal rosak atau tua, ia melalui apoptosis	10
Rajah 2.1(b) : Sel barah mengelak apoptosis	10
Rajah 2.2 : Proses Pertumbuhan Payudara	11
Rajah 2.3 : Struktur Payudara	12
Rajah 2.4 : Struktur Dalaman Payudara	12
Rajah 2.5 : Kelenjar Payudara	13
Rajah 2.6 : Anatomi Payudara Secara Lebih Terperinci	13
Rajah 2.7 : Gejala-gejala Kanser Payudara	16
Rajah 2.8 : Tahap-tahap Penghidapan Kanser Payudara	19
Rajah 2.9 : Imej Sel Payudara yang Terhasil Melalui Mamografi	22
Rajah 2.10 : Struktur Asas Neuron dalam Otak Manusia	28
Rajah 2.11(a) : Komponen-komponen Utama Neuron Biologi	30
Rajah 2.11(b) : Struktur Sinaps	30
Rajah 2.12 : Model Neuron Buatan	32
Rajah 2.13 : Model Ringkas Rangkaian Neural	34
Rajah 2.14(a) : Rangkaian Neural Suap Balikan	37
Rajah 2.14(b) : Rangkaian Neural Suap Hadapan	38
Rajah 2.15(a) : Model Rangkaian Neural dengan Algoritma Pembelajaran Terselia	39

Rajah 2.15(b) : Hubungan Antara Ralat dan Nilai Pemberat	40
Rajah 2.16 : Model Rangkaian Neural dengan Algoritma Pembelajaran Tak Terselia	41
Rajah 2.17 : Lapisan 2-dimensi bagi elemen-elemen pemprosesan yang diwakili oleh beberapa titik dengan tiga baris dan empat lajur	44
Rajah 2.18(a) : Lapisan masukan disambungkan sepenuhnya ke 3×4 elemen -elemen pemprosesan, lapisan Kohonen 2-dimensi (hanya 3 daripada 36 sambungan ditunjukkan di situ)	46
Rajah 2.18(b) : Lapisan masukan disambungkan sepenuhnya ke lapisan Kohonen 2-dimensi (hanya 3 daripada 36 sambungan ditunjukkan) dan lapisan Kohonen 2-dimensi disambungkan sepenuhnya pula ke lapisan pengkategorian (hanya 5 daripada 60 sambungan ditunjukkan)	46
Rajah 2.18(c) : Lapisan-lapisan ramalan	47
Rajah 2.19 : Kawasan Berdekatan Di Sekeliling Unit (Neuron) Pemenang	47
Rajah 2.20 : Topologi Segi Empat Sama Kawasan Berdekatan Λ Di Sekeliling Neuron Pemenang i dengan 7×7 Elemen Pemprosesan	49
Rajah 2.21 : 3 Jarak Terkecil Bagi Nilai Masukan Pada Elemen-Elemen Pemprosesan Kohonen	50
Rajah 2.22 : Struktur Persembahan Rangkaian Neural SOM Kohonen	53
Rajah 2.23 : Topologi Model Rangkaian Sanggaan Belakang	55
Rajah 2.24(a) : Antaramuka Perisian NeuralWorks Professional II / Plus	61
Rajah 2.24(b) : Nilai-nilai parameter diisi pada ruangan menu <i>InstaNet</i>	62
Rajah 2.24(c) : Paparan keluaran yang dikehendaki dipilih pada menu <i>Instrument</i> .	62
Rajah 2.24(d) : Pemilihan jenis rangkaian	62

Rajah 2.24(e) : Pemilihan persembahan paparan keluaran yang dikehendaki	63
Rajah 2.24(f) : Data bagi pelaksanaan <i>Minmax Table</i>	63
Rajah 2.24(g) : Nilai bagi <i>RMS Error</i> dan <i>Correlation</i> dipaparkan	63
Rajah 3.1 : Gambarajah blok klasifikasi sel-sel kanser payudara rangkaian neural SOM	67
Rajah 3.2 : Struktur rangkaian neural yang dilatih dan diuji	68
Rajah 3.3 : Prosedur-prosedur Konsep Pelaksanaan Keseluruhan Projek	71
Rajah 3.4 : Carta Alir Operasi Keseluruhan Perisian	73
Rajah 3.5 : Fungsi Pindah Sigmoid	78
Rajah 3.6 : <i>Bias</i> Disambungkan Kepada Setiap Nod Tersembunyi dan Keluaran	81
Rajah 3.7 : Senibina Rangkaian Neural SOM Menggunakan Perisian	81
Rajah 3.8 : Rangkaian diset supaya dilatih sebanyak 200,000 kitar	85
Rajah 3.9 : Menu <i>Run / Test</i> Pada Program Perisian	86
Rajah 3.10 : <i>Training File Pass</i> dipilih bagi menghasilkan fail keputusan latihan.	87
Rajah 3.11 : <i>One Pass/ All</i> dipilih bagi menghasilkan fail keputusan proses ujian.	88
Rajah 4.1 : Analisa peratus ketepatan diagnosis pada 10 nod tersembunyi bagi 5 data masukan	92
Rajah 4.2 : Analisa peratus ketepatan diagnosis pada 50 bilangan iterasi bagi 5 data masukan	96
Rajah 4.3 : Analisa peratus ketepatan diagnosis melawan nod tersembunyi terbaik pada 50 iterasi terhadap struktur ciri gabungan terbaik bagi bilangan masukan berbeza	101
Rajah 4.4 : Aturan Pelaksanaan Rangkaian Neural SOM 2-Dimensi	104

JADUAL

Jadual 2.1 : Simptom bagi setiap peringkat penghidapan kanser payudara	18
Jadual 2.2 : Jenis-jenis kanser payudara dan simptomnya	20
Jadual 2.3 : Nama-nama penyelidik dan sumbangan mereka dalam bidang rangkaian neural	27
Jadual 2.4 : Jenis-jenis fungsi pengaktifan	36
Jadual 3.1 : Pembahagian set data latihan dan set data ujian	66
Jadual 3.2 : Pengelasan sampel ciri-ciri sel payudara	66
Jadual 3.3 : Pembolehubah yang dicadangkan bagi klasifikasi rangkaian neural ..	69
Jadual 3.4 : Nilai julat yang digunakan dalam fail data latihan dan ujian	75
Jadual 3.5 : Nilai parameter awalan rangkaian yang digunakan	76
Jadual 3.6 : Contoh Fail Set Data	83
Jadual 3.7 : Contoh Jadual MinMax	83
Jadual 4.1 : Takrifan singkatan perwakilan bagi jadual keputusan	90
Jadual 4.2(a) : Keputusan analisa data latihan bilangan iterasi dengan 10 nod tersembunyi bagi 5 data masukan	91
Jadual 4.2(b) : Keputusan analisa data ujian bilangan iterasi dengan 10 nod tersembunyi bagi 5 data masukan	92
Jadual 4.3(a) : Keputusan analisa data latihan bilangan nod tersembunyi dengan 50 iterasi	95
Jadual 4.3(b) : Keputusan analisa data ujian bilangan nod tersembunyi dengan 50 iterasi	95

Jadual 4.4(a) : Keputusan peratus diagnosis data latihan bagi semua gabungan ciri masukan yang berbeza dengan 50 iterasi dan bilangan nod tersembunyi yang terbaik	98
Jadual 4.4(b) : Keputusan peratus diagnosis data ujian bagi semua gabungan ciri masukan yang berbeza dengan 50 iterasi dan bilangan nod tersembunyi yang terbaik	99

PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur saya ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurniaNya, projek ini telah berjaya dilaksanakan sepenuhnya. Walaupun pada awalnya, terdapat beberapa kesulitan yang dihadapi, namun berkat usaha, bantuan dan bimbingan yang diberikan oleh pihak-pihak tertentu, akhirnya projek ini dapat juga dilaksanakan dengan jayanya.

Justeru itu, saya ingin merakamkan setinggi-tinggi penghargaan, khususnya kepada penyelia projek saya iaitu Dr. Harsa Amylia Binti Mat Sakim di atas segala bimbingan yang diberikan. Kesudian beliau meluangkan masa dan memberikan dorongan telah mampu mendedahkan saya ke dunia rangkaian neural. Segala kekeliruan yang dihadapi telah dapat ditangani dengan baik. Ribuan terima kasih juga saya tujukan khas kepada En. Ahmad Fauzan Bin Kadmin dan rakan-rakan setugas. Walaupun projek ini terpaksa dijalankan sepenuhnya di dalam makmal, namun hasil daripada kerjasama dan jasa baik mereka, maka projek ini dapat juga disempurnakan dalam tempoh yang ditetapkan.

Sekalung penghargaan juga buat Jabatan Perkhidmatan Awam (JPA) kerana telah membiayai semua perbelanjaan sepanjang pengajian saya di sini. Selain daripada itu, ucapan terima kasih ini saya rakamkan teristimewa buat kedua ibu bapa saya di atas sokongan padu dan sumbangan yang diberikan. Jutaan terima kasih kepada rakan-rakan, pihak Universiti Sains Malaysia dan semua yang turut membantu bagi menjayakan projek ini. Saya berharap, projek ini dapat dijadikan perintis dan rujukan buat para pelajar yang ingin mendalami bidang rangkaian neural SOM.

PRAKATA

“DENGAN NAMA ALLAH YANG MAHA PEMURAH
LAGI MAHA PENYAYANG”

Firman Allah SWT yang bermaksud :

“Demi masa! Sesungguhnya manusia itu dalam kerugian kecuali mereka yang beriman dan beramal soleh, dan berpesan-pesan dengan kebenaran, dan berpesan-pesan dengan kesabaran”.

(Surah Al-Aysr 1-4)

“Perkara yang terbaik di antara semua adalah menuntut ilmu. Kemewahan boleh lenyap, kesihatan dan kekuatan boleh berkurangan, tetapi segala pengetahuan yang dipelajari akan menjadi milik yang kekal abadi dan terus tersemat di dalam minda.”

- Louis L'Amour (1908-1988)

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Pengenalan

Secara umumnya, tujuan pelaksanaan projek ini adalah untuk mengkaji keberkesanan ketepatan aplikasi sistem rangkaian neural SOM dalam klasifikasi sel-sel kanser payudara. Kanser payudara merupakan peratusan kanser tertinggi yang menyerang golongan wanita Malaysia. Kanser ini merupakan penyebab utama kematian dari penyakit kanser dalam kalangan wanita. Lebih 30% dari kes-kes baru kanser merupakan kes kanser payudara. Setiap tahun lebih 500 kes baru dilaporkan, dan kes sebenar mungkin jauh lebih tinggi kerana terdapat kes kanser payudara yang berlaku tidak dilaporkan, khususnya dalam kalangan wanita dari keluarga yang berpendapatan rendah dan wanita yang tinggal di kawasan pedalaman.

Mengikut data statistik terbaru yang dikeluarkan oleh Kementerian Kesihatan Malaysia (Malaysian Ministry of Health, National Cancer Registry 2002), kadar kes kanser payudara dalam kalangan tiga bangsa terbesar di Malaysia menunjukkan bahawa kadar tertinggi dilaporkan berlaku dalam kalangan wanita Cina, diikuti oleh wanita India, dan kadar terendah dilaporkan dalam kalangan wanita Melayu. Lebih kurang 45% dari kes kanser payudara di Malaysia berakhir dengan kematian. Menurut laporan, kanser payudara di Malaysia menyerang wanita-wanita pada usia yang jauh lebih muda. Di negara-negara maju, seperti Amerika, Eropah dan Australia, kes kanser payudara banyak menyerang wanita yang berumur 55 tahun dan ke atas. Berbanding di Malaysia,

lebih 50% dari kes kanser payudara adalah dalam kalangan wanita yang berumur kurang dari 50 tahun. Sementara lebih 30% kes pula belaku dalam kalangan wanita dalam lingkungan usia *pre-menopause*. Situasi sebegini amat membimbangkan kerana banyak kajian saintifik telah menunjukkan bahawa tumor kanser ini, kebiasaannya jauh lebih agresif jika ianya menyerang wanita yang masih muda.

Kebiasaannya, pemeriksaan bagi sel-sel tak normal, penyakit ini memerlukan ahli patologi yang berkepakaran tinggi dan berpengalaman. Selain daripada itu, kos yang tinggi dan tempoh masa yang lama juga diperlukan. Bagi mengatasi masalah ini, sistem rangkaian neural diaplikasikan bagi membantu mengesan sel-sel kanser payudara dengan lebih efektif. Sistem rangkaian neural yang dipilih adalah Peta-peta Penubuhan-Diri Kohonen (*Kohonen's Self-Organizing Maps*) yang dilatih dengan algoritma pembelajaran sanggaan belakang tertentu. Model rangkaian neural jenis ini merupakan sistem rangkaian yang terbaru dan masih dalam proses penyelidikan ahli patologi.

Bagi memudahkan lagi pelaksanaan analisa pengklasifikasian melalui kaedah rangkaian neural SOM, perisian 'NeuralWorks Professional II / Plus' digunakan untuk mendapatkan keputusan peratusan ketepatan, spesifisiti dan spesifikasi yang tinggi. Di antara kelebihan yang terkandung pada perisian ini adalah perisian ini menyediakan pelbagai kemudahan diagnosis data melalui pelbagai jenis kaedah rangkaian neural. Perisian ini dapat membantu bagi menghasilkan keputusan diagnosis yang tinggi dengan cara yang lebih mudah dan cepat.

1.2 Matlamat Projek

Mengkaji keberkesanan ketepatan sistem rangkaian neural SOM yang boleh berfungsi untuk mengklasifikasi sel-sel payudara, sama ada sel-sel tersebut adalah sel barah (dijangkiti kanser) atau sel normal (tidak dijangkiti kanser).

1.3 Objektif Projek

Demi memastikan matlamat projek tercapai, maka beberapa objektif pelaksanaan projek perlu dikenalpasti dan dilaksanakan. Di antara objektif-objektif pelaksanaan projek ini adalah seperti berikut :

- (a) Mengkaji kesan masukan ciri sel-sel payudara yang berbeza terhadap ketepatan klasifikasi sel-sel kanser payudara melalui kaedah rangkaian neural SOM.
- (b) Mengenalpasti bilangan nod tersembunyi yang diperlukan bagi membolehkan keluaran yang optimum dicapai.
- (c) Mengkaji ulangan data latihan (bilangan iterasi) yang bersesuaian bagi mencapai ketepatan klasifikasi rangkaian yang optimum dan berkesan.
- (d) Menjalankan analisa dan ujian ketepatan keluaran terhadap rangkaian neural SOM bagi klasifikasi sel-sel kanser payudara.
- (e) Mengenalpasti algoritma yang bersesuaian digunakan untuk melatih rangkaian neural yang dibangunkan.
- (f) Mengkaji fungsi-fungsi dan nilai parameter yang bersesuaian diimplemenkan pada model rangkaian neural bagi membolehkan matlamat projek dicapai.

- (g) Mengkaji teknik-teknik yang digunakan dalam proses pengesanan kanser payudara.

1.4 Bentangan Panduan Laporan Projek

Laporan projek ini mengandungi sebanyak lima bab utama iaitu Bab 1, Bab 2, Bab 3, Bab 4 dan Bab 5. Kesemua bab dalam laporan ini bertujuan bagi menerangkan keseluruhan perjalanan projek secara terperinci.

Bab 1 merupakan pengenalan kepada projek klasifikasi sel-sel kanser payudara menggunakan rangkaian neural Peta-peta Penubuhan-Diri (SOM). Bab pertama ini menceritakan serba sedikit tentang latar belakang projek secara umum. Bab ini memberi penerangan ringkas mengenai perjalanan projek daripada peringkat awal hingga akhir. Selain daripada itu, bab ini juga menyatakan matlamat dan objektif-objektif sebenar projek ini dilaksanakan. Maklumat-maklumat lain yang berkaitan dengan projek akan dibincangkan secara lebih mendalam dalam bab-bab yang seterusnya.

Bab 2 pula adalah berkenaan dengan kajian ilmiah yang dilakukan hasil daripada beberapa rujukan dari pelbagai sumber maklumat. Secara dasarnya, bab kedua ini akan membincangkan dengan secara terperinci mengenai semua penyelidikan ilmiah yang telah dilakukan. Kajian ilmiah yang telah dilakukan ini, merangkumi penyelidikan terhadap pelbagai aspek seperti kanser, anatomi payudara, kanser payudara, rangkaian neural, rangkaian neural Peta-peta Penubuhan-Diri (SOM), algoritma pembelajaran sanggaan belakang dan penglibatan perisian bagi pelaksanaan projek. Jenis rangkaian neural SOM yang digunakan akan diterangkan berserta dengan bantuan gambarajah dan

persamaan rangkaian. Jenis algoritma Kohonen yang digunakan untuk memperbaharui nilai pemberat dan nilai ambang pada rangkaian juga akan diuraikan dengan lebih lanjut.

Seterusnya, Bab 3 pula akan membincangkan tentang metodologi yang diaplikasikan bagi mengklasifikasi sel-sel kanser payudara, melalui penggunaan kaedah rangkaian neural SOM. Metodologi ini merangkumi teknik-teknik atau kaedah implementasi yang akan digunakan secara menyeluruh, bagi menjalankan analisa prestasi diagnosis. Beberapa gambarajah juga ditunjukkan bagi memberikan gambaran yang lebih jelas tentang aplikasi yang dijalankan dalam projek ini. Selain daripada itu, bab ini juga akan membincangkan bagaimana ciri sel-sel kanser payudara dikenakan terhadap rangkaian neural sebagai masukan dengan cara yang efektif.

Bab 4 merupakan penjelasan terhadap keputusan keluaran yang diperolehi daripada projek ini. Dalam bab ini, hasil keluaran yang diperolehi dengan menggunakan bilangan set-set data masukan (ciri sel-sel kanser payudara) yang berbeza akan dijelaskan. Bab keempat ini juga akan memberikan analisa yang dilaksanakan pada nod tersembunyi, bilangan iterasi dan jenis masukan yang dominan bagi menghasilkan satu keluaran yang optimum. Kesemua analisa keputusan peratusan ketepatan diagnosis rangkaian neural akan dipersembahkan dalam bentuk jadual dan graf beserta dengan ulasan.

Bab yang terakhir adalah Bab 5. Bab kelima ini merupakan penutup kepada laporan projek. Bab ini mengandungi kesimpulan terhadap keseluruhan pencapaian projek ini. Bab ini juga, akan membincangkan tentang masalah-masalah yang dihadapi sepanjang perjalanan bagi menyiapkan projek ini. Selain itu, beberapa cadangan yang membina

dikemukakan sebagai rujukan bagi memperbaiki mutu penyelidikan projek pada masa-masa yang akan datang.

Terdapat satu lampiran tambahan pada bahagian akhir laporan projek tahun akhir ini. Bahagian ini mengandungi helaian lampiran berkenaan dengan anatomi payudara manusia yang lengkap [Lampiran A].

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Pengenalan

Dalam Bab 2 ini, perbincangan yang dibentangkan adalah merujuk kepada kajian-kajian ilmiah yang berkenaan dengan proses klasifikasi sel-sel kanser payudara menggunakan kaedah rangkaian neural SOM. Secara keseluruhannya, bab ini akan membincangkan lima skop kajian yang utama iaitu kanser, payudara, kanser payudara, rangkaian neural dan latar belakang tentang penglibatan perisian bagi pelaksanaan projek ini. Bahagian 2.2 akan menghuraikan tentang pengertian kanser dan proses pembentukan kanser. Dalam Bahagian 2.3, definisi dan anatomi payudara pula akan dihuraikan. Seterusnya, topik mengenai kanser payudara akan dibincangkan pada Bahagian 2.4. Dalam bahagian ini, gejala-gejala, faktor-faktor, tahap penghidapan, kategori, komplikasi dan kaedah pengesanan kanser payudara dijelaskan dengan lebih lanjut. Bahagian 2.5 pula akan memperkatakan kajian ilmiah berkenaan sejarah rangkaian neural, analogi otak manusia terhadap rangkaian neural, rangkaian neural biologi, rangkaian neural buatan (RNB), algoritma pembelajaran dan pemilihan rangkaian neural bagi aplikasi. Penerangan tentang Peta-peta Penubuhan-Diri (SOM) merangkumi aturan pelaksanaan dan penentuan elemen pemprosesan pemenang akan dijelaskan pada Bahagian 2.6. Pada Bahagian 2.7, penerangan tentang algoritma sanggaan belakang pula akan diberikan. Kajian ilmiah mengenai perisian NeuralWorks Professional II / Plus akan dibincangkan dalam Bahagian 2.8. Akhir sekali, ringkasan keseluruhan Bab 2 akan diberikan pada Bahagian 2.9.

2.2 Kanser

Bahagian ini menjelaskan satu gambaran dari segi pengertian kanser [Bahagian 2.2.1] dan pembentukan kanser [Bahagian 2.2.2]. Kebanyakan maklumat kanser ini adalah merujuk kepada 'Penyakit Barah' [http://ms.wikipedia.org/wiki/Penyakit_Barah].

2.2.1 Pengertian Kanser

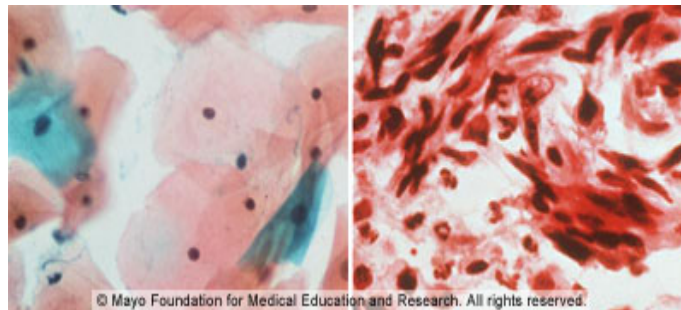
Apa itu kanser?

Kanser boleh didefinisikan sebagai populasi sel yang membahagi di luar proses kawalan normal yang tumbuh seolah-olah tanpa sekatan. Pada amnya, definisi kanser ini adalah berdasarkan kriteria morfologi sel dan mengikut garis panduan sepertimana yang telah dikemukakan oleh ahli histopatologi. Penamaan kanser pula adalah berdasarkan kepada jenis organ atau tisu bahagian kanser mula menular. Hingga kini, terdapat lebih kurang 200 jenis kanser yang berbeza yang telah dikenal pasti pada manusia. Misalnya, kanser payudara dinamakan berdasarkan pembentukannya di dalam payudara yang biasanya ditemui oleh pesakit atau doktor sebagai satu ketulan yang tidak menyakitkan serta dapat bergerak dengan mudah.

2.2.2 Pembentukan Kanser

Pembentukan kanser merupakan proses yang kompleks yang melibatkan pelbagai faktor lain seperti genetik, kawalatur hormon dan keadaan persekitaran. Di dalam badan manusia, organ dan tisu dibina oleh blok-blok kecil yang dikenali sebagai sel. Secara normal, pembahagian sel-sel adalah teratur dan terkawal.

Kanser merupakan sejenis penyakit di mana sel tubuh pesakit itu sendiri membiak di luar kawalan dan keupayaan sel-sel tersebut untuk memasuki tisu biologi lain, samaada melalui pertumbuhan langsung sel bersebelahan atau pemindahan kepada sel jauh (metastasis). Pertumbuhan luar kawal ini disebabkan oleh kerosakan kepada DNA menyebabkan mutasi kepada gen penting yang mengawal pembahagian sel, selain fungsi lain. Salah satu daripada mutasi tersebut, yang boleh diwarisi atau didapati, mampu menyebabkan pembahagian sel luar kawal dan seterusnya menyebabkan pembentukan tumor ("bengkak" dalam bahasa Latin). Tumor yang terhasil ini merujuk kepada sebarang jisim tidak normal samaada barah (*malignant*) atau normal (*benign*).

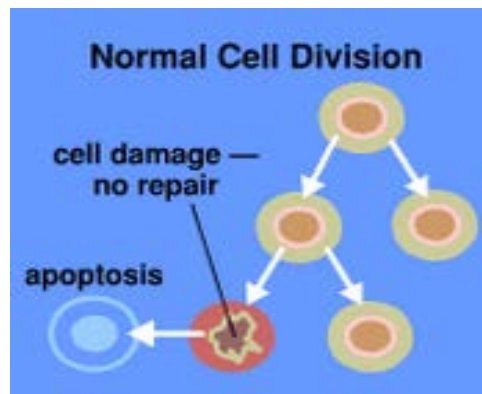


Rajah 2.1 : Perbandingan di Antara Sel Normal dan Sel Barah

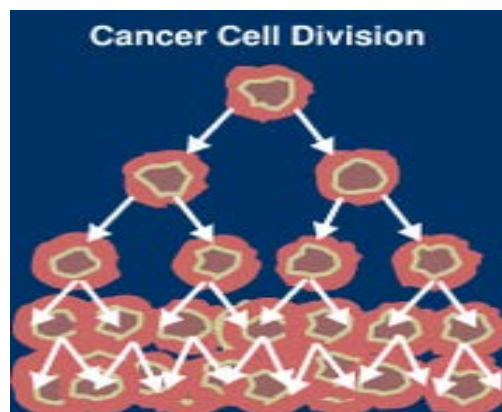
Bagi tumor *benign* (sel normal), sel-sel tidak merebak ke bahagian badan yang lain. Ini bermakna sel-sel ini terus membesar pada kawasan yang sama dan ini akan menimbulkan penekanan terhadap sekeliling organ.

Tumor *malignant* (sel barah) mengandungi sel-sel kanser yang mempunyai keupayaan untuk merebak di luar kawasan organ. Ia akan merosakkan tisu sekeliling dan kadang kala sel-sel ini akan berpisah daripada kanser asal dan merebak ke organ-organ yang lain melalui aliran darah atau aliran limpa. Apabila sel-sel kanser mencapai kawasan

baru di dalam badan, ia akan terus membahagi dan membina tumor baru yang dipanggil metastasis. Ini bermakna, hanya tumor *malignant* yang mampu memasuki tisu lain atau *metastasizing*.



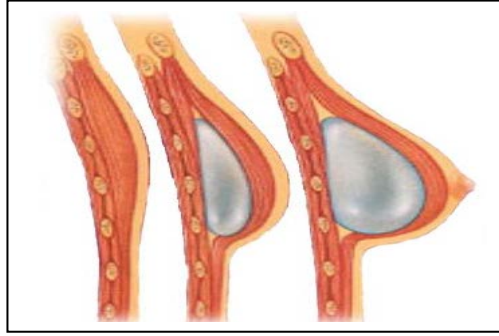
Rajah 2.1(a) : Apabila sel normal rosak atau tua, ia melalui apoptosis.



Rajah 2.1(b) : Sel barah mengelak apoptosis.

2.3 Payudara

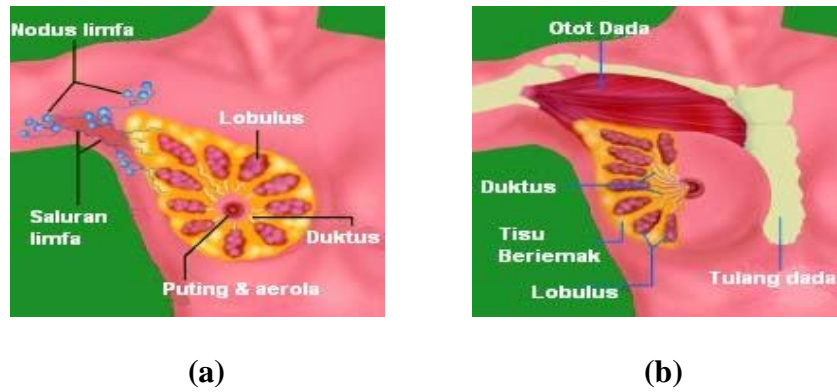
Payudara mengandungi dua komponen iaitu komponen yang terlibat dengan penghasilan susu dan komponen yang terlibat dengan struktur dan pengangkutan.



Rajah 2.2 : Proses Pertumbuhan Payudara

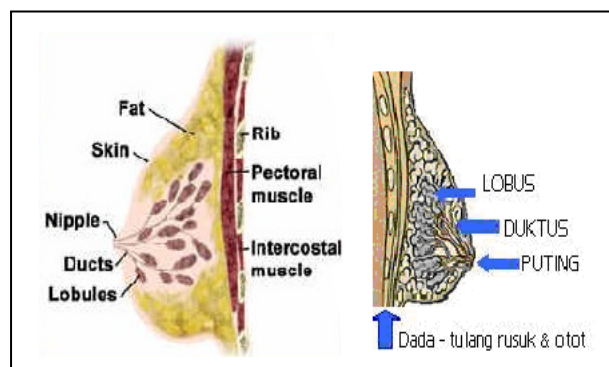
Setiap payudara mempunyai 6 hingga 9 bahagian bertindih yang dipanggil lobus. Setiap lobus terdiri daripada banyak lobul yang lebih kecil, yang berakhir dengan berdozen bebuli yang sangat kecil yang boleh mengeluarkan susu. Tiub tipis, yang dipanggil duktus, menghubungkan kesemua lobus, lobul dan bebuli. Duktus ini membawa ke puting yang terdapat di bahagian tengah kulit yang berwarna gelap yang dipanggil areola. Lemak mengisi ruang di sekeliling lobul dan duktus. Tiada otot di dalam payudara, namun terdapat otot di bawah setiap payudara dan meliputi tulang rusuk.

Setiap payudara mengandungi saluran darah dan saluran yang membawa bendalir tidak berwarna yang dipanggil limfa. Saluran limfa membawa ke struktur kecil berbentuk kekacang yang dipanggil nodus limfa. Kelompok nodus limfa didapati di dalam aksila (di bawah lengan), di atas tulang selangka dan di dalam dada. Nodus limfa juga terdapat di dalam banyak bahagian badan yang lain.



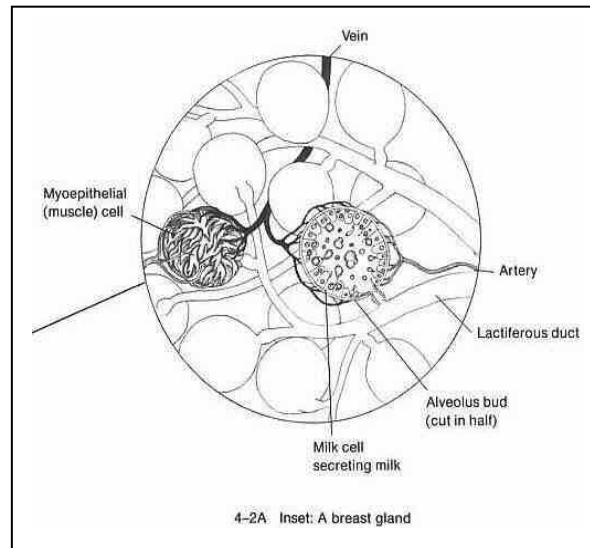
Rajah 2.3 : Struktur Payudara

Permukaan payudara diliputi kulit yang melindungi struktur dalaman, serta puting susu dan bahagian areola. Puting susu adalah satu benjolan yang terletak di bahagian tengah payudara dan mempunyai tekstur yang berbeza daripada kulit di sekelilingnya. Puting mengandungi otot dan mempunyai pelbagai bentuk seperti leper, bulat atau berbentuk kon. Di permukaan puting terdapat beberapa liang (pores) yang membolehkan bayi mendapat susu semasa menyusu. Terdapat juga beberapa kelenjar ‘sebaceous’ yang menghasilkan bahan pelincir. Areola merupakan tisu atau daerah pigmen yang mengelilingi puting susu. Areola mempunyai ukuran yang berbeza. Warna areola bergantung kepada warna kulit dan biasanya kelihatan lebih gelap. Warna ini akan berubah semasa baligh, haid dan hamil.

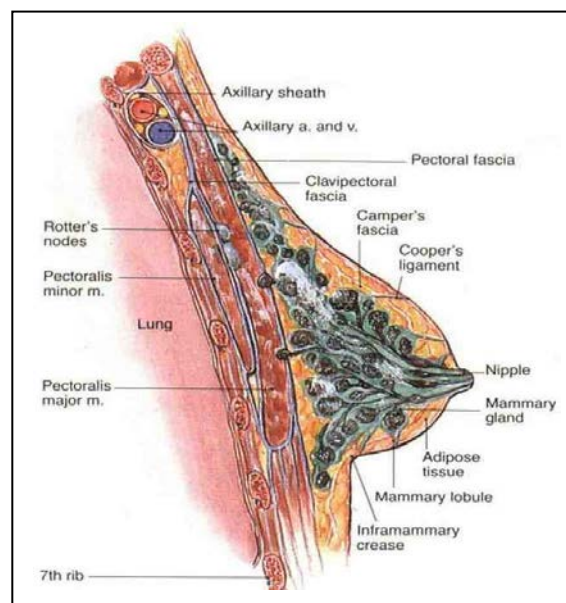


Rajah 2.4 : Struktur Dalaman Payudara

Puting susu dan areola disusun oleh urat otot yang lembut dan merupakan sebuah jaringan yang tebal seperti urat saraf yang berada di hujungnya. Di permukaan areola, terdapat benjolan halus dipanggil *Montgomery's tubercle* yang menghasilkan bahan pelincir. Kelenjar ini bekerja untuk melindungi dan meminyaki puting susu ketika menyusui bayi.



Rajah 2.5 : Kelenjar Payudara



Rajah 2.6 : Anatomi Payudara Secara Lebih Terperinci

Berikut adalah fungsi tisu-tisu yang berkaitan dengan payudara :

- (a) Saluran darah mengangkut zat makanan dan oksigen.
- (b) Cecair yang mengandungi protein, lemak dan gula melintas kapilari atau salur rerambut kepada sel-sel yang akan menyerap dan menggunakan zat-zat ini.
- (c) Tisu limfa akan menyerap cecair yang berlebihan dan mengalirkan cecair ini semula kepada saluran darah.
- (d) Nodus limfa (lymph nodes) berfungsi sebagai penapis menangkap bakteria, bahan toksin dan sisa-sisa sel. Kelenjar ini didapati berkelompok di seluruh tubuh dan cecair limfa dari payudara mengalir kepada kelenjar limfa di kawasan ketiak.
- (e) Kumpulan otot di bahagian dada iaitu otot pectoralis terletak di bahagian bawah payudara dan berfungsi sebagai tisu sandaran. Rangka dada terdapat di bawah lapisan otot.

Gambarajah anatomi payudara yang lebih terperinci boleh dilihat dengan lebih jelas, pada bahagian Lampiran A yang disertakan dalam laporan projek ini.

2.4 Kanser Payudara

Nama alternatif bagi kanser payudara adalah karsinoma payudara. Kanser payudara bermaksud bahawa sesetengah sel di dalam payudara membesar secara luarbiasa. Kanser payudara adalah berpunca daripada sel-sel dalam tisu payudara yang berkembang dalam keadaan yang tidak terkawal. Sel barah berlainan daripada sel biasa dalam beberapa cara. Ianya membahagi dan membesar secara cepat dan menyerang tisu-tisu di sekelilingnya. Kanser payudara boleh merebak ke kelenjar limfa dan bahagian

badan yang lain seperti tulang, paru-paru dan hati, jika tidak dikesan dan dirawat secepat mungkin. Hasil serangan sel kanser ini boleh menyebabkan pelbagai jenis penyakit yang lain.

Kanser payudara merupakan kanser yang paling tinggi kejadiannya dan merupakan salah satu daripada penyebab utama kematian di kalangan wanita di Malaysia. Setiap wanita berusia dalam lingkungan 20 tahun ke atas adalah berisiko menghidap kanser payudara. Kanser payudara yang paling banyak menyerang ialah jenis '*Ductal Carcinoma In Situ*' (DCIS), meliputi 70% daripada semua kes kanser payudara. Selain daripada itu, jenis-jenis kanser payudara yang lain adalah seperti '*Infiltrating Ductal Carcinoma*', '*Infiltrating Lobular Carcinoma*', '*Lobular Carcinoma In Situ*' (LCIS), '*Inflammatory Carcinoma*', '*Paget's Disease*' dan '*Cytosarcoma Phyllodes*'.

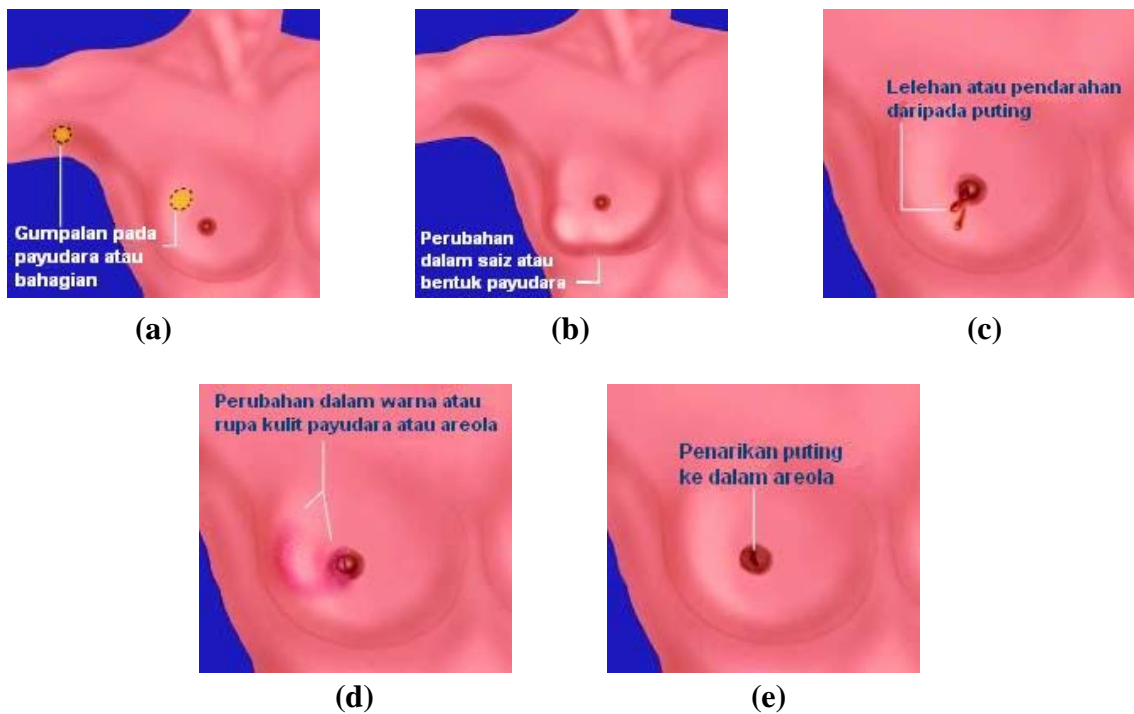
Kanser payudara ini boleh berlaku di mana-mana bahagian payudara termasuklah :

- (a) Lobus yang menghasilkan susu.
- (b) Duktus yang menghantar susu ke puting.
- (c) Tisu lemak payudara (jarang berlaku).

2.4.1 Gejala--Gejala Kanser Payudara

Pada peringkat awalan, kanser payudara biasanya tidak menyebabkan kesakitan. Apabila kanser payudara mula membentuk, mungkin tiada sebarang gejala yang berlaku. Dengan pertumbuhan kanser, rasa sakit atau ketidakselesaan di sekitar payudara akan dialami. Di antara gejala-gejala kanser payudara adalah :

- (a) Gumpalan atau penebalan pada payudara atau pada bahagian bawah lengan. Ianya keras dan pejal dan memiliki tepian yang tidak licin (ketumbuhan). [Rajah 2.7(a)]
- (b) Perubahan dalam saiz atau bentuk payudara. Apabila kanser telah melarat dan memasuki peringkat yang lebih berbahaya, payudara dan puting akan mengalami perubahan bentuk. Akan terbentuk lekukan pada kulit payudara dan teksturnya kelihatan dan dirasai seperti kulit buah oren. Bentuk dan saiz payudara juga akan berubah. [Rajah 2.7(b)]
- (c) Pengeluaran cecair lelehan atau pendarahan dari puting. Lelehan yang keluar dari puting kadangkala mengandungi darah dan berair dan datang secara spontan tanpa sebarang rangsangan. [Rajah 2.7(c)]
- (d) Perubahan dalam warna atau rasa kulit payudara, areola atau puting (tercawak, berkedut atau berkuping). [Rajah 2.7(d)]
- (e) Penyentapan atau penarikan puting ke dalam areola. [Rajah 2.7(e)]



Rajah 2.7 : Gejala-gejala Kanser Payudara

2.4.2 Faktor-faktor Kanser Payudara

Pada umumnya, penyebab sebenar kanser payudara tidak dapat diketahui sehingga ke hari ini. Namun, daripada maklum balas yang diterima, kebanyakan kes yang melibatkan penghidap kanser payudara adalah terdiri daripada golongan wanita. Faktor jantina ini menunjukkan bahawa wanita mempunyai risiko sebanyak 200 kali ganda lebih tinggi daripada kaum lelaki untuk menghidap kanser payudara. Faktor-faktor berikut mungkin menambahkan risiko wanita menghidap kanser payudara :

- (a) Usia meningkat.
- (b) Faktor genetik.
- (c) Mempunyai ahli keluarga yang menghidap kanser payudara.
- (d) Telah mendapat kanser pada satu payudara.
- (e) Mula datang haid awal (sebelum umur 12 tahun) atau putus haid lewat (selepas umur 50 tahun).
- (f) Tidak pernah melahirkan anak atau melahirkan anak pertama pada umur melebihi 30 tahun.
- (g) Mengambil jenis makanan yang mengandungi banyak lemak haiwan.
- (h) Pengambilan pil hormon (oestrogen) setelah putus haid atau pembuangan rahim.
- (i) Dada yang telah diradiasi sebagai terapi untuk pelbagai penyakit.
- (j) Kurang bersenam.
- (k) Menghisap rokok.
- (l) Meminum alkohol setiap hari.
- (m) Berlebihan berat badan.

2.4.3 Tahap Penghidapan Kanser Payudara

Pertumbuhan kanser payudara ke atas diri seseorang pesakit adalah terdiri daripada pelbagai peringkat. Peringkat penghidapan kanser yang dimaksudkan ini adalah tahap bermulanya pertumbuhan tumor yang kecil, sehinggalah ia merebak dan membesar di dalam payudara. Tahap penghidapan penyakit kanser payudara ini boleh dibahagikan kepada 4 peringkat seperti dalam Jadual 2.1 berikut :

Jadual 2.1 : Simptom bagi setiap peringkat penghidapan kanser payudara.

Peringkat	Simptom
Tahap 1	Tahap terawal penghidapan penyakit kanser payudara. Saiz tumor adalah dalam ukuran sebesar 2.5cm (dalam diameter) ataupun kurang daripadanya. Sasaran serangannya adalah terhad kepada bahagian payudara sahaja (belum merebak di luar payudara).
Tahap 2	Ukuran ketumbuhan kanser payudara akan meningkat di antara 2.5cm hingga 5cm. Nodus limfa yang terdapat pada bahagian bawah ketiak turut dijadikan sebagai sasaran serangan selain bahagian payudara.
Tahap 3	Dikenali sebagai barah lanjut setempat. Pada peringkat ini, kanser payudara melibatkan nodus limfa ketiak, kulit ataupun otot yang terdapat di bawahnya (otot bahagian dada). Saiz ketulan kanser adalah berukuran 5 cm.
Tahap 4	Tahap 4 adalah barah metastatik. Serangan kanser akan menjalar dari payudara ke organ-organ yang terletak agak jauh daripada bahagian payudara iaitu nodus limfa pada leher, paru-paru, hati, hepar, otak ataupun tetulang penghidapnya.
Barah yang berulang	Penyakit berulang walaupun rawatan permulaan telah dijalankan. Tumor pada payudara kelihatan seperti telah dimusnahkan. Penyakit berulang disebabkan sel-sel barah yang tidak dikesan tertinggal di bahagian tertentu selepas rawatan atau telah merebak sebelum rawatan dimulakan.



Tahap 1



Tahap 2 (i)



Tahap 2 (ii)



Tahap 3



Tahap 4

Rajah 2.8 : Tahap-tahap Penghidapan Kanser Payudara

Keadaan yang bebas daripada kanser selama 5 tahun adalah dianggap sudah sembuh daripada kanser payudara. Ini adalah 80% di tahap 1, 50% hingga 75% di tahap 2, 30% hingga 40% di tahap 3 dan kurang daripada 10% di tahap 4.

2.4.4 Kategori Kanser Payudara

Pada umumnya, kanser payudara boleh dibahagikan kepada dua kategori iaitu bentuk invasif dan tidak invasif. Dalam kanser tidak invasif, sel-sel kanser hanya tertumpu di kawasan asalnya manakala di dalam kanser invasif pula, sel-sel kanser tersebut telah merebak ke tisu-tisu di sekeliling payudara. Terdapat beberapa jenis kanser payudara. Jenis yang paling sering berlaku adalah seperti dalam Jadual 2.2 berikut :

Jadual 2.2 : Jenis-jenis kanser payudara dan simptomnya.

Jenis-jenis Kanser Payudara	Simptom
1. Karsinoma duktus	Kanser payudara yang paling sering berlaku. Ia bermula dalam tisu pengalas duktus dan terjadi dalam sel-sel duktus payudara.
2. Karsinoma lobul	Kanser lobular ini bermula dari lobus atau lobul. Selalunya terdapat di beberapa tempat dalam payudara.
3. Kanser payudara metastatik	Sel-sel barah yang terdapat dalam nodus limfa di bawah lengan (nodus limfa aksil.) Kanser telah merebak ke bahagian badan yang lain, nodus limfa yang lain dan organ-organ yang lain, seperti, tulang, hati atau paru-paru.

2.4.5 Komplikasi Kanser Payudara

Dua komplikasi utama kanser payudara adalah komplikasi setempat dan komplikasi disebabkan perebakannya atau mengalami metastasis.

Komplikasi setempat termasuklah pembentukan ulser pada payudara sebagaimana yang berlaku pada kanser payudara inflamasi dan kehadiran semula kanser tersebut di tempat yang sama selepas pembedahan.

Metastasis adalah satu proses di mana sel-sel kanser telah merebak ke bahagian-bahagian lain di seluruh tubuh badan. Dalam proses ini, sel-sel kanser telah mencero bohi saluran darah dan saluran limfa untuk memasuki sistem peredaran darah dan limfa. Sel-sel kanser ini kemudiannya akan bertapak di organ-organ lain dan memulakan pertumbuhan baru. Tempat utama yang diserang melalui metastasis ini adalah tulang, hati dan paru-paru.

2.4.6 Kaedah Pengesanan Kanser Payudara

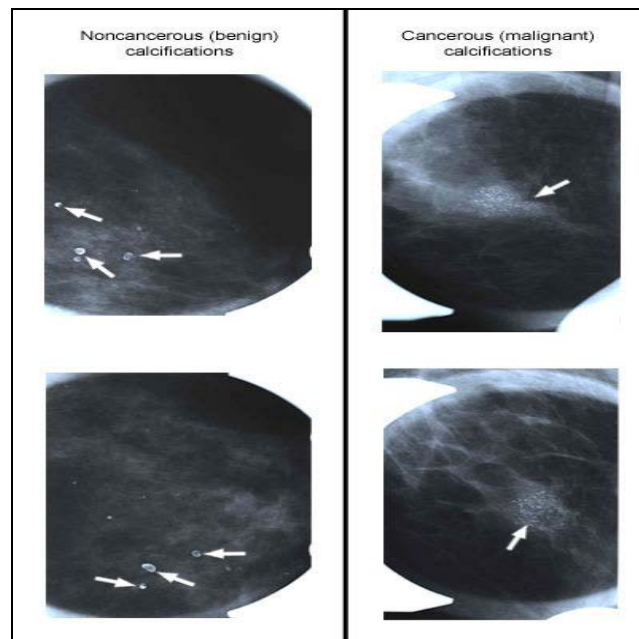
Pada peringkat awal, proses pengesanan kanser payudara dijalankan dengan beberapa kaedah konvensional. Kaedah-kaedah konvensional seperti pempalpatan gumpalan payudara, mamografi, ultrasonografi, biopsi dan sebagainya digunakan oleh ahli-ahli perubatan sebelum ini untuk mengesan sel kanser payudara pada peringkat awal. Berikut adalah keterangan-keterangan yang lebih lanjut mengenai kaedah-kaedah konvensional tersebut :

1. Pempalpatan Gumpalan Payudara

Kaedah ini dijalankan melalui pemeriksaan fizikal ke atas payudara untuk mengesan lokasi, saiz dan keadaan keseluruhan gumpalan payudara termasuk nodus limfa.

2. Mamografi

Mamografi biasanya dilakukan untuk menyokong pemeriksaan fizikal. Proses ini mampu mengesan perubahan pada sel dan tisu payudara yang mungkin terlalu kecil untuk dikesan melalui pemeriksaan fizikal yang menggunakan tangan. Mamografi adalah X-ray yang menghasilkan imej payudara berwarna hitam putih pada filem. Satu alat yang menyerupai plat digunakan untuk meleperkan payudara bagi menghasilkan imej payudara yang terang. Imej yang terhasil ini dikenali sebagai mamogram. Sekiranya terdapat kawasan pada mamogram yang mencurigakan atau tidak jelas maka pemeriksaan tambahan mungkin akan dijalankan. Sebanyak 85% hingga 90% daripada semua kanser payudara boleh dikesan melalui mamografi. Rajah 2.9 menunjukkan sampel imej perbandingan di antara sel normal payudara dengan sel kanser payudara yang telah dikesan melalui kaedah mamografi.



Rajah 2.9 : Imej Sel Payudara yang Terhasil Melalui Mamografi

Imej pengapuran akibat mendapan garam kalsium dalam payudara dapat dilihat sebagai bintik-bintik putih pada mamogram Rajah 2.9. Rajah bahagian kiri, menunjukkan imej pengapuran yang lebih besar berbentuk bulat dan jelas kelihatan (sel normal). Rajah bahagian kanan, menunjukkan imej pengapuran yang kecil, berbentuk tidak sekata dan berkelompok rapat antara satu sama lain (menandakan terdapat sel barah).

3. Ultrasonografi

Ultrasonografi adalah kaedah pengesanan melalui penggunaan gelombang bunyi yang berfrekuensi tinggi untuk menentukan sifat ketumbuhan tersebut sama ada pepejal atau berisi bendalir. Pemeriksaan ini boleh digunakan bersama mamografi.

4. Biopsi

Biopsi merupakan ujian lanjutan bagi memeriksa tisu-tisu kanser. Jejarum yang halus digunakan untuk mengeluarkan sedikit sampel tisu payudara. Sampel tisu ini kemudiannya diperiksa menggunakan mikroskop. Kadangkala, jejarum yang lebih besar mungkin digunakan untuk mengeluarkan satu tisu teras daripada satu gumpalan yang pejal. Terdapat dua jenis biopsi iaitu :

- (a) **Biopsi aspirasi** - menggunakan jarum untuk mengambil sebahagian kecil tisu daripada ketumbuhan di payudara.
- (b) **Biopsi pembedahan** - di mana ketumbuhan atau kawasan yang disyaki dipotong dan dikeluarkan untuk diperiksa melalui mikroskop.

5. Termografi

Salah satu kaedah pengesanan kanser payudara yang digunakan untuk mengenalpasti jasad pepejal di dalam buah dada.

6. Pemeriksaan Sendiri Payudara (PSP)

Pengesanan kanser payudara juga boleh dilakukan secara individu melalui teknik pemeriksaan sendiri payudara (*breast self-examination*). Pemeriksaan payudara ini boleh dilakukan secara tetap 3 hari selepas kitar haid berakhir atau pada hari pertama setiap bulan jika sudah tiada haid. Sekiranya terdapat sebarang perubahan pada payudara, maka individu tersebut perlulah melakukan pemeriksaan di pusat kesihatan dengan kadar yang segera.

Walaupun bagaimanapun, hasil penyelidikan yang dijalankan oleh para saintis telah mampu menghasilkan penemuan baru bagi kaedah diagnosis sel kanser payudara yang lebih jitu. Kaedah yang terbaru ini adalah kaedah rangkaian neural yang semakin popular digunakan pada masa kini.

2.5 Rangkaian Neural

Bahagian ini pula akan menerangkan tentang takrifan rangkaian neural [Bahagian 2.5.1], sejarah rangkaian neural [Bahagian 2.5.2], analogi otak manusia terhadap rangkaian neural biologi [Bahagian 2.5.3], rangkaian neural buatan (RNB) [Bahagian 2.5.4], elemen asas RNB [Bahagian 2.5.5], jenis-jenis senibina RNB [Bahagian 2.5.6],