

RECEIVED  
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

**Laporan Akhir Geran Penyelidikan Jangka  
Pendek USM  
305/PHUMANITI/635008**

**Aplikasi Sistem Maklumat dalam  
Pembentukan Model Pembangunan Guna  
Tanah Bandar**

**Ketua Projek**  
Dr Narimah Samat

**Penyelidik**  
Prof Madya Dr Suriati Ghazali  
Prof Ruslan Rainis  
En Aziz Abdul Majid  
Prof Madya Dr Norizan Md Nor

Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan  
Universiti Sains Malaysia  
11800 Pulau Pinang

## **Penghargaan**

Sekalung penghargaan kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyiapkan penyelidikan ini.

Terima kasih kepada Majlis Perbandaran Seberang Perai, PEGIS, Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, Pusat Remote Sensing Negara dan Perpustakaan yang banyak membantu dan berkerja sama semasa proses pengumpulan data untuk projek ini.

Terima kasih kepada Dekan, PPIK dan Timbalan Dekan (Penyelidikan dan Siswazah) serta semua kakitangan PPIK yang membantu sama ada secara langsung atau tidak langsung dalam menyiapkan penyelidikan ini.

Penghargaan dan terima kasih juga kepada Universiti Sains Malaysia atas pembiayaan kajian ini melalui geran penyelidikan jangka pendek 305/PHUMANITI/635008.

Narimah Samat  
Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan  
Universiti Sains Malaysia  
11800 Pulau Pinang

## **Abstrak**

Pembangunan guna tanah yang pesat terutamanya di kawasan Bandar memerlukan perancangan dan pemantauan yang rapi bagi memastikan ianya tidak mendatangkan kesan negatif kepada penduduk, alam sekitar dan ekonomi Bandar tersebut. Namun pada masa kini, pembangunan guna tanah dirancang dan dijalankan berpandukan Rancangan Struktur sesuatu kawasan. Walaupun pelan ini disemak setiap lima tahun, jangka masa tersebut adalah agak lama bagi menilai kesan dasar tersebut ke atas perubahan ruang Bandar.

Kajian ini memaparkan aplikasi GIS dan model CA-MARKOV dalam menilai perubahan ruang Bandar kesan sesuatu dasar perancangan. Dua senario perancangan iaitu senario pembangunan padat dan senario pembangunan berselerak telah dibangunkan dalam usaha menilai kesan sesuatu pelan pembangunan ke atas perubahan ruang sesuatu kawasan. Model yang dibentuk menggunakan data guna tanah 1981 sebagai asas dan memodel perubahan tahun 1990 dan 1998. Hasil analisis mendapati kedua-dua model mampu mensimulasi pembangunan kawasan Seberang Perai dengan baik dengan ketepatan mencapai 80%. Namun model pembangunan berselerak menghasilkan ketepatan yang lebih baik tetapi perbezaan antara kedua-dua model adalah kecil. Dapatan ini menggambarkan pembangunan di kawasan Seberang Perai adalah dalam keadaan terkawal dan masih berlaku di sekitar koridor pembangunan sedia ada.

Model yang dibangunkan di kawasan ini telah digunakan untuk meramal ruang Bandar pada tahun 2010. Hasilan model menunjukkan pembangunan masih berlaku di sempadan Bandar-bandar sedia ada. Model ini didapati sesuai dijadikan alat yang digunakan bersama-sama dengan Rancangan Struktur bagi menilai kesan dasar perancangan yang digariskan di dalam Rancangan Struktur ke atas perubahan ruang sesuatu kawasan.

<b>Penghargaan</b>		i
<b>Abstrak</b>		ii
<b>Kandungan</b>		iii
<b>Senarai Rajah</b>		v
<b>Senarai Jadual</b>		vii
<b>Bab 1</b>	<b>Perbandaran di Malaysia</b>	1
1.1	Pengenalan	1
1.2	Objektif	11
1.3	Rangka Laporan	11
<b>Bab 2</b>	<b>Model Guna Tanah dan Sistem Maklumat Geografi</b>	12
2.1	Pengenalan	12
2.2	Sistem Maklumat Geografi	12
2.3	Model-Model Ruangan dalam Perancangan Guna Tanah	24
2.3.1	Model-Model Klasik	24
2.3.2	Permodelan Sistem Bandar yang Kompleks	26
2.3	Penutup	31
<b>Bab 3</b>	<b>Permodelan Ruangan dan GIS</b>	32
3.1	Pengenalan	32
3.2	Rangka Konsep Model Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembangunan Guna	32
3.3	Tanah	39
3.4	Kawasan Kajian	46
3.4	Data	54
3.4.1	Data Guna Tanah	55
3.4.2	Nilai Tanah	57
3.4.3	Data Jalan Utama dan kemudahan sekolah	59
3.4.4	Data Kawasan Banjir	61
3.4.5	Tanah	62
3.5	Penutup	64
<b>Bab 4</b>	<b>Implementasi Model Dalam Ramalan Pembangunan Guna Tanah</b>	66
4.1	Pengenalan	66
4.2	Implementasi Model	67
4.3	Permodelan Ruangan Menggunakan CA_Markov Penyediaan Peta Indeks Kesesuaian Menggunakan	71
4.4	Penilaian Pelbagai Kriteria	72
4.5	Hasilan dan Perbincangan	86

4.5.1	Senario bandar padat	86
4.5.2	Senario Pembangunan Berselerak	89
4.6	Pembangunan Guna Tanah di Seberang Perai 2010	92
4.7	Penutup	94
<b>Bab 5</b>	<b>Perbincangan dan Cadangan</b>	<b>85</b>
5.1	Pendahuluan	95
5.2	Kelebihan Kajian	96
5.3	Kelemahan Kajian	98
5.4	Cadangan	99
	<b>Bibliografi</b>	<b>101</b>
	<b>Lampiran</b>	<b>108</b>

## Senarai Rajah

Rajah 1. 1: Model pelbagai peringkat migrasi.	4
Rajah 1. 2: Bandar-bandar utama di Semenanjung Malaysia dengan penduduk melebihi 10,000 orang.	6
Rajah 1. 3: Koridor pembangunan utama di Semenanjung Malaysia.	8
Rajah 2. 1: Pengintegrasian GIS dan model ruangan	22
Rajah 3. 1: Kaedah permodelan ruangan hasil integrasi CA, MCE dan Markov Chain.	34
Rajah 3. 2: Kawasan kajian.	46
Rajah 3. 3: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa, Pulau Pinang 2000.	49
Rajah 3. 4: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa, Pulau Pinang 2010.	52
Rajah 3. 5: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa, Pulau Pinang 2020.	53
Rajah 3. 6: Guna tanah di Seberang Perai.	57
Rajah 3. 7: Interpolasi nilai tanah di Seberang Perai.	59
Rajah 3. 8: Jalan utama dan lokasi sekolah di kawasan kajian.	60
Rajah 3. 9: Kawasan yang dilanda banjir dan tidak banjir pada tahun 2003.	62
Rajah 3. 10: Kesesuaian tanah untuk aktiviti pembangunan.	64
Rajah 4. 1: Kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 bagi menentukan kepentingan kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah perumahan senario pembangunan padat.	74
Rajah 4. 2: Kriteria yang digunakan dalam mengenal pasti kawasan berpotensi untuk pembangunan perumahan yang digunakan dalam kajian ini.	75
Rajah 4. 3: Peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti perumahan dihasilkan melalui kaedah penilaian pemberat linear dalam MCE.	77
Rajah 4. 4: Kawasan halangan untuk pembangunan guna tanah di Seberang Perai.	78

Rajah 4. 5: Kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 bagi menentukan kepentingan kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah perniagaan dan kemudahan lain.	79
Rajah 4. 6: Peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti perniagaan dan kemudahan lain dihasilkan melalui kaedah WCL dalam MCE.	80
Rajah 4. 7: Kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 bagi menentukan kepentingan kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah perindustrian.	82
Rajah 4. 8: Peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti perindustrian dihasilkan melalui kaedah WCL dalam MCE.	83
Rajah 4. 9: set peta indeks kesesuaian bagi setiap kategori guna tanah untuk model rebakan Bandar.	85
Rajah 4. 10: Penilaian ketepatan model dengan data guna tanah sebenar bagi tahun 1992 dan 1998	88
Rajah 4. 11: Penilaian ketepatan model dengan data guna tanah sebenar bagi tahun 1992 dan 1998.	91
Rajah 4. 12: Corak pembangunan guna tanah 2010 hasil simulasi model	93

## Senarai Jadual

Jadual 1. 1: Corak, saiz dan pertambahan penduduk bandar Negara-negara membangun terpilih dari tahun 1975 hingga 2025.	3
Jadual 1. 2: Kadar Perbandaran di Semenanjung Malaysia, 1911 – 2020.	5
Jadual 3. 1: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa Seberang Perai 2000.	48
Jadual 3. 2: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa Seberang Perai 2010.	50
Jadual 4. 1: Pemberat bagi setiap kriteria untuk aktiviti perumahan dikira menggunakan IDRISI 3.2.	76
Jadual 4. 2: Pemberat bagi setiap criteria untuk aktiviti perniagaan dan kemudahan lain dikira menggunakan IDRISI 3.2.	80
Jadual 4. 3: Pemberat bagi setiap criteria untuk aktiviti perindustrian dikira menggunakan IDRISI 3.2.	82
Jadual 4. 4: Ketepatan simulasi pembangunan guna tanah berasaskan senario bandar padat bagi tahun 1992 dan 1998.	87
Jadual 4. 5: Ketepatan simulasi pembangunan guna tanah berasaskan senario bandar padat bagi tahun 1992 dan 1998.	89

## **Bab 1 Perbandaran di Malaysia**

### **1.1 Pengenalan**

Perbandaran yang pesat telah berlaku di negara-negara membangun kesan langsung dari arus globalisasi dan pembangunan dalam sektor perindustrian dan perkhidmatan. Namun peningkatan yang lebih drastik berlaku di Negara-negara membangun. Pertambahan penduduk bandar amat ketara iaitu pada tahun 1985 penduduk bandar hanya berjumlah 300 juta dan telah meningkat kepada 1.1 billion pada tahun 1985. Jumlah penduduk bandar bagi negara-negara ini akan terus meningkat dan diramal akan mencecah 4 billion menjelang tahun 2025 (UNCHS, 1996). Apa yang lebih membimbangkan adalah kebanyakan bandar tersebut terletak di negara membangun iaitu pada tahun 2015, lebih kurang 27 bandar dijangkakan mempunyai penduduk melebihi 10 juta, dan lebih membimbangkan adalah 22 dari bandar tersebut terletak di Negara membangun. Peningkatan penduduk secara mendadak ini boleh mendatangkan kesan langsung kepada persekitaran dan sumber sesuatu kawasan (Pettersen et al., 1999; Abdul Samad Hadi et al., 2006) serta memberikan tekanan kepada tanah disebabkan permintaan perumahan dan perkhidmatan yang tinggi (Kivell, 1993; Choguill, 1994). Selain itu, negara membangun menghadapi masalah kekurangan sumber kewangan dan personel dalam mengendalikan perkembangan bandar yang agak drastik ini (McGee, 1967; Chapin dan Kaiser, 1979).

Walaupun isu perbandaran yang dihadapi oleh Negara membangun agak serious, namun kebanyakan Negara-negara ini masih mengguna pakai sistem

perancangan dan dasar perancangan yang menyamai sistem perancangan dan dasar dari Negara maju (Devas dan Rakodi, 1993). Bagi kebanyakan Negara Komonwealth misalnya, dasar perancangan yang diguna pakai menyamai dasar dan akta perancangan dari Britian. Contohnya, India dan Bangladesh masih mengguna pakai dasar perancangan yang berasal dari Britian. Di Malaysia Jabatan Perancangan Bandar dan Desa mengguna pakai Akta Perancangan Bandar dan Desa, 1976 yang tidak jauh berbeza dari "The British Town and Country Planning Act, 1971" (Lee et al., 1990 dan Goh Ban Lee, 1990). Walaupun dasar tersebut bersesuaian dalam kontek Britian, ianya mungkin kurang bertepatan dengan perancangan di Negara membangun seperti Malaysia, India dan Bangladesh yang mengalami pertumbuhan penduduk yang amat pesat dan situasi ekonomi yang tidak dapat mengimbangi pertumbuhan penduduk ini (McGee, 1967; Drakakis-Smith, 2000).

Walaupun Malaysia merupakan salah sebuah daripada negara membangun yang sedang mengalami proses perbandaran yang pesat, namun apa yang dialami di Negara ini masih dianggap kurang serious berbanding Negara lain seperti Argentina, Brazil dan Filipina. Jadual 1 di bawah memaparkan perbandaran yang berlaku di beberapa buah Negara terpilih yang telah mengalami perbandaran yang pesat dari tahun 1975 hingga 2025. Peningkatan penduduk bandar yang agak besar dapat dilihat di bandar-bandar di Negara-negara Amerika Selatan seperti di Brazil, Argentina dan Mexico adalah kesan peningkatan secara semula jadi dan migrasi. Ketidaksamaan ruang dan masa berlaku dalam kontek perbandaran iaitu tumpuan aktiviti ekonomi adalah di bandar terbesar telah menarik lebih ramai untuk berhijrah ke bandar tersebut.

Rajah 1.1 memaparkan model migrasi beberapa peringkat yang sering dialami bandar-bandar di Negara membangun. Migrasi berlaku dari desa ke bandar kecil, antara bandar kecil dan bandar besar dan juga secara terus dari desa ke bandar besar.

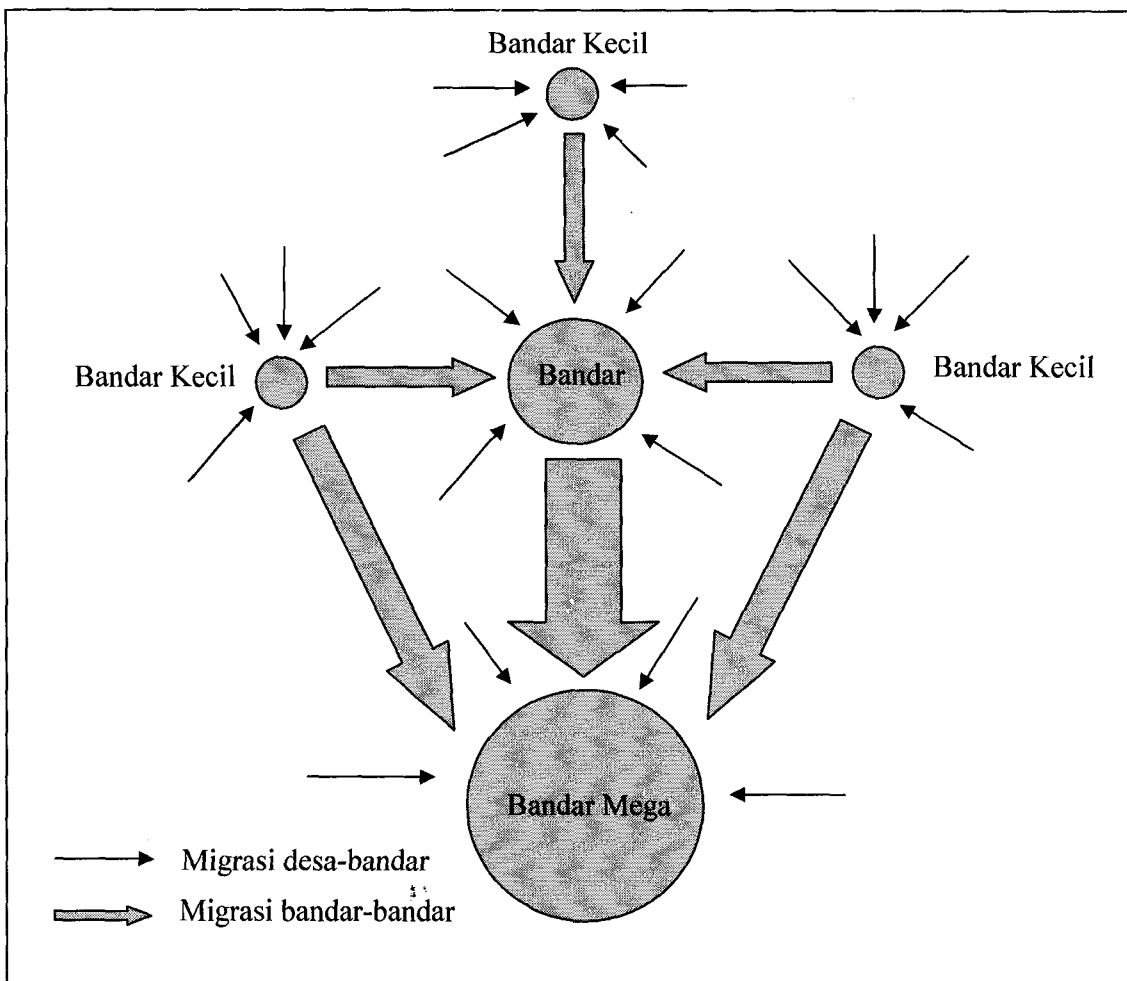
Jadual 1. 1: Corak, saiz dan pertambahan penduduk bandar Negara-negara membangun terpilih dari tahun 1975 hingga 2025.

Negara	1975		2000		2025	
	Jumlah dalam Ribu (000)	% Penduduk Bandar	Jumlah dalam Ribu (000)	% Penduduk Bandar	Jumlah dalam Ribu (000)	% Penduduk Bandar
Argentina	21029	80.73	32762	89.94	43083	93.39
Brazil	66065	61.65	141979	81.21	204791	88.94
Indonesia	26259	19.36	85819	40.34	167393	60.74
Malaysia	4616	37.65	12820	57.49	22942	72.65
Mexico	36948	62.76	79580	77.71	117222	85.82
Filipina	15294	35.56	44005	59.01	77622	74.26
South Africa	12314	47.97	24550	53.12	48673	68.60
Thailand	6244	15.10	13555	21.90	28756	60.74

(Source: UNCHS, 1996).

Proses migrasi seperti ini sering berlaku di India dengan migrasi antara bandar ke bandar meliputi 58% migrasi ke bandar. Proses migrasi ini selalunya dalam peringkat kedua iaitu selepas migran tersebut berpindah dari desa ke bandar. Terdapat faktor penolak dan penarik dalam proses migrasi ini. Antara faktor penolak ialah kemiskinan di luar bandar, pembahagian tanah dengan saiz yang tidak ekonomik, penggunaan teknologi dalam sektor pertanian mengubah corak pekerjaan di luar bandar, kekurangan kemudahan infrastruktur, faktor alam

sekitar seperti kemarau atau bencana yang lain, segregasi agama atau kaum, konflik keluarga, tidak mempunyai pekerjaan, peperangan dan dasar kerajaan yang memberi keutamaan kepada bandar. Faktor penarik adalah seperti peluang pekerjaan, pendapatan yang lebih tinggi, kemudahan kesihatan yang lebih baik, kebebasan budaya, keseronokan, hubungan kekeluargaan, kemudahan pengangkutan dan lain-lain lagi (Drake dan Lee, 2000: 95).



Sumber: Drake dan Lee (2000: 94).

Rajah 1. 1: Model pelbagai peringkat migrasi.

Malaysia telah mengalami perbandaran yang pesat kesan langsung dari dasar perindustrian yang diguna pakai sejak tahun 1970-an. Pembangunan zon perindustrian bebas (FTZ) di bandar-bandar utama Negara seperti di Pulau Pinang, Selangor dan Johor telah menjadi faktor penarik kepada penghijrahan terutama golongan belia ke bandar-bandar perindustrian di negeri-negeri tersebut (Morshidi et al., 1999). Jadual 2 di bawah memaparkan perbandaran di Malaysia dari tahun 1911 hingga 2020.

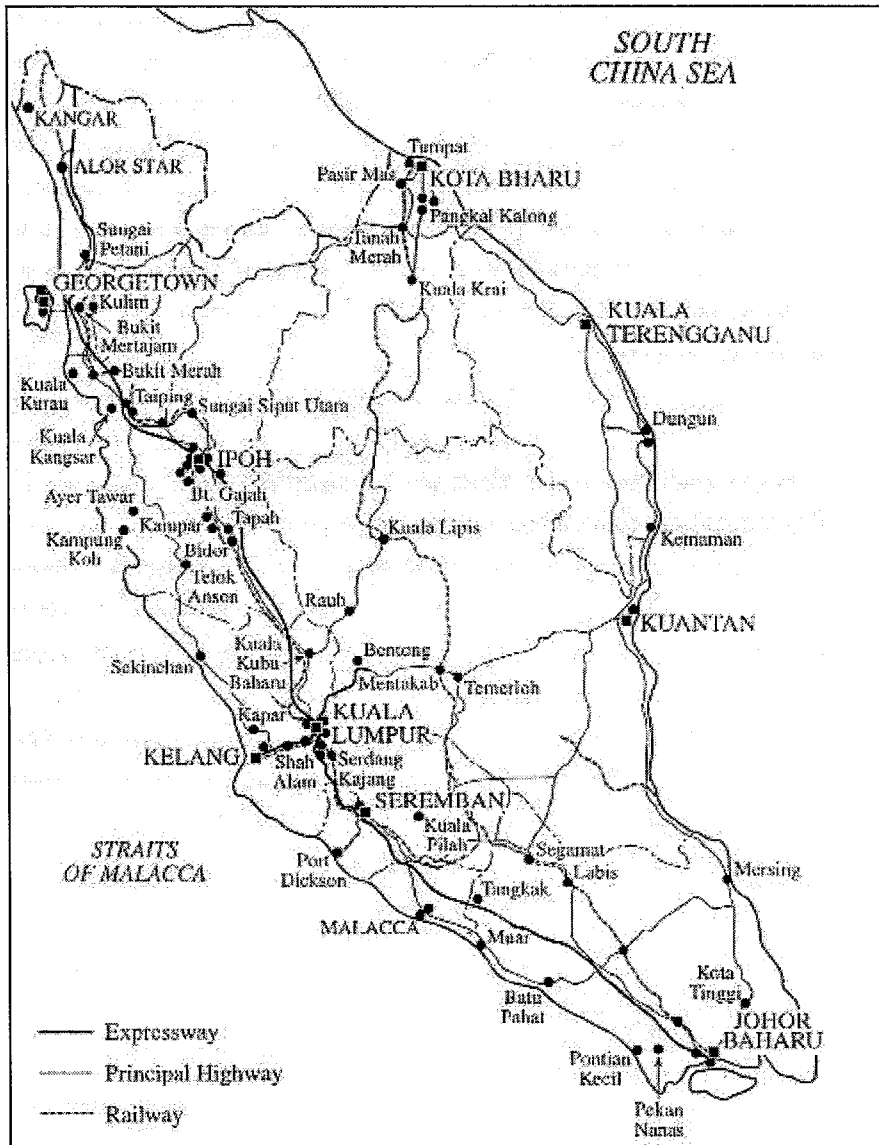
Jadual 1. 2: Kadar Perbandaran di Semenanjung Malaysia, 1911 – 2020.

Tahun	Jumlah Penduduk	Penduduk Bandar	Kadar Pertumbuhan Penduduk Bandar (%)
1911	2,339,000	250,200	10.7
1921	2,906,600	406,900	14.0
1931	3,787,700	570,500	15.1
1947	4,908,000	929,900	18.9
1957	6,267,900	1,666,900	26.6
1970	8,819,900	2,203,400	28.4
1980	10,944,800	4,073,100	37.2
1991	17,600,000	8,900,000	50.6
2000	25,100,000	14,600,000	58.2
2020	40,600,000	26,000,000	64.0

Sumber: Ghani Salleh dan Lee Lik Meng (1997).

Jadual di atas memaparkan pertambahan penduduk yang agak pesat di Negara ini sejak 1911 dan diramal akan terus meningkat sehingga tahun 2020. Pada tahun 1911 penduduk Malaysia hanya sekitar 2.3 juta dan penduduk bandar adalah lebih kurang 250 ribu sahaja. Selepas kemerdekaan iaitu pada tahun 1957, penduduk di Semenanjung Malaysia meningkat kepada 6.2 juta dan 1.6 juta tinggal di bandar. Pada tahun 2000, penduduk Semenanjung Malaysia mencecah 25.1 juta dengan 14.6 juta tinggal di bandar. Rajah 1.2 di bawah

memaparkan bandar-bandar utama di Semenanjung Malaysia. Kebanyakan bandar-bandar ini terletak di pantai barat Semenanjung Malaysia.



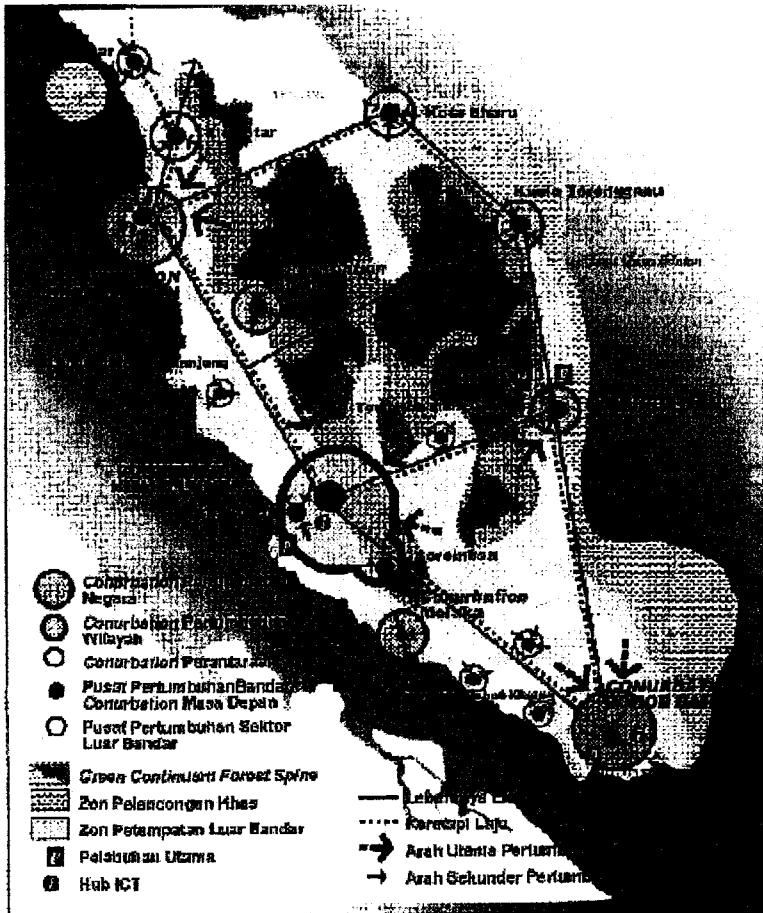
(Sumber: Suriati Ghazali, 1999)

Rajah 1. 2: Bandar-bandar utama di Semenanjung Malaysia dengan penduduk melebihi 10,000 orang.

Peningkatan yang besar penduduk bandar adalah kesan langsung dari perkembangan ekonomi wilayah dan pembangunan sektor perindustrian yang

pesat selepas 1970. Malaysia dirancang menjadi Negara maju pada tahun 2020. Pada masa tersebut, penduduk Semenanjung Malaysia dianggarkan menjadi .40.6 juta dan 26 juta tinggal di bandar. Penghijrahan golongan muda dari luar bandar untuk bekerja dalam sektor perindustrian telah menyumbang kepada peningkatan penduduk yang pesat di bandar-bandar perindustrian utama Negara seperti di Pulau Pinang, Selangor dan Johor (Morshidi et al., 1999). Keadaan ini meningkatkan permintaan kepada rumah terutamanya rumah kos rendah dan infrastruktur yang lain (Ghani Salleh dan Lee Lik Meng, 1997). Perancangan yang terperinci meliputi aspek agihan guna tanah, penyediaan kemudahan awam dan pekerjaan perlu dirancang dengan teliti. Oleh hal yang demikian, juru rancang memainkan peranan yang besar dalam mengarah dan menentukan corak pembangunan guna tanah dalam usaha memenuhi permintaan tersebut (Chapin dan Kaiser, 1979).

Dalam usaha memantau dan mengawal pembangunan bandar yang pesat ini, Jabatan Perancangan Bandar dan Desa telah menubuhkan Rancangan Fizikal Negara (RFN) iaitu sebagai strategi pembangunan fizikal di Semenanjung Malaysia. Pelan ini bertujuan menjadi satu garis panduan dalam usaha mengawal transformasi tanah dari bukan pembangunan kepada pembangunan (Mohd Atan, 2005). Fokus pembangunan adalah di kawasan koridor pembangunan sedia ada seperti di paparkan dalam Rajah 1.3. Usaha menggalakkan dan mengarah pembangunan ke lokasi-lokasi pembangunan sedia ada dijalankan sebagai usaha mengawal dan mengelakkan pembangunan dari berselerak ke kawasan pertanian di pinggir bandar.



(Sumber: Mohd Atan, 2005)

Rajah 1. 3: Koridor pembangunan utama di Semenanjung Malaysia.

Perancangan merupakan proses menentukan tindakan berkesan dalam mencapai keselesaan semua pihak (Devas dan Rakodi, 1993). Tujuan utama perancangan adalah meningkatkan kesejahteraan sejagat dan meningkatkan kualiti hidup penduduk (Chapin dan Kaiser, 1979; Goh, 1990; Knox, 1994). Salah satu usaha bagi menentukan perancangan yang berkesan adalah agihan dan penggunaan sumber iaitu tanah yang berkesan. Ia melibatkan agihan tanah kepada pelbagai kegunaan bagi memenuhi keperluan penduduk masa kini dan generasi

akan datang. Mekanisma yang diguna pakai termasuk kawalan harga dan sewa, pengezonan, penghadan ke atas jualan tanah, kawalan pecah milik, peraturan-peraturan bangunan, permohonan awam ke atas tanah rizab, pencukaian, bank tanah, akta-akta tanah, perancangan bandar dan sebagainya (Kamardin Ngah, 1993). Dalam usaha merancang penggunaan tanah dengan berkesan, pelbagai kaedah dibentuk dan teknologi diguna pakai.

Penggunaan model ruangan telah mula digunakan sejak awal abad ke-18 bagi menerangkan struktur bandar. Kini pelbagai jenis model ruangan dibangunkan bagi merancang, memantau dan mengagih penggunaan tanah kepada pelbagai aktiviti dalam bandar (Batty, 1976; Chapin dan Kaiser, 1979; Batty et al., 1997). Model ruangan dinamik seperti model cellular automata kini digunakan meluas dalam mensimulasi perubahan guna tanah dan meramal kesan pembangunan terhadap persekitan (Clarke et al., 1997; Engelen et al., 1999; Wu dan Webster, 1998). Model tersebut telah diintegrasikan dengan GIS yang mempunyai keupayaan mengurus dan menganalisis data ruangan dan bukan ruangan bagi memudahkan pengurusan maklumat perancangan yang banyak dan meliputi aspek ruangan dan bukan ruangan (Batty et al., 1997; Yeh dan Li, 2001; Samat, 2002).

Walaupun usaha menggunakan model ruangan dan GIS telah meluas, namun penggunaannya di Malaysia masih agak terhad. Kajian dijalankan oleh Sanat (1995), Samat dan Ruslan (2001) menggunakan GIS dan kaedah statistik iaitu analisis diskriminan dalam meramal kawasan pembangunan perumahan. Walaupun kajian tersebut hanya menumpu kepada satu jenis aktiviti guna tanah

sahaja, ianya membuka ruang kepada penggunaan model ruangan dan GIS dalam memahami pembangunan guna tanah bandar. Kelemahan lain kajian tersebut ialah ianya hanya melihat pembangunan pada satu jangka masa sahaja. Kedinamikan aktiviti perumahan tidak dapat dikesan kerana sifat kaedah statistik yang digunakan adalah berbentuk statik. Kajian Narimah (2002) dan Narimah (2004) memberikan fokus kedinamikan perubahan pembangunan bandar. Kajian-kajian tersebut telah mengintegrasikan GIS dan model cellular automata dalam memantau perubahan guna tanah dan mensimulasi pembangunan masa depan berasaskan senario pembangunan yang berbeza seperti pembangunan berbentuk padat, rebakan bandar dan pembangunan terancang. Walaupun usaha tersebut berjaya membuka ruang kepada penggunaan model ruangan dalam merancang dan memantau pembangunan bandar di Malaysia, model yang dibentuk hanya melihat perubahan antara bandar dan bukan bandar sahaja. Oleh hal yang demikian, model ini hanya relevan dalam melihat keluasan, corak dan arah pembangunan tanpa mengambil kira kepelbagaian jenis guna tanah yang berubah.

Usaha harus dijalankan dalam menghasilkan model ruangan pelbagai sektor bagi mengambil kira pembangunan guna tanah utama iaitu perumahan, perniagaan, perindustrian dan pertanian. Ini penting dalam usaha melihat arah pembangunan dan kesannya terhadap aktiviti lain khususnya pertanian. Oleh itu, kajian ini menyarankan pembentukan model guna tanah yang mementingkan agihan pelbagai jenis guna tanah seperti perumahan, perniagaan, perindustrian, pembangunan lain dan pertanian.

## 1.2 Objektif

Kajian ini dijalankan bagi melihat tahap perbandaran di Malaysia dan membentuk tata cara penyelesaian dalam mengendalikan masalah ini.

- a. Membentuk model guna tanah bandar yang dapat mensimulasi perubahan guna tanah dan meramal perkembangan guna tanah masa depan.
- b. Menggunakan model guna tanah bandar yang dibentuk dalam melihat taburan perkembangan ruang bandar di masa depan.
- c. Menguji ketepatan model guna tanah bandar tersebut bagi memastikan kesesuaiannya dalam meramal perkembangan bandar.

## 1.3 Rangka Laporan

Laporan ini mengandungi lima bab. Bab satu ini meliputi pengenalan dan objektif kepada kajian ini. Bab dua akan membincangkan ulasan literatur meliputi teori dan model guna tanah yang sering digunakan dalam menerangkan struktur dan perubahan bandar. Bab tersebut juga akan memberi pengenalan kepada GIS dan keperluan penggunaan GIS dalam perancangan pembangunan bandar. Bab ketiga membincangkan data dan proses penyediaan pangkalan data serta metodologi kajian. Bab empat membincangkan pembentukan model pembangunan guna tanah. Bab tersebut juga membincangkan implementasi model dalam meramal pembangunan bandar berasaskan dua konsep iaitu pembangunan padat dan pembangunan berselerak. Bab lima menjadi penutup akan merumuskan dapatan kajian ini dan membincangkan masa depan kajian ini.

## **Bab 2 Model Guna Tanah dan Sistem Maklumat Geografi**

### **2.1 Pengenalan**

Perkembangan bandar yang pesat kesan langsung dari perubahan ekonomi dan migrasi penduduk luar bandar ke bandar menyebabkan perubahan struktur dan ruang bandar yang ketara. Bagi memahami perubahan ini, pelbagai kaedah dihasilkan dalam memantau, memahami, mengenal pasti dan cuba mengawal perkembangan tersebut. Antara usaha yang dilaksanakan termasuklah menggunakan GIS dan model ruangan. Bab ini membincangkan jenis-jenis model yang sering digunakan dalam menerangkan struktur dan perubahan ruang bandar dan GIS yang merupakan teknologi pengurusan maklumat ruangan yang sering digunakan dalam membantu proses mengawal, memantau dan memodel perubahan dan perkembangan bandar.

### **2.2 Sistem Maklumat Geografi**

Sistem Maklumat Geografi (GIS) merupakan satu sistem komputer yang mempunyai subsistem perolehan dan input data, pengurusan pangkalan data, pengolahan dan analisis serta paparan data ruangan dan bukan ruangan (Star dan Estes, 1990; Tomlin, 1990; Burrough dan McDonnell, 1998).

Terdapat pelbagai definisi GIS yang telah diberikan. Kebanyakannya berkisar dari segi teknologi dan keupayaan sistem ini dalam pengurusan dan pengolahan data ruangan dan data bukan ruangan. Longley et al. (2001) memberikan definisi berasaskan aplikasi sistem ini iaitu sebagai salah satu alat dalam menyelesaikan masalah ruangan. Namun apa yang pasti, keupayaan GIS dalam pengurusan data ruangan dan bukan ruangan merupakan satu kebolehannya yang menjadikan sistem ini bersifat umum dan boleh disesuaikan dengan pelbagai aplikasi. Terdapat tiga komponen utama GIS iaitu data, teknologi dan organisasi.

Data diperolehi dari pelbagai sumber sama ada dalam bentuk digital atau analog. Data kuantitatif sama ada data sekunder atau primer yang dikumpulkan untuk analisis GIS boleh dibahagikan kepada empat sumber utama iaitu data penderiaan jauh, kartografi, kerja lapangan, serta banci dan pentadbiran (Walford, 2001). Penderiaan jauh sama ada berasaskan imej atau fotograf yang diambil menggunakan kapal terbang atau satelit menyediakan sumber data yang banyak dalam jangka masa yang singkat (Lillesand et al., 2005). Imej satelit yang beresolusi tinggi seperti IKONOS dan QuickBird mampu menyediakan data terkini dengan jelas untuk sesuatu kawasan. Ketersediaan data dari penderiaan jauh amat penting bagi memastikan pemantauan fenomena yang dinamik seperti perubahan guna tanah dapat dilaksanakan dengan mudah dan berkesan.

Bagi pemantauan perubahan guna tanah, data penderiaan jauh yang diperoleh daripada imej satelit digunakan untuk tujuan mendapatkan maklumat terkini taburan guna tanah sesuatu kawasan (Lillesand et al., 2004). Yeh dan Li (1996) dan Yeh dan Li (1997) telah menggunakan data dari imej satelit Landsat TM dalam usaha memantau perubahan guna tanah yang pesat di China. Kajian tersebut mendapati kaedah ini bersesuaian dalam usaha memantau perubahan guna tanah yang bersifat dinamik. Selain imej satelit, foto udara menyediakan maklumat sejarah sesuatu kawasan kerana foto merupakan rekod sebenar sesuatu kawasan (Samat dan Ruslan, 1996). Maklumat ini sesuai digunakan dalam memantau perubahan guna tanah.

Data kartografi diperoleh daripada peta yang dihasilkan oleh ahli kartografi. Peta menyediakan data ruangan yang kerap digunakan dalam pelbagai aplikasi. Data dari pejabat pentadbiran digunakan untuk mendapatkan data bukan ruangan seperti laporan kematian atau kelahiran, data penduduk, migrasi dan sebagainya. Selain itu, data juga boleh didapati melalui kerja lapangan menggunakan Sistem Keletakan Global (Global Positioning System – GPS) atau melalui kerja ukur bagi mendapatkan data ruangan. Kaedah ini sering digunakan apabila terdapat pembangunan baru di sesuatu lokasi dan kajian lapangan dijalankan untuk mengemas kini data.



Selain data, teknologi yang terdiri daripada perisian dan perkakasan merupakan komponen GIS yang penting (Star dan Estes, 1990). Perkakasan komputer untuk aplikasi GIS tidak mempunyai perbezaan dengan perkakasan komputer yang lain. Ianya terdiri daripada Sistem Pemprosesan Pusat (CPU), monitor, papan kekunci, dan tetikus. Peranti-peranti tambahan lain seperti pencetak dan pengimbas juga sering digunakan. Perisian GIS berbeza dengan perisian yang lain. Ianya mempunyai empat fungsi utama iaitu perolehan dan input data, pengurusan pangkalan data, pengolahan dan penganalisan, dan paparan (Burrough dan McDonnell, 1998; Demers, 2005). Fungsi perolehan dan input data membenarkan data dari pelbagai sumber dan format dimasukkan ke dalam pangkalan data. Fungsi pengurusan pangkalan data pula membenarkan data dicapai semula, dikemas kini, dan digunakan untuk tujuan analisis dan pengolah. Fungsi analisis dan pengolahan membenarkan data dikeluarkan semula untuk tujuan analisis. Antara fungsi analisis yang digunakan dengan meluas dalam GIS adalah analisis jarak dan kedekatan, analisis kejiranan, analisis tindanan dan analisis perhubungan. Akhirnya fungsi paparan dan visualisasi membenarkan data dan hasil dipaparkan sama ada dalam bentuk jadual atau grafik. Dalam perancangan guna tanah, fungsi-fungsi GIS sering digunakan dalam kerja-kerja pentadbiran harian sehinggalah kepada perancangan strategik yang melibatkan alokasi tanah kepada kegunaan tertentu (Stillwell et al., 1999).

Keupayaan analisis digabungkan secara sistematik dalam bentuk permodelan kartografi sesuai digunakan dalam penyelesaian masalah perancangan pembangunan guna tanah. Antara operasi analisis dalam GIS adalah (a) fungsi pengukuran, perolehan dan pengkelasan, (b) fungsi penindanan, (c) fungsi kejiranan, dan (d) fungsi perhubungan. Fungsi-fungsi ini membenarkan data asal diolah dan diterbitkan dalam bentuk yang bersesuaian untuk analisis. Misalnya, fungsi pengkelasan membenarkan ruang dan data dikelaskan kepada bentuk yang lebih umum seperti pengkelasan kategori guna tanah terperinci kepada guna tanah bersifat umum. Operasi tindanan juga membenarkan lapisan-lapisan data berbeza digabungkan bagi menghasilkan maklumat baru. Operator aljabar seperti tambah, tolak, darab, bahagi digunakan ke atas lapisan peta bagi menghasilkan maklumat baru. Fungsi kejiranan pula membenarkan kedekatan berasaskan jarak digunakan dalam melihat pengaruh sesuatu lokasi dengan jiran-jirannya. Manakala operasi perhubungan pula membenarkan analisis rangkaian dan ketersampaian dijalankan dalam melihat tahap ketersampaian antara asalan dan destinasi atau dalam melihat perhubungan antara dua lokasi berasaskan sesuatu jaringan atau rangkaian. Semua fungsi analisis asas dalam GIS ini tersedia dalam perisian GIS yang ada di pasaran. Namun, memandangkan fungsi-fungsi ini bersifat umum, penggunaan dan kesesuaiannya dalam penyelesaian sesuatu masalah adalah bergantung kepada keupayaan pengguna dalam menggabungkan dan mengguna pakai fungsi tersebut secara sistematik. Dalam perancangan

pembangunan guna tanah Bandar, misalnya GIS berguna dalam memeta taburan guna tanah, memantau perubahan guna tanah, dan merancang pembangunan strategik sesuatu kawasan.

GIS digunakan dengan meluas dalam memantau perubahan guna tanah. Kajian yang dijalankan oleh Li dan Yeh (1997) di China menunjukkan teknologi sesuai digunakan dalam memantau perubahan guna tanah di kawasan yang mengalami pembangunan yang pesat. Ia dapat memberikan maklumat mengenai statistik, jenis perubahan dan lokasi kawasan yang mengalami perubahan guna tanah. Kajian yang dijalankan oleh Narimah dan Tarmiji (2005) mendapati GIS sesuai digunakan dalam pemantau perubahan guna tanah dan dapat menyediakan maklumat kuantiti, jenis, dan lokasi perubahan serta morfologi kawasan yang mengalami perubahan tersebut. Maklumat sebegini berguna dalam proses penyediaan pelan perancangan dan pembentukan dasar bagi sesuatu kawasan. Selain itu, ia dapat menjadi panduan dalam usaha melihat kesan perancangan sesuatu kawasan ke atas perubahan ruang.

Selain memantau perubahan guna tanah, GIS digunakan dalam merangka pelan strategik sesuatu kawasan. Kajian yang dijalankan oleh Scholten et al. (1999) telah menggabungkan GIS dengan model interaksi ruangan untuk melihat kesan pembesaran lapangan terbang ke atas perubahan bandar di Belanda. Kajian tersebut mendapati kaedah ini sesuai dalam menilai impak

sesuatu pembangunan terhadap perubahan ruang sesuatu kawasan. Kajian yang dijalankan oleh Lee et al. (1998) di Amerika Syarikat telah menggunakan GIS dalam merancang pembangunan berasaskan tiga scenario pembangunan berbeza iaitu pembangunan berpusat, pembangunan berselerak dan pembangunan berasaskan ketersampaian dengan kemudahan pengangkutan. Perubahan ruang bandar yang terhasil dari ketiga-tiga senario ini dibandingkan sebagai usaha melihat kesan sesuatu strategi perancangan dengan perubahan struktur dan guna tanah bandar (Stillwell et al., 1999). Kaedah ini sesuai dijadikan alat dalam merancang dan meramal perubahan ruang kesan sesuatu perancangan yang diguna pakai (Klostermann, 1999; Batty dan Klostermann, 2001).

Kajian-kajian yang dijalankan mendapati GIS sesuai digunakan dalam pelbagai peringkat perancangan guna tanah seperti sebagai alat pengumpulan dan paparan data serta pembentukan pangkalan data yang selanjutnya dijadikan asas dalam menilai taburan guna tanah, melihat perubahan guna tanah, mengenal pasti tapak pembangunan untuk sesuatu aktiviti dan meramal pembangunan masa depan. Walau bagaimanapun, pada masa kini, penggunaan GIS telah mula digunakan dengan meluas di peringkat penyediaan plan strategik yang melibatkan penyatuan maklumat ruangan, bukan ruangan dan memasukkan unsur kecenderungan dan penilaian konflik dalam penentuan pembangunan masa depan (Malcweski, 1999). Dalam aplikasi-aplikasi tersebut, GIS diintegrasikan dengan pelbagai

kaedah seperti statistik, penilaian pelbagai kriteria dan model-model ruangan yang mempunyai keupayaan untuk menerangkan memahami perkembangan guna tanah dan meramal penggunaan tanah masa depan (Stillwell et al., 1999; Yeh, 1999).

Pengintegrasian GIS dengan model ruangan dilakukan melalui kaedah pengintegrasian secara longgar atau "loose\_coupling", kaedah "tight-coupling" dan sistem bersepadu "integrated system" (Yeh, 1999). Kaedah pengintegrasian longgar atau "loose-coupling" membenarkan pengguna menggunakan GIS dan model ruangan yang dibangunkan melalui perisian lain seperti melalui bahasa pengaturcaraan komputer peringkat tinggi seperti C++ dan Java atau melalui perisian tambahan lain seperti pakej SPSS. GIS digunakan hanya dalam penyediaan pangkalan data untuk dijadikan input kepada model dan dalam paparan hasil model. Rajah 2.1 (a) memaparkan kaedah pengitegrasiaan GIS dengan model ruangan melalui kaedah "loose-coupling". Kajian yang dijalankan oleh Chuiveco (1993) dilaksanakan dengan menggabungkan GIS dan model pengaturcaraan linear bagi mengenal pasti agihan guna tanah pertanian di Spanyol. Dalam kajian ini GIS digunakan dalam penyediaan pangkalan data dan paparan kombinasi guna tanah yang optimum di kawasan ini, tetapi penentuan kombinasi guna tanah yang dicadangkan dilaksanakan menggunakan kaedah pengaturcaraan linear. Kajian yang dijalankan oleh Clarke et al. (1997) mengintegrasikan GIS dengan model cellular automata menggunakan bahasa pengaturcaraan C. Seperti kajian yang dijalankan oleh Chuiveco (1993), peranan GIS dalam kajian ini

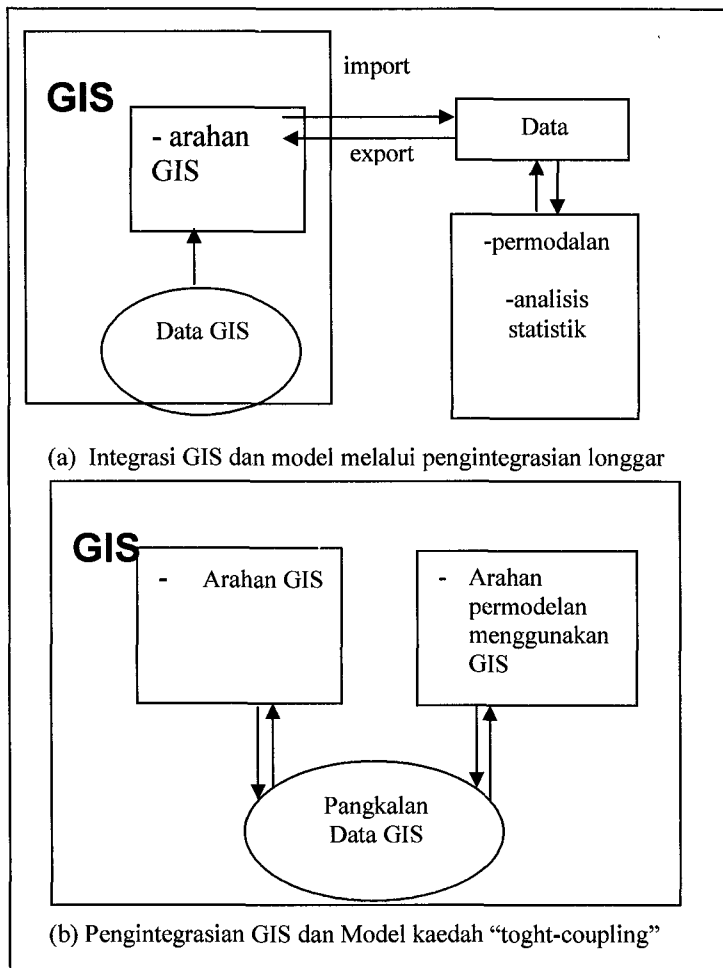
adalah untuk menyediakan pangkalan data untuk dijadikan input dan paparan hasil model. Di Malaysia, pengintegrasian GIS dan model ruangan dijalankan oleh Samat (1995) dan Samat dan Ruslan (2001) dalam usaha memahami potensi pembangunan guna tanah perumahan di bandar Butterworth, Pulau Pinang. GIS dijadikan alat dalam penyediaan pangkalan data dan paparan hasil model, tetapi permodelan ruangan dilaksanakan melalui pakej statistik iaitu SPSS melalui kaedah analisis diskriminan. Kajian tersebut mendapati pengintegrasian GIS dan kaedah analisis diskriminan boleh digunakan dalam melihat perkembangan guna tanah perumahan dengan ketepatan melebihi 70%, dan sesuai digunakan dalam ramalan pembangunan guna tanah perumahan di masa depan.

Walaupun penggunaan pengintegrasian GIS dan model ruangan melalui kaedah "loose-coupling" ini membenarkan pengguna menggabungkan GIS dengan model ruangan dalam memahami dan meramal perubahan guna tanah bandar, ianya memerlukan pengguna menguasai bahasa pengaturcaraan yang lain atau pakej-pakej perisian yang lain selain mempunyai keupayaan mengendalikan perisian GIS. Selain itu, ia melibatkan masa yang panjang kerana memerlukan proses mengtransformasi data input dari perisian GIS ke format yang difahami oleh pakej-pakej perisian yang digunakan untuk tujuan permodelan dan penukaran semula ke format GIS untuk tujuan paparan (Yeh, 1999; Samat, 2002). Oleh itu, kaedah ini agak menyusahkan untuk dilaksanakan terutama di kalangan pengguna yang belum begitu mahir dengan perisian GIS.

Selain pengintegrasian menggunakan kaedah "loose-coupling", kaedah "tight-coupling" juga membenarkan pengintegrasian GIS dengan model ruangan secara sistematik (Yeh, 1999). Kaedah ini dilaksanakan melalui pengaturcaraan Makro yang terdapat di dalam perisian GIS yang digunakan. Pakej GIS seperti ArcGIS, ArcView dan IDRISI mempunyai bahasa makro contohnya Arc Macro Language (AML) di dalam ArcGIS yang membenarkan pengguna menulis aturcara permodelan secara sistematik. Keupayaan manipulasi data ruangan dan atribut digabungkan secara automatik dalam menyelesaikan masalah ruangan (Carver, 1991; Samat, 2002). Keupayaan ini membenarkan pengguna membentuk model ruangan tanpa perlu menggunakan perisian yang lain. Oleh hal yang demikian, penukaran format data tidak perlu dibuat kerana pangkalan data GIS akan menjadi input kepada model dan output juga dalam format yang sama. Rajah 2.1 (b) menunjukkan kaedah pengintegrasian secara "tight-coupling".

Kajian yang dijalankan oleh Wu (1998) dan Wu dan Webster (1998) telah menggunakan AML dalam membentuk model simulasi ruangan bagi melihat pembangunan di China. Kajian tersebut menggunakan sepenuhnya keupayaan GIS dalam pengurusan pangkalan data dan permodelan ruangan. Di Malaysia, kajian yang dijalankan oleh Samat (2002) dan Samat (2004) juga menggunakan keupayaan AML dalam menggabungkan aturan analisis secara sistematik dalam mensimulasi perubahan guna tanah dan menilai kesan perlaksanaan dasar perancangan ke atas perubahan ruang bandar. Model Cellular Automata telah diintegrasikan dengan GIS dalam persekitaran GIS

dalam melihat perubahan ruang bandar dan meramal pembangunan masa depan kesan langsung penggubalan sesuatu dasar perancangan.



Sumber: Yeh (1999)

Rajah 2. 1: Pengintegrasian GIS dan model ruangan

Kaedah "integrated system" pula melibatkan perisian GIS yang dibangunkan dengan kemudahan permodalan ruangan yang tersedia ada. IDRISI 3.2 (Eastman, 1999) mempunyai pelbagai module yang membenarkan proses

permodelan dilaksanakan di dalam sistem ini melalui arahan yang ringkas sahaja. Antara module yang terdapat di dalam IDRISI termasuklah Markov Change model, CA\_Markov model dan Penilaian Pelbagai Kriteria. Ketersediaan module-module ini memudahkan pengguna menjalankan analisis dan memodel perubahan sesuatu fenomena. Namun kelemahan sistem ini adalah, ianya terhad kepada model-model deterministik sahaja.

Dalam usaha merancang dan memantau perubahan guna tanah bandar, pelbagai strategi dan alat diguna pakai oleh juru rancang dalam membantu proses membuat keputusan. GIS mempunyai keupayaan analisis data ruangan, namun keupayaan tersebut masih dikatakan terhad kepada manipulasi data ruangan yang hanya memungkinkan penyelesaian masalah bersifat deterministik (Carver, 1991; Stillwell et al., 1999). Oleh hal yang demikian, pelbagai kaedah telah dilaksanakan dalam menggabungkan GIS dengan model ruangan sebagai usaha untuk meningkatkan keupayaan analisis data ruangan dalam GIS bagi menjadikannya sebagai alat yang berkesan bukan sekadar dalam memanipulasi peta digital malahan sebagai alat dalam membantu proses membuat keputusan terutama dalam penyediaan pelan strategik sesuatu kawasan bandar. Bahagian selanjutnya membincangkan model-model ruangan yang sering digunakan dalam perancangan guna tanah bandar.

## **2.3 Model-Model Ruang dalam Perancangan Guna Tanah**

### **2.3.1 Model-Model Klasik**

Model-model ruang ini boleh diklasifikasikan dengan pelbagai kaedah seperti model deskriptif, prediktif dan preskriptif (Chapin dan Kaiser, 1979). Model deskriptif hanya digunakan dalam menerangkan taburan guna tanah di sesuatu kawasan. Model awal yang terkenal adalah model pertumbuhan bandar seperti model berpusat, model bersektor dan model multi-nuklie. Ketiga-tiga model ini sering dijadikan teori asas guna tanah dalam menerangkan hubungan antara lokasi sesuatu aktiviti guna tanah di dalam ruang dan perkaitannya dengan aktiviti yang lain (Kamarudin Ngah, 1993). Walaupun ketiga-tiga model ini sering digunakan dalam membincangkan lokasi aktiviti guna tanah bandar, ianya kerap dikritik kerana sesuai hanya dalam menerangkan bandar-bandar di Amerika Syarikat. Penerangan mengenai bandar-bandar khususnya di Negara membangun atau Negara-negara Asia Tenggara adalah kurang seragam dan tidak sesuai diterangkan menggunakan model-model tersebut. Oleh itu, McGee (1967) telah mencadangkan struktur bandar yang berbeza bagi Negara-negara Asia Tenggara. Sifat umum bandar Negara-negara ini yang kurang seragam dan perkembangan bermula dari sesebuah pusat pelabuhan serta berkembang dalam bentuk segitiga secara berjejari dengan jalan-jalan utama keluar dari pelabuhan ini (Peter dan Llyods-Evans, 1998). Selain itu, guna tanah lebih bercampur kerana kekurangan undang-undang pengzonan. Oleh hal yang demikian, aktiviti guna tanah moden dan tradisional adalah agak bercampur

(Potter dan Lloyds-Evans, 1998). Penerangan mendalam mengenai model-model klasik ini boleh didapati di dalam Chapin dan Kaiser (1979), McGee (1967) dan Potter dan Lloyds-Evans (1998).

Model prediktif pula digunakan dalam menerangkan aktiviti guna tanah di sesuatu kawasan dan mempunyai keupayaan untuk menggunakan penerangan ini dalam meramal perkembangan bandar di masa depan (Chapin dan Kaiser, 1979). Model awal yang dibentuk adalah model von Thünen yang menerangkan perletakan aktiviti pertanian dan perkaitannya dengan lokasi pasaran dan harga tanah yang terletak di dataran isotropik. Selain itu, Alfred Weber juga cuba menggunakan kaedah yang hampir sama dalam menerangkan perkaitan perletakan aktiviti perindustrian dengan lokasi bahan mentah dan lokasi bahan bakar dengan lokasi kawasan pasaran. Model-model tersebut cuba mencari keseimbangan antara kos pengangkutan dan kos tanah (Wilson, 2000). Selain itu, ianya dibentuk berasaskan kos equilibrium ekonomi yang menimbangi kos pengeluaran dan pendapatan. Walau bagaimanapun model-model ini dibentuk dengan menganggap aktiviti ini berlaku di atas ruang yang isotropik iaitu mempunyai keseragaman dari segi fizikal atau kos pengangkutan. Hal ini adalah kurang realistik dalam dunia sebenar yang mempunyai perbezaan kos berasaskan jarak dan arah yang berbeza serta bentuk muka bumi yang tidak seragam (Pacione, 2001).

Alonso (1964) membentuk model yang cuba menerangkan lokasi perumahan berasaskan interaksi antara lokasi dan nilai tanah. Lokasi aktiviti ekonomi ditentukan melalui kadar sewa iaitu menerangkan bahawa aktiviti ekonomi berasaskan kadar sewa yang mampu dibayar oleh sesuatu aktiviti. Selain Model ini sering digunakan dalam meramal perletakan aktiviti ekonomi bandar. Walau bagaimanapun model-model yang dibentuk oleh pengkaji terdahulu dapat meramal aktiviti guna tanah dengan baik, namun kebanyakan model-model tersebut bersifat statik iaitu ramalan untuk satu jangka masa sahaja. Pelbagai jenis model yang bersifat dinamik mula dibentuk bagi meramal aktiviti guna tanah yang kompleks.

### **2.3.2 Permodelan Sistem Bandar yang Kompleks**

Pemantauan perubahan guna tanah penting kerana ianya melibatkan proses memahami sebab dan kesan perubahan ini terhadap penyusunan ruang, kegiatan ekonomi dan persekitaran sesuatu kawasan. Oleh itu, pelbagai jenis model telah dibentuk dalam usaha memahami dan meramal pembangunan guna tanah yang bakal berlaku di sesuatu kawasan. Walaupun model pembangunan guna tanah bandar telah dibentuk sejak lama dulu, namun penggunaannya mula digunakan dengan meluas sejajar dengan perkembangan penggunaan komputer dalam perancangan pembangunan guna tanah. Kini, model-model bersifat dinamik seperti model cellular automata, model berasaskan agen (Agent-Based Modelling) mula digunakan

dengan meluas dalam meramal kedinamikan perubahan guna tanah bandar, pergerakan penduduk bandar dan aktiviti-aktiviti lain dalam bandar.

Kajian yang dijalankan oleh Irwin dan Geoghegan (2001) memantau perubahan guna tanah dan melibatkan perubahan ini dengan proses ekonomi yang berkait dengannya. Model cellular automata telah digunakan untuk mensimulasi proses perbandaran dengan menggabungkannya dengan faktor sosio-ekonomi (penduduk atau keluaran negeri kasar), biofizikal (tanih, kecerunan, ketinggian) dan faktor jarak dengan kemudahan-kemudahan lain. Walaupun model yang dibentuk mampu mensimulasi proses perubahan guna tanah yang dinamik, Irwin dan Geoghegan (2001) merasakan unit analisis iaitu sel atau satu cara pembahagian lanskap yang digunakan melalui kaedah CA ini kurang bertepatan. Ia sepatutnya mengambil kira unit analisis dunia sebenar seperti sesuatu lot tanah (Samat, 2006). Kajian yang dijalankan oleh Clarke et. al (1997) dan Clarke dan Gaydos (1998) juga menggunakan kaedah yang sama dalam mensimulasi perkembangan bandar di kawasan Teluk San Francisco, California dan Baltimore-Washington sejak tahun 1900 sehingga kini. Kajian tersebut mengambil kira faktor diffusi perkembangan bandar, kawasan pembangunan baru, rebakan bandar, faktor kecerunan dan faktor tarikan jalan utama dalam menentukan pembangunan sesuatu kawasan. Kajian tersebut telah memperoleh hasil yang agak baik iaitu model yang dibentuk telah diuji kebolehannya dalam

mengsimulasi perubahan bandar menggunakan data sebenar kawasan tersebut.

Kajian yang dijalankan Scholten et al. (1999) di Netherland pula mengambil kira dasar perancangan dan kesesuaian tapak dalam perancangan pembesaran lapangan terbang. Kajian yang dijalankan telah melihat implikasi sesuatu dasar perancangan yang cuba dilaksana ke atas persekitaran dan impak sosial kawasan terbabit. Kajian yang dijalankan oleh Klostermann (1999) juga mempunyai matlamat yang hampir sama. Dalam kajian tersebut, analisis berasaskan senario berbeza atau dikenali sebagai "what-if" telah diperkenalkan dalam usaha meramal impak sesuatu perancangan ke atas persekitaran fizikal dan sosial sesuatu kawasan. Keupayaan model ruangan yang dibentuk seperti ini adalah amat bermakna dalam perancangan pembangunan guna tanah sesuatu kawasan kerana perancangan yang dilaksanakan pada hari ini akan memberikan impak jangka panjang ke atas manusia dan fizikal sesuatu kawasan.

Banyak kajian penggunaan model dinamik ini dijalankan oleh pengkaji dari Negara maju seperti di Amerika Syarikat dan Eropah (Engelen et al., 1999; Stillwell et al., 1999). Terdapat beberapa kajian yang dijalankan di China oleh Sui dan Zeng (1998), Wu (1998), Wu dan Webster (1998), Yeh dan Li (2001), Yeh (2000) yang menggunakan kaedah cellular automata dan GIS. Kajian-kajian tersebut digunakan dalam mengsimulasi perubahan struktur bandar

dalam usaha menghasilkan pembangunan lestari. Kajian oleh Yeh dan Li (2001) dan Yeh (2000) misalnya telah mengambil kira faktor tempatan seperti tanah dan kecerunan, faktor persekitaran dan faktor permintaan tanah dalam usaha membangunkan bandar. Pelbagai senario pembangunan iaitu pembangunan secara padat berpusat serta rebakan bandar diambil kira bagi melihat keupayaan kaedah cellular automata dan GIS dalam mensimulasi perkembangan bandar berasaskan pelbagai objektif perancangan. Kajian yang dijalankan oleh Wu (1998) dan Wu dan Webster (1998) yang juga dijalankan di Negera China telah digunakan dalam mensimulasi perkembangan bandar berasaskan senario bandar padat dan rebakan bandar. Walaupun kajian-kajian yang dijalankan menunjukkan keupayaan model cellular automata dan GIS dalam meramal perubahan ruang bandar, tidak ada usaha yang dijalankan dalam mengesahkan ketepatan model menggunakan data guna tanah sebenar kawasan kajian (Samat, 2002). Oleh hal yang demikian, keupayaan sebenar model ini dalam meramal pembangunan masa depan masih boleh dipertikaikan.

Walaupun terdapat banyak kajian menunjukkan potensi penggunaan GIS dan model cellular automata dalam membantu merancang pembangunan masa depan, kebanyakan kajian yang dijalankan masih terhad kepada penyelidikan berbentuk akademik (Batty dan Torrens; 2001). Ini adalah disebabkan kaedah ini sering dikritik sebagai terlalu ringkas untuk digunakan dalam mensimulasi pembangunan guna tanah dunia sebenar. Selain itu,



kebanyakkan kajian yang dijalankan tidak berusaha mengesahkan ketepatan model yang dibentuk dengan menggunakan data dunia sebenar (Kok et al., 2001; Pontius et al., 2001). Hasil dari model ini sesuai digunakan secara kualitatif iaitu dalam melihat corak perubahan ruang yang bakal terjadi di masa depan (White dan Engelen, 2001). Oleh hal yang demikian, sehingga terdapat usaha mengesahkan ketepatan model ini menggunakan data dunia sebenar dijalankan, hasil model ini hanya sekadar menunjukkan perubahan corak ruang bandar yang kompleks tanpa dapat digunakan dengan secara jelas dalam perancangan pembangunan bandar. Selain itu, dalam memodel perubahan guna tanah sesuatu kawasan pelbagai faktor perlu diambil kira seperti faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut. Pemilihan faktor yang mempengaruhi perubahan ini selalunya adalah perkaitan antara elemen sosial, fizikal, ekonomi dan politik (Veldkemp dan Lambin, 2001). Walau bagaimanapun usaha memasukkan kesemua faktor tersebut dalam model adalah agak sukar kerana ketiadaan data ruangan yang baik dan limitasi metodologi permodelan yang digunakan untuk mengintegrasikan data fizikal dan sosial. Unit ruangan bagi data fizikal dan sosial agak sukar digabungkan. Contohnya, data sosial ekonomi yang dikeluarkan oleh Jabatan Perangkaan Malaysia dikeluarkan dalam unit mukim yang mempunyai kepelbagaian saiz sukar diintegrasikan dengan data fizikal yang lain seperti kedekatan dengan kemudahan awam yang boleh diagregat kepada unit-unit ruangan yang diperlukan. Oleh hal yang demikian, kebanyakkan model guna tanah yang

dibangunkan lebih cenderung menggunakan data fizikal dengan hanya menggunakan data sosial ekonomi yang agak terhad.

### **2.3 Penutup**

Pengintegrasian model ruangan dinamik dan GIS digunakan dengan meluas dalam usaha memodel dan memahami perubahan guna tanah di sesuatu kawasan. Selain itu, ianya juga dilaksanakan dalam membantu merancang dan meramal perubahan ruang sesuatu kawasan. Walaupun banyak usaha membangunkan metodologi dalam membentuk model yang berkesan dalam memahami pembangunan guna tanah, masih terdapat pelbagai isu seperti masalah pengintegrasian faktor sosio-ekonomi dan faktor fizikal dalam pembentukan model, keupayaan model dalam meramal sejenis guna tanah atau pelbagai jenis guna tanah yang perlu diberi perhatian. Bab selanjutnya membincangkan metodologi pembentukan model guna tanah yang cuba mengintegrasikan faktor sosio-ekonomi dan melibatkan lima jenis guna tanah di Seberang Perai, Pulau Pinang.

## **Bab 3 Permodelan Ruang dan GIS**

### **3.1 Pengenalan**

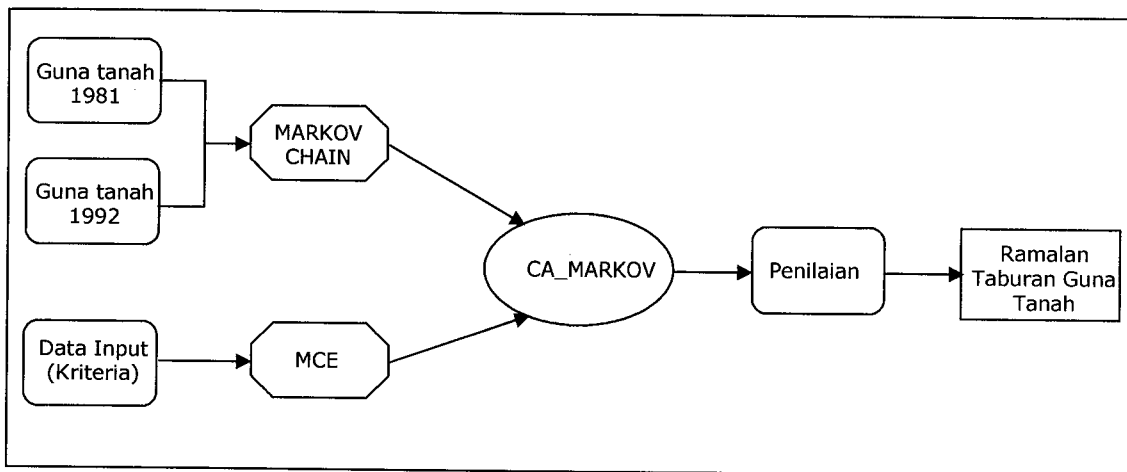
Perbincangan sebelum ini menunjukkan penggunaan GIS dan model CA berpotensi untuk melihat dan memahami perkembangan bandar yang kompleks. Walaupun kaedah ini kerap digunakan dalam memantau, merancang dan memahami perkembangan bandar, kelemahannya adalah hasil analisis jarang dinilai berasaskan keupayaannya dalam mensimulasi keadaan pembangunan di dunia sebenar. Ini adalah disebabkan masalah kekurangan siri data guna tanah yang sesuai digunakan dalam memodel dan menilai hasil model tersebut (Sander, 1996; Kok et al., 2001). Penilaian ketepatan ini penting dalam memastikan kaedah yang dihasilkan diterima dan dapat digunakan dalam merancang dan meramal pembangunan bandar. Bab ini memaparkan metodologi pembentukan model pembangunan guna tanah menggunakan GIS dan CA serta data dan kawasan kajian.

### **3.2 Rangka Konsep Model**

Model CA mampu mensimulasi perkembangan ruang sesebuah bandar (Couclelis, 1985; Batty et al., 1997; Wu dan Webster, 1998). Oleh hal yang demikian, model ini kerap digunakan dalam memahami perubahan guna tanah bandar dan meramal perkembangan guna tanah masa depan. Model asal CA mempunyai 4 elemen asas iaitu sel, situasi, kejiranan dan aturan perubahan

(Couclelis, 1985), namun dalam mensimulasi perkembangan bandar ianya diubah suai bagi meniru sifat-sifat perkembangan aktiviti guna tanah bandar yang dipengaruhi oleh faktor fizikal, sosial dan persekitaran. Oleh itu, aturan perubahan model ini yang asalnya hanya melihat kepada situasi atau jumlah jiran yang membangun akan diubah suai bagi menyamai sifat-sifat perkembangan bandar dunia sebenar (Batty et al., 1997; Wu dan Webster, 1998, Samat, 2002). Dalam kajian ini, aturan perubahan dihasilkan melalui gabungan faktor-faktor fizikal, sosial dan ekonomi kawasan kajian dan digabung menggunakan kaedah penilaian pelbagai kriteria (MCE) dan kaedah MARKOV Chain. Kaedah ini dapat mensimulasi perubahan masa depan hasil penelitian terhadap pembangunan masa lepas. Secara konsepnya permodelan ini ditunjukkan dalam Rajah 3.1 di bawah. Rajah ini memaparkan tiga komponen utama iaitu melihat keberangkalian perubahan guna tanah menggunakan kaedah Markov Chain, menentukan kesesuaian guna tanah menggunakan kaedah Penilaian Pelbagai Kriteria (MCE) dan permodelan ruangan taburan aktiviti guna tanah menggunakan kaedah CA. Komponen pertama melibatkan pemantauan perubahan guna tanah. Data guna tanah dua jangka masa digunakan untuk melihat perubahan yang terjadi dan menghasilkan satu matrik perubahan yang menunjukkan keberangkalian aktiviti guna tanah yang mengalami perubahan. Matrik ini akan menjadi salah satu input kepada model CA\_MARKOV. Analisis kesesuaian tanah dijalankan melibatkan setiap jenis guna tanah yang ada bagi menghasilkan peta indeks kesesuaian tanah. Peta-peta tersebut juga akan dimasukkan ke

dalam model CA\_MARKOV bagi mengenal pasti potensi pembangunan guna tanah bagi setiap jenis guna tanah yang dimodelkan. CA\_MARKOV dijalankan dengan memasukkan data guna tanah yang bertindak sebagai guna tanah asas permodelan, indeks keberangkalian perubahan dan peta indeks kesesuaian tanah yang berfungsi sebagai aturan perubahan dan satu zon yang mendefinisikan pengaruh kejiranan dalam pembangunan sel.



Rajah 3. 1: Kaedah permodelan ruangan hasil integrasi CA, MCE dan Markov Chain.

Model CA mempunyai lima elemen asas iaitu: sel, situasi, kejiranan, aturan perubahan dan masa (Couclelis, 1985; Engelen et al., 1999). Sel merupakan unit terkecil yang digunakan bagi membahagikan kawasan kajian kepada sekumpulan sel dengan keluasan 90m x 90m. Pemilihan saiz sel ini selalunya ditentukan berasaskan ketersediaan data atau saiz pembangunan di atas permukaan bumi di kawasan kajian (Kok et al., 2001; Rietkerk et al., 2002). Kajian yang dijalankan oleh Samat (2006) mendapati saiz terbaik

memodal pembangunan guna tanah di kawasan ini adalah 90m x 90m kerana ia menghasilkan ketepatan model yang baik serta dapat mengekalkan morfologi bandar. Oleh hal yang demikian, saiz tersebut telah digunakan dalam permodelan pembangunan guna tanah bandar kawasan ini. Situasi sel adalah keadaan atau aktiviti yang dimodelkan yang terdapat di setiap sel. Dalam kajian ini, situasi sel mewakili guna tanah berbeza seperti yang dipaparkan dalam rumus 3.1 di bawah. Lima jenis guna tanah utama iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan, perindustrian, pertanian dan lain-lain jenis guna tanah mewakili 5 kategori guna tanah utama kawasan kajian.

$${}^tLU_{i,j} = \begin{cases} 1 = \text{Perumahan} \\ 2 = \text{Perniagaan dan kemudahan} \\ 3 = \text{Perindustrian} \\ 4 = \text{Pertanian} \\ 5 = \text{Lain - lain} \end{cases} \quad (3.1)$$

Kejiranan diwakili dengan satu tettingkap pelbagai bentuk dan saiz yang boleh menunjukkan pengaruh situasi sel di sekitar terhadap perubahan sesuatu sel. Pelbagai kaedah digunakan untuk mendefinisikan pengaruh kejiranan ini seperti *Von Neumann neighborhood* atau kejiranan istana (*Rook Neighborhood*) yang didefinisi dengan sel yang berada pada kedudukan Utara, Selatan, Timur dan Barat sesuatu sel. Kejiranan permaisuri (*Queen Neighborhood*) atau dikenali juga dengan *Moore Neighborhood* iaitu 3 sel x 3 sel (Torrens, 2000; Verburg et al., 2003) yang didefinisikan oleh sel di Utara,

Selatan, Timur, Barat, Timur Laut, Barat Daya, Barat Laut dan Tenggara sesuatu sel juga digunakan. Selain itu, bentuk-bentuk kejranaan yang lain seperti kejranaan 5 sel x 5 sel atau *extended Moore Neighborhood* (Batty et al., 1997) dan kejranaan berbentuk bulatan (Yeh dan Li, 2001) juga sering digunakan bergantung kepada pengaruh sel sekitar terhadap perubahan sel di tengah di sesuatu kawasan. Kajian ini mendefinisikan kawasan kejranaan dalam bentuk 5 x 5 sel.

Aturan perubahan telah dibentuk bagi mengawal evolusi sel yang dipengaruhi oleh situasi sel masa lepas, indek kesesuaian tanah, kebarangkalian untuk sel membangun kepada aktiviti tertentu dan pengaruh sel di sekitarnya. Model ini dipaparkan dalam rumus 3.2 di bawah:

$${}^{t+1}LU_{i,j} = f(({}^tLU_{i,j}) \cdot ({}^tS_{i,j}) \cdot ({}^tP_{x,y,i,j}) \cdot ({}^tN_{i,j})) \quad (3.2)$$

iaitu

${}^{t+1}LU_{i,j}$  = potensi sel  $i,j$  untuk berubah pada jangkamasa  $t+1$ ,

${}^tLU_{i,j}$  = situasi sel  $i,j$  pada jangka masa  $t$ ,

${}^tS_{i,j}$  = indek kesesuaian tanah pada sel  $i,j$ ,

${}^tP_{x,y,i,j}$  = kebarangkalian sel  $i,j$  untuk berubah dari aktiviti  $x$  ke aktiviti  $y$ ,  
dan;

${}^tN_{i,j}$  = indek kejranaan atau jumlah sel yang membangun pada sel  $i,j$ .

Indek kesesuaian tanah bagi melihat potensi pembangunan sesuatu sel kepada aktiviti tertentu dikira berasaskan faktor fizikal, sosio-ekonomi dan persekitaran. Ia dinilai menggunakan kaedah kombinasi pemberat linear (*weighted linear combination* – WCL). Nilai indeks ini dikira menggunakan rumus 3.3 di bawah.

$${}^tS_{i,j} = \sum_{m=1}^M {}^t x_{i,j} \cdot w_m \cdot c_m \quad (3.3)$$

iaitu

${}^tS_{i,j}$  = indek kesesuaian sel  $i,j$  pada jangkamasa  $t$ ,

${}^t x_{i,j}$  = nilai faktor  $m$  di sel  $i,j$  pada jangkamasa  $t$ ,

$w_m$  = nilai pemberat yang menunjukkan pengaruh atau kepentingan relative faktor  $m$ , dan;

$c_m$  = nilai Boolean yang menggambarkan kewujudan atau ketiadaan halangan bagi pembangunan.

Kebarangkalian sel  $i,j$  berubah kepada aktiviti tertentu ditentukan menggunakan kaedah Markov Chain iaitu

$${}^tP_{x,y,i,j} = P\{X_t = a_y \mid X_{t-1} = a_x\} \quad (3.4)$$

${}^tP_{x,y,i,j}$  mewakili kebarangkalian sel  $i,j$  untuk berubah dari aktiviti  $a_x$  ke aktiviti  $a_y$ ,

Indek kejiranan dikira menggunakan rumus 3.5 di bawah:

$${}^tN_{i,j} = \sum {}^tN_{i,j} / 24 \quad (3.5)$$

Rumus di atas (4.4) menunjukkan nilai  ${}^tN_{i,j}$  dikira berasaskan *extended moore neighborhood* atau 5 x 5 sel. Operasi ini dijalankan melalui kaedah pengintegrasian sepenuhnya menggunakan perisian Idrisi 3.2 (Eastman, 1999). Perisian ini mempunyai keupayaan operasi permodelan ruangan CA\_MARKOV, manakala operasi MCE dijalankan menggunakan module DECISION SUPPORT dan penilaian indek kebarangkalian dijalankan menggunakan module MARKOV. Aturan operasi ditunjukkan dalam Rajah 3.1 di atas. Semua pangkalan data perlu ditukarkan ke dalam format IDRISI 3.2.

Kelebihan kaedah yang digunakan adalah keupayaannya dalam meramal perkembangan ruang bandar berasaskan senario pembangunan berbeza. Oleh itu, metodologi yang dicadangkan digunakan untuk meramal dua senario pembangunan berbeza iaitu senario pembangunan padat melihat pembangunan yang bertumpu di kawasan pembangunan sedia ada dan senario pembangunan berselerak dengan keutamaan diberikan untuk meramal pembangunan yang terjadi di sepanjang jalan-jalan utama. Bagi menilai kedua-dua corak pembangunan ini, pemberat berbeza digunakan

dalam menilai kepentingan setiap kriteria yang mempengaruhi pembangunan. Bahagian selanjutnya membincangkan prosedur dalam penyediaan peta-peta indeks kesesuaian tanah untuk semua aktiviti yang dicadangkan.

### **3.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pembangunan Guna Tanah**

Kajian ini mensimulasi lima jenis guna tanah utama seperti ditunjukkan dalam rumus 3.1 iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan, perindustrian, pertanian dan lain-lain penggunaan. Walau bagaimanapun, hanya perumahan, perniagaan dan kemudahan dan perindustrian sering diambil kira dalam pengagihan guna tanah. Bagi model guna tanah bandar, kawasan pertanian dan penggunaan lain seperti kawasan belukar, hutan serta tanah kosong sering menjadi kawasan yang berubah kepada aktiviti bandar yang lain. Oleh hal yang demikian, bahagian ini mengambil kira faktor-faktor yang mempengaruhi guna tanah perumahan, perniagaan dan kemudahan lain, dan perindustrian. Faktor-faktor yang diambil kira adalah berdasarkan laporan dari Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, bahan-bahan rujukan lain dan maklumat yang diperolehi dari juru rancang. Terdapat tiga kategori faktor yang utama iaitu fizikal, persekitaran dan sosial.

*Faktor fizikal* memainkan peranan yang penting dalam menentukan kesesuaian tapak untuk aktiviti perumahan. Faktor ini termasuklah topografi, geologi, hidrologi, tanah dan tumbuhan semula jadi (Chapin dan Kaiser, 1979;

Samat, 1995). Antara faktor yang penting dalam pemilihan tapak untuk perumahan termasuklah:-

### 1. Topografi

Kecerunan memainkan peranan penting dalam menentukan kesesuaian tapak untuk aktiviti pembangunan. Kawasan yang sangat rata dengan kecerunan kurang dari 2% agak kurang sesuai untuk perumahan kerana ianya mudah menakung air dan menyukarkan pembinaan tangki septic (Kaiser, 1967). Kawasan yang mempunyai kecerunan sederhana iaitu antara 2% hingga 6% amat sesuai untuk pembangunan. Bagi kawasan yang mempunyai kecerunan melebihi 10% adalah tidak sesuai untuk pembangunan kerana ianya akan meningkatkan kos pembangunan (Lillesand dan Keifer, 1987).

### 2. Saliran

Saliran yang baik juga memainkan peranan yang penting dalam pemilihan tapak. Ini adalah bagi memastikan kawasan pembangunan tidak bertakung air dan terdedah kepada banjir. Kawasan yang mempunyai tanah berpasir dan bahan-bahan yang porous serta mempunyai saliran dalaman yang baik amat sesuai untuk pembangunan (Chapin dan Kaiser, 1979).

### 3. Geologi

Struktur geologi yang kukuh juga memainkan peranan yang penting dalam pemilihan tapak pembangunan. Kawasan yang terdedah kepada tanah

runtuh, gempa bumi dan pergerakan bumi yang lain seperti gelongsoran tanah perlu dielakkan untuk mengurangkan risiko. Kawasan yang sesuai adalah dengan kedalaman tanah melebihi 1.5 meter, stabil dan mempunyai ketahanan beban.

#### 4. Tanah

Ketersediaan tanah amat penting kerana ia mengurangkan kos dan mempercepatkan pembangunan. Tanah kosong serta tidak mempunyai halangan pembangunan seperti pengzonan tertentu amat sesuai untuk pembangunan. Tanah yang diduduki setinggan boleh menyukarkan pembangunan, meningkatkan kos kerana melibatkan pemindahan setinggan dan melambatkan proses pembangunan.

Faktor persekitaran juga penting dalam menentukan kesesuaian tapak untuk pembangunan bandar. Antara faktor persekitaran yang penting diberi perhatian adalah faktor kejiranan dan tapak.

##### 1. Faktor kejiranan

Faktor ini penting kerana jika terdapat pembangunan di kawasan bersebelahan, maka potensi tapak untuk membangun adalah tinggi kerana tapak tersebut mudah dihubungi dan mengurangkan kos untuk dibangunkan.

## 2. Tapak

Tapak yang dipilih juga hendaklah sesuai untuk aktiviti yang dicadangkan. Misalnya, perumahan kos tinggi haruslah diletakkan di tapak yang baik kerana ini akan dapat menarik potensi pembeli untuk membeli rumah.

## 3. Perletakan

Perletakan kawasan pembangunan juga mestilah bersesuaian dan tidak mempunyai percanggahan dengan kawasan sekitar. Kawasan perumahan mestilah dalam jarak bersesuaian dari kawasan industri bagi mengelakkan pencemaran seperti bunyi bising atau ancaman buangan bahan beracun.

## 4. Persekitaran sensitif

Kawasan habitat binatang dan ekosistem seperti paya perlu dielakkan dari sebarang pembangunan bagi mengawal kawasan tersebut dari terjejas dan dimusnahkan. Selain itu, kawasan tadahan dan hutan simpan juga dikawal dari sebarang aktiviti pembangunan.

Selain faktor persekitaran dan fizikal, faktor perhubungan antara tapak dengan kawasan sekitar dan aktiviti sampingan yang lain perlu diambil kira bagi memastikan pembangunan yang dijalankan berada dalam jarak yang memuaskan dari kemudahan-kemudahan yang lain. Pertimbangan seperti ini

amat penting terutama bagi aktiviti guna tanah perumahan yang boleh menarik pembeli untuk menduduki sesuatu kawasan perumahan. Antara faktor yang sesuai dipertimbangkan adalah seperti berikut:

#### 1. Ketersediaan kemudahan asas

Ketersediaan kemudahan asas seperti sistem pembentungan, bekalan air dan elektrik dengan tapak pembangunan sering memudahkan proses pembangunan serta mengurangkan kos pembangunan. Ini kerana kemudahan tersebut boleh terus disambungkan dengan tapak pembangunan yang baru. Walau bagaimanapun, faktor ini kurang penting kerana selalunya kemudahan asas ini akan disambungkan ke tapak pembangunan apabila sesuatu tapak dibangunkan.

#### 2. Ketersampaian ke tempat kerja

Faktor ini amat penting terutama dalam pembangunan perumahan kos rendah kerana ianya dapat memastikan kawasan tersebut mudah untuk pekerja berulang alik ke tempat kerja. Bagi pembangunan perumahan kos sederhana atau tinggi, jarak terbaik dengan tempat kerja ialah dalam lingkungan 30 minit berkereta. Jarak dalam lingkungan 30 – 45 minit dianggap sesuai dan jarak melebihi 45 minit dianggap kurang sesuai (Chapin dan Kaiser, 1979).

3. Ketersampaian dengan sekolah, pusat membeli belah dan kemudahan utama yang lain.

Faktor ini juga penting bagi memastikan pembangunan mudah dihubungi disamping menjadi tarikan kepada pembeli terutama bagi pembangunan guna tanah perumahan. Tapak yang terletak dalam lingkungan 1.21 km (0.75 batu) dari pusat membeli belah, 1.6 km (1 batu) dari sekolah rendah, 4.02 km (2.5 batu) dari sekolah menengah dan 7.2 km (4.2 batu) dari pusat membeli belah utama amat sesuai untuk pembangunan (Chapin dan Kaiser, 1979). Kedekatan dengan sekolah menjadi faktor penting dalam memasarkan dan menarik perhatian pembeli. Namun bagi kawasan perumahan berskala besar iaitu melibatkan pembangunan melebihi 1000 unit rumah, kerajaan telah menetapkan pemaju mesti menyediakan satu tapak yang bersesuaian untuk dibina sekolah (Lee Lik Meng dan Ghani Salleh, 1997; Samat, 2002).

4. Ketersampaian dengan kawasan lapang, pusat sosial seperti taman, tempat rekreasi, perpustakaan dan muzium.

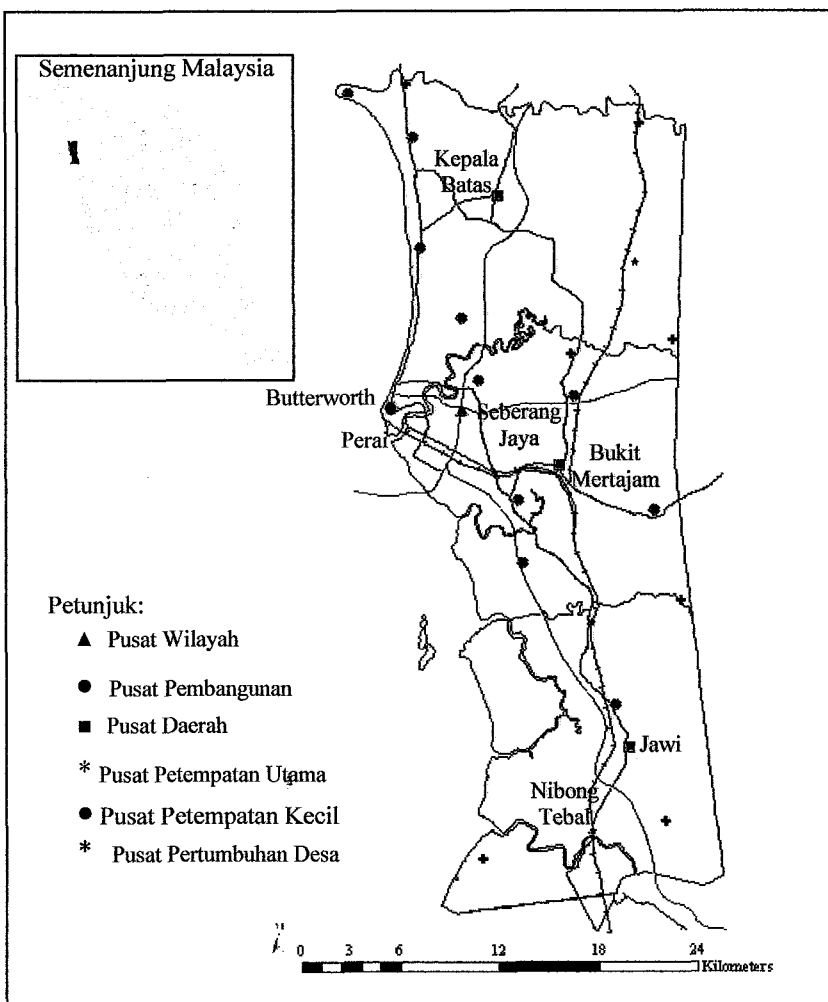
Tapak dalam lingkungan 30 minit (perjalanan berkereta) dari kawasan rekreasi dapat meningkatkan daya saing tapak dan menarik perhatian pembeli terutama bagi aktiviti perumahan. Bagi kawasan yang mempunyai status ekonomi yang tinggi, faktor-faktor ini sesuai dalam pembangunan perumahan kos tinggi kerana status sosio-ekonomi banyak mempengaruhi pemilihan tapak perumahan.

Pertimbangan pemilihan tapak ini dilaksanakan dalam usaha memastikan tapak yang dipilih sesuai dan tidak terdedah kepada bahaya seperti pencemaran, bencana alam dan menjadi kawasan yang amat dan sesuai dihuni terutamanya bagi kawasan perumahan (Urban Land Institute, 1990). Bagi perletakan aktiviti perniagaan dan kemudahan lain, ianya selalu diletakkan di kawasan yang berdekatan dengan kawasan perumahan. Perletakan ini adalah bagi memastikan kawasan tersebut mudah dihubungi, mempunyai kawasan pasaran dan mengurangkan jarak perjalanan yang perlu dilakukan oleh penduduk setempat. Bagi aktiviti perindustrian pula, perletakkannya adalah lebih banyak dipengaruhi oleh dasar kerajaan. Perletakkannya sering kali dibuat sebagai usaha untuk menjadikan kawasan sekitarnya membangun. Oleh hal yang demikian, perletakan aktiviti ini lebih bersifat "top-down" iaitu berasaskan dasar dan perancangan pihak kerajaan dalam usaha menjadikan lokasi perindustrian tersebut penjana kepada pertumbuhan ekonomi setempat (Mohd Bazid, 2000 dalam Narimah, 2002).

Dalam memilih faktor-faktor yang mempengaruhi perletakan aktiviti pembangunan, ketersediaan data dan kesesuaiannya dengan kawasan kajian perlu diambil kira. Bahagian selanjutnya akan membincangkan kawasan kajian. Perbincangan ini akan diikuti dengan perbincangan data yang digunakan dalam kajian ini.

### 3.4 Kawasan Kajian

Kajian ini dijalankan di Seberang Perai, Pulau Pinang. Rajah 3.2 menunjukkan lokasi kawasan kajian. Kawasan ini terletak di utara Semenanjung Malaysia berpusat pada  $5^{\circ} 20'$  Utara dan  $100^{\circ} 25'$  Timur. Pemilihan kawasan ini dilakukan kerana ianya merupakan salah satu kawasan yang pesat membangun dan dirancang untuk berperanan sebagai pusat wilayah bagi negeri-negeri di utara Semenanjung Malaysia.



Rajah 3. 2: Kawasan kajian.

Pembangunan di kawasan ini bermula sejak tahun 1970-an iaitu bermula dengan pembangunan dalam sektor perindustrian di sekitar Butterworth dan Perai dan kini berkembang menjadi salah sebuah kawasan perindustrian yang besar di Semenanjung Malaysia (Goh, 1974, Morshidi et al., 1999). Seberang Perai juga merupakan sebahagian dari kawasan pembangunan pertumbuhan wilayah segitiga Indonesia, Malaysia dan Thailand (Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, 2005). Oleh hal yang demikian pelbagai infrastruktur disediakan dalam usaha memajukan dan menjadikan kawasan ini peransang kemajuan ekonomi di Wilayah Utara. Seberang Perai mempunyai kemudahan infrastruktur seperti terminal kargo di Butterworth Utara dan dihubungkan dengan rangkaian Lebuhraya Utara-Selatan dan Lebuhraya Kulim-Butterworth yang mampu menarik pelaburan seperti industri pembuatan ke kawasan ini (Nurwati et al., 1998).

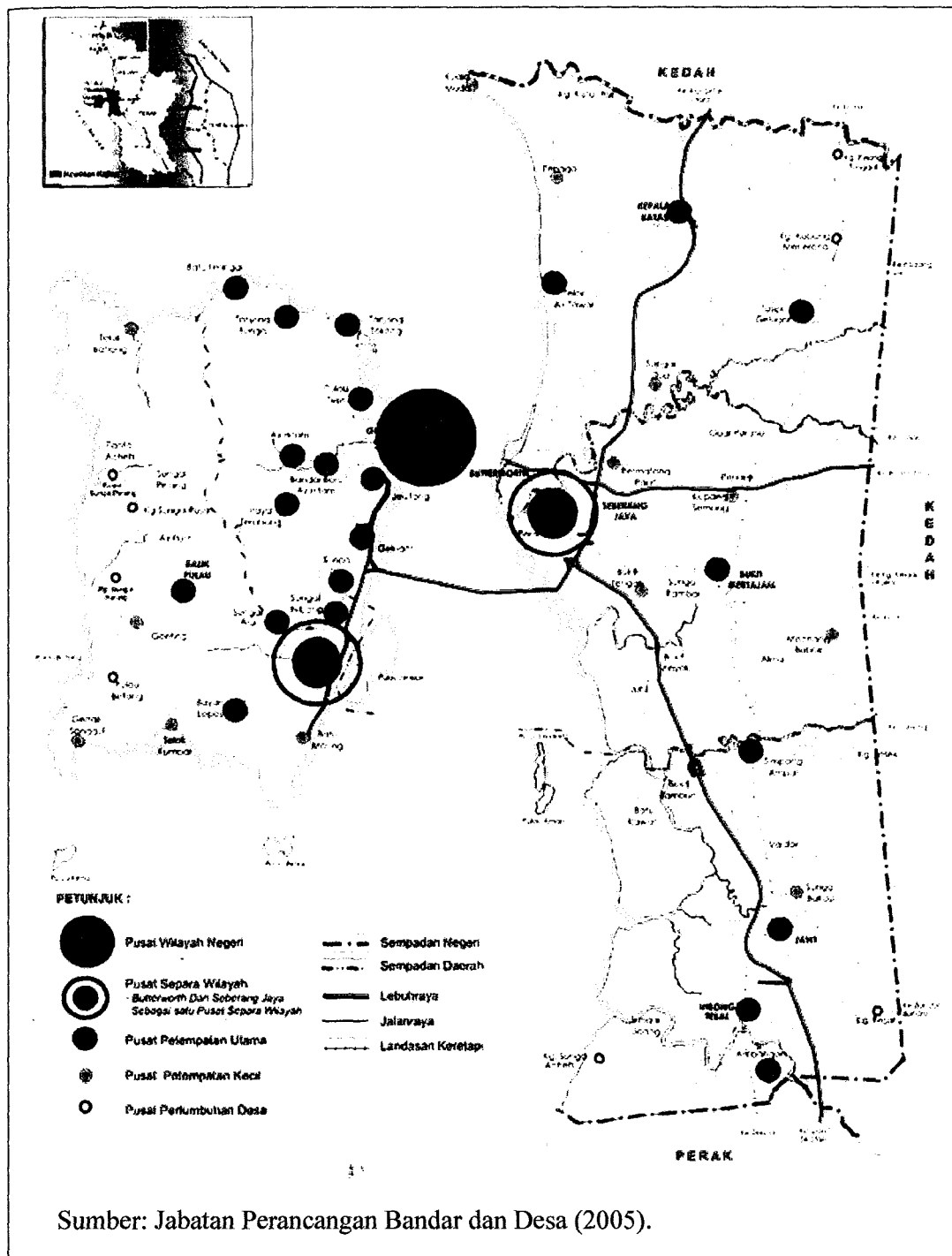
Pada tahun 1991, penduduk di kawasan ini adalah berjumlah 545,688 orang (Jabatan Perangkaan Malaysia, 1991). Walau bagaimanapun kawasan ini dijangkakan akan mengalami peningkatan penduduk yang pesat menjelang tahun 2020 dengan pertambahan sebanyak 60% dari jumlah penduduk 1991. Pertambahan ini memerlukan lebih kurang 120km<sup>2</sup> tanah atau 16% dari keluasan tanah Seberang Perai. Jadual 3.1 dan Rajah 3.3 menggambarkan hirarki petempatan bandar di Seberang Perai dan Pulau Pinang tahun 2000. Rajah ini jelas memaparkan bagi kawasan Seberang Perai, bandar

Butterworth dan Seberang Jaya telah membentuk satu koridor pembangunan utama dan berperanan sebagai bandar separa wilayah. Terdapat beberapa bandar lain yang menjadi kawasan petempatan utama seperti Kepala Batas, Nibong Tebal, Jawi, Telok Air Tawar, Tasek Gelugor, Simpang Ampat, Sri Ampangan yang menampung sejumlah antara 10,000 hingga 30,000 penduduk.

Jadual 3. 1: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa Seberang Perai 2000.

Hirarki	Bandar/Petempatan	Anggaran Penduduk	Fungsi
Pusat Separa Wilayah	Butterworth (termasuk Seberang Jaya)	30 - 100 ribu orang	Pusat penting dan berprestij dalam memulakan berbagai aktiviti perdagangan, industri, borong dan perkhidmatan
Pusat Petempatan Utama	Kepala Batas, Nibong Tebal, Jawi, Telok Air Tawar, Tasek Gelugor, Simpang Ampat, Sri Ampangan	10 - 30 ribu orang	Membantu peranan pusat dalam cabang seperti aktiviti perdagangan, perumahan dan utiliti
Pusat Petempatan Kecil	Kuala Muda, Pengang, Sungai Padi, Permatang Pauh, Kubang Semang, Bukit Tengah, Masing, Bukit, Sungai Bakau	2,5 - 10 ribu orang	Pembekalan keperluan komuniti
Pusat Dalam Abungan Desa	Kemuning, Sungai Bagan, Kampung Kubang Melayu	Kurang dari 2,5 ribu orang	Perkhidmatan maklumat kampung dan perkhidmatan (sekolah, rumah, klinik, masjid, industri, denda)

Sumber: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, 2005.



Rajah 3. 3: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa, Pulau Pinang 2000.

Bandar-bandar ini berpotensi untuk membangun dan memainkan peranan utama dalam menjana ekonomi wilayah di Seberang Perai. Jadual 3.2 di bawah memaparkan hirarki petempatan bandar dan desa bagi tahun 2010 di Seberang Perai. Jadual tersebut menunjukkan bahawa bandar Batu Kawan dan Kepala Batas juga akan berkembang dan memainkan peranan sebagai bandar separa wilayah pada tahun 2010. Perkembangan ini ditunjukkan dalam Rajah 3.4 iaitu dengan bandar-bandar kecil bertukar menjadi pusat petempatan utama.

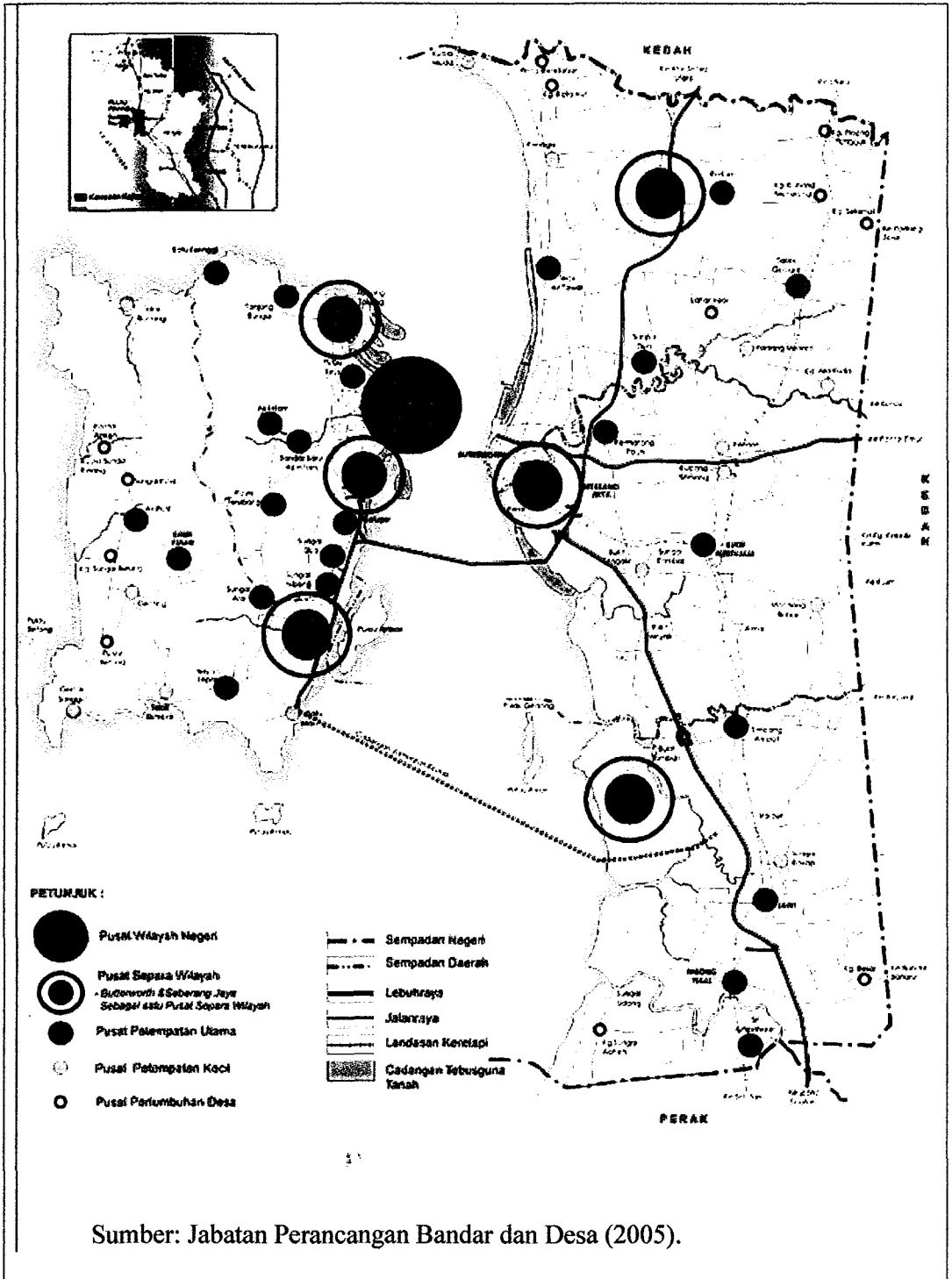
Jadual 3. 2: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa Seberang Perai 2010.

Hirarki	Bandar/Petempatan	Fungsi
Pusat Separa Wilayah	Batu Kawan, Kepala Batas, Kepala Kawan	Tumpuan aktiviti-aktiviti perdagangan dan pentadbiran separa wilayah. Menggalakkan pertumbuhan ekonomi di seluruh wilayah/separa wilayah.
Pusat Petempatan Utama	Permatang Pauh, Bediam, Sungai Dua, Nibong Tebal, Jawi, Telok Air Tawar, Pasak, Gelugor, Simpang Ampai, Sek Ampangan	Pusat Pentadbiran dan pusat komudahan perkhidmatan peringkat tertier dan sekunder.
Pusat Petempatan Kecil	Kuala Muda, Panga, Air Kuda, Kubang, Sempang, Bukit Tengah, Machang, Bukit Sungai Bakap, Pandan, Padang Menggor	Pelayanan komudahan peringkat primer dan memenuhi komudahan tempatan.
Pusat Pertumbuhan Desa	Kampung Dindang, Linggat, Sempuak, Kubang Mersong, Permatang, Berak, Bukit Bahag, Yooi	Perkhidmatan dan kawasan kampung.

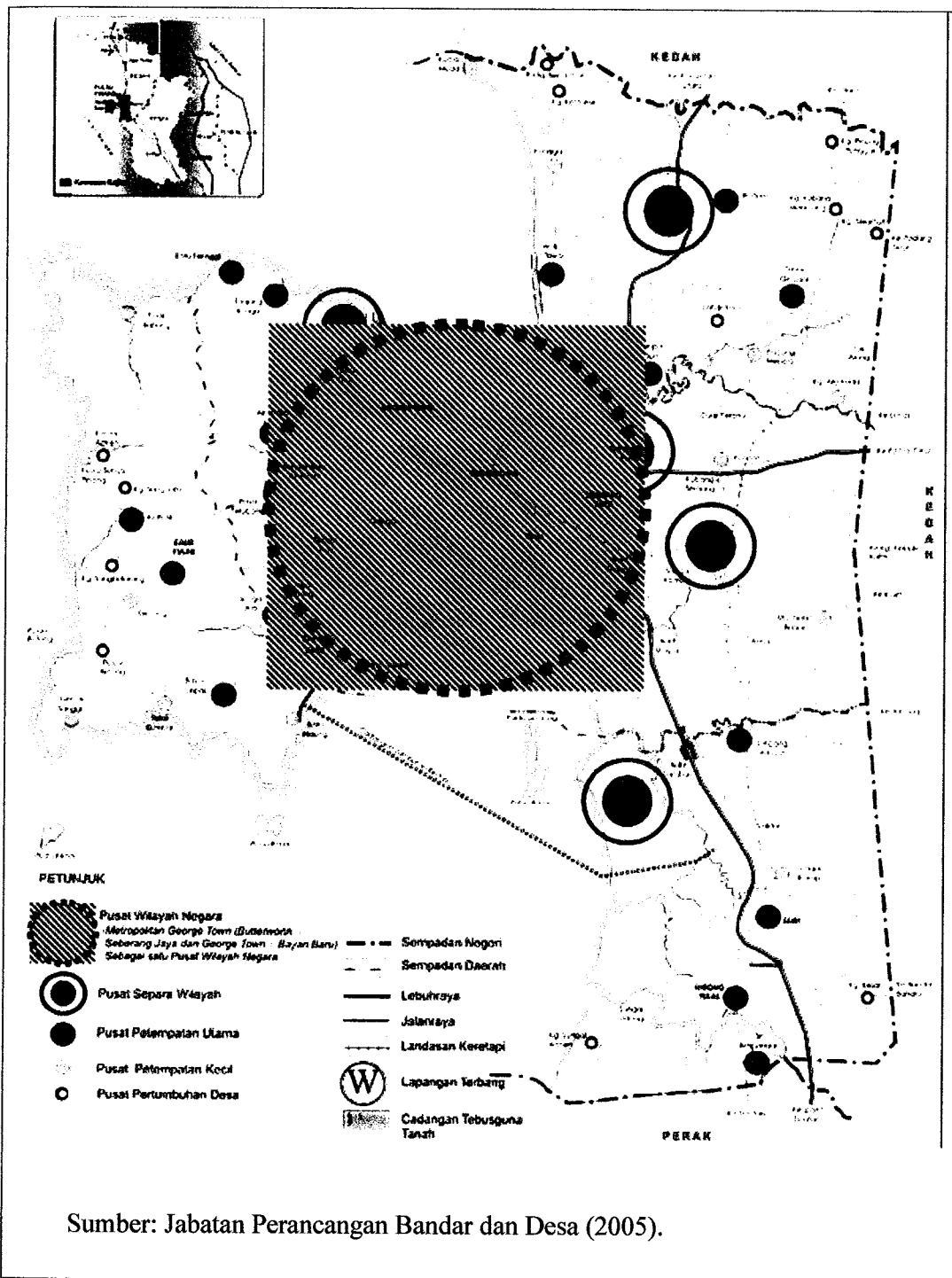
Sumber: Jabatan Perancangan Bandar dan Desa, 2005.

Rajah 3.4 di atas pula memaparkan pembangunan yang bakal terjadi pada tahun 2010. Kawasan-kawasan pembangunan utama telah diketahui oleh juru rancang. Selain itu, keluasan atau permintaan tanah bagi jenis-jenis guna tanah seperti perumahan dan sebagainya juga dapat diramal.

Namun kaedah perancangan yang diguna pakai iaitu berasaskan rancangan struktur sukar memberi maklumat lokasi dan corak pembangunan masa depan. Rajah 3.5 di bawah memaparkan ramalan perkembangan bandar di Seberang Perai menjelang 2020. Rajah ini menunjukkan bandar kawasan yang bakal berkembang dan menjadi tumpuan penduduk. Walau bagaimanapun ia tidak dapat memberikan maklumat tentang jenis guna tanah di kawasan ini dan kesan perbandaran terhadap penggunaan tanah. Oleh yang demikian, usaha untuk mengenal pasti kawasan tumpuan pembangunan dan kesan sesuatu pembangunan terhadap ruang bandar sukar dilaksanakan. Juru rancang juga sukar meramal kesan sesuatu dasar perancangan ke atas perubahan corak penggunaan ruang di sesuatu kawasan (Goh, 1991; Samat, 2002). Kesan sesuatu dasar perancangan hanya akan diketahui setelah penyemakan Rancangan Struktur dilaksanakan iaitu lebih kurang lima tahun dari ianya diterima pakai di sesuatu kawasan. Oleh yang demikian, perancangan yang teratur perlu dilaksanakan dalam usaha memastikan pembangunan berlaku dalam keadaan yang terkawal dan efesyien (Mohd Atan, 2005).



Rajah 3. 4: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa, Pulau Pinang 2010.



Rajah 3. 5: Hirarki Petempatan Bandar dan Desa, Pulau Pinang 2020.

Pemilihan kawasan Seberang Perai juga adalah disebabkan ketersediaan data. Data diperoleh dari kajian yang dijalankan oleh Samat (2002) hasil pengumpulan dari pelbagai sumber seperti dari Jabatan Pertanian, Malaysia, Jabatan Ukur dan Pemetaan, Malaysia dan Majlis Perbandaran Seberang Perai. Ketersediaan data amat penting dalam memastikan kejayaan projek GIS kerana kos pembentukan pangkalan data boleh melibatkan sehingga 80% daripada kos sesuatu projek (Ehler et al., 1989). Oleh hal yang demikian, ketersediaan data digital sedia ada amat membantu dalam menyelesaikan sesuatu projek GIS.

### **3.4 Data**

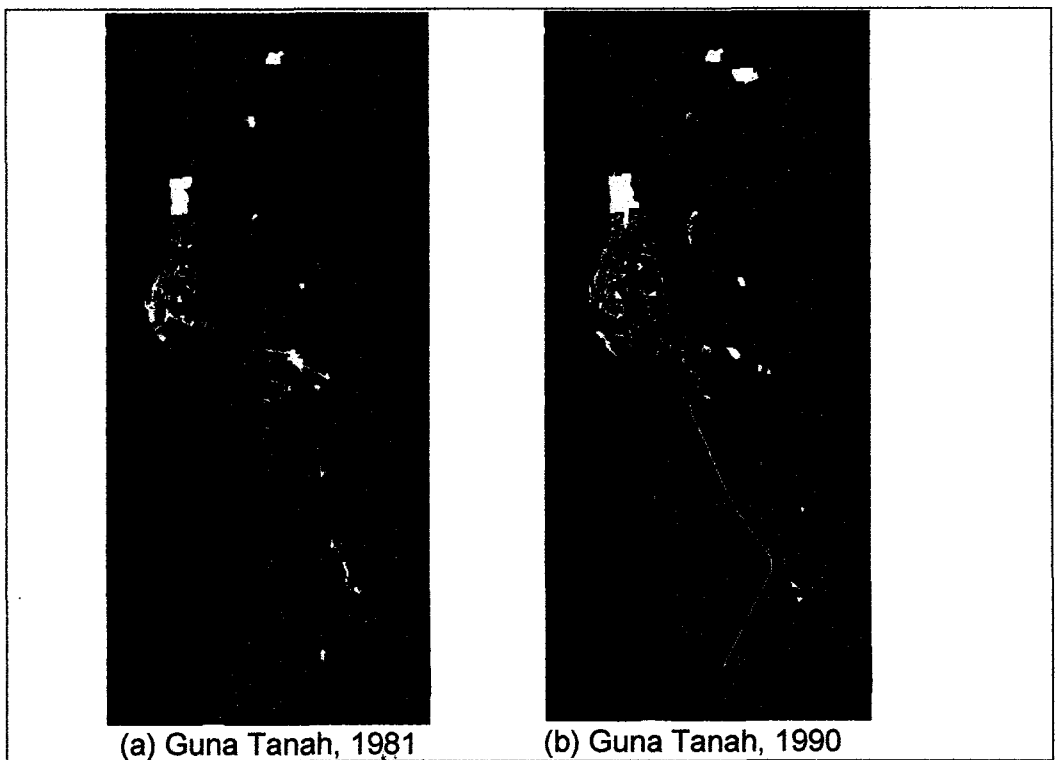
Data guna tanah amat penting dalam kajian ini. Data guna tanah semasa dapat menunjukkan taburan guna tanah dan kawasan yang telah membangun serta yang masih boleh dibangunkan di masa depan. Data guna tanah masa lepas pula dapat menunjukkan sejarah pembangunan sesuatu kawasan serta memberikan maklumat tentang jenis, statistik dan lokasi kawasan yang telah mengalami perubahan (Yeh dan Li, 1997; Yeh dan Li, 1998; Samat dan Tarmiji, 2005). Maklumat ini berguna dalam memantau pembangunan dan merancang pembangunan masa depan sesuatu kawasan. Tiga set data guna tanah telah digunakan dalam kajian ini iaitu: data guna tanah 1981, guna tanah 1990 dan guna tanah 1998. Walaupun data guna tanah 2002 telah

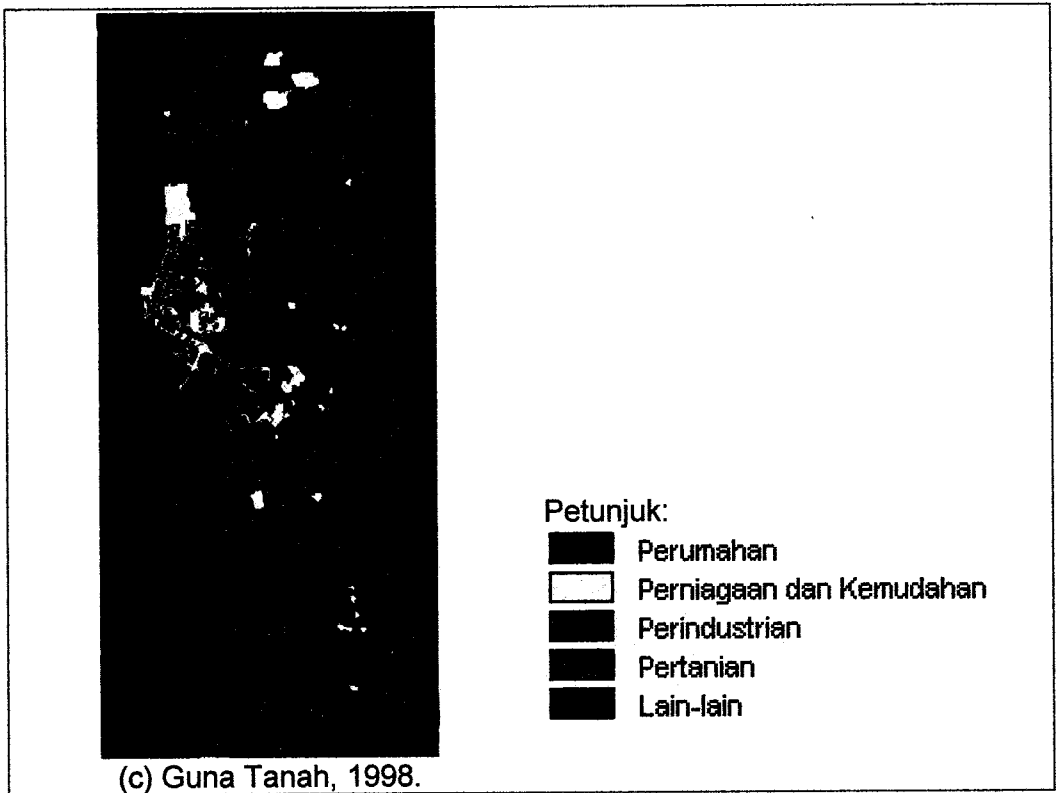
diperolehi, namun disebabkan ketidak sepadanan data tersebut dengan data terdahulu menyebabkan ianya tidak dapat digabungkan untuk tujuan analisis. Oleh hal yang demikian, permodelan ruangan yang dijalankan dalam kajian ini terpaksa dibuat dan diuji ketepatannya menggunakan data sehingga tahun 1998 sahaja.

### **3.4.1 Data Guna Tanah**

Guna tanah 1981 diperoleh dalam bentuk digital dari Samat (2002) iaitu hasil pengdigitan dari peta guna tanah 1981 diterbitkan oleh Jabatan Pertanian Malaysia. Namun data tersebut tidak mempunyai maklumat terperinci mengenai jenis-jenis guna tanah di kawasan bandar. Oleh itu, interpretasi foto udara 1981 pada skala 1:40,000 dan foto udara berskala 1:10,000 bagi tahun 1977 telah dijalankan bagi mendapatkan maklumat guna tanah kawasan bandar. Guna tanah 1990 diperoleh dalam bentuk digital dari Bahagian Geografi, Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan. Namun terdapat kesilapan logik dan lokasi menyebabkan ianya sukar digabungkan dengan data guna tanah 1981. Setelah proses "rubber-sheeting" dilaksanakan, maka data tersebut telah dapat digabungkan dengan data guna tanah 1981. Masalah ketepatan data sering mengugat usaha melaksanakan projek GIS kerana kesepadanan data dan ketersediaan data dalam format dan ketepatan yang diterima amat penting dalam menjayakan sesuatu projek GIS (Burrough dan McDonnell, 1998; Longley et al., 2001).

Guna tanah 1998 telah diperoleh dari Rancangan Struktur Seberang Perai (MPSP, 1998). Rajah 3.6 menunjukkan peta guna tanah tahun 1981, 1990 dan 1998 yang telah digunakan dalam kajian ini. Data guna tanah dikelaskan kepada 5 kategori utama iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan, perindustrian, pertanian dan lain-lain. Pembahagian ini dilaksanakan bagi melihat perubahan dan meramal perkembangan masa depan guna tanah utama di kawasan ini.



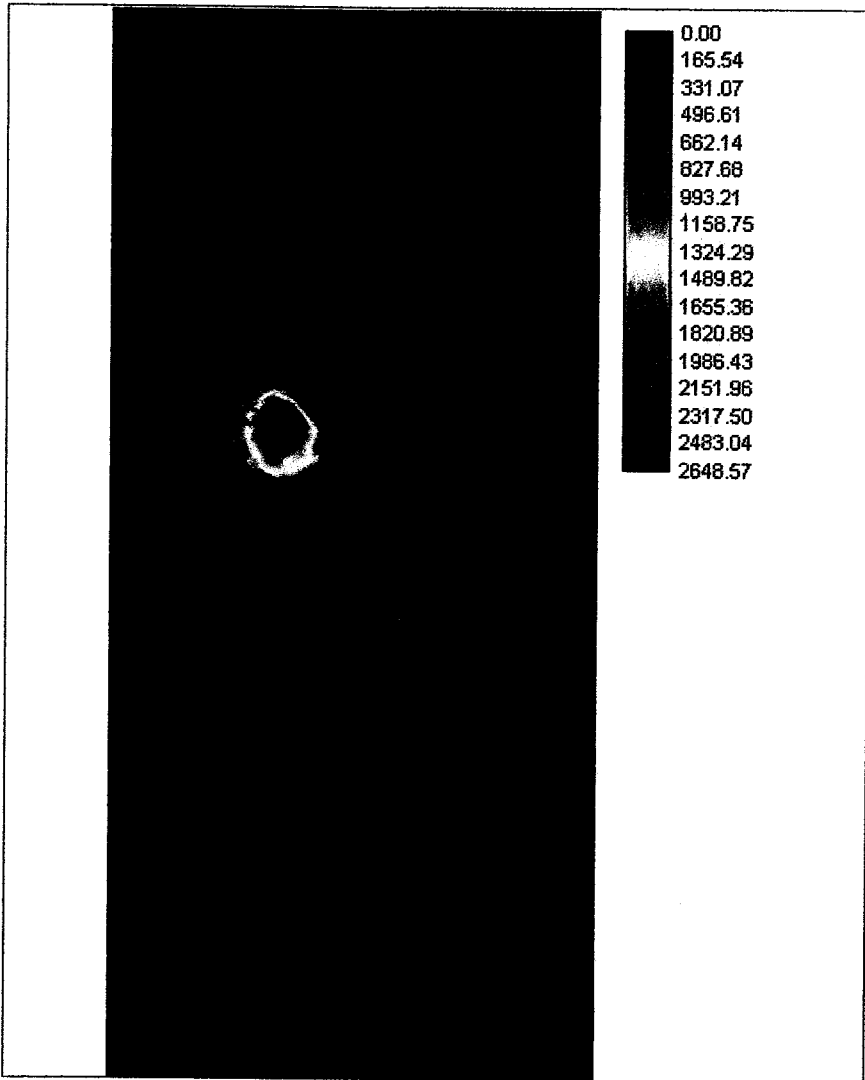


Rajah 3. 6: Guna tanah di Seberang Perai.

### 3.4.2 Nilai Tanah

Maklumat tentang nilai tanah adalah penting dalam usaha memajukan sesuatu kawasan. Selalunya kos tanah yang tinggi akan mempengaruhi jenis pembangunan yang dilaksanakan di sesuatu kawasan. Maklumat nilai tanah untuk kajian ini diperolehi dari temubual yang dilaksanakan dengan penduduk tempatan di kawasan Seberang Perai Utara pada bulan November 2005. Selain itu, maklumat ini digabungkan dengan maklumat penilaian harta yang diperolehi dari Jabatan Penilaian dan Perkhidmatan Harta. Hasil pengumpulan lokasi-lokasi lot tanah yang diketahui nilai tanahnya, satu

interpolasi dijalankan bagi mendapatkan data nilai tanah bagi keseluruhan kawasan kajian. Rajah 3.7 di bawah menunjukkan data nilai tanah bagi kawasan ini. Data ini memaparkan kawasan Seberang Jaya mempunyai nilai tanah yang tinggi berbanding kawasan lain. Hal ini kerana kawasan ini terletak di kawasan pembangunan utama dengan guna tanah bandar. Nilai tanah agak rendah di kawasan berjauhan pusat bandar. Walaupun faktor lain seperti kedekatan dengan jalanraya dan bandar boleh digunakan dalam menentukan nilai tanah (Ngu Teck Yii, 2005), namun dalam kajian ini hanya lokasi tanah yang diketahui nilainya digunakan sebagai asas dalam menginterpolasi nilai di sekitarnya. Analisis ini telah dijalankan menggunakan perisian ArcView 3.2.

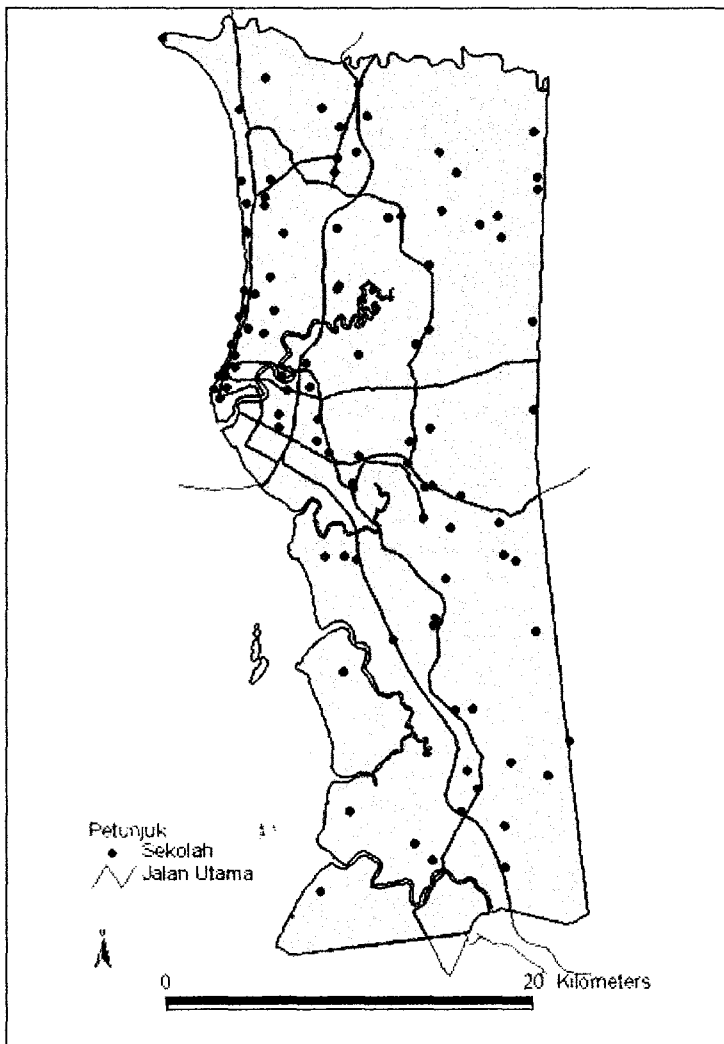


Rajah 3. 7: Interpolasi nilai tanah di Seberang Perai.

### 3.4.3 Data Jalan Utama dan kemudahan sekolah

Dua jenis kemudahan yang agak penting dalam pembangunan sesuatu tapak adalah ketersediaan jalan dan kemudahan sekolah. Faktor ketersediaan jalan penting bagi menjamin ketersampaian sesuatu tapak dengan kemudahan-kemudahan lain yang terdapat di sesuatu kawasan. Selain itu, ianya dapat memastikan sesuatu tapak sesuai dibangunkan. Namun dalam

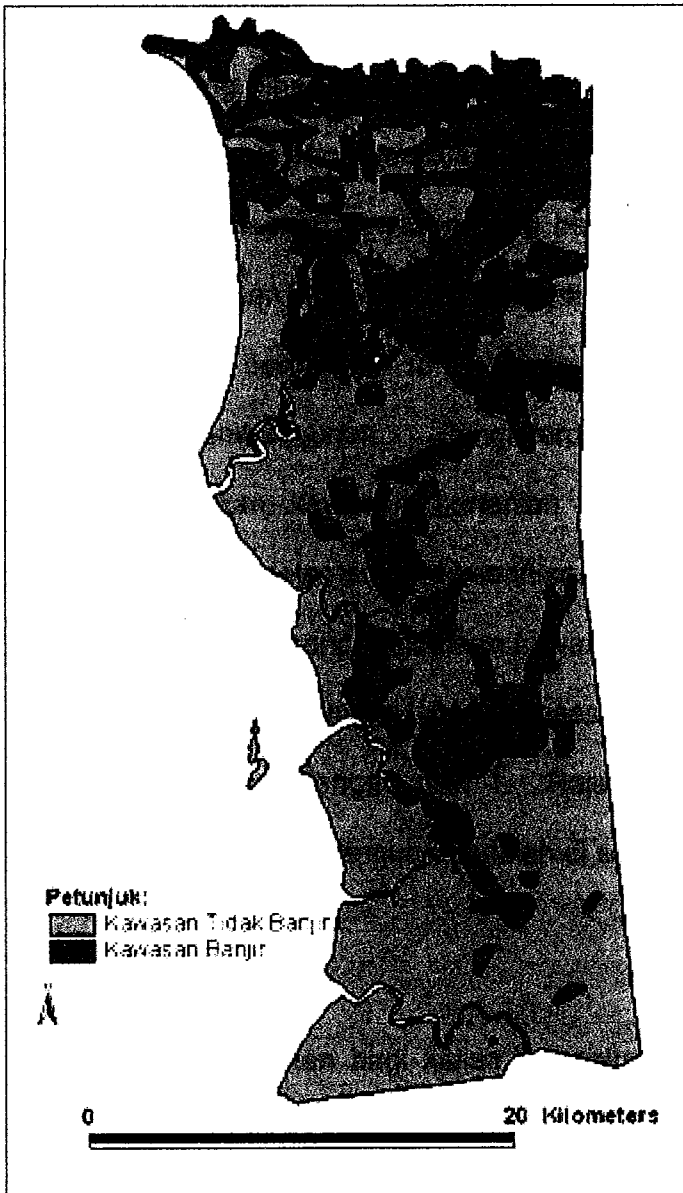
kajian ini, hanya jalan utama diambil kira dalam memastikan tapak sesuai untuk dibangunkan. Data jalan utama diperoleh dari peta topografi dan peta pentadbiran Pulau Pinang. Selain data jalan utama, ketersediaan sekolah juga penting dalam pembangunan guna tanah perumahan. Faktor ini selalunya menjadi tarikan dalam pemasaran sesuatu projek perumahan. Rajah 3.8 di bawah menunjukkan lokasi jalan utama dan lebuh raya serta sekolah-sekolah yang terdapat di kawasan kajian.



Rajah 3. 8: Jalan utama dan lokasi sekolah di kawasan kajian.

#### **3.4.4 Data Kawasan Banjir**

Data mengenai kawasan yang terdedah kepada banjir juga penting dalam menentukan pembangunan sesuatu kawasan. Ini kerana kawasan terdedah kepada banjir boleh menjejaskan pemasaran projek-projek pembangunan yang dijalankan dan boleh mengakibatkan kemusnahan yang besar di masa depan. Oleh hal yang demikian, kawasan terdedah kepada banjir harus dielakkan dari dibangunkan. Data kawasan terdedah diperolehi dari PEGIS bagi tahun 2003. Rajah 3.9 menggambarkan lokasi kawasan banjir dan kawasan yang tidak mengalami banjir pada tahun 2003. Rajah ini menunjukkan kawasan Seberang Perai Utara adalah lebih luas berlaku banjir berbanding di Seberang Perai Tengah dan Seberang Perai Selatan. Walaupun secara idealnya data banjir bersiri sepadan dengan data guna tanah sepatutnya digunakan kerana fenomena ini juga berbentuk dinamik dan berubah mengikut masa, namun hanya data bagi tahun 2003 diperolehi bagi kajian ini. Oleh hal yang demikian, fenomena ini juga digunakan secara static iaitu seragam sepanjang masa simulasi dijalankan.



Rajah 3. 9: Kawasan yang dilanda banjir dan tidak banjir pada tahun 2003.

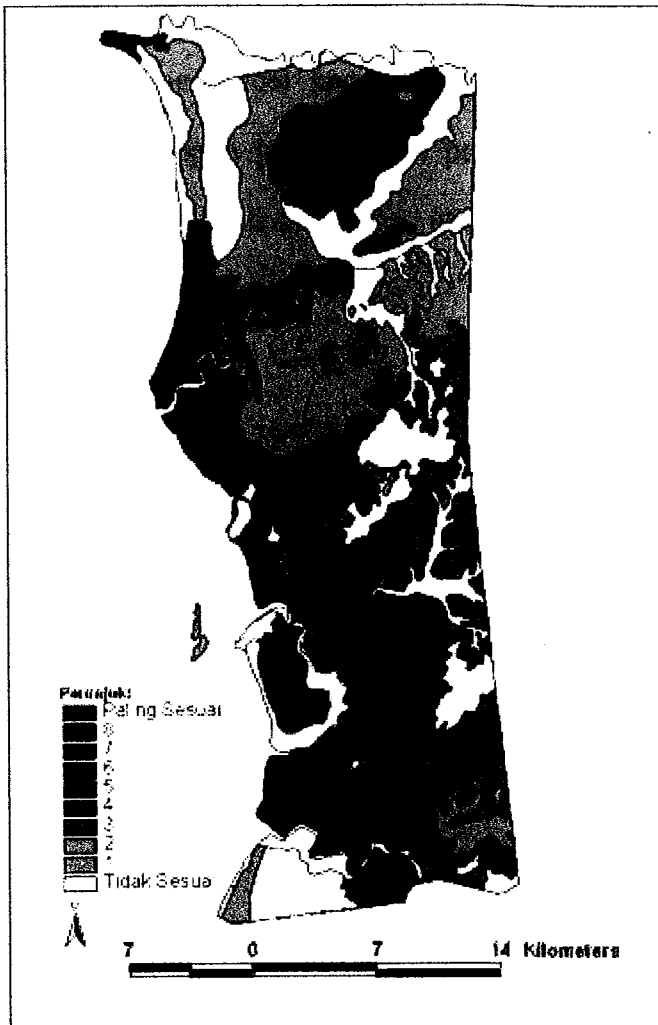
33

### 3.4.5 Tanah

Data tanah juga penting dalam menentukan kesesuaian sesuatu tapak untuk pembangunan. Data tanah telah diperolehi dari Jabatan Pertanian dan

pentafsiran tentang kesesuaiannya diperoleh dari Soo dan Selvadurai (1969). Namun kesesuaian tanah yang dihasilkan adalah berdasarkan kesesuaiannya untuk aktiviti pertanian. Oleh hal yang demikian, penginterpretasian semula telah dijalankan dengan menetapkan kawasan yang berpotensi tinggi untuk aktiviti pertanian sebagai kawasan yang tidak sesuai untuk pembangunan dan kawasan yang paling tidak berpotensi untuk pertanian ditukar kepada berpotensi tinggi untuk pembangunan. Penginterpretasian semula ini dilaksanakan bagi memastikan kawasan pertanian dikawal dari aktiviti pembangunan dan dengan itu keselamatan makanan sesuatu kawasan masih terjamin (Wu, 1998). Rajah 3.10 menggambarkan kawasan berpotensi tinggi untuk pembangunan dalam skala 1 hingga 10 iaitu kesesuaian tinggi dengan nilai 10 dan paling tidak sesuai dengan nilai 1. Rajah ini memaparkan kawasan berpotensi tinggi untuk pembangunan adalah di sekitar bandar sedia ada.

Berdasarkan data yang dikumpulkan bagi kajian ini, pelbagai operasi GIS dijalankan bagi memastikan keseragaman data dalam format dan skala yang sepadan. Selain itu, data ini perlu ditukar ke format seragam mengikut perisian GIS yang digunakan. Perisian GIS, Idrisi 3.2 digunakan dalam menganalisis data kerana ianya mempunyai keupayaan permodelan ruangan dinamik yang disediakan secara bersepadu dengan perisian GIS. Oleh hal yang demikian, ianya lebih mudah dikendalikan tanpa melibatkan penukaran format data bagi tujuan analisis atau paparan.



Rajah 3. 10: Kesesuaian tanah untuk aktiviti pembangunan.

### 3.5 Penutup

Bab ini telah memaparkan rangka konsep pembentukan model GIS-berasaskan CA, kawasan kajian dan data yang digunakan. Pada masa kini kawasan Seberang Perai sedang mengalami perbandaran yang pesat dan dijangkakan situasi ini akan berterusan sekurang-kurangnya sehingga tahun

2020 di mana Malaysia dirancangan menjadi sebuah negara maju. Walaupun juru rancang sedar keperluan pembangunan dan permintaan terhadap tanah bagi memenuhi keperluan pertambahan penduduk masa depan, kaedah perancangan yang diguna pakai masa kini, kurang sesuai untuk digunakan dalam melihat kesan sesuatu pembangunan ke atas perubahan ruang secara keseluruhannya. Oleh yang demikian, rangka konsep model GIS-berasaskan CA yang dibentuk cuba menggunakan situasi guna tanah masa kini dalam usaha memahami corak perkembangan guna tanah masa depan. Bab selanjutnya membincangkan metodologi permodelan GIS-berasaskan CA dan implementasinya di Seberang Perai.

## **Bab 4 Implementasi Model Dalam Ramalan Pembangunan Guna Tanah**

### **4.1 Pengenalan**

Bab ini memaparkan implementasi model GIS-berasaskan CA seperti yang dibincangkan di dalam Bab 3 iaitu model yang dihasilkan melalui gabungan kaedah Cellular Automata, Markov Chain dan Penilaian Pelbagai Kriteria (MCE) dalam mengenal pasti perubahan guna tanah bagi lima jenis guna tanah utama di kawasan Seberang Perai. Kaedah ini membenarkan elemen kesinambungan ruangan (spatial contiguity), kesesuaian tanah dan kebarangkalian perubahan diambil kira dalam model yang dibentuk. Bab ini membincangkan kaedah menentukan kawasan berpotensi untuk setiap aktiviti guna tanah dilaksanakan menggunakan MCE, kebarangkalian perubahan berasaskan analisis perubahan guna tanah dijalankan melalui kaedah Markov chain dan simulasi perubahan guna tanah dijalankan menggunakan CA-MARKOV. Penilaian ketepatan model yang dibentuk dijalankan dengan mengira Kappa Index antara ramalan guna tanah yang diramal dan guna tanah sebenar 1998.

Terdapat lima (5) jenis guna tanah utama iaitu ditunjukkan dalam rumus 4.1 Pembahagian kepada 5 kategori ini dijalankan bagi memudahkan proses permodelan iaitu aktiviti guna tanah bandar utama dikategorikan kepada

perumahan, perniagaan dan kemudahan, dan perindustrian. Aktiviti bukan bandar pula dikategorikan kepada pertanian dan lain-lain.

$${}^tLU_{i,j} = \begin{cases} 1 = \text{Perumahan} \\ 2 = \text{Perniagaan dan kemudahan} \\ 3 = \text{Perindustrian} \\ 4 = \text{Pertanian} \\ 5 = \text{Lain - lain} \end{cases} \quad (4.1)$$

Implementasinya dijalankan menggunakan perisian Idrisi 3.2 (Eastman, 1999). Perisian ini dijalankan kerana ianya tersedia dalam bentuk integrasi GIS dan model CA secara sepenuhnya. Walaupun kaedah ini menghadkan kebebasan pengguna dalam mendefinisikan aturan perubahan, ianya mudah dikendalikan dan tersedia dalam satu sistem yang sama. Ini memberi peluang kepada lebih ramai pengguna yang kurang mempunyai kemahiran dalam pengaturcaraan menggunakan bahasa computer peringkat tinggi seperti C++ atau JAVA mengintegrasikan GIS dan model ruangan seperti CA (Samat, 2002).

## 4.2 Implementasi Model

Model pembangunan guna tanah dibentuk berasaskan kaedah CA. Model ini mempunyai lima elemen asas iaitu: sel, situasi, kejiranan, aturan perubahan dan masa (Coullelis, 1985; Engelen et al., 1999). Sel merupakan unit terkecil yang digunakan bagi membahagikan kawasan kajian kepada sekumpulan sel dengan keluasan 90m x 90m. Pemilihan saiz sel ini selalunya ditentukan berasaskan ketersediaan data atau saiz pembangunan di atas permukaan bumi di kawasan kajian (Kok et al., 2001; Rietkerk et al., 2002). Kajian yang dijalankan oleh

Samat (2006) di Seberang Perai, Pulau Pinang mendapati saiz terbaik memodal pembangunan guna tanah di kawasan ini adalah 90m x 90m kerana ia menghasilkan ketepatan model yang baik dan dapat mengekalkan morfologi bandar. Oleh hal yang demikian, saiz tersebut telah digunakan dalam permodelan pembangunan guna tanah bandar kawasan ini. Situasi sel adalah keadaan atau aktiviti yang dimodelkan yang terdapat di setiap sel. Dalam kajian ini, situasi sel mewakili guna tanah berbeza seperti yang dipaparkan dalam rumus 4.1. Lima jenis guna tanah utama iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan, perindustrian, pertanian dan lain-lain jenis guna tanah mewakili guna tanah utama kawasan kajian.

Kejiranan diwakili dengan satu tettingkap pelbagai bentuk dan saiz yang boleh menunjukkan pengaruh situasi sel di sekitar terhadap perubahan sesuatu sel. Pelbagai kaedah digunakan untuk mendefinisikan pengaruh kejiranan ini seperti *Von Neumann neighborhood* atau kejiranan istana (*Rook Neighborhood*) yang didefinisi dengan sel yang berada pada kedudukan Utara, Selatan, Timur dan Barat sesuatu sel. Kejiranan permaisuri (*Queen Neighborhood*) atau dikenali juga dengan *Moore Neighborhood* iaitu 3 sel x 3 sel (Torrens, 2000; Verburg et al., 2003) yang didefinisikan oleh sel di Utara, Selatan, Timur, Barat, Timur Laut, Barat Daya, Barat Laut dan Tenggara sesuatu sel juga digunakan. Selain itu, bentuk-bentuk kejiranan yang lain seperti kejiranan 5 sel x 5 sel atau *extended Moore Neighborhood* (Batty et al., 1997) dan kejiranan berbentuk bulatan (Yeh dan Li, 2001) juga sering digunakan bergantung kepada pengaruh kawasan

sekitar terhadap perubahan sel di tengah di sesuatu kawasan. Kajian ini mendefinisikan kawasan kejiranan dalam bentuk 5 x 5 sel.

Aturan perubahan telah dibentuk bagi mengawal evolusi sel yang dipengaruhi oleh situasi sel masa lepas, indeks kesesuaian tanah, kebarangkalian untuk sel membangun kepada aktiviti tertentu dan pengaruh sel di sekitarnya. Model ini dipaparkan dalam rumus 4.2 di bawah:

$${}^{t+1}LU_{i,j} = f(({}^tLU_{i,j}) \cdot ({}^tS_{i,j}) \cdot ({}^tP_{x,y,i,j}) \cdot ({}^tN_{i,j})) \quad (4.2)$$

iaitu

${}^{t+1}LU_{i,j}$  = potensi sel  $i,j$  untuk berubah pada jangkamasa  $t+1$ ,

${}^tLU_{i,j}$  = situasi sel  $i,j$  pada jangka masa  $t$ ,

${}^tS_{i,j}$  = indeks kesesuaian tanah pada sel  $i,j$ ,

${}^tP_{x,y,i,j}$  = kebarangkalian sel  $i,j$  untuk berubah dari aktiviti  $x$  ke aktiviti  $y$ , dan;

${}^tN_{i,j}$  = indeks kejiranan atau jumlah sel yang membangun pada sel  $i,j$ .

Indeks kesesuaian tanah bagi melihat potensi pembangunan sesuatu sel kepada aktiviti tertentu dikira berasaskan faktor fizikal, sosio-ekonomi dan persekitaran seperti dibincangkan dalam Bab 3. Ia dinilai menggunakan kaedah kombinasi pemberat linear (*weighted linear combination* – WCL). Nilai indeks ini dikira menggunakan rumus 4.3 di bawah.

$${}^tS_{i,j} = \sum_{m=1}^M {}^tx_{i,j} \cdot w_m \cdot c_m \quad (4.3)$$

iaitu

${}^tS_{i,j}$  = indeks kesesuaian sel  $i,j$  pada jangkamasa  $t$ ,

${}^tx_{i,j}$  = nilai faktor  $m$  di sel  $i,j$  pada jangkamasa  $t$ ,

$w_m$  = nilai pemberat yang menunjukkan pengaruh atau kepentingan relative faktor  $m$ , dan;

$c_m$  = nilai Boolean yang menggambarkan kewujudan atau ketiadaan halangan bagi pembangunan.

Kebarangkalian sel  $i,j$  berubah kepada aktiviti tertentu ditentukan menggunakan kaedah Markov Chain iaitu

$${}^tP_{x,y,i,j} = P\{X_t = a_y \mid X_{t-1} = a_x\} \quad (4.4)$$

${}^tP_{x,y,i,j}$  mewakili kebarangkalian sel  $i,j$  untuk berubah dari aktiviti  $a_x$  ke aktiviti  $a_y$ ,

Indek kejiranan dikira menggunakan rumus 4.5 di bawah:

$${}^tN_{i,j} = \sum {}^tN_{i,j} / 24 \quad (4.5)$$

Rumus di atas (4.5) menunjukkan nilai  ${}^tN_{i,j}$  dikira berasaskan *extended moore neighborhood* atau 5 x 5 sel. Operasi ini dijalankan melalui kaedah pengintegrasian sepenuhnya menggunakan perisian Idrisi 3.2 (Eastman, 1999).

Perisian ini mempunyai keupayaan operasi permodelan ruangan CA\_MARKOV, manakala operasi MCE dijalankan menggunakan DECISION SUPPORT module dan penilaian indek kebarangkalian dijalankan menggunakan module MARKOV. Aturan operasi ditunjukkan dalam Rajah 4.1 di atas. Semua datasets perlu ditukarkan ke dalam format IDRISI 3.2. Bahagian selanjutnya membincangkan prosedur dalam penyediaan peta-peta indeks kesesuaian tanah untuk semua aktiviti yang dicadangkan.

### **4.3 Permodelan Ruangan Menggunakan CA\_Markov**

Model CA\_Markov yang dibentuk dalam kajian ini berupaya mensimulasi perubahan guna tanah dari tahun 1981 hingga ke tahun 2010 berasaskan senario perancangan yang dikehendaki. Dalam kajian ini, dua senario pembangunan dilihat iaitu pembangunan bersifat padat (compact growth) dan pembangunan berselerak (urban sprawl). Dua senario ini dicuba kerana pembangunan bersifat padat merupakan satu strategi pembangunan di kawasan kajian iaitu sebagai usaha mengawal pembangunan agar berlaku di sekitar kawasan pembangunan sedia ada dan tidak merebak secara tidak terancang serta membazirkan tanah (JPBD, 2005) dan pembangunan berselerak bagi melihat kesan yang bakal terjadi sekiranya pembangunan bersifat tidak terkawal dibiarkan. Simulasi kedua-dua senario ini dapat digunakan dalam menguji kesesuaian strategi pembangunan yang dijalankan. Senario pertama, pembangunan padat dihasilkan dengan cuba mengekal pembangunan di sekitar kawasan pembangunan sedia ada. Senario kedua, pembangunan berselerak

diramal jika sekatan pembangunan di kawasan sawah padi yang dizonkan sebagai kawasan pertanian diubah dan dibenarkan pembangunan berlaku mengikut kesesuaian tanah.

#### **4.4 Penyediaan Peta Indeks Kesesuaian Menggunakan Penilaian Pelbagai Kriteria**

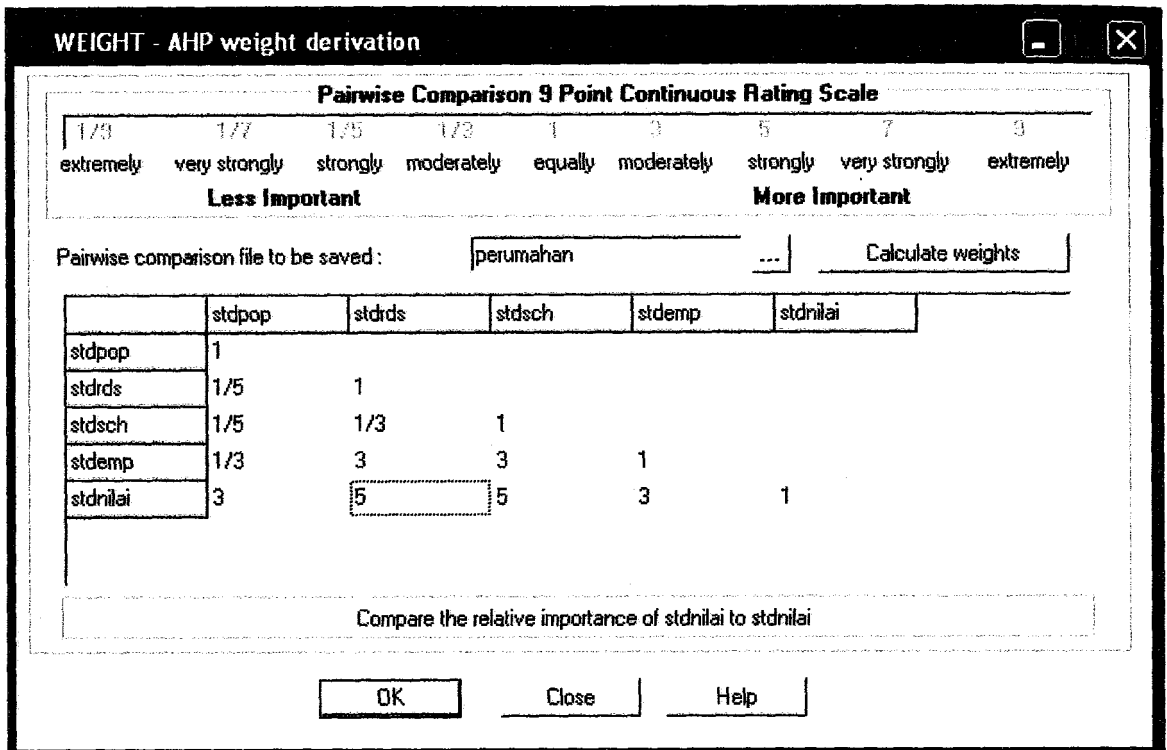
Kaedah MCE membenarkan pengguna memilih satu set kawasan yang sesuai bagi sesuatu objektif berasaskan satu siri kriteria dan kepentingan relatifnya (Malcweski, 1999). Ia merupakan satu proses yang melibatkan gabungan data berasaskan kepentingannya dan menyediakan tatacara bagi menginventori, mengklasifikasi, menganalisis, dan mengatur semua maklumat berasaskan kemungkinan pilihan (Voogd, 1983; Eastman, 1999; Malcweski, 1999). Kaedah ini sesuai digunakan dalam melihat potensi sesuatu kawasan untuk sesuatu aktiviti berasaskan pelbagai kriteria yang meliputi faktor fizikal, persekitaran dan sosial (Carver, 1991; Robinson, 1998). Kajian ini telah menggunakan kaedah MCE dalam melihat kesesuaian tapak untuk lima jenis guna tanah seperti yang dikategorikan dalam rumus 4.1.

##### *Pembangunan Guna Tanah Perumahan*

Berasaskan perbincangan di Bab 3, guna tanah perumahan mengalami perubahan yang pesat sejak tahun 1980an dan dijangkakan terus meningkat menjelang tahun 2010. Bagi menentukan kawasan yang berpotensi untuk aktiviti perumahan ini, lima kriteria telah digunakan iaitu kedekatan dengan kawasan

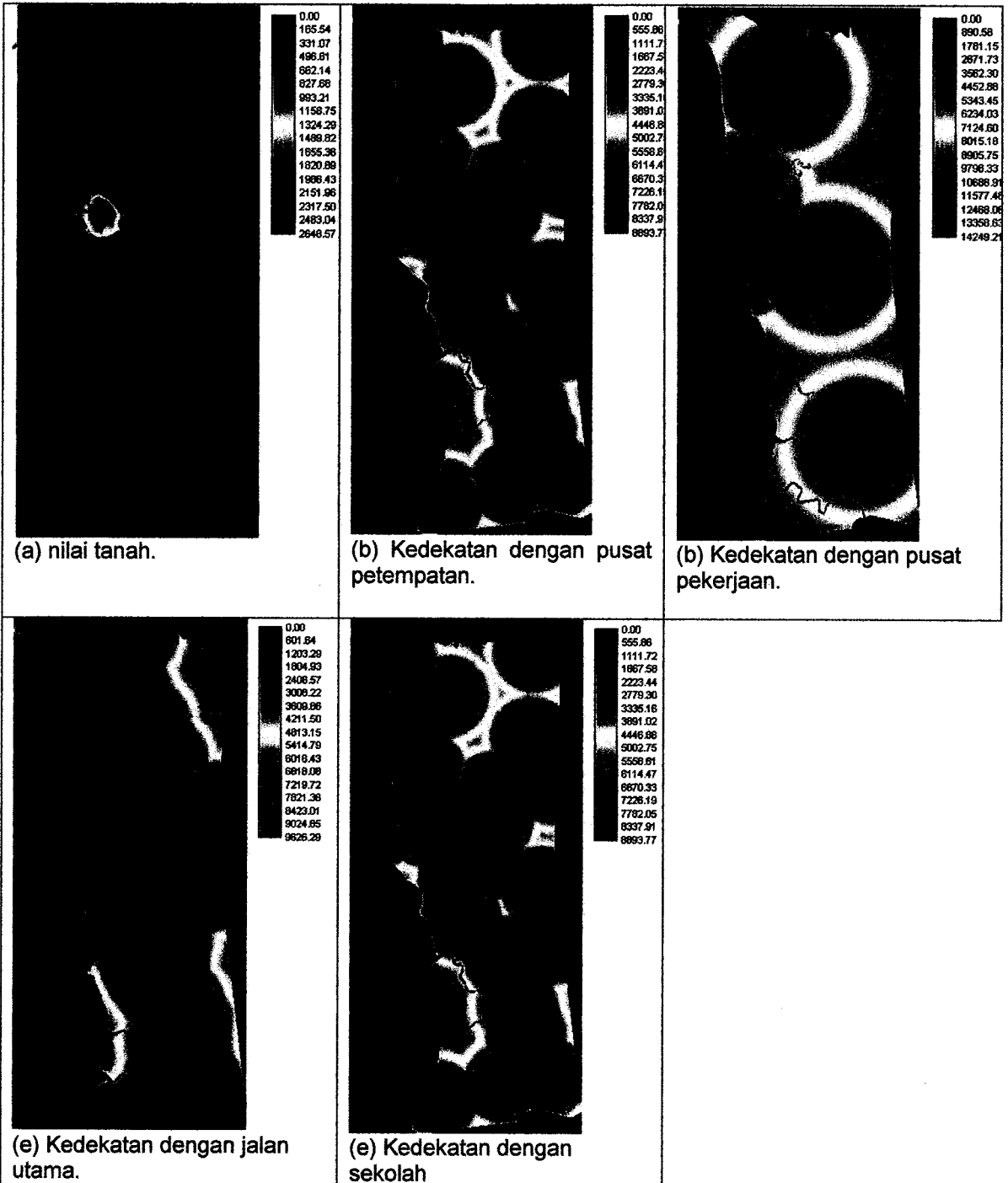
tempat kerja (stdemp), kedekatan dengan sekolah (stdsch), kedekatan dengan jalan utama (stdrds), nilai tanah (stdnilai) dan kedekatan dengan pusat petempatan utama (stdpop). Pemilihan kriteria ini adalah berasaskan pandangan pakar, ketersediaan data dan bahan-bahan bacaan (Samat, 2002; Ong Swee Li, 2005).

Setiap kriteria mempunyai skor tertentu berasaskan nilai yang dikira melalui operasi seperti jarak. Antara skor ini perlu diseragamkan kepada unit seragam iaitu nilai tertinggi bagi kawasan paling berpotensi dan nilai rendah bagi kawasan yang tidak berpotensi. Penyeragaman skor ini dilaksanakan menggunakan command FUZZY di dalam module Decision Support di dalam IDRISI 3.2. Selepas itu, penentuan pemberat bagi semua kriteria untuk aktiviti perumahan dilaksanakan melalui kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 (Eastman, 1999). Kaedah ini membenarkan perbandingan ke atas dua kriteria dijalankan dan pemberat dikira berasaskan perbandingan ini. Skala perbandingan adalah dari 1/9 hingga 9 iaitu masing-masing mewakili nilai yang paling tidak berpotensi kepada nilai yang paling berpotensi dan nilai 1 mewakili kepentingan yang sama bagi kedua-dua faktor. Nilai antara 0 hingga 1 diberikan dan nilai indek kekonsistenan mestilah kurang dari 0.1. Rajah 4.2 di bawah menunjukkan penggunaan Idrisi dalam menjalankan operasi ini dan jadual 4.1 di bawah menunjukkan pemberat bagi 5 kriteria untuk aktiviti perumahan.



Rajah 4. 1: Kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 bagi menentukan kepentingan kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah perumahan senario pembangunan padat.

Kepentingan setiap kriteria dibandingkan secara berpasangan. Misalnya kedekatan dengan pusat petempatan mempunyai kepentingan lima kali melebihi kriteria kedekatan dengan jalan utama. Nilai tanah dianggap faktor dominan dalam menentukan lokasi perumahan kerana pemaju semestinya mencari tapak-tapak yang mempunyai nilai tanah yang rendah untuk memastikan pulangan yang lebih besar (Chapin dan Kaiser, 1979). Selain kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah, terdapat dua halangan (*constraints*) iaitu kawasan banjir dan kawasan berpotensi tinggi untuk pertanian yang menghalang sebarang aktiviti pembangunan perumahan. Nilai halangan ini dalam format Boolean iaitu membenarkan atau menghalang secara mutlak sesuatu kawasan dari dibangunkan untuk aktiviti perumahan.

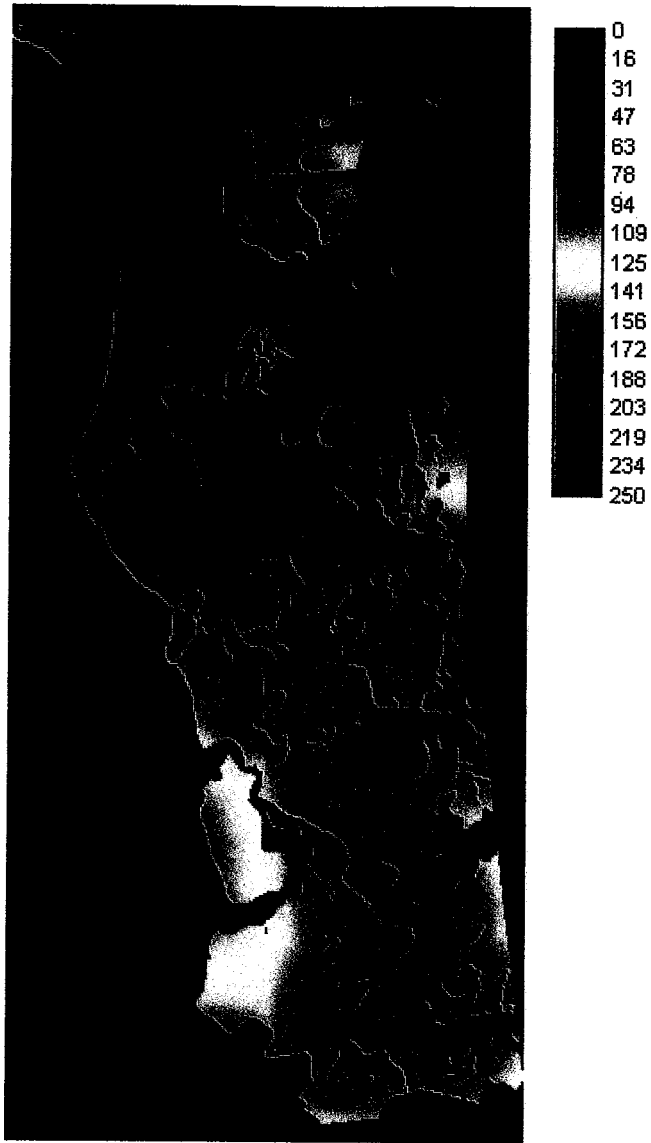


Rajah 4. 2: Kriteria yang digunakan dalam mengenal pasti kawasan berpotensi untuk pembangunan perumahan yang digunakan dalam kajian ini.

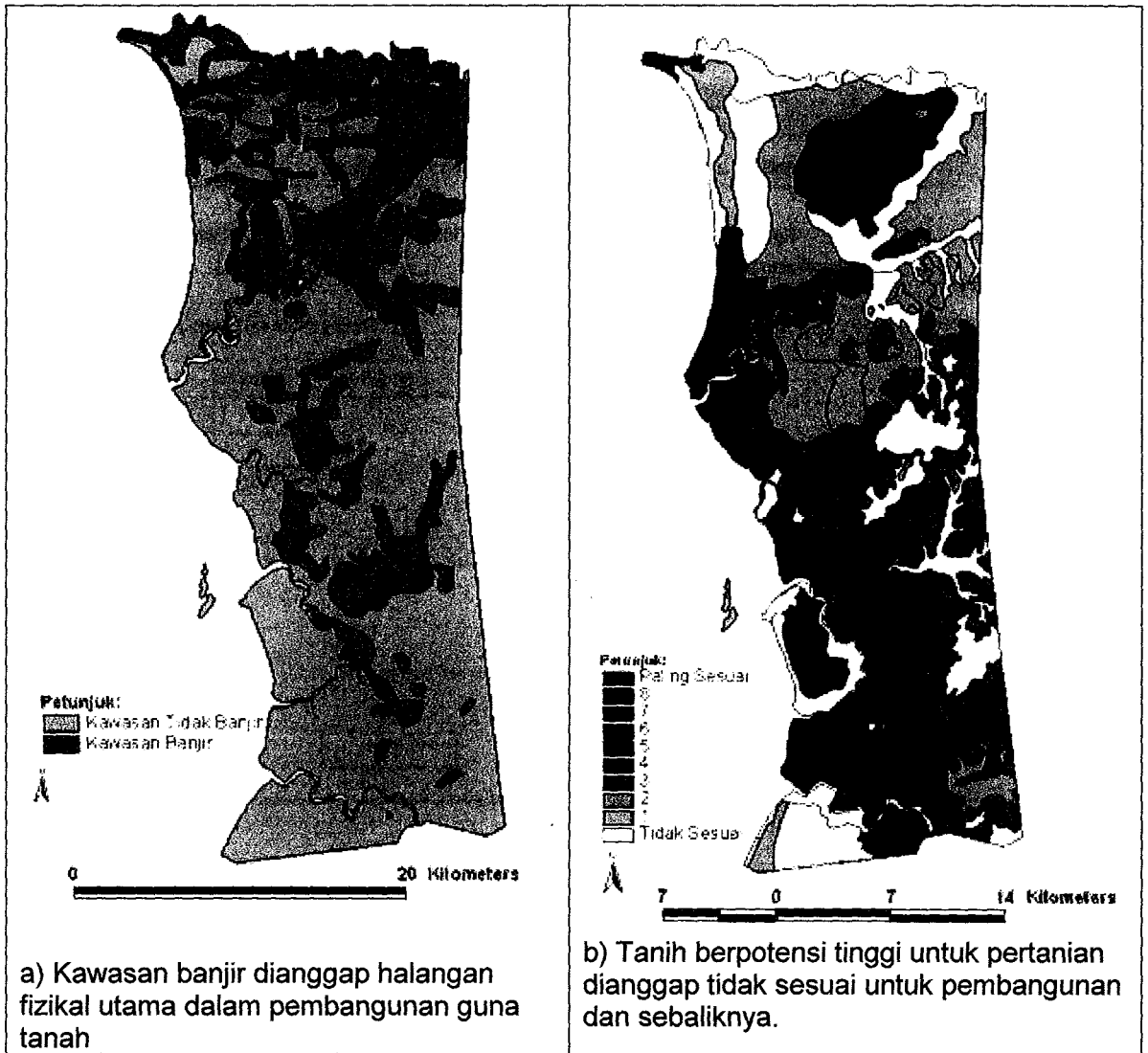
Jadual 4. 1: Pemberat bagi setiap kriteria untuk aktiviti perumahan dikira menggunakan IDRISI 3.2.

<b>Kriteria</b>	<b>Pemberat</b>
Kedekatan dengan pusat petempatan utama ( <i>stdpop</i> )	0.2825
Kedekatan dengan jalan utama ( <i>stdrds</i> )	0.0792
Kedekatan dengan sekolah ( <i>stdsch</i> )	0.0505
Kedekatan dengan pusat pekerjaan ( <i>stdemp</i> )	0.1448
Nilai tanah ( <i>stdnilai</i> )	0.4431
<b>Indeks Kekonsistenan (<i>Consistency Ratio</i>)</b>	<b>0.08</b>

Hasilan yang diperoleh ditunjukkan dalam Rajah 4.3 di bawah. Rajah di bawah menggambarkan kesesuaian yang tinggi berdekatan dengan bandar-bandar utama iaitu mempunyai nilai 250. Kawasan yang mempunyai nilai rendah mempunyai kesesuaian yang rendah. Nilai 0 adalah bagi kawasan yang tidak sesuai. Ini termasuklah kawasan banjir dan kawasan berpotensi tinggi untuk padi yang dihalang dari sebarang pembangunan iaitu kawasan di bawah Rancangan Pengairan Bersepadu (IADP) MPSP, 1993). Rajah 4.4 menggambarkan kawasan-kawasan halangan untuk pembangunan perumahan.



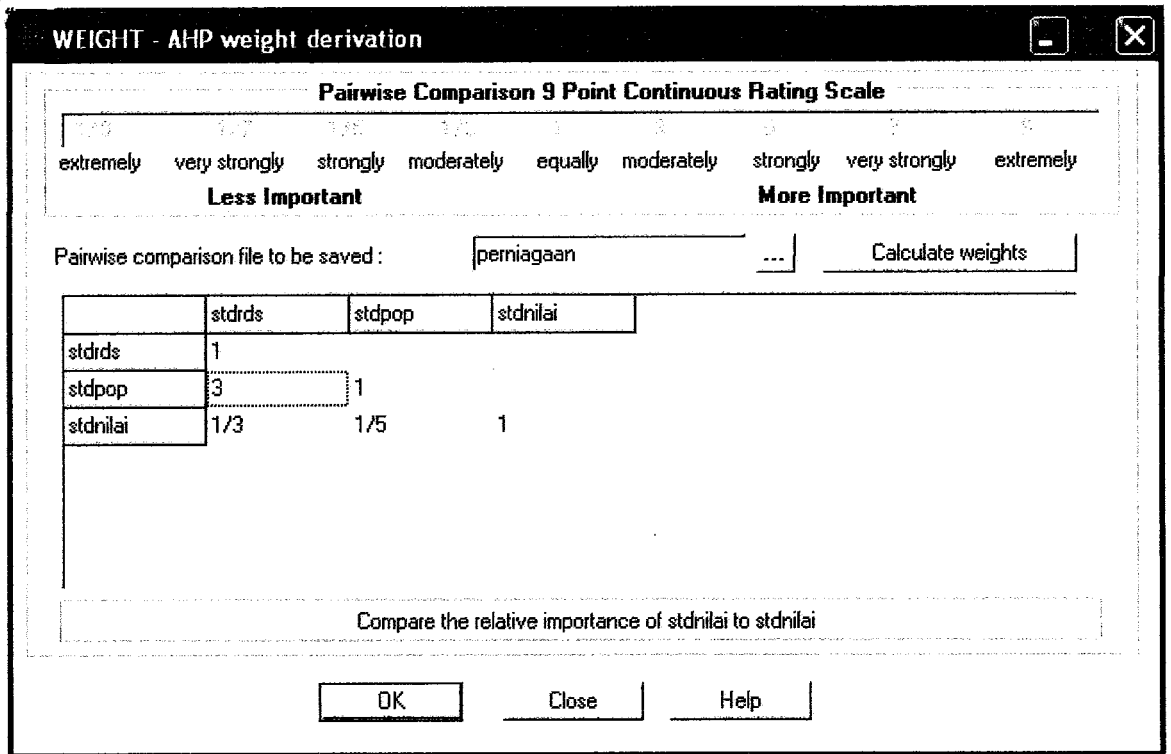
Rajah 4. 3: Peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti perumahan dihasilkan melalui kaedah penilaian pemberat linear dalam MCE.



Rajah 4. 4: Kawasan halangan untuk pembangunan guna tanah di Seberang Perai.

*Pembangunan Guna Tanah Perniagaan dan Kemudahan*

Guna tanah perniagaan dan kemudahan telah digabungkan kerana kedua-dua aktiviti ini sering diletakkan di kawasan bandar. Bagi mengenal pasti kawasan berpotensi untuk aktiviti ini, satu peta indeks kesesuaian tanah dihasilkan. Antara faktor dan pemberat yang dimasukkan terpapar dalam Rajah 4.5 di bawah.

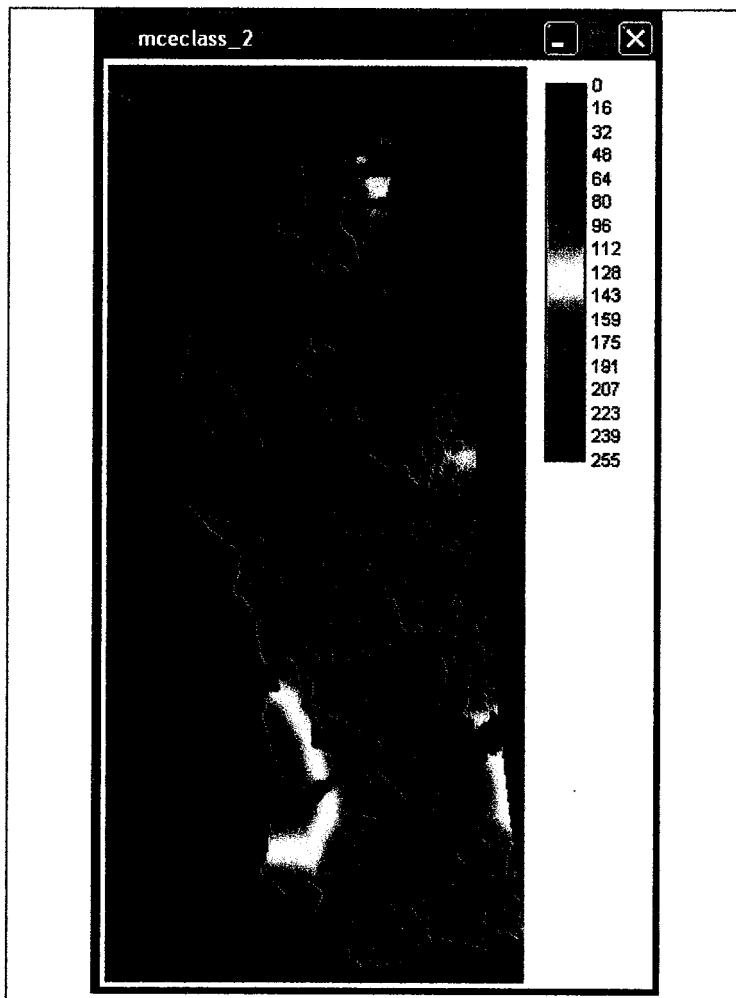


Rajah 4. 5: Kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 bagi menentukan kepentingan kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah perniagaan dan kemudahan lain.

Tiga kriteria dan dua halangan telah digunakan dalam menentukan lokasi yang berpotensi untuk guna tanah perniagaan dan kemudahan iaitu kedekatan dengan jalan utama, kedekatan dengan pusat petempatan dan nilai tanah. Pemberat bagi ketiga-tiga kriteria ini ditunjukkan dalam Jadual 4.2 di bawah. Rajah 4.6 menunjukkan hasil analisis kesesuaian tanah untuk aktiviti perniagaan dan kemudahan lain. Nilai tertinggi menunjukkan kesesuaian yang tinggi dan nilai terendah mempunyai kesesuaian yang rendah.

Jadual 4. 2: Pemberat bagi setiap criteria untuk aktiviti perniagaan dan kemudahan lain dikira menggunakan IDRISI 3.2.

Kriteria	Pemberat
Kedekatan dengan pusat petempatan utama ( <i>stdpop</i> )	0.6370
Kedekatan dengan jalan utama ( <i>stdrds</i> )	0.2583
Nilai tanah ( <i>stdnilai</i> )	0.1047
<b>Indeks Kekonsistenan (<i>Consistency Ratio</i>)</b>	<b>0.03</b>

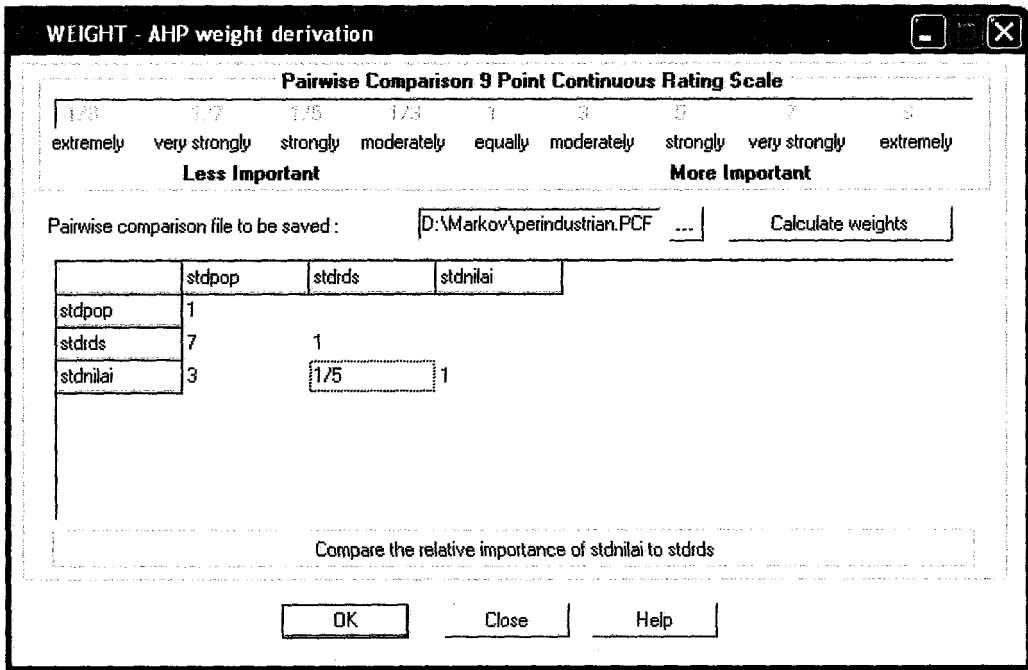


Rajah 4. 6: Peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti perniagaan dan kemudahan lain dihasilkan melalui kaedah WCL dalam MCE.

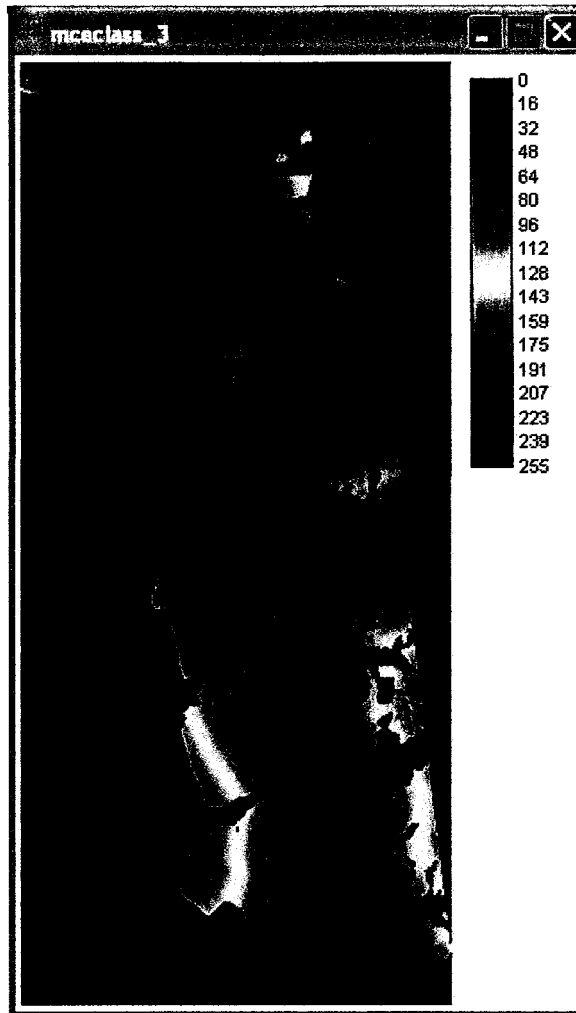
Perletakan aktiviti perindustrian selalunya ditentukan oleh pembuat dasar sebagai usaha memajukan sesuatu kawasan. Kawasan-kawasan perindustrian sedia ada termasuklah Mak Mandin dengan keluasan 177 hektar, Perai (Fasa 1) 667.6 hektar, Perai (Fasa 2) 676.4 hektar, Bukit Minyak 626.4 hektar, Bukit Panchor 152 hektar, Ceruk To' Kun 177 hektar, Seberang Jaya 41 hektar, Alma 117 hektar, Sungai Lokan 81 hektar, dan Kepala Batas 81 hektar. Walau bagaimanapun tapak industri yang dibangunkan sehingga tahun 1981 dijadikan asas dalam meramal lokasi industri di tahun-tahun 1992 dan 1998. Bagi meramal lokasi industri, tiga kriteria digunakan iaitu kedekatan dengan jalan utama, kedekatan dengan pusat petempatan dan nilai tanah. Namun kedekatan dengan jalan utama dianggap faktor yang dominan bagi memudahkan mengangkut bahan mentah dari sumber, pemasaran barang yang telah disiapkan, dan pengangkutan buruh untuk sektor ini (Sui dan Zeng, 2001). Rajah 4.8 di bawah memaparkan pengiraan pemberat dilaksanakan dalam Idrisi 3.2. Jadual di bawah (Jadual 4.3) memaparkan nilai pemberat yang dikira bagi setiap kriteria. Nilai yang tertinggi diberikan kepada kedekatan dengan jalan utama kerana kriteria ini amat penting dalam menentukan lokasi industri.

Jadual 4. 3: Pemberat bagi setiap criteria untuk aktiviti perindustrian dikira menggunakan IDRISI 3.2.

Kriteria	Pemberat
Kedekatan dengan pusat petempatan utama ( <i>stdpop</i> )	0.0810
Kedekatan dengan jalan utama ( <i>stdrds</i> )	0.7306
Nilai tanah ( <i>stdnilai</i> )	0.1884
<b>Indeks Kekonsistenan (<i>Consistency Ratio</i>)</b>	<b>0.06</b>



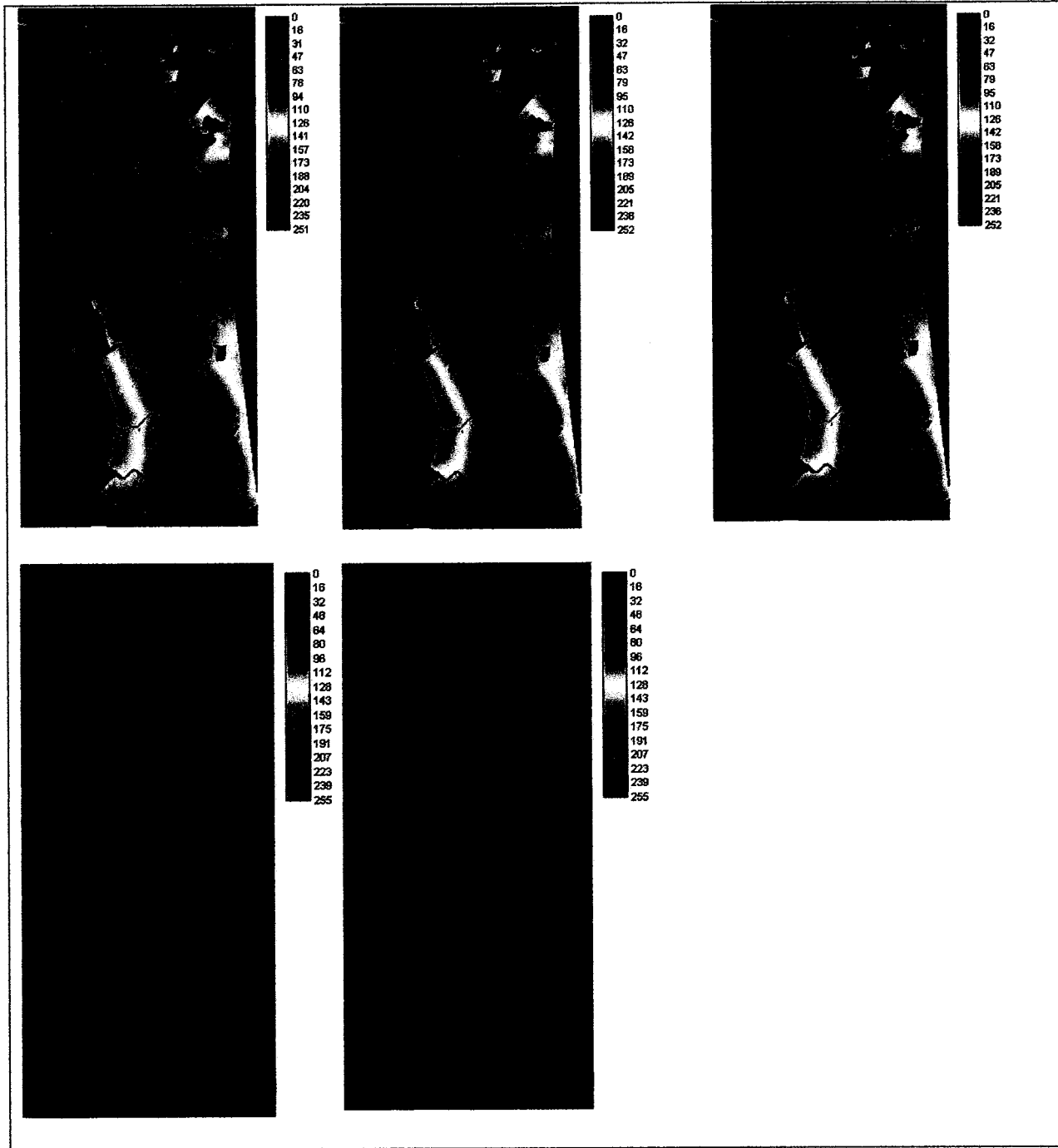
Rajah 4. 7: Kaedah perbandingan berpasangan menggunakan IDRISI 3.2 bagi menentukan kepentingan kriteria yang mempengaruhi pembangunan guna tanah perindustrian.



Rajah 4. 8: Peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti perindustrian dihasilkan melalui kaedah WCL dalam MCE.

Memandangkan terdapat lima jenis guna tanah (perumahan, perniagaan dan kemudahan lain, perindustrian, pertanian dan lain-lain, Module CA\_MARKOV juga memerlukan lima peta indeks kesesuaian tanah. Oleh yang demikian, guna tanah pertanian dan lain-lain aktiviti juga memerlukan peta indeks kesesuaian tanah. Rajah 4.9 di bawah memaparkan peta indeks kesesuaian tanah untuk aktiviti pertanian dan lain-lain.

Peta indeks kesesuaian yang dihasilkan untuk senario bandar padat seperti dibincangkan di atas juga perlu disediakan bagi senario kedua iaitu rebakan bandar. Semua kriteria yang diguna pakai untuk senario bandar padat juga digunakan bagi senario rebakan bandar. Namun bagi senario rebakan bandar halangan pembangunan bagi kawasan penting untuk aktiviti pertanian tidak diambil kira. Ini adalah sebagai satu langkah untuk menilai situasi pembangunan sekiranya pembangunan dibenarkan berlaku di kawasan pertanian. Rajah 4.9 di bawah memaparkan peta indeks kesesuaian bagi lima jenis guna tanah yang dimodelkan iaitu guna tanah perumahan, perniagaan dan kemudahan, perindustrian, pertanian dan lain-lain.



Rajah 4. 9: set peta indeks kesesuaian bagi setiap kategori guna tanah untuk model rebakan Bandar.

## 4.5 Hasil dan Perbincangan

Dua senario pembangunan yang dikenal pasti dan diuji dalam kajian ini memberikan hasil yang agak berbeza. Pengujian dijalankan dengan membandingkan hasil simulasi model tahun 1992 dengan data guna tanah 1992 dan hasil simulasi model tahun 1998 dengan data guna tanah 1998 bagi kedua-dua senario. Perbincangan selanjutnya memberikan dapatan tentang senario yang diuji.

### 4.5.1 Senario bandar padat

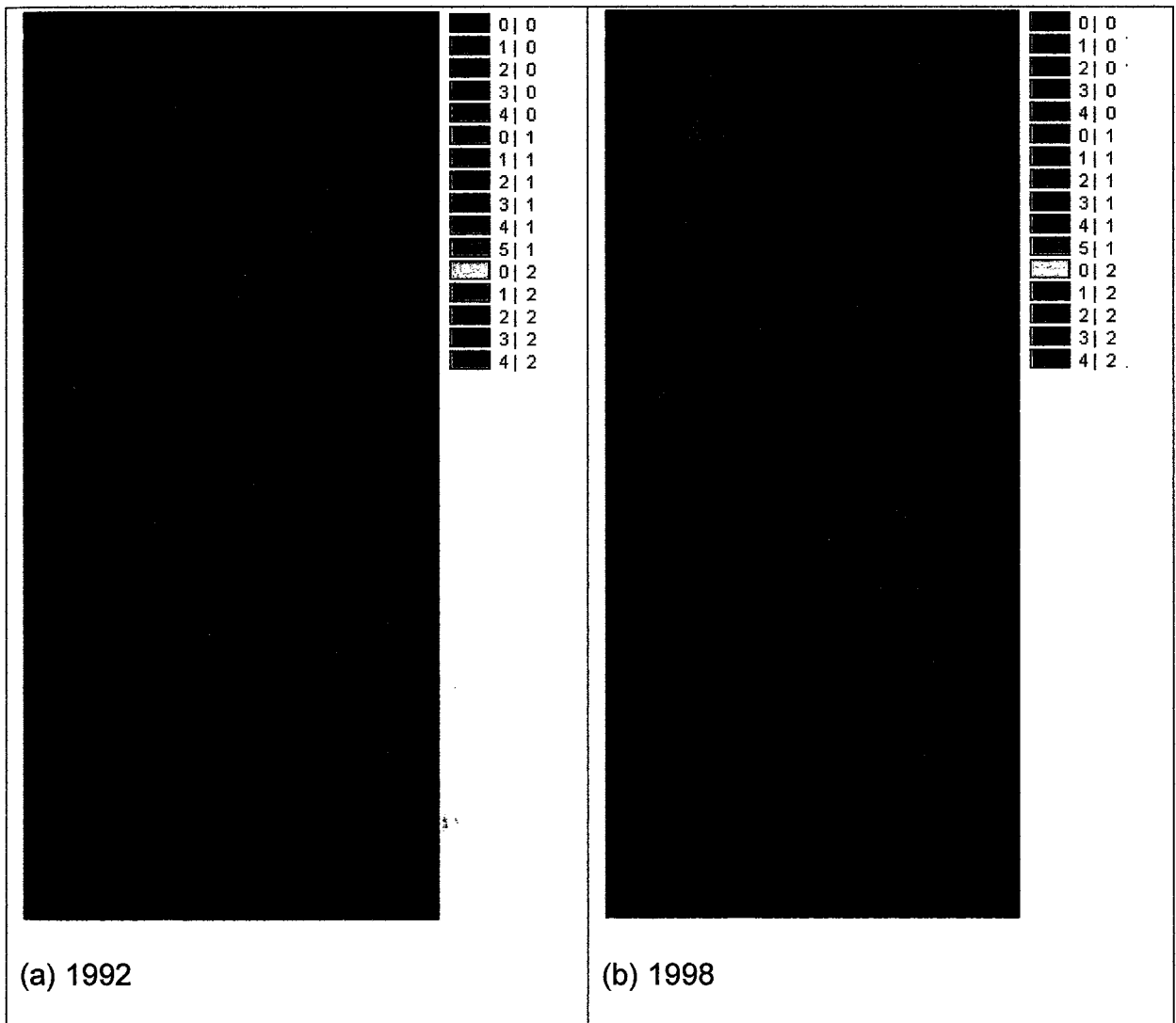
Simulasi pembangunan guna tanah 1981 hingga 1998 yang dijalankan mendapati model ini dapat memberikan ketepatan keseluruhan yang agak tinggi. Hasil ujian ketepatan ini ditunjukkan dalam Jadual 4.4 di bawah. Ketepatan keseluruhan agak tinggi iaitu masing-masing 90.3% dan 81.0% bagi tahun 1992 dan 1998. Rajah 4.12 di bawah menunjukkan hasil penilaian ketepatan bagi kedua-dua tahun yang diuji. Petunjuk pada peta tersebut menggambarkan kod guna tanah yang digunapakai seperti yang diberikan dalam rumus 4.1. Perbandingan guna tanah sebenar (kod di sebelah kiri) dengan hasil simulasi model (kod sebelah kanan). Ketepatan bagi tiga kategori guna tanah utama yang dimodelkan iaitu perumahan (kod 1|1), perniagaan dan kemudahan (2|2), dan perindustrian (3|3) adalah masing-masing 83.7, 80.1 dan 84.7 bagi tahun 1992. Hal ini menunjukkan ketepatan model ini adalah baik (Moonsrud dan Leemans, 1992). Namun ketepatan tiga guna tanah tahun 1998 adalah agak menurun iaitu

hanya 70.9% bagi perumahan, 40.5% perniagaan dan kemudahan dan 51.9% perindustrian. Bagi pembangunan guna tanah perumahan, ketepatannya adalah agak baik kerana selalunya aktiviti ini dijalankan mengikut keperluan semasa berasaskan faktor-faktor fizikal sesuatu kawasan (Chapin dan Kaiser, 1979; Urban Land Institute, 1990). Selain itu, pembangunan guna tanah perumahan dilaksanakan oleh pihak kerajaan dan juga pemaju swasta yang lebih cenderung menguna pakai faktor seperti nilai tanah, kedekatan dengan jalan utama, kedekatan dengan pusat pekerjaan dalam memilih lokasi kawasan yang hendak dibangunkan. Oleh hal yang demikian, model ini yang dihasilkan berasaskan ciri-ciri fizikal tersebut mampu memberikan ketepatan yang agak baik untuk aktiviti perumahan.

Jadual 4. 4: Ketepatan simulasi pembangunan guna tanah berasaskan senario bandar padat bagi tahun 1992 dan 1998.

Kategori	Indek Kappa (x 100)	Indek Kappa (x 100)
	Tahun 1992	Tahun 1998
Perumahan	83.7	70.9
Perniagaan dan Kemudahan	80.7	40.5
Perindustrian	84.1	51.9
Pertanian	86.1	85.3
Lain-lain	83.0	44.8
Ketepatan keseluruhan	90.29	81.04

Keadaan agak berbeza dengan aktiviti perniagaan dan kemudahan serta perindustrian. Bagi aktiviti perindustrian, lokasinya selalunya ditentukan secara “top-down” iaitu pihak berkuasa tempatan memilih sesebuah lokasi yang bersesuaian dan dibangunkan dalam skala yang agak besar. Ianya bukan sekadar membangunkan sesuatu kawasan tetapi juga sebagai usaha menarik pembangunan aktiviti lain ke kawasan pembangunan industri tersebut.



Rajah 4. 10: Penilaian ketepatan model dengan data guna tanah sebenar bagi tahun 1992 dan 1998

Oleh hal yang demikian, model ini yang dihasilkan berasaskan faktor fizikal setempat, agak kurang mampu mendiskriminasi dan meramal pembangunan kawasan perindustrian dengan baik. Bagi guna tanah perniagaan dan kemudahan juga selalu ditentukan secara 'top-down' dan berdekatan dengan kawasan perumahan bagi menyediakan kemudahan kepada penduduk setempat dan dalam usaha menjana pembangunan di kawasan sekitar.

#### 4.5.2 Senario Pembangunan Berselerak

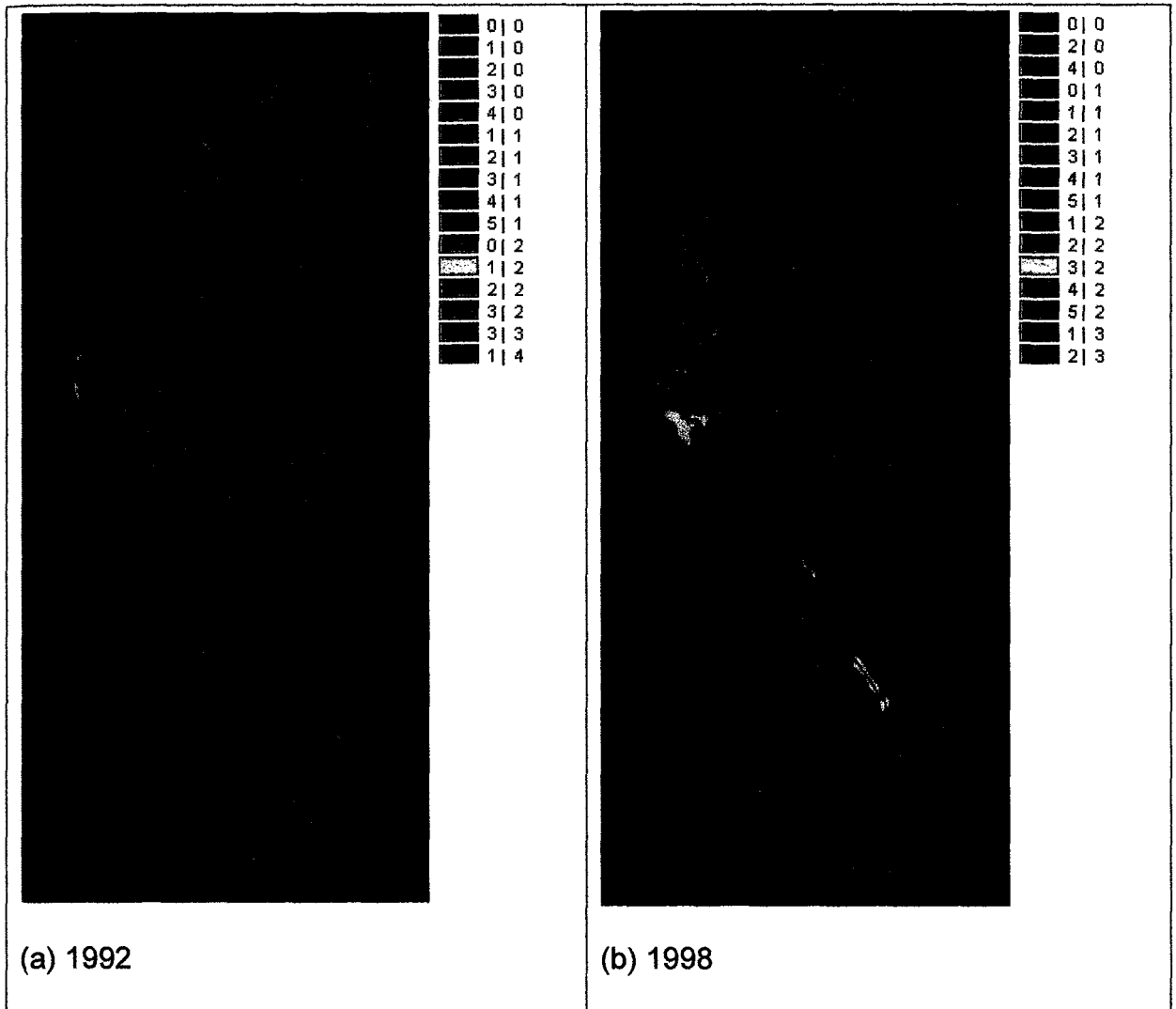
Bagi senario pembangunan berselerak, ketepatan model adalah agak baik dengan ketepatan keseluruhan mencapai 95.2% untuk tahun 1992 dan 82.4 % untuk tahun 1998. Jadual 4.5 memaparkan ketepatan setiap kategori guna tanah sebenar berbanding hasil simulasi model. Walaupun ketepatan setiap kategori agak rendah, namun hasil yang diperolehi adalah lebih baik daripada ketepatan simulasi model menggunakan model pembangunan padat.

Jadual 4. 5: Ketepatan simulasi pembangunan guna tanah berasaskan senario bandar padat bagi tahun 1992 dan 1998.

Kategori	Indek Kappa (x 100)	Indek Kappa (x 100)
	Tahun 1992	Tahun 1998
Perumahan	82.7	83.1
Perniagaan dan Kemudahan	84.0	40.6
Perindustrian	87.3	59.0
Pertanian	97.0	81.7
Lain-lain	92.9	49.5
Ketepatan keseluruhan	95.2	82.4

Ketepatan bagi guna tanah utama iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan dan perindustrian adalah baik iaitu melebihi 80.0 bagi tahun 1992. Namun bagi tahun 1998, ketepatan bagi aktiviti perumahan adalah masih tinggi iaitu 83.1, tetapi agak rendah bagi aktiviti lain. Model yang dibentuk menggunakan senario rebakan bandar telah berjaya meramal aktiviti perumahan dengan baik. Hasil ini menggambarkan kebanyakan aktiviti ini berlaku agak berselerak dan mengikut ketersediaan tanah untuk pembangunan. Selain itu, aktiviti perumahan selalunya dijalankan oleh pemaju swasta yang lebih cenderung memilih lokasi berasaskan ketersediaan tanah berbanding faktor fizikal yang lain. Rajah 4.7 di bawah memaparkan penilaian ketepatan model ini.

Secara umumnya, walaupun model pembangunan berselerak memberikan hasil yang lebih baik berbanding model bandar padat, perbezaan yang diperoleh adalah agak kecil. Ini menunjukkan bahawa pembangunan yang dijalankan masih bertumpu di kawasan koridor pembangunan sedia ada. Ini kerana pembangunan yang dilaksanakan lebih bertumpu kepada ketersediaan ada tanah berbanding dengan faktor-faktor yang lain. Oleh hal yang demikian, pembangunan masa depan juga diramal masih bertumpu di kawasan pembangunan sedia ada iaitu koridor pembangunan Butterworth-Seberang Jaya, Bukit Mertajam-Perai, Kepala Batas-Bertam dan Jawi-Nibong Tebal.



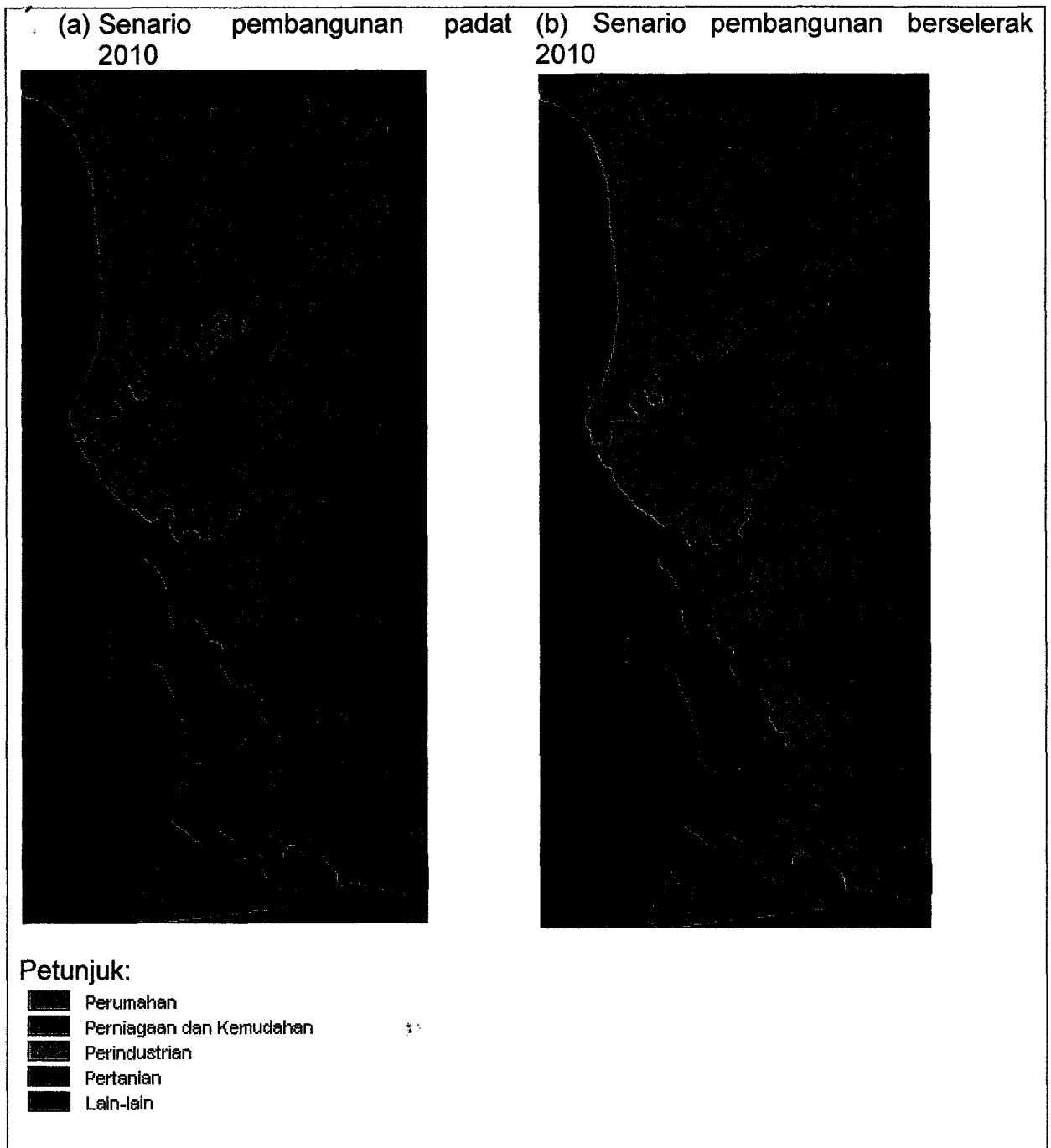
Rajah 4. 11: Penilaian ketepatan model dengan data guna tanah sebenar bagi tahun 1992 dan 1998.

#### **4.6 Pembangunan Guna Tanah di Seberang Perai 2010**

Hasilan pengujian model yang dilaksanakan berasaskan data guna tanah 1992 dan 1998 mendapati model ini sesuai digunakan untuk meramal corak pembangunan guna tanah sesuatu kawasan. Rajah 4.8 di bawah memaparkan corak pembangunan guna tanah bagi tahun 2010 menggunakan model pembangunan padat dan model pembangunan berselerak. Peta yang dihasilkan jelas menggambarkan pembangunan perumahan adalah aktiviti paling dominan dan merebak keluar dari kawasan pembangunan utama. Selain itu, bagi senario pembangunan berselerak, aktiviti perindustrian berkembang dan menjadi agak penting selepas aktiviti perumahan.

Dari analisis yang dijalankan didapati model pembangunan padat dan model pembangunan berselerak yang dihasilkan sesuai digunakan dalam meramal pembangunan masa depan. Ketepatan bagi model pembangunan berselerak adalah lebih baik, namun perbezaannya adalah agak kecil. Ini menunjukkan walaupun pengawalan pembangunan dilaksanakan di kawasan ini, ianya tidak memberikan impak yang amat besar kerana pembangunan di kawasan ini. Tumpuan pembangunan adalah di koridor pembangunan sedia ada. Hasil simulasi model juga menunjukkan pembangunan bersifat linear dengan jalan-jalan utama dengan tumpuan pembangunan di Seberang Perai Tengah dan mengarah ke Seberang Perai Selatan.





Rajah 4. 12: Corak pembangunan guna tanah 2010 hasil simulasi model

Model simulasi ruangan yang dibentuk sesuai dijadikan asas dalam meramal pembangunan jangka pendek sesuatu kawasan. Ianya sesuai digunakan bersama-sama dengan Rancangan Struktur yang diguna pakai oleh setiap pihak berkuasa tempatan di Malaysia pada masa kini. Model ini sesuai bagi membantu juru rancang mengenal pasti dan menilai kesesuaian perancangan yang diderafkan di dalam Rancangan Struktur. Implementasi model ini sebegini memberi peluang kepada juru rancang menilai dan mencuba sesuatu plan perancangan dalam persekitaran komputer. Oleh hal yang demikian, ianya dapat menjimatkan kos dan juru rancang tidak perlu menunggu sehingga Rancangan Struktur disemak dalam masa lebih kurang 5 tahun untuk mengetahui kesan sesuatu dasar perancangan yang dijalankan. Selain itu, model ini dapat memaparkan corak perubahan ruang sesuatu kawasan kesan langsung dari plan perancangan yang diguna pakai.

#### **4.7 Penutup**

Hasil analisis yang dijalankan mendapati model ini sesuai digunakan untuk jangka masa pendek iaitu sekitar 10 tahun sahaja. Ini adalah disebabkan ketepatan model semakin berkurangan mengikut masa. Walau bagaimanapun model yang dibentuk sesuai digunakan dalam melihat corak pembangunan yang bakal terhasil kesan sesuatu dasar perancangan yang diguna pakai. Oleh hal yang demikian, model ini sesuai dijadikan petunjuk dalam merangka sesuatu dasar perancangan yang boleh diguna pakai sebagai sokongan kepada Rancangan Struktur sesuatu kawasan.



## **Bab 5 Perbincangan dan Cadangan**

### **5.1 Pendahuluan**

Kajian yang telah dijalankan memapar aplikasi GIS dan model cellular automata dalam memantau dan meramal perkembangan bandar di Seberang Perai, Pulau Pinang. Kaedah permodelan ruangan yang diguna pakai di kawasan ini mampu mensimulasi perubahan guna tanah utama dari tahun 1981 hingga 1998 dengan agak baik. Dua senario pembangunan guna tanah dilaksanakan dan apa yang menariknya adalah hasil yang diperolehi menunjukkan senario pembangunan berselerak memberikan ketepatan yang lebih baik. Model ini telah dapat menunjukkan agihan guna tanah untuk tiga jenis guna tanah utama iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan lain dan perindustrian di masa depan berasaskan beberapa kriteria yang dikenal pasti. Hasil analisis yang dijalankan mendapati model ini mampu meramal pembangunan masa depan dengan ketepatan pada tahun 1992 dan 1998 masing-masing mencapai 90% dan 80% bagi kedua-dua senario iaitu senario pembangunan padat dan senario pembangunan berselerak. Dapatan menggambarkan model ini sesuai digunakan sebagai alat dalam menyokong perancangan jangka pendek sesuatu kawasan atau digunakan bagi menyokong Rancangan Struktur sesuatu kawasan yang sering disemak bagi setiap lima tahun. Kajian yang dijalankan memaparkan salah satu contoh

aplikasi GIS dalam perancangan strategik sesuatu kawasan. Dapatan kajian ini menunjukkan pembangunan masih lagi bertumpu di koridor pembangunan sedia ada iaitu kawasan koridor Butterworth-Seberang Jaya, Perai-Bukit Mertajam, Bertam-Kepala Batas, dan Jawi-Nibong Tebal. Bab penutup ini membincangkan kekuatan dan kelemahan kajian serta cadangan yang boleh dilaksanakan bagi pengkaji lain yang berminat menjalankan kajian yang sebegini.

## 5.2 Kelebihan Kajian

Model yang dibentuk merupakan satu usaha melihat corak pembangunan guna tanah utama sesuatu kawasan berasaskan model bersifat dinamik iaitu model CA dan GIS. Hasil mendapati model ini mampu digunakan secara bersama-sama dengan Rancangan Struktur sesuatu kawasan bagi meramal kesan sesuatu dasar perancangan yang dirancangkan bagi kawasan tersebut. Oleh hal yang demikian, kesan dan corak perubahan ruang yang bakal terjadi akan dapat dilihat dalam persekitaran komputer sebelum dasar tersebut diguna pakai (Batty, 1976; Foot, 1981). Ini akan menjimatkan kos dan mengurangkan kesan negatif seperti tekanan terhadap sumber tanah, kesesakan lalu lintas atau pencemaran alam sekitar di kawasan tersebut (Chapin dan Kaiser, 1979).

Integrasi GIS dan Cellular Automata yang dipaparkan dalam kajian ini memodel dua senario pembangunan iaitu pembangunan padat dan pembangunan berselerak. Kedua-dua senario dalam meramal perubahan tiga jenis guna tanah utama iaitu perumahan, perniagaan dan kemudahan dan perindustrian dengan agak baik. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembangunan guna tanah yang meliputi kedekatan dengan kemudahan-kemudahan utama, nilai tanah dan halangan pembangunan seperti kawasan banjir dan kawasan berpotensi tinggi untuk pertanian dijadikan penentu dalam agihan guna tanah masa depan. Ini menjadikan model ini sesuai dijadikan alat sokongan dalam proses membuat keputusan yang melibatkan perancangan strategik sesuatu kawasan.

Aplikasi model GIS dan Cellular Automata yang dipaparkan juga menggunakan perisian IDRISI 3.2 bagi tujuan analisis, permodelan dan paparan. Penggunaan perisian ini memudahkan pengguna kerana tidak memerlukan keupayaan penguasaan bahasa pengaturcaraan komputer peringkat tinggi bagi tujuan ini. Oleh hal yang demikian, metodologi yang dilaksanakan ini sesuai digunakan di peringkat pihak berkuasa tempatan yang tidak mempunyai jumlah tenaga kerja ramai bagi tujuan perancangan strategik. Walaupun model yang dibentuk mempunyai kelebihan, terdapat beberapa kelemahan model ini yang masih boleh diperbaiki bagi mempertingkatkan keupayaannya.

### 5.3 Kelemahan Kajian

Kelemahan model ini adalah dalam situasi CA iaitu ianya amat baik untuk melihat perkembangan bandar dengan bermula beberapa sel. Namun model ini tidak dapat mengesan pembangunan yang berlaku secara tidak bersambungan dengan pembangunan sedia ada. Ini menyukarkan model ini meramal pembangunan bandar-bandar baru seperti di Bertam dan Batu Kawan yang membangun secara tidak bersambungan dengan pembangunan sedia ada.

Selain itu, data untuk kajian ini telah diperoleh dari pelbagai sumber, format dan skala. Kesepadanan data amat penting dalam memastikan setiap data yang digunakan sesuai digabungkan dan diolah secara serentak. Dalam kajian ini data guna tanah bersiri iaitu dari tahun 1980 sehingga kini amat penting bagi memastikan simulasi yang dihasilkan dengan menggunakan model yang dibentuk dapat digunakan dalam meramal pembangunan masa depan dengan baik. Namun data terkini iaitu data guna tanah tahun 2002 yang diperoleh dari Pegis dalam bentuk peta dan diimbas serta didigit menggunakan kaedah pengdigitan manual tidak sepadan dari segi letakan dan pengkelasan (topology) dengan data guna tanah berbentuk digital sedia ada. Oleh hal yang demikian, ketepatan model hanya dapat diuji menggunakan data sehingga tahun 1998 sahaja.

Data juga merupakan salah satu komponen penting dalam memastikan kejayaan sesuatu projek GIS. Ketersediaan data dalam bentuk digital amat membantu mempercepatkan sesuatu projek. Selain itu, bagi fenomena yang berbentuk dinamik seperti kejadian banjir, data bersiri dalam jangkamasa berbeza lebih sesuai digunakan. Namun dalam kajian ini, hanya data banjir 2003 yang dapat dikumpulkan. Oleh hal yang demikian, kedinamikan fenomena banjir ini tidak dapat dimodelkan bersama-sama data guna tanah. Data banjir 2003 digunakan secara terus dan tidak dapat diambil kira perubahannya dalam jangkamasa simulasi perubahan guna tanah dilaksanakan.

#### **5.4 Cadangan**

Walaupun kajian ini telah dapat memaparkan aplikasi GIS dalam perancangan strategik, ianya boleh diperbaiki dalam meningkatkan keberkesanannya dalam perancangan guna tanah bandar. Kelemahan CA dalam mengambil kira pembangunan tidak bersambungan dengan pembangunan sedia ada dapat diatasi dengan menggabungkan model ini dengan model berasaskan agen (Agent-based Modelling). Pembangunan bandar baru atau pembangunan bersifat "top-down" dapat diambil kira dengan menjadikannya sebagai agen pembangunan yang boleh menjana pembangunan di kawasan sekitar.

Data merupakan elemen yang sangat penting dalam sesuatu projek GIS. Ketersediaan data dalam skala dan format yang seragam penting dalam menentukan kejayaan sesuatu projek GIS. Oleh hal yang demikian, kewujudan satu pusat pengumpulan data yang sistematik diperlukan bagi memudahkan pengguna mendapatkan data yang seragam dan sepadan dalam ketepatan yang baik.

Selain itu, kajian sebegini perlu mengambil kira kedinamikan fenomena ruangan seperti banjir dan ketersediaan kemudahan asas. Banjir merupakan fenomena yang agak dinamik dan berubah mengikut masa. Dalam kajian ini hanya data banjir 2003 diperolehi. Data banjir bagi setiap tahun yang dimodelkan lebih sesuai digunakan iaitu ianya sepatutnya berubah mengikut masa simulasi model. Kemudahan asas juga berubah, namun dalam kajian ini ianya dianggap statik dan tidak berubah mengikut masa. Oleh hal yang demikian, model ini boleh dipertingkatkan dengan mengambil kira aspek kedinamikan kemudahan asas dalam agihan guna tanah.

**Bibliography**

- Abdul Samad Hadi, Shaharudin Idrus, Ahmad Fariz Mohamed & Abdul Hadi Harman Shah, (2006) *Perubahan Persekitaran Bandar dan Kemudahanterancaman Lembangan Langat*, Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Alonso, W. (1964) *Location and Land Use*. Cambridge, Harvard University Press.
- Batty, M. (1976) *Urban modelling, algorithms, calibrations, predictions*. London, Cambridge University Press.
- Batty, M., Couclelis, H. & Eichen, M. (1997) Urban systems as cellular automata, *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24, muka surat.159-164.
- Batty, M. & Torrens, P. (2001) Modelling complexity: the limits to prediction, *Working Paper 36, CASA UCL, Working Paper Series*.
- Burrough, P.A. & McDonnell, R.A. (1998) *Principles of Geographic Information Systems* Oxford, Oxford University Press.
- Carver, S.J. (1991) Integrating multi-criteria evaluation with geographic information systems. *International Journal of Geographical Information Systems*, 5 (3), muka surat 321-339.
- Chapin, F.S. & Kaiser, E.J. (1979) *Urban Land Use Planning*. Urbana, University of Illinios Press.
- Choguill, C. L. (1994) Crisis, chaos, crunch? planning for urban growth in the developing world. *Urban Studies*, 31 (6), muka surat 935-945.
- Chuvieco, E. (1993) Integration of linear programming and GIS for land-use modelling. *International Journal of Geographical Information Systems*, 7(7), muka surat 71-83

- Clarke, K.C., Hoppen, S. & Gaydos, L. (1997) A self-modifying cellular automaton model of historical urbanization in the San Francisco Bay Area. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24, muka surat 247-261.
- Clarke, K. & Gaydos, L. (1998) Loose-coupling a cellular automaton model and GIS: long-term urban growth prediction for San Francisco and Washington/Baltimore. *International Journal of Geographical Information Science*, 12(7), muka surat 699-714.
- Couclelis, H. (1985) Cellular worlds: a framework for modelling micro-macro dynamics. *Environment and Planning A*, 1, muka surat 585-596.
- Devas, N. & Rakodi, C. (1993) The urban challenge. Dalam: Devas, N and Rakodi, C. (penyunting), *Managing Fast Growing Cities: New Approaches to Urban Planning and Management in the Developing World*. Longman Scientific & Technical.
- Drakakis-Smith, D. (2000) *Third World Cities*. Edisi Kedua. London, Routledge.
- Eastman, J.R. (1999) *Guide to GIS and Image Processing*. Vol 2. Worcester, Clark Lab.
- Ehlers, M., Geoffrey Edwards & Yuan Bedard ( 1989 ) "Integration of Remote Sensing and Geographical System: A Necessary Evolution", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol55, No11, November, muka surat 1619-1627.
- Engelen, G., Geertman, S., Smits, P. & Wessels, C. (1999) Dynamic GIS and strategic physical planning support: a practical application. Dalam: Stillwell, J., Geertman, S. and Openshaw, S. (penyunting), *Geographical Information and Planning*, London, Springer, muka surat 87-111.

- Ghani, S & Lee Lik Meng (1997) *Low Cost Housing in Malaysia*. Kuala Lumpur, Utusan Publications & Distributors Sdn Bhd.
- Goh Ban Lee (1991) *Urban planning in Malaysia: History, Assumptions and Issues*. Kuala Lumpur, Tempo Publishing (M) Sdn Bhd.
- Goh Ban Lee (1974) *Land Ownership and Urban Development in Butterworth*. Penang, Universiti Sains Malaysia.
- Kivell, P. (1993) *Land and the City: Pattern and Processes of Urban Change*, London, Routledge.
- Klosterman, R.E. (1999b.) The what-if? collaborative planning support system. *Environment And Planning B: Planning and Design*, 26, muka surat 393-408.
- Kok, K., Farrow, A., Veldkamp, A., & Verburg, P.H. (2001) A method and application of multi-scale validation in spatial land use models. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, muka surat 223-238.
- Lee, J., Tian, L., Erickson, L.J. & Kulikowski, T.D. (1998) Analyzing growth-management policies with geographical information systems. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25, muka surat 865-876.
- Lee Lik Meng, Abdul Mutalip Abdullah & Alip Rahim (1990) *Town Planning in Malaysia*. Penang, Universiti Sains Malaysia.
- Lillisand, T., Kiefer, R., & Chipman, J. (2004) *Remote Sensing and Image Interpretation*, edisi kelima, John Wiley & Sons.
- Longley, P.A., Goodchild, M.F., Maguire, D.J., & Rhind, D.W., (2001) *Geographic information systems and science*. Chichester, John Wiley & Sons.
- Malczewski, J. (1999) *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. New York, John Wiley & Son, Inc.

- McGee, T. (1967) *The Southeast Asian City*. London, G. Bell and Sons, Ltd.
- Moellering, H. & Tobler, W. (1972) Geographical variances. *Geographical Analysis*, iv (1), muka surat 34-50.
- Mohd Bazid Kahar (2000) *Personal Communication*. Penang Development Corporation.
- Mohd Hassan Mohd Salleh, (2000) *Personal Communication*. Urban Development Authority, Penang State.
- Mohd Atan, M. J. (2005) Rancangan Fizikal Negara: Pelaksanaan dan Pemantauan, Senior Planners Meeting, Department of Urban and Country Planning, Malaysia, 25 – 26 July, Penang, Malaysia.
- Monserud, R.A. & Leemans, R. (1992) Comparing global vegetation maps with the kappa statistic. *Ecology Modelling*, 62, muka surat 275-293.
- Morshidi, Sirat, Abdul Fatah Che Hamat, Abdul Rashid Abdul Aziz, Alip Rahim, Halim Salleh & Usman Hj. Yaakob (1999) *Low-Cost Housing in Urban-Industrial Centres of Malaysia: Issues and Challenges*. Penang, Universiti Sains Malaysia.
- Ngu Teck Yii (2005) *Aplikasi Sistem Maklumat Geografi dalam Penilaian Tanah: Kajian Kes di Seberang Perai Utara, Pulau Pinang*, Tesis Sarjana Sains (Sains Maklumat Geografi), PPIK, Universiti Sains Malaysia.
- Ong Swee Li (2005) *Aplikasi Sistem Maklumat Geografi (GIS) dalam Pemilihan Tapak Perumahan untuk Pembangunan Perumahan Kos Rendah di Seberang Perai Utara, Pulau Pinang*, Tesis Sarjana Sains (Sains Maklumat Geografi), PPIK, Universiti Sains Malaysia.
- Peterson, P.J, Sham, Sani & M. Nordin (1999) *Indicators of Sustainable Development in Industrialising Countries*. Volume III, Key Indicators for

- Tropical Cities, Universiti Kebangsaan Malaysia: Institute for Environment and Development.
- Pontius, R.G, Cornell, J.D, & Hall, C.A.S. (2001) Modelling the spatial pattern of land use change with GEOMOD2: application and validation for Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, muka surat 191-203.
- Potter, R. & Lloyd-Evans, S. (1998) *The City in the Developing World*. United Kingdom, Longman.
- Rietkerk, M., van de Koppel, J., Kumar, L., van Langevelde, F & Prins, H. (2002) Editorial: The ecology of scale. *Ecological Modelling*, 149, muka surat 1-4.
- Robinson, G. M. (1998) *Methods & Techniques in Human Geography*. Chichester, John Wiley and Sons.
- Samat, N (1995) *Sistem Maklumat Geografi dan Penderiaan Jauh Dalam Pembentukan Model Guna Tanah Perumahan di Butterworth, Pulau Pinang*. Tesis Sarjana, Universiti Sains Malaysia.
- Samat, N. (2002). A geographic information system and cellular automata spatial model of urban growth for Penang State, Malaysia. Tesis Ph.D., School of Geography, University of Leeds, Leeds, United Kingdom.
- Samat, N. (2006) Characterizing the Scale Sensitivity of the Cellular Automata Simulated Urban Growth: A Case Study of the Seberang Perai Region, Penang State, Malaysia, *Computers, Environment and Urban Systems*, 30, muka surat 905-920.
- Sander, L. (1996) Dynamic modelling of urban systems. In: Fisher, M, Scholten, H.J. and Unwin, D. eds. *Spatial Analytical Perspectives on GIS*. London, Taylor and Francis, muka surat 229-244.
- Scholten, H.J., van de Velde., Rietveld, P. & Hilferink, M. (1999) Spatial information infrastructure for scenario planning: the development of a land use planner

- for Holland. Dalam: Stillwell, J, Geertman, S. and Openshaw, S. (penyunting). *Geographical Information and Planning*. London, Springer, muka surat 112-134.
- SPMC (1998), *Structure Plan (Reviewed)*. Seberang Perai Municipal Council, Town and Country Planning Department, Malaysia.
- Soo Swee Weng & Selvadurai, K. (1969) Reconnaissance Soil Survey of Penang and Province Wellesley. *Malayan Soil Survey Report No 1/1969*, Ministry of Agriculture & Co-Operatives, Malaysia.
- Star, J. & Estes, J. (1990) *Geographic Information Systems: An Introduction*, New Jersey, Prentice Hall.
- Stillwell, J, Geertman, S. & Openshaw, S. (1999) Developments in Geographical Information Systems and Planning. Dalam: Stillwell, J., Geertman, S. and Openshaw, S. (penyunting). *Geographical Information and Planning*, London, Springer. Muka surat 3-22.
- Sui, D.Z. & Zeng, H. (2001) Modelling the dynamics of landscape structure in Asia's emerging desakota regions: a case study in Shenzhen. *Landscape and Urban Planning*, 53, muka surat 37-52.
- Suriati Ghazali (1999) *Socio-Economic Changes in the Peri Urban Villages in Penang, Malaysia*, Tesis Ph.D, University of Leeds.
- Tomlin, C.D. (1990) *Geographic Information Systems and Cartographic Modelling*. New Jersey, Prentice Hall.
- Torrens, P. (2000) Can geosimulation save urban simulation? Throw some agent into the mixture, simmer and wait. *CASA Working Paper 32*. University of London.

- United Nations Centre for Human Settlements (1996) *An Urbanizing World: Global Report On Human Settlements*, Oxford University Press.
- Urban Land Institute (1990) *Residential Development Handbook*. Community Builders Handbook Series, edisi Kedua. Washington D.C, ULI.
- Uran, O. & Janssen, R. (2003) Why are spatial decision support systems not used? Some experiences from the Netherlands, *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol 27, muka surat 511-526.
- Veldkamp, A. & Lambin, E.F. penyunting (2001) Predicting land use change. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 85, muka surat.1-6.
- Verburg, P.H & Veldkamp, A., (2005) Introduction to the Special Issue on Spatial Modelling to Explore Land Use Dynamics, *International Journal of Geographic Information Sciences*, Vol 19, No 2, muka surat. 99-102.
- Voogd, H. (1983) *Multicriteria Evaluation for Urban and Regional Planning*. London, Pion Limited.
- Wehde, M. (1982) Grid cell size in relation to errors in maps and inventories produced by computerised map processing. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 48(8), muka surat 1289-1298.
- Wilson, A.G (2000) *Complex Spatial Systems: The Modelling Foundations of Urban Regional Analysis*. New York Harlow, Pearson Education.
- Wu, F. (1998) Simulating urban encroachment on rural land with fuzzy-logic-controlled cellular automata in geographic information system. *Journal of Environmental Management*, 53, muka surat 293-308.
- Wu, F. & Webster, C.J. (1998) Simulation of land development through the integration of cellular automata and multicriteria evaluation. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 25, muka surat 103-126.

- Yeh, A G-O & Li, X. (2001) A constrained CA model for the simulation and planning of sustainable urban forms by using GIS. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 28, muka surat 733-753.
- Yeh, A.G-O (1999) Urban planning and GIS. Dalam: Longley, P.A, Goodchild, M.F, Maguire, D.W, and Rhind, D.W. (penyunting) *Geographic Information Systems: Management issues and applications*, edisi kedua, New York, John Wiley & Sons, muka surat 877-888.
- Yeh, A Gar-On & Li, X. (1998) Sustainable land development model for rapid urban growth. *International Journal of Geographical Information Science*, 12, (2), muka surat 169-189.
- Yeh, A G-O & Li, X. (1997) An integrated remote sensing and GIS approach in the monitoring and evaluation of rapid urban growth for sustainable development in the Pearl River Delta, China. *International Planning Studies*, 2(2), muka surat 193-210.
- Yeh, A. G-O. & Li, X. (1996) Urban growth management in the Pearl River Delta: An integrated remote sensing and GIS approach. *ITC Journal*, 1, pp.77-86.



Gambar 1: Kawasan pertanian (padi) yang cuba dikawal dari ditelan pembangunan di pinggir bandar Butterworth



Gambar 2: Kawasan pembangunan baru di pinggir bandar Butterworth.



Gambar 3: Kerja-kerja pembersihan tapak pembangunan baru di pinggir Bandar Butterworth.



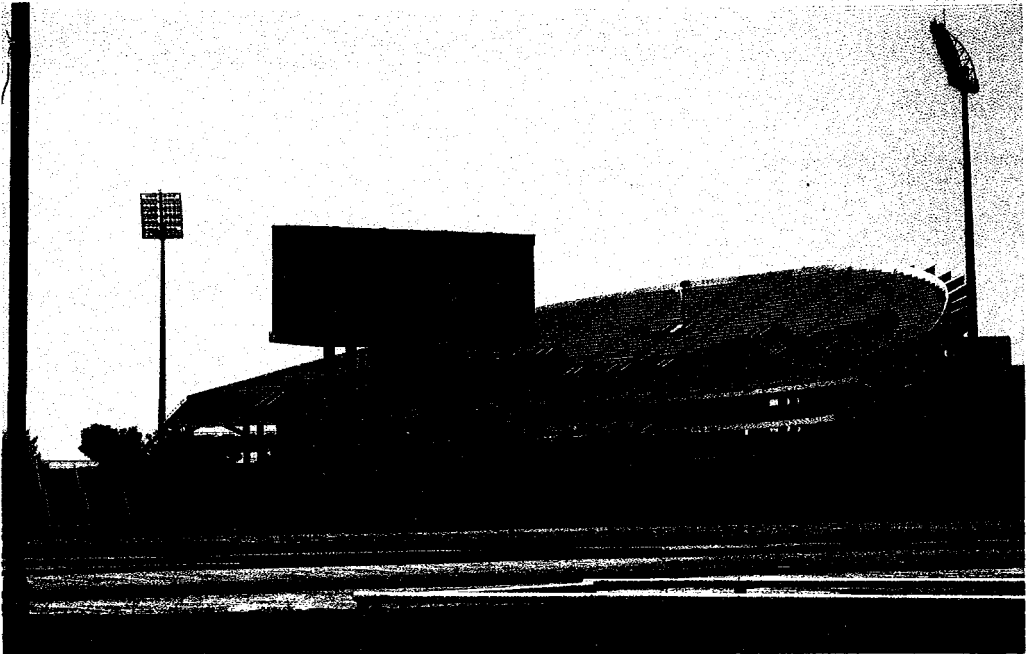
Gambar 4: Kawasan pembangunan baru di pinggir bandar Butterworth.



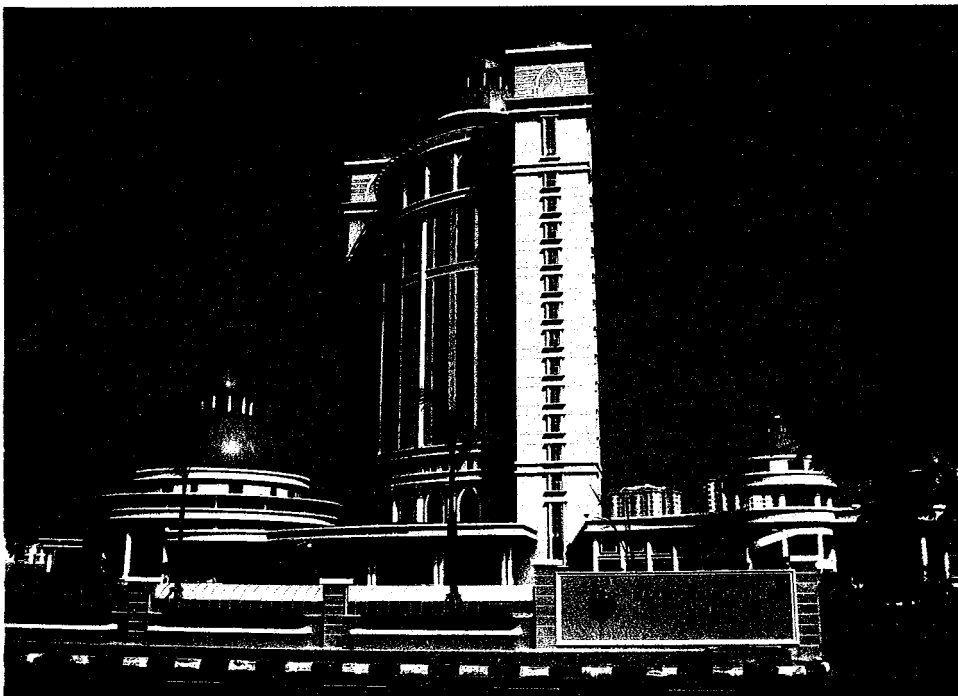
Gambar : Pembangunan perumahan begitu pesat di Batu Kawan



Gambar 5: Taman Perumahan di Batu Kawan.



Gambar : Stadium Negeri di Batu Kawan adalah antara pembangunan kemudahan awam yang dibina bagi menjana pembangunan di Seberang Perai Selatan.



Gambar : Pusat pentadbiran – Majlis Perbandaran Seberang Perai yang dibina di Bandar Perda adalah antara pembangunan yang dijalankan dalam usaha menjana pembangunan di kawasan pinggir bandar.