

Analisis Perubahan Gunatanah di Daerah Barat Daya, Pulau Pinang

Land Use Change Analysis of South West District, Pulau Pinang

Sumayyah Aimi Mohd Najib^{1*} & Zullyadini A. Rahaman²

¹Bahagian Geografi, Pusat Pengajian Ilmu Kemanusiaan,
Universiti Sains Malaysia, 11800 Minden, Pulau Pinang

²Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan,
Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak

*e-mel: sumayyahaimi@gmail.com

Abstrak

Pulau Pinang dengan keluasan tanah yang terhad telah mengalami perubahan gunatanah yang pesat dari segi pertanian, petempatan, perbandaran dan pelbagai aktiviti manusia. Gunatanah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kuantiti dan kualiti air di sesebuah lembangan sungai. Penilaian kesan perubahan gunatanah adalah asas kepada pembangunan mapan dan merupakan komponen penting dalam lembangan sungai dan pengurusan sumber air. Artikel ini ditulis untuk menganalisis perubahan gunatanah yang berlaku bagi tahun 1974, 1984, 2004 dan 2012 bagi 19 lembangan sungai di daerah Barat Daya, Pulau Pinang. Berdasarkan data gunatanah, komponen landskap diklasifikasikan kepada lima kategori iaitu kategori gunatanah tepu-bina, hutan, pertanian, perlombongan dan lain-lain. Analisis landskap matriks digunakan untuk menilai corak ruangan landskap untuk kajian ini dari segi *class* dan *landscape* iaitu bagi penentuan *Shannon Diversity Index (SHDI)*, *jumlah Patch (NumP)*, *Edge Density (ED)*, dan *Total Edge (TE)* dan gunatanah mana yang dominan dan kesan rebakan yang berlaku bagi tempoh 38 tahun ini. Hasil menunjukkan yang sememangnya perubahan berlaku dengan tiga jenis guna tanah menunjukkan perubahan yang ketara iaitu jenis guna tanah tepu-bina, hutan dan pertanian, manakala berdasarkan analisis *SHDI*, nilai *SHDI* adalah semakin meningkat dari tahun 1974 hingga 2012. Keadaan ini menggambarkan bahawa semakin tinggi nilai *SHDI* bagi sesebuah lembangan, maka tahap kerencaman gunatanah juga semakin tinggi. Hal ini kerana, pola gunatanah yang semakin meningkat digambarkan melalui jumlah patch yang banyak kerana wujudnya kepelbagaian aktiviti gunatanah di dalam sesebuah lembangan sungai tersebut. Secara keseluruhannya, daripada ujian statistik matriks didapati bahawa terdapat perubahan gunatanah yang signifikan di 19 lembangan sungai bagi tempoh 38 tahun.

Kata Kunci gunatanah, analisis landskap matriks, Pulau Pinang

Abstract

Pulau Pinang has limited sources of land, and has been undergoing a rapid land use changes through agriculture, settlement, urbanisation and many more human activities. Land use is one of the important factors that affect the quantity and quality of water in a river basin. Assessing the impact of changes in land use are fundamental to sustainable development and an essential component of river basin and water resource management. The main objective of this study was to analyze changes of land use in 1974, 1984, 2004 and 2012 for 19 catchments in the South West District of Pulau Pinang. Based on the data of land use, landscape components are classified into five categories namely built-up area, forest, agriculture, mining and other land use. Landscape metrics analysis were used to assess the spatial pattern of landscape in this study in terms of class and landscape for the determination of Shannon Diversity Index (SHDI), Number of Patch (NumP), Edge Density (ED), and Total Edge (TE) and which land uses were dominant and the impact of the spreading for a period of 38 years. The result showed the significant increased of mainly three land uses, which is forestry, build area and agriculture, while based on SHDI, the value was increasing from 1974 to 2012. This situation shows that the higher the HDI value of a basin, then the composition of the land use is also higher. This is because, the land use pattern is illustrated by the growing number of patches and the diversity of land use activities within a river basin. Overall, the statistical landscape metrics analysis was found that there were significant changes in land uses of 19 river basins for a period of 38 years.

Keywords land use, landscape metrics analysis, Pulau Pinang

PENGENALAN

Perubahan gunatanah merujuk kepada perubahan yang berlaku di suatu kawasan yang melibatkan sebarang aktiviti yang dilakukan oleh manusia seterusnya merubah landskap kawasan tersebut. Perubahan gunatanah dan perlindungan tanah mempunyai hubungan langsung dengan ciri dan proses alam, termasuk produktiviti tanah, kepelbagaian spesies, iklim, biogeokimia dan kitaran hidrologi (De Girolamo & Lo Porto, 2012). Disebabkan oleh penggunaan manusia yang pelbagai, perubahan gunatanah yang pada asalnya merupakan kawasan pertanian berubah kepada kawasan perbandaran, perindustrian, perumahan dan sebagainya (Zullyadini & Wan Ruslan, 2013). Ekosistem global sungai-tanah secara intensif diubah oleh aktiviti manusia, terutamanya ke atas perubahan gunatanah (Alt, Jenkins & Lines-Kelly, 2009).

Gunatanah merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi kuantiti dan kualiti air di sesebuah lembangan sungai (Wang, Kang, Zhang, & Li, 2008). Perubahan gunatanah bukan sahaja memberi kesan kepada proses hidrologi seperti penyejatpeluhan, penyusupan, air larian permukaan dan aliran air bawah tanah; tetapi juga oleh hakisan tanah dan pengangkutan sedimen kepada badan-badan air (Sumayyah Aimi, Zullyadini, & Wan Ruslan, 2014; Lin, Hong, Wu, Wu & Verburg, 2007). Penilaian kesan perubahan gunatanah ke atas kuantiti dan kualiti air adalah asas kepada pembangunan mapan gunatanah alternatif (Lenhart, Fohrer, & Frede, 2003; Lin et al., 2007) dan merupakan komponen penting dalam lembangan sungai dan pengurusan sumber air. Pada zaman dahulu, tiada sebarang sekatan atau larangan terhadap penggunaan tanah dan dengan ini menyebabkan para pemilik tanah bebas untuk menjalankan sebarang aktiviti pembangunan ke atas tanah mereka (Mohd Koharuddin, 2005). Selepas negara mencapai kemerdekaan pada tahun 1957, Malaysia mula melangkah ke arah pembangunan yang pesat sama ada dari segi ekonomi sosial dan perbandaran. Kesan daripada tindakan ini menyebabkan berlakunya beberapa masalah seperti pembangunan yang tidak teratur kerana tiada panduan seterusnya menjejaskan kualiti persekitaran fizikal (Ismail, 2000). Perubahan gunatanah yang ketara boleh mengubah penghantaran sedimen dan luahan bagi sesebuah lembangan sungai, juga mempengaruhi proses geomorfologi dalam sungai juga mendorong proses yang tidak wajar bagi pengurusan sungai (Kondolf, Piegay, Landon, 2002).

ANALISIS MATRIKS RUANGAN

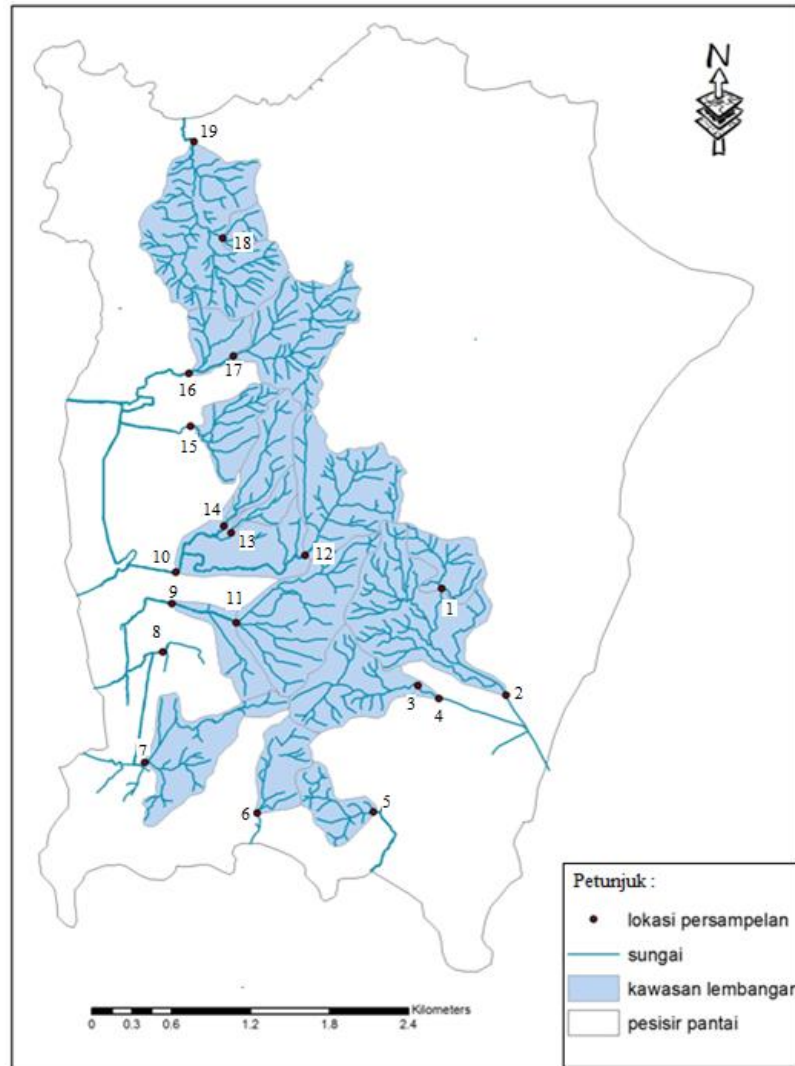
Analisis matriks ruangan (*spatial metrics*) merupakan alat bagi mengukur struktur dan corak dalam peta tematik. Matriks ruangan biasanya digunakan dalam landskap ekologi, dan juga dikenali sebagai landskap metrik (Gustafson, 1998; Mcgarigal & Marks, 1994). Kini, penggunaan analisis ini semakin meningkat oleh para pengkaji yang menggunakan teknik metrik ruangan dalam persekitaran bandar kerana ini membantu membawa keluar komponen ruangan dalam struktur bandar (dalaman dan antara bandar) dan dalam bentuk perubahan dinamik dan proses pertumbuhan (Herold, Clarke, & Scepan, 2002). Antara topik yang sering dibincangkan adalah interaksi antara corak landskap dan proses landskap (Turner, Rabalais, Justic, & Dortch, 2003; Uemaa, Antrop, Roosaare, Marja, & Mander, 2009; Wu, 2008). Ciri kuantitatif corak ruangan adalah satu langkah penting dalam menentukan interaksi ini (Luck & Wu, 2002). Berdasarkan data gunatanah, komponen landskap diklasifikasikan kepada lima kategori iaitu kategori gunatanah tepu-bina, hutan, pertanian, perlombongan dan lain-lain. Analisis landskap metrik telah digunakan untuk menilai corak ruangan landskap untuk kajian ini dari segi *class* dan *landscape* iaitu bagi penentuan *Shannon Diversity Index* (SHDI), *jumlah Patch* (NumP), *Edge Density* (ED), dan *Total Edge* (TE). Analisis landskap matriks adalah penunjuk kepelbagaian landskap, petunjuk pemecahan landskap dan juga digunakan untuk mengkaji sifat-sifat peringkat landskap, iaitu untuk menerangkan corak ruangan semua jenis landskap secara keseluruhan (Nasir, et al., 2013).

KAWASAN DAN METOD KAJIAN

Kawasan Kajian

Kajian ini hanya tertumpu di bahagian daerah Barat Daya Pulau Pinang dan pecahan gunatanah juga adalah berdasarkan 19 buah lembangan sungai yang telah dipilih. Lokasi persampelan serta kedudukan

sungai ditunjukkan dalam Rajah 1 dan Jadual 1. Antara sungai yang dipilih adalah Sungai Relau Hulu dan Sungai Relau Hilir, Sungai Ara Hulu dan Hilir, Sungai Bayan Lepas, Sungai Teluk Kumbar, Sungai Pulau Betong, Sungai Nipah, Sungai Burung, Sungai Kuala Jalan Baru, Sungai Buaya, Sungai Titi Teras, Sungai Pak Long, Sungai Ayer Puteh, Sungai Rusa, Sungai Pinang, Sungai Titi Kerawang, Sungai Teluk Bahang Hulu dan Sungai Teluk Bahang Hilir. Lembangan sungai yang dipilih mewakili 90 peratus sungai-sungai di kawasan Barat Daya, Pulau Pinang.



Rajah 1 Lokasi persampelan bagi 19 kawasan tadahan

Sumber: Sumayyah dan Zullyadini (2015)

Jadual 1 Lokasi serta ciri morfologi lembangan sungai

Sungai/ lokasi persampelan	Panjang sungai (km)	Keluasan lembangan sungai (km²)	Kepadatan saliran (km/km²)	Order sungai	Latitud	Longitud
1. Sungai Relau (RU)	10.05	2.53	3.97	3	N 5° 20.94''	E° 100 16.32''
2. Sungai Relau (RH)	46.24	11.55	4	5	N 5° 19.27''	E° 100 16.88''
3. Sungai Ara (AU)	15.25	4.93	3.09	3	N 5° 19.48''	E° 100 15.86''
4. Sungai Ara (AM)	17	5.1	3.33	3	N 5° 19.34''	E° 100 16.33''
5. Sungai Bayan Lepas (BL)	9	2.35	3.83	3	N 5° 17.8''	E° 100 15.6''
6. Sungai Teluk Kumbar (TK)	7.92	2.72	2.91	3	N 5° 17.5''	E° 100 13.8''
7. Sungai Pulau Betong(PB)	15.39	5.36	2.87	4	N 5° 18.42''	E° 100 12.17''
8. Sungai Nipah (SN)	3.07	0.92	3.34	2	N 5° 19.9''	E° 100 12.38''
9. Sungai Burung (BR)	30.54	10	3.05	4	N 5° 20.68''	E° 100 12.49''
10. Sungai Kuala Jalan Baru(KJB)	63.21	16.14	3.92	5	N 5° 21.12''	E° 100 12.55''
11. Sungai Buaya (BY)	22.78	7.65	2.98	3	N 5° 20.23''	E° 100 13.24''
12. Sungai Titi Teras (TT)	26.78	7.12	3.76	4	N 5° 21.21''	E° 100 13.77''
13. Sungai Pak Long (PL)	4.55	1.1	4.14	3	N 5° 21.63''	E° 100 13.32''
14. Sungai Air Puteh (AP)	10.98	3.05	3.6	3	N 5° 21.75''	E° 100 13.22''
15. Sungai Rusa (RS)	12.29	2.98	4.12	3	N 5° 23.18''	E° 100 12.75''
16. Sungai Pinang (SP)	43.37	8.84	4.91	4	N 5° 23.94''	E° 100 12.7''
17. Sungai Titi Kerawang (TTK)	28.79	6.71	4.29	4	N 5° 24.2''	E° 100 13.35''
18. Sungai Teluk Bahang hulu (TBU)	4.37	0.98	4.46	2	N 5° 25.43''	E° 100 13.21''
19. Sungai Teluk Bahang hilir (TBD)	50.19	11.96	4.20	4	N 5° 27.25''	E° 100 12.81''

Analisis Data Perubahan Gunatanah

Beberapa kaedah digunakan untuk melihat perubahan gunatanah kawasan kajian. Antaranya adalah menggunakan kaedah analisis corak perubahan yang membandingkan perubahan antara tahun, peratusan perubahan secara relatif dari tahun 1974 hingga 2012 seterusnya melihat perubahan yang berlaku dalam tempoh 38 tahun tersebut. Selain itu, peta gunatanah yang digunakan diperoleh dari Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia. Tujuan analisis perubahan gunatanah ini dilakukan adalah untuk melihat perubahan dan corak gunatanah dari tahun 1974 hingga 2012 seterusnya melihat perubahan yang berlaku bagi setiap lembangan kajian. Penggunaan perisian GIS memudahkan proses analisis perubahan berdasarkan jenis gunatanah tertentu. Peta gunatanah dalam bentuk format JPEG didaftarkan terlebih dahulu dalam format unjuran Rectified Skew Orthomorphic (RSO) dan kemudiannya didigitkan. Dalam kajian ini, lima kategori jenis gunatanah digunakan iaitu bagi gunatanah tepu-bina, hutan, pertanian, perlombongan dan lain-lain.

Analisis Landskap Matriks

Untuk mendapatkan perubahan yang berlaku menggunakan analisis statistik matriks, ujian menggunakan *patch analyst* digunakan. Penggunaan teknik analisis matriks ruangan adalah bagi meneliti peratusan perubahan sesuatu jenis gunatanah dan bentuk perubahan ruangan. Kajian perubahan ruangan ini boleh diaplikasi menggunakan GIS agar hasil kajian lebih efisien. Ini kerana dengan pengaplikasian GIS, perubahan matriks ruangan bukan sahaja boleh dihasilkan dalam kategori kelas-kelas gunatanah tetapi juga kepelbagaian bentuk ruangan sama ada bersifat homogen atau heterogen. Terdapat pelbagai jenis statistik yang boleh digunakan dalam GIS namun, antara statistik ruangan yang dipilih dalam kajian ini menggunakan Arc View GIS ialah *Patch Density & Size Metrics*, *Edge Metrics* dan *Shannon Diversity Index* (SHDI). Pada asasnya analisis statistik ruangan adalah merujuk kepada perubahan poligon yang dikenalpasti sebagai satu jenis gunatanah. Penggunaan GIS dianggap bertepatan dan dapat membantu dalam menganalisis perubahan ruangan kerana aplikasi dalam GIS boleh menyimpan maklumat atau data non-spatial seperti keluasan kawasan, kesempadanan antara sesuatu jenis gunatanah dan maklumat letakan poligon atau koordinat lokasi (Tuan Pah Rokiah & Hamidi, 2011). Terdapat banyak output daripada ujian analisis *patch* ini dan pelbagai indeks dengan maksud nilai yang tertentu. Namun dalam kajian ini, empat indeks yang digunakan dan Jadual 2 adalah huraian mengenai matriks landskap yang digunakan dalam kajian ini. Dengan menggunakan data vektor, analisis landskap matriks *patch analyst* yang digunakan dalam kajian ini adalah dari kategori *class* dan *landscape*. Dalam kategori *class* analisis lebih terperinci kepada beberapa kelas gunatanah sementara dalam kategori *landscape*, adalah untuk mendapatkan nilai semua elemen dalam sesebuah struktur landskap tersebut.

Jadual 2 FRAGSTAT matriks

Indeks	Formula	Huraian
<i>NumP</i> (<i>Number of Patch</i>)	$\sum_{i=1}^n P_i$	<i>P_i</i> merujuk kepada jumlah <i>patch</i> bagi satu kelas gunatanah <i>i</i>
<i>ED</i> (<i>Edge Density</i>) & <i>TE</i> (<i>Total Edge</i>)	$\frac{TE}{TLA}$	<i>TE</i> merujuk kepada jumlah perimeter bagi satu kelas gunatanah yang sama, <i>TLA</i> merujuk kepada jumlah keseluruhan keluasan bagi satu kelas gunatanah yang sama <i>Edge density</i> jua merupakan satu pengukuran terhadap kepelbagaian bentuk <i>patch</i> yang terlibat. Ini bermakna semakin tinggi nilai <i>ED</i> , maka semakin tinggi darjah kepelbagaian dan <i>complexity</i> ruangan berkenaan. Nilai <i>TE</i> yang tinggi menggambarkan tahap kerencaman gunatanah juga adalah tinggi dan tidak sekata
<i>SHDI</i> (<i>Shanon Diversity Index</i>)	$\sum_{i=1}^m (P_i * \ln P_i)$ m = jumlah patch yang terlibat P _i = luas kawasan mengikut kelas	Nilai <i>SHDI</i> meningkat jika jumlah <i>patch</i> bertambah dan taburan luas bersempadan antara kelas meningkat menerusi masa. Nilai statistik ini amat berguna dalam kajian ruangan terutamanya bagi landskap lembangan yang bertujuan untuk menilai proses perubahan akibat pembangunan.

Sumber: McGarigal dan Marks (1994)

DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Analisis perubahan gunatanah yang dilakukan melibatkan perubahan dari tahun 1974 hingga 2012 bagi 19 lembangan sungai yang dikaji dan klasifikasi gunatanah dalam kajian ini adalah berdasarkan Kementerian Pertanian Semenanjung Malaysia. Lima kategori gunatanah yang digunakan iaitu bagi gunatanah hutan, gunatanah pertanian, gunatanah tepu-bina, gunatanah perlombongan dan lain-lain. Pengkelasan yang lebih terperinci dipaparkan menerusi Jadual 3.

Jadual 3 Pengkelasan gunatanah bagi kawasan kajian berdasarkan Jabatan Pertanian Semenanjung Malaysia

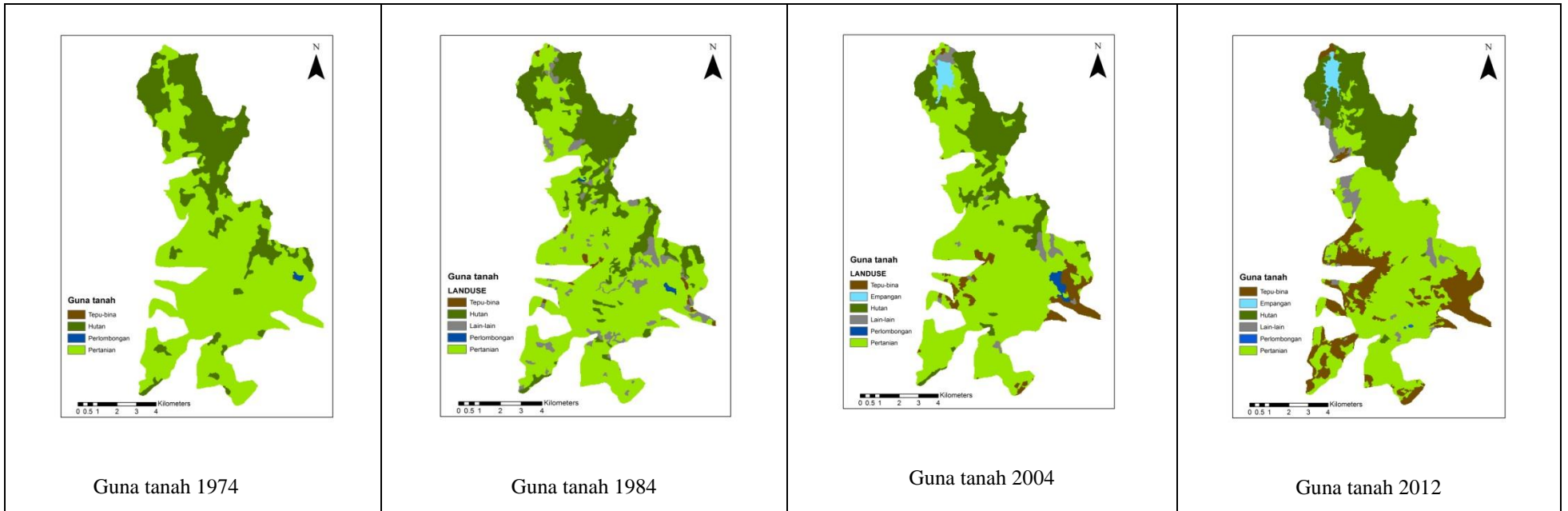
Gunatanah	Pengkelasan
Hutan	Hutan
Tepu-bina	Bandar & Perumahan
Pertanian	Getah, kebun, kelapa, kelapa sawit,
Perlombongan	Lombong, kuari
Lain-lain	Empangan, rumput, belukar, semak, padang ragut

Gunatanah di Antara Tahun 1974-2012

Rajah 3 menunjukkan perubahan gunatanah yang berlaku sepanjang 38 tahun di kawasan kajian iaitu bermula pada tahun 1974 hingga 2012. Manakala, Jadual 4 memaparkan nilai terperinci statistik deskriptif perubahan gunatanah yang berlaku dari tahun 1974 hingga 2012. Berdasarkan peta gunatanah tahun 1974, jenis gunatanah pertanian mendominasi jenis gunatanah pada waktu ini. Gunatanah pada tahun ini adalah 110 kawasan poligon adalah kawasan pertanian, 59 poligon bagi kawasan hutan, dan 1 poligon bagi kawasan lombong dan bandar/pertempatan. Keluasan gunatanah pertanian adalah 55.6 km² dengan peratus keluasan sebanyak 71.37%. Kawasan hutan pada tahun ini adalah berkeluasan 22.14 km² dengan peratus keluasannya 2.84%. Sementara gunatanah tepu-bina keluasan pada tahun ini begitu kecil dengan hanya berkeluasan 0.021km² dengan peratus keluasan kurang dari 1%. Corak gunatanah mula berubah pada tahun 1984. Gunatanah masih didominasi oleh kawasan pertanian. Sebanyak 243 poligon adalah bagi kawasan gunatanah pertanian dengan keluasan 53.07 km² dan peratus keluasannya adalah 68.06%. Keluasan hutan mula berkurang sebanyak 3.44 km² kepada 18.71 km² dengan peratus keluasan adalah 24%. Kawasan tepu-bina iaitu bandar dan pertempatan mula berkembang dan keluasan bertambah pada tahun 1984. Sebanyak 18 kawasan poligon adalah bagi kategori tepu-bina dengan keluasan 0.64 km² dan peratus keluasannya adalah 0.83%. Lain-lain gunatanah adalah 5.39 km² iaitu 6.91% peratus keluasan dan gunatanah perlombongan dengan keluasan 0.16 km² dan 0.21%.

Pada tahun 2004, gunatanah masih didominasi oleh kawasan pertanian. Sebanyak 200 poligon kawasan gunatanah adalah bagi kawasan pertanian dengan keluasan 56.8 km² dan peratus keluasannya adalah 72.86%. Keluasan hutan mula berkurang sebanyak 8.83 km² kepada 13.88 km² dengan peratus keluasan adalah 17.8%. Kawasan tepu-bina iaitu bandar dan pertempatan mula berkembang dan keluasan bertambah sebanyak 29 poligon dan keluasan tepu-bina pada tahun ini adalah 4.62 km² dan peratus keluasannya adalah 5.93%. Dua belas kawasan adalah bagi lain-lain gunatanah dengan keluasan 2.01 km² dan peratus keluasan 2.58%. Sementara gunatanah perlombongan berkeluasan 0.65 km² dan peratus keluasan adalah 0.83%. Selari dengan kemajuan negeri Pulau Pinang, corak gunatanah juga mula berubah pada tahun 2012. Sebanyak 186 poligon kawasan gunatanah ini adalah dari kategori gunatanah pertanian. Kawasan gunatanah bagi kawasan pertanian berkeluasan 49.22 km² dan peratus keluasannya adalah 63.12%. Sebanyak 13 poligon kawasan adalah hutan dan mula berkurang sebanyak 3 km² kepada 10.08 km² dengan peratus keluasan adalah 12.93%. Kawasan tepu-bina iaitu bandar dan pertempatan mula berkembang dan keluasan bertambah dari tahun 2004 ke 2012.

Sebanyak 86 kawasan poligon adalah bagi gunatanah tepu-bina. Peningkatan keluasan gunatanah ini adalah sebanyak 10.09 km² kepada 14.71 km² dan peratus keluasannya adalah 18.87%. Sementara 19 poligon pula adalah bagi gunatanah lain adalah berkeluasan 3.92 km² iaitu 5.02% peratus keluasan. Gunatanah perlombongan pula hanya dengan keluasan <1km² iaitu 0.05 km² dan 0.06%. Secara keseluruhan, berdasarkan pecahan gunatanah keluasan gunatanah hutan mengalami pengurangan sebaliknya gunatanah tepu-bina meningkat dari tahun ke tahun selari dengan perkembangan semasa.



Rajah 3 Perubahan guna tanah bagi tempoh 38 tahun

Jadual 4 Peratus perubahan gunatanah bagi keseluruhan lembangan sungai dari tahun 1974-2012

Tahun	1974		1984		2004		2012		% Δ relatif 1974- 1984	% Δ relatif 1974- 2004	% Δ relatif 1974- 2012
	Keluasan (km ²)	%	Keluasan (km ²)	%	Keluasan (km ²)	%	Keluasan (km ²)	%			
Tepu-bina	0.02	0.03	0.64	0.83	4.62	5.93	14.71	18.87	3100	23000	73450
Hutan	22.15	28.4	18.71	24.00	13.88	17.80	10.08	12.93	-15.53	-37.34	-54.49
Pertanian	55.65	71.38	53.07	68.06	56.80	72.86	49.22	63.12	-4.64	2.07	-11.57
Perlombongan	0.15	0.19	0.16	0.21	0.65	0.83	0.05	0.06	6.67	333.33	-66.67
Lain-lain	0.00	0.00	5.39	6.91	2.01	2.58	3.92	5.02	100	100	100
Jumlah	77.97	100.00	77.97	100.00	77.97	100.00	77.97	100.00			

Analisis Matriks

Number of Patches (NumP) dan Mean Patch Size (Mps)

NumP adalah jumlah *patch* yang terdapat bagi kelas gunatanah. Jumlah *patch* menunjukkan gunatanah mana yang paling dominan bagi tahun tersebut. Analisis *mean patch size* yang merangkumi analisis *Patch Density* dan *Size Metrics* adalah untuk meneliti perubahan gunatanah yang paling dominan. Perubahan gunatanah ini bergantung kepada jumlah *patch* di mana semakin tinggi nilainya, maka semakin tinggi perubahan yang berlaku dalam sesebuah kategori gunatanah. Berdasarkan analisis bagi keseluruhan kawasan Barat Daya (Jadual 5), jumlah *patch* didapati mengalami peningkatan serta penurunan yang tidak konsisten. Pada tahun 1974, jumlah keseluruhan *patch* bagi kesemua kelas gunatanah di kawasan kajian adalah sebanyak 176 *patch* dan meningkat kepada 432 *patch* pada tahun 1984. Namun begitu, jumlah *patch* pada tahun 2004 menurun kepada 300 *patch* dan meningkat pada tahun 2012 iaitu sebanyak 314 jumlah *patch*. Pada tahun 1974, jumlah *patch* bagi gunatanah pertanian adalah 114 *patch* dan nilai MPS adalah 48.8 dan meningkat kepada 251 pada tahun 1984 dan nilai MPS adalah 21.17. Jumlah *patch* gunatanah pertanian menurun kepada 199 pada tahun 2004 dan nilai MPS nya adalah 26.99. Jumlah *patch* pada tahun 2012 adalah 191 *patch* dan nilai MPS adalah 22.46 dan merupakan gunatanah yang paling dominan bagi kesemua kategori kelas gunatanah.

Seterusnya, jumlah *patch* bagi kawasan hutan pada tahun 1974 adalah sebanyak 60 *patch* dan nilai MPS adalah 36.91, jumlah *patch* pada tahun 1984 adalah 63 *patch*, dan nilai MPS adalah 30.02 kemudian menurun kepada 53 *patch* pada tahun 2004 seterusnya semakin berkurangan dengan hanya 9 jumlah *patch* pada tahun 2012 dengan nilai MPS nya adalah 177.72. Jumlah *patch* kawasan hutan yang meningkat pada tahun 1973 ke 1983 berkemungkinan disebabkan oleh pengkelasan kawasan semak yang semakin bertambah dalam masa 10 tahun. Sementara itu bagi kategori gunatanah tepu-bina pula, pada tahun 1974, jumlah *patch* bagi kategori gunatanah ini hanya 1, nilai MPS adalah 2.15 dan meningkat pada tahun 1984 iaitu sebanyak 18 jumlah *patch* dan nilai MPS adalah 3.58. Selari dengan pertambahan penduduk dan peningkatan permintaan kawasan, gunatanah ini semakin meningkat tahun demi tahun. Pada tahun 2004, jumlah *patch* bagi gunatanah tepu-bina adalah 31 *patch* dan nilai MPS adalah 14.91 dan pada tahun 2012 jumlah *patch* bagi gunatanah tepu-bina adalah 87 *patch* dan nilai MPS adalah 16.76. Bagi gunatanah lain-lain, terdapat 98 jumlah *patch* bagi kategori gunatanah ini pada tahun 1984, dan menurun kepada 16 *patch* pada tahun 2004 seterusnya hanya 24 jumlah *patch* pada tahun 2012. Bagi kategori gunatanah perlombongan pula, jumlah *patch* pada tahun 1974 bagi kategori ini adalah 1 *patch*, 1984 hanya 2 *patch*, tahun 2004 adalah 1 *patch* dan 2012 terdapat 3 *patch* gunatanah perlombongan. Peningkatan dan penurunan jumlah *patch* di kawasan Barat Daya menggambarkan corak taburan gunatanah. Berdasarkan kelas gunatanah pula, jumlah *patch* terbanyak adalah bagi kategori gunatanah pertanian. Hal ini menunjukkan gunatanah pertanian mendominasi jenis gunatanah di kawasan Barat Daya Pulau Pinang. Jumlah *patch* juga menunjukkan peningkatan bagi kategori tepu-bina bagi tempoh 38 tahun perubahan gunatanah ini.

Edge Metrics

Edge Density dan *Total Edge* (TE) adalah analisis *Edge metrics* bagi melihat kepelbagaian sempadan antara kategori gunatanah. Sebagai contoh, jika nilai *Edge Density* adalah tinggi, maka wujudnya darjah kepelbagaian gunatanah serta taburannya yang tidak sekata. Hal ini bermaksud, semakin tinggi nilai *ED*, maka lebih tinggi darjah kepelbagaian gunatanah di sesebuah lembangan dan jika *ED* berkurang, maka ia menggambarkan tahap gunatanah yang kurang di kawasan tersebut. Begitu juga dengan nilai *TE* yang mana, jika nilai *TE* tinggi, maka tahap kerencaman gunatanah juga adalah tinggi dan tidak sekata.

Berdasarkan Jadual 6, pada tahun 1974, nilai *ED* tertinggi adalah bagi kategori gunatanah pertanian dari tahun 1974-2012 dimana nilai *ED* tahun 1974 adalah 70.66, dan menurun kepada 64.51 pada tahun 1984, kemudian pada tahun 2004 nilai *ED* adalah 57.87 dan meningkat pada tahun 2012 kepada 85.16. Namun begitu, nilai *ED* menunjukkan pengurangan selari dengan perubahan gunatanah yang berlaku. Manakala bagi

nilai *TE* juga menggambarkan keadaan yang sama di mana pada tahun 1974, nilai *TE* bagi gunatanah pertanian meningkat dari tahun 1974 ke tahun 1984 dan menurun pada tahun 2004 dan 2012. Keadaan ini mungkin dan berlaku disebabkan oleh tahap kerencaman gunatanah yang tidak sekata telah berlaku terhadap beberapa gunatanah di kawasan kajian sepanjang tempoh 38 tahun. Bagi kawasan hutan pula, nilai *TE* menunjukkan penurunan yang ketara di mana pada tahun 1974, nilai *TE* adalah 174898.31 menurun kepada 162554.14 pada tahun 1984 seterusnya menurun lagi kepada 132176.15 pada tahun 2004 seterusnya 71990.92 bagi tahun 2012. Kemosrotan nilai ini disebabkan oleh keluasan sempadan yang semakin mengecil disebabkan oleh hambatan perubahan gunatanah lain.

Jadual 5 Statistik analisis matriks “*Patch Analyst*” – *NumP* & *MPS*

	<i>Number Patch (NumP)</i>				<i>Mean Patch Size (MPS)</i>			
	1974	1984	2004	2012	1974	1984	2004	2012
Gunatanah	1974	1984	2004	2012	1974	1984	2004	2012
Tepu-bina	1.00	18.00	31.00	87.00	2.15	3.58	14.91	16.76
Hutan	60.00	63.00	53.00	9.00	36.91	30.02	30.08	177.72
Pertanian	114.00	251.00	199.00	191.00	48.82	21.17	26.99	22.46
Perlombongan	1.00	2.00	1.00	3.00	15.17	10.82	64.74	1.64
Lain-lain	x	98.00	16.00	24.00	x	5.29	11.71	13.57

Jadual 6 Statistik analisis matriks “*Patch Analyst*”- *TE* & *ED*

	<i>Total Edge (TE)</i>				<i>Edge Density (ED)</i>			
	1974	1984	2004	2012	1974	1984	2004	2012
Gunatanah	1974	1984	2004	2012	1974	1984	2004	2012
Tepu-bina	1026.73	14197.51	53102.00	183682.79	0.13	1.82	6.81	23.56
Hutan	174898.31	162554.14	132176.15	71990.92	22.43	20.82	16.95	9.23
Pertanian	451224.53	665012.31	550958.73	502970.00	57.87	85.16	70.66	64.51
Perlombongan	1803.89	3547.08	6034.97	1541.37	0.23	0.45	0.77	0.20
Lain-lain	x	100978.49	24722.20	40656.70	x	12.93	3.17	5.21

Shannon Index (SHDI)

Berdasarkan analisis statistik ruangan, nilai *SHDI* adalah semakin meningkat dari tahun 1974 hingga 2012. Trend perubahan dipaparkan menerusi Jadual 7. Keadaan ini menggambarkan bahawa semakin tinggi nilai *SHDI* bagi sesebuah lembangan, maka tahap kerencaman gunatanah juga semakin tinggi. Hal ini kerana, pola gunatanah yang semakin meningkat digambarkan melalui jumlah *patch* yang banyak kerana wujudnya kepelbagaian aktiviti gunatanah di dalam sesebuah lembangan sungai tersebut. Bagi lembangan sungai kawasan kajian, nilai *SHDI* pada tahun 1974 adalah 0.61, 1984 meningkat 0.23 kepada 0.84, seterusnya meningkat sebanyak 0.10 kepada 0.94 nilai *SHDI* dan pada tahun 2012 nilai *SHDI* adalah 1.17 dengan peningkatan sebanyak 0.23. Secara keseluruhannya, daripada ujian statistik matriks didapati bahawa terdapat perubahan gunatanah yang signifikan di 19 lembangan sungai bagi tempoh 38 tahun.

Jadual 7 Nilai *SHDI* bagi tahun 1974-2012

Tahun	Nilai <i>SHDI</i>
1974	0.61
1984	0.84
2004	0.94
2012	1.17

KESIMPULAN

Secara keseluruhan daripada dapatan kajian, perubahan gunatanah dari tahun 1974 hingga 2012 menunjukkan rebakan yang sederhana dan tidaklah terlalu drastik dan cepat seperti yang berlaku di kawasan Timur Laut. Namun begitu, dijangkakan dalam beberapa tahun lagi kawasan Barat Daya Pulau Pinang akan mengalami tekanan pembangunan kesan daripada pertambahan penduduk dan permintaan yang tinggi terhadap penggunaan tanah bagi kawasan perumahan dan sebagainya.

PENGHARGAAN

Terima kasih kepada Universiti Sains Malaysia atas tajaan Geran Penyelidikan Ijazah Tinggi (RU-PRGS) kod penyelidikan 1001/PHUMANITI/846039.

RUJUKAN

- Alt, S., A. Jenkins, & R. Lines-Kelly. (2009). *Saving soil: A landholder's guide to preventing and repairing soil erosion*. Grafton: Northern Rivers Catchment Management Authority.
- De Girolamo, A. M., & Lo Porto, A. (2012). Land use scenario development as a tool for watershed management within the Rio Mannu Basin. *Land Use Policy*, 29(3), 691–701.
- Gustafson, E.J. (1998). *Quantifying landscape spatial pattern: what is the state of the art?* *Ecosystems* 1, 143–156.
- Herold, M., Clarke, K.C., & Scepan, J. (2002). Remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban landuse. *Environment and Planning*, 34(8), 1443–1458.
- Ismail, I. (2002). *Pengenalan kepada prosedur dan amalan perancangan bandar dan desa*. Kuala Lumpur. Jabatan Pertanian Malaysia (2012). Pengkelasan guntanah berdasarkan Peta Gunatanah. (yang tidak diterbitkan).
- Kondolf, G.M, Piegay, H., Landon, N. (2002). *Channel response to increased and decreased bedload supply from land use change: contrasts between two catchments*, *Geomorphology*, 45, 35-51.
- Lin, Y.P., Hong, N.M., Wu, P.J., Wu C.F., & Verburg, P.H. (2007). Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in Northern Taiwan. *Landsc. Urban Plan.* 80,111–126.
- Lenhart, T., Fohrer, N. & Frede, H.G. (2003). Effects of land use changes on the nutrient balance in mesoscale catchments. *Phys. Chem. Earth* 28: 1301–1309.
- Luck, M., & Wu, J. (2002). *A gradient analysis of urban landscape pattern: A case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA*. *Landscape Ecology*, 17(4), 327–339.
- Mcgarigal, K & Marks, B.J. (1994). *Fragstats: Spatial pattern analysis programme for quantifying landscape structure*. <http://www.umass.edu/>.
- Mohd Koharuddin, M.B. (2005). Pembangunan luar bandar di Malaysia: gerakan Desa Wawasan (GDW) sebagai mekanisme pembangunan masyarakat luar bandar. *Jurnal Teknologi*, 42(E), 31-48.
- Nasir, N., Mohmadisa, H. Mohamad Suhaily Yusri, C. N., Yazid, S., Kamarul, I. & Zahid, M.S. (2013). Perubahan Pembangunan guna tanah zon pinggir pantai di Negeri Perak: Dapatan dari sistem maklumat geografi dan matriks landskap. *Geografi*, 1(2), 71-79.
- Sumayyah Aimi, M.N., Zullyadini, A. R. & Wan Ruslan, I.. (2014). Perubahan kepekatan sedimen dan histerisis semasa kejadian ribut di lembangan sungai Ara dan Relau, Pulau Pinang. *Geografi*, 2(1), 42-52.

- Sumayyah Aimi ,M.N. & Zullyadini, A. R.(2015). An estimation of sediment yield using USLE and rating curve in barat daya, Pulau Pinang. Dlm: *Proceedings of International Conference on Development and Socio Spatial Inequalities 2015- Bridging Socio-Spatial Inequalities through Inclusive Development* (Eds: Narimah Samat, Saidatulakmal Mohd, Khoo Suet Leng, Asyirah Abdul Rahim and Suriati Ghazali). Proceedings ICDSSI held at Bayview Beach Resort, 19-20 August, 2015. 143-150. eISBN: 978-967-11473-4-4.
- Tuan Pah Rokiah, S.H. & Hamidi,I. (2011). Land use changes analysis for Kelantan basin using spatial matrix technique “ Patch Analyst” in relation to flood disaster. *Journal of Techno-Social*,3 (1),1-13. .
- Turner, R.E., Rabalais, N.N., Justic, D., & Dortch, Q. (2003). Global patterns of dissolved N, P and Si in large rivers. *Biogeochemistry*, 64(3), 297–317.
- Uemaa, E., Antrop, M., Roosaare, J., Marja, R., & Mander, Ü. (2009). Land- scape metrics and indices: An overview of their use in landscape research. *Living Reviews in Landscape Research*, 3(1).
- Wang, S., Kang, S., Zhang, L., & Li, F. (2008). Modelling hydrological response to different land- use and climate change scenarios in the Zamu River basin of Northwest China. *Hydrol. Process.* 22, 2502–2510
- Wu, J. (2008). Making the case for landscape ecology: An effective approach for urban sustainability. *Landscape Journal*, 27(1), 41–50.
- Zullyadini,A.R. & Wan Ruslan,I. (2013). Sediment balance of the lowland tropical reservoir of Timah Tasoh, Perlis, Malaysia. *Geografi*,1(1), 102-119