

Pengukuran Parameter *Space Syntax* Dalam Axwoman: Kajian Integrasi Ruangan Jalan Raya Di Wilayah Persekutuan Putrajaya

Measurement of Space Syntax Parameters in Axwoman: A Spatial Integration Road Study in Federal Territory of Putrajaya

Izatul Yussof^{*}, Noor Ismawati Mohd Jaafar² & Rosmadi Fauzi¹

¹Jabatan Geografi, Fakulti Sastera dan Sains Sosial, Universiti Malaya, 50603 Kuala Lumpur

²Institut Pengajian Siswazah, Universiti Malaya, 50603 Kuala Lumpur

*e-mel: izatulyussof@gmail.com

Received: 3 May 2017 Revised: 10 October 2017; Accepted: 12 January 2018; Published: 30 April 2018

Abstrak

Tujuan penulisan artikel ini ialah untuk menunjukkan ilustrasi kaedah pengukuran parameter yang digunakan dalam perisian Axwoman bagi analisis *Space Syntax*. Pengiraan langkah demi langkah ditunjukkan dengan menggunakan ruang bandar sebenar di Putrajaya. Perisian Axwoman iaitu sambungan kepada ArcMap dalam ArcGIS versi 10 telah digunakan bagi aplikasi *Space Syntax* ini. Kemampuan *Space Syntax* ini untuk menganalisis ruang menjadikan *Space Syntax* sebagai alat yang unik untuk permodelan persekitaran bandar atau ruang geografi. Pengukuran yang telah dilakukan menunjukkan bahawa integrasi global yang paling tinggi di Putrajaya ialah di Jalan Lebu Sentosa (FID 15) dan integrasi lokal yang paling tinggi ialah bagi FID 631 yang mewakili beberapa jalan iaitu Jalan Permodenan, Jalan P4 X dan Jalan Tun Hussein. Hasil kajian ini telah menunjukkan bahawa parameter *Space Syntax* dan kaedah pengukurannya untuk memahami susun atur ruang jalan raya. Malah, hasil dari kajian ini juga telah membantu untuk mengenal pasti laluan jalan raya yang mempunyai ruang integrasi yang paling tinggi untuk peringkat global dan peringkat lokal di kawasan Putrajaya.

Kata kunci aktiviti ruang, parameter, *Space Syntax*, Axwoman, ArcGIS, Putrajaya

Abstract

The main purpose of this paper is to demonstrate illustration methods of measurement parameters used in the Axwoman software for Space Syntax analysis. Calculations are shown step by step using real urban space in Putrajaya. The Axwoman software is the connection to ArcMap in ArcGIS version 10 has been used for this Space Syntax application. The ability to analyze space makes Space Syntax as a unique tool for modelling urban environment or geographical area. The measurements done in Putrajaya show that the highest global integration was at Jalan Lebu Sentosa (FID 15) and the highest local integration was at FID 631 representing streets of Jalan Permodenan, Jalan P4 X and Jalan Tun Hussein. The results of this study have demonstrated the parameters of Space Syntax and its measurement methods in understanding the layout of the road space. In fact, the outcome of this study has also helped to identify roadways that have the highest integration space for global and local levels in Putrajaya.

Keywords spatial activity, parameters, Space Syntax, Axwoman, Geographic Information Systems, Putrajaya

PENGENALAN

Teori *Space Syntax* telah diperkenalkan oleh Hillier dan Hanson (1984). Teori ini merujuk kepada perhubungan dan interaksi ruang. Hillier et al. (1976) mendefinisikan *Space Syntax* sebagai satu set teknik dalam komputer untuk permodelan bandar, di mana susun atur ruang digambarkan sebagai unsur-unsur geometri, simbol garisan digunakan bagi mengkaji pergerakan, unsur-unsur cembung digunakan untuk mengkaji interaksi, pemerhatian digunakan untuk mengkaji corak tingkah laku yang lebih kompleks.

Seterusnya dianalisis dari segi hubungan antara setiap elemen ruang dan semua unsur-unsur ruang lain dalam susun atur”.

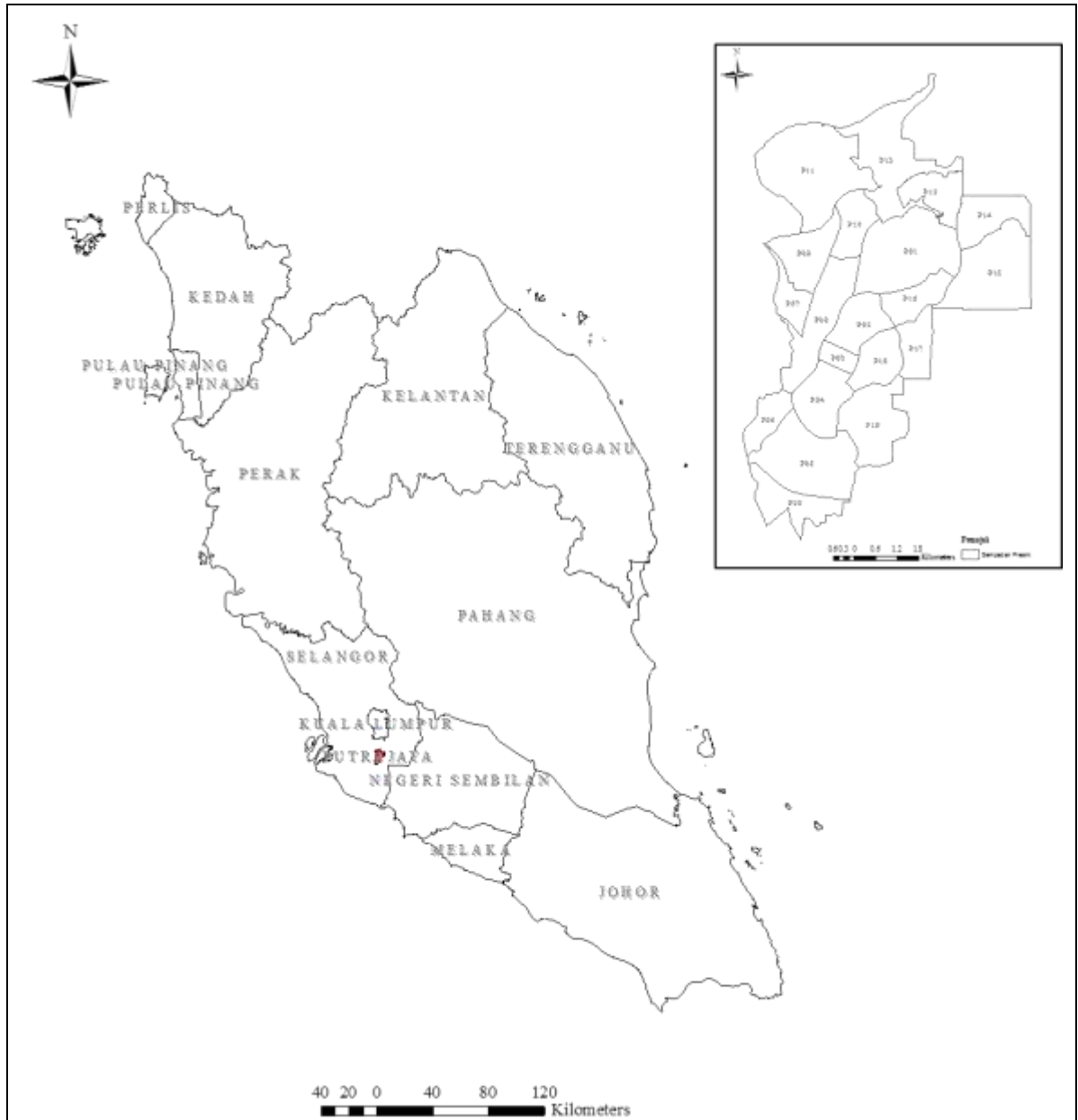
Lee dan Seo (2013); Jiang et al. (2000) menjelaskan *Space Syntax* adalah sejenis bahasa ruang yang mampu menerangkan hubungan antara bentuk ruang dan tingkah laku manusia. Wang dan Liao (2007) merujuk *Space Syntax* sebagai satu set teori dan alat yang digunakan untuk menganalisis morfologi ruang dalam sistem bandar. Manakala Sinkienè et al. (2012) menerangkan bahawa *Space Syntax* adalah kaedah untuk menerangkan dan menganalisis hubungan antara ruang kawasan bandar dan bangunan atau susun atur. Teori *Space Syntax* ini adalah berdasarkan kepada fakta persekitaran ruang bandar yang saling berhubung antara satu tempat dengan tempat yang lain dan ianya hanya melihat kepada ruang awam (ruang terbuka) sahaja (Jiang, 1998). Prinsip yang menyokong kepada teori *Space Syntax* ini mempercayai bahawa susun atur ruang atau struktur memberi kesan terhadap aktiviti sosial manusia. Kepentingan utama kaedah *Space Syntax* adalah untuk memahami hubungan antara manusia dan ruang yang didiami mereka (Dursun, 2007). Dengan menggunakan prinsip *Space Syntax* ini, corak pergerakan manusia di bandar boleh dianalisis, terutamanya dengan mempertimbangkan sejauh mana ruang bandar disepadukan dan dihubungkan. Menurut Hoeven dan Nes (2011) penggunaan kaedah *Space Syntax* adalah dicadangkan untuk menghasilkan parameter yang boleh mengukur aspek reka bentuk yang mungkin sebaliknya dilihat sebagai aspek kualitatif. Kemampuan *Space Syntax* ini untuk menganalisis ruang menjadikan *Space Syntax* sebagai alat yang unik untuk permodelan persekitaran bandar atau ruang geografi.

Analisis *Space Syntax* telah digunakan dalam pelbagai bidang kajian. Antaranya ialah bidang arkitek (Dursun, 2007), reka bentuk lampu jalan (Choi et al., 2006), rangkaian trafik dan persekitaran bandar (Giannopoulou et al., 2012) dan pelancongan (Li et al., 2016; Saniah & Ngesan, 2012), laluan pejalan kaki (Zaleckis & Matijošaitienė, 2013). Analisis ini juga telah digunakan dalam kajian berkaitan jenayah seperti Heard (2004); Hillier (2004); Shu (2000); Saniah et al., (2008) dan Vilalta (2012). Namun begitu hasil sorotan karya mendapati metodologi bagi *Space Syntax* tidak diterangkan secara mendalam dan penekanan lebih tertumpu terhadap dapatan akhir sahaja. Oleh itu artikel ini menerangkan metodologi yang digunakan dalam *Space Syntax* dengan cara menyenaraikan jenis dan menunjukkan kaedah pengukuran dalam *Space Syntax* yang dijana melalui perisian Axwoman. Dengan menggunakan contoh ilustrasi dan Wilayah Persekutuan Putrajaya sebagai kawasan kajian, artikel ini dapat membantu penyelidik untuk memahami konsep asas *Space Syntax* sebelum menggunakannya untuk analisis yang lebih rumit.

KAWASAN KAJIAN

Kawasan kajian yang dipilih sebagai contoh sebenar dalam ilustrasi ialah di Wilayah Persekutuan Putrajaya. Putrajaya mempunyai keluasan sebanyak 4,931 hektar dan terbahagi kepada 20 presint (Rajah 1). Wilayah Persekutuan Putrajaya adalah merupakan pusat pentadbiran bagi negara Malaysia. Penubuhan Wilayah Persekutuan Putrajaya ini adalah bertujuan bagi menggantikan peranan Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur (King, 2008). Lokasinya yang strategik terletak 25 kilometer arah ke selatan Kuala Lumpur dan 20 kilometer ke utara Lapangan Terbang Antarabangsa Kuala Lumpur (KLIA). Putrajaya bersempadan dengan bandar-bandar seperti Cyberjaya, Bandar Baru Bangi dan Pekan Dengkil. Putrajaya telah diisytiharkan sebagai Wilayah Persekutuan pada 1 Februari 2001 (Kementerian Pengangkutan Malaysia, 2016). Pengisytiharan ini menjadikan Putrajaya sebagai Wilayah Persekutuan yang ketiga di Malaysia selepas Kuala Lumpur dan Labuan.

Putrajaya adalah merupakan sebuah bandar yang baru atau *new urbanism* dan mempunyai perancangan bandar yang sistematik dalam semua aspek iaitu susun atur bangunan, sirkulasi jalan, guna tanah dan termasuk reka bentuk bangunannya. Pembangunan yang dilakukan di Putrajaya ini adalah merupakan perancangan yang menyeluruh ataupun secara komprehensif seperti mana dalam Rancangan Struktur Putrajaya 2025 (Perbadanan Putrajaya, 2011). Terdapat sebanyak 665.93 hektar atau sebanyak 13.5 peratus daripada guna tanah di Putrajaya pada masa kini digunakan untuk jalan raya dan jumlah ini akan bertambah pada tahun 2025 kepada 902.10 hektar atau sebanyak 18.29 peratus (Kementerian Pengangkutan Malaysia, 2016). Kemudahan jalan raya yang lengkap ini menjadikan Putrajaya sebagai lokasi yang paling sesuai dan menepati kriteria bagi mengaplikasikan analisis *Space Syntax* ini.



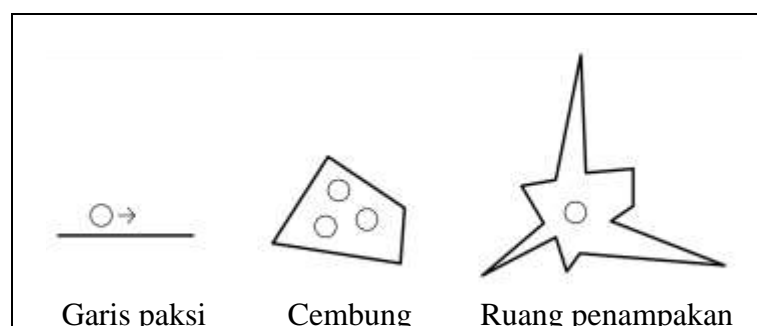
Rajah 1 Peta Semenanjung Malaysia dan Wilayah Persekutuan Putrajaya

ASAS KEPADA METODOLOGI SPACE SYNTAX

Unsur Utama dan Pengukuran

Terdapat tiga unsur utama yang terdapat dalam *Space Syntax* iaitu garis paksi (*axial line*), cembung (*convex*) dan ruang penampakan (*isovist*). Berdasarkan Rajah 2 menunjukkan ketiga-tiga unsur asas ruangan ini dengan menganggap bahawa manusia bergerak dalam baris garis paksi, berinteraksi dalam ruang yang tidak rata dan melihat pemandangan yang berubah apabila bergerak atau berubah kedudukan. Secara khusus, Liu dan Jiang (2012); Nes (2011), menjelaskan garis paksi (*axial line*) sebagai mewakili garisan di hadapan paling jauh yang boleh dilihat bagi seseorang itu dalam ruang bandar atau jalan. Ia mewakili cara manusia bergerak dalam satu garisan melalui jalan bandar dan rangkaian jalan. Jiang dan Claramunt (2002) mendefinisikan garis paksi untuk mewakili arah pergerakan yang tidak mempunyai sebarang gangguan atau dari segi halangan penglihatan. Dalam bahasa yang mudah, garis paksi diwakili oleh jarak paling jauh oleh penglihatan. Garis paksi boleh digunakan untuk mencirikan setiap segmen jalan di sesuatu kawasan. Sebagai contoh, jika dua orang berdiri di setiap hujung garisan, mereka akan dapat melihat satu sama lain (Nubani & Wineman, 2005). Ruang cembung (*convex*) ditakrifkan sebagai kesemua sudut ruang yang boleh

dilihat oleh semua orang dalam ruang yang sama tanpa ada sempadan ruang. Ruang penampakan (*isovist*) merupakan pandangan (*panoptical*) seseorang dari sudut yang diberikan dalam ruang bandar.



Rajah 2 Unsur utama dalam *Space Syntax*

Sumber: Diubah suai daripada Hillier dan Vaughan (2007)

Terdapat beberapa petunjuk pengukuran dalam *Space Syntax* iaitu sambungan (*connect*), kawalan (*control*), purata kedalaman (*mean depth*), integrasi lokal (*local integration*) dan integrasi global (*global integration*). Jiang dan Claramunt (2002) menakrifkan sambungan sebagai bilangan garisan yang bersilang secara langsung dengan garisan lain dalam graf sambungan. Nilai kawalan mengikut definisi parameter ialah tahap pilihan yang diwakili setiap nod yang berkaitan secara langsung. Menurut Heard (2004) sambungan juga mengukur bilangan kejiranan yang secara langsung bersambung dengan ruang, manakala kawalan mengukur sejauh mana kawalan ruang cembung berhubung kepada jiran-jiran terdekat. Purata kedalaman ialah kaedah pengukuran langkah-langkah sintaksis, atau perubahan dalam arah, diperlukan untuk mendapatkan satu ruang cembung kepada ruang cembung lain dalam kawasan bidang kajian (Heard, 2004).

Integrasi global merujuk kepada sejauh mana nod adalah lebih bersepadu atau diasingkan daripada sistem secara keseluruhan (Jiang & Claramunt, 2002). Integrasi global menggambarkan kedalaman purata ruang untuk keseluruhan ruang (Heard, 2004). Pergerakan yang berskala lebih besar, termasuk pergerakan kenderaan kerana perjalanan yang jauh akan cenderung untuk lebih global (Hillier, 2007). Integrasi lokal adalah sama seperti integrasi global, namun ianya hanya mengambil kira sebahagian daripada sistem yang ada iaitu pengiraan dilakukan kepada garis paksi dalam lingkungan kedalaman tertentu. Jiang dan Claramunt (2002) menyatakan bahawa integrasi lokal hanya mengambil kira sehingga darjah kedalaman kedua sahaja. Hillier dan Vaughan (2007) berpendapat darjah kedalaman tersebut sesuai untuk mewakili pergerakan pejalan kaki. Ini kerana perjalanan pejalan kaki cenderung untuk menjadi lebih pendek dengan pergerakan kecil di ruang yang agak setempat.

Perisian

Kaedah pengiraan manual telah digunakan sebelum wujudnya perisian yang membantu untuk kerja-kerja melukis, mengira petunjuk parameter dan menganalisis dapatan *Space Syntax*. Kaedah manual ini mempunyai banyak kelemahan dan kekurangan. Jiang dan Claramunt (2002) mendapati bahawa terdapat satu kekangan untuk melukis garis paksi dalam *Space Syntax* yang telah diperkenalkan oleh Hillier dan Hanson (1984) iaitu konsep ini hanya boleh mewakili ruang berskala kecil sahaja. Berdasarkan kepada prinsip *Space Syntax* ini juga, didapati bahawa terdapat kerumitan dalam melukis peta paksi ini kerana menurut prinsip melukis garis paksi, lukisan peta paksi ini haruslah bermula dengan garis paksi yang paling panjang dan kemudian garis paksi kedua terpanjang dan seterusnya. Di sini timbul keraguan mengenai tahap kerumitan pengukuran dan tempoh masa untuk melengkapkan peta paksi sistem bandar yang berskala besar kerana proses ini sangat memakan masa. Tambahan pula tidak ada yang dapat menjamin bahawa peta paksi yang dicipta pada masa dan orang yang berlainan adalah tepat dan sama. Kemudian baru wujud beberapa perisian yang diciptakan oleh beberapa penyelidik bagi membantu untuk membuat analisis *Space Syntax* seperti yang disenaraikan dalam Jadual 1.

Jadual 1 Perisian *Space Syntax*

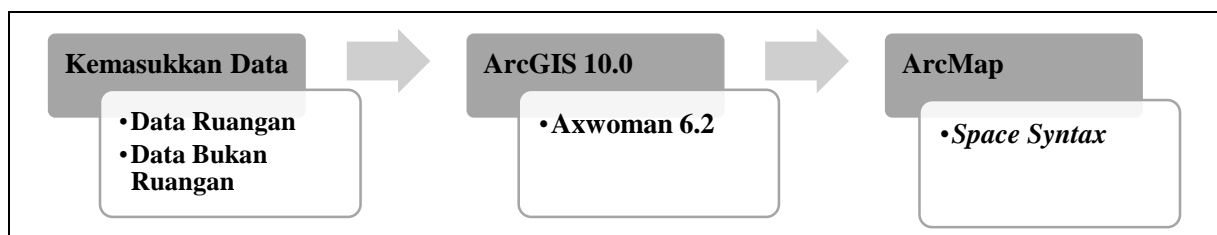
No	Perisian	Pengasas	Pendaftaran	<i>Extension Space Syntax</i>	Platform	Kos	Pemilikan
1	Ajanachara	Gerald Franz	Tiada	Operasi sendiri	Linux, Windows	Percuma	Tidak berkaitan
2	AJAX	Mike Batty	Tiada	Operasi sendiri	Windows	Percuma	Tidak berkaitan
3	Axess	Jennifer Brisbane	Tiada	GIS-ArcView	Windows	Percuma	Hak milik
4	Axman	Alasdair Turner	Perlu	Operasi sendiri	Mac OS	Percuma*	Tidak berkaitan
5	Axwoman	Bin Jiang	Tiada	GIS- ArcMap	Windows	Percuma	Hak milik
6	Confeego	<i>Space Syntax</i> Limited	Perlu	MapInfo	Windows	Percuma*	Hak milik
7	Depthmap	Alasdair Turner	Perlu	Operasi sendiri	Windows	Percuma*	Tidak berkaitan
8	Fathom	Intelligent Space Partnership	Tidak diketahui	-	-	Tidak diketahui	Hak milik
9	Isovist Analyst	Sanjay Rana	Tiada	GIS-ArcView	Windows	Percuma	Hak milik
10	Mindwalk	Lucas Figueiredo	Perlu	Java	Independent	Percuma*	Hak milik (Percuma)
11	OmniVista	Nick Sheep Dalton dan Ruth Conroy Dalton	Tidak diketahui	-	Mac OS	Tidak diketahui	Tidak diketahui
12	OverView	Christian Derix	Tidak diketahui	CAD-AutoCAD	Windows	Tidak diketahui	Hak milik
13	Spatialist	Georgia Institute of Technology	Tidak diketahui	CAD- Microstation	Windows	Tidak diketahui	Hak milik
14	Webmap	Nick Sheep Dalton	Perlu	Java Applet	Independent	Percuma	Hak milik (Percuma)

*Percuma hanya kepada akademik dan bukan tujuan komersil
 Sumber: Diubah suai daripada Wang dan Liao (2007)

Namun demikian, setiap perisian ini mempunyai kekurangan dan kelebihan yang tersendiri. Terdapat beberapa perisian ini memerlukan data yang diimport dari perisian yang lain. Di samping itu, terdapat perisian yang menggunakan format fail yang berbeza. Perisian Axman tidak mempunyai fungsi untuk melukis dan mengimbas serta tidak mempunyai fungsi tambahan lain seperti analisis korelasi (Jiang et al., 1999). Di antara semua perisian yang disenaraikan dalam Jadual 1, perisian Axwoman sahaja yang boleh menjadi sambungan kepada ArcMap. Terdapat beberapa kelebihan dalam perisian Axwoman ini. Perisian Axwoman boleh mewujudkan garis paksi pada lapisan Sistem Maklumat Geografi (SMG) yang sama dengan menukar rangkaian jalan sedia ada kepada garis paksi di mana analisis integrasi dapat dilakukan secara terus (Anas et al., 2014).

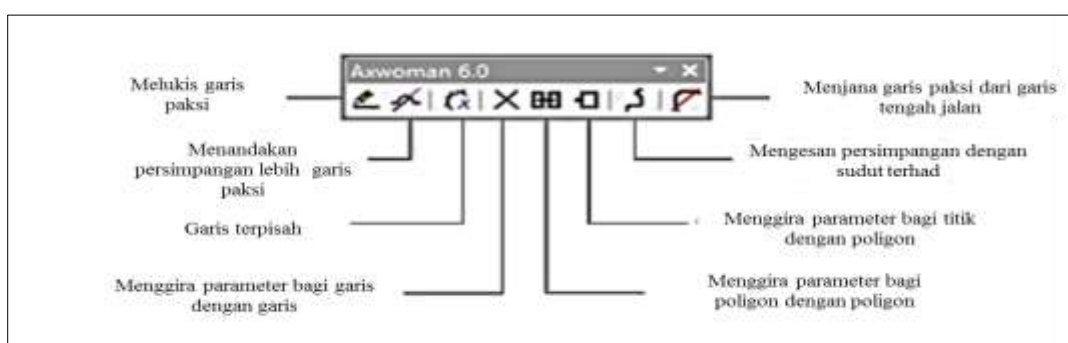
Pangkalan Data

ArcGIS 10 telah dipilih sebagai perisian dalam membantu menganalisis kajian ini. Kajian ini menggunakan ArcMap yang hanya boleh disambungkan kepada Axwoman versi 6.2. Penggunaan Axwoman dalam ArcGIS 10 merupakan kaedah yang berkesan untuk pengukuran integrasi *Space Syntax* dengan pembolehubah SMG (Lee & Seo, 2013). Perisian Axwoman ini boleh dimuat turun dari laman web <http://fromto.hig.se/~bjg/>. Kerangka konseptual bagi rekabentuk pangkalan data SMG dan *Space Syntax* adalah seperti dalam Rajah 3.



Rajah 3 Kerangka konseptual rekabentuk pangkalan data SMG dan Space Syntax

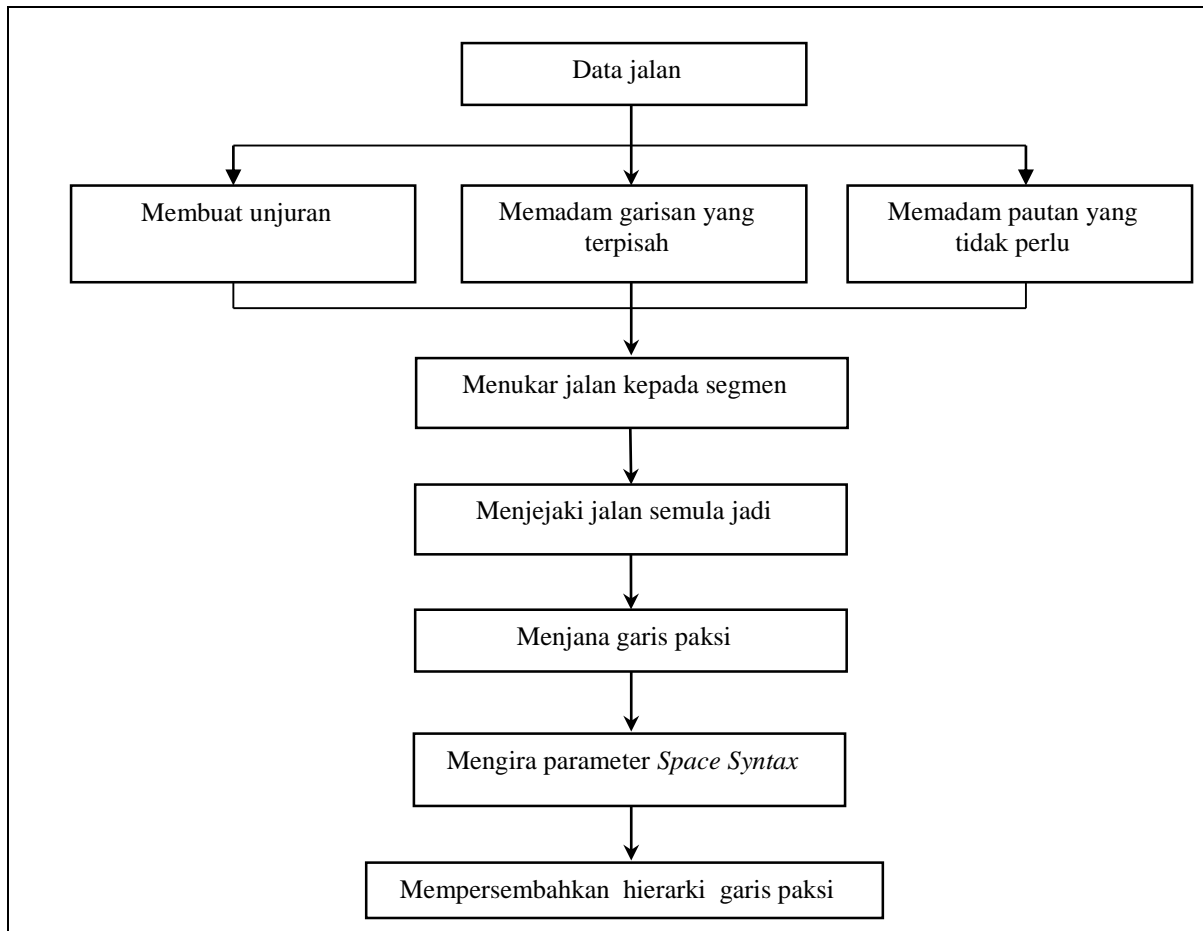
Sebelum menggunakan kaedah *Space Syntax*, garis paksi perlu dibangunkan. Asas utama dalam teknik *Space Syntax* adalah untuk mengesan garis penglihatan (Ratti, 2005). Garis paksi adalah merupakan kaedah yang pertama diperkenalkan Hillier dan Hanson (1984) dalam *Space Syntax* melalui model geografi konvensional. Perisian Axwoman membolehkan garis paksi dilukis secara manual ataupun dijana dari susun atur jalan raya yang sedia ada. Rajah 4 menunjukkan *toolbar* Axwoman dalam SMG yang digunakan bagi memulakan melukis dan menjanakan garis paksi.



Rajah 4 *Toolbar* Axwoman dalam Sistem Maklumat Geografi

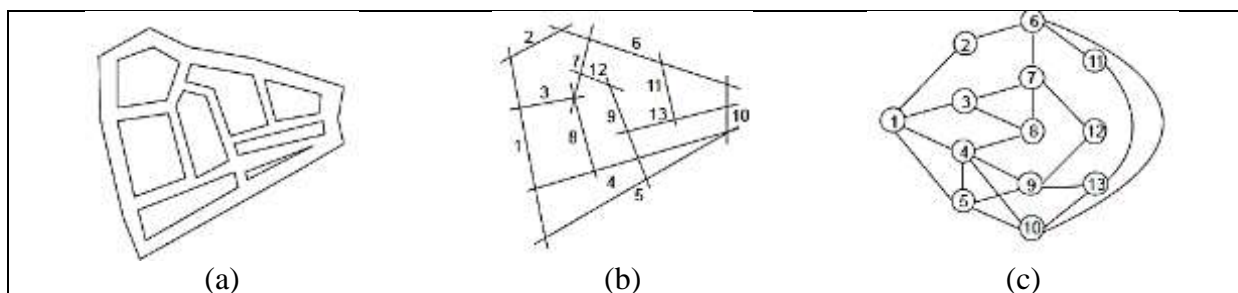
Sumber: Diubah suai daripada Wang (2012)

Data yang diperlukan bagi membangunkan pangkalan data ini terbahagi kepada data ruangan dan data bukan ruangan. Data utama ialah data ruangan susun atur jalan raya. Manakala data bukan ruangan ialah data maklumat jalan seperti nama jalan raya dan panjang jalan raya. Data ini dimasukkan dan disimpan dalam perisian ArcMap 10 dalam format *shapefile* (shp). Data jalan raya ini kemudian dijana bagi menghasilkan garis paksi dengan menggunakan *toolbar* Axwoman 6.2. Rajah 5 menunjukkan beberapa langkah yang perlu diambil untuk menjanakan garis paksi daripada data ruangan jalan.



Rajah 5 Proses untuk menjana garis paksi

Set garis paksi yang saling bersilang dan menutupi keseluruhan ruang yang bebas dipanggil sebagai peta paksi (*axial map*). Peta paksi merupakan satu rangka yang paling hampir untuk menggambarkan persekitaran bandar (Jiang, 1998). Rajah 6 menunjukkan contoh bagaimana susun atur bandar dipersembahkan dalam bentuk peta paksi dan graf sambungan. Sebelum analisis metrik dilakukan, topologi jalan raya boleh dikenal pasti dengan menggunakan prinsip *Space Syntax*. Rajah 6(a) menunjukkan susun atur bandar membolehkan orang bebas untuk bergerak. Susun atur bandar boleh diwakili oleh garis-garis paksi individu yang kemudian membentuk peta paksi seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 6(b). Peta paksi dimulai dengan melukis atau menjana garis paksi yang paling panjang. Ini diikuti oleh garis paksi kedua terpanjang, yang ketiga terpanjang dan seterusnya sehingga ke garis paksi yang paling pendek. Akhirnya keseluruhan ruang yang terbuka ditutupi oleh garis paksi yang saling berhubung (Jiang & Liu, 2010). Transformasi dari peta paksi kepada graf sambungan seperti dalam Rajah 6(c) merupakan operasi mudah iaitu sambungan garis paksi dan garis persimpangan iaitu nod. Transformasi ini merupakan prinsip asas kepada *Space Syntax* dalam susun atur bandar.



Rajah 6 (a) Susun atur Jalan raya (b) Peta Paksi dan (c) Graf sambungan

Sumber: Jiang (2009)

Selepas analisis dilakukan nilai integrasi global dan integrasi lokal diperoleh. Setiap garis paksi akan diberikan kod warna. Garis paksi berwarna merah merujuk kepada garis paksi dengan nilai integrasi paling tinggi. Manakala warna ungu mewakili nilai integrasi yang rendah (Giannopoulou et al., 2012; Jones et al., 2009).

Analisis Metrik Peta Paksi

Space Syntax dimulai dengan mengukur sambungan, kemudian diikuti oleh kawalan, purata kedalaman bagi setiap garis paksi yang wujud dalam sesuatu ruang yang dikaji. Nilai integrasi akan diperoleh setelah melalui semua formula berikut. Perbezaan di antara integrasi lokal dan integrasi global ialah tahap kedalaman pemerhatian. Bagi integrasi global, pengiraan dibuat berdasarkan pemerhatian yang dibuat pada setiap kedalaman. Sebaliknya, pengiraan bagi integrasi lokal hanya dibuat berdasarkan pemerhatian yang dibuat hingga kedalaman pada tahap 2 sahaja. Nilai kawalan juga dikira berdasarkan pemerhatian yang dibuat hingga kedalaman yang sama dengan integrasi lokal.

Jika,

Bilangan sambungan bagi garis paksi i	$= C_i$
Nilai kawalan bagi garis paksi i	$= crtli$
Jumlah kedalaman bagi garis paksi i	$= \sum_{j=1}^n d_{ij}$
Purata kedalaman bagi garis paksi i	$= MD_i$
Jumlah keseluruhan garis paksi	$= N$
Asimetri relatif bagi garis paksi i	$= RA_i$
Asimetri relatif benar bagi garis paksi i	$= RRA_i$
Integrasi lokal bagi garis paksi i	$= LI_i$
Integrasi global bagi garis paksi i	$= GI_i$

Maka,

$GI_i = \frac{1}{RRA_i}$ bagi $n =$ jumlah kedalaman maksima bagi garis paksi i

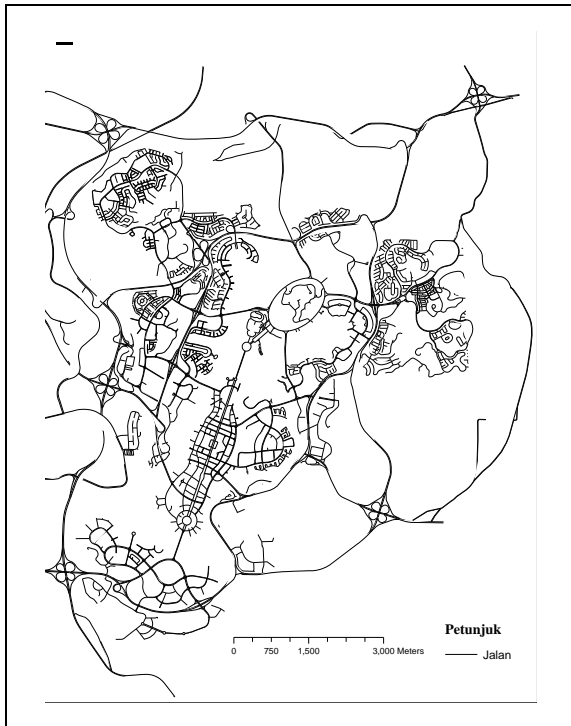
$LI_i = \frac{1}{RRA_i}$ bagi $n =$ tahap kedalaman 2

di mana,

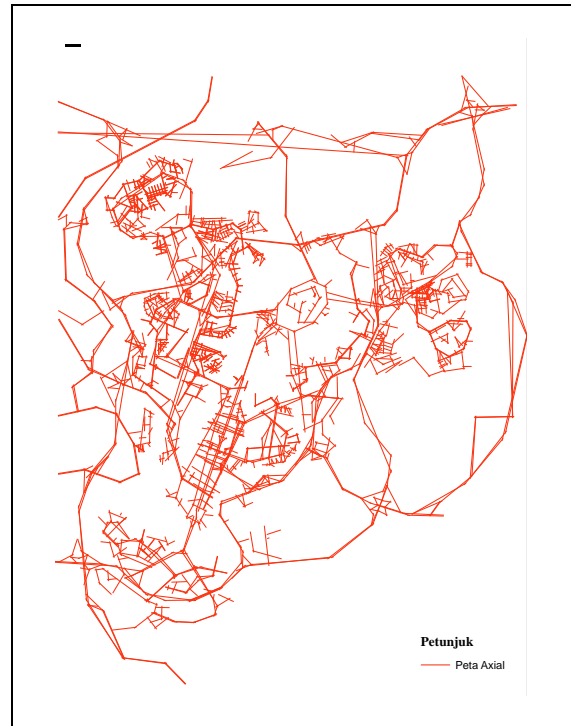
$$RRA_i = \frac{RA_i}{D_k \frac{2\{n[\log_2((n+2)/3) - 1] + 1\}}{(n-1)(n-2)}} \quad crtli = \sum_{j=1}^n \frac{1}{C_j}$$

$$RA_i = \frac{2(MD_i - 1)}{N - 2} \quad MD_i = \frac{\sum_{j=1}^n d_{ij}}{n - 1} \quad C_i = k$$

Wilayah Persekutuan Putrajaya telah dipilih sebagai contoh sebenar ilustrasi pengiraan analisis *Space Syntax* bagi artikel ini. Terdapat sebanyak 1806 garis paksi yang telah dihasilkan daripada susun atur jalan raya yang terdapat di Putrajaya. Setiap garis paksi dalam Axwoman ini dikodkan sebagai FID iaitu bermula dengan FID 1 sehinggalah FID 1806. Rajah 7 menunjukkan susun atur jalan raya dan dan Rajah 8 pula menunjukkan peta paksi yang terhasil daripada susun atur jalan raya bagi Putrajaya.

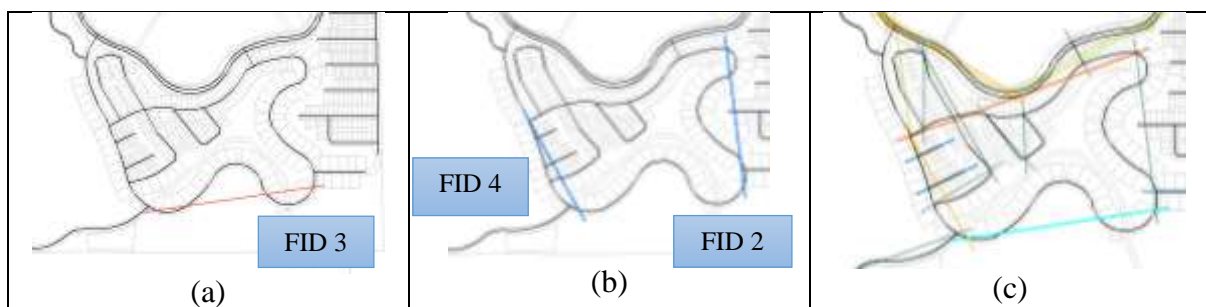


Rajah 7 Susun atur jalan raya di Wilayah Persekutuan Putrajaya



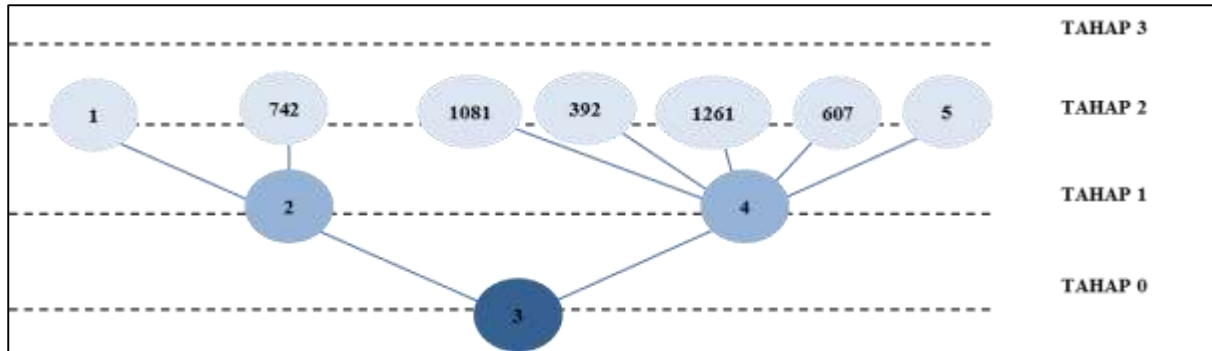
Rajah 8 Peta paksi di Wilayah Persekutuan Putrajaya

Bagi tujuan ilustrasi pengiraan, laluan jalan raya yang dipilih ialah Jalan P15 F. Laluan ini terletak di kawasan perumahan jenis sesebuah yang terletak di Presint 15. Rajah 9a menunjukkan garis paksi yang telah dijanakan bagi Jalan P15 F. Garis paksi ini dilabelkan sebagai FID 3. Berdasarkan pada Rajah 9b dan Rajah 9c menunjukkan bahawa FID 3 ini mempunyai 2 sambungan iaitu FID 2 dan FID 4. Jalan yang dijana untuk garis paksi ini juga adalah merupakan Jalan P15 F. Walaupun, jalan ini adalah dari jalan yang sama dengan FID 3, namun mengikut prinsip asas garis paksi iaitu jarak paling jauh penglihatan menjadikan jalan ini mempunyai pecahan beberapa garis paksi yang telah dijanakan daripada satu jalan yang sama.



Rajah 9 Garis Paksi FID 3

Rajah 10 menunjukkan graf sambungan bagi garis paksi FID 3. Oleh kerana, jumlah garis paksi Putrajaya yang teramat besar iaitu sebanyak 1806 garis paksi, maka di sini graf sambungan hanya ditunjuk sehingga tahap kedalaman 2 sahaja. Sambungan garis paksi dalam graf sambungan tidak boleh diulang bagi sambungan garis paksi yang lain. Dengan kata lain tidak ada pertindihan nombor yang berlaku. Contoh bagi graf diatas ialah FID 2 sebenarnya mempunyai 3 sambungan garis paksi iaitu FID 1, FID 3 dan FID 742. Ini jelas menunjukkan bahawa terdapat pertindihan FID iaitu FID 3.



Rajah 10 Graf sambungan FID 3

Oleh yang demikian hanya satu FID 3 sahaja yang dikira. Begitu juga dengan FID 4, sebenarnya terdapat 7 persilangan garis paksi iaitu FID 1081, FID 392, FID 1261, FID 607, FID 5 FID 1 dan FID 3. Terdapat 2 garis paksi yang berulang iaitu FID 1 dan FID 3. Namun, bagi pengukuran kawalan jumlah sebenar persilangan garis paksi diambil kira. Petunjuk pengukuran bagi FID 3 adalah seperti berikut

Pada tahap kedalaman maksimum,

$$C_i = 2$$

$$crtl_3 = \frac{1}{3} + \frac{1}{7} = 0.476190476$$

$$\sum_{j=1}^n d_{ij} = 28166$$

$$N = 1806$$

$$MD_3 = \frac{28166}{1806-1} = 15.60443213$$

$$RA_3 = \frac{2(15.60443213 - 1)}{1806 - 2}$$

$$= 0.01619116644453$$

$$D_k = \frac{2(1806[\log_2(\frac{1806+2}{3}) - 1] + 1)}{(1806-1)(1806-2)}$$

$$= 0.00913562408549$$

$$RRA_3 = \frac{0.01619116644453}{0.00913562408549}$$

$$= 1.772310933$$

$$GI_3 = \frac{1}{1.772310933} = \mathbf{0.564235079}$$

Pada tahap kedalaman 2,

$$C_i = 2$$

$$crtl_3 = \frac{1}{3} + \frac{1}{7} = 0.476190476$$

$$\sum_{j=1}^n d_{ij} = 2(1) + 7(2) = 16$$

$$N = 10$$

$$MD_3 = \frac{16}{10-1} = 1.777777778$$

$$RA_3 = \frac{2(1.777777778 - 1)}{10 - 2}$$

$$= 0.194444444444444$$

$$D_k = \frac{2(10[\log_2(\frac{10+2}{3}) - 1] + 1)}{(10-1)(10-2)}$$

$$= 0.305555555555556$$

$$RRA_3 = \frac{0.194444444444444}{0.305555555555556}$$

$$= 0.636363636$$

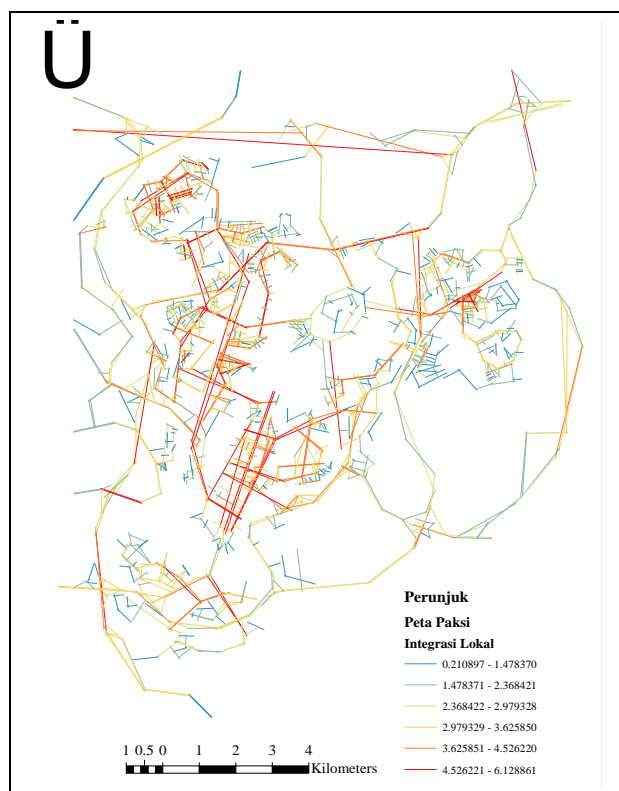
$$LI_3 = \frac{1}{0.636363636} = \mathbf{1.571428571}$$

Jadual 2 di atas menunjukkan ringkasan hasil daripada pengukuran parameter *Space Syntax* bagi jalan raya di Putrajaya. Hasil akhir nilai parameter yang telah diukur iaitu integrasi lokal dan global dipersembahkan dalam bentuk peta seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 11 dan 12. Nilai pengukuran ini ditunjukkan melalui perbezaan kod warna. Bermula dengan warna merah (nilai yang paling tinggi kepada warna ungu (nilai yang rendah) (Giannopoulou et al., 2012; Jones et al., 2009).

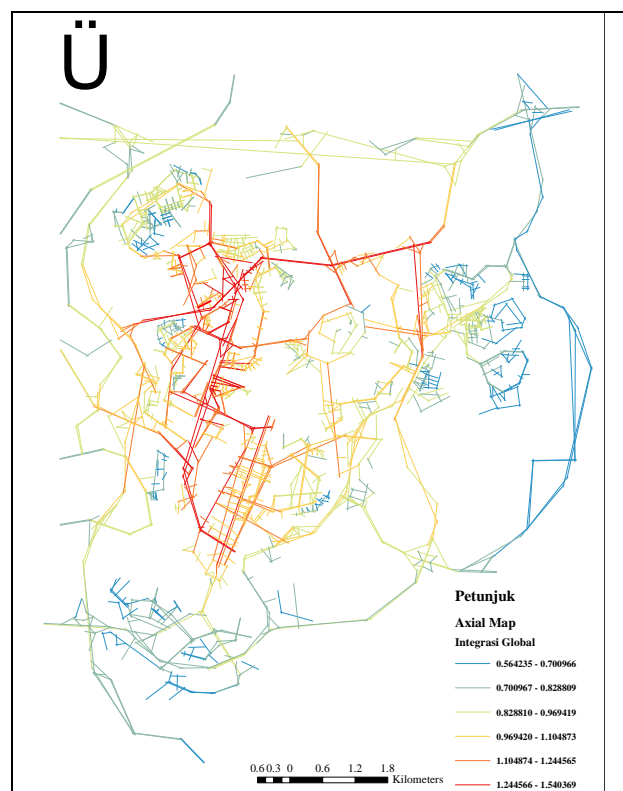
Jadual 2 Ringkasan analisis *Space Syntax* di Wilayah Persekutuan Putrajaya

Bil.	Parameter <i>Space Syntax</i>	Perkara	Jumlah
1.	Jumlah garis paksi		1806
		Minimum	1
		Maksimum	34
2.	Sambungan	Jumlah	9318
		Min	5.159468
		Sisihan Piawaian	3.802144
		Minimum	0.047619
		Maksimum	7.345213
3.	Kawalan	Jumlah	1806
		Min	1
		Sisihan Piawaian	0.767316
		Minimum	6.349584
		Maksimum	17.602216
4.	Purata kedalaman	Jumlah	18848.904155
		Min	10.436824
		Sisihan Piawaian	1.990058
		Minimum	0.496339
		Maksimum	1.540369
5.	Integrasi Global	Jumlah	1645.782223
		Min	0.911286
		Sisihan Piawaian	0.186472
		Minimum	0.210897
		Maksimum	6.128861
6.	Integrasi Lokal	Jumlah	4772.801237
		Min	2.642747
		Sisihan Piawaian	1.051163

Rajah 11 menunjukkan integrasi lokal di Putrajaya. Nilai integrasi lokal yang tinggi ini amat penting bagi Pihak Berkuasa Tempatan (PBT) dalam mengukur keperluan kepada menyediakan laluan pejalan kaki (Lerman et al., 2014) dan penyediaan lampu jalan pada waktu malam seperti kajian yang telah dilakukan oleh Choi et al. (2006). Manakala, nilai integrasi global yang paling tinggi ialah 1.540369 yang diwakili oleh Jalan Lebu Sentosa (FID 15), manakala integrasi lokal yang paling tinggi ialah FID 631 yang mewakili Jalan Permodenan, Jalan P4 X dan Jalan Tun Hussein dengan nilai integrasi lokal sebanyak 6.128861 (Rajah 12). Hasil dapatan daripada integrasi global ini juga amat penting bagi pihak-pihak yang berkaitan seperti Jabatan Kerja Raya dan PBT dalam mereka bentuk susun atur jalan raya, juga dapat membantu dalam mengatasi masalah kesesakan serta dapat membuat ramalan jalan raya. Relevannya geografi pada masa kini dapat membantu PBT dalam membuat keputusan dan membentuk polisi (Abdul Hadi et al., 2013). Malah, maklumat ruangan menjadi semakin penting dalam semua jenis perancangan dan pembuatan keputusan (Junaidi, 2017; Narimah et al., 2013).



Rajah 11 Peta integrasi lokal



Rajah 12 Peta integrasi global

KESIMPULAN

Dengan meluasnya penggunaan *Space Syntax* dalam menganalisis darjah perhubungan dan integrasi ruang bandar dan kepesatan pembinaan perisiannya, asas metodologinya sering diabaikan. Pemahaman kepada petunjuk pengukuran yang ada dalam *Space Syntax* adalah amat penting supaya analisis dan tafsiran dapatannya dilakukan dengan tepat. Artikel ini menerangkan asas pengiraan dengan menyertakan contoh-contoh berdasarkan dua peta paksi. Contoh pengiraan diberikan secara manual. Satu contoh pengiraan juga diberikan dengan dapatan daripada analisis lanjutan yang dijana dengan Axwoman. Berdasarkan hasil daripada pengukuran yang telah dilakukan di Putrajaya menunjukkan bahawa integrasi global yang paling tinggi ialah di Jalan Lebu Sentosa (FID 15), manakala integrasi lokal yang paling tinggi ialah FID 631 yang mewakili jalan-jalan (Jalan Permodenan, Jalan P4 X dan Jalan Tun Hussein). Dengan dapatan daripada analisis awal yang telah dilakukan terhadap peta jalan di Putrajaya, analisis lanjutan akan dilakukan untuk menghubungkan corak penempatan manusia di Putrajaya dengan kejadian jenayah sebagai contoh di kawasan yang sama.

RUJUKAN

- Abdul Hadi, H.S., Abdul Samad, H., Shaharudin, I. & Ahmad Fariz, M. (2013). Geografi sebagai sintesis: Meneliti kembali peranan geografi di sebalik pola ruwang. *Geografi*, 1(1) 60-73. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.aspx?file=7a871f73-9e45-4e0f-848c-6d6bad3d340a.pdf>
- Anas, S., Ismail A., M. & Bakr, H. (2014). Multicase Algorithm for Road Realignment of Informal Settlements. An Application using AxwomanTM on GIS. *9th National GIS Symposium*, Dammam, KSA.
- Choi, A. S., Kim, Y. O., Oh, E. S., & Kim, Y. S. (2006). Application of the space syntax theory to quantitative street lighting design. *Building and Environment*, 41(3), 355-366. doi:10.1016/j.buildenv.2005.01.026
- Dursun, P. (2007). Space Syntax in Architectural Design. *Proceedings 6th International Space Syntax Symposium*, Istanbul. Diperoleh daripada <http://www.spacesyntaxistanbul.itu.edu.tr/papers/longpapers/056%20-%20Dursun.pdf>
- Giannopoulou, M., Roukounis, Y., & Stefanis, V. (2012). Traffic network and the urban environment: an adapted space syntax approach. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, 1887-1896.

- Heard, L. (2004). *Space, Place and Opportunistic Crime. A Study Using Isovist and Space Syntax*. University of Texas at Austi, (Master's thesis). Retrieved <http://www.lydiaheard.com/thesis.pdf>
- Hillier, B. & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*. London: Cambridge University Press.
- Hillier, B. & Vaughan, L. (2007). The city as one thing. *Progress in Planning*, 67(3), 205-230. doi:10.1016/j.progress.2007.03.001
- Hillier, B. (2004). Can streets be made safe? *Urban Design International*, 9, 31-45.
- Hillier, B., Leaman, A, Stansall, P. & Bedford, M. (1976). *Space Syntax. Environment and Planning*, 3, 147-185.
- Hoeven, F. V., & Nes, A. V. (2014). Improving the design of urban underground space in metro stations using the space syntax methodology. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 40, 64-74. doi:10.1016/j.tust.2013.09.007
- Jiang, B. & Claramunt, C. (2002). Integration of *Space Syntax* into GIS: New Perspectives for Urban Morphology. *Transactions in GIS*, 6(3), 295-309.
- Jiang, B. (1998). A space syntax approach to spatial cognition in urban environments', A position paper presented at the *NSF-funded research workshop on Cognitive Models of Dynamic Phenomena and Their Representations*, University of Pittsburgh, Pittsburgh, PA, 29 - 31 October.
- Jiang, B. (2009). Ranking spaces for predicting human movement in an urban environment. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(7), 823-837. Diperoleh daripada Preprint, arxiv.org/abs/physics/0612011
- Jiang, B., Claramunt, C. & Batty, M. (1999). Geometric accessibility and geographic information: extending desktop GIS to Space Syntax. *Computers Environment and Urban Systems*, 23, 127-146.
- Jiang, B., Claramunt, C. & Klarqvist, B. (2000). Integration of Space Syntax into GIS for modelling urban spaces. *JAG*, 2(3/4), 161-171.
- Jones, C., Griffiths, S., Mordechai, H. & Vaughan, L. (2009). A multi-disciplinary perspective on the built environment space syntax and Cartography – the communication challenge. In L. M. Daniel Koch (Ed.), *Proceedings of the 7th International Space Syntax Symposium*.
- Junaidi Awang Besar. (2017). Geografi Pilihan Raya Negeri Pulau Pinang: Analisis Prestasi MCA dan DAP dalam Pilihan Raya Umum (PRU) 2013. *Geografi*, 5(1), 12-25. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.ashx?file=4738b24c-2cd9-48d6-a7e1-c62aeea3e9fd.pdf>
- Kementerian Pengangkutan Malaysia. (2016). *Lapangan Terbang Antarabangsa Kuala Lumpur*. Putrajaya: Kementerian Pengangkutan Malaysia.
- King, R. (2008). *Kuala Lumpur and Putrajaya: Negotiating urban space in Malaysia*. Singapore: Asian Studies Association of Australia in association with NUS and NIAS Press.
- Lee, S. & Seo, K., W. (2013). Combining Space Syntax with GIS-based built environment measures in pedestrian walking activity. *Proceedings of the Ninth International Space Syntax Symposium*. Seoul.
- Lerman, Y., Rofe, Y., & Omer, I. (2014). Using *space syntax* to model pedestrian movement in urban transportation planning. *Geographical Analysis*, 46(4), 392-410.
- Liu, X. & Jiang, B. (2012). Defining and Generating Axial Lines from Street Center Lines for better Understanding of Urban Morphologies. *International of Geographical Information Science*, 26(8), 1521-1532.
- Narimah, S., Aishah Knight, A. S., Oliver, V. E., Suriati, G., Norsa'adah, B. & Hwa, Y., S. (2013). Spatial distribution of breast and cervical cancer incidences in Kelantan: A geographical analysis. *Geografi*, 1(1) 120-131. Diperoleh daripada <https://ejournal.upsi.edu.my/GetFinalFile.ashx?file=db4da675-1532-49cf-a72b-d6ac42d09171.pdf>
- Nes, A., V. (2011). The one- and two-dimensional isovists analysis in *Space Syntax*. *Research in Urbanism*, 163-183. doi:<http://dx.doi.org/10.7480/rius.2.211>
- Nubani, L. & Wineman, J. (2005). The Role of Space Syntax in Identifying the Relationship Between Space and Crime. In Akkelies, V., N. (Ed.), *Proceedings 5th International Space Syntax Symposium*, Delft.
- Perbadanan Putrajaya. (2011). *Rancangan Struktur Putrajaya 2025*. Putrajaya: Perbadanan Putrajaya.
- Ratti, C. (2005). The lineage of the line: Space Syntax parameters from the analysis of urban DEMs. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32, 547-566.
- Saniah, A. Z. & Mohd Riduan, N.. (2012). A Future Town Redesigned - How Movement Pattern is Affected with the Concept of Night City. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 36, 204-210.
- Saniah, A. Z., Jamalunlaili, A. & Nor Sahaliza, R.. (2008). Urban space and its influence on crime. *Built Environment Journal*, 5(2), 23-31.
- Shu, S. (2000). Housing Layout and Crime Vulnerability, *Urban Design International*, 5(3-4), 177-188.
- Sinkienė, J., Stankevičė, I. & Navickaitė, K. (2012). Creating Safer Cities through Urban Planning and Development. *Viešoji politika ir administravimas*, 11(3), 390-403.
- Vilalta, C., J. (2013). How Exactly Does Place Matter in Crime Analysis? Place, Space, and Spatial Heterogeneity. *Journal of Criminal Justice Education*, 24(3), 290-315.

- Wang, W., & Liao, H. (2007). Implementing Space Syntax in an open Source GIS: Grass GIS approach. *Proceedings, 6th International Space Syntax Symposium*, İstanbul.
- Wang, X. (2012). Urban planning and management information systems analysis and design based on GIS. *Physics Procedia* 33, 1440 – 1445.
- Zaleckis, K., & Matijošaitienė, I. (2013). Space Syntax Analysis of Kaunas: Some Methodological Aspects. *Journal of Sustainable Architecture and Civil Engineering*, 1(2), 29-34. doi.org/10.5755/j01.sace.1.2.2791