



Pembangunan kediaman dan fragmentasi kawasan tanah paya di Indonesia: Kajian kes di Surabaya dan sekitarnya

Suprajaka¹, Hartono², Ratnawati Yuni Suryandari³, Aris Poniman⁴, Suratman⁵

¹Badan Informasi Geospasial & Universitas Esa Unggul, Jakarta, ²Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, ³Universiti Utara Malaysia & Universitas Esa Unggul, Jakarta, ⁴Badan Informasi Geospasial, Jakarta, ⁵Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Correspondence: Suprajaka (email: spr_jaka@yahoo.com)

Abstrak

Kajian ini bertujuan untuk menjelaskan tingkat fragmentasi spasial akibat perkembangan petempatan pada ekosistem tanah paya. Tujuan utama kajian ini adalah: (1) mengevaluasi komposisi dan konfigurasi pemanfaatan tanah paya secara spasial berdasarkan data geospasial multi-temporal di Surabaya dan sekitarnya, (2) mengevaluasi fragmentasi spasial sebagai akibat dari bentuk, struktur dan pola pemanfaatan tanah paya di Surabaya dan sekitarnya, (3) menyusun konsep model data dan model visual fragmentasi spasial tanah paya di Surabaya dan sekitarnya. Kajian ini menggunakan metod eksploratif dengan menggunakan data geospasial dari pelbagai sumber, sama ada berwujud data analog mahupun digital secara multi-temporal dan multi-resolusi. Data geospasial yang tersedia dikelompokkan kepada 4 fasa: (a) sebelum 1965, (b) antara 1965-1985, (c) antara 1985-2005 dan (d) setelah 2005. Prinsip dasar dalam penerapan metod kajian eksploratif melalui “*image mining*” dengan teknik “*morfo-spasio-kuantitatif*” untuk memahami komposisi dan konfigurasi dari pola pertukaran pada ekosistem tanah paya. Kajian ini dilaksanakan pada ekosistem tanah paya seperti sawah dan tambak yang berada di tiga satuan bentuktanah: fluvial (F), fluvio-marin (FM) dan marin (M) dan tiga had pentadbiran yakni Gresik, Surabaya dan Sidoarjo. Dapatan kajian adalah menyatakan bahawa pertukaran tanah paya kepada petempatan di Surabaya dan sekitarnya telah mengakibatkan fragmentasi spasial. Keadaan ini menunjukkan implikasi bahawa pemanfaatan ruang seharusnya menggunakan prinsip-prinsip “*design primordial*” atau “*geographic design*”.

Katakunci: bentuktanah, citra multi temporal, ekosistem tanah paya pesisir pantai, fragmentasi spasial, perkembangan petempatan, rekabentuk geografi

Residential development and wetland fragmentation in Indonesia: A case study of Surabaya and its surrounding

Abstract

The relationship between the way wetland is spatially fragmented and its impact on the local ecosystem is an ongoing concern. While fragmentation serves the practical and logistic need of development it breaks the contiguity that is needed to maintain the ecological equilibrium and habitats of the sensitive ecosystem that wetland is. This study describes and evaluates the spatial fragmentation of Surabaya’s wetland resulting from recent residential development, in particular, (1) the spatial composition and configuration of wetland use based on multi-temporal geospatial data, (2) the spatial fragmentation as a result of changes in the structure and pattern of wetlands use in Surabaya and its surroundings, and (3) data and visual modellings of the spatial fragmentation of wetlands. The research on wetland ecosystems pertained to three landform units i.e. fluvial (F), fluvio-marine (FM) and marine (M) in three different administrative regions i.e. Gresik, Surabaya, and Sidoarjo. The study utilised exploratory geospatial data from various analog and digital forms of multi-temporal and multi-resolution. These geospatial data were grouped into four time periods: (a) before 1965, (b) between 1965-1985, (c) between 1985-2005, and (d) after 2005. The basic principle in this exploratory research was data mining using the morpho-spatio-quantitative technique through detection, identification, and

measurement of the dynamics of the land use involved as the basis for composition and configuration analyses of the conversion.

Keywords: coastal wetland ecosystem, geografic design, landform, multi-temporal images, settlement development, spatial fragmentation

Pengenalan

Kajian fragmentasi ruang dan dampaknya terhadap ekosistem lanskap sampai saat ini masih merupakan subjek perbincangan. Tesis tentang fragmentasi yang diterima sering tidak disokong oleh hasil eksperimen pengotahan data geospasial secara lengkap. Hasil pengukuran fragmentasi lanskap sangat penting untuk menentukan makna di sebalik bentuk, pola dan tipologi fragmentasi secara ruwang. Meskipun, metod dan teknik analisis data geospasial telah tersedia dalam pelbagai model, ternyata para ahli sampai saat ini juga belum mencapai kesepakatan mengenai bagaimana mengukur pola dan tipologi fragmentasi ruwang pada ekosistem lanskap.

Pada dasarnya, fragmentasi merupakan proses perubahan persekitaran yang menggambarkan munculnya diskontinuitas dalam persekitaran organisme (habitat). Fragmentasi habitat dicirikan oleh terpecahnya lanskap yang luas menjadi bidang-bidang tanah tunggal (*patch*) yang lebih kecil dan biasanya *patch* ini secara ekosistem tidak lagi saling berhubungan satu sama lain. Keadaan ini menjadi persoalan penting ketika fragmentasi ini berlaku pada ekosistem yang sangat rapuh dan terhad keberadannya iaitu ekosistem tanah paya terutamanya di kawasan pesisir. Apabila di negara-negara yang telah meratifikasi Konvensi Ramsar 1971 berjaya mengurangkan atau bahkan menghentikan laju pertukaran ekosistem tanah paya, bagaimanapun di Indonesia berlaku keadaan sebaliknya. Laju pertukaran tanah paya di Indonesia semakin meningkat terutama pada fasa tiga puluh tahun terakhir ini. Keadaan ini merupakan sebuah konsekuensi logik yang harus diterima ketika strategi pembangunan lebih berorientasi kepada pertumbuhan bernading dengan pro-ekologi.

Sebenarnya, Negara Indonesia telah mengeluarkan Undang-Undang nombor 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati yang menyatakan bahawa ekosistem tanah paya dimasukkan ke dalam kawasan perlindungan sistem penyangga kehidupan. Pada tataran teknis pemerintah juga menerbitkan Keputusan Presiden nombor 32 tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung, yang memasukkan tanah paya sebagai bahagian dari kawasan yang dilindungi. Komitmen pemerintah dalam melakukan perlindungan ekosistem tanah paya semakin tinggi ketika telah meratifikasi Konvensi Ramsar melalui Surat Keputusan Presiden nombor: R.09.PRD/PU/X/1991, bertarikh 19 Oktober 1991.

Undang-undang dan peraturan tersebut jelas berpihak kepada pemuliharaan terhadap sumber alam dan persekitaran hidup di Indonesia. Namun ketika terbit Keppres RI nombor 82 tahun 1995 tentang Pengembangan Tanah Gambut untuk Pertanian Tanaman Pangan di Kalimantan Tengah dan Undang-Undang nombor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang serta Undang-Undang nombor 27 tentang Pengelolaan Kawasan Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil muncul kontroversi antara pertukaran atau pertukaran terhadap ekosistem tanah paya. Undang-undang dan peraturan tersebut memberi ruang untuk melakukan proses pertukaran gunatanah bahkan diperbolehkannya reklamasi kawasan pesisir sebagai upaya untuk menyokong pembangunan kawasan. Keadaan itu mendorong munculnya Undang Undang nombor 32 tahun 2009 tentang Pengelolaan Persekitaran Hidup serta diterbitkannya Inpres nombor 10 tahun 2011 tentang Penundaan Pemberian Izin Baru dan Penyempurnaan Tata Kelola Hutan Alam Primer dan Tanah Gambut.

Usaha pemerintah dalam mempertahankan ekosistem tanah paya dengan pelbagai macam perundang-undangan dan peraturan yang berpihak pada konservasi akan menjadi sia-sia ketika secara bersamaan pemerintah juga mengeluarkan Peraturan Pemerintah nombor 32 tahun 2011 tentang Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia (MP3EI) 2011-2025. Masterplan tersebut membahagi kawasan pembangunan di Indonesia menjadi enam koridor ekonomi, yakni koridor Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, Bali-Nusa Tenggara, dan Papua. Berdasarkan dokumen MP3EI 2011 bahawa Pulau Jawa ditetapkan menjadi koridor ekonomi dengan tema sebagai pendorong industri dan pelayanan nasional.

Pembangunan infrastruktur Pantai Utara Jawa untuk mendukung program MP3EI diperlukan tanah lebih kurang 5,060.46 hektar, maka pertukaran gunatanah pasti tidak dapat dihindari, meskipun pemerintah telah mengeluarkan Undang-Undang nombor 41 tahun 2009 tentang Perlindungan Tanah Pertanian Pangan Berterusan. Berdasarkan undang-undang tersebut pemerintah harus melindungi tanah pertanian dari proses fragmentasi, bahkan Pasal 40 ditegaskan bahawa pemerintah berkewajiban memberikan insentif kepada kawasan tanah pertanian yang tidak terfragmentasi.

Kajian fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya penting untuk dilakukan, dengan alasan: (1) laju pertukaran tanah paya semakin tidak terkawal, (2) kurangnya pemahaman multi fungsi sawah dan tambak sebagai salah satu bentuk ekosistem tanah paya yang sudah terancam keberadaannya. Pilihan lokasi kajian di Surabaya dan sekitarnya kerana kawasan ini sangat spesifik untuk dikaji, iaitu: (1) merupakan tipikal tanah paya di Indonesia dengan permasalahannya pada meningkatnya tingkat pertukaran gunatanah, (2) keluasan tanah paya Propinsi Jawa Timur lebih kurang sebesar 30 peratus dari jumlah kawasan yang masa kini terancam proses pertukaran gunatanah, (3) tingkat urbanisasi sangat tinggi (peringkat kedua setelah Jakarta), (4) dinamik ekosistem tanah paya di Jawa Timur terutama di Delta Brantas dan Delta Bengawan Solo, minimal telah berlaku tiga kali perubahan yakni dari ekosistem tanah paya semula jadi menjadi sawah dan tambak dan saat ini menjadi kawasan petempatan, (5) saat ini aglomerasi perkembangan kota koridor Surabaya – Malang sudah semakin meluas, (6) aspek fragmentasi spasial belum mendapatkan tempat yang tegas dalam kajian-kajian sebelumnya.

Permasalahan kajian

Permasalahan yang menarik untuk dikaji adalah berlakunya proses fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya di Surabaya dan sekitarnya. Fragmentasi tersebut ditandai oleh semakin hilangnya tanah sawah dan tambak sebagai akibat dari akumulasi: (1) lemahnya pemahaman sawah dan tambak sebagai ruang yang memiliki multi-fungsi ekosistem, (2) proses pertukaran gunatanah sering lebih mempertimbangkan aspek ekonomis daripada aspek ekologis, serta (3) masih lemahnya pelaksanaan aturan dalam mempertahankan sawah dan tambak abadi terhadap proses pertukaran gunatanah. Berdasarkan permasalahan yang dirumuskan maka objektif kajian adalah: (1) mengevaluasi komposisi dan konfigurasi pemanfaatan ekosistem tanah paya secara spasial berdasarkan data geospasial multi-temporal, (2) mengevaluasi fragmentasi spasial sebagai akibat dari bentuk, struktur dan pola pemanfaatan ekosistem tanah paya, (3) menyusun konsep model data dan model visual fragmentasi spasial ekosistem tanah paya

Sorotan literatur

Teori dan aplikasi ekologi landskap terus mengalami evolusi yakni bermula dari “*island biography*” oleh MacArthur dan Wilson (1967) yang menjelaskan tentang fakta-fakta terhadap distribusi geografis sehingga kajian yang lebih menekankan peran manusia sebagai sebuah entiti yang dapat mempengaruhi struktur dan fungsi lanskap. Prinsip dasar kajian ekologi landskap dikembangkan dengan tujuan dalam upaya mempertahankan ekosistem terhadap gangguan. Teori tersebut telah memberi sumbangan yang besar terhadap pengembangan ilmu ekologi asas yang lebih menyoroti tentang pentingnya hubungan, integriti dan tranformasi komponen landskap terutama dalam usaha pemulihan ekosistem yang terdegradasi. Pengembangan dan penerapan model merupakan komponen penting dalam kajian dinamika spasial yang sampai saat ini telah banyak dilakukan dalam studi ekologi landskap.

Evaluasi struktur landskap memerlukan informasi dinamik persekitaran berdasarkan analisis terintegrasi data fisiografis, geomorfologis, dan statistik spasial. Struktur landskap, menurut (Turner, 1989; Dunning et al.,1992) terdapat dua komponen yakni komposisi dan konfigurasi landskap. Struktur landskap ini dipahami sebagai dasar untuk menentukan tingkat heterogeniti spasial yang dapat dikira secara kuantitatif dan merupakan aspek penting dari studi ekologi landskap yakni pola spasial dan proses ekosistem. Pola spasial lebih menekankan pada aspek konfigurasi spasial,

sedangkan proses ekosistem lebih menekankan tentang keluasan pengaruh ekologis secara spasial. Kuantifikasi struktur landskap memang diperlukan untuk memahami dampak dari konfigurasi spasial terhadap proses ekologis dan juga untuk mendokumentasikan perubahan temporal dari perbezaan antara dua atau lebih landskap.

Fragmentasi landskap didefinisikan sebagai pemecahan habitat organisme menjadi fragment-fragment (*patches*) habitat yang membuat organisme kesukaran melakukan pergerakan dari fragment habitat yang satu ke habitat yang lainnya. Fragmentasi hutan berlaku jika hutan yang luas terpecah menjadi blok-blok lebih kecil kerana pembangunan jalan, pertanian, urbanisasi atau pembangunan lain. Keadaan ini selari dengan konsep fragmentasi habitat yang diturunkan dari teori "*island biogeografi*" MacArthur dan Wilson yang kemudian ditakrifkan semula sebagai bentuk perubahan landskap oleh (Groom & Schumaker, 1993; Baskent & Jordan, 1995), bahawa fragmentasi mengakibatkan kawasan habitat berkurangan, *area* tepi meningkat, *area* interior berkurangan, terisolasinya *patch*, dan peningkatan bilangan *patch*.

Meskipun sampai saat ini belum tersedia kesepakatan di antara para pakar dalam menentukan tingkat fragmentasi landskap, namun cara yang paling mudah adalah melalui analisis distribusi frekuensi ukuran *patch* (Groom & Schumaker, 1993). Keadaan lain penting yang perlu dicermati adalah bahawa kenyataan sangat sukar untuk mengira dan menafsirkan landskap yang kompleks (Baskent & Jordan, 1995). Para ilmuwan ekologi landskap berbagi dalam memahami fragmentasi melalui analisis heterogenitas spasial yang mempengaruhi proses abiotik dan biotik dalam ekosistem (Turner, 2005) sampai kemudian muncul paradigma mosaik dinamik oleh (Cushman et al., 2010).

Berkembangnya ilmu ekologi landskap dan teknologi penderiaan jauh yang terintegrasi dengan sistem informasi geografis telah memberikan dasar konsepsi dan teori yang kuat untuk memahami struktur, fungsi, dan perubahan landskap (Forman & Gordon, 1986; Turner, 1989; Urban et al., 1987). Pendekatan analisis interaksi pola dan proses yang terjadi pada landskap menjadi lebih mudah diidentifikasi ketika teknologi penderiaan jauh dan sistem informasi geografis berkembang sangat baik terutama dalam tiga dasawarsa terakhir.

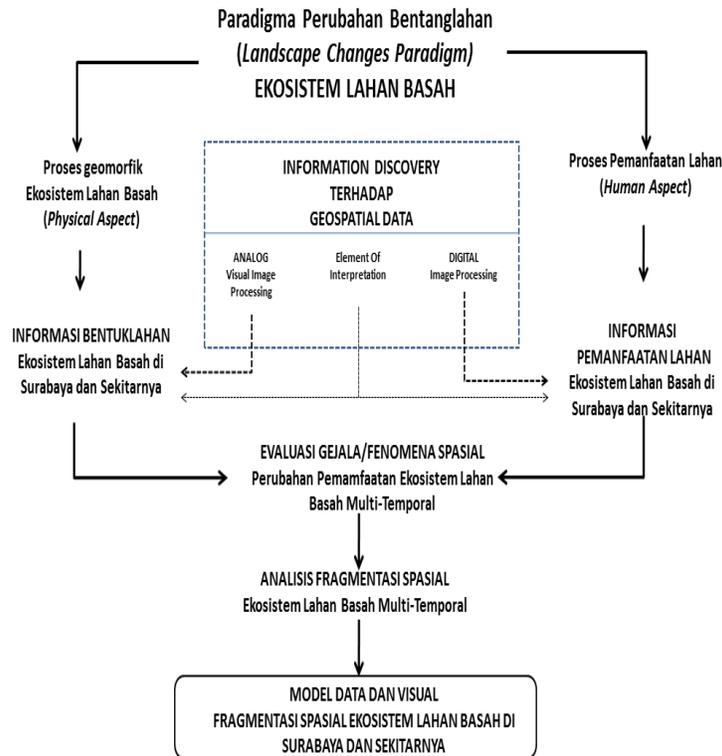
Kerangka teori

Secara keilmuan, kebaruan kajian ini adalah ditemukannya: (1) fragmentasi spasial dapat digunakan sebagai model untuk memahami proses fragmentasi secara luas pada ekosistem tanah paya di Indonesia, (2) tipologi fragmentasi spasial sangat bermanfaat untuk mengetahui proses fragmentasi spasial di Surabaya dan sekitarnya sebagai akibat dari akumulasi hilangnya sawah dan tambak, lemahnya pemahaman multi-fungsi ekosistem tanah paya dan lemahnya pengambil keputusan dalam pelaksanaan aturan untuk mempertahankan tanah sawah dan tambak, serta (3) mengadaptasikan model "data mining" terhadap data geospasial yang melimpah untuk mengekstrak pengetahuan terhadap gejala perubahan ruang. Kajian ini diperoleh tesis awal bahawa "data mining" menjadi sangat penting dalam mengubah data geospasial menjadi informasi geospasial. "Knowledge mining from geospatial data" memerlukan data yang lengkap dan tesisnya adalah semakin lengkap data maka akan semakin efektif dalam menemukan pola dan gejala ruang yang ada.

Rajah 1 menjelaskan bahawa perubahan landskap dapat dianalisis melalui dua pendekatan yakni berdasarkan proses geomorfik dan proses pemanfaatan tanah. Proses geomorfik dapat dipelajari melalui analisis bentuktanah sedangkan proses pemanfaatan dapat dipelajari melalui analisis penggunaan tanah dan penutup tanah secara multi temporal. Evaluasi terhadap gejala atau fenomena terhadap pola, bentuk dan arah pemanfaatan tanah digunakan sebagai dasar untuk melakukan evaluasi fragmentasi ekosistem tanah paya secara spasial.

Proses evaluasi terhadap data multi temporal adalah mampu memahami fenomena atau gejala fragmentasi secara spasial pada ekosistem tanah paya, merupakan bahagian penting dari proses "*information discovery*". Fragmentasi spasial akan menjadi semakin bermakna jika disusun model data dan visual agar mudah dipahami. Data mining dalam kajian ini dimaksudkan untuk melakukan "*information discovery*" terhadap data geospasial berbasis citra satelit multi-temporal dan multi-resolusi. Meskipun data tersebut memiliki variasi temporal dan variasi resolusi spasial dengan rentang perbezaan yang besar, namun ternyata menghasilkan kajian yang komprehensif. Hal ini merupakan

kebaharuan secara metodologis mengingat model kajian ini masih jarang dilakukan dalam kajian geografis, terutama yang mengambil konsentrasi bidang penderiaan jauh.



Rajah 1. Skema diagramatis kerangka teori kajian

Metod kajian

Kajian ini menfokuskan pada proses fragmentasi ekosistem tanah paya melalui pendekatan “data mining” terhadap data geospasial yang tersedia dengan cara “Exploratory Data Analysis – (EDA). Berdasarkan keterkaitan dengan objek kajian yakni ekosistem tanah paya kajian ini menggunakan kaedah pemerhatian lapangan, berkaitan dengan teknik analisis digunakan analisis kuantitatif dan kualitatif. Kaedah dan teknik tersebut digunakan untuk mengetahui proses fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya di Surabaya dan sekitarnya.

Pertukaran tanah pada ekosistem tanah paya yang tidak memperhatikan karakter landskap ternyata tidak hanya sekedar berkurangnya ruang pada ekosistem ini, tetapi telah menimbulkan gangguan ekosistem tanah paya. Kajian mengenai data geospasial yang diolah menjadi informasi geospasial tidak hanya sekedar mengolah data. Pendekatan “data mining” terhadap data geospasial yang melimpah sebagaimana telah dijelaskan di atas dilengkapi dengan pendekatan spasio-morfo-kuantitatif untuk menjelaskan gejala-gejala fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya. Hal ini dilakukan untuk memahami dampak akibat pertukaran tanah pada ekosistem tanah paya yang terkadang sukar terungkap jika hanya berdasarkan analisis dinamik pemanfaatan tanah.

Lokasi kajian

Kajian ini dilakukan di Surabaya dan sekitarnya. Tiga satuan bentuktanah pada ekosistem tanah paya yakni bentuktanah fluvial (F), bentuktanah marin (M), dan bentuktanah fluvio-marin (FM), yang

berada pada tiga kawasan pentadbiran yakni Kabupaten Gresik, Kota Surabaya dan Kabupaten Sidoarjo, lihat Rajah 2.



Rajah 2. Lokasi kajian

Data yang digunakan

Data geospasial terdiri atas peta dan citra penderiaan jauh sama ada analog mahupun digital bermula dari tahun 1954 sampai dengan 2008. Data dalam format raster adalah Landsat MSS, Landsat TM4, Landsat TM7, ASTER dan ALOS, sedangkan data dalam format vektor terdiri dari peta RBI, LPI, dan Peta Sistem Tanah. Selain itu ada juga data analog yakni Peta AMS, JOG, dan foto udara, peta geologi dan peta sistem tanah, lihat Jadual 1.

Jadual 1. Data yang digunakan dalam kajian

Bil.	Jenis Data	Tahun	Sumber	Keterangan
Format Raster				
1	Landsat MSS	08-08-1972	USGS	80 m
1	Landsat MSS	08-08-1982	USGS	80 m
1	Landsat MSS	08-08-1985	Waindo Spectera	80 m
2	Landsat 4 TM	28-03-1989	USGS	30 m
3	Landsat 4 TM	26-09-1994	Waindo Spectera	30 m
4	Landsat 7 ETM+	17-08-2000	BAKOSURTANAL	15 m
5	Landsat 7 ETM+	23-08-2002	BAKOSURTANAL	15 m
6	Landsat 7 ETM+	22-08-2003	USGS	15 m
7	ASTER	03-09-2005,	BAKOSURTANAL	15 m
9.	ALOS	2008, 2009	BAKOSURTANAL	15 m
10.	QuickBird	2004, 2012	BAKOSURTABAL	1 m
Format Vektor				
10	Peta RBI 8 NLP	1994	BAKOSURTANAL	1:25.000
Format Analog				
11	Peta AMS 8 NLP	1954	-	1:50.000
12	Peta JOG 1 NLP	1959	-	1:250.000

Cara analisis data

Proses terjadinya fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya dapat direkonstruksi melalui perubahan pemanfaatan tanah. Analisis pola dan proses spasial berdasarkan kuantifikasi heterogeniti spasial pada ekosistem tanah paya menjadi teknik utama untuk mengetahui proses perubahan yang terjadi pada periode tertentu. Fragmentasi spasial ditentukan oleh akumulasi dari nilai-nilai hasil analisis fragmentasi yakni: (1) Core Tanah Paya (2) Perforated Tanah Paya; (3) Edge Tanah Paya; (4) Peripheral Tanah Paya; (5) Patch Tanah Paya. Klasifikasi nilai fragmentasi spasial digunakan untuk menentukan tingkat fragmentasi yang dikelompokkan menjadi lima kategori yakni: proses fragmentasi dimulai dari perforasi, dissection, fragmentation, shrinkage dan attrition.

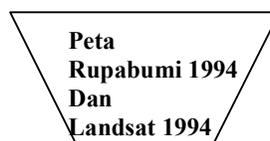
Analisis keterkaitan antara tipe fragmentasi spasial dengan variasi keruangan yang berbeza dilakukan dengan menghubungkan antara proses fragmentasi pada satuan bentuktanah dengan had pentadbiran yang berbeza. Analisis ini menunjukkan bahawa variasi keruangan mencerminkan tingkat fragmentasi spasial berbeza, hal ini merupakan jawapan dari pertanyaan kajian yang telah dirumuskan.

Hasil kajian dan perbincangan

Heterogeniti spasial ekosistem tanah paya

Perkembangan teknologi pengumpulan dan penyimpanan data geospasial dalam dua dasawarsa terakhir telah menghasilkan data yang sangat besar. Pertanyaannya adalah apakah data geospasial tersebut akan dibiarkan disimpan, atautkah dapat menambang “me-mining” agar memperoleh “emas” yakni informasi geospasial yang berguna untuk mendukung proses pengelolaan ruang terutama pada ekosistem tanah paya. Namun, perlu disedari bahawa perbezaan data merupakan sebuah keniscayaan yang tidak dapat dihindari ketika data geospasial dibangun untuk kepentingan dan tujuan berbeza.

Data Analog	Citra Resolusi 80 m	Citra Resolusi 30 m	Citra Resolusi Lebih dari 30 m
JOG-AMS 1954 dan 1959	MSS 1972,1982,1985	LANDSAT TM 1994, 2000, 2003	Aster 2006 dan Alos 2008/2009



Periode Sebelum 1965	Periode Antara 1965-1985	Periode Antara 1985-2005 Data 1994 (sebagai Master)	Periode Setelah Tahun 2005

Rajah 3. Pengelompokan data geospasial sesuai dengan jenis dan resolusi spasial

Evaluasi data multi-temporal dikelompokkan ke dalam empat periode yakni: (1) sebelum tahun 1965, menggunakan data AMS dan JOG; (2) periode antara 1965-1985, menggunakan Landsat MSS tahun 1972, 1982 dan tahun 1985; (3) periode antara 1985-2005, menggunakan citra Landsat TM 1994, 2000, 2003, dan (4) periode setelah tahun 2005, menggunakan citra ASTER dan ALOS.

Jadual 2. Akurasi total hasil klasifikasi dengan tiga jenis citra satelit resolusi spektral yang berbeza

Tarikh Akuisisi Citra	Jumlah GCP ^a untuk Regristrasi Citra	Akurasi Klasifikasi Total (%)
Landsat MSS, 27-09-1972	25	74,47
Landsat MSS, 25-04-1982	23	75,16
Landsat MSS, 08-08-1985	25	87,30
Landsat 4 TM, 28-03-1989	-	-
Landsat 4 TM, 26-09-1994	18	72,96
Landsat 7 ETM+ 17-08-2000	24	75,68
Landsat 7 ETM+, 23-08-2003	21	75,69
ASTER, 03-09,2005, 03-10-2005 dan 07-09-2006	24	66,54
ALOS, 2008/2009	25	79,07
QuickBird 2004, 2012	-	-

Sumber: hasil analisis

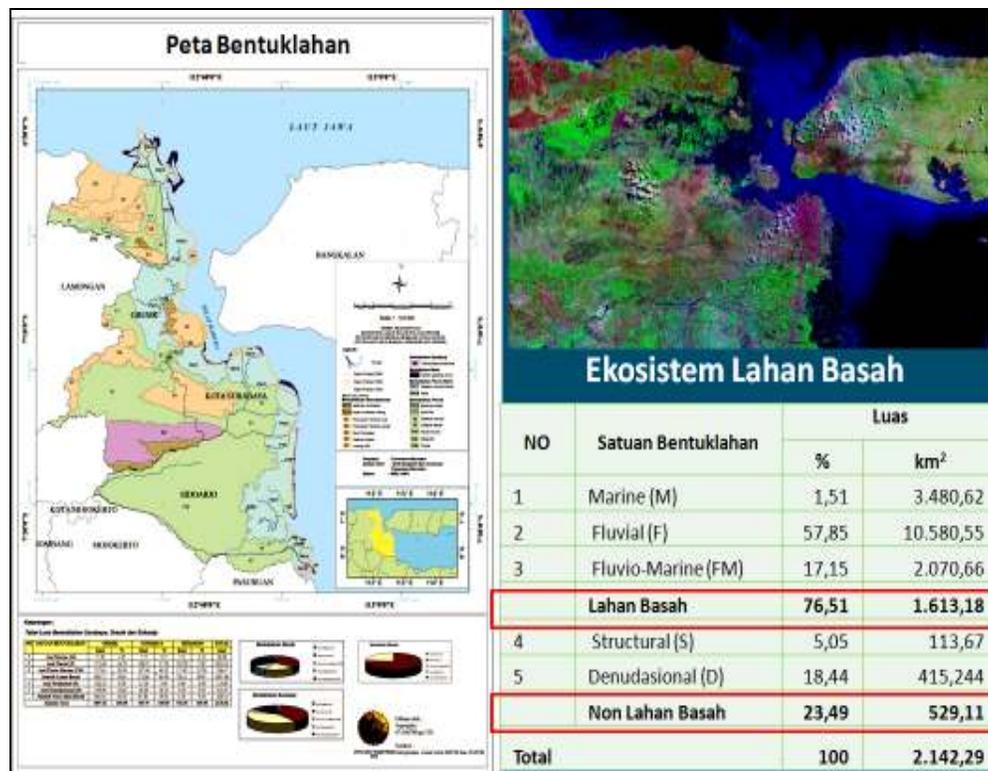
Seluruh data dijadikan dalam satu format raster dengan resolusi 30 meter sesuai dengan citra landsat tahun 1994 dan dikoreksi secara geometris berdasarkan referensi peta Rupa Bumi Indonesia dengan skala 1:25.000 tahun 1994, lihat Rajah 3. Hasil registrasi citra dan hasil koreksi seluruh citra satelit dapat dilihat pada Jadual 2.

Hasil analisis komposisi dan konfigurasi ekosistem tanah dimaksudkan untuk mengetahui variasi bentuktanah. Jadual 3 menunjukkan bahawa kawasan kajian dapat dibezakan menjadi dua yakni ekosistem tanah paya dan ekosistem bukan tanah paya. Satuan bentuktanah kategori ekosistem tanah paya yakni satuan bentuktanah asal fluvial (F), satuan bentuktanah asal marin (M) dan satuan bentuktanah asal fluvio-marine (FM). Bentuktanah asal struktural (S) dan denudasional (D) tidak dilibatkan dalam analisis fragmentasi spasial, lihat Rajah 4.

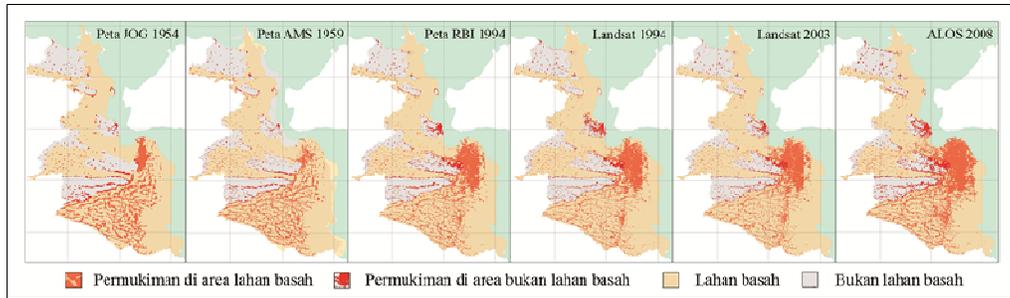
Jadual 3. Bentuktanah kawasan Gresik, Surabaya dan Sidoarjo berdasarkan satuan bentuktanah asal proses

BIL.	SATUAN BENTUKTANAH	GRESIK	SURABAYA	SIDOARJO	TOTAL
1	Asal Marine (M)	1.495,69	484,43	1.500,50	3.480,62
2	Asal Fluvial (F)	3.706,59	1.280,68	5.593,28	10.580,55
3	Asal Fluvio-Marine (FM)	860,99	955,73	253,94	2.070,66
Jumlah Tanah Paya		6.063,27	2.720,84	7.347,72	16.131,83
4	Asal Struktural (S)	1.020,98	115,75	0	1.136,73
5	Asal Denudasional (D)	3.589,99	562,56	1,90	4.154,45
Jumlah Non-Tanah Paya		4.610,97	678,31	1,90	5.291,18
Jumlah Total		10.674,23	3.399,15	7.349,61	21.422,99

Sumber: Hasil analisis peta bentuktanah kawasan Surabaya, Gresik dan Sidoarjo, yang terdiri satuan bentuktanah asal marine (M), bentuktanah asal fluvial (F), bentuktanah asal fluvio-marine (FM), bentuktanah asal struktural (S) dan bentuktanah asal denudasional (D)



Rajah 4. Peta satuan bentuktanah Surabaya dan sekitarnya (suprajaka et,al 2011)



Rajah 5. Perkembangan kawasan terbangun (petempatan dan infrastruktur) di Gresik, Surabaya dan Sidoarjo

Rajah 5 dapat menunjukkan gejala perkembangan petempatan tersebut memberi makna secara normatif dipengaruhi oleh faktor peningkatan penduduk, peningkatan sosial ekonomi, dan faktor pengembangan infratraktur. Jadual 4 dan 5 dapat dijelaskan bahawa bentuktanah fluvial sangat rentan terhadap pertukaran tanah yang telah terjadi lebih awal apabila dibandingkan dengan bentuktanah asal marin dan fluvio marin. Namun selari dengan permintaan ruang yang semakin meningkat maka pertukaran tanah berlaku juga pada bentuktanah asal fluvio marin dan bentuktanah asal marin.

Jadual 4. Perubahan keluasan petempatan dari tahun 1954-2008 berdasarkan had pentadbiran

TAHUN	GRESIK		SURABAYA		SIDOARJO		TOTAL		%
	Luas	Permk	Luas	Permk	Luas	Permk	Luas	Permk	
1954	1.016,32	57,27	306,27	62,43	679,05	164,15	2.001,63	283,85	14,18%
2008	1.050,49	83,54	333,17	181,72	723,09	170,54	2.106,75	435,80	20,69%

Jadual 5. Perubahan keluasan petempatan dari tahun 1954-2008 berdasarkan had bentuktanah

Tahun	Fluvial		Fluvio-Marin		Marin		TOTAL		%
	Luas	Permk	Luas	Permk	Luas	Permk	Luas	Permk	
1954	1.048,51	211,97	132,75	20,63	292,61	4,13	1.473,87	273,95	18,59%
2008	1.050,44	282,92	193,78	50,75	333,44	15,18	1.577,65	348,85	22,11%

Fragmentasi spasial ekosistem tanah paya

Gejala fragmentasi spasial dapat diukur dan dianalisis berdasarkan data heterogenitas spasial yakni: (1) Core tanah paya (2) Perforated tanah paya; (3) Edge tanah paya; (4) Peripheral tanah paya; (5) Patch tanah paya.

Jadual 6. Nilai indeks fragmentasi spasial

Klas Fragmentasi	1954	1959	1972	1982	1985	1994	2000	2003	2008
patch	2,35	3,70	9,37	9,33	11,94	12,96	14,78	16,67	12,70
edge	37,29	54,42	91,45	91,68	84,25	86,12	91,53	93,18	128,98
perforated	9,63	19,16	32,03	31,67	26,64	31,42	35,94	46,66	67,94
core (< 250)	2,38	5,42	24,76	24,50	37,62	43,61	51,13	52,53	101,73
core (250 - 500)	4,31	4,31	4,31	4,30	22,40	26,43	27,72	32,08	47,86
core (> 500)	1323,86	1263,32	1103,58	1108,67	1003,92	992,25	925,22	889,58	588,33
Total	1375,52	1346,03	1265,49	1270,14	1186,77	1192,79	1146,33	1130,69	947,54

Berdasarkan nilai indeks fragmentasi yang tercantum dalam Jadual 6, bahawa fragmentasi spasial terdiri atas lima kelas dan dapat diklasifikasikan ke dalam lima kelas fragmentasi, yakni (1) sangat rendah, (2) rendah, (3) sederhana, (4) tinggi dan (5) sangat tinggi. Keadaan fragmentasi spasial di masing-masing bentuktanah di kawasan kajian disebabkan oleh komponen yang berbeza-beza bergantung kepada keadaan kawasan pentadbiran.

Nilai indeks yang sudah diklasifikasi dikelompokkan menjadi lima kelas yang menunjukkan lima tingkatan fragmentasi spasial yakni perforasi, diseksi, fragmentasi, dispasi dan atrisi, lihat juga Jadual 7 dan 8.

Jadual 7. Bentuk fragmentasi spasial di setiap kawasan berdasarkan masing-masing transek

No	Tipologi Fragmentasi	Gresik		Surabaya		Sidoarjo	
		frek	%	frek	%	frek	%
1	Perforasi Lebih > 90%	72	36.0	7	3.5	55	27.5
2	Diseksi 60-90 %	34	17.0	13	6.5	39	19.5
3	Fragmentasi 30-60 %	42	21.0	50	25.0	45	22.5
4	Dispasi 10-30 %	31	15.5	55	27.5	27	13.5
5	Atrisi Kurang 10 %	21	10.5	75	37.5	34	17.0
	Total	200	100	200	100	200	100

Sumber: hasil analisis 2011

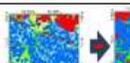
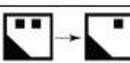
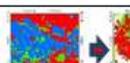
Berdasarkan hasil analisis tipologi fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya di Surabaya dan sekitarnya dapat diklasifikasikan sesuai dengan pendapat Jagger dan Pender (2000) yang diadopsi dari konsep Forman dan Gordon (1995) bahawa proses fragmentasi bermula dari perforasi, dissection, fragmentation, shrinkage dan attrition, lihat Jadual 7 dan 8.

Jadual 8. Bentuk fragmentasi spasial di setiap satuan bentuktanah berdasarkan masing-masing transek

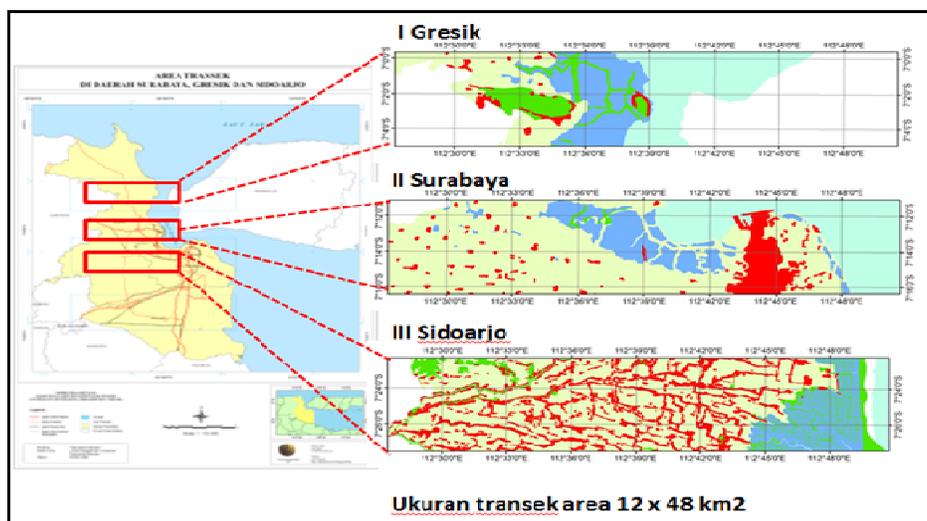
No	Tipologi Fragmentasi	Fluvial		Fluvio Marin		Marin	
		frek	%	frek	%	frek	%
1	Perforasi Lebih > 90%	13	6.5	70	35.0	77	38.5
2	Diseksi 60-90 %	42	21.0	45	22.5	48	24.0
3	Fragmentasi 30-60 %	66	33.0	40	20.0	37	18.5
4	Dispasi 10-30 %	34	17.0	30	15.0	22	11.0
5	Atrisi Kurang 10 %	45	22.5	15	7.5	16	8.0
		200	100	200	100	200	100

Ditinjau dari sisi ketertekanan ekosistem tanah paya pada tahap perforation menuju dissection memiliki dampak rendah kerana tingkat modifikasi tanah sangat kecil dengan keluasan yang rendah yang kemudian disebut Inctact, dengan peratusan cover dari core (sawah dan tambak) lebih dari 90 % keluasan total bentuktanah. Pada proses berikutnya adalah modifikasi tanah dari rendah menuju tinggi sehingga variegated, maksudnya core (sawah dan tambak) mempunyai baki antara 60-90 %. Proses ini dikenal sebagai bentuk dissection menuju fragmentation. Fasa berikutnya adalah fragmented, yakni ketika core (sawah dan tambak) tinggal 10-60 % sebagai akibat dari modifikasi tanah sudah tinggi. Fasa berikutnya adalah shrinkage dan attrition, yang sebenarnya sukar untuk dibezakan. Fasa tersebut dapat disebut sebagai relictual, artinya core (sawah dan tambak) tinggal sedikit kurang dari 10 % atau bahkan sudah tidak ada lagi, modifikasi tanah sudah sangat tinggi (mostly modified), untuk lebih jelasnya dapat dilihat perbandingan antara teori Forman (1995), Jagger dan Pender (2000), Clark (2010) dengan Suprajaka (2012) berdasarkan hasil kajian seperti pada Jadual 9.

Jadual 9. Perbandingan hasil analisis fragmentasi antara Forman (1995), Jagger dan Pender (2000), Clark (2010) dan Suprajaka (2012)

Peneliti / Proses	Forman (1995)	Jagger (2000)	Clark, W (2010)	Suprajaka (2012)
1	 Perforation	 Intact	 perforation	 Perforasi
2	 Dissection	 Variated	 dissection	 Diseksi
3	 Fragmentation	 Fragmented	 dissipation	 Fragmentasi
4	 Shringkage	 Relictual	 Attrition	 Dispasi
5	 Attrition	 Relictual	 Attrition	 Atrisi

Berdasarkan Informasi Geospasial Tematik Penggunaan Tanah tahun 1954-2008 dianalisis melalui transek seperti terlihat pada Rajah 6. Analisis transek dilakukan di tiga kawasan Kabupaten Gresik transek I, Kota Surabaya transek II dan Kabupaten Sidoarjo transek III dengan saiz setiap transek yakni 12 x 48 km².



Rajah 6. Kawasan transek untuk analisis pertukaran tanah pada ekosistem tanah

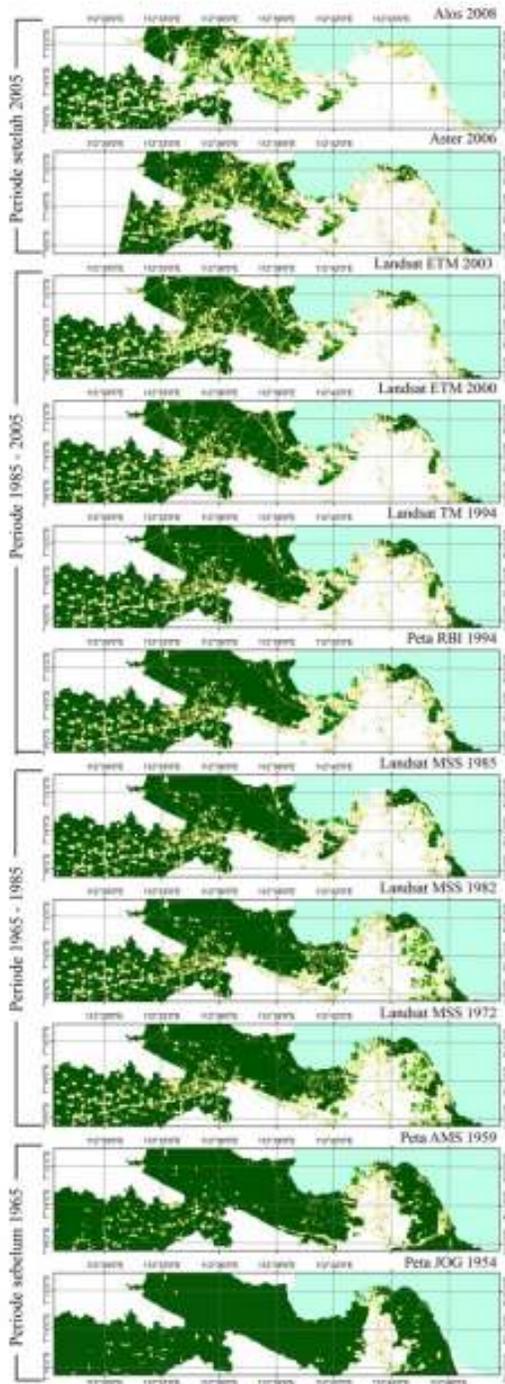
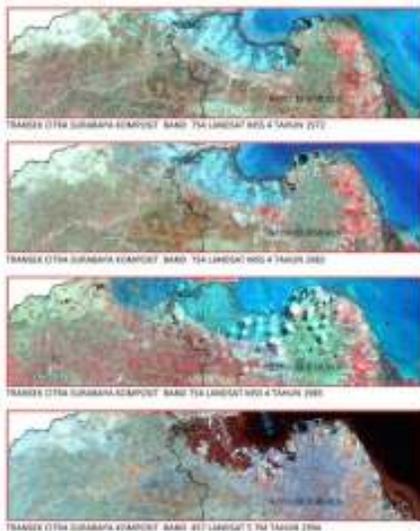
Rajah 7 menunjukkan bahawa secara visual tiga kelompok fragmentasi tersebut adalah: (1) fragmentasi gradual-berpola sporadik yakni pola pertukaran yang kemungkinan besar diakibatkan oleh dua faktor penggerak utama yakni tanah yang tidak/kurang produktif/bermanfaat secara ekonomi

serta keterdesakan pelaku pertukaran, termasuk didalamnya kerana keperluan tempat tinggal/petempatan akibat adanya pertumbuhan penduduk, (2) fragmentasi sistematik berpola enclave yakni pola pertukaran yang mencakup kawasan dalam bentuk hamparan tanah paya yang secara serentak dan relatif luas dalam waktu yang relatif sama, dan (3) fragmentasi multi bentuk atau tanpa pola, yang diakibatkan oleh pertukaran tanpa beban yang kemungkinan dipengaruhi oleh pelbagai faktor peruntukan seperti pembangunan kawasan pejabat, sekolah, koperasi, perdagangan dan sebagainya. Detail hubungan antara dinamik petempatan dan heterogeniti spasial ekosistem tanah paya serta visualisasi fragmentasi spasial.

TRANSEK FRAGMENTASI AREA SURABAYA



- Klas Fragmentasi
- Patch
 - Edge
 - Perkolasi
 - Core (< 250 acres)
 - Core (250-500 acres)
 - Core (> 500 acres)
 - Distributer



Rajah 7. Contoh visualisasi fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya

Kesimpulan

Fragmentasi ruwang ekosistem tanah paya di Surabaya dan sekitarnya merupakan fenomena kompleks hasil dari proses pertukaran tanah dan terdapat hubungan interaksi dinamik antara ketersediaan ruwang yang semakin terhad dengan tuntutan permintaan ruwang yang semakin meningkat. Fragmentasi terjadi ketika sebuah kawasan bentangtanah terpecah menjadi unit-unit lebih kecil dan dikelilingi oleh penggunaan tanah lainnya yang berbeza. Keadaan ini mendorong munculnya gangguan akibat wujudnya diskontinuiti dari lanskap. Kajian khas dilakukan untuk memahami proses fragmentasi ruwang ekosistem tanah paya buatan yakni fragmentasi pada sawah dan tambak yang menempati satuan bentuktanah fluvial (F), bentuktanah fluvio-marin (FM) dan marin (M). Hal ini menunjukkan implikasi bahawa pemanfaatan ruwang seharusnya menggunakan prinsip-prinsip “*design primordial*” atau “*geographic design*”.

Berlaku perubahan pola fragmentasi antara satuan bentuktanah dalam empat periode, yakni: infromasi geospasial sebelum tahun 1965, antara 1965-1985, antara 1985 -2005, dan setelah tahun 2005. Keadaan ini apabila dikaji lebih lanjut sangat dimungkinkan dalam proses fragmentasi terdapat hubungan korelatif antara nilai indeks dan tipologi fragmentasi dengan polisi publik yang dikeluarkan pemerintah, misalnya RTRW Nasional, RTRW Propinsi, dan RTRW Kabupaten/Kota. Hal ini merupakan peluang untuk melakukan kajian lebih lanjut untuk menentukan hubungan korelatif antara proses fragmentasi ruwang dengan polisi pemerintah.

Kajian ini memberikan implikasi teoritis dalam bidang pengembangan framework dan landasan metodologis terhadap analisis berbasis citra penderiaan jauh multi temporal dan multi resolusi terutama dalam hal memanfaatkan data geospasial. Model “*data mining*” terhadap data geospasial yang melimpah mampu mengekstrak pengetahuan terhadap gejala perubahan ruwang. Kajian ini menjelaskan bahawa “*data mining*” menjadi sangat penting untuk menganalisis data geospasial menjadi informasi geospasial. “*Knowledge mining from geospatial data*” memerlukan data yang lengkap dan tesisnya adalah semakin lengkap data maka akan semakin efektif dalam menemukan pola dan gejala ruwang yang ada.

Kajian heterogeniti ruwang merupakan bahagian yang sangat penting dan memberikan implikasi teoritik terhadap konsepsi fragmentasi spasial pada ekosistem tanah paya buatan. Sebuah konsep baru fragmentasi sebagai sebuah model visual yang mampu memberikan penjelasan tentang kompleksiti dari proses fragmentasi secara ruwang pada ekosistem tanah paya buatan di Indonesia. Gejala fragmentasi yang muncul akibat adanya heterogeniti ruwang yang dilakukan oleh penulis adalah merujuk kepada konsep “*landscape ecology*” Forman dan Gordon (1996), konsep “*landscape metrics*” oleh Cardille dan Turner (2002), dan konsep dan model “*landscape fragmentation*” oleh Jeager (2008).

Hasil kajian fragmentasi ruwang ini perlu ditindaklanjuti dalam ertikata pemerintah pusat dan tempatan wajib memberikan insentif kepada pemilik tanah pertanian yang salah satu kriterianya adalah tidak melakukan pemecahan tanah. Fragmentasi yang dimaksud dalam Undang Undang nombor 41 tahun 2009 pasal 40 dan Peraturan Pemerintah nombor 12 tahun 2012 tersebut sebenarnya lebih kepada model fragmentasi kepemilikan tanah; meskipun kepemilikan tanah sudah berpecahan tetapi secara ruwang ianya naris dipertahankan dan diberi insentif supaya tidak terfragmentasi. Bagaimana takat dan insentif mengurangkan fragmentasi ruwang tanah harus ditentukan merupakan misi kajian berikutnya.

Rujukan

- Baskent EZ, Jordan GA (1996) Designing forest management to control spatial structure of landscapes. *Landscape Urban Plann* 34, 55–74.
- Cardille JA, Turner MG (2002) Understanding landscape metrics. In: SE Gergel, MG Turner (eds) *Learning landscape ecology: A practical guide to concepts and techniques*. Springer-Verlag, New York.
- Clark WR (2010) Principles of landscape ecology. *Nature Education Knowledge* 2 (2), 34.

- Cushman SA, Landguth EL, Flather CH (2010) *Climate change and connectivity: Assessing landscape and species vulnerability: Phase I*. U.S. Forest Service Rocky Mountain Research Station.
- Dunning JB, Danielson BJ, Pulliam HR (1992) Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* **65**, 169-175.
- Forman RTT, Gordon M (1986) *Landscape ecology*. John Wiley and Sons, New York.
- Forman RTT, Gordon M (1995) *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Groom MJ, Schumacher N (1993) Evaluating landscape change: Patterns of worldwide deforestation and local fragmentation. In: Kareiva PM, Kingsolver JG, Huey RB (eds), pp. 32.
- Jaeger JAG, Bertiller R, Schwick C, Müller K, Steinmeier C, Ewald KC, Ghazoul J (2008) Implementing landscape fragmentation as an indicator in the Swiss Monitoring System of Sustainable Development. *Journal of Environmental Management* **88** (4), 737-751
- Jagger P, Pender J (2000) The role of trees for sustainable management of less favored lands: The case of eucalyptus in Ethiopia. Environment and Production Technology Division Discussion Paper No. 65. International Food Policy Research Institute, Washington, DC.
- MacArthur RH, Wilson EO (1967) *The theory of island biogeography*. Princeton University Press, Princeton, N.J.
- Suprajaka (2012) Fragmentasi spasial pada ekosistem lahan basah berbasis citra multi temporal di Surabaya dan sekitarnya. (PhD dissertation). Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Turner MG (1989) Landscape ecology: The effect of pattern on process. *Annual Review of Ecology and Systematics* **20**, 171-197.
- Turner MG (2005) Landscape ecology: What is the state of the science. *Annual Review of Ecology, Evolution, Systematics* **36**, 319-344.
- Urban DL, O'Neill RV, Shugart (Jr) HH (1987). *Landscape ecology: A hierarchical perspective can help scientists understand spatial patterns*.
- _____. Undang-Undang nomor 5 tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati.
- _____. Undang-Undang No 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2005 – 2025.
- _____. Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- _____. Undang-Undang No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- _____. Undang-Undang No 41 Tahun 2009 tentang Perlindungan Tanah Pertanian Pangan Berkelanjutan.
- _____. Undang-Undang No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.
- _____. Keputusan Presiden nomor 32 tahun 1990 tentang Pengelolaan Kawasan Lindung.
- _____. Keputusan Presiden nomor: R.09.PRD/PU/X/1991, tanggal 19 Oktober 1991 tentang Ratifikasi Konvensi Ramsar.
- _____. Keputusan Presiden No 1982 Tahun 1995 tentang Pengembangan Tanah Gambut untuk Pertanian Tanaman Pangan di Kalimantan Tengah.
- _____. Peraturan Presiden No. 94 Tahun 2011 tentang Badan Informasi Geospasial.
- _____. Peraturan Presiden No. 32 tahun 2011 tentang Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia 2011-2025
- _____. Peraturan Pemerintah No. 12 tahun 2012 tentang Insentif Perlindungan Tanah Pertanian Pangan Berkelanjutan.
- _____. Peraturan Daerah Kabupaten Sidoarjo tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sidoarjo Tahun 2009 - 2029.
- _____. Peraturan Daerah Kabupaten Gresik Rencana tentang Tata Ruang Wilayah Kabupaten Gresik Tahun 2010 - 2030.