

RANCANG BANGUN SISTEM INFORMASI KERUANGAN BERBASIS WEB-SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK PEMBANGUNAN METROPOLITAN BERKELANJUTAN Studi Kasus: Wilayah Metropolitan Semarang

Imam Buchori^{1]}, Muhammad Bugy Ardhytio Yusuf^{2]}, Anang Wahyu Sejati^{3]}, Agung Sugiri^{4]}

i.buchori@undip.ac.id^{1]}, bugi.ardityo@gmail.com^{2]}, anangws@undip.ac.id^{3]}, a.sugiri@undip.ac.id^{4]}

Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro ^{1]} ^{2]} ^{3]} ^{4]}

ABSTRAK

Sebagaimana kota-kota metropolitan lain di Indonesia, perkembangan Wilayah Metropolitan Semarang (WMS), yang terdiri dari Kota Semarang sebagai kota induk, beserta beberapa kabupaten dan kota di sekitarnya, yaitu Kabupaten Kendal, Kabupaten Demak, Kabupaten Semarang dan Kabupaten Grobogan, telah membawa berbagai dampak, baik positif maupun negatif. Dalam hal ini, muncul indikasi ketidakberjutan pembangunan di WMS. Penelitian Buchori et al. (2015) telah menghasilkan model sistem informasi keruangan untuk penilaian pembangunan berkelanjutan di WMS, dengan kedalaman informasi hingga tingkat kecamatan. Karena sistem tersebut masih berbasis PC, maka dalam penelitian ini dikembangkan menjadi berbasis web (internet) sehingga dapat dipergunakan secara lebih optimal.

Penelitian ini adalah pemodelan keruangan, dengan bantuan perangkat lunak pengolahan peta ArcGIS dan ArcView, bahasa pemrograman HTML, CSS dan Javascript, pemetaan berbasis web Leaflet.js (via qgis2leaf), dan server dan basis peta Openstreetmap. Proses analisis yang dilakukan meliputi pemetaan lokasi, verifikasi informasi, pembuatan web-GIS, simulasi, dan validasi model web-GIS yang dihasilkan. Hasil aplikasi menunjukkan bahwa sistem tersebut cukup informatif dalam menggambarkan tingkat keberlanjutan pembangunan di masing-masing kecamatan yang masuk ke dalam WMS. Informasi tersebut dikelompokkan dalam empat kemampuan pembangunan berkelanjutan sebagaimana dirumuskan oleh Sugiri et al. (2011), yaitu: (1) meminimalkan penggunaan energi dan sumber daya alam, (2) mengoptimalkan keseimbangan aktivitas dengan lingkungan, baik di dalam maupun antar wilayah, (3) memperkuat keunggulan komparatif wilayah, dan (4) melibatkan sebanyak mungkin masyarakat dalam kegiatan yang produktif.

Kata kunci: sistem informasi, web-GIS, metropolitan, pembangunan berkelanjutan

PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi tinggi pada suatu wilayah berpotensi menekan keseimbangan alam dan lingkungan. Pada satu sisi, pertumbuhan tersebut meningkatkan taraf hidup masyarakat, tetapi di sisi lain, pertumbuhan tersebut akan menyerap sumber daya alam pada wilayah yang ada di belakangnya, yang pada akhirnya dapat berakibat pada ketimpangan antar wilayah dan penurunan kualitas lingkungan.

Permasalahan di atas juga terjadi di Wilayah Metropolitan Semarang (WMS). Indikasi ketidakberlanjutan pembangunan juga terjadi di wilayah ini, yang meliputi Kota Semarang sebagai kota induk beserta beberapa kabupaten di sekitarnya, yaitu Kabupaten Kendal, Kabupaten Demak, Kabupaten

Semarang dan Kabupaten Grobogan (lihat Sugiri et al. 2011; Sugiri et al. 2015). Selanjutnya Buchori et al. (2015) dalam sebuah penelitian kolaborasi antara Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota (JPWK), Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, dengan *School of Geography, Planning, and Environmental Management (SGPEM), University of Queensland*, telah menghasilkan suatu model sistem informasi keruangan yang dapat dipergunakan untuk penilaian (*assessment*) pembangunan berkelanjutan, dengan kedalaman informasi hingga tingkat kecamatan. Namun demikian, sistem informasi tersebut masih berbasis PC, sehingga pemanfaatan dan aksesibilitasnya masih relatif terbatas.

Agar dapat memberikan kemanfaatan yang optimal, suatu sistem informasi seharusnya dapat diakses secara luas oleh para pemangku kepentingan (Nurjanah & Buchori 2012; Buchori 2011; Buchori 2008; Buchori 2005). Dalam hal ini, sistem informasi yang dapat diakses secara luas adalah sistem informasi berbasis web (internet). Dengan demikian, penelitian ini bertujuan mengembangkan suatu rancang bangun sistem informasi berbasis web-SIG yang dapat dipergunakan untuk penilaian pembangunan kawasan metropolitan berkelanjutan. Kegiatan ini adalah kelanjutan dari implementasi konsep sistem informasi yang telah dihasilkan dari penelitian-penelitian sebelumnya ke dalam bentuk Sistem Informasi berbasis web-SIG.

KAJIAN PUSTAKA

Pembangunan Wilayah Metropolitan Berkelanjutan

Glasson (1978) dan Glasson & Marshall (2007) mendefinisikan wilayah sebagai suatu kesatuan geografis kawasan yang memiliki keterkaitan ekonomi, administrasi, formulasi dan implementasi penyusunan dan perencanaan kebijakan publik, dalam rangka meningkatkan kesejahteraan penghuninya. Laak (1994) menitikberatkan interaksi yang cukup intens antar guna lahan di dalam wilayah tersebut. Wilayah dan elemen-elemen keruangannya adalah basis dan acuan untuk perencanaan kawasan, penyusunan rencana-rencana sektoral, serta penyusunan program-program pembangunan lokal dan wilayah.

Sementara itu, metropolitan adalah suatu wilayah yang terdiri dari kota induk dan kawasan di belakangnya (*hinterland*-nya), yang sebagian besar wilayah tersebut didominasi fungsi perkotaan. Menurut Bourne (1997), metropolitan adalah wilayah yang terbentuk dari wilayah-wilayah yang terintegrasi dalam sistem pola komuter yang terhubung dengan kota induk, dimana wilayah tersebut berada. Dalam konteks Indonesia, metropolitan dapat diartikan sebagai suatu kota besar beserta seluruh atau sebagian wilayah kabupaten di sekitarnya yang saling memiliki ketergantungan cukup tinggi. Jumlah penduduk metropolitan menurut standar Kementrian Pekerjaan Umum adalah sekurang-kurangnya satu juta jiwa.

Beberapa kota di Indonesia telah berkembang menjadi metropolitan. Bahkan karena besarnya, Kota Jakarta sering disebut sebagai megapolitan. Beberapa kota lain, seperti Surabaya dan Bandung telah berkembang menuju fase “metropolitan tua”. Kota Semarang, Yogyakarta dan kota-kota ibukota provinsi di luar Pulau Jawa berkembang pada fase “metropolitan muda”. Perkembangan metropolitan tersebut dapat memunculkan berbagai permasalahan yang apabila terlambat diantisipasi akan menjadi sangat kompleks dan tidak terkendali. Permasalahan yang terjadi di Jakarta saat ini selayaknya menjadi cermin

bagi kota-kota lain untuk segera bertindak agar permasalahan yang ada tidak berkembang menjadi tidak terkendali.

Pembangunan Berkelanjutan

Definisi umum pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang ditujukan untuk pemenuhan kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan atau membahayakan kemampuan generasi yang akan datang untuk memenuhi kebutuhan hidupnya (WCED 1987). Dalam hal ini, keberlanjutan adalah kunci untuk menghadapi kontradiksi dari berbagai kebijakan (Sakellari & Skanavis 2013). Menurut Barrett & Grizzle (1999), keberlanjutan bergantung pada kemampuan untuk menyatukan perbedaan pandangan dari berbagai komunitas yang terlibat didalamnya. Selain itu, tingkat keberlanjutan pembangunan juga dipengaruhi oleh perbedaan terhadap ekspektasi nilai tujuan yang diharapkan (Bockstaller & Girardin 2003).

Keselarasannya diharapkan dapat mengoptimalkan pemanfaatan ruang dan sumber daya untuk mendukung aktivitas masyarakat sesuai tujuan dan sasaran pembangunan wilayah (Ambardi & Prihawantoro 2002). Optimal dalam hal ini berarti tercapainya tingkat kemakmuran yang sesuai dan selaras, yang berada dalam lingkungan berkelanjutan. Oleh karena itu, proses pembangunan perlu mempertimbangkan beberapa prinsip pembangunan berkelanjutan, antara lain: adanya unsur standar, diversifikasi, swasembada dan adanya hubungan antar wilayah. Dengan demikian, prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dapat diwujudkan di semua wilayah (Gibson 2006; Bond & Morrison-Saunders 2011).

Pada prinsipnya, domain pembangunan berkelanjutan mencakup tiga aspek, yaitu: aspek lingkungan, sosial dan ekonomi (WCED 1987). Pembangunan wilayah dapat berkelanjutan apabila tercapai keseimbangan diantara ketiga aspek tersebut. Pembangunan juga harus menempatkan masyarakat sebagai objek, yaitu pihak sebagai pusat perhatian karena membutuhkan, dan sekaligus sebagai subjek, yaitu sebagai pihak yang terlibat dalam proses pembangunan. Strategi pembangunan yang menyertakan partisipasi masyarakat akan mampu memperbaiki kualitas hidup sesuai dengan kebutuhan masyarakat dalam konsep tradisi budaya yang masih berlaku (Hikmat 2000).

Aspek ekologis didasarkan pada pertimbangan bahwa perubahan lingkungan akan dipengaruhi oleh aktivitas manusia. Dampak tersebut akan terasa di masa yang akan datang (Donnelly et al. 2007). Menurut Rees (1994), pandangan ekologis didasarkan pada tiga prinsip utama yaitu: aktivitas ekonomi yang dilakukan manusia adalah tidak terbatas sedangkan ekosistem terbatas; tututan aktivitas ekonomi yang lebih maju; dan pelaksanaan pembangunan dalam jangka waktu yang panjang.

Salah satu komponen penting dalam aspek ekologis adalah penggunaan lahan berkelanjutan. Tujuan utama pengelolaan penggunaan lahan adalah memaksimalkan pemanfaatan lahan sesuai dengan nilai kesesuaian lahannya (lihat FAO 1975). Namun demikian, pemanfaatan lahan tersebut tidak boleh mengabaikan batasan-batasan terhadap daya dukung lingkungan. Dalam hal ini, pemanfaatan lahan dipengaruhi oleh tiga faktor, yaitu: faktor ekonomi yang berorientasi pada kepentingan pengembangan finansial, faktor pemenuhan kebutuhan dasar yang berfungsi menjaga keberlangsungan hidup masyarakat dan faktor nilai sosial yang tumbuh dan berkembang di wilayah dimana lahan tersebut berada (Chapin-Jr. et al. 1995). Dengan demikian, perencanaan guna lahan sangat penting untuk mengembalikan kerusakan lingkungan yang ditimbulkan oleh urbanisasi dan industrialisasi (O'Connor 1994). Sebagai contoh adalah masalah lingkungan yang muncul akibat perubahan guna lahan dari pertanian menjadi industri dan/atau

permukiman (Chan & Shimou 1999). Kesalahan dalam penatagunaan lahan tidak hanya menyebabkan permasalahan lingkungan, tetapi juga masalah sosial ekonomi seperti daerah kumuh, urbanisasi dan migrasi urban perdesaan yang berlebihan (Gollner 1996; McGee 1971; McMahan 1997).

Terkait aspek sosial dalam pembangunan berkelanjutan, Cernea (1994) menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan lebih ditekankan pada pemberdayaan organisasi sosial masyarakat yang ditujukan untuk pengelolaan sumberdaya alam yang mengarah kepada keberlanjutan. Dalam hal ini, pemberdayaan masyarakat mencakup juga pengertian pembangunan masyarakat (*community development*) dan pembangunan yang bertumpu pada masyarakat (*community-based development*).

Aspek ketiga, yaitu aspek ekonomi, mencakup peningkatan ketersediaan dan kecukupan kebutuhan ekonomi (*growth*) serta kelestarian aset dalam arti efisiensi pemanfaatan sumberdaya yang ramah lingkungan, berkeadilan bagi masyarakat pada masa kini dan yang akan datang (Munashe 1994; Fauzi 2004; Pezzey 1992). Pertumbuhan ekonomi yang tinggi akan menekan keseimbangan alam dan lingkungan. Dengan demikian, peningkatan pertumbuhan ekonomi memerlukan kesadaran masyarakat akan pentingnya peningkatan kualitas lingkungan (Yasa 2010). Selain itu, peran serta masyarakat juga berpengaruh terhadap kesuksesan pembangunan berkelanjutan.

Supaya berkelanjutan, pembangunan suatu wilayah metropolitan haruslah memperhatikan keberlanjutan ketiga aspek di atas. Keseimbangan terhadap ketiga aspek tersebut perlu mendapat perhatian serius dari para pemangku kebijakan supaya tidak ada aspek yang dikalahkan atau pun dimenangkan. Pemberian perhatian secara berlebih pada salah satu aspek dengan mengabaikan aspek yang lain akan mempegaruhi keberlanjutan pembangunan wilayah secara keseluruhan.

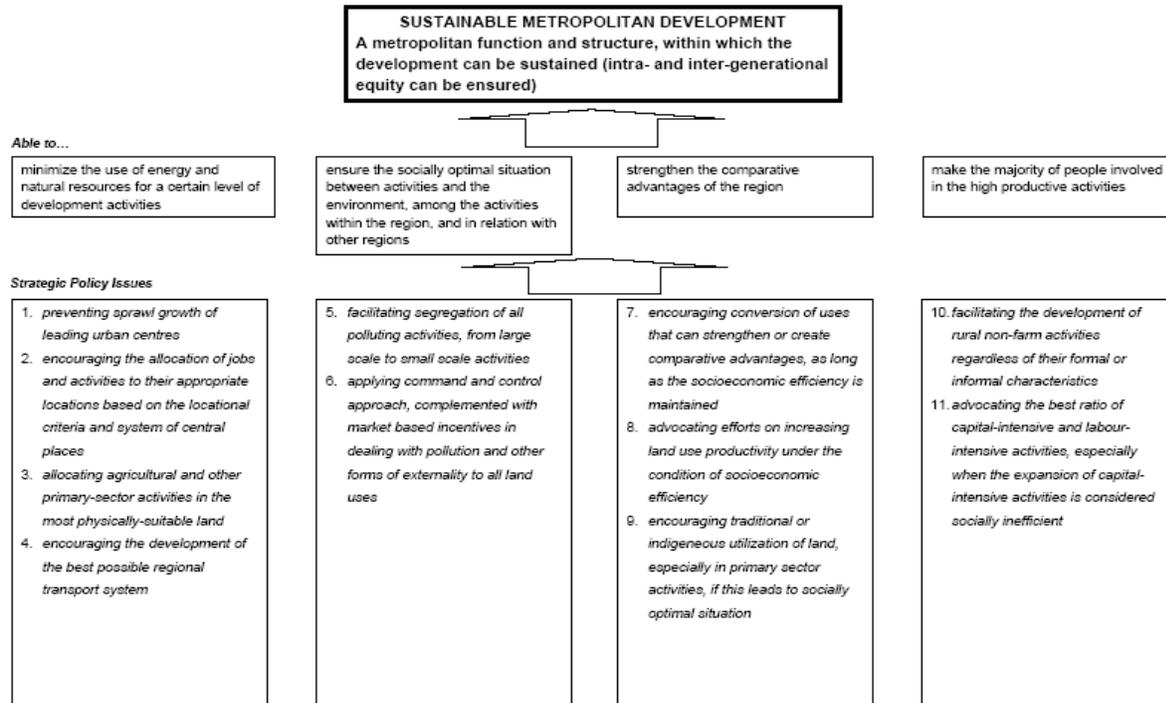
Model Pembangunan Metropolitan Berkelanjutan

Sugiri et al. (2011) mendefinsikan pembangunan metropolitan berkelanjutan sebagai pembangunan metropolitan pada wilayah metropolitan untuk meyakinkan kesetaraan intra dan ekstra generasi bagi penduduknya tanpa membahayakan kemampuan wilayah lain untuk melakukan hal yang sama. Hal ini selaras dengan definisi terkenal dari WCED (1987) dan penelitian-penelitian lain terkait keberlanjutan pembangunan wilayah atau metropolitan (Pope et al. 2012; Bunch & Dudycha 2004; Chan & Shimou 1999). Titik berat dari prinsip kesetaraan adalah diturunkan dari model pembangunan berbasis kesetaraan oleh Sugiri et al. (2011), yang menganggap kesetaraan sebagai keadilan dalam proses pembangunan di dalam mendistribusikan hasil-hasil pembangunan. Selanjutnya, Sugiri et al. (2011) mengembangkan model pembangunan metropolitan berkelanjutan, sebagaimana dalam Gambar 1.

Untuk berkelanjutan, pembangunan metropolitan harus mendorong struktur dan fungsi yang mampu memastikan kemampuan untuk mencapai empat tujuan dasar. Dari empat tujuan dasar tersebut dirumuskan sebelas isu strategis untuk mereformulasi kebijakan pembangunan. Empat isu pertama terutama terkait dengan pencapaian tujuan pertama, isu kelima dan keenam terkait dengan tujuan kedua, isu ketujuh, kedelapan dan kesembilan terkait dengan tujuan ketiga, dan dua isu terakhir terkait dengan tujuan keempat (lihat kembali Sugiri et al. 2011).

Isu strategis pertama adalah mencegah pertumbuhan secara sprawl dari kota utama. Hal ini akan mencegah penggunaan energi yang tidak perlu karena meningkatnya panjang perjalanan terutama perjalanan untuk bekerja (Gollner 1996; McMahan 1997). Selain itu, hal ini juga akan membuat penyediaan sarana dan prasarana menjadi lebih efisien. Isu kedua adalah mendorong alokasi pekerjaan dan kegiatan pada lokasi yang tepat berdasarkan kriteria lokasi dan sistem tempat sentral. Hal ini untuk

memberikan kesempatan terbaik untuk kegiatan yang akan dikembangkan. Strategi ini akan mendorong meminimalkan total perjalanan.



Gambar 1 Model Pembangunan Meropolitan Berkelanjutan

Sumber: Sugiri et al. 2011

Isu ketiga adalah pentingnya mengalokasikan kegiatan utama sektor pertanian dan lainnya di lahan yang paling sesuai secara fisik. Dengan hal tersebut, produktivitas lahan akan menjadi lebih tinggi dan secara ekonomi menjadi lebih. sehingga efisiensi penggunaan energi dan sumber akan tercapai. Isu keempat adalah mendorong pengembangan sistem transportasi metropolitan yang terbaik. Sistem transportasi yang efisien akan mendukung hubungan intra dan inter-regional, meminimalkan penggunaan energi bahan bakar sehingga mampu mengurangi polusi udara.

Isu strategis yang kelima adalah memfasilitasi pemisahan kegiatan yang polutif. Kegiatan polutif menyebabkan eksternalitas negatif sehingga strategi ini akan mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi ekonomi. Isu keenam adalah menerapkan pendekatan komando dan kontrol yang dilengkapi dengan insentif berbasis pasar dalam kaitan dengan polusi dan eksternalitas negatif. Kebijakan penanganan masalah ini diharapkan dapat mencegah dampak lingkungan yang merusak daya dukung

Mendorong konversi untuk memperkuat keunggulan komparatif adalah isu strategis ketujuh. Dalam banyak kasus, konversi diperlukan terutama untuk memperkuat hubungan antar-regional. Isu kedelapan adalah menganjurkan upaya-upaya peningkatan produktivitas keruangan. Dengan hal tersebut, potensi ekonomi dari wilayah metropolitan dapat ditingkatkan. Isu strategis kesembilan adalah mendorong pemanfaatan kearifan lokal, terutama dalam kegiatan sektor primer. Aspek kearifan lokal

yang harus didorong mencakup semua kemungkinan. seperti misalnya pengelolaan, teknologi ramah lingkungan dan sistem properti.

Isu strategis kesepuluh adalah memfasilitasi pengembangan aktivitas-aktivitas non pertanian perdesaan. Sebagian besar petani di Indonesia adalah petani bukan pemilik tanah. Banyak diantara mereka hidup di bawah garis kemiskinan. Oleh karena itu, aktivitas non pertanian perdesaan tersebut diharapkan dapat menjadi tambahan pemasukan bagi mereka. Terakhir, isu strategis kesebelas adalah untuk mendorong komposisi terbaik antara aktivitas-aktivitas yang padat modal dan padat karya. Hal ini sangat penting untuk mencegah dampak negatif aktivitas-aktivitas padat modal, terutama terkait dengan upaya untuk menekan jumlah pengangguran.

Sistem Informasi Berbasis Web-SIG

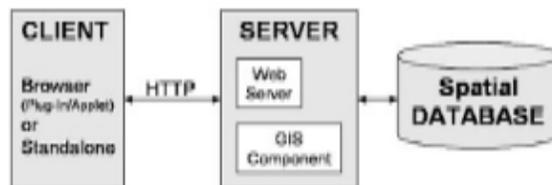
Secara umum, Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem komputer yang dipergunakan untuk mengelola data dan informasi berbasis keruangan, yang mampu menggambarkan hubungan keruangan dan mengelola informasi untuk tujuan pegelolaan basis data, analisis keruangan, dan pengelolaan dan organisasi keruangan (lihat Buchori 2005). Pengembangan model berbasis SIG berdasar pada prinsip pemasukan data, pengelolaan, analisis dan penampilan/penyajian informasi. Dalam kaitan sistem informasi berbasis web, prinsip-prinsip tersebut adalah sebagaimana pada Tabel 1.

Tabel 1 Prinsip-prinsip SIG dan pengembangan web

Prinsip-prinsip SIG	Pengembangan Web
Data Input	Client
Manajemen Data	DBMS dengan komponen spasial
Analisis Data	GIS Library di server
Representasi Data	Client/server

Sumber: Charter 2003

Untuk melakukan komunikasi dengan komponen yang berbeda-beda di dalam sistem informasi berbasis web dibutuhkan sebuah web *server*. Karena standar dari geo data berbeda-beda dan sangat spesifik, pengembangan arsitektur sistem informasi berbasis web-SIG mengikuti arsitektur *client server*.



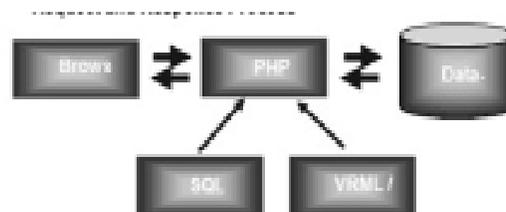
Gambar 2 Arsitektur Minimum untuk Sebuah Program Berbasis Web-GIS

Sumber: Charter 2003

Gambar 2 menunjukkan arsitektur minimum dari sebuah sistem informasi berbasis web-SIG. Aplikasi berada disisi *client* yang berkomunikasi dengan *server* sebagai penyedia data melalui web protokol, seperti misalnya HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*). Aplikasi seperti ini dapat dikembangkan dengan menggunakan *web browser*, seperti misalnya Mozilla Firefox, Opera, Internet Explorer, dll. Untuk menampilkan dan melakukan interaksi dengan data SIG, sebuah *browser* membutuhkan *Plug-In* yang dalam paper ini menggunakan *open street map* sebagai *plugin open source* yang berbasis *geoserver*. *Plugin* ini memfasilitasi penggabungan data spasial dalam bentuk *shapefile* yang telah diolah dengan perangkat lunak SIG untuk ditampilkan dan dikostumisasi sesuai dengan tujuan pembuatan sistem informasi.

Dalam arsitektur web, sebuah *web server* juga mengatur komunikasi dengan *server side* dari komponen SIG. *Server side* komponen SIG ini bertanggungjawab terhadap koneksi sistem dengan basis data keruangan, seperti misalnya menterjemahkan *query* ke dalam SQL dan database di *geoserver*, serta membuat representasi yang diteruskan ke *server*. Dalam kenyataannya, *server side* komponen SIG adalah berupa *software libraries* yang menawarkan layanan khusus untuk analisis keruangan pada data.

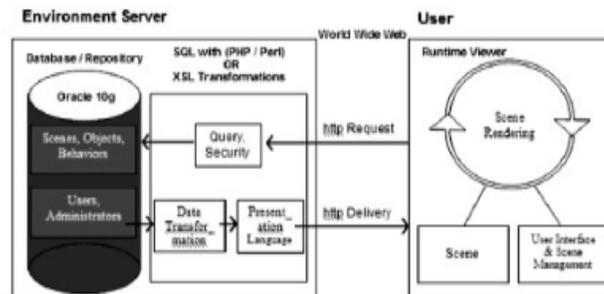
Obyek geo-spasial terdiri dari informasi data keruangan dan non keruangan. Informasi keruangan dapat divisualisasikan dengan cara mengkonversinya ke dalam VRML (*Virtual Reality Modelling Language*). Data non keruangan ditampilkan secara dinamis di halaman HTML (*HyperText Markup Language*). Gambar 3 menunjukkan proses *request* pada data standar. *Request* memanggil desain dari PHP yang berinteraksi dengan database. Setelah menerima respon, sistem mengikuti alur seperti yang tergambar pada Gambar 3.



Gambar 3 Proses *Request* dan *Response*

Sumber: Charter. 2003

Sistem basis data mengirimkan permintaan (*request*) data ke PHP, hasil respon dari permintaan tersebut, berupa format data yang dikirimkan kembali melalui *browser*. Pada saat *client* melakukan permintaan, dilakukan koneksi ke DBMS (*Data Base Management System*), dimana DBMS yang ada merupakan data spasial gabungan antara data *shapefile* yang diunggah (disebut *layer data*) dan data dbf yang telah dikonversikan ke dalam format sql. Sistem ini juga memungkinkan adanya *query* untuk pencarian data yang dibutuhkan dan penajaman informasi spasial. Sehingga, pembuat keputusan mengerti yang harus dia lakukan tanpa harus memahami SIG terlebih dahulu.



Gambar 4 Arsitektur Publikasi Web

Sumber: Charter. 2003

Untuk menerima data keruangan dan non keruangan dari DBMS dibutuhkan sebuah teknik yang mampu mengkomunikasikan *client* dengan basis data pada *server*. Teknik seperti ini sudah tersedia di PHP, ASP, ASP.net atau JSP. Pemilihan tekniknya disesuaikan dengan web *server* yang digunakan. Detail arsitektur untuk menampilkan data GIS melalui web seperti pada Gambar 4.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini adalah pemodelan berbasis SIG. Pemodelan merupakan representasi suatu sistem nyata. atau juga disebut penyederhanaan dari gambaran sistem yang nyata. Dalam penelitian ini, konsep model “Pembangunan Metropolitan Berkelanjutan” yang telah dikembangkan dalam penelitian sebelumnya (lihat Buchori et al. 2015) ditransformasikan ke dalam bentuk model Sistem Informasi berbasis web-SIG. Perangkat lunak yang dipergunakan meliputi perangkat lunak pengolahan peta ArcGIS dan ArcView, bahasa pemrograman HTML, CSS dan Javascript, dan pemetaan berbasis web Leaflet.js (*via qgis2leaf*), serta server dan basis peta Openstreetmap.

Penelitian ini menggunakan data yang sebagian besar sudah diperoleh dari penelitian sebelumnya. Namun demikian, survei tambahan diperlukan untuk melengkapi data yang sudah ada. Survei tersebut berupa: (1) Observasi lapangan, berupa pengamatan yang langsung dilakukan di wilayah studi, yaitu dengan menandai lokasi penting dengan GPS (*Global Positioning System*); (2) Survei institusional, dengan mengadakan kunjungan untuk memperoleh data ke instansi yang berhubungan dengan data yang dibutuhkan, yaitu Bappeda tingkat provinsi dan kabupaten/kota, Dinas ke-PU-an provinsi dan kabupaten/kota, Kantor Statistik provinsi dan kabupaten/kota, dan beberapa kantor kecamatan yang dianggap perlu; dan (3) Studi literatur, yang dilakukan berkaitan dengan konsep pengembangan sistem informasi berbasis layanan webGIS.

Dalam penelitian ini, sistem informasi berbasis web-SIG menggunakan peta-peta yang diolah dengan perangkat lunak ArcGIS 9.3 atau arcView 3.3. Peta-peta informasi yang berupa layer-layer peta tersebut di-*compile* dan dimasukkan ke dalam web-SIG dengan menggunakan perangkat lunak untuk bahasa pemrograman HTML, CSS dan Javascript. Selanjutnya, perangkat lunak yang dipergunakan untuk

pemetaan berbasis web adalah Leaflet.js (*via qgis2leaf*) dan yang dipergunakan untuk server dan basis peta adalah Openstreetmap.

Sistem informasi tersebut dirancang dengan memperhatikan kebutuhan para penggunanya. Dalam hal ini, pengguna harus dibuat mudah dalam memahami dalam menggunakan sistem ini. Penggunaan sistem dimulai dengan mengakses portal web-GIS dengan nama “Sistem Informasi Pengembangan Metropolitan Berkelanjutan”. Setelah mengakses web-SIG, pengguna dapat menemukan peta-peta indikator keberlanjutan pembangunan metropolitan, yang datanya dapat ditelusuri hingga tingkat kecamatan. Tiap layer peta memiliki atribut data yang menjelaskan informasi dari web-SIG tersebut.

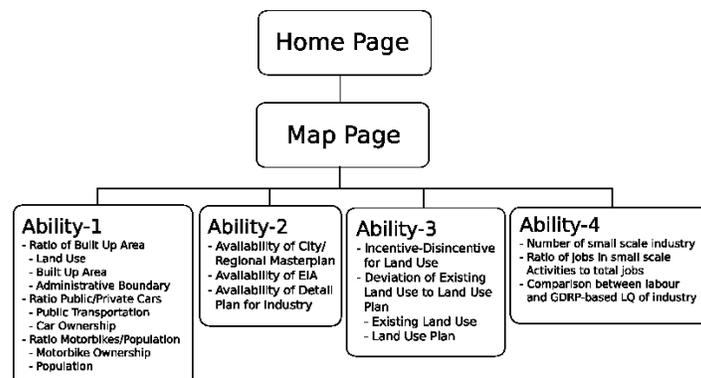
Untuk memastikan sistem informasi bekerja sebagaimana yang diinginkan, dilakukan simulasi ujicoba terhadap web-SIG tersebut. Caranya adalah dengan mengakses webSIG pada *local hosting*. Setelah yakin bahwa web-SIG tersebut dapat bekerja dengan baik, web-SIG di-*upload* ke *web hosting* yang sebenarnya. Proses uji coba ini menggunakan browser Mozilla Firefox versi beta 3.5.

Tahap selanjutnya adalah pengujian terhadap sistem. Pengujian ini dilakukan untuk melihat tingkat kenyamanan pengguna. Metode yang digunakan adalah FGD (*Focus Group Discussion*) dalam sebuah *workshop* terbatas. Dengan metode ini, peserta workshop akan diminta seolah-olah sebagai *user* dan dimintakan penilaiannya atas sistem informasi berbasis web-SIG yang telah dikembangkan tersebut. Hasil penilaian peserta workshop selanjutnya dipergunakan sebagai bahan evaluasi, sekaligus dipergunakan sebagai dasar perbaikan sistem informasi, apabila diperlukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep Umum

Sebagaimana telah dijelaskan dalam bab sebelumnya, aplikasi sistem informasi berbasis web-SIG ini dikembangkan dengan menggunakan bahasa HTML, CSS dan Javascript yang merupakan bahasa standar pemrograman *website*. Tampilan peta dibuat menggunakan Leaflet *library* dengan alasan program tersebut cukup ringan, cepat dan mudah digunakan karena terintegrasi dengan Qgis melalui qgis2leaf. Peta dasar yang digunakan sebagai tampilan latar adalah OpenStreet Map Standar yang merupakan peta bawaan standar dari qgis2leaf.



Gambar 5 Sitemap Sistem Informasi Pembangunan Metropolitan Berkelanjutan Berbasis web-SIG



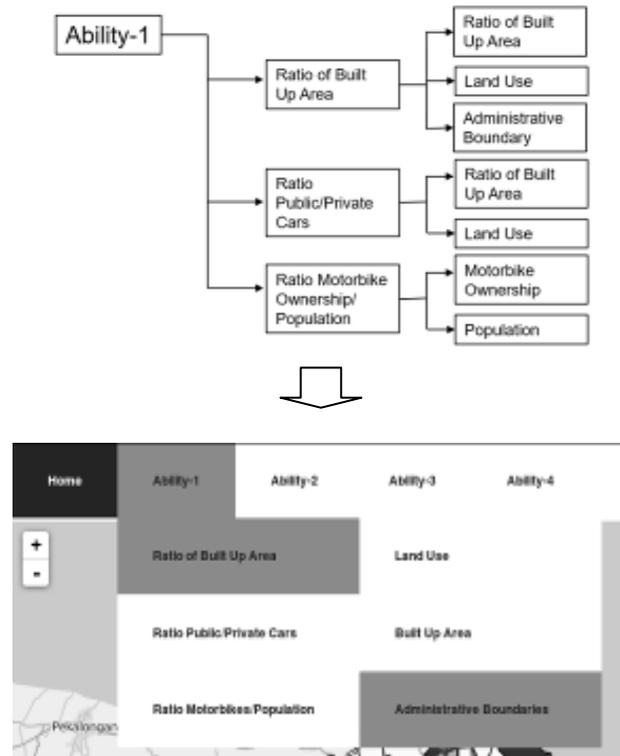
Gambar 6 Tampilan Pembuka dan Peta Latar Belakang

Aplikasi sistem informasi berbasis web-SIG ini menggunakan konsep *single-page application*, yaitu informasi dapat diakses cukup dengan membuka satu laman dari *website*. Pengguna dapat mengakses seluruh peta yang ada dalam *website* tersebut dari Map Page yang langsung terhubung dengan Home Page. Dalam model ini, informasi keberlanjutan pembangunan metropolitan dikelompokkan ke dalam empat kelompok “kemampuan untuk pembangunan berkelanjutan” (*ability to be sustained*) yang mengacu pada konsep pembangunan metropolitan berkelanjutan yang dikembangkan oleh Sugiri et al. (2011). Masing-masing kelompok informasi tersebut memuat peta-peta informasi yang merupakan input dalam penentuan tingkat keberlanjutan untuk masing-masing kelompok kemampuan (*ability*). Secara diagramatis, kerangka sistem informasi berbasis web-SIG ini adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 5.

Selanjutnya, tampilan pembukaan website adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 6. Dalam tampilan tersebut, apabila pengguna memutuskan untuk masuk ke dalam sistem informasi, maka pada laman tersebut akan tampil peta dasar Provinsi Jawa Tengah yang langsung diambil dari OpenStreet Map Standar sebagai latar belakang tampilan. Informasi lebih detail untuk masing-masing “kemampuan” (*ability*) akan diuraikan pada subbab berikut.

Ability-1: Kemampuan untuk Meminimalkan Penggunaan Energi

Kemampuan berkelanjutan pertama adalah kemampuan untuk meminimalkan penggunaan energi dan sumber daya alam untuk tingkat pembangunan tertentu. Kemampuan ini diturunkan ke dalam empat strategi, yaitu (Sugiri et al. 2011; Buchori et al. 2015): mencegah pertumbuhan sporadis (*urban sprawl*) yang memiliki ketergantungan tinggi dengan kawasan pusat kota, mendorong alokasi pekerjaan dan aktivitas untuk lokasi yang sesuai berdasarkan kriteria dan sistem lokasi pusat, mengalokasikan kegiatan pertanian dan kegiatan sektor primer di lahan yang layak secara fisik, dan mendorong pengembangan sistem transportasi terbaik di daerah.



Gambar 7 Desain dan Tampilan Navigasi “Ability-1”

Dari keempat strategi tersebut diturunkan beberapa indikator. Namun demikian, tidak seluruhnya sesuai untuk kawasan perkotaan dan perdesaan. Selain itu, tidak semua indikator tersebut sesuai apabila diaplikasikan untuk unit kecamatan. Setelah dilakukan penilaian (lihat kembali Buchori et al. 2015), maka terpilih tiga indikator yaitu: (1) rasio lahan terbangun, (2) rasio jumlah mobil pribadi dengan angkutan umum dan (3) rasio jumlah sepeda motor terhadap jumlah penduduk. Gambar 7 menampilkan Desain dan Tampilan Navigasi informasi “Ability-1”.

Ability-2: Kemampuan untuk Mengoptimalkan Keseimbangan Aktivitas dengan Lingkungan

Kemampuan berkelanjutan kedua adalah untuk memastikan situasi sosial yang optimal antara kegiatan dan lingkungan, baik antar kegiatan di dalam wilayah maupun antar wilayah. Kemampuan ini diturunkan ke dalam dua strategi, yaitu (Sugiri et al. 2011; Buchori et al. 2015): memfasilitasi pemisahan kegiatan yang menghasilkan polusi, baik dari aktivitas skala besar sampai kecil dan menerapkan pendekatan *Command-and-Control* (CAC) dengan insentif berbasis pasar untuk permasalahan polusi dan bentuk eksternalitas untuk semua guna lahan.

Dari dua strategi tersebut kemudian diturunkan beberapa indikator. Tetapi, tidak semua indikator sesuai untuk kawasan perkotaan atau perdesaan dan tidak semua sesuai apabila diaplikasikan untuk unit kecamatan. Setelah dilakukan penilaian (lihat kembali Buchori et al. 2015), maka terpilih tiga indikator yaitu: (1) ketersediaan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), (2) ketersediaan Analisis Mengenai

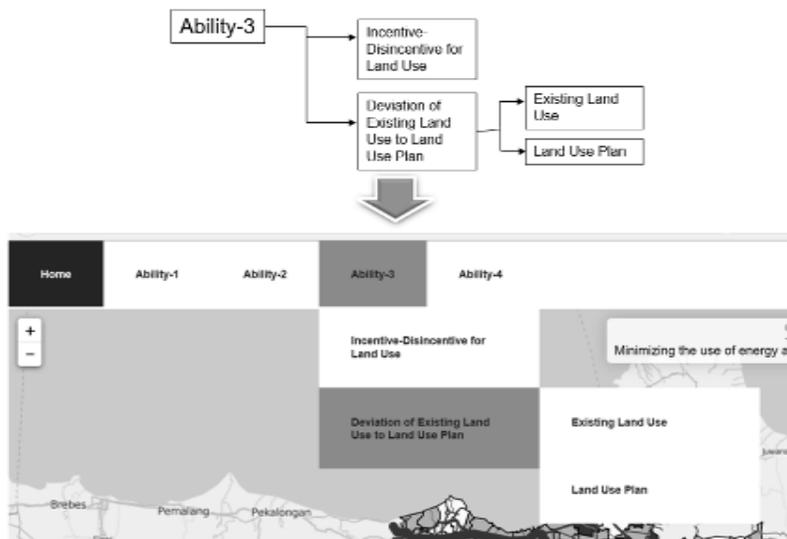
Dampak Lingkungan (AMDAL), dan (3) Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) untuk mengarahkan lokasi kawasan industri. Gambar 8 menampilkan Desain dan Tampilan Navigasi informasi “Ability-2”.



Gambar 8 Desain dan Tampilan Navigasi “Ability-2”

Ability-3: Kemampuan untuk Memperkuat Keunggulan Komparatif Wilayah

Kemampuan berkelanjutan ketiga adalah untuk memperkuat keunggulan komparatif wilayah. Kemampuan ini diturunkan ke dalam dua strategi, yaitu (Sugiri et al. 2011; Buchori et al. 2015): mendorong penggunaan konversi yang dapat memperkuat atau menciptakan keunggulan komparatif, selama efisiensi sosial ekonomi dipertahankan; dan upaya advokasi untuk meningkatkan produktivitas guna lahan dibawah kondisi efisiensi social ekonomi, dan mendorong pemanfaatan kearifan lokal yang bersifat tradisi/adat tentang pengelolaan lahan, terutama untuk kegiatan sektor primer jika hal ini menyebabkan optimasi situasi sosial.



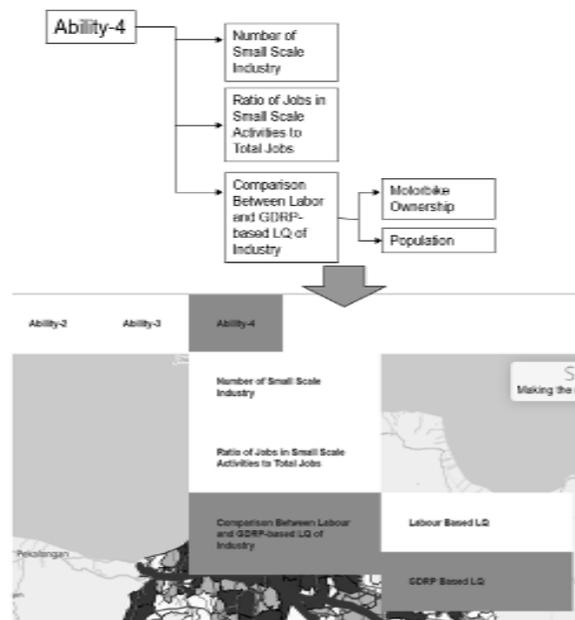
Gambar 9 Desain dan Tampilan Navigasi “Ability-3”

Dari dua strategi tersebut kemudian diturunkan beberapa indikator. Namun demikian berdasar penilaian yang telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya (Buchori et al. 2015), tidak semua indikator sesuai untuk kawasan perkotaan atau perdesaan dan/atau diaplikasikan untuk unit kecamatan. Dalam proses penilaian tersebut, terpilih dua indikator yaitu: (1) keberadaan insentif dan disinsentif untuk kesesuaian guna lahan dengan rencana peruntukan tata guna lahan dan (2) kesesuaian antara tata guna lahan saat ini dengan rencana tata guna lahan yang telah ditetapkan dalam rencana tata ruang sebelumnya. Dalam hal ini, rencana tata ruang yang dimaksud adalah Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) di masing-masing kabupaten/kota yang masuk ke dalam wilayah Kedungsepur, yaitu Kab Kendal, Demak, Ungaran/Kab Semarang, Kota Semarang, dan Purwodadi/Kab Grobogan). Gambar 9 menampilkan Desain dan Tampilan Navigasi informasi “Ability-3”.

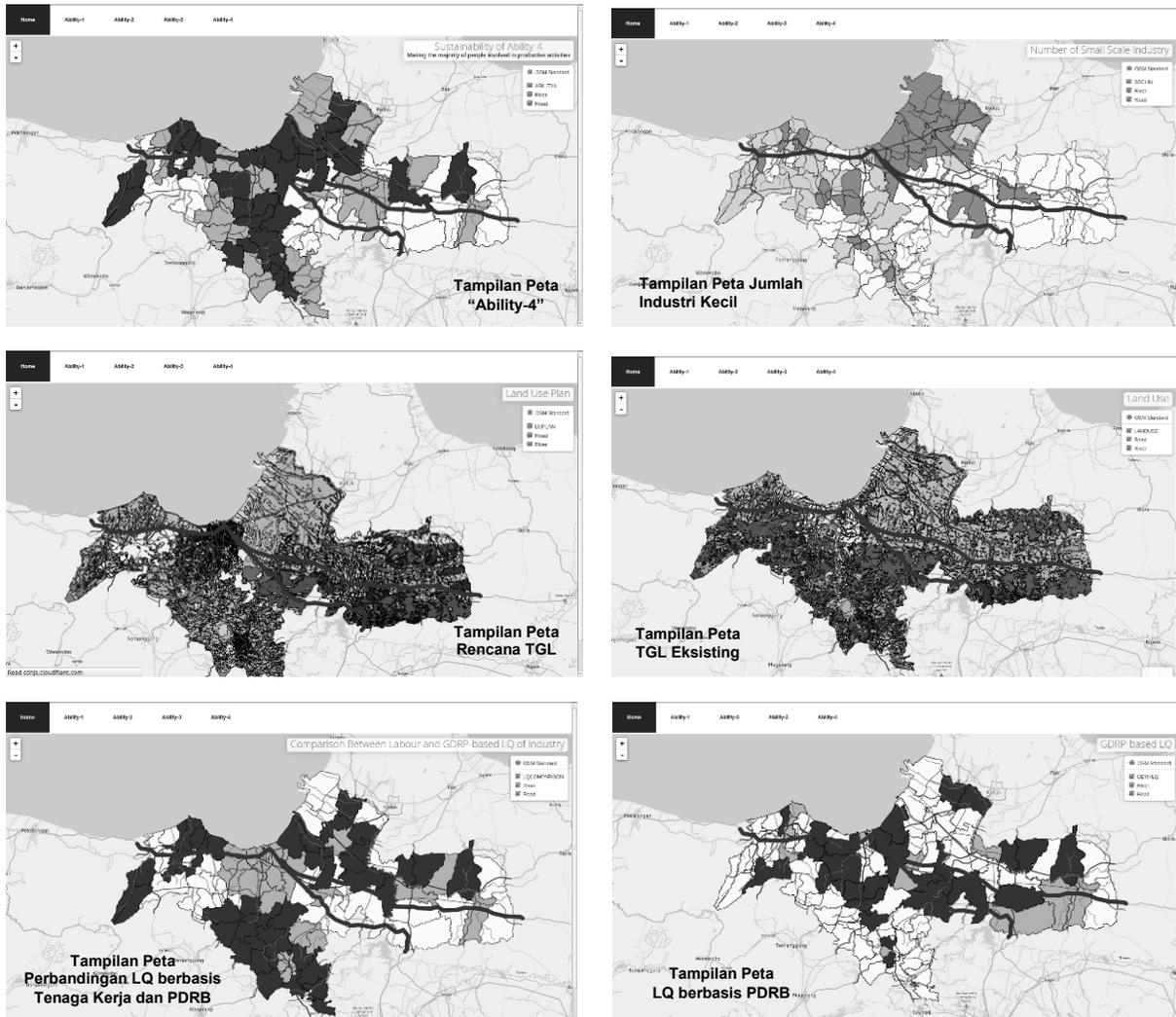
Ability-4: Kemampuan untuk Melibatkan Masyarakat dalam Kegiatan Produktif

Kemampuan berkelanjutan keempat adalah untuk melibatkan sebanyak mungkin masyarakat dalam seluruh kegiatan yang produktif. Kemampuan ini diturunkan ke dalam dua strategi, yaitu (Sugiri et al. 2011; Buchori et al. 2015): memfasilitasi pengembangan aktivitas non pertanian di pedesaan (terlepas dari karakter mereka formal atau informal) dan mendukung rasio terbaik kegiatan padat modal dan kegiatan padat karya, terutama saat ekspansi kegiatan padat modal yang dianggap tidak efisien.

Dari kedua strategi tersebut kemudian diturunkan beberapa indikator. Berdasar penilaian yang telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya (Buchori et al. 2015), terpilih tiga indikator yaitu: (1) jumlah industri kecil, (2) rasio tenaga kerja yang berkerja di sektor industri kecil terhadap tenaga kerja keseluruhan (total), dan (3) perbandingan antara nilai Location Quotient (LQ) berbasis tenaga kerja dan berbasis PDRB. Gambar 10 menampilkan Desain dan Tampilan Navigasi informasi “Ability-4”. Selanjutnya untuk memberikan gambaran *view* tampilan peta, Gambar 11 menampilkan beberapa contoh tampilan peta untuk berbagai informasi yang ada dalam sistem informasi ini.



Gambar 10 Desain dan Tampilan Navigasi “Ability-3”



Tabel 11 Contoh Tampilan Peta-peta dalam Sistem Informasi yang Dikembangkan

PEMBAHASAN

Dari ujicoba yang dilakukan, tampilan peta cukup baik, informatif dan telah dilengkapi dengan fungsi-fungsi “alat operasional dasar” (*basic tools*) bagi sistem informasi yang berupa peta, yaitu seperti fungsi perbesaran (*zoom*), pergeseran (*pan*), perubahan skala peta (*scale*), dll. Informasi rinci juga dapat langsung ditampilkan dengan cara meng-klik poligon yang data/informasinya ingin ditampilkan, baik poligon wilayah kecamatan bagi informasi berbasis kecamatan, maupun poligon tata guna lahan bagi peta tata guna lahan dan peta rencana tata guna lahan. Pengguna juga dapat mengatur layer peta yang ingin ditampilkan dengan cara meng-klik *option* pilihan layer peta pada sisi kanan *frame* peta yang ditampilkan. Latar belakang peta yang berupa Peta Jawa Tengah juga mempermudah pengguna untuk melihat orientasi informasi peta secara makro, mulai dari level regional, provinsi, hingga level di atasnya.

Namun demikian, sistem informasi ini juga tidak lepas dari berbagai kekurangan dan kelemahan. Beberapa kelemahan sistem informasi yang terbangun antara lain kurang jelasnya alur informasi dari

setiap kemampuan keberlanjutan (*ability to sustain*) mulai jenis data yang dihimpun, kriteria klasifikasi yang ditetapkan untuk masing-masing indikator, hingga ukuran-ukuran kemampuan keberlanjutan, termasuk metode pembobotan yang dilakukan. Ada baiknya alur tersebut tergambar dalam sebuah diagram alir, sebagaimana yang telah dikembangkan pada sistem informasi sebelumnya yang berbasis *Personal Computer* (PC) (lihat kembali Buchori et al. 2015).

Kelemahan selanjutnya adalah rentang waktu yang dibutuhkan untuk menampilkan peta-peta yang cukup besar, seperti misalnya peta tata guna lahan dan peta rencana tata guna lahan. Apabila akses internet tidak memiliki *bandwidth* cukup tinggi, maka menampilkan peta-peta tersebut akan membosankan bagi pengguna karena lamanya waktu *loading* yang dibutuhkan.

Dalam hal menampilkan layer peta, kelemahan sistem informasi berbasis web-SIG ini adalah bahwa layer peta yang ditampilkan paling atas adalah layer peta yang di-klik terakhir. Dengan demikian, apabila urutan klik misalnya berturut-turut layer peta jalan, peta sungai dan peta tata guna lahan, maka tampilan yang muncul layer peta jalan dan sungai yang berupa peta garis (*polyline*) akan tertutupi oleh layer peta tata guna lahan yang berupa peta poligon (*polygon*).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa hasil aplikasi Sistem Informasi berbasis web-SIG tersebut cukup informatif dalam menggambarkan tingkat keberlanjutan pembangunan di masing-masing kecamatan yang masuk ke dalam WMS. Informasi tersebut dikelompokkan dalam empat kemampuan pembangunan berkelanjutan sebagaimana dirumuskan oleh Sugiri et al. (2011), yaitu: (1) meminimalkan penggunaan energi dan sumber daya alam, (2) mengoptimalkan keseimbangan aktivitas dengan lingkungan, baik di dalam maupun antar wilayah, (3) memperkuat keunggulan komparatif wilayah, dan (4) melibatkan sebanyak mungkin masyarakat dalam kegiatan yang produktif.

Beberapa saran yang dapat diberikan bagi pengembangan lebih lanjut sistem informasi ini antara lain: (1) perlunya penyempurnaan beberapa kelemahan teknis seperti yang telah diungkapkan pada pembahasan di atas; (2) perlu dipikirkan tampilan navigasi berupa diagram alir untuk mempermudah pengguna dalam menelusuri alur informasi, mulai dari data hingga hasil “tingkat kemampuan keberlanjutan pembangunan”; (3) sebelum ditempatkan pada *hosting* web yang dapat diakses secara luas, sistem perlu diujicobakan secara terbatas dengan melibatkan para calon pengguna potensial sistem informasi, yang dalam hal ini adalah para pengambil keputusan di tingkat daerah (kabupaten/kota dan provinsi) yang wilayahnya masuk ke dalam WMS; dan (4) ketika di-*upload*, perlu jaminan bahwa ukuran *bandwidth* yang tersedia adalah cukup memadai untuk menjamin akses yang baik oleh pengguna, terutama bagi layer peta-peta yang memiliki ukuran besar.

DAFTAR PUSATAKA

- Ambardi, U.M. & Prihawantoro, S., 2002. *Pengembangan Wilayah dan Otonomi Daerah.*, Jakarta: Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Barrett, C.B. & Grizzle, R., 1999. A Holistic Approach to Sustainability Based on Pluralist Stewardship. *Environmental Ethics*, 21(1), pp.23–42.

- Bockstaller, C. & Girardin, P., 2003. How to validate environmental indicators. *Agricultural Systems*, 76(2), pp.639–653. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0308521X02000537>.
- Bond, A.J. & Morrison-Saunders, A., 2011. Re-evaluating Sustainability Assessment: Aligning the vision and the practice. *Environmental Impact Assessment Review*, 31(1), pp.1–7. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195925510000211> [Accessed April 29, 2014].
- Bourne, L.S., 1997. Polarities of Structure and Change in Urban Systems: A Canadian Example. *GeoJournal*, 43(4), pp.339–349.
- Buchori, I. et al., 2015. Developing a Geographic Information System-Based Assessment Model for Sustainable Metropolitan Development: The Case of the Semarang Metropolitan Region, Indonesia. *American Journal of Environmental Sciences*, 11(2), pp.62–75.
- Buchori, I., 2005. *Developing a Spatial Information System for Regional Planning in Indonesia: A Case Study of the Rembang Regency (Disertation)*, Vechta: HS Vechta.
- Buchori, I., 2011. Konsep Sistem Informasi Rencana Tata Ruang Wilayah untuk Kabupaten/Kota di Indonesia. *Tata Loka*, 13(4), pp.224–234.
- Buchori, I., 2008. Uji Kelayakan Proyek Sistem Informasi tata Ruang Wilayah Berbasis Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP). In *Proceedings Seminar INSAHP5*, p. A XX–1 s.d. AXX–10.
- Bunch, M.J. & Dudycha, D.J., 2004. Linking conceptual and simulation models of the Cooum River: collaborative development of a GIS-based DSS for environmental management. *Computers, Environment and Urban Systems*, 28(3), pp.247–264. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0198971503000218> [Accessed April 28, 2014].
- Cernea, M.M., 1994. Environmental and Social Requirements for Resource-Based Regional Development. *Regional Development Dialogue*, 15(1), pp.186–198.
- Chan, R.C.K. & Shimou, Y., 1999. Urbanization and Sustainable Metropolitan Development in China: Patterns, Problems and Prospects. *GeoJournal*, 49, pp.269–277.
- Chapin-Jr., F., Stuart, D.G. & Kaiser, E.J., 1995. *Urban Land Use Planning*, Urbana: University of Illionis Press.
- Charter, D., 2003. Konsep Dasar WEB GIS. dalam Komunitas eLearning IlmuKomputer.Com. Available at: ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2008/05/charter-webgis.pdf [Accessed February 10, 2010].
- Donnelly, A. et al., 2007. Selecting environmental indicator for use in strategic environmental assessment. *Environmental Impact Assessment Review*, 27(2), pp.161–175. Available at: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0195925506001284> [Accessed April 29, 2014].
- FAO, 1975. *Guidelines: Land Evaluation for Irrigated Agriculture. FAO Soils Bulletin. No. 55.*, Rome: FAO of the United Nations.
- Fauzi, A., 2004. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*, Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gibson, R.B., 2006. Sustainability Assessment: Basic Components of a Practical Approach. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 24(3), pp.170–182.
- Glasson, J., 1978. In *Introduction to Regional Planning*, London: Hutchinson Educational.
- Glasson, J. & Marshall, T., 2007. *Regional Planning*, New York: Routledge.
- Gollner, A., 1996. To Sprawl or Not to Sprawl: A journey to work perspective. *Australian Planner*, 33(3), pp.136–141.

- Hikmat, H., 2000. Analisis Dampak Lingkungan Sosial: Strategi Menuju Pembangunan Berpusat pada Rakyat. Available at: www.perencanaan.depsos.go.id [Accessed March 2, 2012].
- Laak, P.J.A. Van de, 1994. A Framework for Sustainable Regional Planning. In *Planning Sustainable Land Use Planning, Proceeding of an International Workshop*. Wageningen: Elsevier, pp. 303–314.
- McGee, T.G., 1971. Catalyst or Cancers? The Role of Cities in Asian Society. In L. Jakobson & V. Prakasah, eds. *Urbanization and National Development*. Beverly Hills: Sage Publications.
- McMahon, E.T., 1997. Stopping Sprawl by Growing Smarter. *Planning Commissioners Journal*, 26(Spring), pp.4–5.
- Munash, M., 1994. *The Economist Approach to Sustainable Development in Making Development Sustainable: From Concept to Action*, Washington DC.
- Nurjanah & Buchori, I., 2012. Pengembangan Sistem Informasi Sosial Ekonomi untuk Menunjang Perencanaan Wilayah Tingkat Provinsi (Uji Coba di Propinsi Lampung). *Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota*, 8(3), pp.266–276.
- O'Connor, D., 1994. *Managing the Environment with Rapid Industrialisation: Lessons from the EastAsian Experience*, Paris: OECD.
- Pezzey, J., 1992. Sustainability: An Interdisciplinary Guide. *Environmental Values*, 1(4), pp.321–362.
- Pope, J., Morrison-saunders, A. & Annandale, D., 2012. Sustainability assessment Applying sustainability assessment models. , (November), pp.37–41.
- Rees, C., 1994. *The Ecologist Approach to Sustainable Development in Making Development Sustainable: From Concept to Action*, Washington DC.
- Sakellari, M. & Skanavis, C., 2013. Sustainable tourism development: environmental education as a tool to fill the gap between theory and practice. *Int. J. Environment and Sustainable Development*, 12(4), pp.313–323.
- Sugiri, A., Buchori, I. & Ma'rif, S., 2015. Toward Participatory Spatial Policy: Facilitating Rural Non-Farm Activities in Susukan Suburb of Semarang Metropolitan Region. *The International Journal of Civic, Political, and Community Studies*, 13(4), pp.1–17.
- Sugiri, A., Buchori, I. & Soetomo, S., 2011. Sustainable metropolitan development: Towards an operational model for Semarang Metropolitan Region. *International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, 7(5), pp.301–323. Available at: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84857007684&partnerID=40&md5=33ae40e6e6b83ac5adb5762f018eafc5>.
- WCED, 1987. *Our Common Future*, Oxford: Oxford University Press.
- Yasa, I.G.W.M., 2010. Ekonomi Hijau Produksi Bersih dan Ekonomi Kreatif: Pendekatan Mencegah Resiko Lingkungan Menuju Pertumbuhan Ekonomi Berkualitas di Provinsi Bali. *Jurnal Bumi Lestari*, 10(2), pp.285–294.