

Analisis Pertumbuhan Kawasan Perkotaan dengan Penginderaan Jauh Multi-temporal dan Sistem Informasi Geografis untuk Mendukung Pembangunan Berkelanjutan: Studi Kasus Pulau Jawa Bagian Barat

Nurwita Mustika Sari¹, Rudy P. Tambunan²

¹ Pusat Riset Penginderaan Jauh, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)

² Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

²rudyptamb@gmail.com

Abstrak— Pertumbuhan populasi penduduk di suatu kawasan seperti perkotaan berimplikasi besar terhadap kondisi sosial, ekonomi dan budaya manusia. Pertumbuhan ini yang ditambah dengan eksploitasi sumber daya menumbuhkan suatu paham tentang pembangunan yang berkelanjutan. Keberlanjutan muncul dari perilaku manusia yang memperhatikan kondisi lingkungan hidup termasuk di dalamnya sumber daya yang tersedia. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pertumbuhan penduduk dengan metode integrasi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendukung pembangunan berkelanjutan di wilayah Jawa bagian Barat. Metode yang diusulkan dalam penelitian ini yaitu mengekstraksi informasi pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan fisik perkotaan dari data penginderaan jauh multitemporal, data sensus penduduk dan referensi lapangan yang menghasilkan informasi GHSL (Global Human Settlement Layers). Hasil penelitian menunjukkan bahwa telah terjadi pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan perkotaan yang signifikan di beberapa kota di Jawa bagian Barat selama kurun waktu 1990 hingga 2015.

Kata kunci— Pertumbuhan kawasan perkotaan; penginderaan jauh; Sistem Informasi Geografis; GHSL (Global Human Settlement Layers)

Abstract— Population growth in an area such as an urban area has major implications for human social, economic and cultural conditions. This growth coupled with resource exploitation fosters an understanding of sustainable development. Sustainability comes from human behaviour that pays attention to environmental conditions including available resources. This study aims to analyze population growth using the integration method of remote sensing and Geographic Information Systems (GIS) to support sustainable development in the western part of Java. The method proposed in this study is to extract information on population growth and urban physical growth from multi temporal remote sensing data, population census data and field references that produce GHSL (Global Human Settlement Layers) information. The results show that there has been significant population growth and urban growth in several cities in West Java during the period 1990 to 2015.

Kata kunci— Urban area growth; remote sensing; Geographic Information System; GHSL (Global Human Settlement Layers)

I. PENDAHULUAN

Salah satu kajian utama Geografi adalah gejala atau fenomena di permukaan bumi, seperti hubungan timbal balik dan saling ketergantungan antara manusia dengan lingkungan. Dalam interaksi ini, manusia dapat beradaptasi dengan lingkungan atau biasa diistilahkan *environmental determinism*, namun dapat juga mendominasi alam seperti memanfaatkan sumber daya alam yang ada di lingkungan. Salah satu sumber daya alam yang dimanfaatkan manusia adalah tanah atau lahan dan sumber daya air sebagai ruang dan sumber daya utama untuk melangsungkan kehidupan. Agar lingkungan tetap berkelanjutan, manusia harus memperhatikan daya dukungnya. Keberlanjutan di sini dapat terwujud dari perilaku manusia yang memperhatikan kondisi lingkungan hidup termasuk di dalamnya sumber daya yang tersedia. Perkembangan pemikiran inilah yang menjadi awal pemahaman terhadap daya dukung lingkungan hidup.

Konsep daya dukung telah muncul dan digunakan oleh ahli dari berbagai disiplin ilmu, seperti ekologi, biologi, geografi (Carey, 1993). Lebih lanjut dijelaskan bahwa konsep ini muncul dari ide bahwa organisme tertentu mempersyaratkan suatu kondisi lingkungan fisik tertentu sebagai tempat hidup. Sementara, ketersediaan lingkungan dengan kondisi seperti ini terbatas. Pertumbuhan populasi penduduk yang pesat karena periode Revolusi Industri yang berimplikasi besar terhadap kondisi sosial, ekonomi dan budaya manusia, ditambah dengan eksploitasi sumber daya, maka tumbuh suatu paham tentang pembangunan yang berkelanjutan.

Dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 17 Tahun 2009 tentang Pedoman Penentuan Daya

Dukung Lingkungan Hidup Dalam Penataan Ruang Wilayah dijelaskan batasan dan pendekatan yang digunakan dalam menentukan daya dukung lingkungan hidup suatu wilayah. Dalam peraturan ini dijelaskan bahwa daya dukung lingkungan hidup merupakan ambang batas kemampuan lingkungan hidup dalam mendukung kehidupan manusia dan organisme lainnya.

Kota merupakan area vital suatu negara karena menjadi pusat kegiatan sosial, ekonomi hingga pemerintahan. Dengan predikat kota sebagai pusat kegiatan di suatu wilayah yang menjadi episentrum berbagai aktivitas maka populasi penduduk di kota pasti tinggi. Hal ini menimbulkan permasalahan tersendiri seperti pemekaran kota yang tidak terkendali (*urban sprawl*) yang tentunya memberikan dampak meluas pada lingkup ekologi, sosial dan lingkungan (Du, 2016). Permasalahan lain yang muncul di area perkotaan ialah terjadinya kemacetan lalu lintas (Astuti & Farda, 2015). Tidak hanya itu, permasalahan lain yaitu terkait penurunan kualitas kesehatan lingkungan akibat tingginya produksi sampah di wilayah perkotaan oleh aktivitas dan gaya hidup manusia (Mulasari, Husodo, & Muhadjir, 2016). Pengelolaan sampah yang tidak baik di tengah wilayah permukiman menimbulkan permasalahan dari sisi sosial, estetika dan sanitasi kesehatan.

Wilayah Jawa bagian Barat meliputi tiga provinsi padat penduduk yaitu DKI Jakarta, Jawa Barat dan Banten. Sebagai pusat aktivitas perekonomian dan bisnis, tentunya kota akan menjadi magnet untuk menarik penduduk pindah ke area tersebut karena ketersediaan lapangan kerja. Perpindahan penduduk ke daerah kota inilah yang akan memicu terjadinya urbanisasi, yang dalam berbagai literatur dijelaskan sebagai kondisi bertambah padatnya penduduk di perkotaan dan berubahnya kondisi fisik dan sosial di suatu wilayah dari non urban menjadi urban. Dalam situasi terkendali, urbanisasi akan meningkatkan pertumbuhan ekonomi perkotaan, namun dalam kondisi yang tidak terkendali urbanisasi akan menyebabkan berbagai masalah seperti sampah dan kriminalitas (Harahap, 2013).

Teknologi penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat menjadi salah satu metode untuk melakukan pemantauan terhadap perkembangan fisik perkotaan dan pemodelan spasial pertumbuhan kota dari aspek kependudukan atau demografis. Wilayah kota, sebagai ruang tempat berlangsungnya interaksi antara manusia dengan lingkungannya, akan mengalami perubahan fisik lahan karena berkembangnya ekosistem binaan di atas ekosistem alami. Munculnya ekosistem binaan artifisial inilah yang akan mempengaruhi kondisi alami lingkungan hidup suatu wilayah, ditambah dengan tekanan dari peningkatan jumlah penduduk tentunya berimplikasi terhadap daya dukung lingkungan dan daya tampung suatu wilayah.

Berdasarkan penelitian yang terdahulu, telah dilakukan analisis perbandingan dari daya dukung lingkungan hidup yang berbeda-beda di wilayah provinsi berbeda di China akibat proses urbanisasi. Daya dukung lingkungan ini

bervariasi sesuai dengan tingkat urbanisasi yang terjadi di masing-masing wilayah (Wei et al., 2020). Salah satu aspek daya dukung lingkungan hidup adalah ketersediaan sumber daya air, terkait hal ini telah dikaji penilaian daya dukung sumber daya air di China yang sudah dihitung dan diprediksi hingga 2030, dimana dengan peningkatan urbanisasi dan jumlah penduduk suatu wilayah maka daya dukung sumber daya airnya akan semakin mendekati ambang batas dan dapat terlampaui (Liqiang, Shimei, Gaodi, Yanpei, & Zengshi, 2016). Sebagai contoh wilayah kajian perkotaan dengan tipologi pesisir, daya dukung lingkungan hidup wilayah pesisir dan perkotaan telah dinilai untuk wilayah pesisir Jiangsu, China timur dengan melibatkan aspek lingkungan pesisir dan ekonomi yang dipengaruhi sektor pariwisata (Liu, Pu, Zhu, Huang, & Jiang, 2020). Hal ini dapat menjadi pembandingan bagi kajian kapasitas daya dukung lingkungan dan daya tampung bagi kota-kota di area pesisir pulau Jawa bagian Barat.

Untuk wilayah Indonesia, sebelumnya sudah dilakukan penilaian daya dukung dan daya tampung ruang dengan mempertimbangkan aspek fisik lingkungan dan aspek kependudukan (Suharto, Rahadi, & Sofiansyah, 2016). Dalam penelitian terdahulu belum dilakukan integrasi antara penginderaan jauh dan SIG untuk mengkaji dampak pertumbuhan kota terhadap daya dukung lingkungan hidup dan daya tampung suatu wilayah. Dalam penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap dampak tersebut untuk wilayah Jawa bagian Barat.

II. METODE PENELITIAN

A. Bahan

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data populasi penduduk dari GHSL: Global Human Settlement Layers, Population Grid. Data spasial GHSL ini menunjukkan distribusi dan kepadatan populasi, dinyatakan sebagai jumlah orang per sel dengan resolusi spasial 250 meter. Data ini bersumber dari European Commission, Joint Research Centre (JRC); Columbia University, Center for International Earth Science Information Network - CIESIN (2015): GHS population grid, derived from GPW4, multitemporal (1975, 1990, 2000, 2015). European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/jrc-ghsl-ghs-pop-gpw4-globe-r2015a>. Data kedua adalah GHSL: Global Human Settlement Layers, Settlement Grid.

GHS-SMOD adalah MODEL klasifikasi Pemukiman desa-kota yang diadopsi oleh GHSL. Ini adalah representasi dari konsep urbanisasi (DEGURBA) ke dalam skenario data GHSL. Setiap grid dalam GHS-SMOD telah dihasilkan dengan mengintegrasikan area built-up GHSL dan data grid populasi GHSL. Skema klasifikasi DEGURBA adalah definisi kota dan permukiman berbasis orang: beroperasi menggunakan input utama 1 km² yang menghitung populasi sel pada titik waktu tertentu. DEGURBA membedakan sel-sel

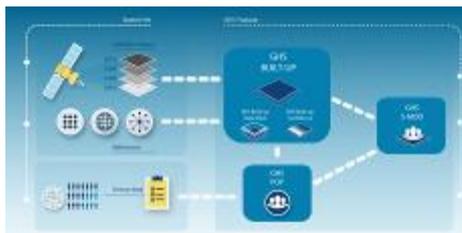
jaringan populasi dalam tiga kelas utama: 'pusat kota' (kota), 'kelompok kota' (kota dan pinggiran kota), dan 'sel-sel jaringan pedesaan'. (mendasarkan). Abstraksi kelas ini diterjemahkan menjadi 'cluster kepadatan tinggi (HDC)', 'cluster kepadatan rendah (LDC)', dan 'sel-sel grid pedesaan (RUR)', masing-masing, dalam implementasi GHS-SMOD.

Wilayah kajian merupakan wilayah pulau Jawa bagian Barat yang meliputi Provinsi DKI Jakarta, Jawa Barat dan Banten.



Gambar 1. Wilayah kajian (Bing Aerial, 2020)

B. Metode



Gambar 2. Diagram alir ekstraksi informasi GHSL (European Commission, 2020)

Untuk dapat memahami konsep GHS-POP dan GHS-SMOD dapat dilihat Gambar 2. Kedua data tersebut menggambarkan secara multitemporal distribusi spasial penduduk dan permukiman. Informasi GHSL diekstrak dengan menggunakan data penginderaan jauh multitemporal selama kurun waktu 40 tahun terakhir dari berbagai jenis citra, seperti Sentinel 1 dan Landsat, selanjutnya digunakan pula data referensi lapangan, data sensus kependudukan untuk kemudian dianalisis SIG dan menghasilkan GHS-POP untuk populasi penduduk dan GHS-SMOD untuk model klasifikasi desa-kota yang mengintegrasikan data area terbangun dan data populasi.

Penyajian data secara spasial dalam penelitian ini dilakukan dengan Google Earth Engine (GEE) dengan menampilkan GHSL Population Grid dan GHSL Settlement untuk dapat melihat dinamika spasial selama 40 tahun sejak 1975, 1990, 2000 dan 2015).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Interaksi antara manusia dan lingkungan yang mengubah ekosistem alami menjadi ekosistem buatan dalam pandangan ilmu Geografi

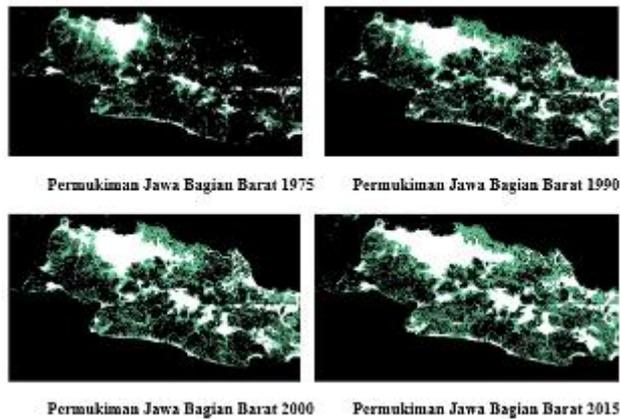
Pemanfaatan lahan oleh manusia ini menyebabkan perubahan atau alih fungsi ekosistem dari ekosistem alami

menjadi ekosistem buatan manusia atau artifisial. Perubahan ekosistem dari alami ke buatan ini merupakan bentuk interaksi dan interdependensi antara manusia dengan lingkungannya. Contoh ekosistem binaan adalah sawah, waduk, taman hutan kota, kebun binatang, peternakan, permukiman, tambak, perkebunan hingga akuarium.

Ekosistem ini dibuat dan dibina oleh manusia dengan berbagai tujuan, mulai dari karena kebutuhan untuk keberlangsungan hidupnya hingga untuk melestarikan lingkungan dan sumber daya yang ada. Oleh karena itulah, sepanjang ekosistem ini berfungsi dengan baik dan dapat bersinergi satu sama lain, ekosistem buatan atau binaan ini dapat berdampingan dengan ekosistem alami. Manusia yang dapat mengubah, memanfaatkan dan merusak ekosistem memiliki tanggung jawab besar untuk menjadikan ekosistem tetap stabil yaitu dengan meminimalkan gangguan ada ekosistem atau membatasi hal yang menurunkan daya dukung atau daya tampung lingkungan.

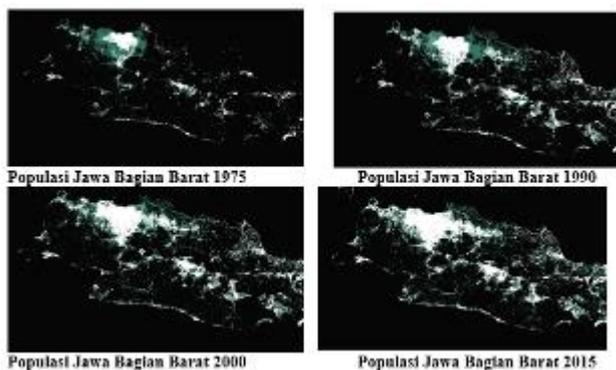
B. Implikasi pertumbuhan penduduk terhadap pertumbuhan kota, perkotaan dan kawasan perkotaan di wilayah Jawa bagian Barat

Pertumbuhan permukiman atau *built-up area* di wilayah perkotaan secara spasial dan multitemporal ditampilkan dalam Gambar 3 yaitu permukiman penduduk di Jawa bagian Barat sejak tahun 1975, 1990, 2000 dan 2015. Pada gambar tersebut ditampilkan secara spasial bagaimana konsentrasi perumahan di wilayah kajian dengan data dari GHSL, yang menunjukkan populasi penduduk per sel dengan resolusi spasial 250 meter. Dari gambar diketahui bahwa telah terjadi peningkatan permukiman yang signifikan pada wilayah perkotaan di Jawa bagian Barat dalam 40 tahun terakhir. Wilayah yang terlihat jelas pertumbuhan permukimannya adalah provinsi DKI Jakarta yang memang merupakan pusat aktivitas perekonomian, bisnis, sosial budaya dan pusat pemerintahan Republik Indonesia. Wilayah lain dengan pertumbuhan fisik permukiman yang cukup signifikan adalah ibukota dan kota-kota besar di provinsi lain pada wilayah Jawa bagian Barat yaitu Banten dan Jawa Barat.



Gambar 3. Perbukitan Jawa bagian Barat (Analisis, 2020)

Pertumbuhan penduduk di wilayah perkotaan secara spasial dan multitemporal ditampilkan dalam Gambar 4 yaitu populasi penduduk di Jawa bagian Barat sejak tahun 1975, 1990, 2000 dan 2015. Pada gambar tersebut ditampilkan secara spasial bagaimana konsentrasi penduduk di wilayah kajian dengan data dari GHSL, yang menunjukkan populasi penduduk per sel dengan resolusi spasial 250 meter. Dari gambar diketahui bahwa telah terjadi peningkatan konsentrasi penduduk yang signifikan pada wilayah perkotaan di Jawa bagian Barat dalam 40 tahun terakhir. Wilayah yang terlihat jelas pertumbuhan penduduknya adalah provinsi DKI Jakarta yang memang merupakan pusat aktivitas perekonomian, bisnis, sosial budaya dan pusat pemerintahan Republik Indonesia. Wilayah lain dengan pertumbuhan penduduk yang cukup signifikan adalah ibukota dan kota-kota besar di provinsi lain pada wilayah Jawa bagian Barat yaitu Banten dan Jawa Barat.



Gambar 4. Populasi Penduduk Jawa bagian Barat (Analisis, 2020)

Wilayah perkotaan dengan konsentrasi penduduk tinggi sebagaimana terlihat pada gambar yaitu kota Serang, Tangerang, seluruh kota di Provinsi DKI Jakarta, Purwakarta, Bogor, Bandung hingga Tasikmalaya. Terlihat dalam kurun waktu 2000 hingga 2015, konsentrasi penduduk di DKI Jakarta sangat tinggi yang ditunjukkan gradasi warna sangat terang. Dalam kondisi pertumbuhan penduduk yang terkendali, hal tersebut akan membawa manfaat terutama sektor ekonomi diantaranya

untuk meningkatkan SDA atau sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri karena adanya banyak tenaga kerja, bertambahnya fasilitas perkotaan, meningkatkan produksi barang dan jasa dalam negeri sehingga mengurangi impor, dan meningkatnya inovasi kerja dan kreativitas kerja.

Namun dalam kondisi pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali atau over populated, hal ini akan menimbulkan dampak negatif seperti memunculkan permukiman kumuh di kota karena keterbatasan lahan bagi penduduk, meningkatnya angka pengangguran karena kekurangan lapangan pekerjaan, meningkatkan angka kemiskinan, meningkatkan kriminalitas, meningkatkan polusi dan sampah, serta menurunnya kesehatan masyarakat. Sederet dampak negatif pertumbuhan penduduk yang tidak terkendali di kota seharusnya menjadi perhatian bagi pemerintah untuk menyusun regulasi agar populasi penduduk di kota/ perkotaan lebih terkontrol misalnya dengan program Keluarga Berencana serta pembatasan pergerakan arus penduduk ke kota terutama saat arus balik sesudah hari raya.

C. Permasalahan daya dukung dan daya tampung lingkungan kota/ perkotaan akibat pertumbuhan perkotaan

Dengan kondisi perkotaan sebagai pusat kegiatan bisnis dan ekonomi warga, hal ini menjadi trigger bagi pembangunan aspek lain seperti fisik kota berupa sarana dan prasarana wilayah, seperti sarana transportasi, infrastruktur, permukiman dan lahan terbangun lainnya. Pertumbuhan wilayah perkotaan ini akan menyebabkan permasalahan lingkungan karena pertumbuhan kota/ perkotaan sifatnya akan terus bertambah dari tahun ke tahun, sementara daya dukung dan daya tampung sifatnya statis dan terbatas. Penentuan daya dukung lingkungan hidup ini, dilakukan dengan menganalisis kapasitas lingkungan dan sumber daya. Penataan ruang di setiap wilayah harus memperhatikan Daya dukung lingkungan hidup di wilayah tersebut. Daya dukung lingkungan hidup berbeda antar satu wilayah dengan wilayah lain karena berbagai faktor diantaranya faktor fisik lingkungan dan ketersediaan sumber daya.

Pada wilayah kajian Jawa bagian Barat diketahui bahwa pada setiap provinsi, daya dukung lingkungan dan daya tampung untuk provinsi Jawa Barat dan Banten sudah mulai kurang untuk lahan seperti lahan terbuka hijau dan biru (waduk, situ, dan sebagainya). Menurunnya daya dukung lingkungan juga ditandai dengan kejadian bencana seperti banjir yang terjadi saat musim hujan dan kekeringan saat kemarau. Untuk Provinsi DKI Jakarta tahun 2013 saja menurut LIPI, daya dukung sumber daya air di wilayah ini sudah terlampaui. Kondisi ini berpotensi menimbulkan kerusakan ekosistem yang semakin parah jika dibiarkan tanpa solusi. Permasalahan lingkungan yang sudah terjadi di wilayah Jakarta misalnya, yaitu bencana banjir dengan cakupan yang semakin luas, pencemaran udara dan air, produksi sampah yang semakin

tinggi, penurunan muka air tanah dan penurunan muka tanah.

Daya dukung dan daya tampung sumber daya air khususnya sungai-sungai di Provinsi DKI Jakarta terhadap beban pencemaran sebagai hasil kegiatan penduduk atau buangan limbah dikaji oleh Dinas Lingkungan Hidup Provinsi DKI Jakarta. Dari kajian tersebut dihasilkan temuan bahwa Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Angke, Sungai Grogol, Sungai Sunter, Pesanggrahan, Ciliwung, Mookervart, Cipinang dan Krukut untuk beberapa parameter pencemar telah melewati batasan daya tampungnya.

D. Solusi permasalahan mengacu pada RTR Pulau Jawa dan RTRW Provinsi



Gambar 5. Isu Strategis Pulau Jawa-Bali Perkembangan Kawasan Perkotaan Pulau Jawa

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Pulau Jawa dengan isu strategis di Pulau Jawa berupa urban sprawl dan jaringan jalan, dapat dilihat bahwa di Pulau Jawa khususnya bagian barat, terdapat area perkotaan berwarna merah dan embrio perkotaan berwarna ungu tua serta jaringan jalan. Dari peta terlihat bahwa area Jabodetabek dan Bandung Raya termasuk ke dalam masterplan perkembangan kawasan perkotaan Pulau Jawa, sehingga perlu melihat RTRW provinsi untuk solusi dalam permasalahan lingkungan perkotaan.

Untuk kondisi saat ini di Indonesia, konsep yang diusung pemerintah terkait dengan solusi permasalahan di perkotaan akibat terlampainya daya dukung lingkungan hidup dan daya tampung lahan adalah dengan inisiatif “Kota Cerdas” atau *Smart City*. Tidak hanya isu lingkungan, inisiatif kota cerdas ini diharapkan mampu meng-cover seluruh isu permasalahan kota. Dengan inisiatif ini, kota diharapkan mampu memiliki ketahanan lingkungan yang baik dan mampu menghadapi bencana serta memiliki standar pelayanan kota yang baik untuk kebutuhan masyarakatnya. Tidak hanya untuk wilayah perkotaan yang sudah terlebih dahulu eksis, misal sejak Orde Baru, konsep kota cerdas ini diarahkan untuk seluruh area yang digagas menjadi kota cerdas, yang tahapannya dimulai dari pencitraan kota (*city branding*) yang mendukung pencitraan nasional, menyediakan

infrastruktur dan pelayanan publik, serta membangun kapasitas masyarakat yang inovatif, kreatif dan produktif. Dengan demikian keseluruhan aspek cerdas dari sisi ekonomi, SDM, pemerintahan, mobilitas, lingkungan hidup dan kualitas hidup akan tercapai.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan pada wilayah kajian diketahui bahwa telah terjadi pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan perkotaan yang signifikan di beberapa kota di Jawa bagian Barat selama kurun waktu 1990 hingga 2015. Solusi permasalahan di perkotaan akibat terlampainya daya dukung lingkungan hidup dan daya tampung lahan adalah dengan inisiatif “Kota Cerdas” atau *Smart City*. Tidak hanya isu lingkungan, inisiatif kota cerdas ini diharapkan mampu meng-cover seluruh isu permasalahan kota. Dengan inisiatif ini, kota diharapkan mampu memiliki ketahanan lingkungan yang baik dan mampu menghadapi bencana serta memiliki standar pelayanan kota yang baik untuk kebutuhan masyarakatnya.

UCAPAN TERIMA KASIH / ACKNOWLEDGMENT

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini.

REFERENSI

- [1] S. M. Metev and V. P. Veiko, *Laser Assisted Microtechnology*, 2nd ed., R. M. Osgood, Jr., Ed. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1998.
- [2] J. Breckling, Ed., *The Analysis of Directional Time Series: Applications to Wind Speed and Direction*, ser. Lecture Notes in Statistics. Berlin, Germany: Springer, 1989, vol. 61.
- [3] S. Zhang, C. Zhu, J. K. O. Sin, and P. K. T. Mok, “A novel ultrathin elevated channel low-temperature poly-Si TFT,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 20, pp. 569–571, Nov. 1999.
- [4] M. Wegmuller, J. P. von der Weid, P. Oberson, and N. Gisin, “High resolution fiber distributed measurements with coherent OFDR,” in *Proc. ECOC’00*, 2000, paper 11.3.4, p. 109.
- [5] R. E. Sorace, V. S. Reinhardt, and S. A. Vaughn, “High-speed digital-to-RF converter,” U.S. Patent 5 668 842, Sept. 16, 1997.
- [6] (2002) The IEEE website. [Online]. Available: <http://www.ieee.org/>
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] *FLEXChip Signal Processor (MC68175/D)*, Motorola, 1996.
- [9] “PDCA12-70 data sheet,” Opto Speed SA, Mezzovico, Switzerland.
- [10] A. Karnik, “Performance of TCP congestion control with rate feedback: TCP/ABR and rate adaptive TCP/IP,” M. Eng. thesis, Indian Institute of Science, Bangalore, India, Jan. 1999.
- [11] J. Padhye, V. Firoiu, and D. Towsley, “A stochastic model of TCP Reno congestion avoidance and control,” Univ. of Massachusetts, Amherst, MA, CMPSCI Tech. Rep. 99-02, 1999.
- [12] *Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification*, IEEE Std. 802.11, 1997.