

Dinamika Persebaran Penduduk Jawa Tengah: Perumusan Kebijakan Perwilayahan Dengan Metode *Kernel Density*

Wiwandari Handayani ¹⁾ dan Iwan Rudiarto ²⁾

¹⁾²⁾ Staff Pengajar Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Abstrak: *Kernel density* adalah salah satu formula statistik non parametrik untuk mengestimasi kepadatan yang dapat diaplikasikan pada ArcGIS 9.3. Dalam konteks spasial, *kernel density* banyak digunakan untuk menganalisa pola persebaran kepadatan dalam suatu area, salah satunya adalah kepadatan penduduk. Fungsi matematika dalam perhitungan kernel density pada prinsipnya bertujuan mengestimasi persebaran intensitas suatu titik dalam bidang dengan radius tertentu. Tulisan ini bertujuan untuk memahami persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah melalui prinsip perhitungan kernel density. Variabel yang digunakan adalah jumlah penduduk dengan unit kecamatan tahun 2000 dan tahun proyeksi 2030. Berdasarkan hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan dengan software ArcGIS 9.3 dapat diketahui bahwa kepadatan penduduk di Propinsi Jawa Tengah dalam kurun waktu sampai dengan tahun 2030 akan mengalami perubahan yang cukup signifikan. Dengan skenario *status quo* jelas terlihat adanya kecenderungan pola distribusi penduduk yang tidak seimbang. Fenomena konurbasi dan suburbanisasi berpotensi untuk terjadi dalam cakupan wilayah yang lebih luas dari pada yang saat ini sudah teridentifikasi. Apabila tidak segera diantisipasi, ketidakseimbangan distribusi penduduk ini akan mengarah kepada bentuk kesenjangan ekonomi yang lebih besar di masa yang akan datang di wilayah Jawa Tengah ini. Upaya untuk merumuskan kebijakan yang lebih berorientasi pada pemerataan pembangunan mendesak untuk dapat segera direalisasikan.

Kata kunci: *Kernel density*, Kepadatan penduduk, Kebijakan perwilayahan, Jawa Tengah

1. Pendahuluan

Penduduk adalah elemen yang sangat penting dalam perencanaan wilayah dan kota karena pada dasarnya penduduk baik sebagai subjek maupun objek adalah inti dari pembangunan. Fenomena urbanisasi sebagai bagian penting dalam proses pembangunan juga banyak dipahami dengan menggunakan data penduduk sebagai referensi. Terkait dengan proses pembangunan dan urbanisasi, pola persebaran penduduk merupakan salah satu hal yang perlu secara hati-hati diidentifikasi dan diantisipasi untuk merencanakan struktur ruang suatu bidang wilayah agar pengalokasian lahan/ruang sedapat mungkin optimal dengan memperhatikan unsur keberlanjutan ekonomi maupun lingkungan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah salah satu alat analisis terkini yang dapat digunakan untuk lebih jauh mempelajari fenomena penduduk dalam dimensi ruang. Pola persebaran penduduk dapat lebih mudah dipahami apabila direpresentasikan dalam bentuk informasi geografis. Salah satu alat analisis yang dapat digunakan adalah metode *kernel density*. *Kernel density* merupakan fungsi matematika yang kemudian dikembangkan dalam fungsi spasial untuk mengukur persebaran intensitas suatu titik dalam bidang dengan radius tertentu (Kloog et al, 2009). Terkait dengan *kernel density* sebagai fungsi spasial, tulisan ini bertujuan untuk memahami pola persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah dengan memanfaatkan fasilitas perhitungan *kernel density* dalam ArcGIS 9.3. Data penduduk tahun 2000 digunakan sebagai referensi dasar terutama dengan mempertimbangkan bahwa sumber data ini adalah sensus terakhir saat analisis ini dilakukan. Selain data tahun 2000, proyeksi penduduk tahun 2030 juga dikalkulasi berdasarkan data sensus penduduk 1990 dan 2000 dengan asumsi bahwa 30 tahun adalah tahun perencanaan yang secara umum dapat diterima dengan tingkat kemungkinan ambang batas kesalahan yang masih dapat ditoleransi. Dalam melakukan perhitungan, jumlah penduduk per kecamatan yang diperoleh dari BPS maupun monografi desa/kelurahan digunakan sebagai unit analisis

Tulisan ini terbagi atas beberapa bagian. Bagian pertama adalah pendahuluan yang dilanjutkan dengan penjelasan teknis mengenai metode *kernel density*. Hasil dan pembahasan hasil perhitungan dijelaskan pada bagian ke tiga. Tulisan ini ditutup dengan ucapan terimakasih dan beberapa kesimpulan pada bagian ke empat dan ke lima.

2. Metode Kernel Density

Kernel density adalah model perhitungan untuk mengukur kepadatan secara non-parametrik. Dalam statistik, intilah non-parametrik pada umumnya digunakan untuk menjelaskan metode perhitungan yang bersifat *free distribution*. Bentuk persebaran data tidak dijadikan sebagai permasalahan yang perlu dipertimbangkan lebih lanjut. Selain itu, sesuai dengan istilah non-parametrik, perhitungan ini tidak menggunakan parameter-parameter tertentu sebagai tolak ukur perhitungan.

Formula dasar estimasi kepadatan non-parametrik adalah:

$$(1) \dots P(x) \cong \frac{k}{NV}$$

Dimana, V adalah volume di sekitar X, N adalah total sampel, dan k adalah total sampel dalam radius V

Pada prinsipnya, dua bentuk pendekatan dapat dilakukan dalam mengaplikasikan formula dasar estimasi kepadatan:

- Memilih nilai V dan menentukan jumlah sampel (k) dalam radius V yang kemudian disebut *kernel density estimation*.
- Memilih jumlah sampel tertentu (k) dan menentukan nilai V sebagai nilai yang paling memiliki kedekatan dengan k. Perhitungan ini disebut sebagai metode *k Nearest Neighbour*.

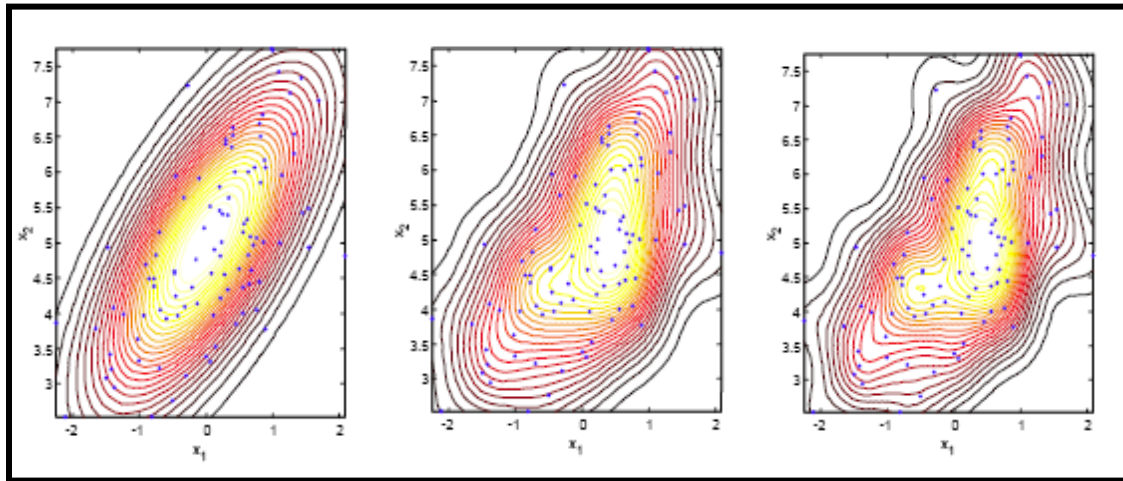
Dalam konteks kepadatan penduduk, perhitungan *kernel density* lebih cocok untuk digunakan daripada *nearest neighbour* karena persebaran kepadatan penduduk relatif tidak terlalu dipengaruhi dengan jarak terdekat antar pusat kepadatan tetapi lebih dipengaruhi oleh pola persebaran (pemukiman) secara umum. Pada ArcGIS 9.3, kalkulasi kernel density menghasilkan gambaran persebaran kepadatan di sekitar fitur *point* (titik) ataupun *line* (garis), dengan demikian bidang (poligon) yang diketahui sebagai daerah dengan volume tertentu (volume dalam hal ini adalah jumlah penduduk) perlu di transformasi ke dalam bentuk point dan berbasis raster.

Perlu dipahami bahwa *Kernel density* ini tidak terbatas hanya untuk mengetahui persebaran kepadatan penduduk. Banyak sekali hal-hal yg dapat dianalisis dengan bantuan perhitungan ini dalam konteks ilmu perencanaan wilayah dan kota. Persebaran kepadatan wilayah terbangun, perumahan, atau pun terkait dengan persebaran lokasi potensial terjadi tindak kejahatan, persebaran fasilitas, ataupun kemacetan dengan mengukur tingkat utilitas penggunaan jaringan (*line*) tertentu juga dapat dianalisis melalui perhitungan *kernel density*.

Secara konseptual, suatu bentuk kurva akan menjelaskan persebaran kepadatan dari suatu volume di titik atau garis tertentu. Nilai kepadatan akan tinggi di sekitar titik atau garis. Semakin jauh dari titik atau garis referensi, nilai kepadatan ini akan berkurang dan pada jarak tertentu akan mencapai titik 0. Gambar 1 mengilustrasikan bagaimana persebaran titik dimana setiap titik memiliki 'volume' tertentu akan membentuk pola persebaran sesuai dengan persebaran titik-titik referensi.

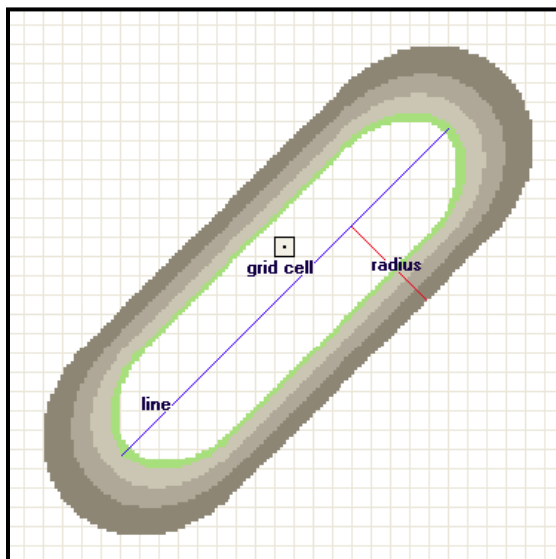
Karena perhitungan *kernel density* dalam ArcGIS ini adalah berbasis raster, maka ukuran grid akan sangat mempengaruhi tingkat kedetailan estimasi hasil perhitungan. Tidak ada kriteria umum yang dapat dijadikan acuan. Tidak selalu berarti grid dengan ukuran terkecil akan memberikan hasil terbaik karena akan memberikan keluaran yang lebih detail. Luasan wilayah studi, kualitas data, jarak antar point referensi dan kombinasi volume setiap titik referensi sangat mempengaruhi keakuratan dan kedalaman hasil perhitungan.

Dalam perhitungan kernel density untuk menganalisis potensi persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah dalam kurun waktu 2000-2030 ini, jumlah penduduk per kecamatan digunakan sebagai variabel dan unit analisis. Kalkulasi kernel density menghasilkan pola persebaran kepadatan disekitar titik-titik referensi. Dalam analisis ini titik-titik referensi adalah kecamatan yang fiturnya dirubah terlebih dahulu dari polygon menjadi point.



Gambar 1. Ilustrasi pola persebaran titik-titik (points) referensi

Terdapat dua hal mendasar yang perlu diperhatikan untuk memahami pola persebaran kepadatan berdasarkan perhitungan *kernel density*. Pertama adalah ukuran *grid cell* (raster). Seperti telah diungkapkan sebelumnya, tidak ada kriteria khusus untuk menentukan ukuran yang teroptimal karena sangat tergantung dengan kualitas/kuantitas data dan jenis persebaran kepadatan yang ingin di cari. Dalam hal ini, *try and error* melalui pencatatan dalam *log book* merupakan metode yang paling umum digunakan. Kedua adalah radius. Prinsipnya sama dengan ukuran raster, perlu dilakukan beberapa uji coba dengan radius yang bervariasi untuk menemukan pola persebaran yang paling baik. Baik dalam arti terlihat polanya dan ada dukungan faktor penjelasnya. Gambar 2 mengilustrasikan pola persebaran dalam prinsip radius dan ukuran *grid cell*.



Gambar 2. Ilustrasi pola persebaran dalam radius dan *grid cell*

Source: ArcGIS 9.3 desktop help topic, 2011

3. Hasil dan Pembahasan

Sesuai dengan metode yang telah dijelaskan di atas, terdapat beberapa hasil perhitungan yang dapat menjelaskan pola persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah tahun 2000-2030 dengan asumsi bahwa kecenderungan pertumbuhan penduduk sampai dengan tahun 2030 di Jawa Tengah adalah

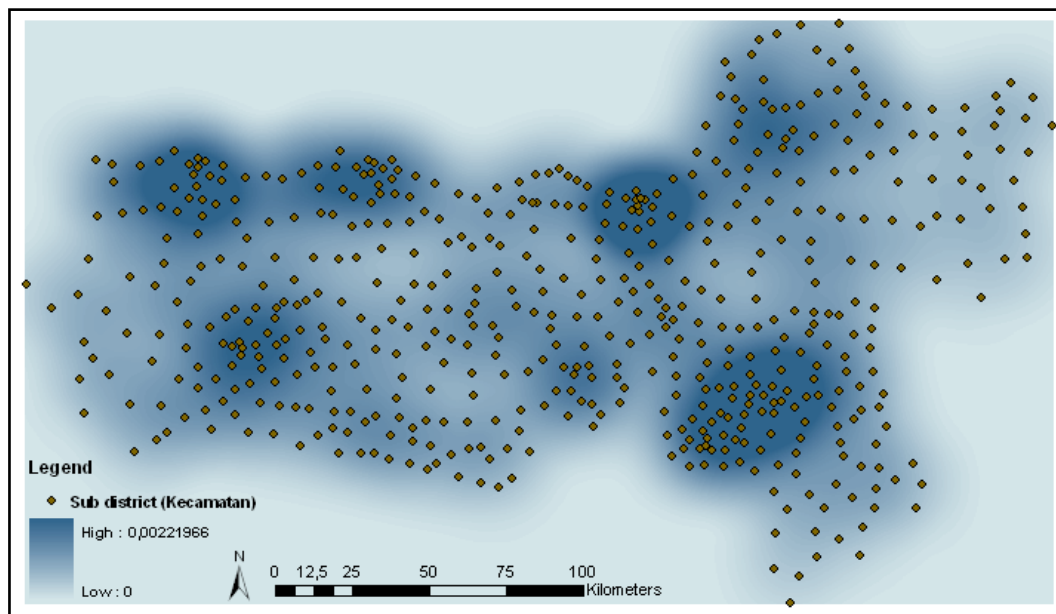
status quo, dengan mengambil rata-rata laju pertumbuhan penduduk berdasarkan sensus penduduk tahun 1990 dan tahun 2000 dan pola geometris ($P_t = P_o(1+r)^t$).

Hasil dari perhitungan *kernel density* ini dapat diuraikan dalam beberapa point berikut:

(1) Titik (*point*) yang merupakan bentuk perubahan fitur dari poligon ke titik dan hasil awal perhitungan

Setelah melalui beberapa uji coba dengan variasi ukuran *grid cell* dan radius yang berbeda-beda, akhirnya ditemukan bahwa radius 25 Km dan ukuran *grid cell* 250 meter x 250 meter memberikan hasil dengan pola persebaran yang relatif baik dalam arti pola sangat terlihat dan dapat di dukung dengan faktor penjas yang memadai (lihat Gambar 3)

Pada Gambar 3, titik merepresentasikan 534 Kecamatan yang tersebar di seluruh Propinsi. Setiap titik memiliki 'volume' yang berbeda-beda sesuai dengan jumlah penduduk yang diperoleh berdasarkan sensus tahun 2000.



Gambar 3. Persebaran Kecamatan dan hasil awal perhitungan untuk data penduduk Jawa Tengah, 2000

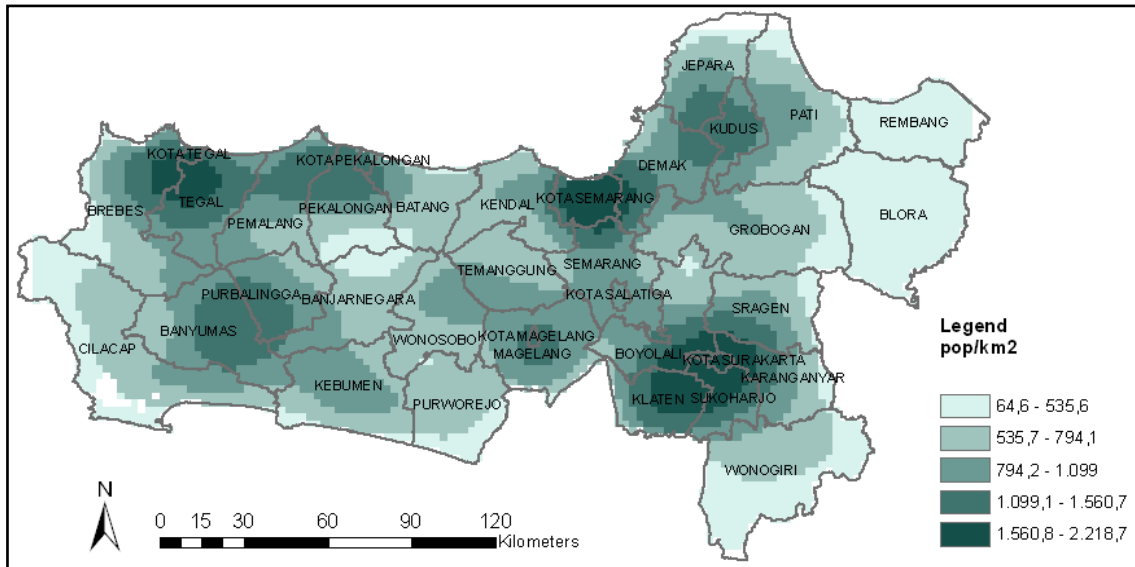
Dari gambaran awal seperti terlihat pada Gambar 3 sudah dapat diidentifikasi bahwa konsentrasi kepadatan penduduk di Jawa Tengah tersebar di beberapa titik. Terbesar adalah di daerah Surakarta dan sekitarnya, diikuti dengan wilayah-wilayah di koridor pantai utara Jawa. Salah satu penyebabnya adalah selain karena jumlah penduduk per kecamatan yg relatif tinggi, juga adalah karena jarak antar pusat kecamatan yg relatif lebih dekat dibandingkan wilayah-wilayah belakangnya (*backward regions*).

(2) Hasil setelah dibuat klasifikasi sesuai dengan batas wilayah propinsi

Dengan perintah *extract by mask* pada ArcGIS, kemudian pola pada Gambar 3 dapat lebih jelas dilihat dalam batas wilayah propinsi (lihat gambar 4a dan 4b). Klasifikasi dibuat dengan prinsip *least possible class* yaitu dengan membagi kelompok kelas kepadatan sesederhana mungkin.

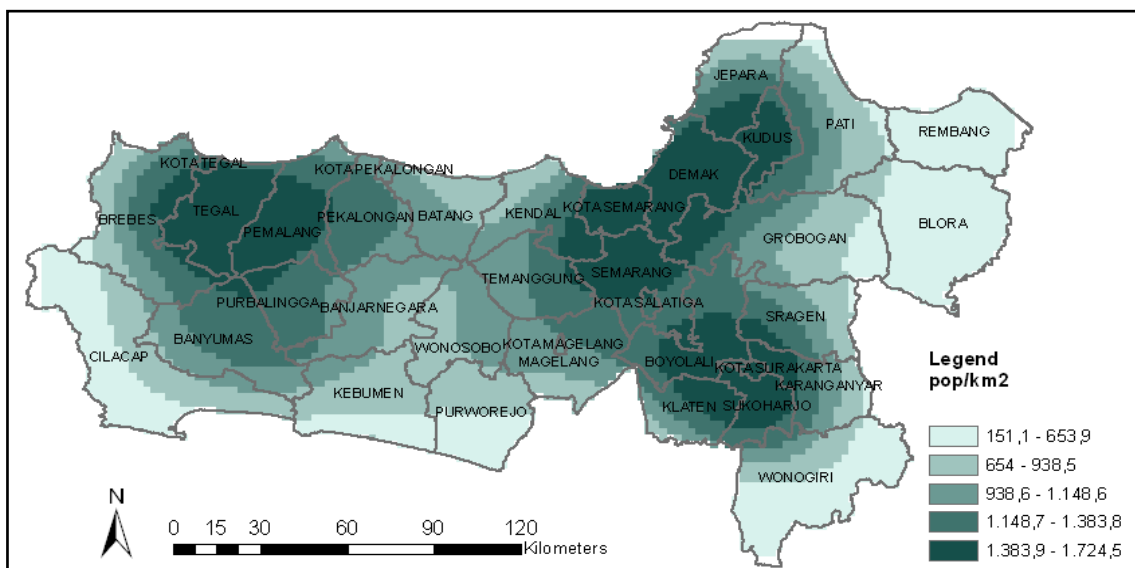
Tampak jelas bahwa pola persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah tahun 2000 dan 2030 adalah sangat berbeda. Pada tahun 2000, kepadatan penduduk tersebar relatif lebih merata dibandingkan persebaran kepadatan pada tahun 2030. Walaupun mengacu pada gambar 4a dan 4b jelas terlihat bahwa persebaran kepadatan penduduk dalam dua kurun waktu tersebut tetap hanya terkonsentrasi di beberapa wilayah tertentu saja. Terdapat selisih yg sangat signifikan antar wilayah

dengan kepadatan penduduk tinggi dan kepadatan penduduk rendah. Kepadatan penduduk daerah-daerah belakang hanya berkisar 100-500 jiwa/ km² sementara wilayah-wilayah pusat pertumbuhan (wilayah inti) memiliki kepadatan yg relatif tinggi. Bahkan pada tahun 2000, kepadatan penduduk Jawa Tengah pada wilayah-wilayah tertentu mencapai lebih dari 2000 jiwa/ km².



Gambar 4a Pola Persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah, 2000 menurut perhitungan *Kernel Density*

Lebih jauh memahami pola persebaran kepadatan penduduk tahun 2000, terdapat dua titik kepadatan tertinggi yaitu Kota Semarang dan sekitarnya diikuti oleh Kota Surakarta dan sekitarnya. Sesuai dengan posisi hirarki kota dalam level provinsi, tentu saja dapat dipahami bahwa Kota Semarang dan Surakarta merupakan wilayah padat penduduk. Seperti telah terungkap di hasil awal pada point no (1), Kota Surakarta memiliki aglomerasi kepadatan penduduk terbesar dibandingkan kota Semarang sebagai Ibu Kota Provinsi. Setelah Semarang dan Surakarta, pada tahun 2000 (Gambar 4a), Kota Tegal, Pekalongan, Purwokerto dan Magelang juga merupakan pusat titik persebaran kepadatan penduduk yang relatif tinggi. Sesuai dengan posisi hirarki kota yang berada pada level menengah maka kepadatan penduduk di wilayah ini masih bisa dikatakan tergolong padat yaitu >1000 penduduk/km².



Gambar 4b Pola Persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah, 2030 menurut perhitungan *Kernel Density*

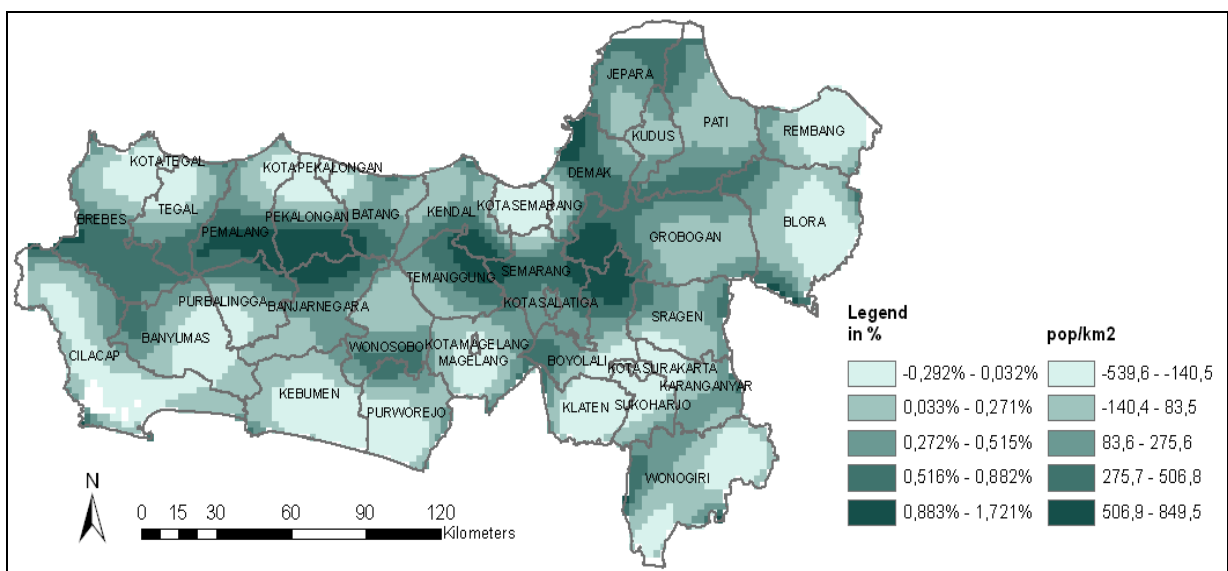
Lebih jauh memahami persebaran penduduk pada tahun 2030 dengan membandingkan dengan pola persebaran kepadatan penduduk pada tahun 2000 dapat diidentifikasi bahwa kecenderungan terjadinya konurbasi tampak jelas akan terjadi. Seperti terilustrasi pada peta di Gambar 4b, sedikitnya terdapat tiga aglomerasi kepadatan penduduk pada tahun 2030 yaitu Kota Semarang dan sekitarnya, Kota Surakarta dan sekitarnya, serta Kota Tegal dan sekitarnya. Walaupun kepadatan penduduk tertinggi pada tahun 2030 kemungkinan menurun namun distribusinya masih cenderung tidak merata. Jika pada tahun 2000, aglomerasi kepadatan penduduk tertinggi adalah di Kota Surakarta dan sekitarnya, maka pada tahun 2030, aglomerasi terbesar berada di Kota Semarang dan sekitarnya yang melebar ke arah timur yaitu ke wilayah Demak, Kudus, dan sebagian Jepara. Lebih jauh, dengan mempelajari kecenderungan pola yang akan terjadi pada tahun 2030, bisa diasumsikan bahwa koridor tengah Semarang-Surakarta akan berkembang sangat pesat dan menyatu menjadi suatu wilayah dengan karakter kepadatan penduduk yang terdefinisi sebagai wilayah perkotaan yang sangat besar (mega urban).

Secara singkat, dapat disimpulkan bahwa dengan asumsi laju pertumbuhan penduduk yang relatif sama dengan laju pertumbuhan penduduk pada tahun 1990 dan 2000 maka pada tahun 2030, persebaran kepadatan penduduk Jawa Tengah akan cenderung tidak merata. Kepadatan tinggi hanya terkonsentrasi di wilayah-wilayah tertentu saja. Koridor pantai selatan Jawa dan wilayah yang berbatasan dengan Jawa Timur akan menjadi wilayah dengan kepadatan penduduk yang sangat rendah dan berpotensi untuk menjadi wilayah stagnan atau relatif tertinggal. Mengacu pada estimasi pola persebaran kepadatan penduduk yang telah dikalkulasi, perangkat kebijakan yang jelas dan terarah mendesak untuk dapat segera direalisasikan agar kepadatan penduduk dapat tersebar dengan lebih merata.

(3) Laju Pertumbuhan Kepadatan Penduduk Jawa Tengah 2000-2030

Penjelasan pada peta di Gambar 4a dan 4b lebih bersifat statis atau hanya melihat pada satu tahun tertentu saja. Lebih jauh, Gambar 5 mengilustrasikan data penduduk yang bersifat dinamis dalam arti dengan memperhatikan kecenderungan perkembangan yang terjadi antara tahun 2000 dan tahun 2030

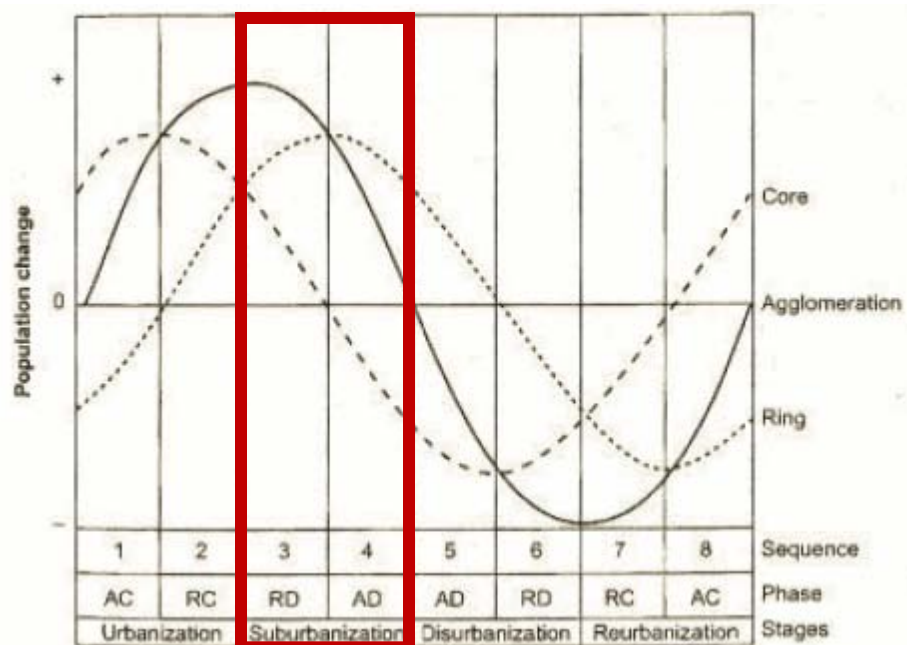
Terlepas dari fenomena konurbasi yang dapat di lihat pada data statis yang diilustrasikan pada Gambar 4b, peta pada gambar 5 mengilustrasikan fenomena yang di kenal dengan istilah sub urbanisasi.



Gambar 5 Laju Pertumbuhan Kepadatan Penduduk Jawa Tengah, 2000-2030

Suburbanisasi adalah istilah untuk menjelaskan tahapan kedua dari urbanisasi. Grafik pada gambar 6 mengilustrasikan siklus urbanisasi yang diadopsi dari pola kepadatan penduduk di negara-negara Eropa Barat dan Amerika (Champion, 2001). Seperti terlihat pada siklus yang secara garis besar terbagi menjadi empat tahap ini diketahui bahwa pola persebaran penduduk akan berubah sesuai dengan tahapan urbanisasi yang dialami oleh suatu wilayah.

Pada tahap pertama, konsentrasi penduduk akan tinggi dan cenderung meningkatkan pada wilayah inti (core) karena proses pembangunan baik untuk wilayah permukiman ataupun aktifitas kekotaan lainnya terkonsentarsi hanya pada wilayah inti ini. Namun demikian, pada tahapan kedua, dimana pembangunan di wilayah inti dapat diasumsikan telah mencapai titik jenuh, akan terjadi pergeseran konsentrasi kepadatan. Seperti diilustrasikan pada Gambar 6, dalam fenomena suburbanisasi, kepadatan penduduk tertinggi akan terjadi di wilayah pinggir (ring). Wilayah inti lebih difokuskan pada aktifitas-aktifitas kekotaan yang memiliki nilai ekonomi (komersial) lebih tinggi dari pada aktifitas permukiman. Sebagai akibatnya, pada tahapan suburbanisasi, wilayah permukiman akan tergusur ke daerah pinggiran. Hal ini dapat berwujud sebagai kota satelit, kota baru ataupun konsep-konsep lainnya yang salah satu akibat negatifnya mengarah pada fenomena *sprawl*.



Gambar 6 Empat Tahapan Perkembangan Kota

Sumber: Champion (2001) dalam R.Padison

Pada kenyataannya, suburbanisasi tidak hanya terjadi di Eropa ataupun Amerika. Fenomena suburbanisasi juga sudah sangat terasa di kota-kota industri di negara-negara berkembang setidaknya sejak era 80-90an. Di Indonesia, suburbanisasi sangat relevan untuk menjelaskan proses perkembangan kota Jakarta (Firman, 2003; Rustiadi dan Panuju, 1999). Yang perlu dijadikan catatan khusus adalah, apabila ke empat siklus perkembangan wilayah perkotaan seperti tergambar dalam Gambar 6 terjadi dalam kurun waktu setidaknya 50 tahun yaitu dimulai sekitar era 50an sampai dengan era 80an di Eropa Barat (Champion, 2001), maka di negara berkembang seperti Kota Jakarta misalnya, fenomena ini terjadi dalam kurun waktu yang jauh lebih singkat.

Dapat dipahami apabila urbanisasi di negara berkembang terjadi dalam kurun waktu yang sangat cepat. Globalisasi dan kemajuan teknologi komunikasi dan transportasi merupakan salah satu faktor pendorong penting terjadinya percepatan arus urbanisasi dibandingkan dengan negara-negara maju yang telah memulai jauh lebih awal proses ini (Cohen, 2006). Namun, penting sekali juga untuk diantisipasi bahwa percepatan urbanisasi akan memberikan banyak implikasi dan konsekuensi.

Suburbanisasi, apabila tidak diantisipasi dengan kebijakan pembangunan yang berorientasi pada pemerataan distribusi penduduk maka akan mengarah pada kesenjangan ekonomi yang lebih besar dibandingkan dengan kesenjangan yang saat ini sudah menjadi nyata. Hal ini dapat terjadi apabila tidak ada perangkat kebijakan ataupun regulasi yang dapat memberikan rangsangan ekonomi yang lebih besar bagi daerah belakang untuk mampu meningkatkan performa ekonominya secara lebih mandiri yang pada gilirannya dapat menekan arus migrasi keluar dan menekan migrasi masuk pada wilayah-wilayah yang sudah relatif lebih maju.

Disurbanisasi dan reurbanisasi yang kemudian terjadi pada tahapan berikutnya apabila mengacu pada empat tahapan yang terjadi di Eropa Barat dan Amerika akan memberikan dampak kesenjangan yang lebih buruk bagi pembangunan di negara berkembang. Hal ini utamanya terjadi karena ketidaksiapan sumber daya manusia dan institusi baik di wilayah-wilayah terkategori maju maupun wilayah-wilayah terkategori terbelakang di banyak negara berkembang ini. Pada kenyataannya, urbanisasi di Indonesia sebagai negara sedang berkembang pada umumnya lebih di dorong oleh industrialisasi yang berkarakter eksternal atau dengan kata lain terlalu banyak menggunakan sumber daya dan teknologi dari luar wilayah. Hal ini berimbas pada kenyataan bahwa sumber daya manusia dan institusi di Indonesia pada umumnya tidak memiliki fleksibilitas dan kapasitas yang cukup untuk maju secara mandiri dan merata yang pada gilirannya mampu menciptakan pola perkembangan struktur ruang (salah satunya diindikasikan dengan distribusi penduduk) yang lebih seimbang.

Kembali melihat fenomena yang terjadi pada wilayah Jawa Tengah, apabila tidak ada dorongan-dorongan kebijakan yang signifikan untuk lebih pemeratakan proses pembangunan maka fenomena suburbanisasi yang terkonsentrasi di hanya beberapa titik saja tidak akan dapat dihindari.

Peta pada Gambar 5 telah dengan gamblang mengilustrasikan bahwa wilayah-wilayah tertentu akan mengalami penyusutan jumlah penduduk. Apabila kota-kota di sepanjang pantai utara Jawa mengalami penyusutan jumlah penduduk karena fenomena suburbanisasi, maka beberapa kota di koridor pantai selatan dan dua kabupaten yang berbatasan dengan Jawa Timur cenderung menjadi stagnan lebih karena faktor keterbelakangan ekonomi yang menjurus kepada besarnya arus migrasi keluar.

Tidak dapat dihindari, upaya untuk pemeratakan distribusi penduduk harus terintegrasi dan sejalan dengan upaya untuk pemeratakan alokasi aktifitas ekonomi. Adanya pemerataan aktifitas ekonomi akan secara signifikan berpengaruh pada keseimbangan antara arus migrasi masuk dan migrasi keluar penduduk suatu wilayah. Keseimbangan migrasi memiliki efek nyata untuk pemerataan penduduk karena karakter struktur penduduk suatu wilayah berdasarkan kelahiran dan kematian pada umumnya cenderung lebih seimbang dibandingkan struktur penduduk dengan melihat proporsi antara migrasi masuk dan migrasi keluar.

Dengan terjadinya suburbanisasi di Jawa Tengah, maka pada tahun 2030 diperkirakan wilayah koridor tengah yaitu wilayah belakang bagi Kota Semarang, Kota Pekalongan, dan Kota Tegal akan mengalami pertumbuhan kepadatan penduduk tertinggi. Namun, tetap perlu diperhatikan beberapa fakta terkait limitasi lahan. Jika hanya mengacu pada perhitungan *kernel density*, terdapat kemungkinan beberapa wilayah yang berpotensi untuk memiliki pertumbuhan kepadatan penduduk yang relatif tinggi adalah sebenarnya wilayah yang terkategori rawan bencana, kawasan lindung ataupun kawasan irigasi teknis yang seharusnya dialokasikan untuk pertanian padi. Perlu dijadikan catatan penting bahwa perhitungan *kernel density* tidak mengakomodasi heterogenitas karakteristik fisik wilayah. Oleh karenanya, dukungan analisis lain yang memperhatikan aspek-aspek fisik seperti limitasi lahan maupun analisis yang fokus kepada persebaran aktifitas perekonomian akan menjadi masukan yang sangat baik untuk melengkapi hasil perhitungan *kernel density* ini.

4. Kesimpulan

Tulisan ini telah membahas secara garis besar perhitungan *kernel density* untuk memahami pola perkembangan kepadatan penduduk secara statis maupun dinamis dalam kurun waktu 2000 dan 2030

di Jawa Tengah. Dengan skenario *status quo* jelas terlihat adanya kecenderungan pola distribusi penduduk yang tidak seimbang. Apabila tidak diantisipasi, ketidakseimbangan distribusi penduduk ini akan mengarah kepada bentuk kesenjangan ekonomi yang lebih besar di masa yang akan datang di wilayah Jawa Tengah ini. Upaya untuk merumuskan kebijakan yang lebih berorientasi pada pemerataan pembangunan di Jawa Tengah pada khususnya sangat dibutuhkan.

Terkait dengan temuan hasil perhitungan yang telah direpresentasikan dalam bentuk informasi geografis, bantuan alat analisis spasial untuk berbagai elemen pembangunan seperti ekonomi dan infrastruktur perlu untuk lebih jauh dieksplorasi dan dikembangkan di Indonesia agar fenomena-fenomena pembangunan seperti yang dapat ditangkap melalui perhitungan *kernel density* ini dapat lebih mudah dipahami dalam dimensi yang lebih luas.

5. Ucapan Terima Kasih

Penghargaan yang setinggi-tingginya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (DIKTI) yang telah membiayai penelitian ini. Ucapan terimakasih juga kami sampaikan kepada Prof. Stefan Siedentop, kepala Institut Perencanaan Pengembangan Wilayah – Universitas Stuttgart yang telah memberikan banyak ide, kritik, dan saran yang sangat konstruktif dalam penelitian ini.

6. Referensi

- _____. (2000). Penduduk Jawa Tengah Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Penduduk 2000. Biro Pusat Statistik. Jawa Tengah.
- _____. (1990). Penduduk Jawa Tengah Hasil Pencacahan Lengkap Sensus Penduduk 1990. Biro Pusat Statistik. Jawa Tengah.
- _____. (2011). ArcGIS 9.3 desktop help topic. Dari <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/>.
- Champion, T., & Hugo, G. (Eds.). (2004). New forms of urbanization. International Union for the Scientific Study of Population (IUSSP). Cornwall.
- Champion, T. (2001). 'Urbanization, suburbanization, counterurbanization and reurbanization', in R. Padison (ed) Handbook of Urban Studies. SAGE Publication. London
- Cohen, B. (2003). Urban growth in developing countries: a review of current trends and a caution regarding existing forecasts. *World Development*, 32(1), 23-51.
- Cohen, B. (2006). Urbanization in developing countries: current trends, future projections, and key challenges for sustainability. *Technology and Society*, 28, 63-80.
- Firman, T. (2003). The spatial pattern of population growth in Java, 1990-2000. *International Development Planning Review*, 25(1).
- Firman, T. (2004). Demographics and spatial patterns of Indonesia's recent urbanization. *Population, Space and Place*, 10, 421-434.
- Gugler, J. (Ed.). (1996). The urban transformation of the developing world. Oxford University Press. New York.
- Hugo, G. (1996). 'Urbanization in Indonesia', in J. Gugler (Ed.), *The Urban Transformation of the Developing World*. Oxford University Press. New York.
- Jones, G. W. (2002). Southeast Asian urbanization and the growth of mega-urban regions. *Journal of Population Research*, 19(2).
- Kloog, et al (2009). Using kernel density function as an urban analysis tool: Investigating the association between nightlight exposure and the incidence of breast cancer in Haifa, Israel. *Computers, Environment and Urban Systems*, 33, 55-63
- Silverman, B.W (1986). Density estimation for statistics and data analysis. Chapman and Hall. New York.
- Rustiadi, E dan Dyah Retno Panuju (1999). Suburbanisasi kota Jakarta. Disampaikan pada Seminar Nasional Tahunan VII Persada. Bogor.
- Weeks, J. R. (2004). 'Using remote sensing and geographic information systems to identify the underlying properties of urban environments', in T. Champion & G. Hugo (Eds.), *New Forms of Urbanization*. International Union for the Scientific Study of Population (IUSSP). Cornwall.