

PEMODELAN PERKEMBANGAN KAWASAN PERMUKIMAN DI KOTA SURABAYA BERBASIS SIG

Ir. Dadet Pramadihano M. Eng PhD¹, Ir. Wahjoe Tjatur Sesulihatien MT¹,
Ira Prasetyaningrum S.Si, M.T¹, Adi Firmansyah²
Dosen¹, Mahasiswa²

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus PENS-ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111
Telp (+62)31-5947280, 5946114, Fax. (+62)31-5946114

Abstract

Urban modeling is an important tool for efficient policy designing in a big city. Surabaya, a big city are now recognized as complex systems through which non-linear and dynamic processes occur. The paper presents a methodological framework for urban modeling from socio economic point of view, which suggested framework incorporates a set of fuzzy systems. In this case, the variables consist of manufacture, hospital, school and shopping centre. Combining with spatial analysis in GIS, the result is a dynamic model was shown to be capable of replicating the trends and characteristics of an urban environment, in this case the city of Surabaya. Keyword : urban modeling, socio economic, fuzzy, GIS

1. Pendahuluan

Permukiman adalah bagian dari lingkungan hidup, di mana ada permukiman kawasan perkotaan dan kawasan pedesaan yang berfungsi sebagai tempat tinggal atau tempat hunian penduduk atau tempat kegiatan. Pertambahan jumlah penduduk dan tingkat perekonomian dari tahun ke tahun semakin menambah kebutuhan masyarakat terhadap kebutuhan rumah. Pemanfaatan lahan-lahan produktif dan lahan kosong sangat dibutuhkan pengembangan dalam mengembangkan permukiman. Hal ini dilakukan karena lahan tengah kota sudah tidak ada lagi tempat yang ideal dari sisi ekonomi.

Perkembangan suatu kawasan khususnya daerah perkotaan mempunyai ciri-ciri dengan adanya ketidakseimbangan perkembangan antar kawasan dan tidak meratanya pusat-pusat pelayanan untuk masyarakat, sehingga muncul permasalahan sebagai berikut : Kecenderungan pemusatan kegiatan (over concentration) pada kawasan-kawasan tertentu, perkembangan penggunaan lahan yang bercampur (mixed use), terjadinya alih fungsi lahan (land conversion) dari ruang terbuka, lahan konservasi, atau ruang terbuka hijau menjadi kawasan terbangun intensif (permukiman, industri, perkantoran, prasarana).

Kota Surabaya merupakan salah satu kota metropolitan terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Jumlah penduduk di Surabaya berdasarkan rencana pada tahun 2015 mencapai 2.722.876 jiwa, sedangkan luas Kota Surabaya sendiri hanya sekitar 33.048 ha. Dengan demikian kepadatan

penduduk Kota Surabaya mencapai 83 jiwa / ha. Penggunaan lahan untuk permukiman menghabiskan paling banyak lahan dari pada penggunaan lahan yang lain (RTRW Surabaya, 2015).

Permasalahan yang akan dihadapi adalah seiring dengan semakin meningkatnya pertumbuhan / perkembangan jumlah penduduk yang ada di kota Surabaya, maka bertambah pula tingkat kebutuhan hidup mereka, sehingga menyebabkan perubahan fungsi dari penggunaan lahan dalam perkembangan suatu permukiman. Oleh karena itu, pembuatan aplikasi ini berupaya untuk mengidentifikasi lebih dalam mengenai model perkembangan kawasan permukiman Surabaya yang dapat dijadikan masukan dalam penentuan kebijakan arah pembangunan fisik kota.

Proyek akhir ini dilakukan untuk membuat aplikasi tentang pemodelan perkembangan kawasan permukiman di Kota Surabaya. Data-data yang mengenai kondisi kependudukan, penggunaan lahan industri, sekolah, fasilitas kesehatan, kondisi transportasi akan diproses sehingga menghasilkan suatu rumusan yang nantinya akan digunakan untuk memodelkan sebuah peta tentang prediksi perkembangan kawasan permukiman tersebut.

Rumusan masalah dari aplikasi ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan data-data yang berpengaruh terhadap pola perubahan perkembangan kawasan permukiman.
2. Pengolahan data dari variabel-variabel yang mempengaruhi perubahan dan

- perkembangan kawasan permukiman.
3. Pembuatan sistem prediksi perkembangan kawasan permukiman berdasarkan aturan fuzzy logic dan cellular automata.
 4. Hasil output dari penelitian ini berupa peta pemodelan tentang perkembangan kawasan permukiman berbasis web..

Tujuan dari penelitian ini adalah memodelkan sistem dan memproses data serta variabel yang mempengaruhi suatu perkembangan permukiman tersebut baik itu pertumbuhan penduduk, pengaruh perkembangan wilayah seperti rumah sakit, swalayan, sekolah, dan industri yang kemudian dapat digunakan untuk menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan kawasan permukiman dan memprediksi bagaimana arah kecenderungan perkembangan kawasan permukiman tersebut untuk kedepannya dan perubahan luas lahan serta memberikan evaluasi serta revisi terhadap perencanaan tata ruang terkait.

Aplikasi Web-GIS ini diharapkan Membantu menginformasikan tentang bagaimana arah kecenderungan perkembangan kawasan permukiman kota Surabaya untuk kedepannya sebagai evaluasi dan revisi mengenai perencanaan tata ruang terkait, peta pemodelan perkembangan kawasan permukiman kota Surabaya berbasis sistem informasi geografis, mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan kawasan permukiman di Kota Surabaya.

2. Teori Penunjang

Menurut Teori Clark (1982). Perkembangan permukiman kota dipicu oleh dua peristiwa utama yang mewarnai perkembangan peradaban manusia di muka bumi ini. Kedua peristiwa tersebut dikenal dengan peristiwa revolusi pertanian dan peristiwa revolusi industri. Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan, seperti perkembangan sosial ekonomi, perkembangan industri, perkembangan transportasi.

Kemudian terdapat teori lainnya, yaitu Teori Haggett. Menurut teori Haggett (1983). Pengklasifikasian evolusi perkembangan kota ini didasarkan pada perkembangan permukiman pada abad pertengahan hingga kecenderungan perkembangan kota saat ini. Faktor-faktor yang mempengaruhinya hanya pada perkembangan di bidang transportasi.

Pada tahun 1992 terdapat teori Herbert & Thomas (1992), yang mana keberadaan industri rumah tangga secara individual sebenarnya sudah ada pada suatu kota semenjak orang mengenal peradaban kota, sehingga kata atau istilah industrialisasi akan lebih tepat, khususnya industri yang muncul sebagai akibat ditemukannya berbagai corak/jenis mesin dan kemudian dikembangkan di kota-kota dalam skala yang

lebih besar dari sekedar industri rumah tangga. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan kota seperti perkembangan pusat kota, perkembangan industri, kemajuan di bidang transportasi.

Menurut Borchert (1967), teori perkembangan permukiman perkotaan didasari dua hal yang dianggap determinan pembedaan evolusi perkembangan kota-kota di Amerika Serikat adalah perubahan teknologi transportasi dan perubahan teknologi industri. Borchert mengemukakan tesisnya berdasarkan perbedaan moda transportasi yang mendominasi kehidupan kekotaanya. Oleh karena tesisnya dicetuskan tahun 1967, sarjana ini mengemukakan gejala evolusi yang terjadi sampai pada tahun 1960, namun masih relevan diacu hingga saat ini.

Berdasarkan kajian pustaka diatas, dapat disimpulkan bahwa terdapat beberapa model evolusi permukiman perkotaan menurut pakar yang berbeda-beda. Hal ini disebabkan penentuan model yang dilakukan memiliki latar belakang daerah penelitian dan waktu penelitian yang berbeda. Berdasarkan teori-teori yang telah dipaparkan tersebut dapat diperoleh 5 faktor yang mempengaruhi perkembangan lahan yaitu : penambahan jumlah penduduk, perkembangan pusat kota, kemajuan di bidang transportasi, perkembangan social ekonomi, pertumbuhan industri.

Definisi SIG selalu berkembang, bertambah dan bervariasi. Hal ini terlihat dari banyaknya definisi SIG yang telah beredar. Selain itu, SIG juga merupakan suatu kajian ilmu dan teknologi yang relatif baru, digunakan oleh berbagai bidang disiplin ilmu, dan berkembang dengan cepat.

Secara harafiah, SIG dapat diartikan sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis. (Puntadewo A+, 2003)

Dengan kata lain Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Atau dalam arti yang lebih sempit, adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi bereferensi geografis, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah basis data termasuk juga orang yang membangun

dan mengoperasikannya dan data sebagai bagian dari sistem ini. (Sembiring, 2007)

Himpunan Fuzzy

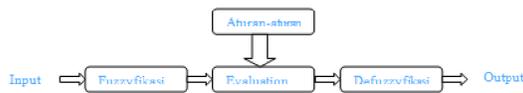
Pada himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan suatu item x dalam suatu himpunan A, yang sering ditulis dengan $\mu_A[x]$, memiliki dua kemungkinan yaitu :

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan

Sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaannya terletak pada rentang antara 0 sampai 1. Apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 0$, berarti x tidak menjadi anggota himpunan A, juga apabila x memiliki nilai keanggotaan fuzzy $\mu_A[x] = 1$ berarti x menjadi anggota penuh pada himpunan A.

Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi-fungsi tersebut antara lain fungsi linier, kurva segitiga, kurva trapesium dan kurva bahu. Dalam proyek ini menggunakan fungsi keanggotaan kurva segitiga.



Gambar 2.1 Proses dalam FIS

Inferensi itu sendiri adalah evaluasi kaidah/aturan/rule fussy untuk menghasilkan output pada tiap rule. FIS yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk memperoleh output, diperlukan 4 tahapan yaitu :

1. Pembentukan himpunan fuzzy;
Pada metode mamdani, baik variable input maupun variable output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.
2. Aplikasi fungsi aturan;
Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN.
3. Komponen aturan;
Pada tahapan ini system terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan atau korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi system fuzzy, yaitu metode MAX, solusi himpunan fuzzy diperoleh diperoleh dengan

cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah fuzzy, dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Secara umum dapat ditulis :

$$\mu_A[x] = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (1)$$

4. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut.

Defuzzyfikasi menggunakan metode COA dengan persamaan :

$$v_0 = \frac{\sum_{k=1}^m v_k \mu v(V_k)}{\sum_{k=1}^m \mu v(V_k)} \quad (2)$$

v_0 = nilai keluaran

m = tingkat kuantisasi

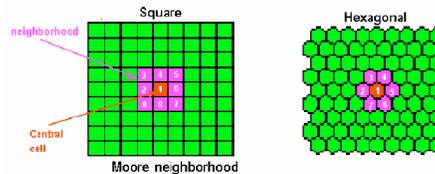
v_k = elemen ke-k

$\mu v(V_k)$ = derajat keanggotaan elemen-elemen pada fuzzy set v

v = semesta pembicaraan

Cellular Automata

Cellular system dapat didefinisikan sebagai suatu koleksi tersusun dari unsur-unsur serupa yang disebut cell. Struktur ini diberikan oleh pilihan dari bentuk pixel atau biasa disebut lattice. Beberapa lattice adalah 1-dimensi, 2-dimensi dan 3 atau lebih dimensi. Sel-sel tetangga (neighborhoods) merupakan bagian penting yang merepresentasikan kesatuan cell yang berinteraksi langsung dengan pusat cell. Jumlah dari sel tetangga sangat dipengaruhi oleh lattice dari sel tersebut. seperti terlihat pada gambar berikut :



Gambar 2.2 Cellular Automata

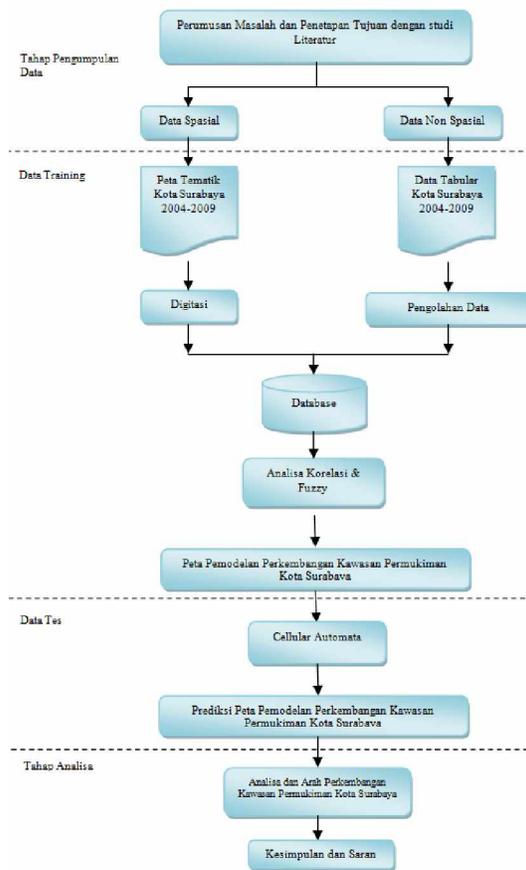
Pada gambar di atas, pusat cell ditandai dengan warna merah sedangkan neighborhoods ditandai dengan warna magenta. Lattice yang akan digunakan dalam sistem ini adalah Square. Karena dengan cell pusatnya yang berbentuk segiempat, maka sel-sel tetangganya akan semakin banyak. Sehingga sangat cocok digunakan dalam sistem

yang dinamis. Unit dasar komputasi pada cellular automata disebut cell dan umumnya beberapa cell bersifat non-linear dynamic system. Cell yang dinamis dapat bersifat continuous time. Secara matematis didefinisikan discrete in time dengan atau Ordinary Differential Equations (ODEs).

$$\text{Contoh: } y_1(t) = \sum_{k \in N} a_k \cdot y_k(t-1)$$

mendefinisikan output dinamis, $y_1(t)$ merupakan discrete time autonomous cell yang didefinisikan sebagai jumlahan berat semua neighboring cell output pada waktu sebelumnya. Neighborhood didefinisikan sebagai kesatuan N dan k dipilih untuk mengidentifikasi cell tetangga pada neighborhood tertentu.

3. Rancangan Sistem



Gambar 3.1 Diagram Sistem

Penjelasan :

- Proses : Setelah mendigitasi dan pengolahan data yang dimasukkan ke database. Selanjutnya melakukan perhitungan korelasi guna mendapatkan hubungan dua variable dan fuzzy sebagai pembentukan aturan yang mana hasilnya didapatkan dari data training yang

telah terkumpul, sehingga akan menghasilkan pemodelan kawasan permukiman dari data tersebut, kemudian dilakukan uji coba dengan melakukan metode perhitungan cellular automata guna mendapatkan prediksi suatu model perkembangan kawasan permukiman dan analisa perkembangan kawasan permukiman tersebut.

- Output : Hasil yang diharapkan dari pengerjaan dari penelitian ini adalah tentang sebuah prediksi pemodelan akan arah perkembangan kawasan permukiman kota Surabaya untuk kedepannya

Korelasi Antar Variabel

Tujuan analisis korelasi adalah ingin mengetahui **APAKAH ADA HUBUNGAN** antara dua variabel atau lebih. Misal dalam tugas akhir kali ini adalah hubungan antara kepadatan penduduk terhadap faktor-faktor yang mempengaruhinya seperti sekolah, industri, pasar swalayan, rumah sakit.

Adapun batas-batas nilai koefisien dari r adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Batas Nilai Koefisien r

Interval nilai r	Tingkat hubungan
$0 \leq r < 0,2$	Sangat rendah
$0,2 \leq r < 0,4$	Rendah
$0,4 \leq r < 0,6$	Sedang
$0,6 \leq r < 0,8$	Kuat
$0,8 \leq r \leq 1$	Sangat kuat

Mencari hubungan antara variabel X dan Y

$$r_{xy} = \frac{n\sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{\{n\sum x^2 - (\sum x)^2\} \{n\sum y^2 - (\sum y)^2\}}}$$

Keterangan :

r_{xy} = nilai korelasi

n = banyak data / sampel

$\sum x$ = jumlah variabel X

$\sum y$ = jumlah variabel Y

$\sum x^2$ = jumlah pangkat dua variabel X

$\sum y^2$ = jumlah pangkat dua variabel Y

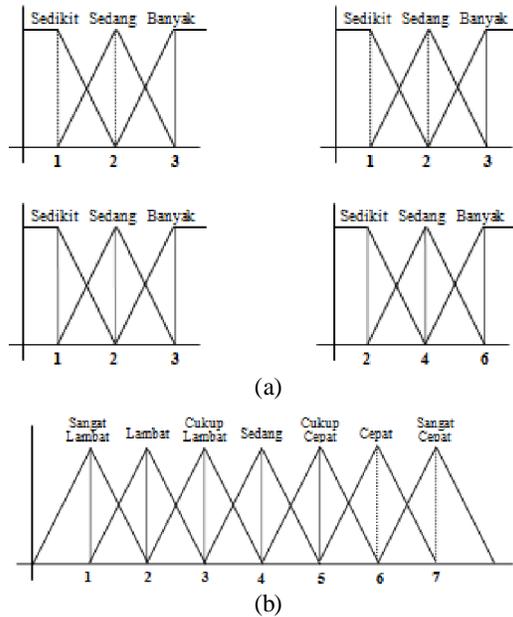
$\sum xy$ = jumlah perkalian variabel X dan Y

Alur Kerja Fuzzy Logic

Dari hasil korelasi yang telah dilakukan, kita tentukan metode yang tepat. Dalam sistem perkotaan, ada kombinasi kompleks banyak faktor dan subsistem. Jadi, cara-cara seperti teori

matematika dan model harus digunakan dengan kesadaran penuh kompleksitas.

Metode fuzzy mamdani dipilih sebagai cara untuk menentukan rule dari hasil korelasi antar variabel. Adapun membership function beserta keluaran dari variabel sebelumnya :



Gambar 3.2 Membership Function

(a). Input
(b). Output

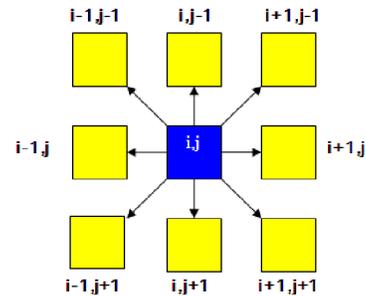
Setiap himpunan fuzzy digambarkan oleh variabel linguistik akrab terhadap kualitas sementara kuantitatif (numerik) informasi ditunjuk untuk fuzzy set yang tepat oleh koresponden fungsi keanggotaan. Basis pengetahuan direpresentasikan sebagai aturan linguistik "IF ... THEN ", menghubungkan hipotesis untuk kesimpulan melalui faktor kepastian. Dalam hal ini penelitian, peraturan dilakukan untuk menentukan pembangunan dalam jangka Sangat Lambat, Lambat, Cukup Lambat, Sedang, Cukup Cepat, Cepat, dan Sangat Cepat. Adapun aturan dasarnya sebagai berikut :

R1 : IF industri = tinggi v sekolah=sedikit v rumah sakit=sedikit v swalayan =sedikit
THEN perkembangan = sangat lambat
R2 : IF industri = sedang v sekolah=sedang v rumah sakit=sedikit v swalayan =sedikit
THEN perkembangan = lambat
R3 : IF industri = sedikit v sekolah=banyak v rumah sakit=sedikit v swalayan =sedikit
THEN perkembangan = cukup lambat
R4 IF industri = sedikit v sekolah=sedang v rumah sakit=sedikit v swalayan =sedikit
THEN perkembangan = sedang
R5 : IF industri = sedikit v sekolah= sedang v rumah sakit= sedikit v swalayan = sedang
THEN perkembangan = cukup cepat
R6 : IF IF industri = sedikit v sekolah= sedang v rumah sakit=dikit v swalayan = sedang

Gambar 3.3 Aturan Dasar

Alur Kerja Cellular Automata

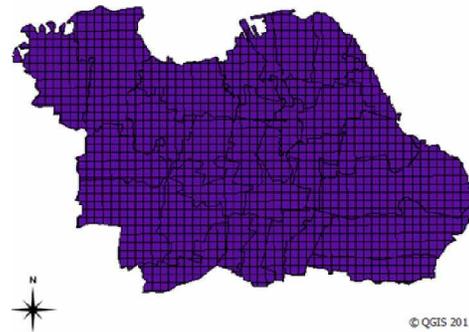
Berikut ini adalah representasi model *moore neighborhood* dari cellular automata 2 dimensi, ukuran 3x3.



Gambar 3.4 Metode Cellular Automata 3x3

Pembuatan Grid untuk menghubungkan GIS dengan fuzzy

Agar nilai dari fuzzy dapat dipakai dalam fuzzy maka dibutuhkan teknik buat menghubungkannya salah satunya adalah teknik grid peta. Tiap peta dibagi dalam bentuk kotak, dalam kasus ini radiusnya 500m x 500m, dan setiap grid memiliki database yang unik termasuk data geografis dan data dari hasil fuzzy tadi. Gambar 3.3 menunjukkan peta Surabaya setelah di grid.

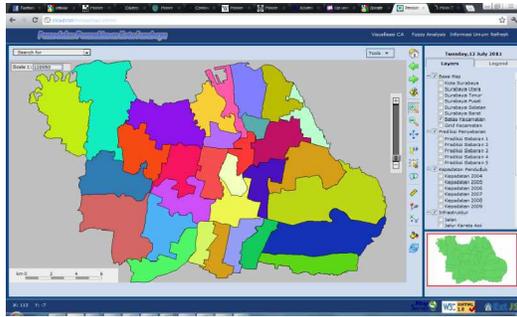


Gambar 3.5 Grid Peta Surabaya

Setelah itu semua data dalam grid hasil proses fuzzy akan ditampilkan dalam dalam jangka Sangat Lambat, Lambat, Cukup Lambat, Sedang, Cukup Cepat, Cepat, dan Sangat Cepat.

4. Hasil dan Pembahasan

Uji coba ini dilakukan untuk mengetahui apakah aplikasi yang telah dibangun telah berjalan dengan baik dan memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan. Berikut ini adalah tampilan halaman utama dari website:



Gambar 4.1 Halaman Utama

4.1. Korelasi antar variabel

Korelasi adalah salah satu cara untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara variabel satu dengan yang lain. Melalui perhitungan ini, akan didapatkan nilai dari korelasi yang kemudian dipakai sebagai acuan dalam menentukan prioritas variabel dalam aturan fuzzy.

n	31
jum_kpdtn (x)	422039.5375
jum_rs (y)	53
jum_xy	886629.9352
jum_x ²	8891832468
jum_y ²	109
besar kolerasi	0.6863519
Keterangan	Kuat

(a)

n	31
jum_kpdtn (x)	422039.5375
jum_swalayan (y)	62
jum_xy	1016836.315
jum_x ²	8891832468
jum_y ²	264
besar kolerasi	0.265850689
Keterangan	Rendah

(b)

Gambar 4.2 Faktor Korelasi

(a) Rumah sakit dengan kepadatan

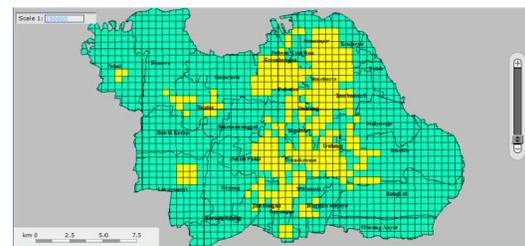
(b) Sekolah dengan kepadatan

Hasil dari korelasi antara rumah sakit dengan kepadatan penduduk didapatkan bahwa besarnya korelasi sama dengan 0.6863519, dengan hasil tersebut dapat diketahui bahwa dengan adanya rumah sakit yang mana sebagai pelayanan publik. Ketika membangun rumah sakit, lingkungan berubah. Hal menarik orang untuk hidup disekitar karena alasan ekonomi, seperti perdagangan, sewa ruang dan sebagainya. Ini adalah alasan mengapa korelasi positif. Untuk sekolah adalah salah satu faktor suatu kota mempengaruhi perkembangan, dengan berada didekatnya fasilitas pendidikan, seseorang bisa

mencari ilmu dengan lebih mudah. Dengan terbentuknya fasilitas-fasilitas sebelumnya ditambah dengan mudahnya akses ke fasilitas pendidikan perkembangan kota bias bergerak lebih cepat dan merambat ke tempat-tempat lain disekitarnya.

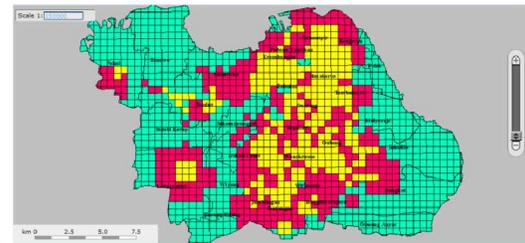
Setelah mendapatkan nilai COG dari fuzzy diatas, nilai COG dimasukkan ke dalam setiap grid, kemudian dilakukan visualisasi prediksi arah perkembangan kota Surabaya dengan menggunakan perhitungan matematika Cellular Automata.

4.2. Visualisasi Arah Prediksi Perkembangan dengan Cellular Automata



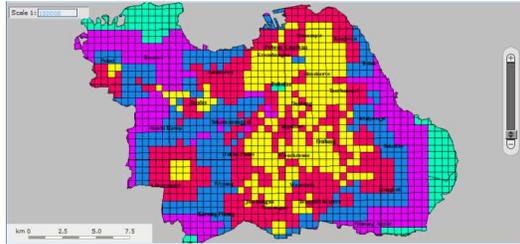
Gambar 4.3 Visualisasi Uji Coba 1

Dari hasil visualisasi uji coba pertama bahwa arah prediksi perkembangan mengarah ke kecamatan pada Surabaya Pusat dulu, ini terlihat bahwa infrastuktur pada Surabaya Pusat memadai seperti rumah sakit, sekolah, apalagi swalayan, karena sebagai pusat kota.



Gambar 4.4 Visualisasi Uji Coba 2

Pada hasil uji coba kedua arah prediksi prediksi arah perkembangan kota bergerak ke arah utara, selatan dan sebagian ke arah timur dikarenakan di Surabaya Utara, Surabaya Selatan, serta Surabaya Timur dekat dengan Surabaya Pusat yang memiliki infrastruktur yang memadai tapi memiliki luas lahan yang kec, sehingga banyak penduduk yang pindah ke Surabaya Utara, Surabaya Selatan dan sebagian ke Surabaya Timur



Gambar 4.5 Visualisasi Uji Coba 3

Pada uji coba ketiga arah prediksi perkembangan mulai berkembang pada sebagian daerah Surabaya Barat dikarenakan di daerah Kecamatan Sukomanunggal terdapat banyak pasar swalayan seperti mall oleh sebab itu prediksi arah perkembangan bergerak daris situ. Untuk sebagian kecamatan daerah Surabaya Barat belum mengalami prediksi arah perkembangan, karena pada daerah-daerah situ masih belum terlalu banyak infrastruktur yang tersedia

5. Kesimpulan

Dari hasil uji coba perangkat lunak dapat ditarik beberapa kesimpulan :

- Berdasarkan kajian pustaka yang ada terdapat beberapa faktor yang memengaruhi perkembangan suatu kota, yaitu :
 - a. Pertambahan jumlah penduduk
 - b. Pertambahan fasilitas kesehatan
 - c. Perkembangan sosial ekonomi seperti pasar swalayan dan sekolah
 - d. Pertumbuhan industri.
- Prediksi arah perkembangan permukiman dengan menggunakan metode cellular automata dapat membantu untuk menganalisa dan pengambilan keputusan pengembangan kota Surabaya secara makro.
- Terjadi perkembangan yang memusat pada pusat kota Surabaya mengingat adanya indikasi dimana pergerakan penduduk mengalir dari pusat kota ke daerah-daerah pingiran kota.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Sugiarto, Boni. 2005, *Model Perkembangan Spasial Surabaya Metropolitan Area (Studi Kasus : Kabupaten Sidoarjo Dan Kota Surabaya)*, Surabaya : FTSP-ITS.
- [2]. Hariyanto, Teguh. 2005, *Pengembangan Sistem Informasi Geografis Untuk Prediksi Penggunaan Dan Perubahan Lahan Menggunakan Citra Ikonos Multispektral*. Surabaya : FTSP-ITS.
- [3]. Wihono, Sri. 2005, *Analisis Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografis (Sig) Untuk Memantau Perkembangan Kawasan Permukiman Baru Di Kota Sidoarjo*. Surabaya : FTSP-ITS.

- [4]. Widajati, Tri. 2009. *Manajemen Bencana Lumpur Sidoarjo Menggunakan Gis Berbasis Web*. Surabaya : PENS-ITS.
- [5]. Khalid Al-Ahmadia, Alison Heppenstallb, Linda Seeb and Jim Hoggb, *Modeling Urban Growth Dynamics using Cellular Automata and GIS*. Saudi Arabia : University of Leeds
- [6]. Arashirin's Weblog. "*Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*", <http://arashirin.wordpress.com/2007/12/31/konsep-dasar-sistem-informasi-geografis> (diakses tanggal 20 Juli 2010).
- [7]. Khalid Al-Ahmadia*, Alison Heppenstallb, Linda Seeb and Jim Hoggb, *Modeling Urban Growth Dynamics using Cellular Automata and GIS*
- [8]. Verburg, P.H.; van Berkel, D.; Valbuena, D; Willemen, L, *Modelling the influence of land use and land cover change on landscape functions*, 2007
- [9]. Sigrun Kabisch, Annegret Haas, Dagmar Haase, *Beyond Growth- Urban Development In Shrinking Cities as a challenge for Modelling*