

Pengembangan Database Spasial untuk Pembuatan Aplikasi Berbasis GIS

Saefurrohman

Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Stikubank Semarang

email : ipung@unisbank.ac.id

ABSTRAK : Sistem Informasi Geografi tidak hanya menangani peta atau gambar, tetapi yang terpenting adalah kemampuan menangani database dalam volume besar. Konsep database merupakan pusat dari SIG dan merupakan perbedaan utama antara SIG dan sistem drafting sederhana atau sistem pemetaan komputer yang hanya dapat memproduksi keluaran berupa grafik yang baik. Pengembangan Database Sistem Informasi yang terbentuk memiliki stuktur topologi data spasial, dan bisa digunakan sebagai data dasar untuk membuat bermacam aplikasi yang berbasis Sistem Informasi Geografi. Database internal terbentuk secara otomatis dari hasil rancangan data spasial, database eksternal bisa direlasikan dengan database internal untuk menghasilkan database Sistem Informasi Geografi yang baru hasil penggabungan.

Kata kunci : database sistem informasi geografi, topologi, database spasial.

PENDAHULUAN

Sistem Informasi Geografi tidak hanya menangani peta atau gambar, tetapi SIG menangani database. Konsep database merupakan pusat dari SIG dan merupakan perbedaan utama antara SIG dan sistem drafting sederhana atau sistem pemetaan komputer yang hanya dapat memproduksi keluaran berupa grafik yang baik.

Database berisi informasi tentang sumber daya lahan yang meliputi struktur tanah, hidrologi dan sistem panen yang bertujuan untuk pembuatan berbagai aplikasi Agro-Cultural berbasis Sistem Informasi Geografi.

Pengembangan database Sistem Informasi Geografi dibuat dengan kemampuan untuk menyimpan data dengan volume yang besar yang nantinya bisa digunakan untuk berbagai macam aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografi.

Studi area dilakukan di wilayah Kabupaten Pemalang. Dengan pertimbangan Potensi yang dimiliki oleh Kabupaten Pemalang dengan beberapa rekomendasi yang dapat digunakan sebagai dasar dalam perencanaan dan pengembangan untuk berbagai aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografi dengan sumber daya lahannya sebagai data masukan.

Database Spasial dan non Spasial SIG dirancang untuk menyimpan dan mengelola informasi lapisan tanah, batas administratif, jalan-jalan, area irigasi, elevasi, iklim dan penggilingan padi dalam Sistem Informasi Geografi (GIS). Database yang terbentuk dilengkapi dengan atribut-atributnya disimpan sebagai database relasional yang bisa diimpor ke berbagai aplikasi GIS.

Pengembangan Database Sistem Informasi Geografi dibuat dengan tujuan digunakan untuk pembuatan berbagai aplikasi berbasis Sistem Informasi Geografi dengan cara membangun infrastruktur database spasial sumber daya lahan yang digunakan sebagai database masukan. Pembuatan peta digital dan penambahan obyek data spasial berupa peta tematik (bertema) untuk wilayah Kabupaten Pemalang.

LANDASAN TEORI

Sistem Informasi Geografi

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan sistem informasi berbasis komputer yang digunakan secara digital untuk menggambarkan dan menganalisa ciri-ciri geografi yang digambarkan pada permukaan bumi dan kejadian-kejadiannya (atribut-atribut

non spasial untuk dihubungkan dengan studi mengenai geografi) [Feick et al,1999;Tuman,2001].

Sistem Informasi Geografi adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografi. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, dan menganalisa obyek-obyek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan berikut dalam menangani data yang bereferensi geografi: (a) masukan, (b) manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data), (c) analisis dan manipulasi data, (d) keluaran [Aronoff,1989].

Database Spasial

Basisdata Spasial mendeskripsikan sekumpulan entitas baik yang memiliki lokasi atau posisi yang tetap maupun yang tidak tetap (memiliki kecenderungan untuk berubah, bergerak, atau berkembang) . Tipe-tipe spasial ini memiliki propertis topografi dasar yang memiliki lokasi, dimensi, dan bentuk (*shape*). Hampir semua SIG memiliki campuran tipe-tipe entitas spasial dan non-spasial. Tipe-tipe non-spasial tidak memiliki properti topografi dasar lokasi .

Database spasial meliputi kondisi tekstur tanah, erosi, lereng, ketinggian, jenis tanah, tempat pengambilan sumber bahan bangunan dan penyebaran pemukiman yang dikonstruksikan sebagai ulasan dalam suatu vektor Sistem Informasi Geografi. Dimana atribut-attributnya disimpan sebagai database

relasional yang bisa diimpor ke model tata ruang.

Database Sistem informasi Geografi

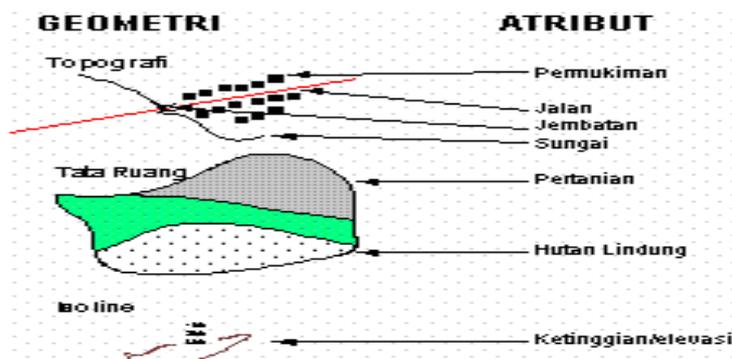
SIG menyimpan data dalam bentuk ‘peta’ berupa bentuk geometri/spasial (titik, garis dan atau area/poligon) dan informasi disimpan dalam bentuk atribut/deskriptif. Saat ini SIG dikembangkan dengan menggunakan sistem-sistem manajemen basisdata (DBMS) yang telah ada sebelumnya.

Terdapat 2 (dua) pendekatan untuk menggunakan DBMS di dalam SIG.

1. Pendekatan solusi DBMS total. Pada pendekatan ini , semua data spasial dan non spasial diakses melalui DBMS sehingga data-data tersebut harus memenuhi asumsi-asumsi yang telah ditentukan oleh perancang DBMSnya.
2. Pendekatan solusi kombinasi. Pada pendekatan ini, beberapa (tidak semua) data (pada umumnya berupa table-tabel attribute berikut relasi-relasinya) diakses melalui DBMS karena data-data tersebut telah sesuai dengan modelnya. System ini (missal berlaku pada Arc/Info) biasanya mengadopsi dua system basisdata—yang pertama untuk data spasial (ARC pada Arc/Info) dan yang kedua untuk data non spasial yang dikelola oleh sistembasisdata yang khusus dirancang untuk data non-spasial (INFO pada Arc/Info).

Informasi Fiture

Informasi tentang setiap fiture yang disimpan pada komputer meliputi : apa fiture



Gambar 1. Data Atribut dan Geometri

tersebut, dimana fitur berada, dan bagaimana hubungan fitur tersebut dengan fitur lainnya (misalnya, bagaimana hubungan jalan dalam membentuk network).

Fitur Data Keruangan

Informasi yang disampaikan oleh peta disajikan secara grafis sebagai kumpulan komponen peta. Informasi lokasional disajikan dengan titik untuk fitur seperti mata air dan tiang telepon, garis untuk fitur seperti jalan, aliran sungai dan saluran pipa, dan area untuk fitur seperti danau, wilayah administrasi, dll. Deskripsi singkat untuk masing-masing fitur adalah sebagai berikut :

1. Fitur Titik disajikan oleh lokasi diskret yang menentukan obyek peta yang batas atau bentuknya terlalu kecil untuk ditunjukkan sebagai fitur garis atau area. Menyajikan titik yang tidak mempunyai area, seperti ketinggian dari puncak gunung.
2. Fitur Garis Merupakan kumpulan koordinat berurutan yang bila dihubungkan akan menyajikan bentuk linier dari obyek yang terlalu sempit untuk ditampilkan sebagai area. Atau, berupa fitur yang tidak mempunyai lebar, seperti garis kontur.
3. Fitur Area merupakan bentuk gambar tertutup yang batasnya melingkupi area homogen, seperti batas wilayah, negara atau propinsi.

PENYIMPANAN DATA GEOGRAFI

Database peta digital terdiri dari dua jenis informasi : spasial (geometri/fitur) dan deskriptif (atribut). Informasi ini disimpan sebagai rangkaian file pada komputer dan berisi salah satu informasi spasial atau informasi deskriptif mengenai fitur peta. Kekuatan SIG terletak pada keterkaitan dua jenis data ini dan pada pemeliharaan hubungan spasial di antara fitur peta.

Untuk mengakses informasi pada database tabular bisa melalui peta, atau dapat membuat peta berdasarkan pada informasi di dalam database tabular. Analisis pada data tabular tidak hanya bermuara pada tabel tetapi juga akan dapat disajikan dalam fiturnya,

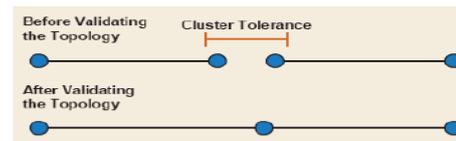
demikian pula sebaliknya. Hasil analisis geometri dapat tercermin pada data atributnya (tabel).

TOPOLOGI

Topology adalah pendefinisian secara matematis yang menerangkan hubungan relatif antara objek yang satu dengan objek yang lain. Dalam GIS topology didefinisikan oleh user sesuai dengan karakteristik data seperti line, polygon maupun point/titik. Setiap karakteristik data tertentu mempunyai rule/aturan tertentu. Rule atau aturan tersebut secara default telah disediakan oleh software GIS .

Toleransi Jarak Snapping

Adalah besarnya toleransi jarak antar fitur yang memungkinkan penyambungan antar fitur satu dengan fitur terdekat.



Gambar 2. Jarak Snapping

Aturan Topology (Rule of Topology)

Untuk menghasilkan data yang benar sesuai dengan konsep GIS, ArcGIS menyediakan fasilitas filtering untuk melakukan checking(query) kesalahan secara otomatis dan melakukan editing (validasi) spasial dan attribute.

POLIGON

1. Must Not Overlap

Subtract: Menghapus bagian yang overlap dari masing-masing fitur dan akan meninggalkan area yang kosong pada daerah error. Perbaikan ini bisa diterapkan ke satu atau lebih kesalahan yang terjadi pada aplikasi aturan kesalahan *Must Not Overlap*.

Merge: Menambah/menggabung fitur dari fitur overlap yang melanggar aturan yg dipakai. Pemilihan fitur tergantung justifikasi yg akan dipilih sebagai fitur yang dianggap salah. Koreksi ini bisa

diterapkan pada satu kesalahan *Must Not Overlap* saja.

Create Fiture: Membuat polygon baru diluar kesalahan yang terjadi dan menghapus kesalahan yang ada. Koreksi ini bisa diterapkan ke satu atau lebih kesalahan yang terseleksi oleh penerapan aturan kesalahan *Must Not Overlap*.

2. Must Not Have Gap

Create Fiture: Membuat polygon baru dari garis batas yang saling membentuk polygon kosong (gap). Koreksi ini bisa diterapkan pada satu atau lebih kesalahan pada penerapan aturan kesalahan *Must Not Have Gaps*.

LINE

1. Must Not Overlap

Substract: Menghapus segmen line yang overlapping dari fitur-fitur yang membentuk kesalahan. Anda harus melakukan seleksi lebih dulu sebelum menghapus obyek dimaksud. Koreksi ini dapat diterapkan pada satu kesalahan *Must Not Overlap* saja.

2. Must Not Intersect

Substract: Menghapus segmen line yang overlapping dari fitur2 yang membentuk kesalahan. Anda harus melakukan seleksi lebih dulu sebelum menghapus obyek dimaksud. Koreksi ini dapat diterapkan pada satu kesalahan *Must Not Intersect* saja.

Split: Memotong fitur line yang saling berpotongan menjadi 4 segmen garis. Koreksi ini bisa diterapkan pada satu atau lebih kesalahan *Must Not Intersect*.

3. Must Not Have Dangles

Extend: Menyambung dangle pada akhir segmen line ke fitur di depannya sepanjang toleransi jarak snapping terpenuhi. Jika tidak masuk dalam toleransi jarak snapping, maka dangle akan tetap dipertahankan (tidak berubah), hanya obyek yang terseleksi yg akan di validasi. Koreksi ini dapat diterapkan ke satu atau lebih kesalahan *Must Not Have Dangles*.

Trim: Menghapus fitur line jika dangle (point) pada akhir intersection line masuk dalam toleransi jarak snapping yang diterapkan. Koreksi ini dapat diterapkan ke satu atau lebih kesalahan *Must Not Have Dangles*.

Snap: Akan menyatukan dangle line ke line terdekat yang masuk dalam toleransi jarak snapping, target line sendiri posisinya tetap. Akan dicari endpoint terlebih dulu, vertex dan pada akhirnya garis. Koreksi ini dapat diterapkan ke satu atau lebih kesalahan *Must Not Have Dangles*.

POINT

Pada jenis kesalahan points hanya ada dua koreksi yang bisa dilakukan yaitu membiarkannya atau menghapus fitur yang dianggap salah. (Sudomo, Ostip).

METODE PENELITIAN

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara secara langsung dengan pihak Dinas Pekerjaan Umum dan BAPPEDA pemerintah Kabupaten Pemalang dan Studi pustaka yang berhubungan dengan pengembangan Database spasial SIG.

Objek Penelitian

Area studi meliputi satu wilayah percontohan di propinsi Jawa Tengah dengan sampel salah satu wilayah sentra produksi padi yaitu kabupaten Pemalang.

Alat Dan Bahan

Perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan database SIG adalah MapCad/AutoCad, Arc/Info dan ArcView. Pengembangan Databasenya meliputi penggabungan Database Spasial dengan data tabular Intenal dan ekstenal yang dijoin serta untuk pembuatan aplikasinya.

Bahan yang diperlukan terdiri dari alat untuk proses digitasi dalam hal ini menggunakan peta kartografi yang discan sebelum diolah ke AutoCad. Beserta data primer dan data sekunder yaitu peta Asli Wilayah Kabupaten Pemalang, Peta wilayah administrasi tingkat kecamatan sampai kabupaten dan data Tabulasi dalam

angka yang mencakup angka data statistik dan data berkala.

Digitasi Peta Wilayah Kabupaten Pemalang

Digitasi peta dilakukan dengan men-scanning peta asli wilayah Kabupaten Pemalang dalam format gambar (JPEG) kemudian dibuat peta digital dengan mengkonversi ke model vektor menggunakan perangkat lunak MapCad/AutoCad kemudian dibuat coverage untuk masing-masing layer beserta topologinya menggunakan Arc/Info dengan perintah CLEAN/BUILD. Proses diteruskan dengan menggunakan ArcView untuk penambahan database tabularnya. Dengan menggunakan database tabular dilakukan join berdasarkan ID setiap bagian di setiap wilayah berdasarkan pembagian layer yang dibangun berdasarkan bentuk poligon, garis atau titik.

METODOLOGI

Metodologi Perancangan BasisData

Tahapan-tahapan di dalam melakukan perancangan basisdata, dengan dua pendekatan yaitu 1) Tingkat Paket Kerja [Hoyer98] dan 2) Three Schema Architecture (TSA) [Prahasta 2005].

Metode Perancangan Basisdata Sistem Informasi Geografi

Perancangan basisdata SIG pada prinsipnya tidak jauh berbeda dengan perancangan basisdata pada umumnya (non SIG). perbedaannya pada prinsipnya hanya pada masa tahap internalnya, khususnya tahap perancangan fisik yang erat kaitannya dengan jenis perangkat keras dan perangkat lunak DBMS yang digunakan sebagai tools beserta mekanisme-mekanisme bagaimana mengimplementasikan basisdatanya.

Perancangan Basisdata SIG mencakup tahapan :

1. Requirement Data (basisdata) spasial.
2. Melibatkan Entiti Spasial, dan entiti Spasial Tambahan
3. Relasi Entiti berdasarkan koordinat-koordinat objek

4. Entiti dengan flat table
5. Relasi spasial entity dan topologi
6. Relasi entity pada model data spasial raster
8. Relasi-relasi ganda dan multi-entiti (N-ary relation)
7. Keterbatasan jumlah 'field atau atribut' terkait pada model data raster
8. Atribut atau field di luar perancangan
9. Perancangan Basisdata parsial
10. Penjagaan Integritas basisdata [Prahasta,2005]

DESAIN DAN PEMBAHASAN

Tahapan Proses Pembuatan BasisData Spasial

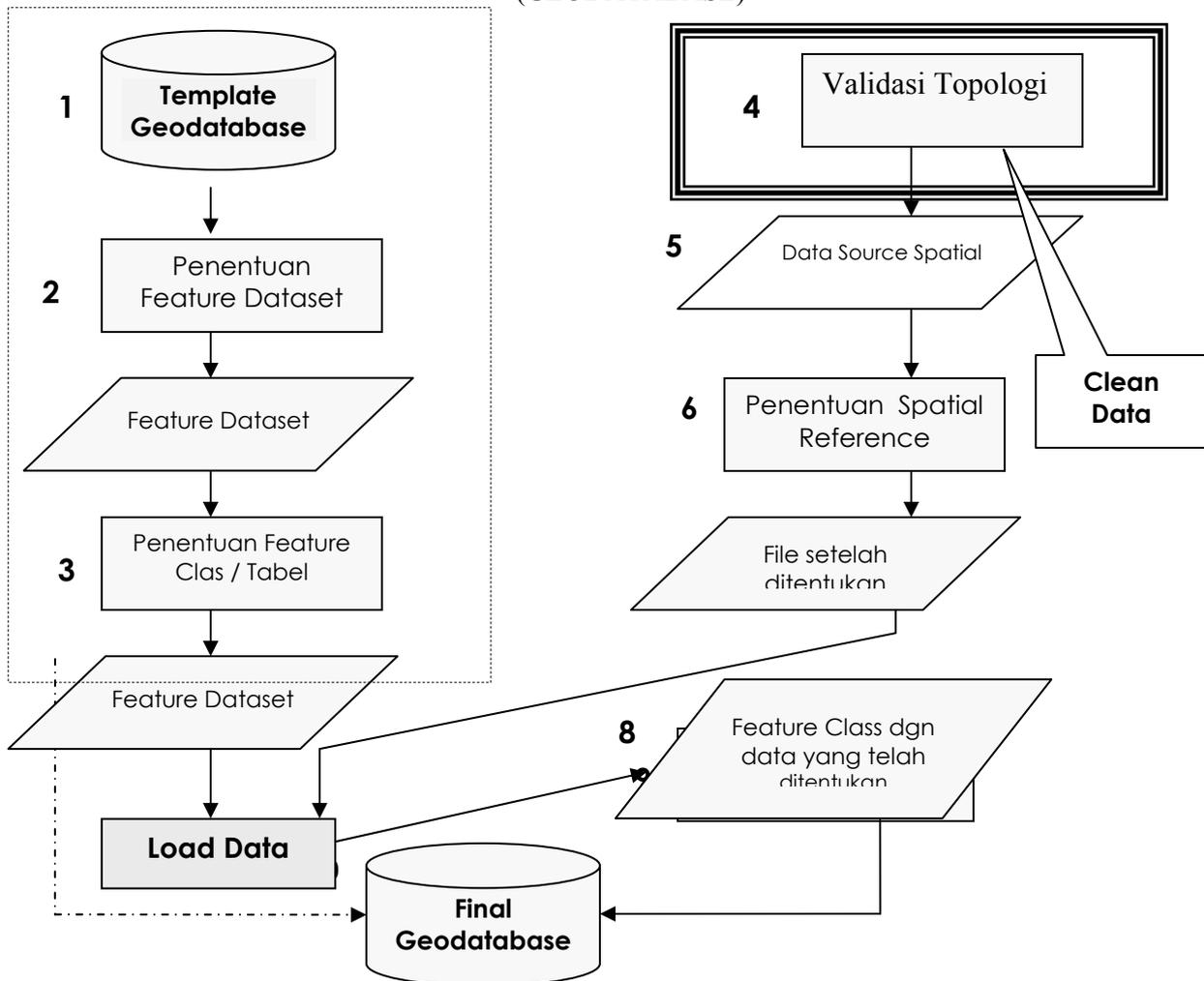
PEMBUATAN PETA

Proses untuk membuat (menggambar) peta dengan GIS jauh lebih fleksibel, bahkan dibanding dengan menggambar peta secara manual, atau dengan pendekatan kartografi yang serba otomatis yang dimulai dengan membuat gambar peta yang sudah ada bisa digambar dengan digitizer, dan informasi tertentu kemudian bisa diterjemahkan ke dalam GIS. Database kartografi berbasis GIS dapat bersambungan dan bebas skala. Peta-peta kemudian bisa diciptakan terpusat di berbagai lokasi, dengan sembarang skala, dan menunjukkan informasi terpilih, yang mencerminkan secara efektif untuk menjelaskan suatu karakteristik khusus.

Karakteristik Pembuatan Database Spasial

- Data dibuat dalam beberapa tipe yaitu : polygon (area), line (garis) dan point (titik) .
- Masing-masing obyek yang dibuat memiliki identifier (ID) / pengenal yang unik (tidak dimiliki oleh obyek lain selain obyek yang sama dengan dirinya sendiri).

TAHAPAN PROSES PEMBUATAN BASISDATA SPATIAL (GEODATABASE)



Gambar 3. Tahapan proses pembuatan basisdata spatial

- Aturan data yang dibuat harus dalam ketentuan seperti garis pada layer jalan harus tersambung satu sama lain, garis yang membentuk polygon harus tertutup, tidak ada kebocoran.

PETA KARTOGRAFI

Peta Administrasi

(gambar 4)



Gambar 4. Peta administrasi Kabupaten Pemalang

Tabel 1. Luas DAS di Kabupaten Pemalang

| NO | DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) DI KABUPATEN PEMALANG | LUAS DAS (Km2) | KETERANGAN |
|----|--|----------------|------------|
| 1 | Medono | 41,56 | |
| 2 | Srengseng | 20,84 | |
| 3 | Waluh | 159,66 | |
| 4 | Rambut | 167,42 | |
| 5 | Comal | 764,56 | |

DATA GEOGRAFI

Data geografi berupa table yang akan digunakan sebagai database Sistem Informasi Geografi dalam bentuk tabular sebagai database eksternal yang akan dijoinkan dengan database internal yang terbentuk dari proses pembuatan data spasial terdiri dari :

1. Daerah Irigasi

Dengan total luas daerah irigasi tiap – tiap kecamatan Pada Kabupaten Pemalang yang tercatat pada tahun 2001.

2. Daerah Aliran Sungai

Luas daerah aliran sungai (DAS) yang terdapat pada Kabupaten Pemalang pada tahun 2001 yaitu :

3. Sungai

Terdapat 5 sungai besar yang ada di

Kabupaten Pemalang, data yang tercatat pada tahun 2001 yaitu :

- Sungai Comal Panjang 165 Km Luas 764,56 Km2
- Sungai Waluh Panjang 36 Km Luas 159,66 Km2
- Sungai Rambut Panjang 57 Km Luas 167,42 Km2
- Sungai Srengseng Panjang 12 Km Luas 20,89 Km2
- Sungai Medono Panjang 16 km luas 41,56 km2

4. Debit Air

Sungai – sungai di Kabupaten Pemalang memiliki debit yang beragam, berikut data debit terbesar dan terkecilnya yaitu :

Tabel 2. Debit terbesar dan terkecil sungai utama di Kabupaten Pemalang

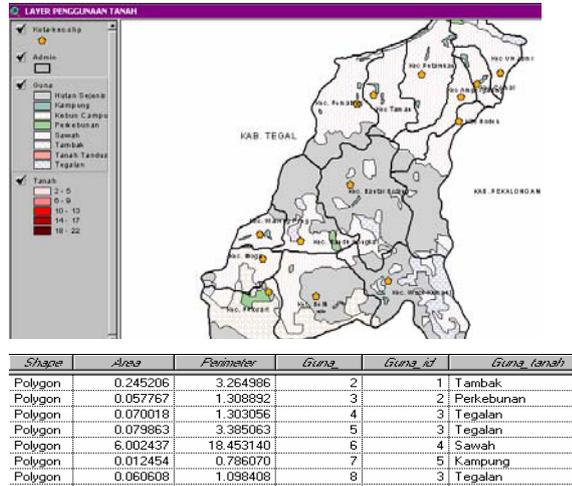
| No | SUNGAI | LUAS DAS (KM2) | DEBIT (M3 / DT) | |
|----|--------|----------------|-----------------|-------|
| | | | BESAR | KECIL |
| 1 | Comal | 764,56 | 206,085 | 4,159 |
| 2 | Waluh | 159,66 | 131,332 | 3,62 |

| Field Name | Data Type | Description |
|-----------------|-----------|--|
| No_stasiun | Number | No.stasiun curah hujan |
| Nama | Text | Nama Stasiun Curah Huja |
| Tahun | Date/Time | Data Tahun terakhir dicatat |
| Curah/tahun(mm) | Number | Banyaknya Curah Hujan dalam 1 tahun dalam mm |

Gambar 5. Perancangan struktur database

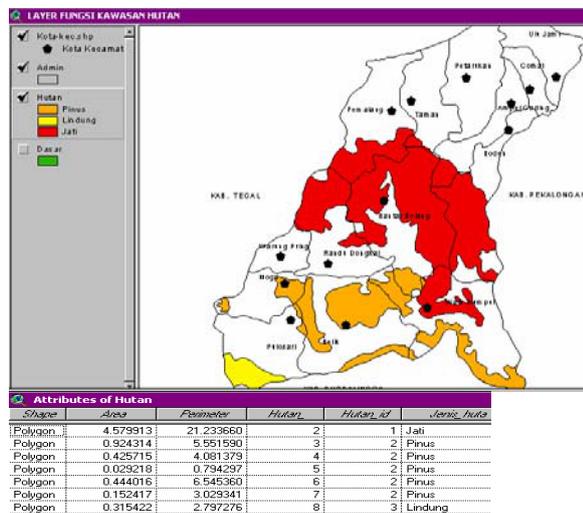
Perancangan Database Spasial

1. Data Spasial Penggunaan Tanah dan Database Internal



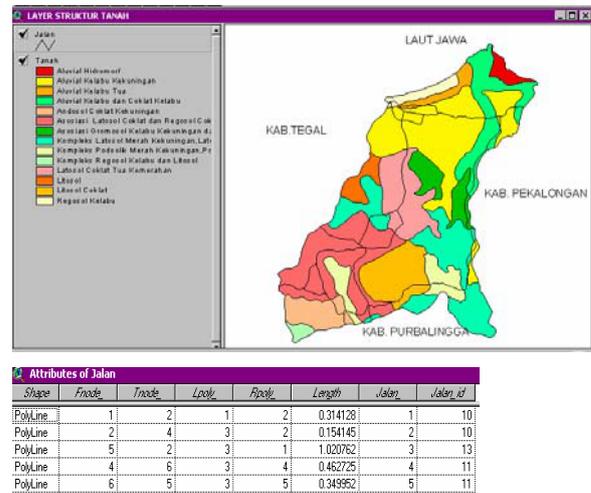
Gambar 6. Data spasial penggunaan tanah dan database internal

2. Data Spasial Kawasan Fungsi Hutan & Database Internal



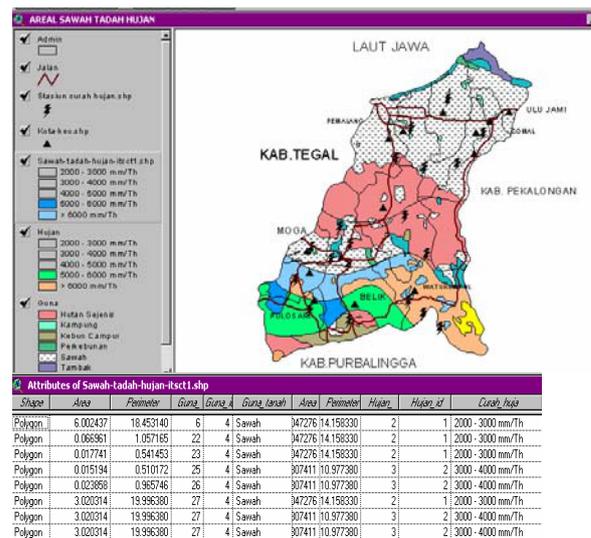
Gambar 7. Data spasial kawasan fungsi hutan dan database internal

3. Data Spasial Struktur Tanah



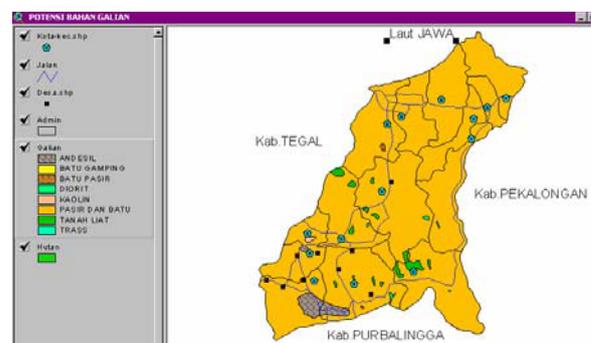
Gambar 8. Data spasial struktur tanah

4. Data Spasial Areal Sawah Tadah Hujan



Gambar 9. Data spasial areal sawah tadah hujan

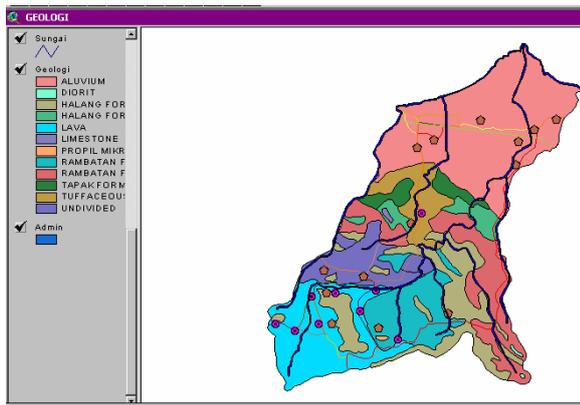
5. Data Spasial Potensi Bahan Galian



| Attributes of Desa.shp | | | |
|------------------------|----|------------|-------------|
| Shape | Id | Nama desa | Mata air |
| Point | 1 | Kebongede | Sumur Getek |
| Point | 2 | Sikasur | Telogogede |
| Point | 3 | Bulakan | Asem |
| Point | 4 | Pulosari | Sicipluk |
| Point | 5 | Gambuahan | Bulakan |
| Point | 6 | Kuta | Situ |
| Point | 7 | Karangsari | Sipanas |
| Point | 8 | Sima | Kondang |
| Point | 9 | Banyumudal | Wulung |

Gambar 10. Data spasial potensi bahan galian

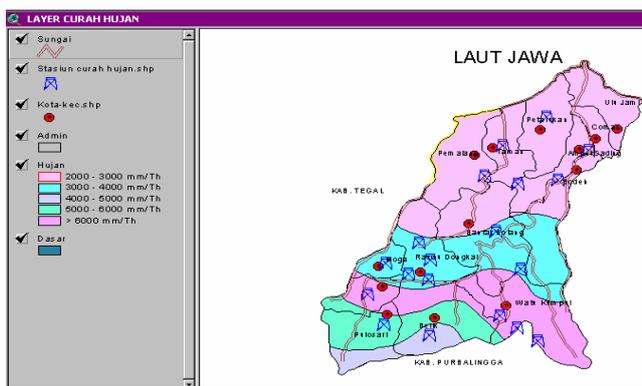
6. Data Spasial Geologi



| Attributes of Geologi | | | | | |
|-----------------------|----------|-----------|---------|------------|--------------------|
| Shape | Area | Perimeter | Geologi | Geologi id | jenis geol |
| Polygon | 6.462829 | 12.767590 | 2 | 1 | ALLUVIUM |
| Polygon | 1.133889 | 7.817266 | 3 | 2 | TUFFACEOUS UNIT |
| Polygon | 0.266300 | 3.134688 | 4 | 3 | TAPAK FORMATION |
| Polygon | 0.277506 | 2.969140 | 5 | 3 | TAPAK FORMATION |
| Polygon | 0.380437 | 3.408889 | 6 | 4 | HALANG FORMATION |
| Polygon | 0.507803 | 5.507625 | 7 | 5 | RAMBATAN FORMATION |
| Polygon | 0.182538 | 2.981857 | 8 | 4 | HALANG FORMATION |
| Polygon | 0.025262 | 0.751587 | 9 | 6 | LIMESTONE |
| Polygon | 1.870012 | 15.189390 | 10 | 5 | RAMBATAN FORMATION |
| Polygon | 0.047941 | 1.074378 | 11 | 4 | HALANG FORMATION |
| Polygon | 1.340919 | 9.073198 | 12 | 7 | UNDIVIDED |
| Polygon | 1.791626 | 19.439480 | 13 | 4 | HALANG FORMATION |

Gambar 11. Data spasial geologi

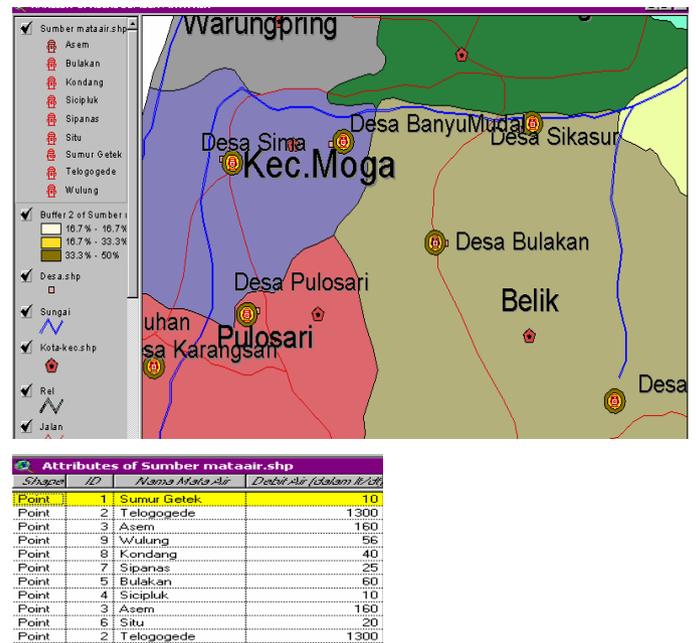
7. Data Spasial Curah Hujan



| Attributes of Hujan | | |
|---------------------|----------------|----|
| Shape | Curah hujan | id |
| Polygon | > 6000 mm | 2 |
| Polygon | 3000 - 4000 mm | 3 |
| Polygon | 5000 - 6000 mm | 4 |
| Polygon | 4000 - 5000 mm | 5 |

Gambar 12. Data spasial curah hujan

8. Database Sumber Mata Air



Gambar 13. Database sumber mata air

KESIMPULAN

1. Pengembangan Database Sistem Informasi yang terbentuk memiliki stuktur topologi data spasial , dimana pembuatan databasenya berkaitan erat dengan jenis perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan sebagai tools beserta mekanisme-mekanisme dalam mengimplementasikan basisdatanya.
2. Database yang terbentuk sebagai data dasar bisa digunakan dalam membuat bermacam aplikasi yang berbasis Sistem Informasi Geografi, baik dalam skala besar maupun kecil dengan kemampuan manajemen dan analisa volume data yang besar.
3. Database internal terbentuk secara otomatis dari hasil rancangan data spasial, database eksternal bisa direlasikan dengan database internal untuk menghasilkan database Sistem Informasi Geografi yang baru hasil penggabungan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Aronoff, Stanley. 1989. *Geographic Information System : A Managemnet*

- Perspektive*. WDL Publication, Ottawa, Canada, 1989
2. Basic 2000, "GIS Basic Principles", <http://www.cdm.com/Svcs/infomgt/GIS/gisbasic.htm>
 3. BAPPEDA. (2001), *ATLAS Kabupaten Pematang, PEMKAB Pematang, Pematang*.
 4. BAPPEDA. (2002), *Neraca Sumberdaya Alam dan Lingkungan Hidup Daerah kabupaten Pematang, PEMKAB Pematang, Pematang*.
 5. Burrough, P.A. 1994. *Principles of Geographical Information System for Land Resource Assessment*. Oxford University Press Inc., New York
 6. Buliung, Ronald N. and De Luca, Patrick F., 1999, "Spatial Pattern of Demand for Education : A Case Study", *Journal of Geographic Information and Decision Analysis*, Vol.4, no.2, pp.37-51
 7. Feick, Robert D. and Hall, G. Brent, 1999, "Consensus-building in a Multi-participant Spatial Decision Support System", *URISA Journal, Volume 11, Number 2, Pages 17 - 23*
 8. Keele, 1997, "An Introduction to GIS using ArcView : Tutorial", Issue 1, Spring 1997 based on Arcview release 3, http://www.keele.ac.uk/depts/cc/helpdesk/arview/av_prfc.htm
 9. Prahasta, Eddy. 2005, *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*, Penerbit Informatika, Bandung.
 10. Tuman, 2001, "Overview of GIS", <http://www.gisdevelopment.net/tutorials/tuman006.htm>