

DEFINISI NUMERIK JARINGAN DRAINASE DAN DAERAH PENGALIRAN SUNGAI DARI MODEL ELEVASI DIGITAL UNTUK MODEL HIDROLOGI

Numerical Definition of Drainage Network and River Basin Area in Digital Elevation Model for Hydrological Modelling

A. Adi Sulianto dan Tunggul Sutan Haji¹⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya

ABSTRACT

A set of computer program and algorithm for an automatic determination of drainage network and River Basin Area (RBA) by means of a Digital Elevation Model (DEM) is presented. The algorithms execute such tasks as DEM aggregation, identify and treatment of depression, increase of flat area relief; determination of current direction; determination of boundary of RBA and Sub-RBA, determination of River Basin Upstream Area and evaluation of drainage network composition. A computer program was made using a software, known as the Visual Basic. The aims of the development of the computer program and algoritms were to quickly determine the properties value of current direction drainage network and Sub-RBA based on the available DEM which may be further used in the development of water run-off models, RBA discrete, or used for statistical analysis as well as to evaluate the topology of drainage network. Result obtained from DEM evaluation were then selected and presented. Such an approach may be applicable for studying hydrology and geomorphology.

Key Words: drainage network, river basin area, digital elevation model

PENDAHULUAN

Pengembangan algoritma jaringan drainase ini didasarkan pada kebutuhan penggunaannya untuk model hidrologi sebar (*distributed hydrological model*) dimana perhitungan matematisnya menggunakan elemen-elemen grid. Pengembangan ini penting untuk menetapkan nilai variabilitas (ketaktetapan) keruangan dari proses-proses hidrologi agar tercapai prediksi hidrologi yang signifikan pada suatu skala Daerah Pengaliran Sungai (DPS). Penggunaan Model Elevasi Digital (*Digital Elevation Model*, DEM) memungkinkan untuk memunculkan informasi tentang morfologi permukaan tanah yang digunakan dalam prediksi hidrologi. Walaupun algoritma untuk mengekstrak struktur topografi dari elevasi digital dan implementasinya dalam berbagai paket Sistem

Informasi Geografi (SIG) sebagai sistem pemrosesan raster telah banyak dikembangkan, algoritma ini sengaja dikembangkan oleh penulis supaya algoritma lain dapat dijadikan satu kesatuan dengan mudah ke dalam model hidrologi yang akan dikembangkan.

Hasil agregasi DEM dengan ukuran tertentu yang mengandung informasi ketinggian dan hasil turunannya (kemiringan, aspek, vektor arah aliran) dapat dinyatakan sebagai obyek. Jaringan yang mengidentifikasi hubungan dua atau banyak obyek ini merupakan komponen penting dalam analisis sistem. Jaringan dengan gambaran nyata dalam sistem hidrologi, sebagai titik perhatian dalam paper ini, mengidentifikasi pola aliran air di atas permukaan tanah. Jaringan dalam sistem hidrologi ini untuk selanjutnya disebut sebagai jaringan drainase atau jaringan saluran. Jaringan drainase

berdasarkan model elevasi digital ini merupakan koneksi sejumlah area (elemen hingga) permukaan lahan, sehingga dapat digunakan untuk model limpasan permukaan, model erosi dan model-model hidrologi lainnya. Data jaringan drainase dari algoritma dan program komputer yang dimaksud memberikan informasi yang perlu untuk melakukan penentuan 'channel-flow routing sequence' otomatis untuk routing tipe 'cascade' dalam jaringan yang kompleks (Garbrecht, 1988)

Penelitian ini bertujuan untuk mengulas, mempelajari dan menerapkan algoritma jaringan drainase untuk keperluan model hidrologi. Terdapat 3 cakupan yang berbeda yaitu (1) pendekatan utama evaluasi DEM dan hubungannya dengan algoritma yang dibahas, (2) penyajian algoritma dalam kemasan dimana algoritma itu memproses DEM, dan (3) hasil algoritma komputer, yang diberi nama Model Jaringan Drainase Elevasi Digital (MJDED). Penelitian ini diharapkan dapat memecahkan masalah banjir yang sering melanda kota besar.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Tanah dan Air Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya Malang mulai bulan September - Desember 2005. Alat dan bahan yang digunakan adalah seperangkat komputer Intel Pentium P-IV, Software Visual Basic 6 Model Jaringan Drainase Elevasi Digital (MJDED) dan Peta Rupa Bumi Indonesia buatan Bakorsurtanal tahun 2002.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan Software Visual Basic 6 Model Jaringan Drainase Elevasi Digital (MJDED) untuk mengembangkan Model Hidrologi pada Sungai, DPS atau sub DPS.

Obyek utama dari algoritma yang diperoleh adalah untuk pengadaan 'tool' berupa program komputer yang dipergunakan dalam parameterisasi cepat properti jaringan drainase dan Sub-DPS

dari DEM yang ada untuk selanjutnya digunakan dalam model limpasan permukaan hidrologi. Ini dicapai melalui (1) pengukuran langsung dari jaringan, Sub-DAS, dan properti DEM (2) identifikasi khusus masing-masing segmen saluran dan daerah drainase langsung yang sesuai (3) penerapan sistem pengindekan node jaringan drainase yang konsisten, dan (4) pasokan peta jaringan rinci dan batas drainase dalam format raster. Program MJDED adalah untuk penentuan parameter properti jaringan drainase dan daerah tangkapan dari DEM yang tersedia untuk digunakan dalam model limpasan permukaan hidrologis. Hasil algoritma dan program MJDED adalah: peta raster depresi dan daerah datar, vektor aliran, gambaran tentang daerah tangkapan dan jaringan drainase; serta luas dan batas baik DPS maupun Sub DPS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pendekatan Algoritma

Ada dua pendekatan yang digunakan untuk menggambarkan jaringan drainase dari DEM raster. Pertama mencakup evaluasi elevasi lokal dalam jendela kecil yang dipindahkan ke DEM untuk mengidentifikasi kecekungan lahan (Peucker dan Douglas, 1975). Sel-sel area diambil menjadi komponen saluran jaringan drainase. Pendekatan ini digunakan oleh Band (1986) pada tahap pemisahan daerah tangkapan menurut topografis-nya untuk menggambarkan saluran air. Kelemahan paling nyata dari pendekatan ini adalah bahwa pendekatan hanya membangkitkan (*generate*) segmen jaringan takkontinu sehingga perlu dihubungkan lebih lanjut (O' Callaghan dan Mark, 1984), dan perlu ada pemangkasan dan penjarangan untuk menghasilkan pola jaringan yang masuk akal (Douglas, 1986). Masalah ini menjadi lebih nyata jika dipergunakan pada muka tanah dengan topografi dan relief lebih rendah (Band, 1986). Hal ini otomatis menjadi batasan bagi penerapan teknik ini.

Pendekatan kedua dalam menentukan jaringan drainase dari DEM raster didasarkan pada simulasi aliran limpasan

yang melintasi muka tanah. Pendekatan ini diperkenalkan oleh O' Callaghan dan Mark (1984) dimana secara esensial mencakup pengidentifikasian aliran limpasan ke arah kemiringan paling curam antara masing-masing sel DEM raster dan sel-sel tetangganya. Pendekatan ini lebih sederhana, dan langsung membangkitkan jaringan yang terhubung. Pendekatan ini dianggap sebagai pendekatan yang lebih baik karena mengandalkan analogi limpasan untuk menetapkan lintasan aliran. Oleh karena itu pendekatan ini dipakai dalam pengembangan algoritma yang disajikan disini.

Algoritma DEM Agregasi DEM

Algoritma disajikan dalam kemasan dimana algoritma itu memproses data DEM. Algoritma dikembangkan secara spesifik untuk keperluan model limpasan permukaan hidrologi. Algoritma ini menyediakan pilihan agregasi DEM bagi pengguna untuk dapat merubah ukuran sel grid yang lebih kasar sehingga memudahkan dalam penggunaan algoritma berikutnya karena keterbatasan memori komputer. Sedangkan untuk meningkatkan kecepatan pemrosesan DEM yang besar, pengguna dapat memilih agregasi dengan perubahan linear sederhana.

Perlakuan Depresi

Algoritma depresi mengidentifikasi dan menggambarkan semua daerah datar dan "depresi tertutup" dalam DEM. Algoritma ini memodifikasi DEM dengan meningkatkan nilai elevasi pada masing-masing daerah depresi tertutup sama dengan elevasi "outlet lokal"-nya. "Depresi bersarang" dalam pengisiannya tidak terdapat kesulitan spesifik dan dapat diisikan secara benar dengan algoritma ini. Pengisian depresi ini diperlu untuk dapat mendefinisi jaringan drainase secara jelas. Prosedur analitik ini digunakan oleh Martz dan de Jong (1988).

DEM di-*scanning* untuk menemukan *sink-sink inflow*. *Sink* disini adalah sel grid

dimana delapan sel yang terdapat di sebelahnya tidak berelevasi lebih rendah. *Sink inflow* merupakan sel yang paling sedikit ada satu sel sebelahnya yang mempunyai elevasi lebih tinggi. Pembatasan evaluasi untuk *sink inflow* ini lebih baik dari pada jika harus mengerjakan semua *sink* dan area flat karena bisa menghindari analisis berlebihan area puncak *flat (flat summit areas)*. Evaluasi berikutnya diawali setiap kali ditemui sebuah *sink* aliran.

Perlakuan Area Flat

Algoritma relief memungkinkan relief pada area *flat* (baik yang asli dari DEM maupun hasil pengisian depresi) dapat memperlihatkan definisi yang jelas suatu garis aliran yang melintasi daerah pengaliran. Dua asumsi implisit yang mendasari algoritma ini yaitu pertama, area *flat* tidak benar-benar datar tetapi mempunyai relief yang tak terdeteksi pada resolusi vertikal DEM aslinya, dan kedua, dengan relief ini akan ada aliran masuk pada area *flat* mengikuti lintasan terpendek di atas area *flat* itu sampai titik tepi yang mempunyai kemiringan ke arah bawah.

Relief diletakkan pada area *flat* dengan menambahkan suatu nilai elevasi tambahan yang kecil pada masing-masing sel dalam area *flat*. Akan tetapi besarnya tambahan ini dibuat berbeda dari satu sel ke sel lainnya. Sel tambahan terbesar dibatasi kurang dari resolusi vertikal DEM aslinya sehingga arah kemiringan antara sel sepanjang sudut area *flat* dan sisi luar dari area *flat*-nya tidak terpengaruh.

Algoritma relief memerlukan pemakaian dua *array*. DEM yang telah dimodifikasi sebelumnya dengan algoritma depresi ditandai sebagai grid aktif. Copy dari grid aktif ditempatkan dalam *array* kedua yang disebut *grid storage*. Algoritma itu me-*scan* tiap-tiap sel dari grid aktif untuk menemukan ada tidaknya sel bersebelahan (yaitu, sel dalam satu baris dan satu kolom) di suatu elevasi lebih rendah. Jika tidak ada, sel itu merupakan bagian dari area *flat (sink-sink)* yang telah

diisi) dan nilai elevasi dari sel yang sesuai dalam *grid storage* ditambah dengan 1/1000 dari resolusi vertikal DEM aslinya. Sekali *scan grid* aktif, maka *scanning* lengkap dan *adjustment* akan dibuat untuk *grid storage*, *grid storage* di-copy pada *grid* aktif, dan *scan back up*, kemudian diulang sampai tidak ada lagi area *flat* yang terdeteksi. Masing-masing *scan* memberi elevasi tambahan pada semua sel di dalam area pembentuk *sink*, kecuali pada sudut *sink* yang mempunyai *outlet*. Hasil akhir dari algoritma ini adalah munculnya kemiringan dalam area flat dari masing-masing sel. DEM yang dihasilkan setelah pengolahan *sink* dan area *flat*, dikatakan sebagai DEM modifikasi dan siap untuk evaluasi vektor aliran, batas DAS dan jaringan drainase.

Penentuan Vektor Aliran

Algoritma vektor aliran *me-scan* tiap-tiap sel dari DEM modifikasi dan menentukan arah kemiringan ke arah paling curam dari sel yang bersebelahan. Metode yang digunakan adalah metode D8 (*Deterministic eight-neighbors*) oleh Fairchild dan Leymarie (1991). Dalam metode ini, kemiringan relatif pada tiap-tiap sel bersebelahan dihitung dengan jarak horizontal lebih besar untuk sel diagonal, dan kode arah yang menunjukkan kemiringan tercuram dicantumkan dalam sel itu. Jika kemiringan ke arah bawah paling curam dijumpai pada lebih dari satu sel bersebelahan, arah aliran ditentukan secara sembarang ke arah sel pertama yang dijumpai dalam *scan* baris per baris dari sel bersebelahan. Bilamana suatu sel sebelahannya tak tentu (barangkali, nilai elevasinya hilang atau berada luar grid DEM), kemiringan arah bawah pada sel itu diasumsikan lebih curam dari pada sel bersebelahan yang lainnya dengan nilai elevasi tertentu, sehingga, vektor aliran pada titik tepi DEM akan mengarah ke luar. Padahal yang sebenarnya tidak selalu demikian. Oleh karena itu untuk keperluan praktis, data elevasi seharusnya tersedia untuk area yang lebih luas dari peta drainase yang akan diteliti. Hasil akhir dari algoritma vektor ini adalah suatu *array*

yang memuat vektor aliran untuk semua sel *grid*.

30	20	30	30	40	70	80	90	90
40	30	40	40	40	60	70	80	90
30	40	50	50	50	50	60	70	80
60	60	50	50	50	50	50	60	70
60	50	50	50	50	50	50	50	60
70	50	50	50	50	50	50	60	70
70	70	50	50	50	50	40	60	70
80	80	70	60	60	60	60	30	50
90	90	80	70	70	70	70	50	20

Gambar 1. Tahap-tahap algoritma perelief-an elevasi dimulai dengan daerah datar

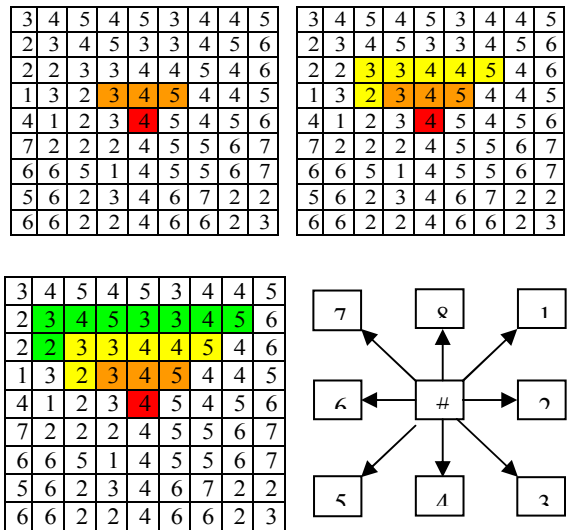
Penentuan Daerah Aliran Hulu

Algoritma ini menentukan daerah aliran hulu untuk tiap-tiap sel DEM. Maksudnya meliputi daerah dimana apabila terjadi hujan airnya mungkin sampai pada sel yang dimaksud dengan menggunakan vektor arah aliran yang telah dibangkitkan (*generated*) sebelumnya. Dapat dipilih sel sembarang dalam grid DEM itu untuk diketahui daerah aliran hulunya. Mula-mula sel itu menerima aliran dari satu atau lebih sel yang bersebelahan yang dapat diuji berdasarkan vektor aliran sel tersebut. Sel tersebut menjadi sel terpilih yang dapat ditandai dengan nomer sel yang dipilih pertama. Sel terpilih tersebut dengan cara yang sama akan mendapat aliran dari sel yang berdekatan yang dapat diuji dengan vektor arah aliran tetangganya. Demikian seterusnya sampai dijumpai sel terpilih yang merupakan sel yang tidak menerima aliran dari sel sebelahannya. Sel terpilih tersebut merupakan batas daerah pengaliran hulu atau merupakan puncak/punggung bukit. Ilustrasi algoritma ini dapat dilihat pada DPS ‘*upslope*’ pada masing-masing sel DEM modifikasi dengan menggunakan metode Martz dan de Jong (1988). Mulai pada masing-masing sel dengan nilai elevasi tertentu dan dengan menggunakan vektor arah aliran yang di-*generate* (dibangkitkan) sebelumnya, lintasan turun(an) paling curam antara sel-sel bersebelahan diikuti sampai tepi DEM

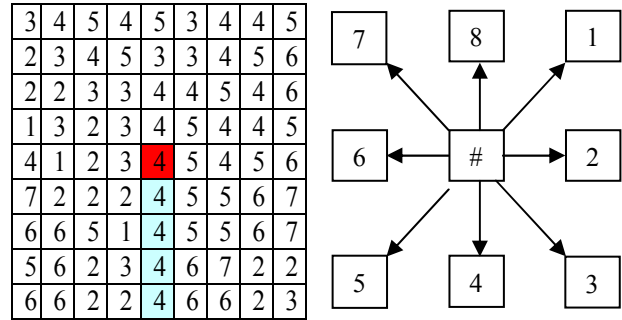
dicapai. Pada tiap-tiap sel sepanjang *path* ini, nilai area dari sel itu ditambah dengan satu. Sekali *path* aliran dari tiap-tiap sel dalam DEM itu telah dievaluasi, DPS ‘*upslope*’ masing-masing sel diberikan dengan angka tambahan sel itu. Angka tambahan itu identik dengan angka sel-sel ‘*upslope*’ yang mengalir dalam sel itu, oleh karena itu mewakili DAS ‘*upslope*’. Hasil akhir dari algoritma itu adalah suatu *array raster* yang memuat DAS (angka sel-sel) untuk masing-masing sel *grid*. Tahapan algoritma penentuan daerah aliran hulu seperti pada Gambar 2.

Penentuan Aliran Hilir

Kemana aliran menuju dari suatu sel tertentu merupakan kebalikan dari penentuan daerah aliran hulu. Dari sel yang dimaksud hanya akan mengalir ke salah satu sel sebelahnya. Demikian seterusnya sampai mencapai sel paling luar dari suatu grid DEM atau sampai pada muara. Algoritma penentuan aliran hilir adalah seperti pada Gambar 3.



Gambar 2. Penentuan Aliran Hulu

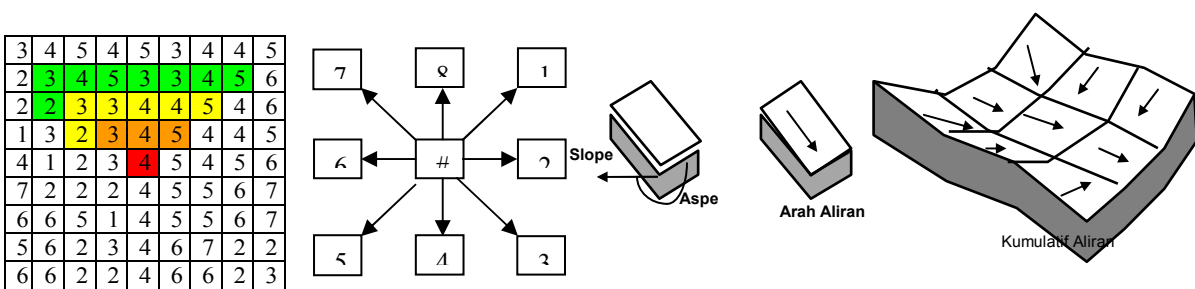


Gambar 3. Penentuan Aliran Hilir

Penentuan batas DAS

Penentuan ini perlu dilakukan sebelum Penentuan Jaringan Drainase dan analisis yang lain karena dengan sudah ditentukan batas DAS-nya berarti sel-sel yang akan diperhatikan hanya sel-sel yang berada di dalam DAS saja. Setelah sel-sel yang terliput dalam DAS ditentukan maka sel-sel tersebut dapat diisi properti tanah, hidrologi dan lainnya yang akan diperlukan dalam analisis lebih lanjut (Gambar 4).

Setelah sel paling luar atau muara dari penentuan pengaliran hilir diketahui, maka dengan memilih sel tersebut sebagai masukan dalam penentuan daerah pengaliran hulu akan didapatkan batas DAS dan semua sel yang masuk dalam DAS tersebut.



Gambar 4. Penurunan kemiringan, aspek, arah aliran dan akumulasi aliran

Penentuan Jaringan Drainase

Tiga tahap diperlukan untuk menentukan jaringan drainase secara penuh. Pertama, jaringan drainase dalam batas DPS yang ditandai sebelumnya harus diidentifikasi. Kedua, jaringan dipangkas dari *link* eksterior yang lebih pendek dari pada ambang spesifik yang ditentukan pengguna, dan ketiga, link saluran diberi order menurut sistem pengordean aliran Strahler (Strahler, 1957). Pengorderan aliran dilakukan untuk mengizinkan evaluasi komposisi jaringan drainase berikutnya.

Suatu daerah aliran hilir minimum diperlukan untuk memulai suatu saluran. Suatu daerah lebih kecil dari nilai ambang (*threshold*) tidak menghasilkan cukup limpasan permukaan untuk membentuk dan mempertahankan saluran. Nilai ambang tergantung, antara lain, pada karakteristik kemiringan, properti tanah, penutupan permukaan, dan kondisi iklim. Nilai ambang ini dapat seluas 1 ha atau beberapa ratus hektar. Oleh karena itu jaringan drainase ditentukan dengan sel-selnya dalam *grid* daerah pengaliran yang mempunyai daerah pengaliran di atas nilai ambang yang ditentukan pemakai yang merefleksikan luas daerah drainase dalam membentuk saluran. Untuk tujuan ini, *grid* daerah pengaliran di-*scan* dan semua sel yang mempunyai daerah pengaliran hulu lebih besar dari pada nilai ambang ditandai sebagai awal jaringan. *Grid* jaringan itu kemudian di-*scan* secara serentak dengan *grid* vektor aliran, dan sel-sel jaringan yang tidak menerima *inflow* dari sel jaringan yang lain diidentifikasi sebagai ' *node*' sumber atau ujung aliran hilir dari saluran orde pertama.

Dengan menggunakan luas ambang yang ditentukan pemakai untuk menentukan awal saluran, memungkinkan sambungan luar pendek (saluran orde pertama) dibangkitkan. Secara umum banyak sambungan luar ini adalah palsu (*spurious*) dan merupakan lekukan sisi lembah, saluran keluar (*outlet*) selokan, dan fitur lain yang biasanya tidak diklasifikasikan sebagai saluran atau sebagai bagian dari jaringan drainase. Algoritma jaringan biasanya memberikan

pilihan masing-masing pemangkasan jaringan untuk membuang sambungan luar yang pendek ini.

Algoritma pemangkasan me-*scan grid* jaringan dan vektor aliran secara serentak untuk mencari (*trace*) masing-masing hilir sambungan luar dari node sumbernya. Pencarian itu maju secara bertahap dari sel ke sel sepanjang sambungan itu dan jarak kumulatifnya dari node sumbernya ditambahkan. Juga pada masing-masing sel sepanjang sambungan itu, delapan sel yang bersebelahan diuji untuk menentukan apakah suatu hubungan sudah dicapai. Jika panjang kumulatif melebihi nilai ambang yang ditentukan pemakai sebelum suatu hubungan tercapai, maka sambungan luar itu dipertahankan. Jika sambungan luar lebih pendek dari nilai ambang, maka sambungan itu dibuang dari *grid* jaringan. Dalam situasi dimana dua sambungan luar pendek berhubungan, biasanya satu dibuang dan yang lainnya dipertahankan. Semua sambungan luar dievaluasi dalam suatu baris dengan penelusuran baris *grid* jaringan.

Setelah semua sambungan saluran teridentifikasi, sambungan luar orde lebih tinggi dievaluasi. Evaluasi sambungan dalam (*interior links*) meliputi beberapa prosedur tambahan diluar yang dipakai untuk sambungan luar. Untuk sambungan saluran orde lebih besar dari satu, *grid* jaringan di-*scan*. Ketika suatu sel yang ditentukan sebagai suatu *node* orde itu ditemukan sel-sel yang bersebelahan diuji untuk menentukan apakah sel-sel itu dengan dengan arah alirannya dalam sel itu merupakan orde lebih rendah atau bukan termasuk jaringan saluran. Di bawah kondisi ini, *node* itu merupakan ujung hulu saluran orde yang diperhatikan, pencarian ke arah bawah atau hilir sambungan dalam dimulai. Jika kondisi ini tidak terjadi, *node* itu ditempatkan di posisi lain sepanjang saluran, dan *scan grid* jaringan dilanjutkan.

Pencarian sambungan dalam sama dengan pencarian sambungan luar. Jarak diakumulasikan selama pencarian, dan ketika suatu sambungan dijumpai, data sambungan saluran disimpan. Pada tiap-tiap hubungan yang ditemukan di akhir

pencarian ke arah hilir, sel-sel yang berdekatan dengan sel hubungan itu diperiksa untuk menentukan apakah sel-sel dengan arah aliran dalam sel hubungan itu ditetapkan sebagai orde lebih rendah atau bukan merupakan jaringan saluran. Jika kondisi ini terjadi, hubungan ini merupakan sebuah node yang mana orde tidak dinaikkan. Orde tidak berubah dan pencarian dilanjutkan dari sel hubungan ini ke arah hilir. Jika kondisi ini tidak terjadi, hubungan ini menerima aliran masuk dari saluran yang lain dari orde yang sama dan orde dinaikkan satu.

Setelah *scan grid* jaringan selesai dan semua *node* orde yang bersangkutan dievaluasi, *scan* yang lain diawali dan semua *node* dari orde lebih tinggi berikutnya dievaluasi. Perlakuan ini diulang terus sampai *outlet* Daerah Aliran Sungai tercapai dan seluruh jaringan drainase telah teranalisis. Hasil akhir dari algoritma ini adalah suatu peta *raster* jaringan drainase yang menunjukkan orde saluran dan tabel dengan data sambungan saluran.

Program MJDED dan Penerapannya

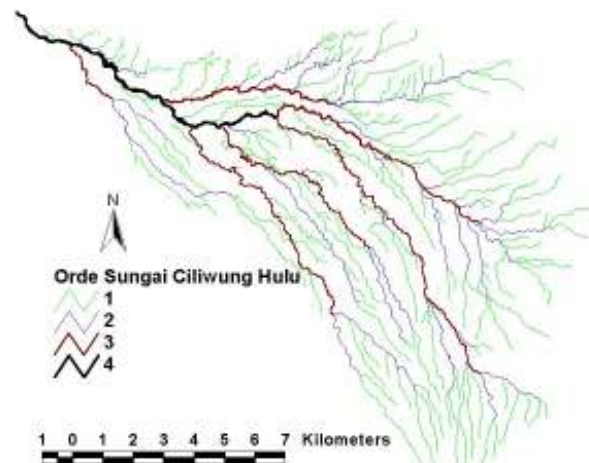
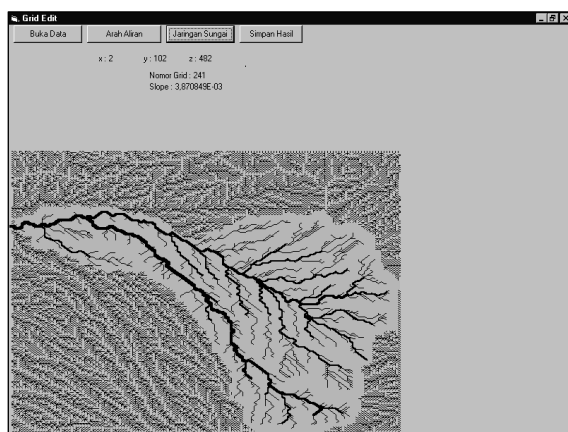
Algoritma yang disajikan ditulis dalam program komputer Visual Basic 6 dengan judul Model Jaringan Drainase Elevasi Digital (MJDED). Algoritma ini merupakan salah satu modul Model Hidrologi Sebar

Keruangan Daerah Pengaliran Sungai (MHSK-DAS) yang sedang dikembangkan.

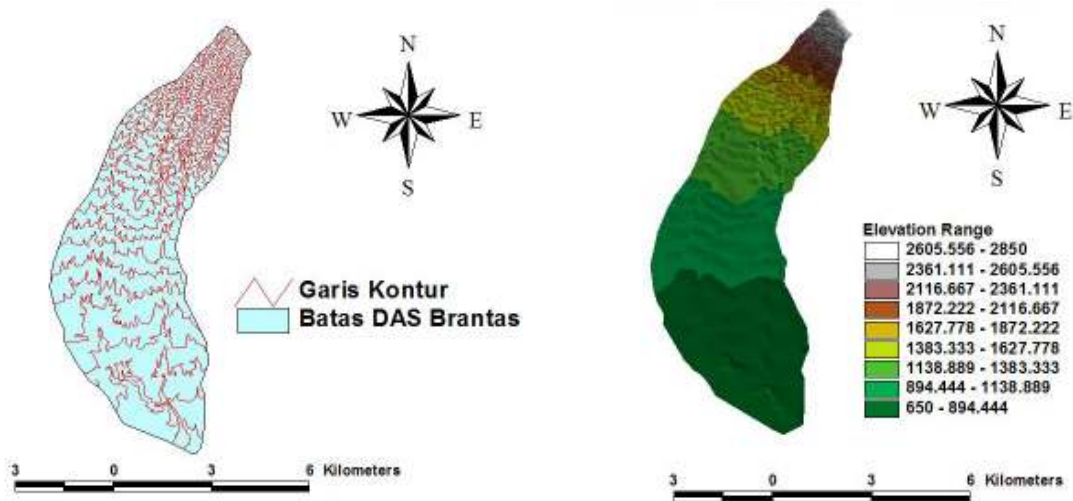
Program MJDED diterapkan pada lembar-lembar peta di Daerah Pengaliran Sungai (DPS) Ciliwung, tepatnya lembar peta 1209141, 1209142 dan 1209143, merupakan peta-peta skala 1:25000 dan termasuk dalam wilayah Bopunjur (Bogor-Punjak-Cianjur). DAS Ciliwung merupakan DAS yang masuk dalam Satuan Wilayah Sungai (SWS) Ciliwung-Cisadane. DAS Ciliwung mempunyai andil yang cukup besar dalam masalah banjir Jakarta, khususnya masalah banjir kiriman.

DEM DAS Ciliwung yang digunakan adalah DEM dari Bakosurtanal, Cibinong, Jawa Barat pada Tahun 1997. Data elevasi merupakan data '*break line*' dan dalam skala *grid* 100 x 1000 m.

Hasil penentuan Daerah Pengaliran Hulu dan Aliran Hilir dari suatu *grid* yang dipilih disajikan dalam Gambar 5 dan contoh kontur dan DEM DAS Brantas pada Gambar 6. Hasil itu dapat diperoleh setelah melalui tahap pengolahan dan modifikasi DEM, meliputi agregasi DEM, pengisian depresi, pemiringan/*me-relief*-kan daerah datar dan penentuan vektor aliran. Program MJDED ini juga dapat diterapkan di lembar-lembar peta DAS atau DAS-DAS yang lain seperti DAS Brantas dan Sub-DAS disekitarnya.



Gambar 5. Hasil penentuan Daerah Pengaliran Hulu (hijau), Aliran Hilir (biru) dan Jaringan Drainase (hitam) berdasarkan titik/sel yang dikehendaki (pertemuan hijau dan biru).



Gambar 6. Contoh Kontur dan DEM DAS Brantas

KESIMPULAN

Algoritma dikembangkan dengan menggunakan DEM raster dengan resolusi vertikal 1 m dan resolusi horizontal 100 x 100 m. Tujuan dari algoritma dan program MJDED ini adalah untuk penentuan parameter propertas jaringan drainase dan daerah tangkapan dari DEM yang tersedia untuk dapat digunakan dalam model limpasan permukaan hidrologis. Hasil algoritma dan program MJDED adalah: peta raster depresi dan daerah datar, vektor aliran, gambaran tentang daerah tangkapan dan jaringan drainase; serta luas dan batas baik DAS maupun Sub DAS.

Hasil ini dapat digunakan untuk kisaran penerapan studi hidrologi dan geomorphologi yang cukup luas. Sebagai contoh, peta-peta raster itu dapat digunakan sebagai lapis data tambahan SIG untuk analisis sebar keruangan, komposisi jaringan drainase dan propertas DAS dan Sub DAS-nya serta tabel datanya dapat digunakan untuk otomatisasi simulasi limpasan permukaan numerik.

DAFTAR PUSTAKA

- Douglas, D. H., 1986, Experiments to locate ridges and channels to create a new type of digital elevation model: *Cartographica*, v. 23, no. 4, p. 29-61.
- Fairchild, J., dan Leymarie, P., 1991, Drainage networks from grid digital elevation models: *Water Resources Research*, v. 27, no. 3, p. 709-717.
- Martz, L.W., dan de Jong, E., 1988, Catch: a FORTRAN program for measuring cathment area from digital elevation models: *Computers & Geosciences*, v. 14, no. 5, p. 627-640.
- O'Callaghan, J.F., dan Mark, D.M., 1984, The extraction of drainage networks from digital elevation data: *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, v. 28, p. 323-344.
- Peucker, T.K., dan Douglas, D.H., 1975, Detection of surface specific points by local parallel processing of discrete terrain elevation data: *Computer Graphics and Image Processing*, v. 4, no. 3, p. 375-387.
- Strahler, A.N., 1957, Quantitative analysis of watershed geomorphology: *Trans. Am. Geophys. Union*, v. 38, no. 6, p. 913-920.