

PEMODELAN HIDROLOGI UNTUK IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN BANJIR DI SEBAGIAN WILAYAH SURAKARTA MENGGUNAKAN SIG (SISTEM INFORMASI GEOGRAFI)

Puguh Dwi Raharjo*

ABSTRAK

Banjir di daerah Surakarta jarang terjadi sebelumnya. Banjir ini disebabkan karena sungai Bengawan Solo tidak mampu menampung aliran langsung permukaan sehingga terjadi luapan yang menggenangi wilayah di sekitar sungai. Model hidrologi pada SIG (Sistem Informasi Geografis) dapat digunakan sebagai pendeteksi dan identifikasi lokasi-lokasi yang rawan terhadap banjir. Pengembangan model didasarkan pada tipologi wilayah meliputi aliran langsung permukaan secara kualitatif serta grid spasial arah aliran, akumulasi aliran serta konsentrasi aliran. Wilayah yang teridentifikasi mempunyai akumulasi aliran serta konsentrasi aliran tinggi meliputi Kecamatan Banjarsari, Jebres, Masaran, Sragen, Sambungmacan, Tangen, dan Gesi. Wilayah di dalam DAS (Daerah Aliran Sungai) yang teridentifikasi rawan terhadap banjir meliputi Kecamatan Masaran, Sidoredjo, Plupuh dan sebagian daerah Jebres. Pada kawasan tersebut curah hujan harian mencapai maksimal sebesar 104-121 mm/hari.

Kata kunci : Banjir, Bengawan Solo, aliran langsung, pemodelan hidrologi, GIS.

ABSTRACT

HYDROLOGICAL MODELLING FOR IDENTIFICATION OF FLOOD RISK AREA IN SURAKARTA BY USING GIS. *Floods in Surakarta was rarely happened in the past. The flood is caused by inability of the Bengawan Solo river to accommodate surface run off so as to overflow and suffusing area around the river. A hydrology modelling based on Geographyc Information System can be useful for identification of flood events and the succceptible areas. The model was constructed based on regional typology which included qualitative direct surface runoff, spatial grid of flow direction, flow accumulation, and flow concentration. According to the model area having high flow accumulation and high flow concentration are Banjarsari, Jebres, Masaran, Sragen, Sambungmacan, Tangen, and Gesi. The most succceptible area are Masaran, Sidoredjo, Plupuh, and part of Jebres. Those areas having rain fall of 104 -121 mm/day.*

Keywords : Floods, Bengawan Solo, surface runoff, hydrologic modelling, GIS.

PENDAHULUAN

Secara umum banjir merupakan suatu keluaran (*output*) dari hujan (*input*) yang mengalami proses dalam sistem lahan yang berupa luapan air yang berlebih. Kejadian atau fenomena alam berupa banjir yang terjadi ahir-akhir ini di Indonesia memberikan dampak yang amat besar bagi korban baik dalam segi material maupun spiritual. Untuk melakukan suatu mitigasi bencana banjir maka diperlukan pemetaan

daerah-daerah yang rawan terhadap bahaya banjir.

Lahan merupakan sumber daya penting yang memberikan informasi mengenai kondisi lingkungan. Dari sudut pandang hidrologi informasi tersebut dapat digunakan untuk teknik penyadapan mengenai karakteristik dan data sumber daya air, seperti pemetaan banjir, pemetaan batas-batas air permukaan serta zonasi-zonasi wilayah yang mengalami pengendapan.

* Staf Peneliti Balai Informasi dan Konservasi
Kebumian -LIPI

Menurut Gunawan (1992) interpretasi hidrologi pada teknik penginderaan jauh diarahkan untuk menduga hubungan/interaksi kenampakan bentang lahan (*landscape features*) dengan proses-proses hidrologi. Penggunaan citra penginderaan jauh untuk pemetaan hidrologi permukaan cukup didekati dengan mendasarkan pada elemen-elemen lahan dan karakteristik citra.

Dengan menggunakan pendekatan kenampakan secara tiga dimensi (3D) karakteristik wilayah dapat diketahui dengan jelas, yaitu adanya tenaga alam yang berperan dalam pembentukan konfigurasi permukaan bumi (geomorfologi) sebagai indikasi atau gambaran kejadian alam yang telah lalu hingga prediksi fenomena ataupun kejadian yang akan datang.

Banjir yang terjadi di sebagian wilayah Solo disebabkan oleh adanya hujan yang lebat di daerah hulu sungai Bengawan Solo. Kejadian banjir di sungai Bengawan Solo menggenangi 33 kecamatan, yaitu meliputi sebagian Kodya Surakarta, sebagian Kabupaten Sukoharjo, sebagian Kabupaten Karanganyar, dan sebagian Kabupaten Sragen (Sumber : Kompas tanggal 4 Januari 2008, Posko Penanggulangan Bencana Pusat Departemen Pekerjaan Umum).

Analisis SIG mengenai fenomena permukaan lahan dapat dimodelkan dalam kaitannya untuk mencari lokasi-lokasi yang rawan terhadap banjir yaitu dengan mendasarkan pada sifat-sifat air dipermukaan lahan.

Sajian dalam SIG dapat berupa manipulasi data yang berupa spasial serta data yang berupa atribut, serta mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan memodelkan suatu 3D permukaan sebagai DEM (*Digital Elevation Model*: Model Digital Ketinggian); DTM (*Digital Terrain model*: Model Digital Permukaan) atau TIN (*Triangular Irregular Network*: Jaringan segitiga yang tidak beraturan). Berbagai kepentingan yang berkaitan dengan

sumberdaya air dapat dianalisa dan dimodelkan, misalnya seperti saluran air, konsentrasi aliran air, akumulasi aliran air, arah aliran air permukaan, wilayah pengendapan, zonasi satuan Sub DAS (Daerah Aliran Sungai), serta daerah dataran banjir.

Marfai (2003) melakukan penelitian pemodelan SIG untuk banjir yang disebabkan oleh pasang surut di daerah Semarang. Pada penelitian tersebut data-data yang digunakan antara lain DEM, peta topografi, peta penggunaan lahan, peta pasang surut, data aliran sungai, koefisien maning, *cross section* sungai dan data sistem drainase. Dilakukan manipulasi nilai DEM, pola keruangan dari sungai yang menggenangi akibat dari pasang surut yang digambarkan dalam peta menunjukkan bahwa area tersebut kebanyakan meliputi sekitar pantai dan pada bentuk lahan alluvial. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa total area banjir sungai luapan mencapai 1245,78 hektar sedangkan total area yang tergenangi akibat banjir pasang surut sebesar 1514 hektar.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui daerah-daerah yang memiliki resiko tinggi terhadap banjir di sebagian wilayah Surakarta, yang meliputi sebagian Kodya Surakarta, sebagian Kabupaten Sukoharjo, sebagian Kabupaten Karanganyar, dan sebagian Kabupaten Sragen dengan menggunakan data serta analisis SIG. Penyajian aspek praktis dari pengetahuan tentang faktor-faktor hidrologi dapat memberikan gambaran bahaya bencana hidrologi dalam suatu wilayah.

BAHAN DAN METODE

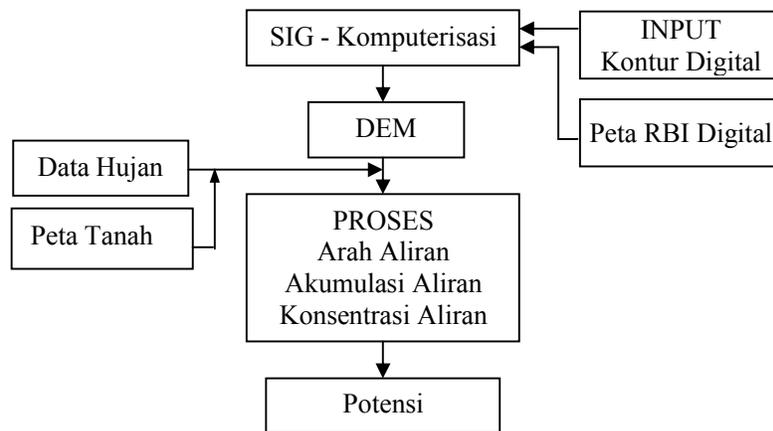
Lingkup studi pada penelitian ini mempunyai koordinat 110°48' BB - 111°80' BT dan 7°34' LS - 7°20' LS yang meliputi sebagian wilayah Surakarta dan sekitarnya yang dilewati sungai Bengawan Solo yaitu sebagian Kodya Surakarta, sebagian

infiltrasi tidak diperhitungkan. Kalkulasi akumulasi arus dilakukan berdasarkan arah arus, berfungsi menghitung arus yang terkumpul sebagai beban dari setiap aliran sehingga daerah tersebut merupakan daerah yang memiliki nilai kecepatan arus yang rendah dan tempat berkumpulnya arus air dari daerah-daerah pengaliran. Konsentrasi arus memberikan arti bahwa dari setiap *grid* dari DEM mempunyai tingkatan tinggi permukaan. Daerah-daerah yang curam/tinggi mempunyai nilai kecepatan arus yang tinggi dan begitu juga sebaliknya. Daerah-daerah yang terbentuk dari karakteristik wilayah yang berada di antara daerah yang curam/tinggi merupakan daerah dengan tujuan air yang keadaan tipologi wilayahnya rendah sehingga air akan menuju di daerah tersebut.

Untuk mengetahui lokasi-lokasi yang mudah terkena banjir di wilayah studi, maka diperlukan pengkaitan dari berbagai parameter yang menunjang. Dari pemodelan hidrologi menggunakan SIG didapatkan parameter-parameter penyebab timbulnya banjir, antara lain konsentrasi aliran, akumulasi aliran, arah aliran dan juga dari data input utama yang berupa data hujan. Dari hasil penggabungan parameter-parameter tersebut dapat diketahui akumulasi serta konsentrasi aliran air permukaan yang berlangsung.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah Surakarta merupakan wilayah yang masuk dalam kawasan DAS Bengawan Solo, yang berhulu di daerah



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Nilai dari *flow direction* memberikan gambaran secara kuantitatif arah laju aliran air yang melewati permukaan yang dianalisis dari hasil kemiringan permukaan yang bersifat kualitatif. Arah laju aliran permukaan mengikuti nilai pada sistem *grid* yang menggambarkan suatu karakteristik hidrologi permukaan. Fungsi ini mengarahkan aliran air keluar dari lereng paling curam ke lereng yang landai. Dari *flow direction* tersebut maka dapat diketahui nilai area-area dari arah aliran air permukaan.

Wonogiri. Akibat adanya curah hujan yang tinggi dan didukung tidak adanya keseimbangan dalam DAS maka kemungkinan tidak tertampungnya air dalam sistem sungai sangat besar, sehingga air akan mudah meluap dan menggenangi wilayah di sekitarnya.

Hujan maksimum rata-rata tertinggi yaitu di daerah Sumberlawang sebesar 124 mm/hari (Tabel 1). Daerah tersebut merupakan daerah yang relatif jauh dengan outlet ke sungai utama serta jenis penggunaan lahannya masih banyak terdapat

vegetasi dengan kerapatan tinggi, sehingga pengaruhnya untuk aliran permukaan yang masuk ke sungai utama sangat kecil.

Sebaran hujan berdasarkan metode *Poligon Thiessen* memperlihatkan pola sebaran curah hujan harian maksimum yang

Tabel 1. Data Hujan Harian Maksimum Rata-rata Tahunan Beserta Probabilitas Hujan Maksimum

NAMA	5 TH	10 TH	15 TH	25 TH	50 TH	100 TH	Rata rata
PANASAN(METEO)	118	131	137	145	154	162	97
TEGALDUWUR/WONO	128	140	146	151	158	163	96
GEMBANG/LOJI	119	142	156	176	206	240	104
KETRO BAPANG	121	129	132	135	137	139	94
KERJA	102	108	110	112	115	117	89
DULUNGAN	135	165	184	211	251	298	114
BLULUKAN	117	147	167	195	240	292	96
KLODRAN	118	147	165	191	230	275	96
SANGGRAHAN	142	162	173	186	203	218	113
KELIPON	145	174	190	208	233	256	108
SUMBERLAWANG	156	178	189	203	220	236	124
GEMOLONG	124	141	151	164	183	201	105
SURAKARTA(PERT)	129	150	161	174	190	206	98
GONDANGREJO	141	167	183	204	235	269	118
SURAKARTA	117	136	146	157	171	184	82
MASARAN	133	153	165	182	206	233	116
TASIKMADU	152	170	180	190	203	214	117
MOJO	153	177	190	205	226	245	121
TANGEN	130	155	169	185	205	224	94
KEDUNGBANTENG	137	162	177	198	227	258	114
BATUJAMUS	127	149	163	180	206	233	105
BLIMBING/SAMBIR	116	140	154	175	206	240	99
BALONG	134	160	173	188	208	226	94
KEMUNING	113	120	123	126	129	131	89

Sumber : BMG (dengan analisa)

Hujan maksimum yang berpengaruh besar terhadap kondisi hidrologi permukaan yang dapat menyebabkan banjir terjadi di daerah-daerah yang secara langsung mengontrol sungai utama, seperti daerah hulu yang tidak bervegetasi rapat serta mempunyai tingkat infiltrasi yang rendah sehingga air hujan banyak yang menjadi aliran permukaan. Daerah-daerah tersebut adalah Kecamatan Jaten, Kecamatan Masaran, Kecamatan Sidoharjo, dan Kecamatan Karangmalang.

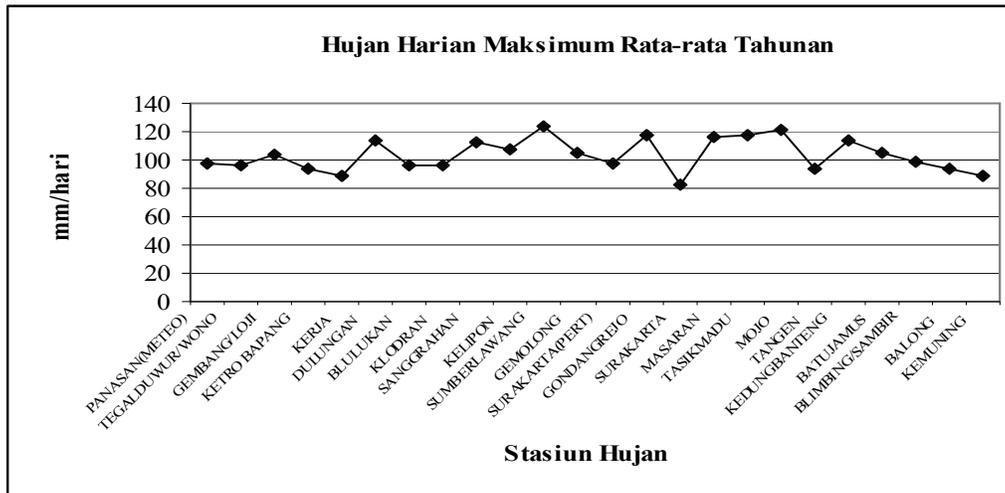
Perbedaan hujan di kawasan tersebut tidak begitu mencolok, hujan harian maksimum rata-rata hampir seragam, yaitu antara 80 sampai 124 mm/hari (Gambar 3).

hampir seragam di sekitar cekungan, yaitu meliputi daerah Jaten, Kebakkramat, Tasikmadu, Karanganyar (117 mm/hari), Masaran, Plupuh (116 mm/hari), Sidoredjo (104 mm/hari), Sragen, Karangmalang (121 mm/hari), Sambungmacan, Gondang, Gesi, Grampeti (114 mm/hari), Gemolong dan Kalijambe (105 mm/hari). Hujan yang terjadi di sekitar cekungan atau daerah dekat dengan sungai utama memiliki waktu konsentrasi yang cepat sehingga dapat menimbulkan penumpukan aliran air permukaan (Gambar 4).

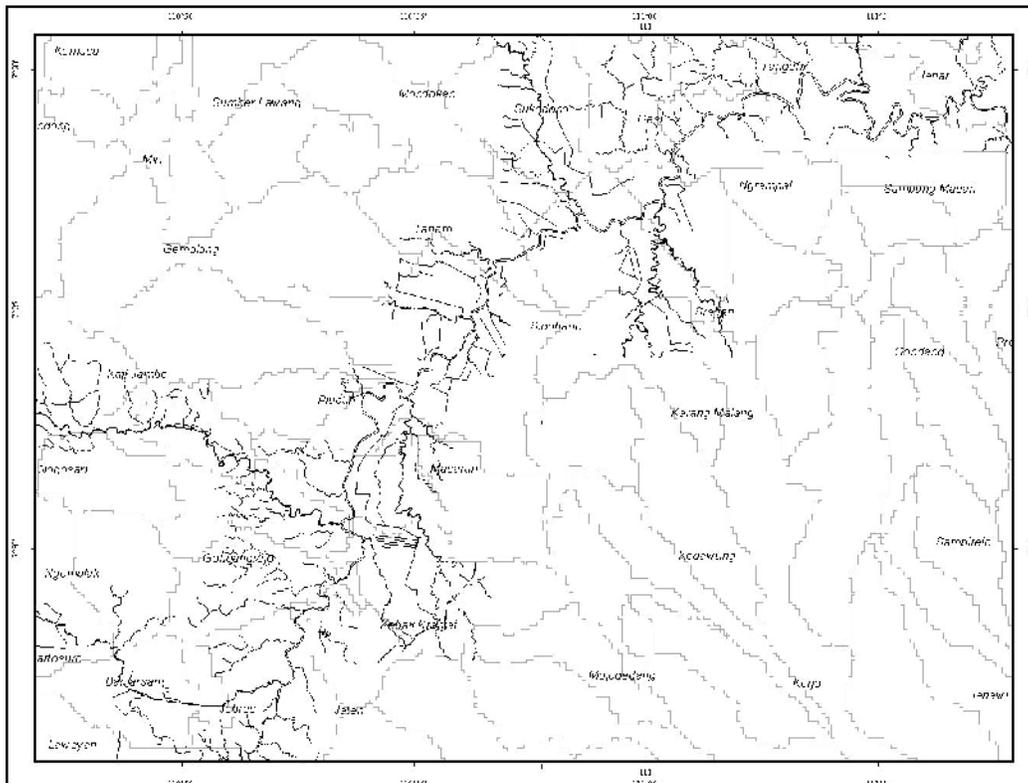
Untuk wilayah Kota Surakarta hujan yang terjadi tidak terlalu besar namun hujan yang jatuh sebagian besar menjadi aliran air

permukaan. Saluran-saluran drainase tidak mampu menampung aliran air permukaan serta aliran air dari wilayah hulu terlalu tinggi yang mengakibatkan adanya hambatan aliran untuk masuk ke sistem sungai utama.

Berdasarkan peta model tiga dimensi (Gambar 5) dapat diketahui bahwa wilayah Kabupaten Sragen dan Kabupaten Karanganyar, seperti Kecamatan Kebakkramat, Kecamatan Masaran, Kecamatan Sidoredjo, Kecamatan Plupuh,



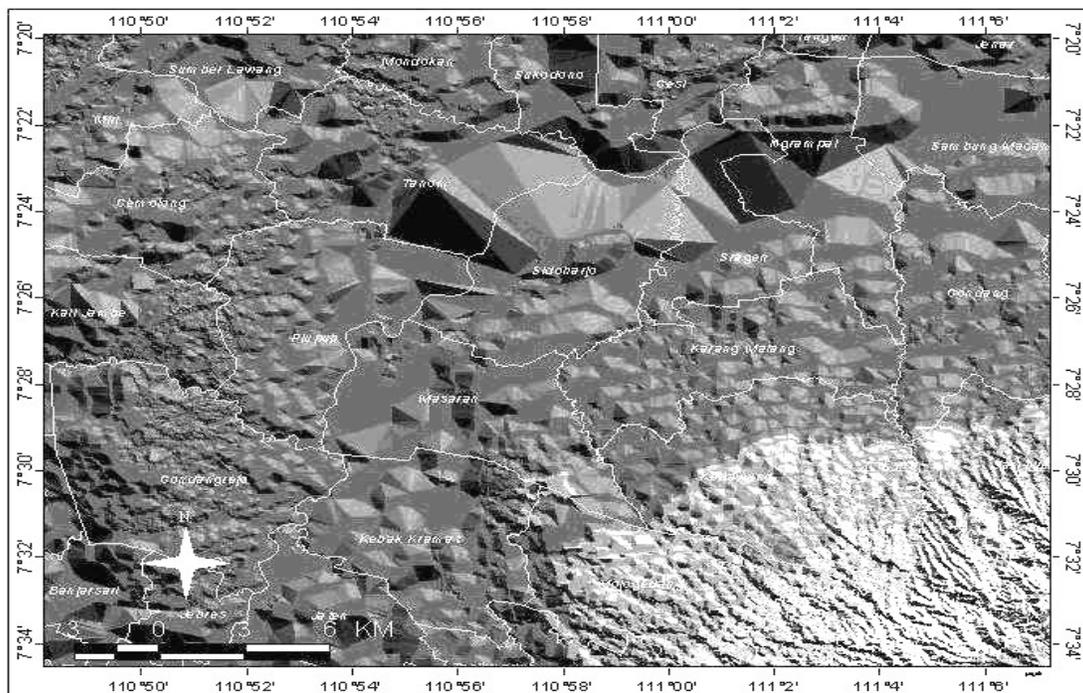
Gambar 3. Curah Hujan Harian Maksimum Rata-rata Tahunan.



Gambar 4. Peta Sub Pengaliran Daerah Penelitian (terlampir)

Kecamatan Sambungmacan, serta Sragen kota merupakan daerah yang mempunyai tipologi lereng yang landai. Sementara itu berdasarkan sebaran hujan menurut *Poligon Thiessen*, daerah-daerah ini hampir seluruhnya mempunyai curah hujan harian maksimum rata-rata tahunan dengan curah hujan yang relatif tinggi. Daerah-daerah tersebut juga merupakan daerah yang dilewati oleh sungai utama, yaitu Sungai Bengawan Solo (Gambar 2) yang terdapat banyak Sub DAS dengan kemiringan relatif curam yang masuk dalam sistem sungai utama.

Selain akumulasi dan konsentrasi aliran pada sistem sungai yang mengakibatkan luapan, adanya cekungan-cekungan permukaan dapat digunakan sebagai identifikasi arah larian dari luapan air yang mengakibatkan adanya banjir genangan pada wilayah-wilayah tertentu. Wilayah-wilayah yang mengalami akumulasi dan konsentrasi aliran terdapat pada daerah-daerah sebagian Kecamatan Banjarsari, Jebres, Masaran, Sragen, Sambungmacan, Tangen, dan Gesi. Daerah yang merupakan cekungan yang berpotensi untuk terjadinya genangan akibat adanya luapan sungai yaitu

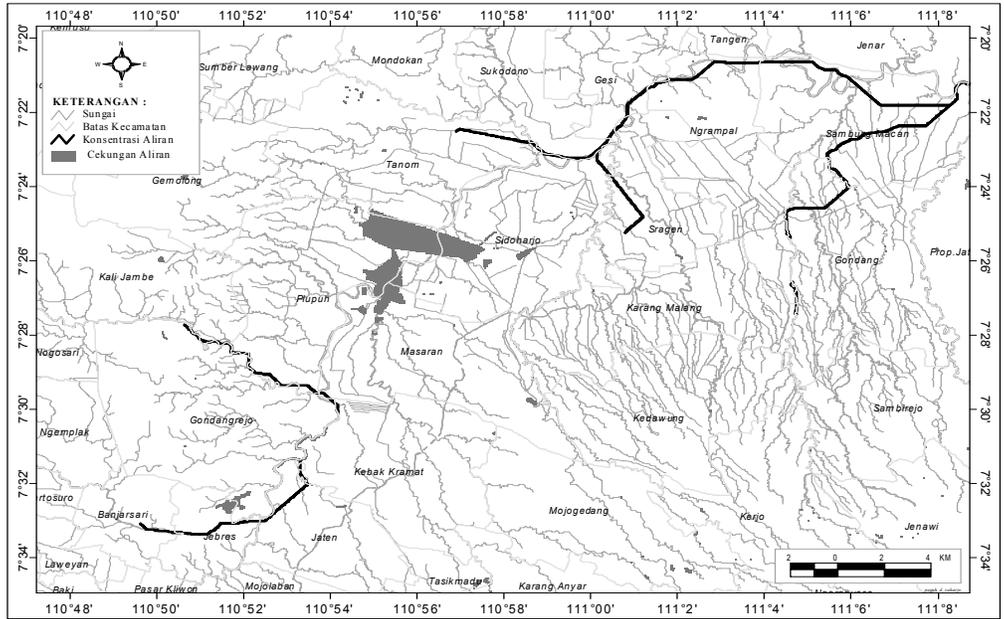


Gambar 5. Peta Model Tiga Dimensi Wilayah Kajian

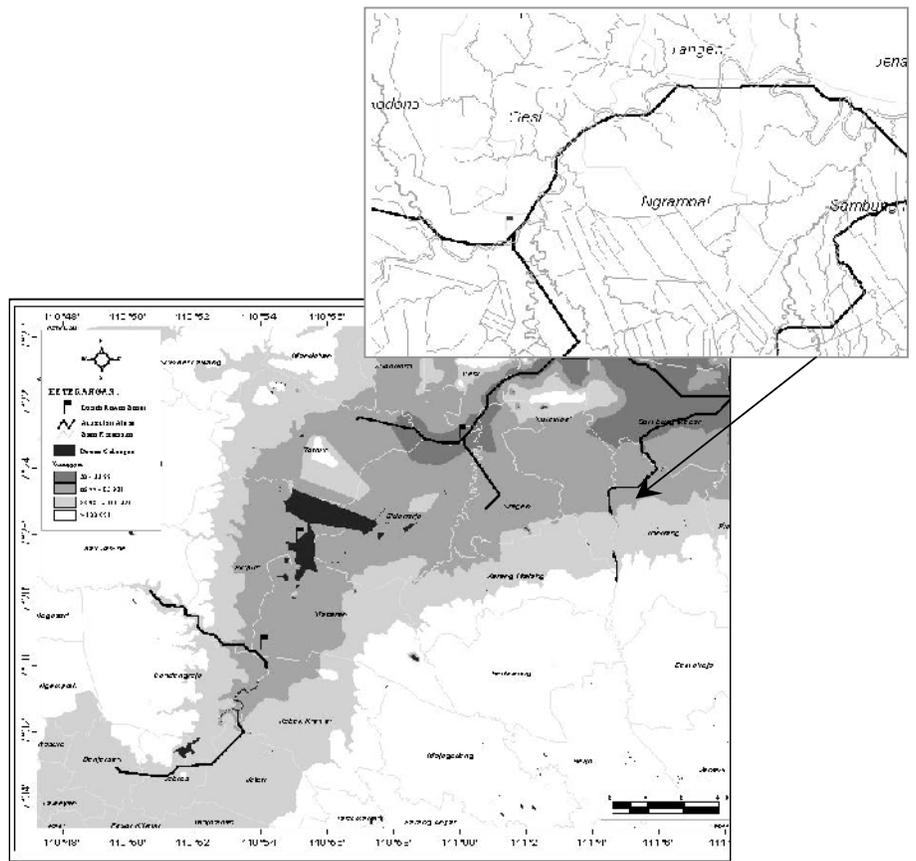
Berdasarkan analisis arah aliran (*flow direction*; Gambar 6), daerah yang mempunyai potensi menampung aliran air permukaan paling tinggi terdapat di Kabupaten Sragen, yaitu sekitar daerah Sidoredjo, Plupuh dan Masaran, serta untuk Kota Surakarta di sebagian wilayah Banjarsari, sehingga dapat dimungkinkan terjadi banjir yang berupa banjir luapan akibat akumulasi serta konsentrasi aliran pada tipologi lahan yang rendah dan datar.

daerah Masaran, Sidoredjo, Plupuh dan sebagian daerah Jebres (Gambar 7).

Sumber data dari Kompas tanggal 4 Januari 2008 dan Posko Penanggulangan Bencana Pusat Departemen Pekerjaan Umum memberikan informasi bahwa banjir yang terjadi pada akhir 2007 meliputi Kecamatan Sidoharjo, Jebres, dan jalur Sragen–Solo, sehingga hasil dari pemodelan hidrologi dengan menggunakan SIG tersebut sesuai dengan data lapangan.



Gambar 6. Peta Hasil Pemodelan *Flow Direction* dan *Sinks of Flow Direction* (Akumulasi Aliran) Wilayah Kajian



Gambar 7. Peta Daerah Rawan Banjir Di Wilayah Surakarta dan Sekitarnya

Daerah yang berpotensi untuk mengalami banjir (Gambar 7) adalah wilayah yang diberi simbol bendera, yaitu wilayah-wilayah yang rawan terhadap bencana banjir karena mempunyai nilai konsentrasi dan akumulasi aliran tinggi. Wilayah tersebut juga memiliki tipologi lereng yang rendah dan landai, serta mempunyai karakteristik fisik lahan berupa cekungan.

Selain hal tersebut luapan-luapan sungai juga akan terjadi ketika adanya pembelokan sungai yang tajam, sehingga ketika kecepatan dan debit sungai tinggi akan meluap di sebelah luar tikungan sungai. Dari hasil studi ini daerah yang mempunyai tingkat kerawanan tinggi terhadap banjir adalah daerah yang diberikan simbol T, walaupun daerah tersebut tidak mempunyai karakteristik cekungan akan tetapi daerah tersebut merupakan daerah dengan tipologi yang rendah dan landai serta terdapat akumulasi dan konsentrasi aliran.

KESIMPULAN

Berdasarkan pemodelan hidrologi melalui *Sistem Informasi Geografi* sebagai prediksi daerah-daerah yang rawan banjir di sekitar sungai Bengawan Solo, daerah yang rawan terjadi banjir meliputi daerah Masaran, Sidoredjo, Plupuh dan sebagian daerah Jebres.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan terselesainya tulisan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada

Ir. T. Firdaus Larosa, MT selaku Peneliti Puslitbang Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum atas kerja samanya dalam penelitian dan pemetaan rawan banjir dan kekeringan Pulau Jawa tahun 2007.

DAFTAR PUSTAKA

- Data Curah Hujan Harian Maksimum. 2005, BMG.
- Gunawan, T., 1992, Penginderaan Jauh untuk Hidrologi. PUSPICS. Universitas Gadjah Mada.
<http://www.pu.go.id/infopeta/rwnbanjir/bencana2008/3335indexbengawansolobanjir.html>.
- Kompas tanggal 4 Januari 2008.
- Marfai. 2003, GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in Water Front City. Thesis. International Institute For Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Puguh R., 2005, Aplikasi Teknik Penginderaan Jauh Untuk Mengkaji Pengaruh Perubahan Penggunaan Lahan DAS Kreo Semarang. Skripsi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Peta Rupa Bumi Indonesia Digital Skala 1:25.000. 2001. Bakosurtanal.
- Peta Sumberdaya Tanah Eksplorasi hardcopy skala 1:1000.000. 2000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, tahun 2000).