

Penggunaan Data Landsat TM dan SRTM untuk Deteksi Rawan Banjir di DAS Bengawan Solo

The Application of Landsat TM Data and SRTM Data for Detection Vulnerability Assessment of Flood in Bengawan Solo Watershed

P.D. RAHARJO¹ DAN T.F. LAROSA²

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo merupakan salah satu DAS yang sering banjir disebabkan oleh tingginya curah hujan pada musim hujan yang menyebabkan sungai tidak dapat menampung aliran permukaan sehingga terjadi banjir disekitar daerah tersebut. Curah hujan yang tinggi tidak hanya mengakibatkan banjir di beberapa daerah hulu DAS, tetapi juga mengancam daerah hilir di Jawa Timur terutama Bojonegoro, Lamongan, Tuban, dan Gresik. Data penginderaan jauh dan Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat mendeteksi perkiraan daerah rawan banjir. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji daerah rawan banjir di DAS Bengawan Solo menggunakan data penginderaan jauh. Metodologi yang digunakan adalah penggabungan informasi dari (1) kombinasi *band 4* dan *band 7* dari Landsat TM dimana nilai *pixel* banjir adalah < 78 ; (2) deteksi akumulasi aliran menggunakan data SRTM; dan (3) tinggi lokasi 0-50 m yang difokuskan pada deteksi areal banjir di sungai utama. Hasil penelitian menunjukkan daerah rawan banjir DAS Bengawan Solo meliputi Kabupaten Sragen (Kecamatan Masaran, Plupuh, Gesi, dan Sidoharjo), Kabupaten Ngawi (Kecamatan Widodaren, Kedungalar, Pitu), Kabupaten Tuban (Kecamatan Rengel, Plumpang, Widang), Kabupaten Bojonegoro (Kecamatan Padangan, Malo, Kalitidu, Trucuk, Bojonegoro, Dander, Kanor, Baureno, dan Sumberejo), Kabupaten Lamongan (Kecamatan Laren, Solokuro, Karanggeneng, Kali-tengah), dan Kabupaten Gresik (Kecamatan Hamlet dan Bungah).

Kata kunci : Banjir, Bengawan Solo, Penginderaan jauh, Landsat TM, SRTM

ABSTRACT

Bengawan Solo watershed is one of watershed that has frequent floods. Due to high rainfall in the rainy season, the river can't accommodate the surface runoff and resulted flooding around the area. The high rainfall is not only causing flood in some areas upstream watershed, but also threaten the downstream areas in East Java province, especially Bojonegoro, Lamongan, Tuban and Gresik. Data of remote sensing and Geographic Information System (GIS) could detect assessment vulnerability of flooding. The research objective is to study flood vulnerability assessment in Bengawan Solo watershed using remote sensing data. The method is the combination of information from remote sensing data, i.e.. (1) to combine band 4 with band 7 Landsat TM in which the flood pixel value is ≤ 78 ; (2) to detect flow accumulation using SRTM data; and (3) to detect flooding areas at the altitude of 0-50 m. The result obtained from the study is the flood vulnerability in Bengawan Solo watershed including Sragen District (Masaran, Plupuh, Gesi, Sidoharjo Sub District); Ngawi (Widodaren, Kedungalar, Pitu Sub

District); Tuban District (Rengel, Plumpang, Widang Sub District); Bojonegoro (Padangan, Malo, Kalitidu, Trucuk, Bojonegoro, Dander, Kanor, Baureno, Sumberejo Sub District); Lamongan (Laren, Solokuro, Karanggeneng, Kalitengah Sub District); Gresik Regency (Hamlet and Bungah Sub District).

Keywords : Floods, Bengawan Solo, Remote sensing, Landsat TM, SRTM

PENDAHULUAN

Banjir merupakan suatu peristiwa alam yang sering terjadi pada saat ini, terutama ketika musim penghujan. Air hujan yang menjadi aliran permukaan akan mengalir dan menuju pada sistem drainase, sungai atau area-area permukaan yang lebih rendah. Banjir disebabkan oleh banyak faktor, yaitu antara lain curah hujan, pengaruh fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, pengaruh air pasang, perubahan kondisi DAS, kawasan kumuh, sampah, drainase lahan, bangunan air, kerusakan bangunan pengendali banjir serta perencanaan sistem pengendali banjir yang tidak tepat (Kodoatie, 2002).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Bengawan Solo merupakan salah satu DAS yang melalui dua provinsi, yaitu Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jawa Timur. Secara astronomis DAS Bengawan Solo terletak pada $110^{\circ}26'10''$ - $112^{\circ}40'$ Bujur Timur dan $6^{\circ}50'50''$ - $8^{\circ}18'40''$ Lintang Selatan dengan luas sekitar $\pm 1.714.135$ ha. DAS Bengawan Solo merupakan DAS yang sering terjadi banjir. Curah hujan yang tinggi pada musim penghujan mengakibatkan DAS ini tidak mampu menampung aliran langsung permukaan yang masuk pada sistem

1 Peneliti pada Balai Informasi dan Konservasi Kebumian Karangsembung-LIPI, Kebumen.

2 Peneliti pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Bandung.

sungai sehingga terjadi luapan yang menggenangi di sekitar wilayah yang dilalui oleh sungai utamanya. Curah hujan yang tinggi tidak hanya menyebabkan banjir di sejumlah wilayah hulu, seperti Solo atau Sragen, tetapi juga mengancam sejumlah wilayah hilir yaitu di Provinsi Jawa Timur, khususnya Bojonegoro, Lamongan, Tuban, dan Gresik.

Pada awal tahun 2009 di Bojonegoro sekitar 900 rumah penduduk terendam banjir akibat tanggul sepanjang 50 m di Kecamatan Kanor rusak. Di Gresik, sekitar 1.800 rumah lebih tergenang air, di Tuban sekitar 1.000 lebih rumah di kawasan Widang juga terendam air, dan di Lamongan kondisinya juga kurang lebih sama. Bahkan, tidak hanya rumah, di berbagai daerah sepanjang Sungai Bengawan Solo tidak jarang ribuan hektar lahan juga tergenang air sehingga tidak mungkin lagi dipanen (Suyanto, 2008).

Data dari Badan Penanggulangan Bencana Nasional, banjir yang terjadi di DAS Bengawan Solo pada hari senin 2 Maret 2009 di Provinsi Jawa Timur seperti pada Tabel 1.

Deteksi daerah rawan banjir dengan menggunakan data citra penginderaan jauh dan SIG dilakukan dengan mengidentifikasi wilayah-wilayah yang mempunyai respon terhadap penggenangan di permukaan. Citra penginderaan jauh berupa *Land Sattelite Thematic Mapper* (Landsat TM) merupakan citra multispektral yang dapat menyajikan informasi fisik permukaan lahan suatu daerah. Landsat TM

terdiri atas tujuh *band* dengan resolusi spasial 30 m untuk *band* 1-5 dan *band* 7, dan resolusi spasial 120 m untuk *band* 6 (inframerah thermal). Perkiraan ukuran cakupan adalah 170 km sebelah utara-selatan dan 183 km sebelah timur-barat. Citra penginderaan jauh *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) merupakan salah satu jenis citra yang mempunyai kegunaan dalam analisis model elevasi. SRTM menggunakan teknologi *Synthetic Aperture Radar* (SAR). SRTM memiliki struktur data yang sama seperti format *grid*, yaitu terdiri atas sel-sel yang setiap sel memiliki nilai ketinggian. Nilai ketinggian pada SRTM adalah nilai ketinggian dari datum WGS 1984. Informasi yang diidentifikasi dari citra penginderaan jauh mengenai parameter penyebab banjir dilakukan analisis dengan menggunakan teknologi SIG guna mengetahui daerah rawan banjir.

Marfai (2003) membuat suatu pemodelan banjir akibat luapan sungai serta banjir yang diakibatkan oleh pengaruh pasang surut (rob) di Semarang. Data acuan dan masukan yang utama untuk model banjir sungai adalah *Digital Elevation Model* (DEM) dan data topografis detail, sedangkan untuk banjir rob dibutuhkan data DEM yang detail, data tinggi muka air, dan peta topografi. Perangkat lunak yang digunakan adalah Arcview GIS, HEC-GeoRAS, dan Ilwis. Data DEM digunakan untuk penelusuran banjir, rata-rata akurasi pada penelitian ini berturut-turut sebesar 77 dan 76% untuk banjir sungai, sedangkan untuk banjir rob berturut-turut

Tabel 1. Data wilayah dan dampak banjir DAS Bengawan Solo, 3 Maret 2009

Table 1. Data of area and flood impact of Bengawan Solo watershed, March 3, 2009

No.	Kabupaten/ Kota	Meninggal	Menderita	Pengungsi
1.	Tuban	-	22.351	2.000
2.	Kediri	-	2.503	-
3.	Bojonegoro	7	88.138	10.881
4.	Ngawi	-	-	-
5.	Lamongan	-	17.748	10.299
6.	Gresik	-	2.892	-

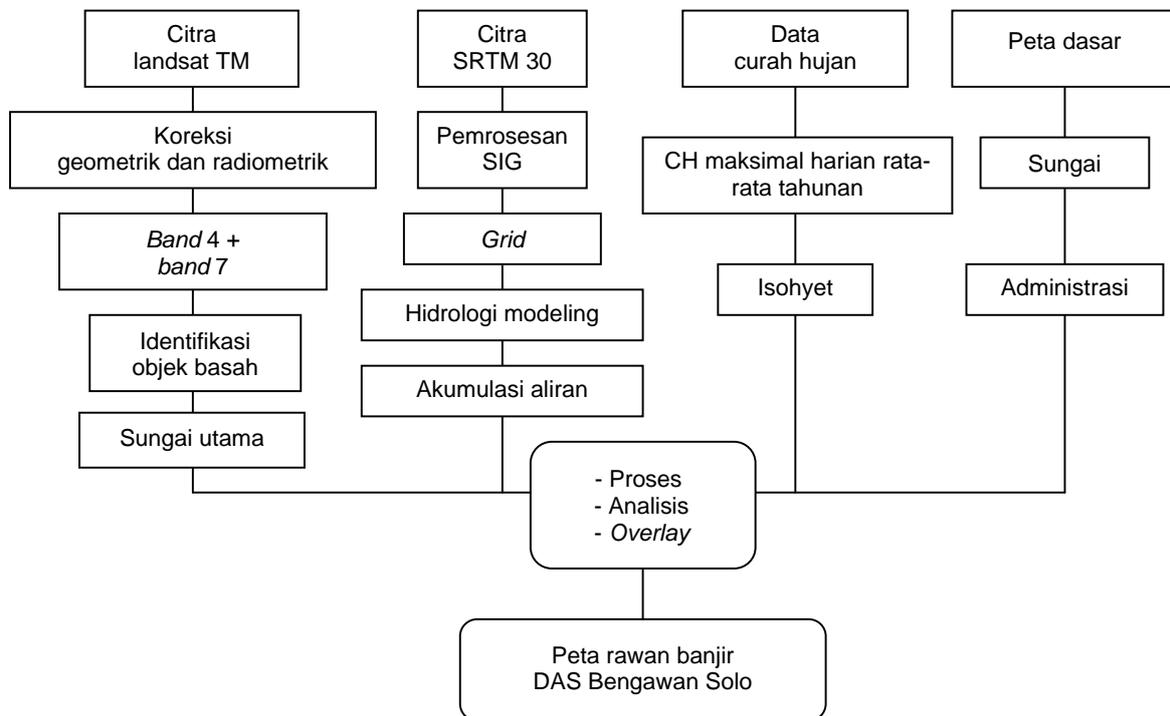
Sumber : Pusdalops BNPB, 3 Maret 2009 (www.bkn.go.id)

sebesar 89 dan 83%. Banjir sungai seluas 1.245,78 ha dan banjir rob seluas 1.514 ha.

Sanyal (2005) mengemukakan bahwa *band 4* merupakan saluran yang bermanfaat dalam pembuatan batasan-batasan air dan daratan, atap dan jalan aspal juga menghasilkan refleksi yang sangat rendah. *Band 4* dan *7* efisien dalam membedakan air banjir dan tanah kering, sehingga batas-batas air banjir dapat didelineasi. Faktor refleksi *pixel* sangat dekat dengan permukaan lahan basah. Selama banjir albedo pada tubuh air meningkat secara signifikan karena konsentrasi pecahan batuan dan debu yang tinggi di dalam air. Faktor refleksi puncak bergerak ke arah saluran-saluran. Pada sisi lain, peningkatan kelembaban tanah mengurangi albedo tanah, membuat faktor refleksi dari beberapa *pixel* yang tidak banjir serupa dengan *pixel* banjir. Pengelompokkan telah dilakukan untuk *band 4* dan *band 7*; dimana, nilai *pixel* > 78 diasumsikan tanah kering dan nilai *pixel* ≤ 78

diasumsikan lahan basah. Penggolongan ini secara efektif menyadap *pixel* air di dalam area, kerugian utama penggolongan ini adalah tidak dapat membedakan antara air dan tanah permukaan di bawah bayang-bayang awan, formulasi *band* TM 4 dengan *band* TM 7 cukup efisien dalam membedakan air banjir dari tanah kering, Klasifikasi ini efektif ekstrak *pixel* air di kawasan permukiman, tetapi kerugian utama klasifikasi ini adalah bahwa ia tidak dapat membedakan antara permukaan kering dan air di bawah bayangan awan.

Dengan menggunakan data citra penginderaan jauh untuk meng-ekstrak informasi mengenai area yang berupa air dan non air serta parameter penyebab banjir maka dapat digunakan untuk pembuatan peta kerawanan bahaya banjir di DAS Bengawan Solo, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai informasi keruangan dalam melakukan mitigasi bencana banjir di DAS Bengawan Solo.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Figure 1. Flow diagram of research activities

METODE

Penelitian menggunakan data citra Landsat TM tanggal 15 Maret 2003 *path* 120 *row* 065, *path* 119 *row* 065, dan *path* 118 *row* 065, data citra radar SRTM 30 *tile* e100n40, peta administrasi di DAS Bengawan Solo, data curah hujan harian maksimum tahunan rata-rata, serta data lokasi banjir di DAS Bengawan Solo. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 1.

Bahan data berupa citra satelit Landsat TM dilakukan pengkoreksian *geometric* dan *radiometric* sebelum dilakukan analisis. *Band* 4 merupakan saluran dengan panjang gelombang 0,76 μm -0,90 μm yang membantu dalam identifikasi kontras antara tanaman-tanah-air. Air sangat kuat dalam menyerap pantulan inframerah dekat, sehingga dapat untuk mendeliniasi tubuh air, membedakan antara tanah lembab dan tanah kering. *Band* 4 berguna untuk identifikasi vegetasi dan kontras tanah-vegetasi serta lahan-air. *Band* 7 merupakan saluran dengan panjang gelombang 10,40 μm -12,5 μm yang dapat digunakan dalam klasifikasi kelembaban tanah. *Band* 7 mempunyai penyerapan yang kuat terhadap objek air dan pantulan yang kuat terhadap objek tanah dan batuan. Pemukiman, lahan pertanian, jalan, lahan kosong ditampilkan dengan rona yang cerah dan objek air, hutan ditampilkan dengan rona yang gelap. Kedua *band* ini mempunyai kesamaan kekuatan dalam menyerap objek air. Metode yang digunakan dalam pengolahan data Landsat TM ini yaitu dengan menggabungkan *band* TM 4 dengan *band* TM 7 dengan hasil nilai *pixel* yang dideteksi sebagai area banjir kurang dari sama dengan 78 merupakan nilai *pixel* (Sanyal, 2005).

Bahan data citra SRTM dilakukan peng-ekstrakan guna didapatkan format data yang berupa *grid* yang mencirikan setiap sel nya memiliki nilai ketinggian. Dengan analisis *Hydrologic Modelling* maka akan dapat ditelusuri akumulasi aliran yang dapat menimbulkan banjir. *Pixel grid* yang digunakan sebagai pendeteksi wilayah banjir yaitu

merupakan nilai *grid* dengan ketinggian yang rendah pada penelitian ini wilayah genangan hanya dibatasi sampai dengan ketinggian 0 sampai 50 m di sekitar sungai utama. Untuk mengetahui sebaran curah hujan harian maksimum tahunan rata-rata maka digunakan metode *isohyet*. Hal ini dilakukan guna mengetahui distribusi hujan yang ada pada DAS Bengawan Solo.

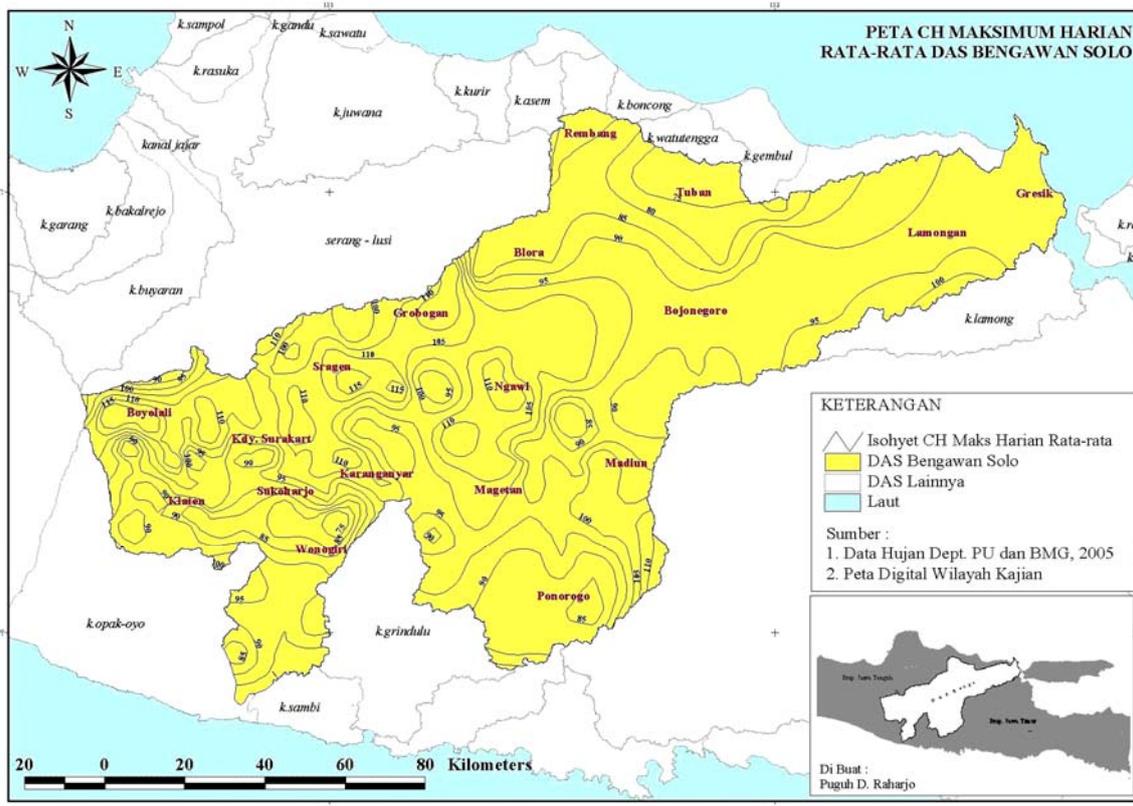
Hasil mengenai informasi kenampakan banjir merupakan gabungan dari analisis data dari citra *band* TM 4 dengan *band* TM 7 dengan batasan nilai *pixel* ≤ 78 yang berupa, data *grid* dengan batasan ketinggian 0-50 m serta akumulasi aliran dari data SRTM, dan data curah hujan yang DAS Bengawan Solo yang berada di sekitar sungai utama.

PEMBAHASAN

Masukan yang utama penyebab banjir adalah curah hujan, curah hujan yang tinggi dan tersebar merata seluruh DAS dapat meningkatkan laju aliran permukaan yang dapat mengakibatkan banjir. Gambar 2. merupakan peta isohyet hujan harian maksimum rata-rata tahunan DAS Bengawan Solo.

Pada penelitian ini analisis curah hujan menggunakan data curah hujan harian maksimum rata-rata tahunan, wilayah di DAS Bengawan Solo yang mempunyai curah hujan tinggi rata-rata tersebar di wilayah Surakarta yang merupakan wilayah hulu pada DAS Bengawan Solo, yaitu meliputi pos stasiun hujan di Cepogo, Boyolali, Sumberlawang, Polanharjo, Mojo. Dari analisis curah hujan yang memiliki nilai lebih dari 100 mm jam^{-1} penyebarannya hanya di wilayah Surakarta, Madiun, dan Rembang. Sedangkan di daerah hilir nilai curah hujan tidak begitu besar.

Dari peta tersebut dapat diketahui bahwa hujan yang lebih dari 120 mm hari^{-1} berada di wilayah Surakarta yang merupakan hulu dari DAS Bengawan Solo. Sedangkan wilayah Bojonegoro sendiri tergolong memiliki curah hujan yang seragam



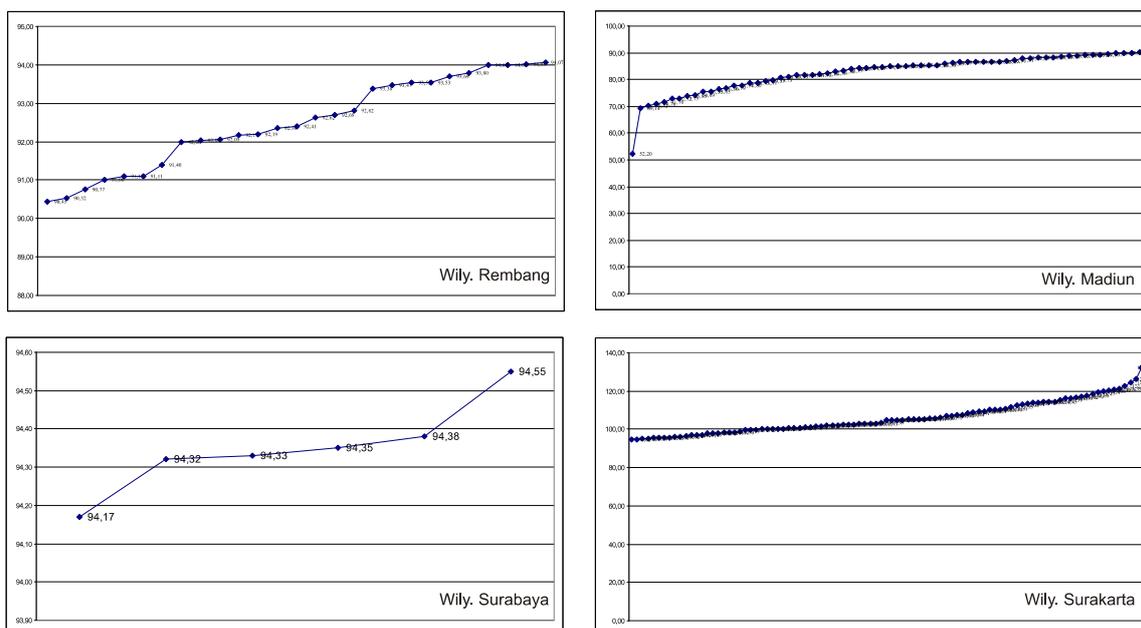
Gambar 2. Peta Isohyet hujan harian maksimum rata-rata tahunan DAS Bengawan Solo
Figure 2. Isohyet map of yearly average on maximum daily rainfall of Bengawan Solo watershed

dengan nilai yang tidak begitu besar. Isohyet dengan jarak antar garis yang rapat menandakan range perbedaan curah hujan yang tinggi pada kawasan tersebut, dari peta terlihat bahwa pada Kabupaten Boyolali merupakan kawasan dengan kemiringan yang tinggi pada DAS Bengawan Solo dengan memiliki curah hujan $115-95 \text{ mm jam}^{-1}$, begitu juga dengan Kabupaten Karanganyar yang lokasinya dekat dengan sungai utama dan ber-topografi relatif tinggi memiliki curah hujan yang tinggi pula, sehingga konsentrasi aliran permukaan sangat besar di wilayah hulu DAS apalagi apabila ditunjang dengan jenis penggunaan lahan vegetasi yang relatif sedikit maka koefisien aliran permukaan (runoff) akan tinggi pula. Curah hujan maksimum harian rata-rata tahunan menunjukkan bahwa nilai tertinggi banyak

terdapat di pos-pos stasiun hujan di wilayah Surakarta yang merupakan daerah hulu dalam DAS Bengawan Solo, hal ini menunjukkan bahwa aliran permukaan yang masuk pada sistem sungai dapat menyebabkan luapan air di bagian tengah dan hilir DAS. Gambar 3. merupakan grafik nilai curah hujan harian rata-rata tahunan di satuan wilayah stasiun hujan yang ada di DAS Bengawan Solo.

Hasil evaluasi intepretasi digital penggabungan *band* 4 dan 7 citra Landsat TM path/row 120/065, 119/065, dan 118/065 disajikan pada Gambar 4.

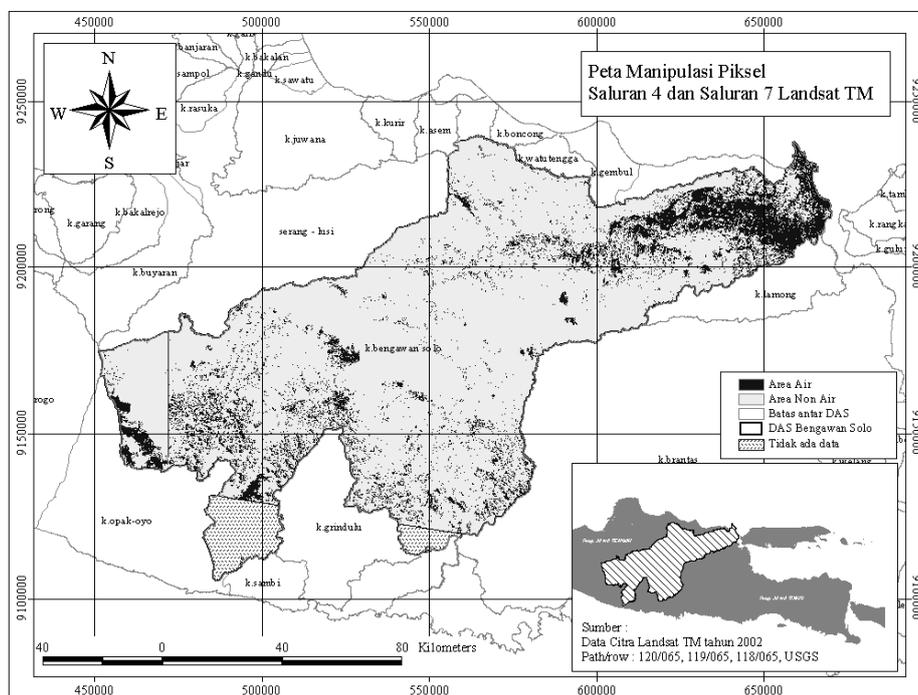
Hasil dari pengolahan citra yang berupa penjumlahan antara *band* 4 dan 7 didapatkan bahwa nilai minimal/maksimal spektral *pixel* adalah 0/255 dengan rata-rata dan standar deviasi 43,42 dan 55,90.



Sumber : Puslitbang SDA, Departemen Pekerjaan umum (2005)

Gambar 3. Grafik nilai curah hujan harian rata-rata tahunan di satuan wilayah stasiun hujan DAS Bengawan Solo

Figure 3. Graph of the yearly daily rainfall average of Bengawan Solo watershed



Gambar 4. Peta informasi spasial permukaan basah/air dan kering dengan menggunakan citra satelit Landsat TM

Figure 4. Map of spatial Information of wet (water) and dry surface using Landsat TM satellite imagery

Wilayah basah dianalogikan *pixel* yang merupakan penggabungan/penjumlahan *band* 4 dengan *band* 7 yang mempunyai nilai kurang atau sama dengan 78, sedangkan wilayah kering merupakan wilayah dengan nilai *pixel* lebih dari 78. Jika perekaman citra tidak sesuai dengan keadaan waktu banjir maka hasil yang diperoleh tidak menggambarkan semua nilai *pixel* di bawah atau sama dengan 78 yang merupakan lokasi banjir tetapi juga mencakup wilayah pertanian lahan basah yang terdapat penggenangan air. Selain itu, nilai *pixel* juga dipengaruhi oleh banyaknya tutupan awan yang ada, sehingga diperlukan suatu asosiasi dengan jaringan sungai yang merupakan keluaran air permukaan dalam deteksi penyebab banjir.

Lokasi wilayah genangan ditunjukkan oleh warna hitam (Gambar 4), sebagian besar berada dekat dengan sungai utama, sedangkan wilayah dengan nilai *pixel* air tetapi berada di daerah dengan topografi tinggi diduga sebagai lahan sawah dan tajuk-tajuk vegetasi yang mempunyai kelembaban tinggi. Lokasi wilayah dengan area air yang menyebar meliputi sebagian wilayah Kabupaten/Kota Surakarta, Karanganyar, Sragen, Grobogan, Blora (Jawa Tengah), Ngawi, Bojonegoro, Tuban, Lamongan, Gresik (Jawa Timur). Sebaran area air banyak terdapat di Kabupaten Bojonegoro, dimana terjadi penggenangan seluas ± 22.812 ha dari ± 231.127 luas wilayah; di Kabupaten Tuban penggenangan seluas ± 12.493 ha dari ± 109.698 ha luas wilayah; dan di Kabupaten Lamongan penggenangan seluas ± 16.683 ha dari ± 130.523 ha luas wilayah.

Data citra SRTM digunakan untuk mengetahui elevasi dari permukaan laut. DAS sangat dipengaruhi oleh kemiringan lahannya dan pemisah topografi sebagai batas air untuk mengumpul menjadikan data

citra ini sangat dibutuhkan. Air akan mengalir pada lahan yang lebih rendah dan selalu mencari keseimbangan, sehingga air yang berlebih yang dapat menyebabkan banjir selalu mengikuti arah dari kemiringan lahannya. Hasil ekstraksi citra SRTM adalah *grid-grid*, dimana setiap *grid* mempunyai nilai ketinggian. Data ini digunakan untuk pemodelan hidrologi untuk mendapatkan arah aliran serta lokasi wilayah yang mengalami akumulasi aliran. Gambar 5 merupakan peta DEM Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo beserta penampang permukaannya.

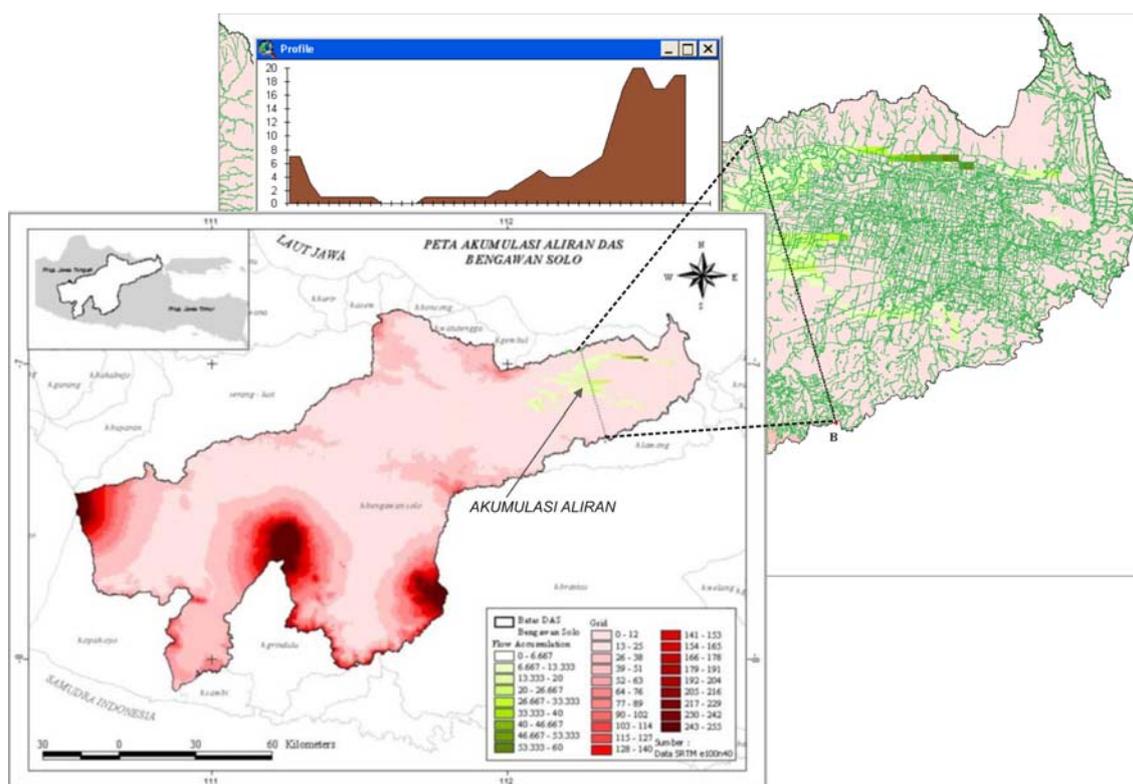
Hasil dari pengolahan citra SRTM menjadi DEM mendapatkan bahwa *pixel* ketinggian berukuran 30 x 30 m, sehingga setiap *pixel* hanya mencakup 900 m² yang mewakili ketinggian suatu wilayah. Dari peta tersebut (Gambar 5) terlihat area-area yang merupakan wilayah dengan topografi tinggi dan wilayah dengan topografi rendah. Pada penelitian ini nilai *pixel* yang digunakan dalam pendeteksian rawan banjir adalah nilai *grid* 1 sampai *grid* 4 yang hanya terdapat di bagian tengah DAS sampai bagian hilir DAS. Nilai *grid* 1 (ketinggian 0-12 m) sebagian besar terdapat di wilayah Gresik, Lamongan, Bojonegoro dan Tuban ; nilai *grid* 2 (ketinggian 13-25 m) sebagian besar terdapat di wilayah Tuban, Bojonegoro, Lamongan, dan Blora ; nilai *grid* 3 (ketinggian 26-38 m) sebagian besar terdapat di wilayah Tuban, Bojonegoro, Blora dan Ngawi ; Sedangkan nilai *grid* 4 (ketinggian 39-51 m) sebagian besar terdapat di wilayah Sragen, Ngawi, Madiun, Blora, dan Bojonegoro. Wilayah-wilayah tersebut merupakan wilayah dalam DAS Bengawan Solo yang dilewati oleh sungai utama, sehingga luapan aliran permukaan pada sungai dimungkinkan akan menggenangi wilayah-wilayah tersebut.

Hydrologic Modelling pada *Arc-view GIS* digunakan untuk penelusuran arah dan lokasi akumulasi aliran yang menuju ukuran serta nilai *grid* minimal. Akumulasi aliran terjadi pada sebagian wilayah Sragen, Bojonegoro, Tuban, Gresik, dan paling banyak terjadi di wilayah Lamongan. Dalam pendeteksian wilayah rawan banjir di DAS Bengawan Solo ini maka data hasil analisis citra Landsat TM digabungkan dengan hasil analisis dengan citra SRTM. Gambar 6 merupakan Peta Rawan Banjir DAS Bengawan Solo.

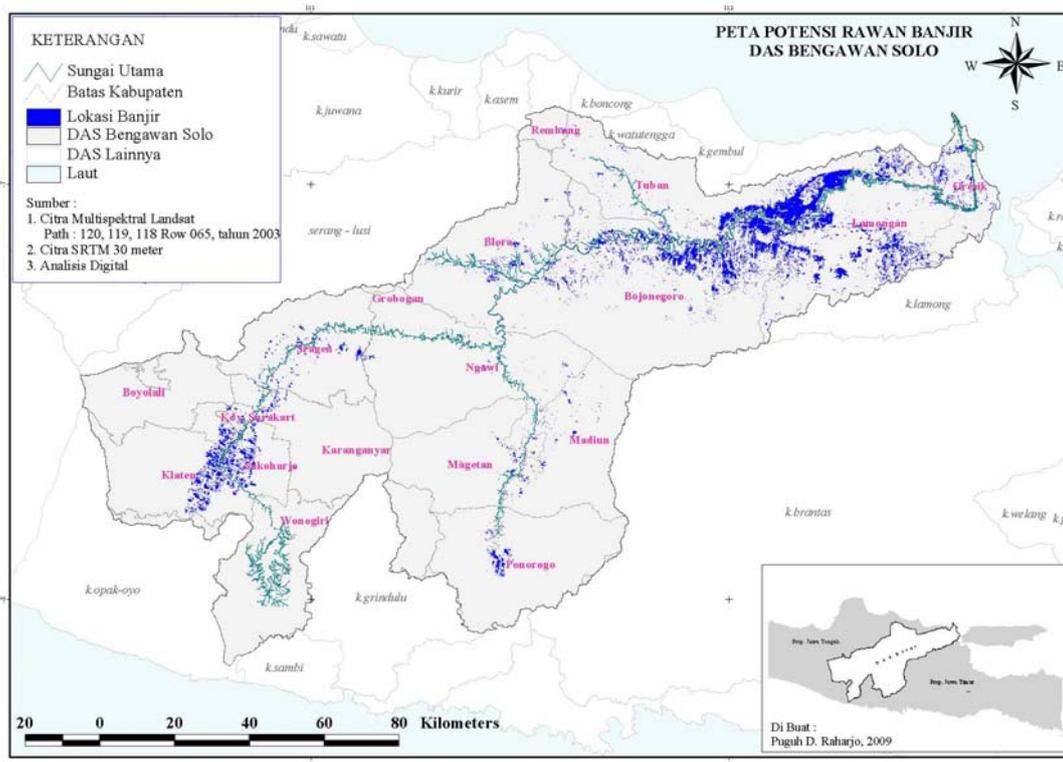
Hasil yang didapat dari analisis citra Landsat TM, Citra SRTM 30 maka digabungkan agar mendapatkan hasil yang komprehensif (Gambar 6), dari peta tersebut dapat diketahui bahwa wilayah dalam DAS Bengawan Solo yang terdeteksi rawan terhadap bahaya banjir meliputi Kabupaten/Kota Sragen (Kecamatan Masaran, Plupuh, Gesi,

Sidoarjo); Kabupaten Ngawi (Kecamatan Widodaren, Kedungalar, Pitu); Kabupaten Tuban (Kecamatan Rengel, Plumpang, Widang); Kabupaten Bojonegoro (Kecamatan Padangan, Malo, Kalitidu, Trucuk, Bojonegoro, Dander, Kanor, Baureno, Sumberejo); Kabupaten Lamongan (Kecamatan Laren, Solokuro, Karanggeneng, Kalitengah); Kabupaten Gresik (Kecamatan Dukuh dan Bungah). Analisis ini sangat mempertimbangkan lokasi sungai utama sebagai keluaran aliran permukaan, sehingga wilayah-wilayah yang terdeteksi sebagai wilayah rawan banjir merupakan daerah yang berdekatan dengan sungai utama Bengawan Solo.

Perbandingan antara pendugaan dengan citra satelit dengan data dari Pusdalops BNPB tanggal 2 Maret 2009 adalah wilayah Kabupaten Kediri yang terkena banjir tidak terdeteksi hal ini dikarenakan wilayah ini tidak tercakup dalam hasil penelitian ini,



Gambar 5. Peta *DEM* dan penampang lahan bagian hilir DAS Bengawan Solo
Figure 5. *DEM map and downstream land profile of Bengawan Solo watershed*



Gambar 6. Peta potensi rawan banjir DAS Bengawan Solo hasil penggabungan dari analisis citra Landsat TM dan SRTM 30

Figure 6. Map of potential flood vulnerability of Bengawan Solo watershed resulted from combination of Landsat TM imagery and SRTM 30 analysis

hal ini disebabkan karena data yang dihasilkan dari analisis citra Landsat TM dan citra SRTM 30 berasosiasi dengan sungai utama, sehingga karena Kabupaten Kediri tidak dilewati oleh sungai utama maka wilayah tersebut tidak teridentifikasi dalam hasil penelitian ini.

KESIMPULAN

1. Wilayah DAS Bengawan Solo yang rawan banjir meliputi Kabupaten/Kota Bojonegoro, Lamongan, Tuban, Gresik, Ngawi dan Sragen.
2. Penggabungan data dari SRTM dan Landsat TM dapat digunakan dalam mendeteksi wilayah yang rawan banjir di sekitar sungai utamanya. Dengan membedakan spektral kenampakan tubuh air yang dikorelasikan dengan ketinggian

tempat maka dapat dilakukan suatu prediksi kemungkinan-kemungkinan genangan banjir yang akan terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, B. Meteray, M.N. Farda, dan M. Kamal. 2006. Kajian ekosistem air permukaan rawa Biru-Torasi Merauke Papua menggunakan citra penginderaan jauh dan SIG, Jurnal Forum Geografi UMS, Surakarta 20(1):1-12.
- Kodoatie, R. dan Sugiyanto. 2002. Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya dalam Perspektif Lingkungan. Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Marfai, M.A. 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.

Pusdalops BNPB. 2009. Banjir Bengawan Solo Merendam Enam Kabupaten, Badan Nasional Penanggulangan Bencana http://bnpb.go.id/website/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=2217, diakses 22 April 2009.

Sanyal, J. and X. Lu. 2005. Remote sensing and GIS-based flood vulnerability assessment of human settlements: a case study of Gangetic West Bengal, India. *Hydrological*

Processes 19, 3699–3716 (2005), Published online 1 August 2005 in Wiley InterScience, <http://www.interscience.wiley.com>. DOI: 10.1002/hyp.5852

Suyanto, B. 2008. Ancaman Banjir di DAS Bengawan Solo, Kompas, Selasa 31 maret 2009. <http://cetak.kompas.com/read/xml/2009/03/31/17084670/Ancaman.Banjir.di.DAS.Bengawan.Solo>. diakses tanggal 17 April 2009.