

**PEMANFAAATAN CITRA LANDSAT 7 ENHANCED THEMATIC MAPPER
UNTUK PENENTUAN WILAYAH PRIORITAS PENANGANAN BANJIR
BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG)**

Rahning Utomowati

Pengajar di Prodi P. Geografi, Jurusan P.IPS – FKIP Universitas Sebelas Maret Surakarta

ABSTRACT

Satellite image have been developed to solve various of social problems, including the problem of flooding, dryness, wildfires, production estimation, and so on. Landsat 7 ETM advantage can be utilized for various of studies and applications, one of which is to study the flood. From the Landsat 7 ETM, can be extracted parameters for the determination of the detailed flood vulnerability.

This paper will examine how the determination of flood-prone areas and determination of flood hazard area using Landsat 7 ETM, and how the determination of flood mitigation priority areas using Landsat 7 ETM based on GIS.

The main data source of the research is Landsat 7 ETM with digital interpretation. From the result of scoring parameters required for the determination of flood vulnerability map obtained vulnerability to flooding. Flood hazard map obtained from overlay of the flood vulnerability map with land use map. From the overlay of flood hazard map with population density will be determined of flood mitigation priority areas.

The results are as follows:

- (1). Landsat 7 ETM can be used for vulnerability assessment and hazard of flooding. From the Landsat 7 ETM, can be extracted some parameters needed in determining the level of vulnerability of floods, among others : slope, landforms, land use, soil moisture, drainage and soil permeability. Based on the results of scoring parameters used for determining the level of flood vulnerability, will derived classes of flood vulnerability. Flood vulnerability of the class map derived from Landsat 7 ETM image analysis, can be to analyzed of the level of flood hazard areas. Level of flood hazard obtained from the overlay of the flood hazard map with land use map that provides information of human existence on a particular land use, so it can be used as a factor determining the level of flood hazard. Increasingly intensive human presence in a particular land use, the more increased level of flood hazard/
- (2). Landsat 7 ETM can be used for the determination of flood mitigation priority areas. From the areas prone to flooding and a flood hazard area, can be determined which is the priority area of flood management, which is obtained from overlay of the flood hazard map with population density data. Areas with high population density, is a priority area in the handling of the flood. With the identification of priority areas which are flood mitigation, treatment will be done properly, so it will be able to minimize the number of casualties in the event of flooding. Thus the determination of the priority areas of this flood is important, because information about the priority areas of flood mitigation is necessary in order to deal with disaster preparedness

3). The use of Landsat 7 ETM imagery for vulnerability assessment and determination of flood hazard and flood mitigation priority areas, proved to be more efficient in terms of time, effort, and costs required when compared with terrestrial surveys, with an acceptable level of accuracy. Through the integration of remote sensing and GIS will be able to obtain the results of vulnerability analysis and determination of flood hazard and flood mitigation priority areas optimally.

Key words : Landsat 7 ETM image, flood hazard, flood mitigation, priority areas, GIS

A. PENDAHULUAN

Bencana alam merupakan suatu kejadian yang mengancam dan mengakibatkan kerusakan lingkungan, seperti banjir, tanah longsor, kekeringan, dll. Banjir dan longsor merupakan bencana alam yang umum sering terjadi di Indonesia. Banjir merupakan 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 namun secara umum dapat diklasifikasikan dalam 2 kategori, yaitu banjir yang disebabkan oleh sebab-sebab alami dan banjir yang diakibatkan oleh tindakan manusia, antara lain adalah 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).

Banjir adalah peristiwa meluapnya air sungai dari batas tebing sungai, yang biasanya terjadi dalam waktu yang relatif pendek, atau genangan air pada permukaan tanah yang sampai melebihi batas tertentu yang mengakibatkan kerugian. Di Indonesia, walaupun waktu terjadinya banjir bervariasi, namun hampir semua daerah menghadapi bahaya banjir yang signifikan. Kerugian dan kerusakan akibat banjir adalah sebesar dua pertiga dari semua bencana alam yang terjadi. Setiap tahun hampir 300 peristiwa banjir terjadi menggenangi 150 hektar dan merugikan sekitar satu juta orang (Koodatie dan Sugiyanto, 2002). Banjir sebagai salah satu bencana alam rutin, paling banyak menimbulkan kerugian dibandingkan dengan bencana alam lain yaitu 40% dari total kerugian bencana alam. Kerugian yang diakibatkan oleh banjir dapat berupa kehilangan harta benda, kerusakan bangunan, terganggunya lalu lintas, menghambat kegiatan penduduk dan timbulnya wabah penyakit.

Bencana banjir biasanya terjadi di daerah yang bertopografi datar hingga cekung dan terletak pada dataran rendah. Kawasan dataran rendah selain merupakan daerah sasaran banjir juga merupakan daerah yang potensial untuk berbagai sarana pembangunan dan pengembangan bagi sebagian sektor kehidupan manusia, seperti permukiman dan pertanian (Verstappen 1983, dalam Dasanto. 2000).

Kajian banjir selama ini di Indonesia selalu didominasi dan mengandalkan kajian-kajian yang bersifat fisik dan survei lapangan, baru pada awal 1970-an seiring dengan perkembangan teknologi, data penginderaan jauh dimanfaatkan sebagai alat dalam kajian banjir.

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau gejala melalui analisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dikaji (Lillesand & Kiefer, 2004). Foto udara merupakan data penginderaan jauh yang banyak digunakan untuk pemecahan masalah-masalah hidrologi, terutama banjir. Perkembangan teknologi remote sensing, fotogrametri, GPS dan total station telah meningkatkan efisiensi waktu, biaya dan akurasi informasi kenampakan fisik dalam peta (Danson, 1995; Miller, 1996). Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang sangat pesat didorong oleh meningkatnya tuntutan kebutuhan aplikasi guna menjawab berbagai tantangan dan permasalahan pembangunan. Teknologi penginderaan jauh merupakan salah satu alternatif yang dapat membantu penyediaan informasi fisik daerah. Hal tersebut dikarenakan citra penginderaan jauh dapat menyajikan gambaran obyek, daerah dan gejala di permukaan bumi secara lengkap dengan wujud dan letak obyek yang mirip dengan keadaan sebenarnya di medan (Sutanto, 1994).

Seiring dengan kemajuan teknologi, data penginderaan jauh bukan hanya berasal dari foto udara saja, namun juga dari citra satelit. Dalam penanganan banjir diperlukan survei lapangan yang membutuhkan biaya dan tenaga yang sangat besar dan waktu yang cukup lama, khususnya untuk daerah-daerah rawa dengan luasan yang besar serta keadaan medan yang sulit dan tidak mudah dijangkau (Sutanto, 1994). Salah satu cara untuk mengatasi kesulitan tersebut adalah dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Dengan banyaknya keunggulan yang dimiliki oleh citra satelit antara lain cakupan wilayah yang lebih luas, data yang selalu *up to date*, maka pemanfaatan citra akan lebih efisien dalam hal waktu, tenaga, dan biaya yang dibutuhkan. Data citra satelit banyak dikembangkan untuk memecahkan berbagai masalah kemasyarakatan, diantaranya masalah banjir, kekeringan kebakaran hutan, estimasi produksi, dan sebagainya. Menurut Portman, *et al* (1995), data citra satelit penginderaan jauh dapat dipakai untuk memperoleh faktor pendukung analisis banjir, baik secara langsung maupun tidak langsung. Faktor-faktor untuk analisis banjir yang dapat diperoleh dari data citra satelit penginderaan jauh adalah daerah banjir, perluasan daerah genangan, kandungan kelembaban tanah, penutup lahan, model elevasi digital, curah hujan atau liputan awan.

Berbagai citra penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk kajian banjir. Foto udara merupakan salah satu jenis citra penginderaan jauh yang paling banyak dimanfaatkan untuk kajian banjir. Foto udara pankromatik, foto udara inframerah, sering dimanfaatkan untuk kajian tersebut. Citra Landsat 7 ETM (*Enhanced Thematic Mapper*), juga terbukti dapat dimanfaatkan untuk kajian banjir. Keunggulan Landsat 7 ETM dapat dimanfaatkan untuk berbagai kajian dan aplikasi, salah satunya adalah untuk kajian banjir. Dengan keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh Landsat 7 ETM, diharapkan dapat diekstrak parameter-parameter untuk penentuan kerentanan banjir secara rinci.

Pemetaan daerah yang rentan banjir merupakan penyajian secara visual daerah-daerah yang secara fisik merupakan daerah sasaran banjir. Banjir yang terjadi berulang-ulang akan meninggalkan bekas sebagai bentuklahan hasil bentukan proses banjir, yang mempunyai sifat khusus terutama material penyusunannya. Kipas aluvial, dataran banjir, tanggul alam, teras sungai, rawa belakang adalah sebagian kenampakan satuan bentuklahan yang dipengaruhi oleh proses banjir, dengan karakteristik yang berbeda-beda. Oleh karena itu, apabila di suatu daerah ditemukan adanya satuan bentuklahan tersebut maka dapat diperkirakan karakteristik banjir pada masing-masing satuan bentuklahan, sehingga suatu daerah yang sering terlanda banjir dapat diklasifikasikan tingkat kerentanan banjirnya. Kerentanan banjir adalah batas-batas kemungkinan suatu daerah untuk dapat terlanda banjir (Klindao 1983, dalam Tjaturahono, 1987).

Citra Landsat 7 ETM dengan keunggulan-keunggulan yang dimilikinya dapat dimanfaatkan untuk penentuan kerentanan dan bahaya banjir suatu daerah. Dalam penentuan tingkat kerentanan banjir diperlukan data yang menyangkut kondisi fisik tanah meliputi : kelembaban tanah, drainase tanah, permeabilitas tanah, tekstur tanah, iklim, lama genangan, frekuensi genangan serta data lain seperti kemiringan lereng, penggunaan lahan dan bentuk lahan. Parameter-parameter yang diperlukan untuk penentuan kerentanan banjir seperti Informasi bentuklahan, penggunaan lahan dapat diperoleh dari analisis citra. Kelembaban tanah, drainase tanah, permeabilitas dan tekstur tanah juga dapat diperoleh dari analisis citra Landsat 7 ETM yang kemudian dikaji untuk mengetahui korelasi dan regresi dengan indeks kebasahan dan indeks kecerahan citra Landsat 7 ETM dengan kondisi tanah sebenarnya di lapangan.

Dari peta kerentanan banjir yang diperoleh berdasarkan hasil interpretasi citra Landsat 7 ETM, dapat digunakan untuk menyusun peta bahaya banjir. Peta kerentanan banjir yang ditumpang susun dengan peta penggunaan lahan eksisting yang memuat informasi keberadaan manusia pada penggunaan lahan tertentu, akan dapat diperoleh peta bahaya banjir. Dengan diketahuinya daerah-daerah yang rentan banjir dan daerah yang merupakan bahaya banjir, dapat ditentukan daerah prioritas penanganan banjir, yang diperoleh dari peta bahaya banjir yang ditumpang susun dengan data kepadatan penduduk. Daerah-daerah yang berkepadatan penduduk tinggi, merupakan daerah prioritas utama dalam penanganan banjir.

Sistem informasi geografi merupakan suatu himpunan alat (*tool*) yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, mengaktifkan sesuai dengan kehendak, pentransformasian, serta penyajian data spasial dari suatu fenomena nyata di permukaan bumi untuk maksud-maksud tertentu (Burrough, 1986). Pengolahan data penginderaan jauh dapat didukung dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). SIG memiliki kemampuan dalam *input*, *editing* dan analisis data, baik data spasial (peta) maupun data atribut (tabuler) secara cepat dan akurat. SIG memiliki kemampuan analisis spasial, diantaranya adalah overlay, buffer, klasifikasi, penyuntingan untuk pemutakhiran data, interpolasi spasial, analisis network, dan sebagainya. Penggunaan SIG ini menjadi penting, khususnya dalam efisiensi tenaga dan waktu. Selain itu SIG sangat baik digunakan dalam pengelolaan sumberdaya lahan terutama untuk tujuan monitoring dan untuk basis data secara algometrik. Dengan SIG, informasi yang dihasilkan akan lebih mudah dilihat dan dianalisis dalam rangka pengelolaan sumberdaya lahan. Melalui integrasi antara penginderaan jauh dan SIG ini diharapkan dapat diperoleh hasil analisis penentuan wilayah prioritas penanganan banjir secara optimal.

Berdasarkan uraian yang telah dikemukakan, maka dapat dirumuskan permasalahan yang muncul adalah : (1). Bagaimana penentuan daerah yang rentan banjir dan daerah bahaya banjir dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM ? dan (2). Bagaimana penentuan wilayah prioritas penanganan banjir menggunakan citra Landsat 7 ETM berbasis SIG?.

Berdasarkan latar belakang dan perumusan masalah yang sudah dikemukakan, maka tulisan ini akan mengkaji tentang bagaimana penentuan daerah yang rentan banjir dan penentuan daerah bahaya banjir menggunakan citra Landsat 7 ETM, serta bagaimana penentuan wilayah prioritas penanganan banjir menggunakan citra Landsat 7 ETM berbasis SIG.

B. METODE PENELITIAN

Langkah penelitian untuk penentuan wilayah prioritas penanganan banjir menggunakan citra Landsat 7 ETM meliputi tiga bagian, yaitu : (1) Tahap pengolahan citra digital, (2). Tahap Kerja Lapangan, dan (3). Tahap Pasca Lapangan.

1. Tahap Pengolahan Citra Digital :

Pada tahap pengolahan citra digital, dilakukan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik citra, penyusunan citra komposit, klasifikasi multispektral, serta penyesuaian parameter yang digunakan untuk penentuan daerah rentan banjir dan daerah bahaya banjir serta penentuan wilayah prioritas penanganan banjir dari citra Landsat 7 ETM.

a. Koreksi Geometrik dan Koreksi Radiometrik

Sebelum diolah lebih lanjut, citra landsat 7 ETM yang digunakan harus dilakukan koreksi geometrik dan radiometrik, agar penyesuaian data bisa akurat. Pada prinsipnya koreksi geometrik adalah penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran obyek di permukaan bumi yang terekam sensor. Perubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil dari transformasi ini (Danoedoro, 1996). Distorsi geometrik dapat terjadi karena faktor-faktor seperti variasi ketinggian satelit, ketinggian satelit, dan kecepatannya. Prosedur yang diterapkan dalam koreksi geometrik biasanya memperlakukan distorsi ke dalam dua kelompok, yaitu distorsi yang dipandang *sistematik* atau dapat diperkirakan sebelumnya dan distorsi yang dipandang *acak* atau tidak dapat diperkirakan sebelumnya. (Lillesand & Kiefer, 2004). Koreksi geometrik dilakukan untuk menambah akurasi geometrik citra yang seragam mencakup sistem koordinat dan skala. Sistem koordinat dan proyeksi peta tertentu dijadikan rujukan untuk koreksi geometrik ini sehingga diperlukan titik ikat lapangan atau *Ground Control Point* (GCP) berupa obyek statis yang mudah dikenali pada citra atau peta rujukan.

Koreksi radiometrik ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya, biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai kesalahan utama. Pada koreksi ini, diasumsikan bahwa nilai piksel terendah pada suatu kerangka liputan (*scene*) seharusnya nol, sesuai dengan *bit-coding* sensor. Apabila nilai terendah piksel pada kerangka liputan tersebut bukan nol, maka nilai penambah (*offset*) tersebut dipandang sebagai hasil dari hamburan atmosfer (Danoedoro, 1996). Fungsi dari koreksi radiometrik adalah untuk menghilangkan kesalahan radiometrik (*radiometric error*) yang disebabkan oleh aspek eksternal berupa gangguan atmosfer pada saat proses perekaman. Biasanya gangguan atmosfer ini dapat berupa serapan, hamburan, dan pantulan yang menyebabkan nilai piksel pada citra hasil perekaman tidak sesuai dengan nilai piksel obyek sebenarnya di lapangan.

Kesalahan radiometrik pada citra dapat menyebabkan kesalahan interpretasi terutama jika interpretasi dilakukan secara digital yang mendasarkan pada nilai piksel. Sehingga, koreksi radiometrik ini sangat penting untuk dilakukan agar hasil yang diperoleh sesuai dengan yang diinginkan. Koreksi radiometrik dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah penyesuaian regresi, penyesuaian histogram, dan kalibrasi bayangan (Jensen, 1986, dalam Danoedoro, 1996).

b. Penyusunan Citra Komposit

Penyusunan citra komposit warna digunakan untuk menonjolkan obyek yang ada pada citra (seperti air, vegetasi, dan tanah) yang akan digunakan untuk analisis selanjutnya, yaitu interpretasi visual bentuklahan dan analisis klasifikasi multispektral. Citra komposit dimanfaatkan sebagai citra tampilan dalam pengambilan sampel, sehingga dengan pemilihan citra komposit yang tepat akan memudahkan dalam pengambilan sampel. Dasar utama pemilihan komposit citra adalah dengan memperhatikan nilai pantulan spektral obyek pada julat panjang gelombang tertentu. Pemilihan dilakukan dengan membandingkan kenampakan saluran tunggal secara visual, untuk identifikasi atau pola kedalaman air pada saluran tertentu. Dalam penyusunan komposit citra dan klasifikasi multispektral, pemilihan saluran akan sangat menentukan kemampuan citra untuk memperoleh parameter kerentanan banjir secara rinci.

c. Klasifikasi Multispektral

Setelah citra yang akan digunakan dalam penelitian telah terkoreksi, langkah selanjutnya adalah melakukan klasifikasi multispektral. Klasifikasi multispektral didasarkan pada pengolahan secara digital. Pengolahan secara digital dimaksudkan agar hasil perolehan data lebih sempurna baik secara teknis maupun kartografis, karena prosedur pengolahan digital bersifat objektif dan produknya memiliki kerincian geometri yang lebih tinggi (Hartono, 1996).

Klasifikasi multispektral digunakan untuk memperoleh informasi tentang penggunaan lahan. Klasifikasi multispektral dapat dilakukan baik menggunakan klasifikasi terselia (*supervised classification*) maupun klasifikasi tak terselia (*unsupervised classification*). Pada umumnya untuk klasifikasi penggunaan lahan digunakan klasifikasi terselia dengan algoritma Kemiripan Maksimum (*Maximum Likelihood Algorithm*). Klasifikasi terselia meliputi sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan sampel (*training area*) oleh operator. Algoritma Kemiripan Maksimum mengasumsikan bahwa obyek yang homogen selalu menampilkan histogram yang terdistribusi normal. Dengan asumsi ini, agihan suatu pola tanggapan kategori dapat diuraikan secara lengkap dengan vektor rerata dan kovarian matrik (yang memberikan varian dan koreksi) dengan diketahui parameter ini, maka dapat dihitung probabilitas statistik suatu nilai piksel tertentu sebagai suatu warga kelas tutupan lahan tertentu. Fungsi kepadatan probabilitas digunakan untuk mengklasifikasikan suatu piksel tak dikenal dengan menghitung nilai probabilitas piksel tersebut termasuk warga tiap kategori. Artinya, komputer akan menghitung probabilitas nilai piksel yang terdapat pada agihan masing-masing kelas. Setelah mengevaluasi probabilitas pada tiap kategori, piksel akan dikelompokkan pada kelas yang paling mungkin atau dikelompokkan sebagai 'tak

dikenal' bila nilai probabilitas berada di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh analisis (Lillesand dan Kiefer, 2004).

Klasifikasi multispektral ini menghasilkan peta penggunaan lahan sementara (tentatif). Peta penggunaan lahan yang dihasilkan digunakan dalam penentuan sampel lapangan.

c. Penjadapan parameter untuk penentuan kerentanan banjir :

Dalam penentuan tingkat kerentanan banjir diperlukan data yang menyangkut kondisi fisik tanah meliputi : kelembaban tanah, drainase tanah, permeabilitas tanah, tekstur tanah, iklim, lama genangan, frekuensi genangan serta data lain seperti kemiringan lereng, penggunaan lahan dan bentuk lahan. Berikut ini parameter-parameter yang dapat disadap dari analisis citra Landsat 7 ETM untuk penentuan kerentanan banjir :

(1). Kemiringan Lereng

Kemiringan lereng merupakan faktor yang sangat berpengaruh terhadap besarnya aliran permukaan penyebab terjadinya banjir. Kemiringan lereng dapat diperoleh dari peta Rupabumi Indonesia dan analisis relief dari hasil *digital elevation model* (DEM) pada citra Landsat 7 ETM. Berdasarkan data DEM, dapat dibuat kelas kemiringan lereng.

(2). Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan pada citra Landsat 7 ETM dapat diketahui melalui penutup lahannya, yang diperoleh dari hasil klasifikasi multispektral. Untuk perolehn informasi penggunaan lahan diperlukan alat bantu yaitu matriks dua dimensi antara bentuklahan dan penggunaan lahan.

Berdasarkan peta penggunaan lahan yang diperoleh dari analisis citra Landsat 7 ETM, dapat dianalisis lebih lanjut menjadi peta tingkat keberadaan manusia pada suatu penggunaan lahan tertentu, yang digunakan sebagai faktor penentu tingkat bahaya banjir. Semakin intensif keberadaan manusia pada penggunaan lahan tertentu, maka semakin meningkat tingkat bahaya banjir.

(3). Bentuklahan

Pengenalan batas bentuklahan diawali dengan pengenalan proses dan tenaga geomorfologi yang membentuk bentuklahan tersebut. Pada umumnya batas bentuklahan tidak begitu jelas pada citra Landsat 7 ETM, sehingga dilakukan dengan interpretasi citra menggunakan unsur-unsur interpretasi citra. Data geomorfologi dapat disadap dari citra non foto dengan interpretasi, baik interpretasi visual maupun interpretasi digital. Menurut Verstappen (1977), ada tiga kriteria cara pengenalan bentuklahan dari citra foto dan non foto, yaitu :

- Kriteria bentuk atau relief : kriteria ini berhubungan dengan bentuk permukaan bumi baik datar, bergelombang, maupun lembah. Relief merupakan kunci utama dalam pengenalan bentuklahan.
- Kriteria densiti : perbedaan daerah spektrum yang digunakan akan dapat mengakibatkan perbedaan rona pada citra. Perbedaan obyek dapat menimbulkan perbedaan rona pada citra.
- Kriteria lokasi : menunjukkan situasi bentang lahan ekologis dan situasi suatu kenampakan di dalam suatu struktur atau pola dapat digunakan sebagai kunci interpretasi.

Berdasarkan pendekatan ketiga kriteria tersebut, dari interpretasi visual citra Landsat 7 ETM akan dapat diperoleh peta bentuklahan.

(4). Kelembaban Tanah

Kondisi kelembaban tanah dapat diketahui dari analisis citra. Kelembaban tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi nilai pantulan tanah. Kelembaban tanah berhubungan kuat dengan tekstur tanah. Tanah berpasir dengan tekstur kasar biasanya baik

pengatusannya, dengan demikian kelembabannya rendah sehingga pantulan spektralnya relatif tinggi. Nilai pantulan yang tinggi pada citra dicerminkan dengan rona cerah. Demikian sebaliknya, tanah yang pengatusannya jelek memiliki pantulan spektral yang rendah. Semakin tinggi kelembaban tanah, menunjukkan genangan yang terjadi relatif lama.

Informasi kelembaban tanah pada citra Landsat 7 ETM diperoleh dari interpolasi nilai piksel yang berasal dari indeks kebasahan. Indeks kebasahan tanah dapat diperoleh dari berbagai teknik transformasi, diantaranya adalah *Tasseled-Cap Transformation*. Pemilihan teknik transformasi yang terbaik untuk analisis kerentanan banjir dapat ditentukan sesuai dengan kebutuhannya.

(5). Drainase Tanah dan Permeabilitas Tanah

Drainase tanah merupakan pengeringan air yang berlebihan pada tanah yang mencakup proses pengatusan dan pengaliran air yang berada dalam profil tanah maupun pada permukaan tanah yang menggenangi akibat pengaruh topografi, air tanah dangkal, iklim dan curah hujan. Permeabilitas tanah merupakan cepat/ lambat nya air merembes ke dalam tanah baik melalui pori-pori makro maupun mikro. Data drainase dan permeabilitas tanah dari citra Landsat 7 ETM dapat diperoleh dari indeks kebasahan.

2. Tahap Kerja Lapangan :

Pada tahap kerja lapangan ini dilakukan pengujian hasil interpretasi citra dan pengumpulan data yang tidak bisa diperoleh dari interpretasi citra. Parameter-parameter yang diperlukan untuk penentuan kerentanan banjir tidak semuanya dapat diperoleh dari analisis citra Landsat 7 ETM. Parameter yang tidak dapat diperoleh dari analisis citra antara lain :

- Tektur tanah, diperoleh dari uji laboratorium
- Intensitas hujan, diperoleh dari analisis data sekunder,
- Lama genangan dan frekuensi genangan, diperoleh dari wawancara dengan penduduk.

3. Tahap Pasca Lapangan :

Pada tahap pasca lapangan ini dilakukan analisis terhadap data-data lapangan yang sudah diolah. Analisis yang dilakukan adalah :

a. Analisis Tingkat Kerentanan Banjir :

Parameter-parameter yang disadap/ diekstrak dari hasil analisis citra Landsat 7 maupun parameter-parameter lain yang diperoleh dari kerja lapangan, analisis laboratorium dan data wawancara penduduk kemudian dilakukan skoring dan pembobotan. Berdasarkan skoring dan pembobotan seluruh parameter yang digunakan untuk penentuan kerentanan banjir, akan dihasilkan kelas-kelas kerentanan banjir.

b. Analisis Tingkat Bahaya Banjir

Dari peta kelas kerentanan banjir yang diperoleh dari analisis citra Landsat 7 ETM tersebut, dapat dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui tingkat bahaya banjir suatu daerah tertentu. Tingkat bahaya banjir diperoleh dari hasil tumpang-susun peta kerentanan banjir dengan peta penggunaan lahan dari analisis citra Landsat 7 ETM yang memberikan informasi keberadaan manusia pada suatu penggunaan lahan tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai faktor penentu tingkat bahaya banjir. Semakin intensif keberadaan manusia pada penggunaan lahan tertentu, maka semakin meningkat tingkat bahaya banjir.

c. Analisis Wilayah Prioritas Penanganan Banjir

Dengan diketahuinya daerah-daerah yang rentan banjir dan daerah yang merupakan bahaya banjir, dapat ditentukan wilayah yang merupakan prioritas penanganan banjir. Penentuan wilayah prioritas penanganan banjir diperoleh dari peta bahaya banjir yang ditumpang-susunkan dengan data kepadatan penduduk. Daerah-daerah yang berkepadatan penduduk tinggi, merupakan daerah prioritas utama dalam penanganan banjir.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masalah banjir merupakan salah satu masalah yang penting bagi negara Indonesia, karena hampir semua daerah menghadapi bahaya banjir yang signifikan. Banjir merupakan peristiwa alam yang dapat terjadi di mana saja dan kapan saja. Kerugian yang diakibatkan oleh banjir dapat berupa kehilangan harta benda, kerusakan bangunan, terganggunya lalu lintas, menghambat kegiatan penduduk dan timbulnya wabah penyakit.

Selama ini kajian tentang banjir didominasi oleh kajian secara terestrial, yang relatif membutuhkan tenaga, waktu, dan biaya yang cukup besar. Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi, data penginderaan jauh baik yang berupa citra foto maupun citra non foto semakin banyak dimanfaatkan untuk membantu pemecahan masalah banjir. Citra foto antara lain foto udara pankromatik, foto udara inframerah, dengan segala keunggulannya, terbukti mampu dan dapat digunakan untuk kajian banjir, khususnya dalam penentuan kerentanan dan bahaya banjir. Penggunaan citra penginderaan jauh memungkinkan pekerjaan lebih efisien dan efektif dalam hal waktu, biaya, dan tenaga yang dibutuhkan apabila dibandingkan dengan pekerjaan terestrial.

Dengan semakin berkembangnya teknologi penginderaan jauh, selain citra foto, juga berkembang citra satelit yang dapat digunakan untuk berbagai bidang kajian. Citra satelit dengan segala keunggulannya antara lain cakupan wilayahnya yang luas dan resolusi temporalnya yang tinggi sehingga mampu menyajikan data yang selalu *up to date*, dapat digunakan sebagai alternatif yang baik dalam pemecahan masalah banjir karena lebih efisien dan efektif dalam hal waktu, biaya, dan tenaga yang dibutuhkan apabila dibandingkan dengan pekerjaan terestrial.

Salah satu jenis citra satelit yang dapat dimanfaatkan untuk kajian kerentanan dan bahaya banjir adalah Citra Landsat 7 ETM. Landsat 7 ETM diluncurkan pada tanggal 15 April 1999 yang dibuat oleh *Raytheon Santa Barbara Remote Sensing* di Santa Barbara, California. Landsat 7 ETM bertujuan untuk menghasilkan data seri seluruh daratan dan wilayah pesisir bumi dengan perekaman citra menggunakan panjang gelombang tampak (*visible*) dan inframerah kualitas tinggi serta melanjutkan basis data Landsat yang sudah ada. ETM+ merupakan *scanning* radiometer yang terdiri dari 8 saluran, yaitu TM1, TM2, TM3, TM4, TM5, TM6, TM7, dan TM8. Resolusi spasial saluran 1,2,3,4,5, dan 7 sebesar 30 meter, sedangkan saluran 6 mempunyai resolusi spasial 60 meter. Saluran 8 merupakan saluran pankromatik, dengan resolusi spasial 15 meter. Citra Landsat 7 mempunyai fasilitas koreksi radiometrik. Citra Landsat 7 ETM tersedia dalam tiga level data yaitu : 0R, 1R, dan 1G. Citra dalam level 0R merupakan citra yang belum terkoreksi radiometrik dan geometrik. Citra dalam level 1R sudah terkoreksi radiometrik namun belum mengalami koreksi geometrik, sedangkan citra dalam level 1G sudah terkoreksi secara radiometrik maupun geometrik.

Citra Landsat 7 ETM mempunyai keunggulan antara lain tampilan citra yang lebih jelas yang disebabkan karena pada citra tersebut ada fasilitas koreksi radiometrik berupa kalibrasi untuk gangguan sinar matahari. Selain itu, citra Landsat 7 ETM juga dilengkapi dengan fasilitas penerima sistem posisi lokal (*Ground Positioning System / GPS Receiver*) untuk meningkatkan ketepatan letak satelit pada orbit sehingga dapat meningkatkan resolusi geometrik data citra yang dihasilkan (Purwadhi, 2001).

Dengan keunggulan yang dimilikinya, citra Landsat 7 ETM dapat dimanfaatkan untuk kajian kerentanan dan bahaya banjir. Dari citra Landsat 7 ETM, dapat diekstrak/ disadap beberapa parameter yang dibutuhkan dalam penentuan tingkat kerawanan banjir antara lain kemiringan lereng,

bentuklahan, penggunaan lahan, kelembaban tanah, drainase dan permeabilitas tanah. Berdasarkan hasil skoring parameter yang digunakan untuk penentuan tingkat kerawanan banjir, akan diperoleh kelas-kelas kerentanan banjir suatu daerah. Dari peta kelas kerentanan banjir yang diperoleh dari analisis citra Landsat 7 ETM tersebut, dapat dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui tingkat bahaya banjir suatu daerah. Tingkat bahaya banjir diperoleh dari hasil tumpang-susun peta kerentanan banjir dengan peta penggunaan lahan dari analisis citra Landsat 7 ETM yang memberikan informasi keberadaan manusia pada suatu penggunaan lahan tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai faktor penentu tingkat bahaya banjir. Semakin intensif keberadaan manusia pada penggunaan lahan tertentu, maka semakin meningkat tingkat bahaya banjir.

Dengan diketahuinya daerah-daerah yang rentan banjir dan daerah yang merupakan bahaya banjir, dapat ditentukan wilayah yang merupakan prioritas penanganan banjir. Penentuan wilayah prioritas penanganan banjir diperoleh dari peta bahaya banjir yang ditumpang-susunkan dengan data kepadatan penduduk. Daerah-daerah yang berkepadatan penduduk tinggi, merupakan daerah prioritas utama dalam penanganan banjir. Dengan diketahuinya wilayah yang merupakan prioritas penanganan banjir, akan dapat dilakukan penanganan secara tepat, sehingga akan dapat meminimalisir jumlah korban pada saat terjadi bencana banjir. Dengan demikian penentuan wilayah yang menjadi prioritas penanganan banjir ini menjadi penting, karena informasi tentang wilayah prioritas penanganan banjir sangat diperlukan dalam rangka kesiapsiagaan untuk menghadapi bencana. Walaupun bencana datang secara tiba-tiba dan tanpa disadari, tetapi pada hakekatnya bencana dapat dicegah dampaknya apabila melakukan upaya *disaster preparedness* / kesiapsiagaan bencana untuk mengurangi risiko yang timbul dalam bencana.

Penggunaan citra Landsat 7 ETM untuk kajian kerentanan dan bahaya banjir, serta penentuan wilayah prioritas penanganan banjir terbukti lebih efisien dalam hal waktu, tenaga, dan biaya yang dibutuhkan apabila dibandingkan dengan survei terestrial, dengan tingkat ketelitian yang dapat diterima.

Pengolahan data penginderaan jauh dapat didukung dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG), yang memiliki kemampuan dalam *input*, *editing* dan analisis data, baik data spasial (peta) maupun data atribut (tabuler) secara cepat dan akurat. SIG memiliki kemampuan analisis spasial, diantaranya adalah overlay, buffer, klasifikasi, penyuntingan untuk pemutakhiran data, interpolasi spasial, analisis network, dan sebagainya. Penggunaan SIG ini menjadi penting, khususnya dalam efisiensi tenaga dan waktu, dan dengan SIG, informasi yang dihasilkan akan lebih mudah dilihat dan dianalisis. Melalui integrasi antara penginderaan jauh dan SIG ini akan dapat diperoleh hasil analisis kerentanan dan bahaya banjir serta penentuan wilayah prioritas penanganan banjir secara optimal.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembahasan yang telah dikemukakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- (1). Citra Landsat 7 ETM dapat digunakan untuk kajian kerentanan dan bahaya banjir. Dari citra Landsat 7 ETM, dapat diekstrak/ disadap beberapa parameter yang dibutuhkan dalam penentuan tingkat kerentanan banjir antara lain kemiringan lereng, bentuklahan, penggunaan lahan, kelembaban tanah, drainase dan permeabilitas tanah. Berdasarkan hasil skoring parameter yang digunakan untuk penentuan tingkat kerentanan banjir, akan diperoleh kelas-kelas kerentanan banjir suatu daerah. Dari peta kelas kerentanan banjir yang diperoleh dari analisis citra Landsat 7 ETM tersebut, dapat dilakukan analisis tingkat bahaya banjir suatu daerah. Tingkat bahaya banjir diperoleh dari hasil tumpang-susun peta kerentanan banjir dengan peta penggunaan lahan dari analisis citra Landsat 7 ETM yang memberikan informasi keberadaan manusia pada suatu penggunaan lahan tertentu, sehingga dapat digunakan sebagai faktor penentu tingkat bahaya

banjir. Semakin intensif keberadaan manusia pada penggunaan lahan tertentu, maka semakin meningkat tingkat bahaya banjir.

- (2). Citra Landsat 7 ETM dapat digunakan untuk penentuan wilayah prioritas penanganan banjir. Dengan diketahuinya daerah-daerah yang rentan banjir dan daerah yang merupakan bahaya banjir, dapat ditentukan wilayah yang merupakan prioritas penanganan banjir, yang diperoleh dari tumpang-sun peta bahaya banjir dengan data kepadatan penduduk. Daerah-daerah yang berkepadatan penduduk tinggi, merupakan daerah prioritas utama dalam penanganan banjir. Dengan diketahuinya wilayah yang merupakan prioritas penanganan banjir, akan dapat dilakukan penanganan secara tepat, sehingga akan dapat meminimalisir jumlah korban pada saat terjadi bencana banjir. Dengan demikian penentuan wilayah yang menjadi prioritas penanganan banjir ini menjadi penting, karena informasi tentang wilayah prioritas penanganan banjir sangat diperlukan dalam rangka kesiapsiagaan untuk menghadapi bencana.
- (3). Penggunaan citra Landsat 7 ETM untuk kajian kerentanan dan bahaya banjir serta penentuan wilayah prioritas penanganan banjir, terbukti lebih efisien dalam hal waktu, tenaga, dan biaya yang dibutuhkan apabila dibandingkan dengan survei terestrial, dengan tingkat ketelitian yang dapat diterima. Dengan demikian penggunaan citra Landsat 7 ETM merupakan metode alternatif yang dapat digunakan untuk analisis kerentanan dan bahaya banjir serta penentuan wilayah prioritas penanganan banjir. Melalui integrasi antara penginderaan jauh dan SIG akan dapat diperoleh hasil analisis kerentanan dan bahaya banjir serta penentuan wilayah prioritas penanganan banjir secara optimal.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Burrough,P.A.,. 1987. *Principal of Geographic Information System for Land Resources Assessment*. Clarenson Press, Oxford.
- De Mers, Michael N. 1997. *Fundamentals of Geographic Information System*. New York, John Willey and Sons, Inc.**
- Danoedoro, Projo. 1996. *Pengolahan Citra Digital : Teori dan Aplikasi Dalam Bidang Penginderaan Jauh*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.**
- Dasanto, Bambang Dwi. 2001. Flood Suscepibility and Risk Analysis on Bojonegoro – Tuban – Lamongan Area, East Java Using Remote Sensing Technique *Thesis*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada**
- Dibiyosaputro, Suprpto. 1984. Flood Suscepibility and Hazard Survey of The Kudus – Prawata – Welahan Area, Central Java. :apran Penelitian. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada**
- Hartono. 1996. Penginderaan Jauh Satelit Sumberdaya Alam. *Diktat Kuliah*. Training Photo Interpretation, PUSPICS. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM – Bakosurtanal – Bangda.**

- Lillesand, T. And Kieffer. 2004. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Lembaga Penerbangan Dan Antariksa Nasional. 2003 . *Teknologi Penginderaan Jauh Dalam Pengelolaan Wilayah Pesisir Dan Lautan* . Jakarta : Pusat Pengembangan Pemanfaatan dan Tehnologi Penginderaan Jauh.
- Lo, CP. 1996. *Penginderaan Jauh Terapan*. Jakarta: Universitas Indonesia Press .
- Paine, David. 1992. *Fotografi Udara dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumberdaya*. Jogjakarta: Gadjah Mada University Press.
- Prahasta, Edy. 2001. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografi*. Jogjakarta: Andi.
- Purwadhi, Sri Hardiyanti, (2001). *Interpretasi Citra Digital*. Grasindo :Yogyakarta
- Sutanto. 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- _____. 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra Jilid 2*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.