

STUDI KERENTANAN BANJIR MELALUI PENDEKATAN GEOMORFOLOGI DI KECAMATAN MASARAN DAN SUKOHARJO, KABUPATEN SRAGEN

Agus Anggoro Sigit, Sutikno, dan Kuswaji Dwi Priyono

TINJAUAN GEOLOGI DAN SISITEM HIDROKARBON DI DAERAH KANGEAN - PAGERUNGAN KABUPATEN SUMENEP, PROPINSI DAERAH TINGKAT I JAWA TIMUR

Moch. Yohanes, P. Koesoemo

EVALUASI LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KAWASAN PARIWISATA ALAM PANTAI KABUPATEN JEMBRANA BALI DENGAN MEMANFAATKAN CITRA LANDSAT TM DAN FOTO UDARA PANKROMATIK HITAM PUTIH

Aprijanto, Sugiharto BS.

EVALUASI KESESUAIAN LAHAN HUTAN TANAMAN INDUSTRI DENGAN TEKNIK PENGINDRAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI

Mohamad Ichsan Setyowibowo, Hartono, dan Zainuddin Fananie

ARTI PENTING INFORMASI MORFODINAMIKA PANTAI PARANGTRITIS, PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA BAGI KEAMANAN PARA PENGUNJUNG

Suprpto Dibyosaputro

DAMPAK PERKEMBANGAN KOTA TERHADAP PERESAPAN AIR DALAM TANAH DI KOTA MALANG JAWA TIMUR

Siti Azizah

KAJIAN PROFIL MELINTANG SALURAN DAN LINGKUNGAN SUNGAI BRANTAS DI KOTA MALANG, JAWA TIMUR

Muhammad Amin Sunarhadi

Vol.14, No.2, Desember 2000

ISSN 085-2682



Pimpinan Redaksi	:	Drs. Suharjo, M.S.
Dewan Redaksi	:	Drs. Muhammad Musiyam, M.TP. Dra. Retno Woro Kaeksi Drs. Priyono, M.Si. Drs. Sugiharto Budi Santoso Drs. Yuli Priyana, M.Si.
Redaksi Ahli	:	Prof. Dr. Sudarmadji, M.Eng.Sc. Prof. Drs. H. Bintarto
Periode Terbit	:	Juli dan Desember
Terbit Pertama	:	Juli 1987

Forum Geografi diterbitkan sebagai media informasi dan forum pembahasan hasil penelitian bidang Geografi. Forum Geografi menerima naskah dalam bentuk hasil penelitian dan catatan penelitian dalam bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Naskah diketik dalam MS-Word, Font 12, (berekstensi Rich Text Format/RTF); spasi ganda; kertas kuarto; jumlah 15 halaman termasuk daftar pustaka dan lampiran serta dilampirkan disketnya.

Naskah disusun dengan urutan : 1) Judul artikel dalam Bahasa Inggris dan Bahasa Indonesia ; 2) Nama Penulis (lengkap dengan alamat rumah dan instansi); 3) Abstract ditulis dalam Bahasa Inggris; 4) Pendahuluan, mencakup perumusan masalah, mengapa hal tersebut diteliti, tinjauan pustaka, tujuan, dan manfaat penelitian; 5) Metode Penelitian; 6) Hasil dan Pembahasan; 7) Kesimpulan/saran dan rekomendasi tindak lanjut; 8) Ucapan terima kasih kepada sumber dana dan yang dianggap berperan; 9) Daftar Pustaka; 10) Lampiran

Alamat Redaksi :

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417
Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com

FORUM GEOGRAFI

Vol.14, No.2, Desember 2000

DAFTAR ISI

	Halaman
STUDI KERENTANAN BANJIR MELALUI PENDEKATAN GEOMORFOLOGI DI KECAMATAN MASARAN DAN SIDOHARJO, KABUPATEN SRAGEN <i>Oleh : Agus Anggoro Sigit, Sutikno, dan Kuswaji Dwi Priyono ...</i>	103 – 119
TINJAUAN GEOLOGI DAN SISTEM HIDROKARBON DI DAERAH KANGEAN – PAGERUNGAN KABUPATEN SUMENEP PROPINSI DAERAH TINGKAT I JAWA TIMUR <i>Oleh : Moch. Yohannes P. Koesoemo ...</i>	120 – 130
EVALUASI LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KAWASAN PARIWISATA ALAM PANTAI KABUPATEN JEMBRANA BALI DENGAN MEMANFAATKAN CITRA LANDSAT TM DAN FOTO UDARA PANKROMATIK HITAM PUTIH <i>Oleh : Aprijanto; Sugiharto BS ...</i>	131 – 146
EVALUASI KESESUAIAN LAHAN HUTAN TANAMAN INDUSTRI DENGAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI <i>Oleh : Mohamad Ichsan Setyowibowo, Hartono, dan Zainuddin Fanani ...</i>	147 – 163
ARTI PENTING INFORMASI MORFODINAMIKA PANTAI PARANGTRITIS, PROPINSI DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA BAGI KEAMANAN PARA PENGUNJUNG <i>Oleh: Suprpto Dibyosaputro ...</i>	164 – 175
DAMPAK PERKEMBANGAN KOTA TERHADAP PERESAPAN AIR DALAM TANAH DI KOTA MALANG JAWA TIMUR <i>Oleh : Siti Azizah ...</i>	176 – 196
KAJIAN PROFIL MELINTANG SALURAN DAN LINGKUNGAN SUNGAI BRANTAS DI KOTA MALANG, JAWA TIMUR <i>Oleh : Muhammad Amin Sunarhadi ...</i>	197 – 209

Diterbitkan oleh :

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
 Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417
 Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com

**STUDI KERENTANAN BANJIR MELALUI PENDEKATAN
GEOMORFOLOGI DI KECAMATAN MASARAN
DAN SIDOHARJO, KABUPATEN SRAGEN**

*(Flood Susceptibility Study with geomorphological approach in
Masaran and Sidoharjo District, Sragen Regency)*

Oleh :

Agus Anggoro Sigit, Kuswaji Dwi Priyono

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417

Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com

Sutikno

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Bulaksumur, Telp (0274) 902336, Telex : 25135 Yogyakarta

ABSTRACT

This flood study was performed in the area between Mungkung River and Bengawasn Solo River, in Masaran District and Sidoharjo, Sragen regency. Based on photographically landform mapping, with air photo interpretation, the studi area was divided into two origins formed areas, these are Fluvial origin (F) and Volkanic origin (V), wich are specified into seven landform. The studi result shows that flood target area enclose; Natural Levee (FNL), Flood Plain (FFdP), Lower Flood Plain (FPL) and Fluvio Plain (FP). Flood with two years rpetition period flood \pm 3.050 Ha (33,745 %) areas and two years less répétition period flood \pm 2.250 Ha (25,1)

Key words : Flood susceptibility

PENDAHULUAN

Banjir adalah bagian dari permasalahan lingkungan fisik di permukaan bumi yang dapat mengakibatkan kerugian. Banjir dapat diartikan sebagai suatu keadaan dimana air sungai melimpah, menggenangi daerah sekitarnya sampai kedalaman tertentu hingga menimbulkan kerugian.

Pada dasarnya, banjir di suatu daerah dipengaruhi oleh dua faktor pokok, yaitu curah hujan dan kondisi fisik/

geomorfologi daerah bersangkutan, seperti topografi dan kondisi saluran (pola saluran, kelancaran aliran dan gradien sungai). Faktor-faktor tersebut akan berpengaruh pada sifat-sifat banjir, seperti : keseringan, kedalaman dan luas genangan banjir.

Daerah penelitian meliputi dua wilayah kecamatan, yaitu Masaran dan Sidoharjo dengan luas sekitar 89,654 km². Lokasi daerah penelitian diapit oleh tiga sungai yang berpotensi menimbulkan

perluapan, yaitu: Bengawan Solo, Sungai Gropol dan Sungai Mungkung, sehingga menyebabkan beberapa wilayahnya menjadi sasaran banjir yang mengakibatkan kerugian, diantaranya adalah rusaknya lahan pertanian, gagal panen (puso) serta terhambatnya aktifitas hidup karena genangan air dan lumpur yang terendap.

Faktor-faktor banjir seperti curah hujan dan kondisi fisik daerah yang mendukung banjir, telah menjadi penyebab meluapnya ketiga sungai sebagaimana tersebut di atas terutama pada musim penghujan.

Bentuklah asal Fluvial dan banjir memiliki hubungan erat. Sebagian dari bentuklah di permukaan bumi terbentuk oleh proses banjir. Permasalahan yang muncul dalam hal ini adalah; bagaimanakah agihan unit bentuklah (landform) di daerah penelitian beserta karakteristiknya, terutama bentuklah bentuk banjir ?

Kajian geomorfologi terhadap perbedaan tingkat kerentanan banjir diwujudkan melalui cara membagi daerah penelitian menjadi beberapa unit bentuklah. Dalam hal ini permasalahan yang dapat dirumuskan adalah; bagaimanakah tingkat kerentanan banjir pada masing-masing unit bentuklah di daerah penelitian ?.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan menentukan daerah rentan banjir beserta tingkat kerentanan banjir daerah penelitian dengan pendekatan geomorfologi, melalui teknik interpretasi foto udara, didukung data-data hidrologis yang berkaitan sebagai penunjang analisis.

KERANGKA TEORI

Thornbury mengemukakan 10 konsep dasar (Fundamental concepts) geomorfologi, salah satunya menyebutkan, bahwa proses geomorfologi yang berlangsung pada masa lalu akan meninggalkan bekas yang masih dapat dikenali pada saat ini. Banjir yang terjadi pada masa lalu maupun kini akan meninggalkan bekas yang masih dapat dilacak berdasarkan material-material terendap di daerah sekitar sungai ataupun kenampakan lain sebagai petunjuk banjir. Hal ini dibuktikan dengan adanya unit bentuklah bentuk banjir yang dapat diidentifikasi melalui interpretasi foto udara dan penegasan lewat pengujian lapangan. Adapun data yang bersifat informatif didasarkan atas keterangan hasil wawancara dengan penduduk setempat.

Kenampakan visual bentuklah bentuk banjir umumnya datar hingga sedikit cekung. Daerah-daerah dataran yang dekat dengan sungai besar merupakan daerah-daerah rawan banjir apabila terjadi perluapan dari sungai yang ada.

METODOLOGI PENELITIAN

Data

- Data primer, meliputi; relief, kemiringan lereng, landform, morfometri saluran (kecepatan dan debit aliran serta kapasitas saluran), material penyusun medan, drainase tanah dan saluran, serta sifat-sifat banjir (kedalaman, keseringan, lama dan luas genangan, kecepatan banjir dan kerugian akibat banjir).
- Data sekunder, meliputi; curah hujan, debit maksimum tahunan, peta dan foto udara daerah penelitian.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode survei dan interpretasi foto udara serta analisis laboratorium. Adapun pengambilan sampel menggunakan metode stratified sampling dengan satuan bentuklahan sebagai stratanya.

Pengolahan Data

- Periode ulang banjir :

$$T_b = \frac{n + 1}{m}$$

dimana :

- T_b = periode ulang banjir
n = banyaknya data (debit)
m = rangking data

- Kapasitas saluran (Q_s)

$$Q_s = A \times V$$

$$V = \frac{R^{2/3} \times S^{1/2}}{n}$$

dimana :

- V = kecepatan aliran (Manning)
R = radius hidrolis
R = A/P

Dimana :

- A = luas penampang basah saluran
P = perimeter basah saluran
S = kemiringan garis energi/
gradien sungai
n = koefisien kekasaran saluran
(Ven te Chow: 1959)

- Debit maksimum (Q_{mak})

$$Q_{mak} = 11,3881 (H_{mak} - 0,33)^{2,938}$$

H_{mak} = tinggi muka air maksimum

- Perluapan

$$\text{Perluapan} = \text{debit maksimum (Q}_{mak}\text{)} - \text{kapasitas saluran (Q}_s\text{)}$$

- Volume air tumpah dan lama kejadiannya.

$$\text{Volume air tumpah} = \text{QDRO} - \text{Q}_s$$

Lama kejadian dihitung berdasar analisa hidrograf aliran, yaitu dengan menghitung jumlah jam kejadian hujan yang memiliki QDRO melebihi besar kapasitas saluran di tiap lokasi pengukuran kapasitas saluran.

Adapun untuk mempermudah pengolahan data hasil wawancara penduduk dari tiga variabel dasar klasifikasi banjir (kedalaman, keseringan dan lama genangan), maka dibuat klas-klas data tiap variabel (lihat Tabel 1) serta tabel frekuensi untuk mengetahui jawaban yang meyakinkan.

Tabel 1. Klas Data dari Tiga Variabel Dasar Klasifikasi Banjir

VARIABEL	KLAS	RANGE
(1)	(2)	(3)
Keseringan	I	Minimal 1x setahun
	II	1x tiap 1 - 2 tahun
	III	1x tiap > 2 tahun
Kedalaman	I	> 1,0 meter
	II	0,5 - 1,0 meter
	III	< 0,5 meter
Lama genangan	I	> 2,0 minggu
	II	1,0 - 2,0 minggu
	III	< 1,0 minggu

Sumber : Sutikno (1982) dan Suprpto Dibyosaputro (1984) dengan perubahan

Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis sintetik, yaitu mensintesis data yang telah diolah, sehingga tujuan penelitian dapat dicapai. Garis besar analisis data dalam hal ini adalah sebagai berikut : dari penafsiran foto udara dan cek lapangan diperoleh data tentang unit bentuklahan. Berdasarkan bentuklahan yang ada, maka diketahui bentuklahan bentukan banjir,

dan dengan kerja lapangan disertai wawancara penduduk diketahui unit-unit landform (bentuk-lahan) rentan banjir. Akhirnya, berdasarkan sifat-sifat banjir yang ada didukung dengan analisis hidrograf banjir dan volume air tumpah dari sumber-sumber perluapan utama, maka unit-unit landform tersebut dapat diklasifikasikan kerentanan banjirnya. Klasifikasi banjir dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2

Tabel 2. Klasifikasi Kerentanan Banjir di Daerah Penelitian

KLAS KERENTANAN	KESERINGAN	KEDALAMAN (meter)	LAMA GENANG (minggu)
(1)	(2)	(3)	(4)
Sangat mudah banjir (S1)	Minimal 1 x Tiap setahun	> 1	> 2
Mudah banjir (S2)	1 x tiap 1 hingga 2 tahun	0,5 - 1,0	1 - 2
Sukar banjir (S3)	1 x tiap > 2 tahun	< 0,5	< 1
Tidak pernah Banjir (N)	-	-	-

Sumber : Sutikno (1982) dan Suprpto Dibyosaputro (1984) dengan Perubahan

KONDISI FISIK DAERAH PENELITIAN

Daerah penelitian terletak antara $7^{\circ} 22' 24''$ LS – $7^{\circ} 31' 23''$ LS dan $110^{\circ} 53' 25''$ BT – $110^{\circ} 59' 43''$ BT, meliputi daerah seluas 89,654 km². Berdasarkan klasifikasi Koppen, iklim daerah penelitian termasuk dalam tipe Am, dengan tipe curah hujan C (agak basah), karena memiliki nilai Q sebesar 42,5 %. Genetika batuan di daerah penelitian berdasarkan Peta Geologi Lembar Surakarta, skala 1 : 100.000, didukung dengan pengamatan lapangan diketahui berupa endapan alluvial (aluvium) dan batuan vulkanik.

Daerah penelitian yang bertopografi datar hingga berbukit berkemiringan lereng antara 0 – 19 % dengan elevasi titik tertinggi 200 m dan terendah 73 m dpal. Adapun proses geomorfologi yang berlangsung adalah pelapukan, erosi dan pengendapan. Jenis tanah di daerah penelitian terdiri dari dua jenis, yaitu: tanah Aluvial dan tanah Grumusol, dengan penggunaan lahan didominasi oleh persawahan dan permukiman.

Bentuklahan Daerah Penelitian

Bentuklahan daerah penelitian dibedakan menjadi dua bentuk asal, yaitu Fluvial dan Vulkanik, dengan rincian sebagai berikut: (1). Bentuk asal Fluvial (F) meliputi; Tanggul Alam (FNL), Dataran Banjir (FFdP), Dataran Fluvial

Bawah (FPL) dan Dataran Fluvial Atas (FPU); (2). Bentuk asal Vulkanik (V) meliputi; Dataran Fluvial Vulkanik (VFP), Dataran Kaki Vulkanik (VFtP) dan Lereng Bawah Volkan Tertoreh (VLS).

Distribusi Lateral Ukuran Butir Material Daerah Genangan

Bentuklahan bentuk banjir secara alami mengandung material hasil endapan banjir. Asas transportasi normal menyatakan, bahwa semakin jauh dari sumber perluapan/ pengendapan, maka ukuran butir material terendap semakin halus. Hasil analisa laboratorium ukuran butir tanah yang diambil secara tegak lurus menjauh tebing sungai menunjukkan pola tersebut. Hal ini sekaligus memperkuat data tentang jangkauan banjir.

Karakteristik Hidrologi Kaitannya dengan Banjir di Daerah Penelitian

Prediksi besarnya volume air tumpah berikut lama kejadiannya di setiap lokasi pengukuran kapasitas saluran untuk masing-masing sumber perluapan merupakan prediksi hidrologis terakhir dalam analisis kerentanan banjir dalam penelitian ini. Sebagai contoh diskripsi kuantitatif tentang prediksi tersebut dapat dilihat pada Tabel : 3, 4, 5, 6 dan 7 berikut ini.

Selanjutnya untuk mengetahui secara sederhana apakah terjadi perluapan dari sungai yang bersangkutan diperlukan

Tabel 3. Data Morfometri Kapasitas Saluran di Sungai Grompol

NO	MORFOMETRI	SATUAN	LOKASI PENGUKURAN KAPASITAS SALURAN		
			I	II	III
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	Lebar saluran	m	09,50	10,10	11,40
2	Kedalaman saluran	m	03,30	02,55	02,75
3	Perimeter basah (P)	m	15,50	15,20	16,90
4	Luas penampang (A)	m ²	28,50	05,74	31,35
5	Beda tinggi seksi (H)	m	00,75	00,30	00,35
6	Panjang seksi (L)	m	40,00	30,00	30,0
7	Koefisien kekasaran Saluran (n)	-	0,045	0,045	0,045
8	Radius hidrolis (R)	m	01,8387	1,6944	1,8550
9	Kecepatan aliran (V)	m ² /dt	04,567	03,1573	03,63
10	Kapasitas saluran (Qs)	m ³ /dt	130,16	81,316	113,80

Sumber : Hasil pengukuran dan perhitungan

data debit, dalam hal ini adalah data debit maksimum tahunan. Tabel 4 berikut adalah data debit maksimum tahunan Sungai Grompol yang dikalkulasikan berdasarkan TMA di SPAS Grompol yang didata oleh DPU bidang hidrologi Kabupaten Sragen pada tahun 1983 – 1989.

Berdasarkan data debit maksimum tersebut maka dapat dilihat, bahwa Sungai Grompol mengalami perluasan tiap tahun dari tahun 1983 – 1989, terbukti dengan besarnya debit maksimum tahunan melebihi kapasitas saluran pada tiap lokasi pengukuran.

Tabel 4. Debit Maksimum Tahunan Aliran Sungai Grompol Tahun 1983 – 198

NO	TAHUN	TMA Maks. (m)	Q Maks. = $11,3881 (h - 0,33)^{2,22938}$ (m ³ /dt)
(1)	(2)	(3)	(4)
1	1983	3,44	154
2	1984	3,89	210
3	1985	4,10	39
4	1986	3,74	190
5	1987	3,46	156
6	1988	4,06	236
7	1989	3,40	149

Sumber : Kantor DPU bidang Hidrologi Kabupaten Sragen

Tabel 5. Hidrograf Aliran Sungai Grompol, Tanggal 21 – 22 Pebruari 1984

TANGGAL	WAKTU (jam)	TMA (m)	Q (m ³ /dt)	QBF (m ³ /dt)	QDRO (m ³ /dt)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
21-2-1984	10.00	1,2	8,3	-	-
	11.00	1,17	7,6	-	-
	12.00	1,1	6,25	-	-
	13.00	1,0	4,54	4,54	0,0
	14.00	1,1	6,25	4,775	1,475
	15.00	1,29	10,9	5,01	5,89
	16.00	1,39	59,7	5,245	54,455
	17.00	2,97	105,6	5,48	100,12
	18.00	3,43	152,5	5,715	146,785
	19.00	3,89	209,6	5,95	203,65
	20.00	3,39	148,1	6,185	141,915
	21.00	2,89	98,4	6,4	91,98
	22.00	2,29	59,7	6,655	53,045
	23.00	2,09	41,6	6,89	34,71
	24.00	1,89	31,6	7,125	4,475
22-2-1984	01.00	1,69	23,0	7,36	15,64
	02.00	1,49	16,0	7,595	8,405
	03.00	1,37	12,5	7,83	4,67
	04.00	1,29	10,4	8,065	2,335
	05.00	1,20	8,3	8,30	0,0
	06.00	1,17	7,6	-	-
	07.00	1,15	7,2	-	-
	08.00	1,1	6,6	-	-
	09.00	1,05	5,4	-	-
	10.00	0,95	3,8	-	-
	11.00	0,89	3,0	-	-
	12.00	0,90	3,1	-	-
	13.00	0,90	3,1	-	-
	14.00	0,89	3,0	-	-

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 6. Besar Volume Air Tumpah dari Sungai Grompol Beserta Lama Kejadian Di tiap Lokasi Pengukuran Kapasitas Saluran

NO	QDRO (m ³ /dt)	SELISIH DEBIT DI TIAP LOKASI PENGUKURAN KAPASITAS SALURAN		
		I	II	III
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
13.00	0,0	-	-	-
14.00	1,475	-	-	-
15.00	5,89	-	-	-
16.00	54,455	-	-	-
17.00	100,1	-	-	-
18.00	146,785	16,185	18,804	32,985
19.00	203,65	73,05	65,469	89,85
20.00	141,915	11,315	122,334	28,115
21.00	91,98	-	60,599	-
22.00	53,045	-	10,664	-
23.00	34,71	-	-	-
24.00	24,475	-	-	-
01.00	15,64	-	-	-
02.00	8,405	-	-	-
03.00	4,67	-	-	-
04.00	2,335	-	-	-
05.00	0,0	-	-	-
JUMLAH		100,55	277,87	150,95
Lama kejadian (jam)		3	5	3
Volume air tumpah (m ³)		361.980	1.000.332,2	543.420

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 7. Karakteristik Perluapan dari Tiga Sumber Perluapan di Daerah Penelitian Terutama pada Lokasi-Lokasi Pengukuran Kapasitas Saluran

NO	SUMBER PERLUAPAN DAN PARAMETERNYA	LOKASI PENGUKURAN KAPASITAS SALURAN		
		I	II	III
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Sungai Grompol	UBL (FVP)	UBL (FFdP ₁)	UBL (FNL ₁)
	a. Kapasitas saluran (m ³ /dt)	130,16	81,316	113,8
	b. Debit maksimum Th. 1984 (m ³ /dt)	210,0	210,0	210,0
	c. Perluapan (m ³ /dt)	78,80	128,70	96,20
2	Sungai Bengawan Solo	UBL (FNL ₁)	UBL (FNL ₂)	UBL (FNL ₂)
	a. Kapasitas saluran (m ³ /dt)	958,18	596,50	665,54
	b. Debit maksimum Th. 1984 (m ³ /dt)	1180,0	1180,0	1180,0
	c. Perluapan (m ³ /dt)	221,82	583,48	514,46
3	Sungai Mungkung	UBL (FVP)	UBL (FFdP ₂)	UBL (FNL ₂)
	a. Kapasitas saluran (m ³ /dt)	02,16	112,316	137,21
	b. Debit maksimum Th. 1984 (m ³ /dt)	290,0	290,0	290,0
	c. Perluapan	87,80	177,70	152,80

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan : (c) = (b) - (a)

Tabel 8. Karakteristik Air Tumpah Pada Tiap Lokasi Pengukuran Kapasitas Saluran dari Masing-masing Sumber Perluapan

No	Sumber Perluapan Dan Parameter Prediksi Air Tumpah	Lokasi Pengukuran Kapasitas Saluran		
		I	II	III
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Sungai Gropol	UBL (FVP)	UBL (FFdP ₁)	UBL (FNL ₁)
	a. Jumlah aliran langsung /QDRO yang melampaui kapasitas saluran (m ³ /dt)	100,55	77,87	150,95
	b. Lama kejadian (jam)	3	5	3
	c. Volume air tumpah (m ³)	361.980	1.000.332,	543.40
2	Sungai Bengawan Solo	UBL (FNL ₁)	UBL (FNL ₂)	UBL (FNL ₂)
	a. Jumlah aliran langsung /QDRO yang melampaui kapasitas saluran (m ³ /dt)	153,448	1.022,262	815,726
	b. Lama kejadian (jam)	1	3	3
	c. Volume air tumpah (m ³)	552.41,8	3.680.143,2	2.936.613,6
3	Sungai Mungkung	UBL (FVP)	UBL (FFdP ₂)	UBL (FNL ₂)
	a. Jumlah aliran langsung /QDRO yang melampaui kapasitas saluran (m ³ /dt)	150,52	490,776	391,22
	b. Lama kejadian (jam)	3	4	4
	c. Volume air tumpah (m ³)	541.87	1.766.793,6	1.408.392

Sumber : Hasil perhitungan

Keterangan : (c) = (a) x [(b) dalam dt]

Adapun untuk mengetahui lebih rinci tentang karakteristik perluapan yang terjadi, maka diperlukan data aliran untuk keperluan analisis hidrograf banjir dari sungai yang bersangkutan, sehingga dapat diketahui berapa besar volume air yang tumpah berikut lama kejadiannya. Tabel 5 dan 6 berikut ini masing-masing menunjukkan hidrograf banjir dan prediksi air tumpah selama kejadian banjir dari Sungai Grompol pada tanggal 21 hingga 22 Pebruari 1984, berdasarkan data TMA SPAS Grompol tahun 1984.

Untuk dapat mengetahui berapa besarnya volume air tumpah selama kejadian banjir, maka data debit aliran langsung (QDRO) perlu diformulasikan dengan data kapasitas saluran pada tiap lokasi pengukuran (lihat Tabel 6).

Untuk memperoleh gambaran lebih lengkap tentang Karakteristik hidrologi dari ketiga sumber perluapan yang ada di daerah penelitian, kaitannya dengan banjir yang terjadi, maka dibuat matrik karakteristik perluapan dan air tumpah, masing-masing pada Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7 dan 8, menunjukkan bahwa berdasarkan perhitungan data hidrologis yang ada, banjir benar-benar terjadi di daerah penelitian. Dari kedua tabel tersebut dapat dilihat dengan jelas, bahwa data banjir secara kuantitatif berkaitan cukup nyata dengan karakteristik permukaan lahan, dalam hal ini adalah landform (bentuklahan). Hal tersebut ditunjukkan oleh hubungan kuantitas datanya dengan satuan unit bentuklahan pada tiap lokasi

pengukuran kapasitas saluran. Secara umum perluapan pada lokasi pengukuran kapasitas saluran yang berada pada unit bentuklahan dataran banjir (FFdP) cenderung lebih besar dibanding daerah lain, begitu pula dengan kuantitas volume air tumpahnya. Selanjutnya apabila diamati dan dibandingkan secara seksama, ternyata ada perbedaan kuantitas data yang nyata antara tempat satu satuan bentuklahan yang sama, yaitu : (FFdP1 = Dataran Banjir bagian selatan /bagian hulu Bengawan Solo; FFdP2 = Dataran Banjir bagian utara/bagian hilir Bengawan Solo) dan (FNL1 = Tanggul Alam bagian selatan/bagian hulu Bengawan Solo; FNL2 = Tanggul Alam bagian utara/bagian hilir Bengawan Solo).

ANALISIS KERENTANAN BANJIR DAERAH PENELITIAN

Analisis geomorfologi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah analisis sintetik integratif. Penelitian ini menggunakan satuan bentuklahan sebagai dasar pendekatan dalam mengkaji kerentanan banjir di daerah penelitian. Aspek-aspek yang dikaji untuk selanjutnya digabungkan meliputi; satuan bentuklahan beserta karakteristiknya, karakteristik banjir pada tiap satuan bentuklahan, drainase (tanah dan saluran), penggunaan lahan sekaligus kelas kerentanan banjirnya, dengan demikian kerentanan banjir daerah penelitian dapat diketahui dan dapat dipetakan ke dalam Peta Kerentanan Banjir daerah Penelitian. Tabel 9 berikut, menunjukkan matrik secara sederhana tentang penggabungan aspek-aspek tersebut.

Tabel 9. Penggabungan Karakteristik Bentuklahan dan Karakteristik Banjir serta Aspek-Aspek Terkait dengan Kerentanan Banjir di daerah Penelitian

UBL	KARAKTERISTIK UBL	KARAKTERISTIK BANJIR	PENGUNAAN LAHAN	DRAINASE		KELAS KERENTANAN BANJIR
				TANAH	SALURAN	
FNL	Lereng : 3-8%; proses : erosi tebing dan pengendapan; material penyusun : endapan aluvial berupa pasir seragam dan lempung	FNL 1= (s) : 1x dalam waktu > 2 tahun; (d): < 0,50 m; (lm): < 1 minggu; (ls): ±350 Ha; (sp): Bengawan Solo; (c): agak lambat; (r): ringan	Permukiman	Baik	Sangat jarang	Sukar terlenda banjir (S3)
		FNL 2= (s): minimal 1x setahun; (d): 0,50-1,0 m; (lm): 1-2 minggu; (ls): ±375 Ha; (sp): Bengawan Solo; (c): agak cepat; (r): perabotan rumah	Permukiman	Baik	Jarang	Mudah terlenda banjir (S2)
FFdP	Lereng : 0-3%; proses : pengendapan; material penyusun : endapan aluvial berupa pasir, lempung dan lanau	FFdP 1= (s): minimal 1x setahun; (d): 0,50-1,0 m; (lm): 1-2 minggu; (ls): ±950 Ha; (sp): Sungai Gropol dan Bengawan Solo; (c): agak cepat; (r): merusak tanaman (padi)	Sawah dan permukiman	Kurang baik	Agak rapat	Mudah terlenda banjir (S2)

Lanjutan Tabel 9

		FFdP2= (s): minimal 1x setahun; (d): >1,0 m; (lm): 1-2 minggu; (ls): ±775 Ha; (sp): Sungai Bengawan Solo dan Sungai Mungkung; (c): relatif cepat; (r): ternak, tanaman, dan perabotan rumah	Sawah dan sebagian kecil permukiman	Jelek	Sangat jarang	Sangat mudah terlanda banjir (S1)
FPL	Lereng : 3-5%; proses : pengendapan ringan dan erosi permukaan; material penyusun : lempung	FPL= (s): 1x dalam waktu >2 tahun; (d): < 0,50 m; (lm): < 1 minggu; (ls): ±425 Ha; (sp): Sungai Bengawan Solo dan Sungai Mungkung; (c): lambat; (r): ringan	Tegalan	Kurang baik	-	Sukar terlanda banjir (S3)
FPU	Lereng : 3-8%; proses : erosi permukaan dan erosi alur (ringan); material penyusun : lempung pejal dan pasir	-	Permukiman dan tegalan	Baik	Jarang	Bebas banjir (N)
VFP	Lereng : 3-8%; proses : erosi permukaan dan erosi alur; material penyusun : endapan pasir dan gravel (kerikil dan sedikit kerakal)	VFP= (s): minimal 1x setahun; (d): 0,50-1,0 m; (lm): < 1 minggu; (ls): ±150 Ha; (sp): Sungai Grompol; (c): lambat; (r): ringan	Permukiman dan sawah	Baik	Jarang	Sukar terlanda banjir (S3)
VFIP	Lereng : 3-8% dan 8 – 15%; proses : erosi permukaan alur dan pengendapan; material penyusun : endapan pasir dan gravel (kerikil dan kerakal)	-	Permukiman dan sawah	Baik	Jarang	Bebas banjir (N)

Lanjutan Tabel 9

VLS	Lereng : 8-15% dan 15-30%; proses : erosi parit, alur, permukaan dan pelapukan; material penyusun : pasir, gravel (kerikil dan kerakal) dan bongkah	-	Permukiman sawah tadah hujan dan tegalan	Sangat baik	Agak rapat	Bebas banjir (N)
-----	---	---	--	-------------	------------	------------------

Sumber : pengukuran dan pengamatan lapangan serta hasil wawancara penduduk, (Agus Anggoro Sigit, 1994)

Keterangan =

UBL : Unit bentuklahan

Karakteristik banjir = (s) : keseringan
 (ls) : luas genangan
 (r) : kerugian

VFP : Sebagian daerah pada unit bentuklahan VFP
 (d) : kedalaman
 (sp) : sumber penyebab
 (lm) : lama genangan
 (c) : kecepatan

Berdasarkan atas penggabungan data secara sintetik tersebut, maka diketahui agihan kelas kerentanan banjir daerah penelitian serta diketahui pula ada tidaknya perbedaan kelas kerentanan banjir dalam satu satuan bentuklahan (lihat kembali Tabel 7 dan 8). Mendasarkan hal tersebut, maka diketahui bahwa di daerah penelitian terdapat perbedaan kelas kerentanan banjir dalam satu satuan bentuklahan, yaitu: Tanggul Alam dan Dataran Banjir, masing-masing di bagian hulu dan hilir Bengawan Solo. Hal ini dimungkinkan terjadi karena faktor perbedaan ketinggian tempat antara dua tempat tersebut.

Perbedaan ketinggian tempat tersebut berpengaruh terhadap karakteristik banjir yang terjadi, terutama keseringan, kedalaman dan lama genangan, sehingga wajar apabila nilai kriteria karakteristik banjir di daerah bagian sebelah utara (hilir) lebih tinggi jika dibanding dengan sebelah selatan (hulu). Oleh karena perbedaan yang nyata tersebut, maka nilai kriteria karakteristik banjirnya tidak dapat dirataratakan dan kelas kerentanan banjirnya tidak dapat disamakan, walaupun berada pada satu satuan bentuklahan yang sama.

Pada sebagian daerah satuan bentuklahan Dataran Fluvio Vulkanik (VFP) yang menjadi sasaran banjir, ketiga karakteristik banjir di atas memiliki kelas karakteristik banjir yang berlainan satu sama lain. Keseringan banjirnya termasuk kelas I, kedalaman banjir masuk kelas II

dan lama genangannya termasuk kelas III. Keseringan kelas I (minimal sekali setahun) itu terjadi tidak terlepas dari pengaruh perluasan Sungai Grompol yang terjadi tiap tahun. Kedalaman kelas II (0,50 sampai 1,0 meter) dipengaruhi oleh kedudukannya terhadap permukaan air laut yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sebagian daerah Dataran Fluvio Vulkanik yang lain. Adapun lama genangan kelas III (< satu minggu), dimungkinkan terpengaruh oleh menyusutnya genangan air manakala genangan pada Dataran Banjir sebelah selatan menyusut. Pada saat genangan air di daerah VFP yang terlanda banjir tersebut mereda, Dataran Banjir sebelah selatan masih tergenang air, sehingga walaupun kedalaman banjirnya sama antara VFP dan FFdP₁, namun lama genangannya berbeda.

Keadaan sebagaimana yang terdapat pada sebagian daerah Dataran Fluvio Vulkanik yang rentan banjir tersebut memang sulit untuk ditentukan kelas kerentanan banjirnya, sebab kelas karakteristik banjirnya berbeda satu sama lain. Oleh karena itu, maka untuk menentukan kelas kerentanannya digunakan karakteristik banjir yang lain sebagai dasar pertimbangannya, misalnya kecepatan banjir, kerugian banjir, luas genangan dan lain sebagainya.

Berdasarkan atas kenyataan tersebut di atas didukung oleh data hasil perhitungan hidrologis yang ada, maka diperoleh beberapa hal yang mengisyaratkan adanya perbedaan

kerentanan banjir di daerah penelitian, yaitu :

- a. Kecenderungan sifat banjir yang mengarah pada tingkat kerentanan lebih tinggi terjadi di bagian sebelah utara (hilir) daerah penelitian, yaitu di wilayah Kecamatan Sidoharjo.
- b. Kecenderungan sifat banjir yang mengarah pada tingkat kerentanan lebih tinggi, berada pada unit bentuklahan Dataran Banjir (FFdP). Perhitungan volume air tumpah pada lokasi pengukuran kapasitas saluran (Qs) II pada Sungai Grompol maupun Sungai Mungkung adalah yang pal-

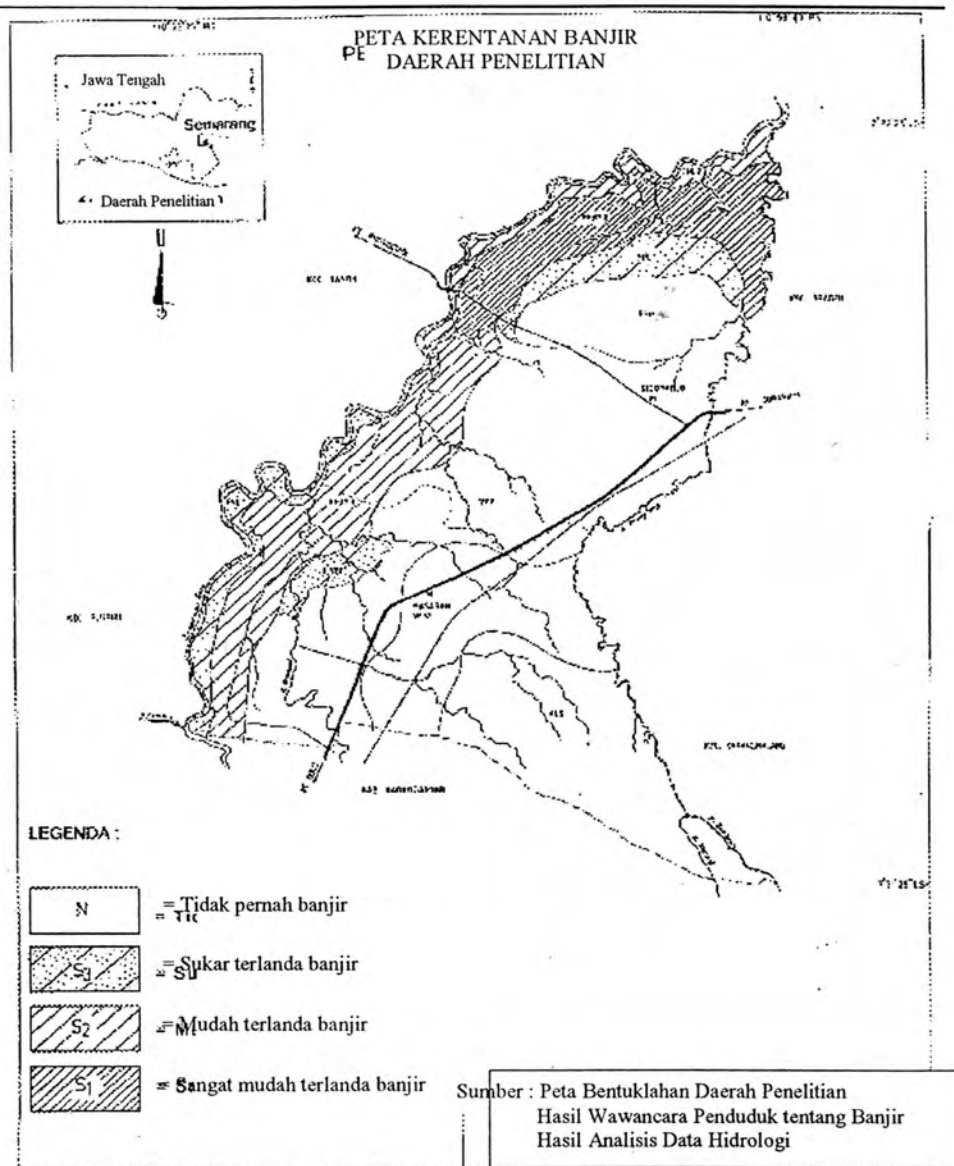
ing besar dan paling lama waktu kejadiannya dan keduanya sama-sama berada pada unit bentuklahan dataran banjir.

KESIMPULAN

1. Kerentanan banjir di daerah terlanda banjir dapat dikaji melalui pendekatan geomorfologi menda-sarkan pada agihan unit ben-tuklahan.
2. Dalam satu satuan bentuklahan rentan banjir, akan cenderung memiliki kerentanan banjir yang sama, namun faktor ketinggian tempat yang berbeda dapat mempengaruhi karakteristik dan kerentanan banjirnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir Sitepu, 1984. *Studi Geomorfologi terhadap Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Banjir Sungai Dengkeng dan Sasaran Penggenangannya di Kabupaten Klaten dan Sekitarnya*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Chow, VT et al. 1959. *Applied Hydrology*. New York : McGraw-Hill Book Co.
- Desaunettes, J.R. 1977. *Catalogue of Landform for Indonesia*. Prepared for The Land Capability Appraisal Project at The Soil. Research Institute. Bogor : Indonesia.
- Imam Subarkah. 1980. *Hidrologi Untuk Bangunan Air*. Bandung : Idea.
- Oya Masahiko. 1976. *A Geomorphological Survey Map of Mekong River Basin*. Waseda University.
- Worcestur, Philip G. 1984. *A Textbook of Geomorphology*. USA : University of Colorado.
- Suprpto Dibyo Saputro. 1984. *Flood Susceptibility and Hazard Survey of The Kudus-Prawata-Welahan Area Central Java Indonesia*. The Netherland : ITC.
- Sutikno. 1982. *Aplikasi Geomorfologi dalam Penentuan Daerah yang Sering Terlanda Banjir pada Muara Progo*. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.
- Thornbury, William D. 1954. *Principles of Geomorphology*. Department of Geology Indiana University.
- Verstappen. H.Th. 1977. *Remote Sensing in Geomorphology*. Amsterdam Elsevier Science Publishing.



**TINJAUAN GEOLOGI DAN SISTEM HIDROKARBON DI DAERAH
KANGEAN – PAGERUNGAN KABUPATEN SUMENEP PROPINSI
DAERAH TINGKAT I JAWA TIMUR**

*(The Perspective of Geology and Hydrocarbon System in Kangean – Pagerungan –
Sumenep East Java)*

Oleh :

Moch. Yohannes P. Koesoemo

Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi , Cepu, Jawa Tengah

ABSTRACT

The finding of oil and natural gas in Kangean – Pagerungan is evidence that the hydrocarbon system in that area has been fulfilled. The main framework of the structure of Kangean – Pagerungan from north to south is north platform (carbon platform), the height center and south basin. Each of those three elements of geological structure framework is separated by fault (sesar) which is known as Sakala fault. The thickness of sedimentary rocks in that area is more than 3000 m, the oldest one attains the age of Paleosen and the youngest attains that that of kwarter, the sequence of the formation structure from the old to the young is Pre-Ngimbang-Ngimbang-Kujung-Cepu-Mundu-and lidah formation. Ngimbang formation of klastic rocks is precipitated by the process of sedimentation environment of land (river) to that of transition (delta) which is potential to be a bedrock, after it has been buried in the depth of more than 3000 m, and processed by the nature at the temperature level 107°-111°, oil and natural gas has been formed then it migrates through fault zone and goes into carbonate reservoir rock from the younger formation and sand reservoir from Ngimbang formation. In general it is a stratigraphy trap (coral reef and sand lens) and its caprocks are clay rocks which cover it.

Key words : Geology and hydrocarbon

PENDAHULUAN

1. Potensi alam yang ada di Jawa Timur, khususnya potensi migas adalah cukup besar, baik di daratan maupun di lepas pantai.
2. Lapangan gas bumi yang di-temukan di daerah Pagerungan – Kangean adalah sangat menunjang adanya program Pemda Jawa Timur dalam memasyarakatkan penggunaan BBG (bahan bakar gas).

3. Yang menjadi permasalahan adalah bagaimana sistem hidrokarbon yang ada di daerah tersebut

MAKSUD DAN TUJUAN

Yang menjadi maksud dan tujuan penulisan ini adalah untuk memberikan masukan kepada Pemda Jawa Timur, mengenai kondisi geologi dan keberadaan hidrokarbon di daerah Kangean, selain itu data geologi tersebut juga merupakan sarana diklat yang penting bagi PPT Migas Cepu.

Lokasi Daerah Penelitian

Lokasi daerah penelitian adalah meliputi seluruh wilayah kerja ARBNI / ARCO, yang merupakan wilayah Kepulauan di bagian timur Kabupaten Sumenep (Madura bagian timur), meliputi pulau-pulau Kangean, Paliat, Pagerungan, Sakala, Karang Takat, Kemiri, Pulau Sepanjang.

Secara geografis terletak antara garis bujur timur $115^{\circ}.00 - 116^{\circ}.30$ dan antara garis lintang selatan $06^{\circ}.30 - 07^{\circ}.30$ daerah ini bisa dicapai dengan kendaraan pesawat kecil (Sky fan) dari Pelabuhan Udara Juanda Surabaya langsung ke Pelabuhan Udara di Pulau Pagerungan, dengan waktu tempuh 90 menit (gambar-1).



Gambar-1. Lokasi Daerah Penelitian

GEOLOGI REGIONAL

Tektonik Regional

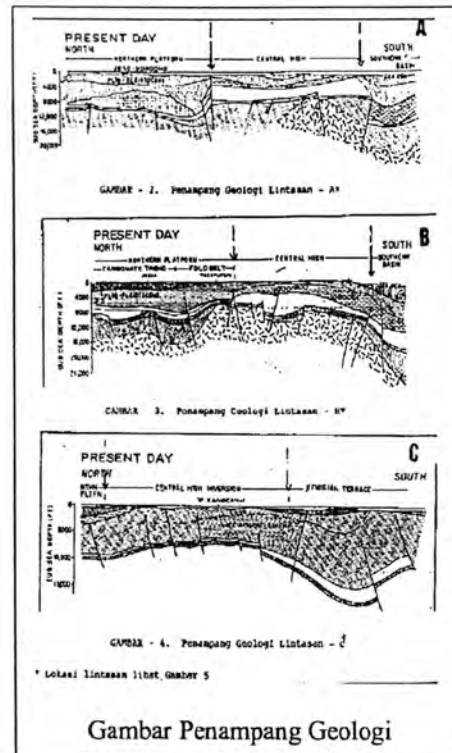
Perkembangan tektonik daerah Kangean dapat diikuti sejak Jaman Eosen Tengah sampai sekarang (gambar- 2).

Pada Jaman Eosen Tengah sampai Eosen Akhir (40 – 36,5 juta tahun yang telah lalu) daerah Kangean – Pagerungan mengalami tektonik regangan, yang ditandai dengan adanya sesar-sesar normal pada batuan dasar dan adanya struktur tinggian dan rendahan. Sedimen yang berumur Eosen – Oligosen yang diendapkan di atas batuan dasar tersebut juga ikut tersesarkan oleh sesar-sesar normal yang ada.

Stratigrafi Regional

Secara stratigrafi daerah Kangean – Pagerungan dari utara ke selatan dapat dibagi menjadi tiga zona yaitu : Zona Platform Utara (*Northern Platform*), Zona Tinggian Tengah (*Central High*) dan Zona Cekungan Selatan (*Southern Basin*), gambar-2 (Penampang Geologi A), gambar-3 (Penampang Geologi B), dan gambar-4 (Penampang Geologi C), gambar-5 Lokasi Panampang Geologi A, B, dan C.

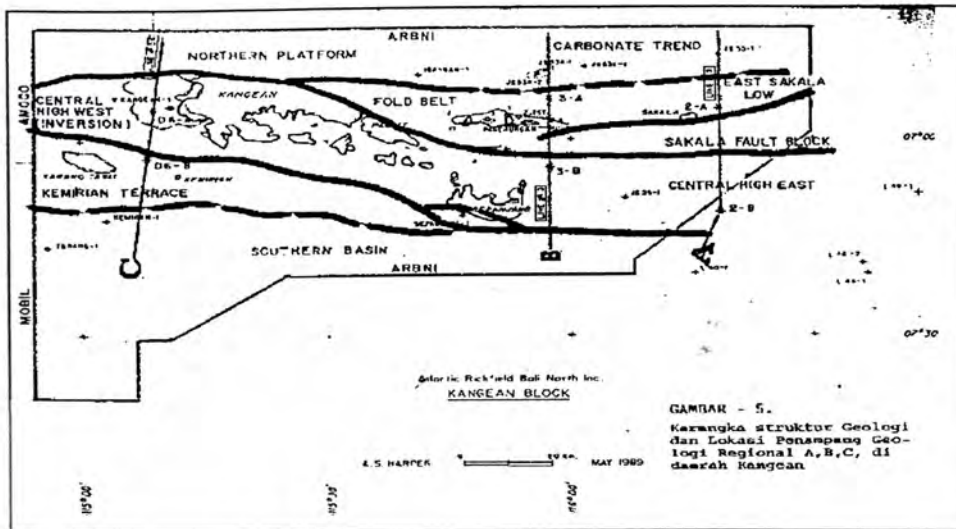
Batuan sedimen yang tertua berumur Paleosen – Eosen awal ditandai dengan pengendapan Formasi PreNgimbang yang disusun oleh litologi batulempung dengan sisipan batubara muda, gambar-6 merupakan endapan darat-lagoon, dan terletak tidak selaras diatas batuan dasar yang berumur Kapur Akhir yang disusun oleh batuan Melange dan Metasedimen. Bidang ketidakselarasan ini merupakan batas sikuen 65 juta tahun yang lalu. Secara berturut-turut dari tua ke muda di atas batuan dasar diendapkan formasi-formasi sebagai berikut : Formasi Pre Ngimbang dan Ngimbang (berumur Eosen), Kujung (berumur Oligosen), Formasi Cepu (J.R. Davies, 1989) yang berumur Miosen yang terdiri dari tiga anggota yaitu anggota Prupuh atas, anggota Batugamping Rancak Bawah, dan anggota Batugamping Rancak Atas. Pada Jaman Pliosen diendapkan Formasi Mundu dengan anggota Batu-gamping Paciran, dan yang paling muda yaitu formasi Lidah dengan litologi batugamping dan batulempung.



GEOLOGI DAERAH PENELITIAN

Stratigrafi

Perkembangan tektonik secara regional sejak Jaman Paleosen sampai sekarang telah menghasilkan kenampakan Mandala Sedimentasi yang dikontrol oleh struktur geologi yang unik di daerah pegunungan tersebut, di mana bagian selatan daerah penelitian dikenal dengan Cekungan Selatan, bagian tengah disebut sebagai Tinggian Tengah dan bagian utara disebut sebagai Platform utara (gambar-6, J.R. Davies, 1989).



Stratigrafi Cekungan Selatan dan Tinggian Tengah hampir sama, sedangkan di Platform utara terumbu batugamping berkembang menerus mulai Oligosen awal sampai kwarter (gambar-6).

Struktur Geologi

Pengaruh dari rezim kompresi yang terjadi pada Miosen Akhir, menyebabkan terjadinya sesar anjak (karena adanya "Inversion" daripada sesar normal Paleogen) gambar 2,3, dan 4.

Dimana sesar ini dikenal dengan sesar Sakala, yang mempunyai arah timur – barat dan diperkirakan menembus ke barat sampai ke daerah Tuban (menyebabkan terjadinya tinggian Tuban) gambar-5. Sesar Sakala tersebut melewati selatan Pulau Sakala, bagian utara Pulau Paliat dan bagian utara Pulau Kangean.

Dijumpai satu sesar lagi yaitu sesar Sepanjang yang arahnya sub paralel

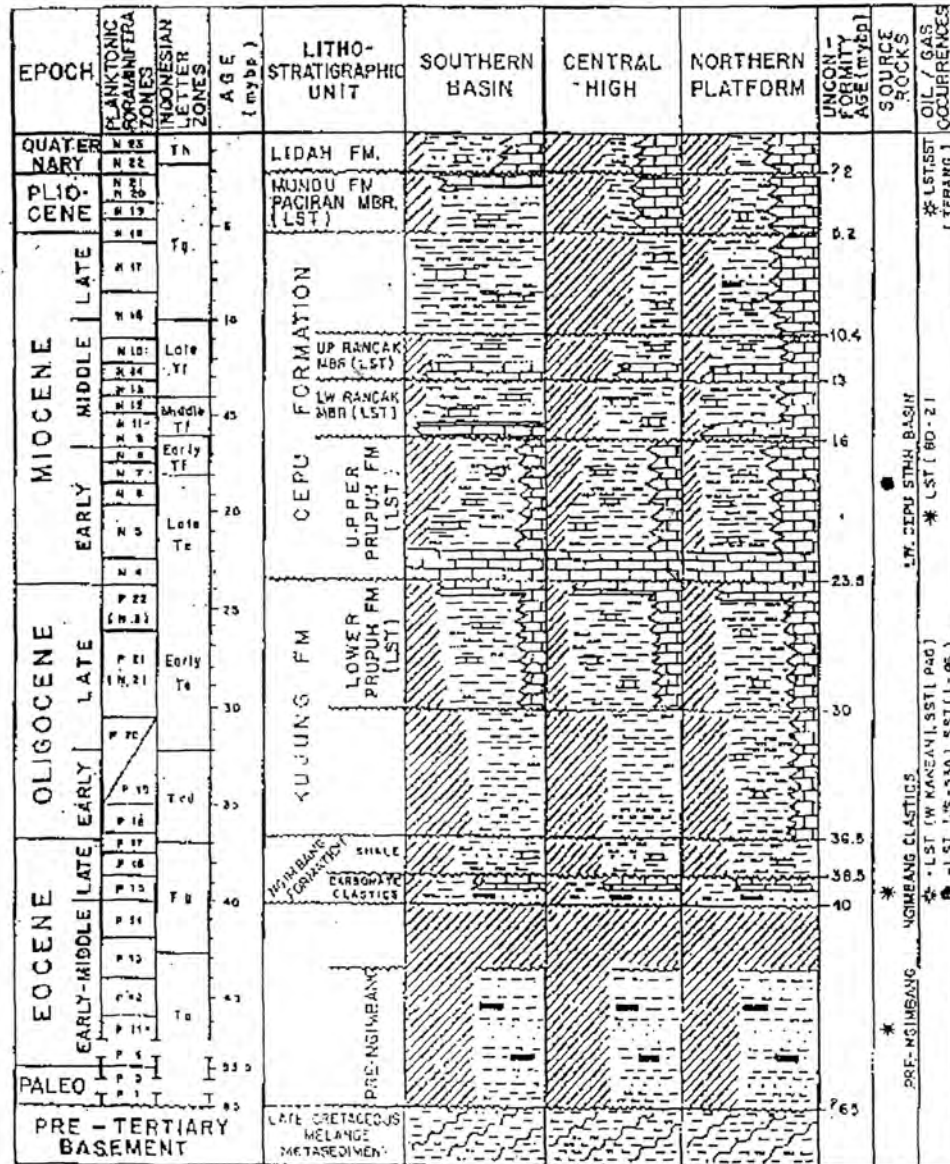
dengan sesar Sakala, terletak disebelah selatan sesar Sakala. Sedangkan daerah kepulauan Kangean merupakan busur lipatan (gambar-3), yang diperkirakan merupakan akibat adanya Rezim Kompresi Jaman Neogen, di daerah tersebut.

SISTEM HIDROKARBON

Batuan Induk

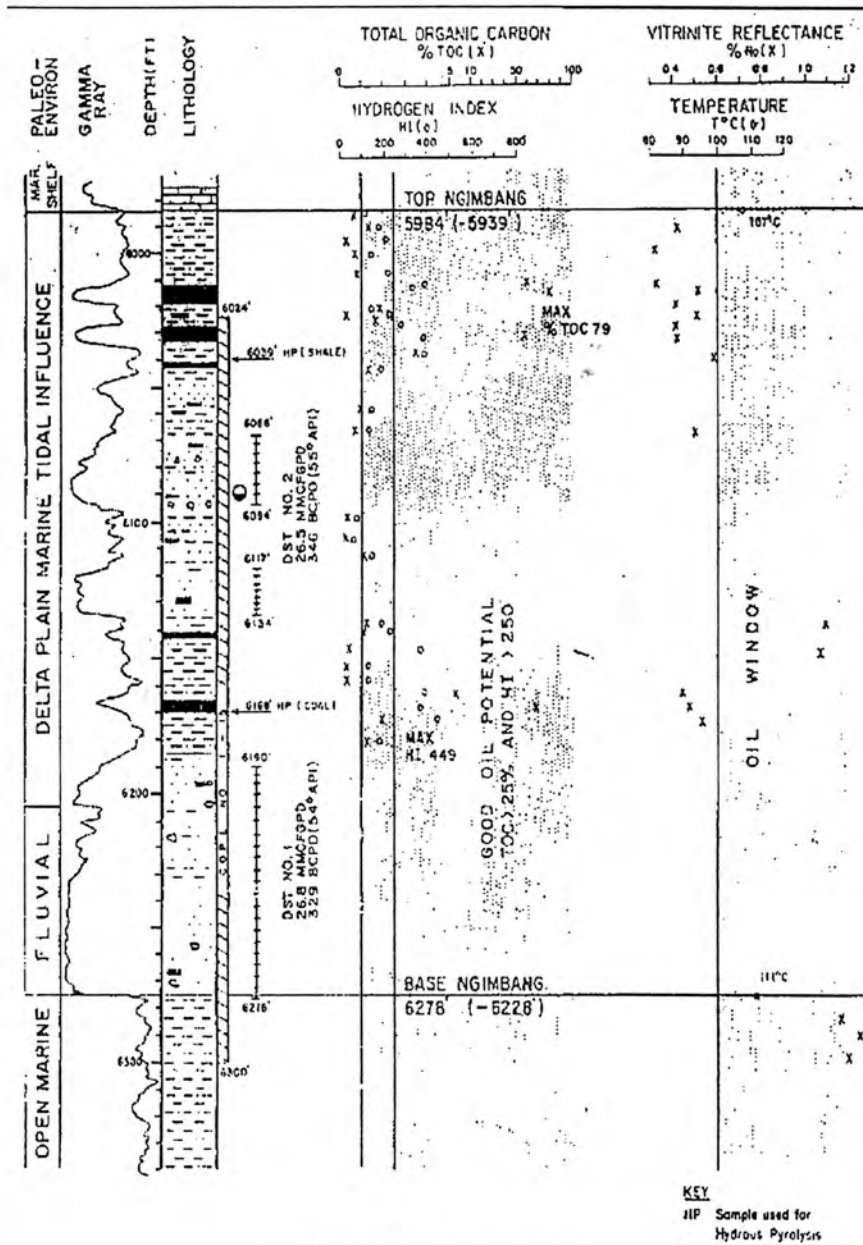
Potensi batuan induk dari Formasi Ngimbang di lapangan migas Kangean – Pagerungan diketahui dari karakteristik geokimia daripada batuan sedimen klastik shale dan batubara yang dilakukan analisa pada Tinggian Tengah bagian utara, yaitu di sumur bor Igangan-1, JS.53A-2, JS.53A-1, JS.35B-1, Pagerungan-3, 3ST2, Pagerungan-1, Pagerungan-2, 2ST, 4, West Kangean-1, Skala-1, JS.25-1, S. Sepanjang-1.

Hasil analisa geokimia batuan induk adalah sebagai berikut :



KANGEAN BLOCK
GENERALIZED STRATIGRAPHY
MODIFIED FROM J.R. DAVIES (MAY, 1989)

CAMBAR - 6. Stratigrafi Regional Daerah Kangean



SOURCE ROCK POTENTIAL
NGIMBANG CLASTICS MEMBER
ARBNI WELL PAGERUNGAN-3

GAMBAR - 7. Potensi Batuan Induk Formasi Ngimbang

1. TOC (Total Organic Carbon) :
Batubara : TOC = 50 – 75%, maksimum 82% (sumur Pagerungan-1).
Shale : TOC = > 3%, maksimum 17% (sumur Pagerungan-1).
2. HI (Hidrogen Index) :
Coal di sumur Pagerungan-1 : > 250 HI sampai dengan 421 HI
Shale di sumur Pagerungan-1 : 100 – 250 HI.
Shale di sumur Pagerungan-3 : 449 HI.

Hasil analisa secara rinci dapat dilihat pada gambar-7. Potensi yang terbaik untuk pembentukan minyak adalah dari batuan induk dari Formasi Ngimbang yang berada di bagian timur dari Platform utara dan bagian timur Tinggian Tengah, daerah-daerah tersebut dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu :

a. Bagian Selatan dari Platform Utara

Posisi batuan induk di sebelah selatan sumur JS.53A-JS.50, pembentukan minyak dimulai selama Miosen Awal di bagian yang terdalam (Rendahhan Sakala – timur). Sedangkan pembentukan gas terjadi sejak Pliosen

b. Bagian Tengah dari bagian timur Tinggian Tengah

Posisi batuan induk pada struktur rendahhan yang berada di sebelah selatan blok sesar Sakala dan di sebelah utara sumur JS.25, minyak terbentuk pada Oligosen sampai sekarang.

Penyebaran batuan induk dari Formasi Pre Ngimbang adalah sebagai berikut :

a. Di Daerah Platform Utara :

- Di Bagian barat dan bagian tengah Platform Utara :
Oil Window : Oligosen Akhir – Miosen Awal
Gas Window : Miosen Awal – Resen (gambar-8)
- Di Bagian timur Rendahan Sakala :
Oil Window : Eosen – Oligosen
Gas Window : Oligosen – Resen (gambar-9)

b. Di Daerah Tinggian Tengah bagian barat :

Antara sumur Kangean Barat - 1 dengan sumur Sepanjang Selatan - 1 :
Gas Window : sejak Oligosen Akhir
Oil Window : Eosen Akhir – Miosen Awal (gambar-10)

Setelah terjadinya struktur *inversi* pada Miosen Tengah menyebabkan temperatur menjadi rendah sehingga pada Pre Ngimbang tak ada pembentukan hidrokarbon.

c. Di Daerah Tinggian Tengah : yaitu di daerah Pulau Sepanjang (sumur JS.25) diperkirakan ada oil window yang terbentuk pada Oligosen Akhir dan gas tidak terbentuk karena adanya struktur inversi.

Migrasi Migas

Bidang-bidang sesar anjak yang terjadi karena proses inversi yang terjadi pada Jaman Miosen, diperkirakan merupakan jalan yang bagus untuk bermigrasinya migas dari batuan induk menuju ke batuan reservoir.

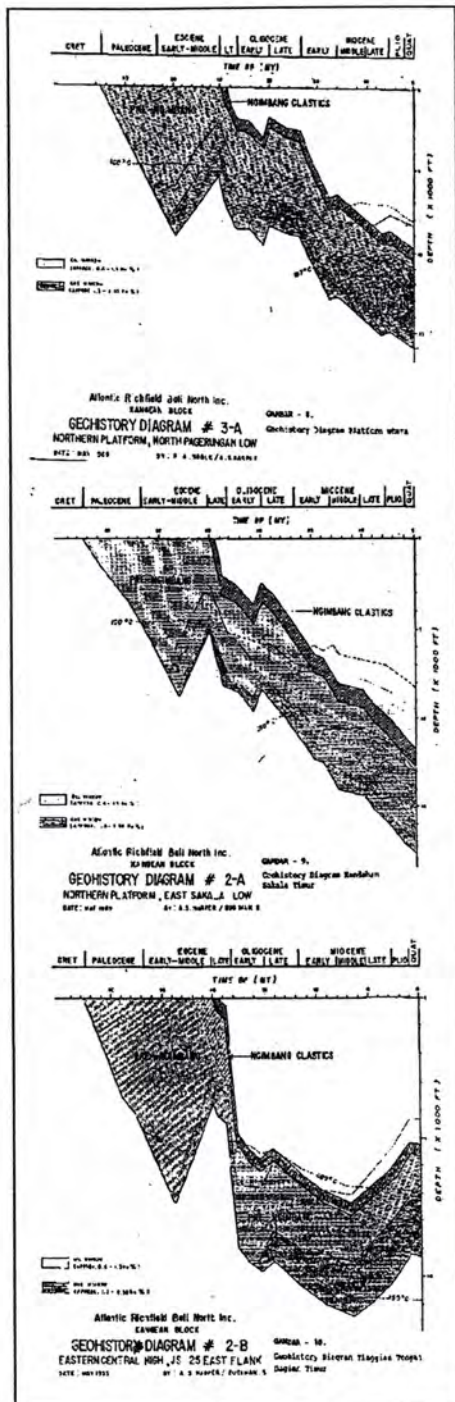
Batuan Reservoir (gambar-6)

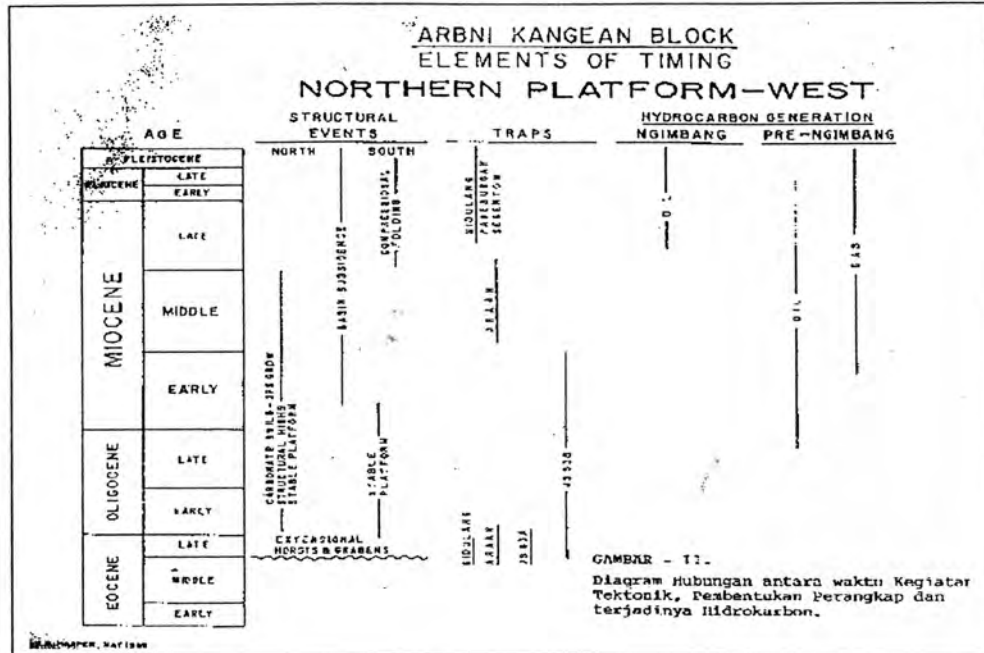
Batuan yang berfungsi sebagai batuan reservoir hidrokarbon adalah sebagai berikut :

- Batupasir dari Formasi Pre Ngimbang bagian tengah, merupakan reservoir minyak dan gas, yang berumur Eosen awal dan merupakan endapan darat / endapan sungai (Pasir Point Bar)
- Batugamping klastik dari Formasi Ngimbang yang berumur Eosen Akhir bagian awal merupakan reservoir minyak dan gas.
- Batugamping terumbu dari anggota Prupuh Atas Formasi Cepu, berumur Miosen Awal, berfungsi sebagai batuan reservoir minyak dan gas.
- Batugamping dan batupasir dari Formasi Mundu berumur Pliosen, merupakan batuan reservoir gas.

Perangkap Migas

Tipe perangkap migas yang dijumpai di daerah Kangean adalah tipe perangkap stratigrafi yaitu batugamping terumbu karang dan lensa pasir point bar, penjelasan secara rinci adalah sebagai berikut :





- a. Lensa pasir point bar dari Formasi Pre Ngimbang, umurnya Paleosen.
- b. Batugamping terumbu karang dari Formasi Ngimbang, yang berkembang sebagai batugamping klastik yang diendapkan pada bagian depan terumbu dan belakang terumbu karang, umurnya Eosen Akhir.
- c. Batugamping terumbu karang anggota Prupuh Atas Formasi Cepu (gambar-6), yang berumur Miosen Awal.
- d. Batugamping anggota Paciran Formasi Mundu, yang berumur Pliosen.

Batuan Penutup (Caprock)

- a. Batuan lempung dari klastik halus endapan sungai dari Formasi Pre

Ngimbang merupakan batuan penutup yang bagus untuk reservoir batupasir point bar tersebut.

- b. Batulempung dari Formasi Ngimbang bagian atas adalah juga berfungsi sebagai batuan penutup yang bagus.
- c. Demikian juga batulempung yang merupakan sisipan pada batugamping anggota Prupuh bagian atas Formasi Cepu dan batulempung yang merupakan sisipan pada Formasi Mundu adalah berfungsi sebagai batuan penutup (*caprock*) dari masing-masing reservoir yang ada di bawahnya (gambar-6).
- d. Apabila ditinjau dari konsep siklus stratigrafi maka adanya batuan reservoir batugamping di daerah

Kangean tersebut, bisa mempunyai porositas sekunder yang bagus, adalah dikontrol oleh terjadinya "sea level drop", antara lain penurunan muka air laut purba 38,5; 16/15,5; dan 2,9 juta tahun yang lalu (gambar-6).

Data Cadangan Minyak Dan Gas

Berdasarkan atas data cadangan minyak dan gas bumi yang diperoleh dari ARBNI Pusat Jakarta yang disiapkan untuk memberikan masukan kepada Komisi V DPR RI, yang pada tanggal 7 Agustus 1999 mengunjungi lapangan Pagerungan adalah se-bagai berikut :

- a. Luas area = 4.508 km².
- b. Cadangan minyak ARBNI status 1 – 1 – 1998 = 35.660 MSTB yang terdiri dari :
 - Cadangan Terbukti = 13.198 MSTB
 - Cadangan Potensial = 22.462 MSTB
- c. Cadangan Gas Bumi : status 1 – 1 – 1998 sebesar = 3.209 BSCF yang terdiri dari :
 - Cadangan Terbukti = 1.798 BSCF
 - Cadangan Potensial = 1.411 BSCF
- d. Jumlah sumur = 12 buah sumur pengembangan

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan tinjauan kondisi geologi daerah Kangean – Pagerungan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada Jaman Paleogen daerah penelitian mengalami rezim tektonik regangan yang menghasilkan sesar-sesar normal, sedangkan pada Jaman Neogen mengalami tektonik Kompresi, sehingga terjadi inversi (yaitu sesar normal berubah menjadi sesar anjak, dimana zona-zona sesar ini merupakan jalan yang bagus untuk migrasinya hidro-karbon dari batuan induk menuju batuan reservoir).
2. Elemen kerangka struktur geologi yang penting adalah :
 - a. Cekungan selatan
 - b. Tinggian tengah
 - c. Platform utara
 - d. Sesar Sakala yang mempunyai arah barat – timur
3. Batuan dasar merupakan Melange yang berumur Kapur Akhir dan Metasedimen
4. Ketebalan batuan sedimen di daerah penelitian ini bisa mencapai lebih dari 3.500 meter. formasi yang tertua berumur Paleosen dan dapat dikenali ada 6 (enam) buah unit batuan /formasi, dari tua ke muda, yaitu Formasi Pre Ngimbang, Ngimbang, Kujung, Cepu, Mundu, dan Formasi Lidah. Formasi Kujung Atas dikenal dengan Formasi Prupuh Bawah, dan Formasi Cepu Bawah dikenal dengan Formasi Prupuh Atas. Formasi Cepu Tengah dibagi menjadi dua anggota yaitu anggota Rancak Bawah dan anggota Rancak Atas disebut sebagai anggota Paciran.

5. Hidrokarbon ditemukan pada formasi-formasi Pre Ngimbang, Ngimbang Bawah, Cepu Bawah (anggota Rancak Bawah) dan di anggota Paciran Formasi Mundu.

Saran

1. Perlu dilakukan studi geologi yang lebih lanjut dan lebih rinci mengenai paleografi dan sedimentologi dengan penerapan konsep geologi yang terbaru (sikuen Stratigrafi), dengan tujuan untuk mendapatkan kemungkinan reservoir hidrokarbon yang baru di daerah penelitian dan sekitarnya.

2. Diperlukan koordinasi, pengawasan dan pembinaan dengan ARBNI dan PN Gas Surabaya, untuk memonitor produksi gas dan minyak dari daerah tersebut, terkait dengan pasokan gas ke PN Gas dan Kota Surabaya (Program BBG di Jawa Timur), laporan bulanan dan triwulan dari ARBNI ke Korwil DPE Jawa Timur, sebagai bahan laporan triwulan ke Gubernur Jawa Timur dan Menteri Pertambangan dan Energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Cucci, M.A, Clarck, M. H, 1995. Carbonate Systems Tracts of An Asymmetric Miocene Build Up Near Kangean Island, E-Java sea, *Proceeding of IPA-International Symposium on Sequence Stratigraphy in S.E. Asia*, Jakarta.
- David, M.S, et all, 1994. The Reservoir Potensial of Globigerinid Sand in Indonesia, *Proceeding IPA-23*, Jakarta.
- Harper, A.S, 1989. *Kangean Block Source Rock Study Part – I*, Northern Platform and Central High, ARBNI.
- Harper, A.S, 1989. *Kangean Block Source Rock Study Part – II*, Southern Basin, ARBNI.
- Manur, H, Rob, B, 1994. Structural Control on Hydrocarbon Habitat in The Bawean Area, East Java Sea, *Proceeding IPA-23*, Jakarta.

**EVALUASI LAHAN UNTUK PENGEMBANGAN KAWASAN PARIWISATA
ALAM PANTAI KABUPATEN JEMBRANA BALI DENGAN MEMANFAATKAN
CITRA LANDSAT TM DAN FOTO UDARA
PANKROMATIK HITAM PUTIH**

*(Land Evaluation For Coastal Tourism Zone Development In Jembrana District Bali
With Using Land Sat Tm Image And Black White Panchromatic Aerial Photograph)*

Oleh :

Aprijanto dan Sugiharto BS

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417

Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com

ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate land capability potential of natural coastal tourism zone development planning in Jembrana District Bali. The regional development planning was done by multistage approach and using Landsat TM 451 was taken in 1996 for macro level, black and white panchromatic aerial photograph in scale 1 : 50.000 was taken in 1993 for meso level planning. The research method used remote sensing data interpretation with supported by geography information system and completed by field test. To achieve the aim of this research was done by evaluation of land capability potential by using of land unit approach which resulted from overlaying land physical parameter consist of landform maps, landcover/landuse maps, slope maps, soil maps, erosion maps, flood maps and road maps. The set data of land unit for macro level planning consist of landform maps and landcover/landuse maps from interpretation result of Landsat TM 451 image, for meso level planning were consist of landform maps, landcover/landuse maps, erosion maps, flood maps from interpretation result of black and white panchromatic aerial photograph Soil maps and road maps were obtained completely from secondary data and the data that it could not be taken from remote sensing must be done by field work. The land capability class was measured by means of scoring of land physical parameter by criteria of land capability class for tourism. Planning of this coastal tourism zone consider land capability for preparing of tourism facility and noticed about coastal view as interesting tourism object and handling priority of coastal tourism zone development. The result of this research were determining data of land capability potential for coastal tourism macro level was 75 % taken from Landsat image with rate of accuration level was 81,43 %, for meso level was 86 % taken from aerial photograph with rate of accuration level was 83,67 %. Based on land capability potential class for development of natural coastal tourism zone that whose have highly capability (the second class) with total square 8,4 m2 were

Candikesuma and Rening beaches, for rather highly capability (third class) with total square 32,54 m² were Medewi, Rambutsiwi, Nyangkrut and Munduk beaches, and for the moderately capability (the fourth class) with total square 54,12 m² were Penggragoan, Pengiyangan, Kembles, Nusasari, Cupel, Pengambangan, Perancak and Airsumbul beaches. So the beaches which have high handling priority of tourism zone development in Jembrana District Bali were Penggragoan, Medewi, Kembles and Rening beaches.

Kata kunci : Remote sensing, geography information system, coastal tourism zone

PENDAHULUAN

Salah satu kebijaksanaan pemerintah dalam memanfaatkan secara optimal kekayaan alam yang terkandung di dalamnya adalah melalui peningkatan dan pengembangan sektor kepariwisataan. Hal ini dibuktikan dengan dikeluarkannya beberapa peraturan dan perundang-undangan sebagai dasar pelaksanaannya, seperti yang dicantumkan dalam Undang-undang No. 9/1990 tentang kepariwisataan, bahwa dalam meningkatkan dan mengembangkan penyelenggaraan kepariwisataan dapat dilakukan pembangunan terhadap obyek dan daya tarik yang sudah ada maupun membuat obyek-obyek baru sebagai obyek dan daya tarik wisata dengan melengkapi sarana dan prasarana yang diperlukan.

Kabupaten Jembrana, Bali merupakan pintu gerbang bagian Barat Bali dengan luas wilayah $\pm 841,80 \text{ km}^2$ mempunyai keindahan dan keunikan alamnya baik daratan, gunung, pantai dan lautnya di samping juga memiliki kebudayaan yang tinggi. Di Indonesia minat masyarakat untuk mengunjungi obyek wisata alam ternyata cukup besar. Perkembangan kepariwisataan di Pulau Bali

selama ini menonjol dan berpusat di daerah Denpasar dan sekitarnya. Padahal keindahan dan keunikan alam suatu daerah di sepanjang pantai tidak kalah menarik dengan keindahan pantai di daerah Denpasar dan sekitarnya. Atas dasar pertimbangan keindahan dan keunikan alam daerah Kabupaten Jembrana ditetapkan kebijaksanaan pengembangan kepariwisataan dalam Pola Dasar Pembangunan Daerah. Perkembangan pariwisata di daerah Jembrana belum menonjol karena belum dimilikinya obyek-obyek wisata yang mampu menarik para wisatawan, namun fasilitas seperti hotel/penginapan dan restoran telah tersedia meskipun jumlahnya masih sedikit. Kenampakan alami yang ada di daerah Jembrana merupakan modal bagi terselenggaranya sektor kepariwisataan yang dapat diharapkan untuk meningkatkan pendapatan masyarakat setempat dan memacu meningkatkan pendapatan asli daerah. Usaha-usaha meningkatkan dan mengembangkan kepariwisataan terus dilakukan dengan memanfaatkan sebesar-besarnya potensi dan aset daerah dengan program utama meliputi memelihara dan mempertahankan keunikan berbagai obyek

wisata budaya yang tersebar di seluruh Daerah Tingkat II Kabupaten Jembrana dan memperbaiki fasilitas dan sarana penunjang pada sejumlah obyek wisata-wisata alam khususnya wisata bahari dan wisata danau (Buku Profil Propinsi Bali, 1992).

Aktivitas kepariwisataan di suatu daerah tergantung dari sumber-sumber wisata yang ada di daerah tersebut. Sejalan dengan semakin ditingkatkannya penyelenggaraan pariwisata di Indonesia, maka permasalahan yang ada dalam melaksanakan perencanaan pengembangan wilayah pantai adalah penyediaan data serta informasi potensi wilayah yang diperlukan. Data dan informasi yang lengkap, akurat dan mutakhir tentang potensi sumberdaya wilayah serta pengolahan data spasial merupakan modal utama dalam menyusun perencanaan dan pengembangan wilayah agar aspek spasial dapat diketahui dengan baik, yang selanjutnya akan digunakan sebagai landasan membangun daya saing wilayah. Penyadapan informasi tersebut dapat secara langsung berupa pengamatan dan pengukuran langsung di lapangan dan wawancara, penyadapan informasi secara tidak langsung umumnya melalui data berupa peta, tabel dan data numerik lainnya.

Untuk mempercepat diperolehnya data dan informasi yang lengkap dan akurat dikaitkan dengan pengembangan pariwisata pantai diperlukan suatu metode yang praktis dalam penyajikan data dan informasi terutama dalam mengungkap kekayaan alam yang dapat dijadikan obyek dan daya tarik wisata dengan cepat. Salah

satu metode tersebut adalah metode penginderaan jauh.

Citra *Land Satellite Thematic Mapper* (Landsat TM) dan foto udara Pankromatik hitam putih sebagai produk penginderaan jauh telah banyak dimanfaatkan untuk berbagai keperluan, seperti geologi, geografi, hidrologi, kehutanan, ekologi, pertanian dan sumberdaya akuatik. Untuk pengkajian daerah pantai, teknik penginderaan jauh melalui citra Landsat TM dan foto udara Pankromatik hitam putih dapat dimanfaatkan untuk menemukan dan menentukan daerah-daerah yang berpotensi untuk pariwisata pantai.

Penggunaan citra Landsat TM untuk kajian pariwisata pantai sesuai bagi daerah yang luas, misalnya untuk lingkup regional atau nasional. Karena liputannya yang luas maka informasi yang dapat disajikan bersifat umum, tidak rinci. Bagi foto udara Pankromatik hitam putih yang skalanya lebih besar lebih sesuai bagi daerah sempit dan informasi yang dapat disajikan lebih rinci. Pemanfaatan citra Landsat TM dan foto udara Pankromatik hitam putih dalam pengembangan pariwisata pantai akan saling mengisi kekurangan masing-masing. Citra Landsat TM digunakan untuk mencari kemungkinan lokasi (*possible sites*) fasilitas tertentu, wilayah-wilayah yang tidak mungkin dipilih dihilangkan dengan pertimbangan tertentu karena informasi yang bersifat detil belum dibutuhkan. Foto udara Pankromatik hitam putih dapat digunakan untuk mencari dan memilih lokasi potensial (*potential sites*), karena informasi yang dibutuhkan bersifat lebih detil.

Keterpaduan antara teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis memiliki hubungan yang sangat erat. Data penginderaan jauh dapat memberikan informasi yang lengkap, akurat dan cepat, sedangkan sistem informasi geografis memberikan kemudahan dalam pengolahan data spasial dan analisis data. Kombinasi antara teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis secara terpadu diharapkan mampu mengatasi permasalahan perencanaan pembangunan, yaitu kebutuhan informasi yang lengkap, akurat dan mutakhir serta pengolahan data spasial sehingga mampu mengoptimalkan pemanfaatan lahan dan sumberdaya yang ada.

Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Seberapa jauh keakuratan penyajian data dan informasi kemampuan lahan dengan memanfaatkan citra Landsat TM resolusi spasial 30 m dan foto udara Pankromatik hitam putih skala 1: 50.00 untuk pengembangan kawasan pariwisata alam pantai di Kabupaten Jembrana, Bali.
2. Bagaimanakah potensi pantai di Kabupaten Jembrana, Bali untuk pengembangan kawasan pariwisata dengan memanfaatkan citra Landsat TM untuk perencanaan tingkat makro dan foto udara Pankromatik hitam putih untuk tingkat meso dan dibantu dengan sistem informasi geografis

Pengembangan kawasan pantai tidak terlepas dari ketersediaan data fisik

lahan yang lengkap, akurat dan mutakhir tentang potensi wilayah, sehingga dapat mengoptimalkan potensi kemampuan lahan untuk pariwisata. Data fisik lahan yang dapat digunakan untuk pengembangan kawasan pariwisata alam pantai adalah bentuklahan, penggunaan lahan, jenis tanah, kemiringan lereng, bahaya erosi, bahaya banjir dan jaringan jalan. Untuk memperoleh data yang lengkap, akurat dan mutakhir tersebut dapat diperoleh dari data penginderaan jauh. Penggunaan citra Landsat TM untuk kajian pariwisata pantai sesuai bagi daerah yang luas, karena liputannya yang luas maka informasi yang dapat disajikan bersifat umum, tidak rinci. Bagi foto udara Pankromatik hitam putih yang skalanya lebih besar lebih sesuai bagi daerah sempit dan informasi yang dapat disajikan lebih rinci.

Citra Landsat dan foto udara Pankromatik hitam putih merupakan salah satu alternatif yang cocok sebagai wahana pengumpulan data, mengingat citra ini dapat memberikan gambaran lengkap obyek di permukaan bumi yang dapat dideteksi, dianalisis dan diklasifikasikan menurut tujuan kebutuhan data yang diinginkan, yaitu penilaian kemampuan lahan untuk pariwisata. Citra tersebut diinterpretasi untuk menemukannya obyek yang terekam di dalamnya dengan menggunakan sebagian atau seluruh unsur-unsur interpretasi sesuai dengan tingkat kemudahannya. Unsur-unsur tersebut antara lain rona, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, situs dan asosiasi. Meskipun interpretasi dilakukan pada citra Landsat

dan foto udara pankromatik hitam putih, namun tidak seluruhnya parameter atau unsur untuk keperluan analisis dapat ditemukannya disebabkan adanya keterbatasan citra Landsat dan foto udara Pankromatik hitam putih yang tersedia skala 1:50.000. Dari citra Landsat TM data fisik lahan yang dapat diperoleh adalah bentuklahan dan penggunaan lahan, sedangkan dari foto udara Pankromatik hitam putih adalah bentuklahan, penggunaan lahan, kemiringan lereng, bahaya erosi dan bahaya banjir. Parameter fisik lahan untuk perencanaan pengembangan kawasan pariwisata berupa jenis tanah dan jaringan jalan diperoleh dari data sekunder, yaitu peta tanah dan peta topografi. Dengan demikian untuk memperoleh parameter atau unsur yang tidak diperoleh pada citra Landsat dan foto udara Pankromatik hitam putih terutama obyek-obyek yang kecil diperlukan pekerjaan lapangan dan data bantu lainnya, selain untuk mencocokkan hasil interpretasi.

Pengembangan kawasan pariwisata alam pantai dalam penelitian ini yang dimaksudkan adalah perencanaan pengembangan kawasan pantai yang disediakan untuk keperluan pariwisata baik berupa penyediaan fasilitas wisata maupun potensi panoramanya yang dapat sebagai obyek dan daya tarik wisata. Oleh sebab itu untuk memperoleh kondisi lokasi yang ber-potensi untuk pengembangan kawasan pariwisata pantai dilakukan evaluasi potensi kemampuan lahan dan penilaian/evaluasi daya tarik obyek wisata alam pantai. Suatu kawasan pariwisata dapat dikatakan baik apabila daerah tersebut

mempunyai panorama yang indah dan didukung oleh kemampuan lahannya yang tinggi untuk pengembangan fasilitas wisata. Adapun untuk evaluasi potensi kemampuan lahan untuk pariwisata dilakukan melalui pendekatan satuan lahan yang digunakan sebagai satuan analisis untuk pariwisata karena adanya parameter bentuklahan yang secara alamiah mencerminkan relief dan fenomena panorama yang unik.

Dalam penelitian ini perencanaan pengembangan kawasan pariwisata pantai memanfaatkan citra Landsat TM dan foto udara Pankromatik hitam putih secara bertingkat. Perencanaan pengembangan kawasan tingkat tinjau (makro) menggunakan citra Landsat TM dan perencanaan tingkat kelayakan (meso) menggunakan foto udara Pankromatik hitam putih skala 1:50.000. Citra Landsat TM digunakan untuk mencari kemungkinan lokasi (*possible sites*) fasilitas tertentu, wilayah-wilayah yang tidak mungkin dipilih dihilangkan dengan pertimbangan tertentu karena informasi yang bersifat detil belum dibutuhkan. Sedangkan foto udara Pankromatik hitam putih dapat digunakan untuk mencari dan menentukan lokasi potensial (*potential sites*), karena informasi yang dibutuhkan bersifat lebih detil.

METODE PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian secara garis besar dibagi menjadi tiga tahap :

1. Tahap pra kerja lapangan; kegiatan ini terdiri dari : mengumpulkan dan menyiapkan bahan kepustakaan, peta

yang berhubungan dengan lokasi penelitian, bahan dan alat yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian, interpretasi citra Landsat TM dan foto udara Pankromatik hitam putih. Kegiatan interpretasi meliputi kegiatan deteksi, identifikasi, analisis, deliniasi dan klasifikasi dengan bantuan kunci interpretasi rona, bentuk, ukuran, bayangan, pola, situs dan asosiasi. Interpretasi citra Landsat dan foto udara dilakukan untuk memperoleh data penentu kemampuan lahan dengan menggunakan pendekatan satuan lahan. Satuan lahan diperoleh dari tumpang susun antara bentuklahan, penutup/ penggunaan lahan, kemiringan lereng, bahaya erosi, bahaya banjir, jenis tanah dan jaringan jalan. Sedangkan data penentu kemampuan lahan yang tidak mampu disadap dari citra dan foto udara diperoleh dari pengamatan langsung di lapangan..

2. Tahap kerja lapangan; kegiatan ini meliputi pengamatan langsung di lapangan untuk melengkapi dan membetulkan hasil interpretasi citra Landsat TM dan foto udara Pankromatik hitam putih.
3. Tahap pasca kerja lapangan; kegiatan ini terdiri dari : interpretasi ulang, uji ketelitian hasil interpretasi dan membuat peta satuan lahan untuk menyusun peta klas kemampuan lahan sesuai kriteria untuk pengembangan kawasan pariwisata alam pantai. Peta klas kemampuan lahan diperoleh dari pengharkatan masing-masing data penyusun kemampuan lahannya.

Pada penelitian ini dilakukan evaluasi potensi lahan untuk pengembangan kawasan pariwisata alam pantai sampai tingkat meso dengan cara dilakukan secara bertingkat, yaitu pertama-tama melakukan klasifikasi kemampuan lahan untuk tingkat makro yang kemudian hasil dari klas kemampuan tingkat makro diperinci informasi klas kemampuan lahannya sampai tingkat meso. Untuk perencanaan pengembangan tingkat makro penyadapan data untuk menyusun potensi kemampuan lahan berupa bentuklahan dan penutup/ penggunaan lahan diambil dari citra Landsat TM 451, sedangkan jenis tanah dan jaringan jalan diperoleh dari data sekunder berupa peta jenis tanah dan peta topografi, diperoleh tujuh klas potensi kemampuan lahan, kemudian tujuh kelas itu dibuat lagi menjadi daerah yang dipilih/ diusulkan untuk kawasan pariwisata skala makro menjadi dua kelas yaitu daerah yang berpotensi pariwisata dan daerah yang tidak berpotensi pariwisata. Perencanaan skala meso diperoleh setelah daerah yang diusulkan/dipilih berpotensi untuk kawasan pariwisata skala makro diperinci lagi kelas potensi kemampuan lahannya menjadi tujuh kelas. Adapun unsur untuk menyusun kemampuan lahan berupa bentuklahan, penutup/ penggunaan lahan, kemiringan lereng, bahaya erosi dan bahaya banjir di sadap dari foto udara Pankromatik hitam putih skala 1:50.000, jenis tanah serta jaringan jalan diperoleh dari data sekunder berupa peta jenis tanah dan peta topografi.

Penilaian daya tarik obyek wisata alam pantai dilakukan setelah memperoleh lokasi potensi kemampuan lahan untuk pengembangan kawasan pariwisata pantai yang ada di area penelitian Kabupaten Jembrana, diperoleh dengan cara melakukan pengamatan dan penilaian langsung di lapangan, sebagai pedoman untuk melakukan penilaian berdasarkan ukuran baku kriteria penilaian dan pengembangan obyek wisata alam yang dibuat oleh Departemen Kehutanan, Direktorat Jendral Perlindungan Hutan dan Alam Gogor (1993). Sehingga dalam pengembangan kawasan pariwisata pantai selain ditinjau dari potensi kemampuan lahannya untuk penyediaan fasilitas pendukung wisata juga dipertimbangkan adanya daya tarik obyek wisata alam pantai agar diperoleh prioritas penanganan pengembangan kawasan pantai di Kabupaten Jembrana Bali

HASIL PENELITIAN

Hasil interpretasi citra Landsat TM 541 dan foto udara pankromatik hitam putih skala 1:50.000 diperoleh hasil luasan dan tingkat ketelitian interpretasi dapat dilihat pada Tabel 1

Dari peta pengembangan kawasan untuk pariwisata skala meso diperoleh hasil sebagian besar dari potensi kemampuan lahan yang diusulkan/dipilih berpotensi pariwisata pada perencanaan skala makro ternyata dari peta potensi kemampuan lahan skala meso untuk kawasan pantai di kabupaten Jembrana mempunyai potensi kemampuan lahan tinggi untuk pariwisata

(klas II) ada 2 lokasi, yaitu Pantai Candikesuma dan Rening. Lokasi yang mempunyai potensi kemampuan lahan agak tinggi untuk pariwisata (klas III) ada 4 lokasi, yaitu Pantai Medewi, Rambutsiwi, Nyangkrut dan munduk. Sedangkan yang mempunyai potensi kemampuan lahan sedang untuk pariwisata (klas IV) ada 8 lokasi di Pantai Penggragoan, Pengiyangan, Kembles, Nusasari, Cupel, Pengam-bengan, Perancak dan Airsumbul (lihat pada Lampiran 1 dan Lampiran 2).

Penilaian daya tarik obyek wisata dilakukan agar ada prioritas penanganan pengembangan kawasan pariwisata baik dari faktor kemampuan lahannya dalam menyediakan fasilitas wisata maupun kenampakan panorama sekitarnya juga diperhatikan. Penilaian daya tarik wisata alam pantai menggunakan tujuh unsur, yaitu keindahan, keselamatan laut tepi pantai, jenis pasir, variasi kegiatan, kebersihan air, lebar pantai dan kebersihan/kenyamanan. Dari masing-masing unsur ada yang dibagi menjadi sub unsur, seperti keindahan mempunyai lima sub unsur, keselamatan laut tepi pantai mempunyai empat sub unsur, kebersihan air mempunyai lima sub unsur dan kebersihan.kenyaman mempunyai enam sub unsur. Masing-masing pantai dinilai berdasarkan kriteria-kriteria tertentu dan kemudian dilakukan pengharkatan. Penilaian daya tarik obyek wisata dilaksanakan di Pantai Penggragoan, Pengiyangan, Medewi, Pura Rambusiwi, Kembles, Nyangkrut, Nusasari,

Tabel 1. Hasil Interpretasi Citra Landsat TM 541 dan Foto Udara Pankromatik Hitam Putih

Unit	Luasan Disadap Dari Data		Tingkat Ketelitian (%)	
	Citra Landsat TM	Foto Udara	Citra Landsat TM	Foto Udara
	Luas (Km ²)	Luas (Km ²)		
Bentuklahan			81,25	82,62
a. Dataran Aluvial (F1)	82,96	90,44		
b. Rawa Belakang (F5)	16,57	11,83		
c. Dataran Banjir (F7)	49,58	27,78		
d. Tanggul Alam (F8)	-	0,18		
e. Gisik (M3)	-	13,84		
f. Terumbu Karang (M12)	-	0,20		
g. Lagun (M13)	-	0,27		
h. Lereng Kaki Koluvial Gunungapi (D7)	140,79	145,50		
Penggunaan Lahan			81,60	83,20
a. Hutan	23,98	16,67		
b. Perkebunan	67,51	99,79		
c. Kebun Campuran	41,95	27,69		
d. Sawah	124,87	90,81		
e. Lahan Kosong	1,06	14,92		
f. Permukiman	15,76	28,17		
g. Semak	-	2,69		
h. Bakau	1,93	3,09		
i. Tambak	12,84	6,21		
Kemiringan Lereng				83,5
a. Datar (0% - < 2%)	-	190,12	-	
b. Landai (2% - 8%)	-	99,92		
Bahaya Erosi				80,67
a. Erosi Ringan	-	145,67		
b. Erosi Sedang	-	123,41		
c. Erosi Berat	-	20,96		
Bahaya Banjir				89
a. Tidak Pernah Banjir	-	145,03		
b. Banjir Ringan	-	90,58		
c. Banjir Berat	-	54,43		

Sumber : Hasil Interpretasi citra Landsat TM, foto udara Pankromatik hitam putih dan kerja lapangan

Tabel 2. Klasifikasi Potensi Daya Tarik Obyek Wisata Alam Pantai Kabupaten Jembrana Bali

No.	Nama Pantai	Nilai	Klas Potensi
1.	Penggragoan	155	I
2.	Pengiyangan	135	III
3.	Medewi	170	I
4.	Rambutsiwi	145	II
5.	Kembles	155	I
6.	Nyangkrut	145	II
7.	Nusasari	145	II
8.	Candikesuma	140	III
9.	Rening	155	I
10.	Cupel	130	III
11.	Pengambengan	135	III
12.	Perancak	120	III
13.	Munduk	140	II
14.	Airsumbul	125	III

Sumber : Hasil perhitungan data primer, 2000

Candikesuma, Rening, Cupel, Pengambengan, Perancak, Munduk dan Airsumbul dimana lokasi-lokasi tersebut dari segi potensi kemampuan lahannya mempunyai kemampuan tinggi sampai kemampuan sedang dalam mendukung penyediaan fasilitas wisata

Pada penelitian ini untuk mempermudah analisis tingkat potensi dikelompokkan menjadi tiga kelas, yaitu:

1. Potensi tinggi
2. Potensi sedang
3. Potensi rendah

Hasil penilaian obyek wisata alam pantai di Kabupaten Jembrana Bali agar diketahui penentuan prioritas penanganan obyek wisata dapat dilihat pada Tabel 2. Sedangkan matrik potensi kemampuan lahan dan penilaian daya tarik obyek wisata dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Matrik Potensi Kemampuan Lahan dan Penilaian Daya Tarik Obyek wisata di Kabupaten Jembrana Bali

Prioritas	Potensi Kemampuan Lahan						
	1	2	3	4	5	6	7
I	■	■	■	■	■	■	■
II	■	■	■	■	■	■	■
III	■	■	■	■	■	■	■

Keterangan :

■	Kemampuan Tinggi
■	Kemampuan Sedang
■	Kemampuan Rendah

Berdasarkan Tabel 3. matrik potensi kemampuan lahan dan penilaian daya tarik obyek wisata di Kabupaten Jembrana Bali diperoleh hasil belum tentu daerah pantai

yang memiliki klas kemampuan tinggi didukung oleh daya tarik obyek wisata. Hal itu dapat di contohkan pada peta klas kemampuan lahan untuk Pantai Candikesuma mempunyai klas kemampuan lahan untuk pengembangan kawasan pariwisata tinggi tetapi setelah dilakukan pengamatan di lapangan untuk menilai kemampuan daya tarik obyek wisata diperoleh hasil kurang mendukung (rendah) karena daerah sekitar pantai adanya pengaruh tempat pelelangan ikan, banyak permukiman nelayan yang belum tertata dengan baik sehingga terkesan tidak menarik dan banyak sampah di sekitar pantai sehingga untuk prioritas pengembangan kawasan pariwisata pantai mempunyai klas potensi rendah. Sebaliknya daerah Pantai Pengragoan yang memiliki klas kemampuan lahan sedang tetapi setelah dilakukan pengamatan di lapangan mempunyai potensi daya tarik obyek wisata yang tinggi hal itu dikarenakan daerah tersebut didukung adanya keindahan kenampakan pulau di depan pantai, tidak adanya gangguan kebisingan dan pantai kelihatan bersih karena jauh dari permukiman nelayan sehingga sangat menarik untuk dikembangkan sebagai tempat wisata jalan-jalan di tepi pantai dan melihat keindahan panoramanya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

- a. Penyadapan data penentu potensi kemampuan lahan dalam perencanaan pengembangan wilayah tingkat makro (tinjau) untuk kawasan pariwisata alam pantai 75 % mampu disadap dari citra *Landsat Thematic Mapper* (TM), yaitu unsur bentuklahan, penutup/penggunaan lahan dan sebagian jaringan jalan dengan rata-rata tingkat akurasi hasil interpretasi sebesar 81,43 %, sedangkan untuk perencanaan tingkat meso (kelayak-an) 86 % mampu disadap oleh foto udara Pankromatik hitam putih skala 1:50.000 dengan rata-rata tingkat akurasi hasil interpretasi sebesar 83,67 %. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa citra Landsat TM resolusi 30 m dan foto udara Pankromatik hitam Putih skala 1: 50.000 memiliki keakuratan tinggi untuk menyediakan data fisik lahan pantai untuk pengembangan kawasan pariwisata.
- b. Data yang diperoleh dari citra Landsat TM masih bersifat makro daripada yang diperoleh dari foto udara Pankromatik hitam putih, karena dari foto udara dapat diperoleh informasi fisik lahan berupa kemiringan lereng, bahaya erosi dan bahaya banjir yang juga berpengaruh dalam mendukung pengembangan kawasan pariwisata sehingga klas kemampuan lahan yang dihasilkan lebih rinci dari penyadapan foto udara.
- c. Klas kemampuan lahan yang tinggi yang belum tentu memiliki daya tarik

obyek wisata alam yang tinggi hal itu perlu dilakukan penilaian langsung di lapangan sehingga akan diperoleh prioritas pengembangan kawasan pariwisata yang sesuai potensi kemampuan lahan untuk penyediaan fasilitas dan didukung oleh keindahan panoramanya.

- d. Berdasarkan peta klas potensi kemampuan lahan untuk kawasan pariwisata alam pantai di Kabupaten Jembrana Bali yang mempunyai kemampuan tinggi (kelas II) untuk keperluan pariwisata adalah Pantai Candikesuma, dan Rening. Daerah yang mempunyai kemampuan agak tinggi (kelas III) adalah Pantai Medewi, Rambutsiwi, Nyangkrut dan Munduk, sedangkan yang mempunyai kemampuan lahan sedang (kelas IV) untuk pengembangan kawasan pariwisata adalah Pantai Penggragoan, Pengiyangan, Kembles,

Nusasari, Cupel, Pengambengan, Perancak dan Airsumbul. Pantai yang mempunyai prioritas tinggi untuk penanganan pengembangan kawasan pariwisata di Kabupaten Jembrana Bali adalah pantai Penggragoan, Medewi, Kembles dan Rening. Dengan demikian perencanaan pengembangan kawasan pariwisata pantai dapat memanfaatkan data yang diperoleh dari citra Landsat TM dan foto udara Pankromatik hitam putih dengan dibantu sistem informasi geografi

Oleh karena itu maka disarankan bahwa untuk perencanaan pengembangan kawasan pariwisata alam pantai kabupaten Jembrana Bali sesuai dengan potensi yang ada pada masing-masing lahan yang tersedia. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang potensi kemampuan dan obyek wisata yang disadap dari data penginderaan jauh ke tingkat lebih detil, yaitu perencanaan pengembangan wilayah tingkat mikro (detil).

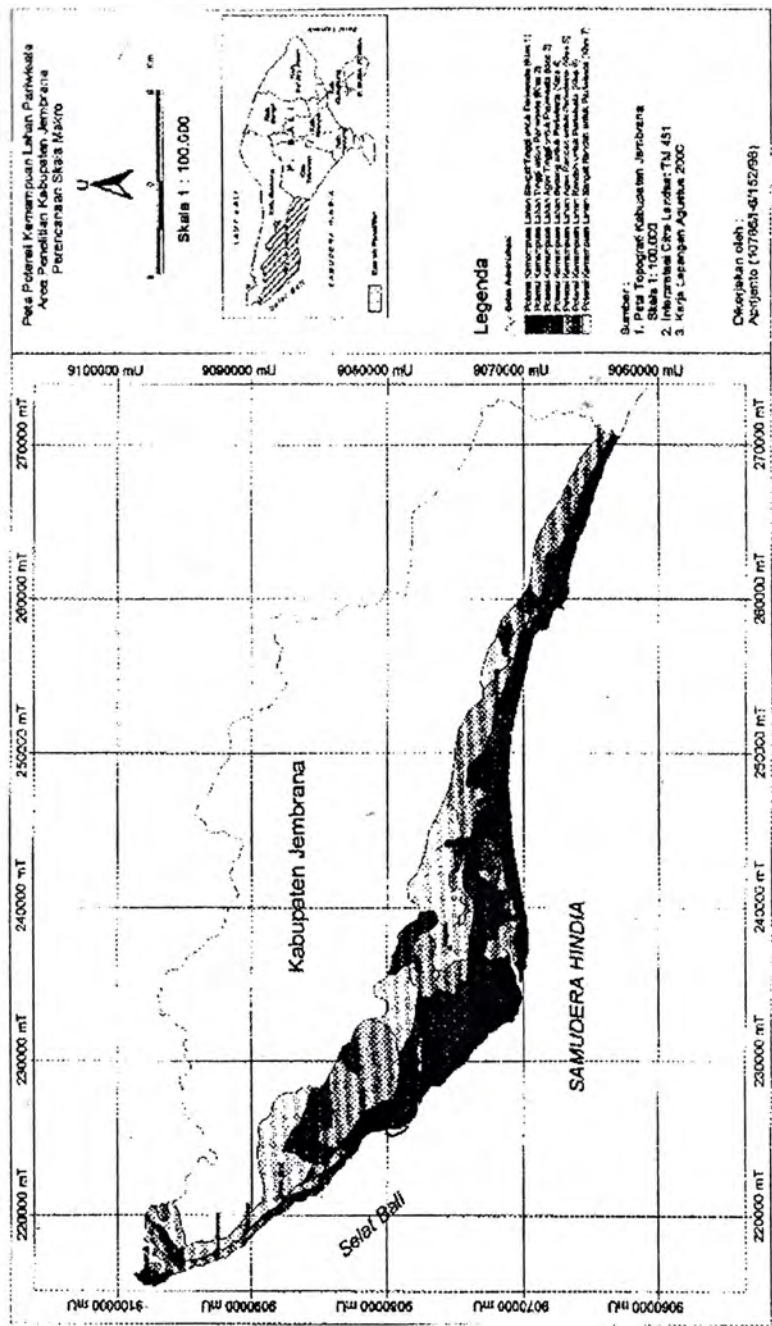
DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous, 1983, *Garis-garis Besar Haluan Negara Republik Indonesia 1983-1988*, Ketetapan MPR No. II/MPR/1983 tentang Garis-garis Besar Haluan Negara, Penerbit Bina Pustaka Tama, Surabaya.
- Anonymous, 1992, *Buku Profil Propinsi Republik Indonesia : Propinsi Bali*, Yayasan Bhakti Wawasan Nusantara bekerjasama dengan Majalah TELSTRA – Strategic Review dan PT Intermedia, Jakarta.
- Aranoff, Stan, 1989, *Geographic Information System : A Management Perspective*, WDL Publication, Ottawa, Canada.
- Arsyad, Sitanala, 1989, *Konservasi Tanah dan Air*, Penerbit IPB, Bogor
- Bappeda TK. I Bali, 1997, *Laporan Neraca Sumber Daya Alam Spasial Daerah Propinsi Dati I Bali*, Bappeda Tk. I, Bali.

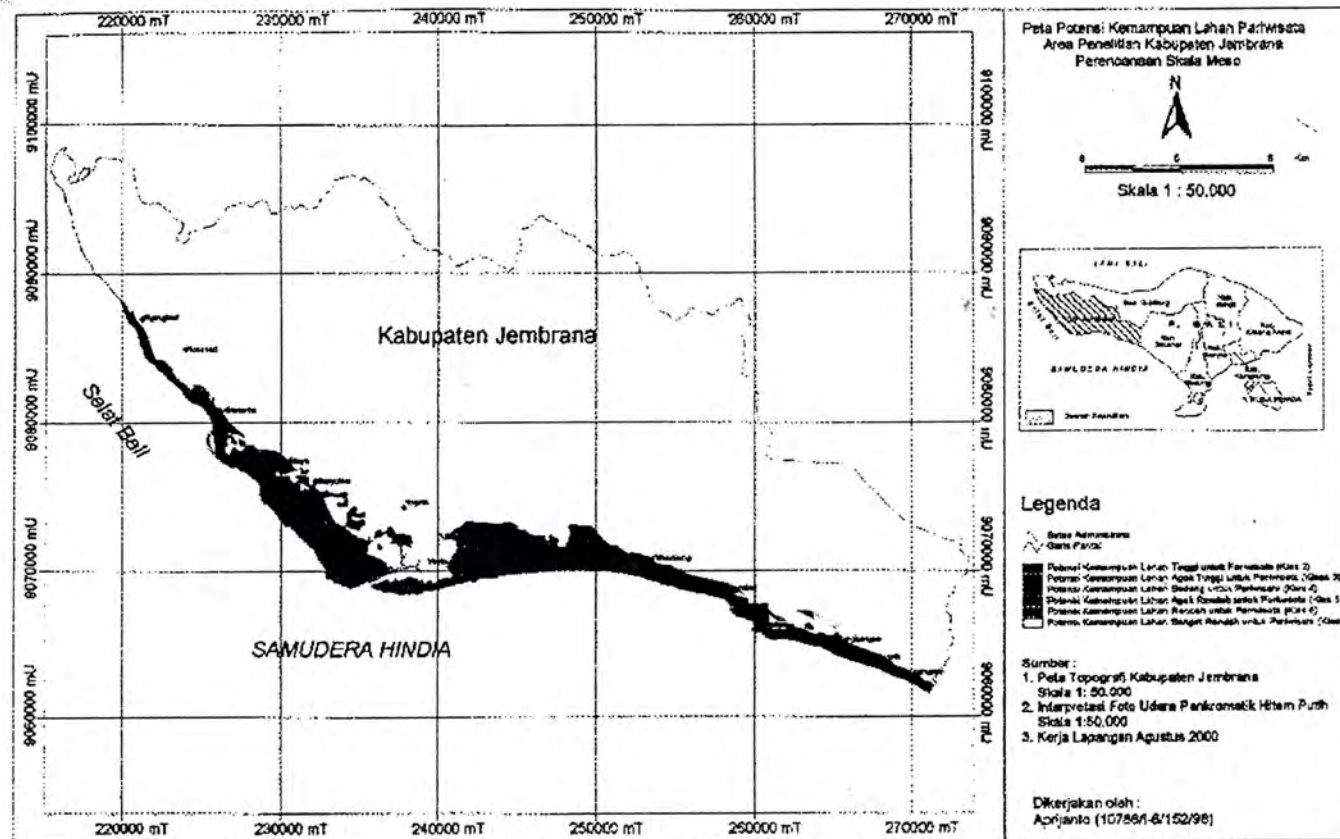
- Bappeda TK. I Bali, 1998, *Ringkasan Eksekutif Kaji Ulang 21 Kawasan Pariwisata di Bali*, Kerja sama Bappeda Tk. I Bali – F.T Arsitektur Universitas Udayana, Bali
- Bird, E.C.F., 1969, *Coast An Introduction to Systematic Geomorphology*, The M.I.T. Press, Cambridge.
- Burrough, P.A., 1986, *Principles of Geographical Information Systematic for Land Resources Assessment*, Clarendon Press, Oxford, USA.
- Curren, P, 1985, *Principles of Remote Sensing*, Longman, London
- Dahlan, 1998, Penggunaan Foto Udara Pankromatik Hitam Putih dan Sistem Informasi geografis untuk Evaluasi lahan pada Wisata Pantai di Kabupaten Gunungkidul, *Skripsi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Danoedoro, Projo, 1996, *Pengolahan Citra Digital*, Fakultas Geografi, UGM, Yogyakarta.
- Danoedoro, Projo dan Suharsono, Prapto, 1994, *Pedoman Praktikum Penginderaan Jauh untuk Perencanaan Pengembangan Wilayah*, Studi Kasus Penentuan Prioritas Pengembangan Wilayah Miskin melalui Integrasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta
- Dent, D. & Young, A., 1981, *Soil Survey and Land Evaluation*, School of Environmental Science, University of Anglia, Norwich, London.
- Dibiyosaputro, Suprpto, 1996, Penginderaan Jauh Geomorfologi, *Diktat Kuliah Karyasiswa Program Studi Penginderaan Jauh*, UGM, Yogyakarta.
- Dulbahri, 1996, Sistem Informasi Geografis, *Pelatihan Interpretasi Citra Penginderaan Jauh dan SIG*, PUSPICS – Fak. Geografi UGM – Dirjen. Pembangunan Daerah, Yogyakarta.
- F.A.O., 1976, A Framework for Land Evaluation, *Soil Bulletin* No. 32, Rome.
- Hadi, Sutrisno, 1990, *Statistik*, Andi Offset, Yogyakarta.
- Haeruman, Herman, Js., 1994, Aspek Ekonomi dalam Pembangunan Kelautan yang Berwawasan Lingkungan di Indonesia, *Proceeding Seminar Teknik Pantai 1993*, LPTP BPPTeknologi, Yogyakarta.
- Haryono, Eko, 1991, Potensi Pesisir Selatan kabupaten Banyuwangi dan Sekitarnya untuk Pengembangan Kawasan Wisata Alam (Suatu Analisis Geomorfologi), *Skripsi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Lillesand, Thomas M, and R.W. Kiefer, 1993, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Terjemahan oleh Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, Suharyadi, Penyunting Sutanto, Cetakan Ketiga, Gadjah Mada University Press, UGM, Yogyakarta..
- Lindgren, D.T., 1985, *Land Use Planning and Remote Sensing*, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands.
- Lo, C.P., 1996, *Penginderaan Jauh Terapan*, Penerbit UI, Jakarta.
- Malingreau, J.P, 1978, *Penggunaan Lahan Pedesaan: Penafsiran Citra untuk Inventarisasi*

- dan Analisisnya, PUSPICS UGM – Bakosurtanal, Yogyakarta.
- Malingreau, J.P. dan Christiani, R, 1982, A Land Cover/Land Use Classification for Indonesia, First Revision, *Report*, PUSPICS – UGM –Bakosurtanal, Yogyakarta.
- Mangunsukardjo, Karmono, 1985, Inventarisasi Sumberdaya Lahan di D.A.S. Sungai Serayu dengan Pendekatan secara Geomorfologi, *Disertasi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Merdah, M.H.S., 1991, Kepariwisata Pantai di Kawasan Parangtritis dan Dampak Lingkungannya, *Tesis*, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Paine, David, 1992, *Fotografi Udara*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Pramono, Heru, 1987, Unsur-unsur Geografi yang Mempengaruhi Perkembangan Daerah Wisata Parangtritis Yogyakarta, *Tesis*, Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- Rahardjo, Achmad, 1994, Penyusunan Arah Perencanaan dan Pengembangan Wilayah pantai Semarang-Kendal Jawa Tengah, *Skripsi*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Ribaldi, 1995, Pemanfaatan Foto Udara untuk Perencanaan Tata Ruang Wilayah Pantai Tarusan Pesisir Selatan Sumatera Barat, *Tesis*, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Sitanala, Arsyad, 1989, *Konservasi Tanah dan Air*, IPB Press, Bogor.
- Sitorus, S.R.P., 1985, *Evaluasi Sumberdaya Lahan*, Tarsito, Bandung.
- Spillane J.J, 1986, *Ekonomi Pariwisata Sejarah dan Prospeknya*, Kanisius, Yogyakarta.
- Suharsono, Prpto, 1985, Klasifikasi Satuan Bentuklahan, *Diktat*, Dirumuskan bersama Tim Bakosurtanal dan Fak. Geografi UGM, Yogyakarta
- Suharsono, Prpto, 1988, Identifikasi Bentuklahan dan Interpretasi citra untuk Geomorfologi, *Diktat*, PUSPICS - Fakultas Geografi UGM - Bakosurtanal, Yogyakarta.
- Suharto, Paul., 1990, *Geographic Information System : Workshop on Remote Sensing for Landuse Mapping*, PUSPICS - Faculty of Geography, Gadjah Mada University-Bakosurtanal, Yogyakarta.
- Suharyadi, 1991, Sistem Informasi Geografi, *Tutorial*, Fakultas Geografi UGM, Yogyakarta.
- Sumartono, 1994, Erosi Pantai Bali dan Upaya Penanggulangan, *Proceeding Seminar Teknik Pantai 1993*, LPTP BPPPTeknologi, Yogyakarta.
- Suryono, G.F., 1996, Prototype Pengembangan Wilayah Pesisir dan Laut di Daerah P. Biak Irian Jaya, *Seminar Dies XXVI KMTG FT-UGM*, Yogyakarta.
- Sutanto, 1986, *Penginderaan Jauh Jilid I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sutanto, 1987, *Penginderaan Jauh Jilid II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sutikno, 1992, Penginderaan Jauh Untuk Lingkungan Pantai, *Diktat*, PPS UGM, Yogyakarta.

- Sutikno, 1993, *Karakteristik Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia* Dirjen. Pengairan, Departemen Pekerjaan Umum, Yogyakarta.
- Thornbury, W.D., 1954, *Principles of Geomorphology*, John Willy and Sons, New York
- Verstappen, H.Th., 1977, *Remote Sensing in Geomorphology*, Elsevier Scientific Publication, Amsterdam.
- Verstappen, H.Th, 1983, *Applied Geomorphology : Geomorphological Survey for Environmental Development*, Elsevier Science Publishing Company, Amsterdam.
- Vink. A.P.A., 1981, *Landscape Ecology and Landuse*, Longman, London.
- Widiyanto, 1989, Analisis Lingkungan untuk Pengembangan Daerah Pantai Glagah-Bogowanto Kecamatan. Temon – Kulon Progo Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, *Tesis*, Pascasarjana UGM, Yogyakarta.
- Woro, Suratman, 1993, *Evaluasi Lahan untuk Pariwisata*, PUSPICS UGM, Yogyakarta.
- Yoeti O.A., 1986, *Pengantar Ilmu Pariwisata*, Penerbit Angkasa, Bandung.
- Zuidam van R.A dan Zuidam-Cancelado, 1979, *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photographs a Geomorphological Approach*, ITC, The Netherlands.
- Zuidam, R.A, 1985, *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis Geomorphologis Mapping*, ITC, The Netherland



Lampiran 1. Peta Potensi Kemampuan Lahan Area Penelitian Skala Makro (7 Klas)



Lampiran 2. Peta Potensi Kemampuan Lahan Kawasan Pariwisata Alam Pantai Kabupaten Jemberana Bali

**EVALUASI KESESUAIAN LAHAN HUTAN TANAMAN INDUSTRI
DENGAN TEKNIK PENGINDERAAN JAUH DAN
SISTEM INFORMASI GEOGRAFI**

*(Land Suitability Evaluation Of Industrial Forest Plantation With Remote Sensing
Technique And Geographic Information System)*

Oleh :

Mohamad Ichsan Setyowibowo, Hartono, dan Zainuddin Fanani

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Bulaksumur, Telp (0274) 902336, Telex : 25135 Yogyakarta

ABSTRACT

Objectives of the research are to study the benefit of Landsat TM image to extract land characteristic data for the decision land suitability of six plants that can be developed for Industrial Forest Plantation (HTI) and to evaluate land suitability for six plants of HTI by Geographical Information System. It was done in a part of PT. Wirakarya Sakti Industrial Forest Plantation area concession, Province of Jambi, Indonesia. The data was taken from the digital data of Landsat TM in 1996 and field data of land characteristic in 1999. The procedure were consists of interpretation of Landsat TM image to obtain landcover and landform maps, production of landunit that had homogen land characteristic by overlaying landcover and landform maps, field check for accuracy test of landcover and landform interpretation, and getting sample to obtain land characteristic for every land unit, evaluating land by scoring method with comparing between land characteristic and the requirements plants growth of HTI based on CSR/FAO (1983) and PPTA (1993) criteria. The results of this research showed that the accuracy test of landcover interpretation was 89%, and landform interpretation was 89%. The result of the evaluation showed that there were no S1 (highly suitable) and N2 (Permanently Not Suitable) classification in the research area. Classification of land suitability for Acacia mangium in the research area were S2 (Moderately Suitable) 7567,81 ha area (11,51%) and S3 (Marginally Suitable) 58208,99 ha area (88,49%). Classification land suitability for Eucalyptus grandis and Paraserianthes falcataria were S2 9779,16 ha area (14,87%) and S3 55997,64 ha area (85,13%). Agathis loranthifolia has land suitability of S2 8754,80 ha area (13,31%), S3 54447,10 ha (82,78%), and N1 (Currently Not Suitable) 2574,90 ha area (3,91%). Swietenia mahagony has S2 8754,80 ha area (13,31%), S3 57010,63 ha area (86,67%), and N1 11,37 ha area (0,02%). Pinus merkusii has S2 7716,99 ha area (11,73%) and S3 58059,81 ha area (88,27%).

Key words : Remote sensing, GIS, HTI, and land evaluation.

PENDAHULUAN

Kegiatan inventarisasi dan pengelolaan sumberdaya alam dewasa ini tidak lepas dari peran dua teknologi yaitu penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Data penginderaan jauh memberikan informasi yang liputannya luas, cepat, akurat, dan relatif baru, menggambarkan kondisi aktual lahan. Sistem Informasi Geografis adalah suatu sistem yang pada umumnya berbasis komputer dapat menyimpan, mengelola, mengaktifkan kembali, dan menganalisis data yang bereferensi geografis (Aronoff, 1989).

Integrasi teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi dapat memberikan manfaat dan kemudahan dalam pengelolaan sumberdaya alam, survei pemetaan, dan lingkungan yang bersifat keruangan. Berbagai bidang ilmu yang berhubungan dengan tata letak geografis dan pemetaan telah banyak menggunakan integrasi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis ini.

Perkembangan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dipengaruhi oleh perkembangan wahana penginderaan jauh dan perangkat lunak komputer yang memberikan kemampuan dan fasilitas yang lebih baik. Salah satu pembawa sensor penginderaan jauh yang telah berkembang adalah Landsat TM (*Thematic Mapper*) yang merupakan pengembangan dari Landsat MSS (*Multispectral Scanner*).

Keunggulan Landsat MSS dan TM adalah untuk tiap lembar (*scene*) dapat memberikan liputan seluas 185x185 km dibandingkan dengan foto udara diperlukan sebanyak 1600 foto skala 1 : 20.000 dengan tanpa tampalan. Landsat TM mempunyai 7 saluran atau panjang gelombang yang masing-masing saluran memiliki rentang panjang gelombang yang berbeda-beda. Setiap saluran memiliki sensitivitas tertentu dalam mengidentifikasi obyek-obyek di permukaan bumi, misalnya saluran tiga dapat membedakan kelompok jenis tanaman, saluran lima untuk penentuan jenis tanaman, kandungan air dalam tanaman dan kondisi kelembaban tanah (Lillesand dan Kiefer, 1997).

Sistem pengelolaan sumber daya hutan di Indonesia terutama Hutan Tanaman Industri (HTI) memerlukan perhatian yang besar. HTI mempunyai tujuan untuk meningkatkan bahan baku kayu terutama pada lahan kosong dan lahan tidak produktif. Target penanaman tanaman HTI seluas 6 juta hektar sampai tahun 2000 sedangkan sampai tahun 1998 baru terealisasi 2,2 juta hektar dengan total pencadangan areal HTI seluas 8,5 juta hektar. Untuk itu pembangunan Hutan Tanaman Industri dalam skala yang besar sebagai penyedia bahan baku kayu perlu mendapat perhatian.

Tujuan Pengusahaan HTI adalah untuk pengembangan industri kehutanan terutama untuk pasar ekspor,

meningkatkan produktivitas lahan, dan memperbaiki mutu lingkungan hidup dan membuka peluang lebih besar bagi penyediaan kesempatan kerja dan kesempatan berusaha (Iskandar, 1999).

Pembangunan Hutan Tanaman Industri memerlukan informasi mengenai kesesuaian lahan. Keberhasilan dalam pembangunan HTI tidak lepas dari penentuan kesesuaian lahan untuk jenis tanaman HTI sehingga dapat memperoleh hasil yang maksimal.

Penggunaan teknik penginderaan jauh untuk mendapatkan informasi mengenai penggunaan lahan, bentuk-lahan, kelerengan merupakan suatu alternatif yang sesuai karena data tersebut juga menggambarkan kondisi permukaan bumi yang luas liputannya dan sama dengan wujudnya, dengan akurasi yang dapat diterima.

Suatu tanaman akan tumbuh baik apabila ada kesesuaian antara syarat tumbuh tanaman dengan karakteristik lahan tempat tumbuhnya. Unsur-unsur karakteristik lahan dapat diperoleh melalui interpretasi citra penginderaan jauh, survei lapangan, dan analisis laboratorium.

Citra Landsat TM dapat memberikan data karakteristik lahan sebagai parameter yang diperlukan untuk penentuan kesesuaian lahan tanaman HTI. Sistem informasi geografis membantu dalam pengelolaan data dari citra Landsat TM dan data atribut lainnya, pemrosesan,

penayangan hasil, dan tumpang susun peta-peta yang diperlukan untuk menentukan kesesuaian lahan HTI. SIG juga dapat melakukan analisis tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman HTI berdasarkan karakteristik lahan dan kriteria tanaman HTI yang disyaratkan sehingga didapatkan tingkat kesesuaian jenis pohon untuk areal HTI. Analisis kelas kesesuaian lahan menggunakan metode skoring dengan pembobotan terhadap parameter karakteristik lahan dan kriteria tanaman untuk HTI yang diajukan.

TUJUAN

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan kemampuan data Landsat TM dalam menyadap data karakteristik lahan dan manfaat prosedur sistem informasi geografis dalam mengelola data karakteristik lahan untuk menentukan kesesuaian lahan untuk tanaman HTI.

METODE PENELITIAN

Bahan dan alat.

Data yang dipakai adalah Citra Landsat TM band 2,3, 4, dan 5 daerah Jambi tahun 1996. Peta pendukung lainnya adalah Peta Topografi, Peta Geologi, dan Peta Tanah.

Data lapangan yang dibutuhkan untuk evaluasi kesesuaian lahan menurut CSR/FAO 1983 terdiri dari parameter fisik lahan yaitu tekstur tanah, drainase tanah, temperatur, ketersediaan air bulan kering,

curah hujan, kedalaman efektif tanah, kedalaman, kedalaman gambut, kelerengan, singkapan batuan, tingkat bahaya erosi, dan banjir. Parameter kimiawi yaitu salinitas, pH/keasaman, kapasitas tukar kation, N total, Fosfor, dan Kalium.

Metode

Metode yang dipakai pada penelitian ini yaitu metode pengolahan citra untuk menyadap data penutup lahan dan bentuklahan dari citra Landsat TM. Kedua data tersebut ditumpang-susunkan (*overlay*) untuk mendapatkan peta unit lahan sebagai satuan lahan. Uji lapangan dilakukan untuk uji interpretasi penutup lahan dan bentuklahan. Pengukuran lapangan untuk pengambilan sampel karakteristik lahan setiap satuan lahan yang terbentuk.

Evaluasi kesesuaian lahan dilakukan dengan metode skoring pada setiap satuan lahan yaitu membandingkan antara karakteristik lahan dan persyaratan tumbuh tanaman HTI. Hasil akhir berupa peta kesesuaian lahan untuk suatu tanaman HTI. Klasifikasi kesesuaian lahan dibagi lima kelas yaitu S1 atau sangat sesuai (*highly suitable*), S2 atau cukup sesuai (*Moderately Suitable*), S3 atau sesuai marginal (*marginally suitable*), N1 atau tidak sesuai pada saat ini (*Currently not Suitable*), dan N2 atau tidak sesuai permanen (*Permanently not Suitable*).

HASIL PENELITIAN

Koreksi Radiometri dan Geometrik

Pengelolaan citra digital Landsat TM dimulai dengan restorasi citra atau pemulihan citra. Proses tersebut adalah koreksi radiometrik dan geometrik citra. Koreksi radiometrik dilakukan untuk meningkatkan kualitas citra dan mengurangi gangguan yang disebabkan oleh atmosfer bumi. Koreksi radiometrik pada penelitian ini menggunakan *Histogram adjustment* (penyesuaian histogram).

Koreksi geometrik citra Landsat TM dilakukan untuk meletakkan posisi citra pada posisi koordinat di bumi. Koreksi geometrik dimaksudkan untuk meletakkan posisi (transformasi) piksel citra pada posisi sistem koordinat standar. Koreksi ini dilakukan dengan metode *image to map rectification* yaitu citra digital Landsat TM dikoreksi geografik dengan menggunakan koordinat metrik dari peta acuan yang ada Tabel I. Penutup Lahan Daerah Penelitian.

Klasifikasi Penutup Lahan dan Bentuklahan.

Informasi yang dapat diperoleh dari data citra digital Landsat TM adalah informasi penutup lahan dan bentuklahan. Informasi penutup lahan disadap melalui analisis digital sedangkan bentuklahan diketahui dengan interpretasi visual citra Landsat TM.

Tabel I menunjukkan hasil

Tabel 1. Penutup Lahan Daerah Penelitian

No.	Kelas	Jumlah Piksel	Luas (Ha)	Persentase
1.	Vegetasi kerapatan sangat tinggi 1	611867	55068,03	83,42
2.	Vegetasi kerapatan sangat tinggi 2	19243	1731,87	2,62
3.	Vegetasi kerapatan tinggi 1	40153	3613,77	5,47
4.	Vegetasi kerapatan tinggi 2	12423	1118,07	1,69
5.	Vegetasi kerapatan sedang 1	13494	1214,46	1,84
6.	Vegetasi kerapatan sedang 1	11073	996,57	1,51
7.	Vegetasi kerapatan sedang tanah lembab	464	41,76	0,06
8.	Vegetasi kerapatan sedang tanah kering	5556	500,04	0,76
9.	Lahan terbuka 1	15383	1384,47	2,10
10.	Vegetasi kerapatan rendah tanah kering	351	31,59	0,05
11.	Tubuh air	2635	237,15	0,37
12.	Vegetasi kerapatan rendah tanah lembab	304	27,36	0,04
13.	Lahan terbuka 2	543	48,87	0,07
	Jumlah	733489	66014,01	100,00

Sumber : Hasil analisis digital Landsat TM

Tabel 2. Klasifikasi Bentuklahan Daerah Penelitian

Kode	Bentuklahan	Kenampakan pada citra	Luas (Ha)
F1	Dataran Aluvial	Tampak datar berasosiasi dengan alur sungai yang berkelok-kelok	73438,28
F7	Dataran Banjir	Adanya proses aliran permukaan, kesan yang menunjukkan daerah banjir	17024,12
F4	Rawa Belakang	Relief datar, tampak adanya drainase buatan untuk pembuangan air ke sungai	85794,05
D1	Perbukitan Terkikis	Relief tampak kasar, alur erosi permukaan tampak jelas	1047,55
F3	Oxbow Lake	Batas antara air dan darat jelas. Kenampakan berupa air yang menggenang dan luas	916,97
Luas Total			178220,97

Sumber : Hasil Interpretasi Visual Bentuklahan Citra Landsat TM

klasifikasi multispektral Landsat TM daerah penelitian. Gambar I menunjukkan Peta Penutup Lahan hasil klasifikasi multispektral. Tabel II menunjukkan hasil interpretasi visual bentuklahan daerah

penelitian, sedangkan Gambar II menunjukkan Peta Bentuk-lahan daerah penelitian.

Hasil Uji Ketelitian Interpretasi.

Hasil uji ketelitian menunjukkan jumlah sampel terklasifikasi benar dibagi dengan total sampel dikalikan dengan 100 persen. Hasil uji ketelitian interpretasi penutup lahan adalah 89%, sedangkan bentuklahan juga 89%.

Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Tanaman HTI.

Unit pemetaan merupakan satuan pemetaan terkecil dari suatu luasan pemetaan yang sengaja dibuat sebagai satuan dalam pengelolaan di lapangan. Penelitian ini mendasarkan pada unit pemetaan yang terbentuk atas proses *overlay* atau tumpang susun antara peta penutup lahan dan peta bentuklahan.

Hasil pembentukan unit lahan dapat dilihat pada Tabel III, sedang peta unit lahan dapat dilihat pada Gambar III. Pada setiap satuan lahan yang terbentuk tersebut akan dilakukan analisis kesesuaian lahan dan penentuan kesesuaian tanaman untuk suatu tanaman hutan tanaman industri. Pada setiap satuan lahan dicari karakteristik fisik dan kimia berdasarkan CSR/FAO (1983) dan PPTA (1993) dengan sedikit modifikasi. Karakteristik fisik dan kimia diambil langsung dari lapangan untuk mewakili setiap unit lahan yang berbeda. Karakteristik yang dihasilkan nantinya dibandingkan dengan kriteria syarat pertumbuhan dari setiap jenis tanaman HTI yang diajukan sehingga akan dihasilkan kesesuaian lahan dari setiap unit lahan untuk suatu tanaman HTI.

Hasil penilaian karakteristik fisik dan kimia lapangan dapat dilihat pada Tabel IV dan Tabel V.

Evaluasi kesesuaian lahan menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis dengan bantuan *software* ARC/Info versi 3.5 berbasis vektor. Pengisian input tabel dengan karakteristik lahan per unit lahan dilakukan pada setiap tanaman HTI yang diajukan. Kemudian dilakukan operasi sederhana pengharkatan karakteristik lahan pada setiap unit lahan. Dengan pengharkatan tersebut akan diketahui jumlah nilai kuantitatif karakteristik lahan pada setiap unit lahan. Nilai tersebut yang akan menentukan kelas kesesuaian lahan untuk suatu tanaman HTI per unit lahan. Kelas kesesuaian lahan yang diajukan disini adalah S1 atau sangat sesuai (*highly suitable*), S2 atau cukup sesuai (*moderately suitable*), S3 atau sesuai marginal (*marginally suitable*), N1 atau tidak sesuai pada saat ini (*currently not suitable*), dan N2 atau tidak sesuai permanen (*permanently not suitable*).

Hasil analisis kesesuaian lahan per unit lahan untuk enam jenis tanaman HTI yang diajukan dapat dilihat pada Tabel VI. Hasil luas kesesuaian lahan per kelas kesesuaian lahan untuk enam jenis tanaman HTI yang diajukan dapat dilihat pada Tabel VII.

Dari hasil evaluasi dapat dilihat pada daerah penelitian tidak terdapat areal dengan kelas kesesuaian S1 atau sangat

Tabel 3. Unit Lahan Daerah Penelitian

Penutup Lahan	Bentuklahan	Unit Lahan	Luas (Ha)	%	Peringkat
Veg.Ker.sgt.tinggi 1	Dataran Aluvial	F1.1	3967,67	6,01	2
Veg.Ker.sgt.tinggi 2	Dataran Aluvial	F1.2	718,53	1,09	10
Veg.Ker.tinggi 1	Dataran Aluvial	F1.3	807,37	1,22	8
Veg.Ker.tinggi 2	Dataran Aluvial	F1.4	781,01	1,18	9
Veg.Ker.sedang 1	Dataran Aluvial	F1.5	977,32	1,48	5
Veg.Ker.sedang 2	Dataran Aluvial	F1.6	974,24	1,47	7
Veg.Ker.sdg.tanah kering	Dataran Aluvial	F1.8	369,90	0,56	11
Lahan Terbuka 1	Dataran Aluvial	F1.9	1398,26	2,12	4
Veg.Ker.ren.tanah kering	Dataran Aluvial	F1.10	31,58	0,05	20
Veg.Ker.ren.tanah lembab	Dataran Aluvial	F1.12	27,37	0,04	22
Lahan Terbuka 2	Dataran Aluvial	F1.13	70,97	0,11	17
Veg.Ker.sgt.tinggi 1	Dataran Banjir	F7.1	149,18	0,23	16
Veg.Ker.sgt.tinggi 2	Dataran Banjir	F7.2	5,59	0,01	24
Veg.Ker.tinggi 1	Dataran Banjir	F7.3	170,52	0,26	14
Veg.Ker.tinggi 2	Dataran Banjir	F7.4	47,04	0,07	19
Veg.Ker.sedang 1	Dataran Banjir	F7.5	63,57	0,10	18
Veg.Ker.sedang 2	Dataran Banjir	F7.6	0,05	0,00	26
Veg.Ker.sdg.tanah lembab	Dataran Banjir	F7.7	2,03	0,00	25
Veg.Ker.sgt.tinggi 1	Rawa Belakang	F4.1	51173,15	77,52	1
Veg.Ker.sgt.tinggi 2	Rawa Belakang	F4.2	976,81	1,48	6
Veg.Ker.tinggi 1	Rawa Belakang	F4.3	2563,53	3,88	3
Veg.Ker.tinggi 2	Rawa Belakang	F4.4	298,89	0,45	12
Veg.Ker.sedang 1	Rawa Belakang	F4.5	160,33	0,24	15
Veg.Ker.sedang 2	Rawa Belakang	F4.6	11,37	0,02	23
Veg.Ker.sdg.tanah kering	Rawa Belakang	F4.8	30,52	0,05	21
Tubuh Air	Oxbow Lake	F3.11	237,21	0,36	13
Total			66.014,01	100,00	26

Sumber : Hasil Analisis Komputer.

sesuai (*highly suitable*) dan N2 atau tidak sesuai permanen (*permanently not suitable*). Kelas kesesuaian yang ada yaitu kelas S2 atau cukup sesuai (*moderately suitable*), S3 atau sesuai marginal (*marginally suitable*), dan N1 atau tidak sesuai pada saat ini (*per-*

manently not suitable) untuk enam jenis tanaman HTI yang diajukan.

Pada Tabel VI tersebut tidak ditemui unit lahan yang dibentuk oleh bentuklahan rawa (F4) mempunyai kelas kesesuaian S2 (cukup sesuai). Kesesuaian

Tabel 4 Karakteristik Lapangan Hasil Analisis Laboratorium Tanah

Unit Lahan	KTK	Salinitas	Total N	P ₂ O ₅	K ₂ O
F1.1	11.8	70.261	0.191	83.79	41.678
F4.1	10.3	0.210	1.548	94.39	102.66
F7.1	8.9	0.126	0.180	47.51	36.66
F1.2	12.7	0.125	0.190	50.81	26.42
F4.1	13.5	0.106	1.647	4.66	16.13
F7.2	10.4	0.106	0.030	4.66	16.13
F1.3	11.6	0.150	0.274	33.74	33.54
F4.3	12.4	0.144	0.338	11.86	49.28
F7.3	12.4	0.234	0.296	57.84	59.25
F1.4	10.2	0.311	0.030	132.45	88.80
F4.4	13.6	0.446	1.092	33.39	43.78
F7.4	10.2	0.156	0.191	71.37	14.32
F1.5	11.1	0.205	0.190	36.10	29.53
F4.5	13.5	0.226	0.215	78.22	50.10
F7.5	11.2	0.130	0.114	58.89	54.99
F4.6	10.4	0.144	0.076	39.92	15.18
F7.6	12.9	0.136	3.680	53.24	28.34
F7.6	10.2	0.108	0.129	28.69	42.10
F1.7	11.4	0.096	0.153	23.26	28.63
F4.8	12.4	0.287	0.075	69.22	112.90
F1.8	12.1	0.351	2.981	31.39	49.23
F1.9	9.4	0.360	2.820	70.79	60.10
F1.10	12.1	0.210	13.548	94.39	106.66
F1.13	10.4	0.122	0.114	26.93	39.63
F1.12	16.4	0.198	0.290	108.71	62.37

Sumber : Hasil Analisa Laboratorium Tanah Fakultas Geografi UGM, 1999

lahan pada unit lahan yang dibentuk oleh bentuklahan rawa menunjukkan kesesuaian lahan S3 dan N1. Ini menunjukkan pengaruh bahwa rawa kurang baik atau tidak sesuai untuk digunakan sebagai hutan

tanaman industri. Karakteristik lahan yang berpengaruh pada daerah rawa adalah pH tanah yang terlalu asam, kedalaman gambut, drainase, lahan yang tergenang air (banjir). Dengan pembobotan yang tinggi

Tabel 5. Karakteristik Hasil Pengukuran di Lapangan

Unit Lahan	Drainase	Tekstur	Kdlman Ef. Tanah(cm)	Kdlman Gambut	pH Tanah	Lereng	Batuan (%)	Erosi	Banjir
F1.1	6	L	> 100	Tanpa	5.5	< 8 %	2-10	R	Tanpa
F4.1	0.5	LS	> 100	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F7.1	8	LoLs	75-100	Tanpa	5	< 8 %	2-10	R	Tanpa
F1.2	15	LoLs	50-75	Tanpa	5	< 8 %	< 2	SR	Tanpa
F4.1	0.5	LS	> 150	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F7.2	15	LS	> 150	Tanpa	6	< 8 %	< 2	SR	Tanpa
F1.3	1	L	> 100	Tanpa	5	< 8 %	< 2	SR	Berat
F4.3	0.5	LoSi	> 100	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F7.3	1	LoSi	> 100	Tanpa	6	< 8 %	10 – 25	R	Tanpa
F1.4	1	LoSi	> 100	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F4.4	0.5	LoSi	> 100	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F7.4	8	LS	> 100	Tanpa	5	< 8 %	2-10	R	Tanpa
F1.5	12	LS	75 – 100	Tanpa	5	< 8 %	2-10	R	Tanpa
F4.5	0.5	LS	> 100	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F7.5	8	LS	75 – 100	Tanpa	5	< 8 %	2-10	R	Tanpa
F4.6	1	L	> 100	Tanpa	5	< 8 %	10-25	R	Tanpa
F7.6	0.5	LS	> 100	150-300	4	Datar	< 2	S	Berat
F7.6	0.5	LS	> 100	Tanpa	6	< 8 %	2-10	SR	Tanpa
F1.7	1	LS	< 25	Tanpa	5.5	< 8 %	2-10	S	Tanpa
F4.8	1	LoSi	> 100	Tanpa	6	< 8 %	< 2	SR	Tanpa
F1.8	1	LoSi	> 100	150-300	4	Datar	< 2	SR	Berat
F1.9	0.5	LoSi	> 100	Tanpa	5	< 8 %	< 2	SR	Tanpa
F1.10	6	LS	75 – 100	Tanpa	6	< 8 %	2-10	SR	Tanpa
F1.13	10	L	50 – 75	Tanpa	6	< 8 %	2-10	R	Tanpa
F1.12	0.5	LS	> 100	Tanpa	6	< 8 %	< 2	SR	Berat

Sumber : Hasil Pengukuran di Lapangan 1999

Tabel 6. Kelas Kesesuaian Lahan Tanaman HTI per Unit Lahan

Unit Lahan	Luas (Ha)	Kelas Kesesuaian Lahan					
		Akasia	Ekaliptus	Damar	Mahoni	Sengon	Pinus
F1.1	3967.67	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F4.1	51173.15	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F7.1	149.18	S3	S2	S2	S2	S2	S2
F1.2	718.53	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F4.1	976.81	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F7.2	5.59	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.3	807.37	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F4.3	2563.53	S3	S3	N1	S3	S3	S3
F7.3	170.52	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.4	781.01	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F4.4	298.89	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F7.4	47.04	S3	S2	S3	S3	S2	S3
F1.5	977.32	S3	S2	S3	S3	S2	S3
F4.5	160.33	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F7.5	63.57	S3	S2	S2	S2	S2	S3
F4.6	974.24	S3	S2	S2	S2	S2	S3
F7.6	11.37	S3	S3	N1	N1	S3	S3
F7.6	0.05	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.7	2.03	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F4.8	369.90	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.8	30.52	S3	S3	S3	S3	S3	S3
F1.9	1398.26	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.10	31.58	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.13	70.97	S2	S2	S2	S2	S2	S2
F1.12	27.37	S2	S2	S2	S2	S2	S2

Keterangan ; S2 = Cukup Sesuai, S3 = Sesuai Marginal, N1 = Tidak sesuai pada saat ini

pada karakteristik lahan tersebut mempengaruhi kelas kesesuaian lahan.

Tabel VII menggambarkan hasil kesesuaian lahan untuk Akasia kelas S2 (cukup sesuai) seluas 7567,81 ha atau sebesar 11,51% dan kelas S3 (sesuai marginal) seluas 58208,99 ha atau 88,49% dari luas areal penelitian. Untuk tanaman Ekaliptus kelas S2 seluas 9779,16 ha atau 14,87% dan kelas S3 seluas 55997,64 ha atau 85,13% dari luas areal penelitian. Hasil ini sama dengan kelas kesesuaian untuk tanaman Sengon. Sedang untuk tanaman Damar kelas S2 seluas 8754,80 ha atau 13,31%, kelas S3 seluas 54447,10 ha atau 82,78%, dan kelas N1 seluas 2574,90 ha atau 3,91% dari luas areal penelitian. Mahoni mempunyai kelas S2 seluas 8754,80 ha atau 13,31%, kelas S3 seluas 57010,63 ha atau 86,67%, dan N1 seluas 11,37 ha atau 0,02% dari luas areal penelitian. Pinus mempunyai kelas S2 seluas 7716,99 ha atau 11,73% dan kelas S3 seluas 58059,81 ha atau 88,27% dari luas areal penelitian.

KESIMPULAN

Penggunaan citra Landsat TM dan sistem informasi geografis dapat memberikan pertimbangan untuk menentukan kesesuaian lahan bagi tanaman HTI. Hasil penelitian ini merupakan studi kasus, sehingga disarankan ada penelitian lebih lanjut dengan menggunakan citra penginderaan jauh sumberdaya yang lain di berbagai daerah yang mempunyai karakteristik lahan yang berbeda.

pertumbuhan dari setiap jenis tanaman HTI yang diajukan sehingga akan dihasilkan kesesuaian lahan dari setiap unit lahan untuk suatu tanaman HTI.

Hasil penilaian karakteristik fisik dan kimia lapangan dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Evaluasi kesesuaian lahan menggunakan teknologi Sistem Informasi Geografis dengan bantuan *software* ARC/Info versi 3.5 berbasis vektor. Pengisian input tabel dengan karakteristik lahan per unit lahan dilakukan pada setiap tanaman HTI yang diajukan. Kemudian dilakukan operasi sederhana pengharkatan karakteristik lahan pada setiap unit lahan. Dengan pengharkatan tersebut akan diketahui jumlah nilai kuantitatif karakteristik lahan pada setiap unit lahan. Nilai tersebut yang akan menentukan kelas kesesuaian lahan untuk suatu tanaman HTI per unit lahan. Kelas kesesuaian lahan yang diajukan disini adalah S1 atau sangat sesuai (*highly suitable*), S2 atau cukup sesuai (*moderately suitable*), S3 atau sesuai marginal (*marginally suitable*), N1 atau tidak sesuai pada saat ini (*currently not suitable*), dan N2 atau tidak sesuai permanen (*permanently not suitable*).

Hasil analisis kesesuaian lahan per unit lahan untuk enam jenis tanaman HTI yang diajukan dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil luas kesesuaian lahan per kelas kesesuaian lahan untuk enam jenis tanaman HTI yang diajukan dapat dilihat pada Tabel 7.

Dari hasil evaluasi dapat dilihat pada daerah penelitian tidak terdapat areal dengan kelas kesesuaian S1 atau sangat sesuai (*highly suitable*) dan N2 atau tidak sesuai permanen (*permanently not suitable*). Kelas kesesuaian yang ada yaitu kelas S2 atau cukup sesuai (*moderately suitable*), S3 atau sesuai marginal (*marginally suitable*), dan N1 atau tidak sesuai pada saat ini (*permanently not-suitable*) untuk enam jenis tanaman HTI yang diajukan.

Pada Tabel 6 tersebut tidak ditemui unit lahan yang dibentuk oleh bentuklahan rawa (F4) mempunyai kelas kesesuaian S2 (cukup sesuai). Kesesuaian lahan pada unit lahan yang dibentuk oleh bentuklahan rawa menunjukkan kesesuaian lahan S3 dan N1. Ini menunjukkan pengaruh bahwa rawa kurang baik atau tidak sesuai untuk digunakan sebagai hutan tanaman industri. Karakteristik lahan yang berpengaruh pada daerah rawa adalah pH tanah yang terlalu asam, kedalaman gambut, drainase, lahan yang tergenang air (banjir). Dengan pembobotan yang tinggi pada karakteristik lahan tersebut mempengaruhi kelas kesesuaian lahan.

Tabel 7 menggambarkan hasil kesesuaian lahan untuk Akasia kelas S2 (cukup sesuai) seluas 7567,81 ha atau sebesar 11,51% dan kelas S3 (sesuai mar-

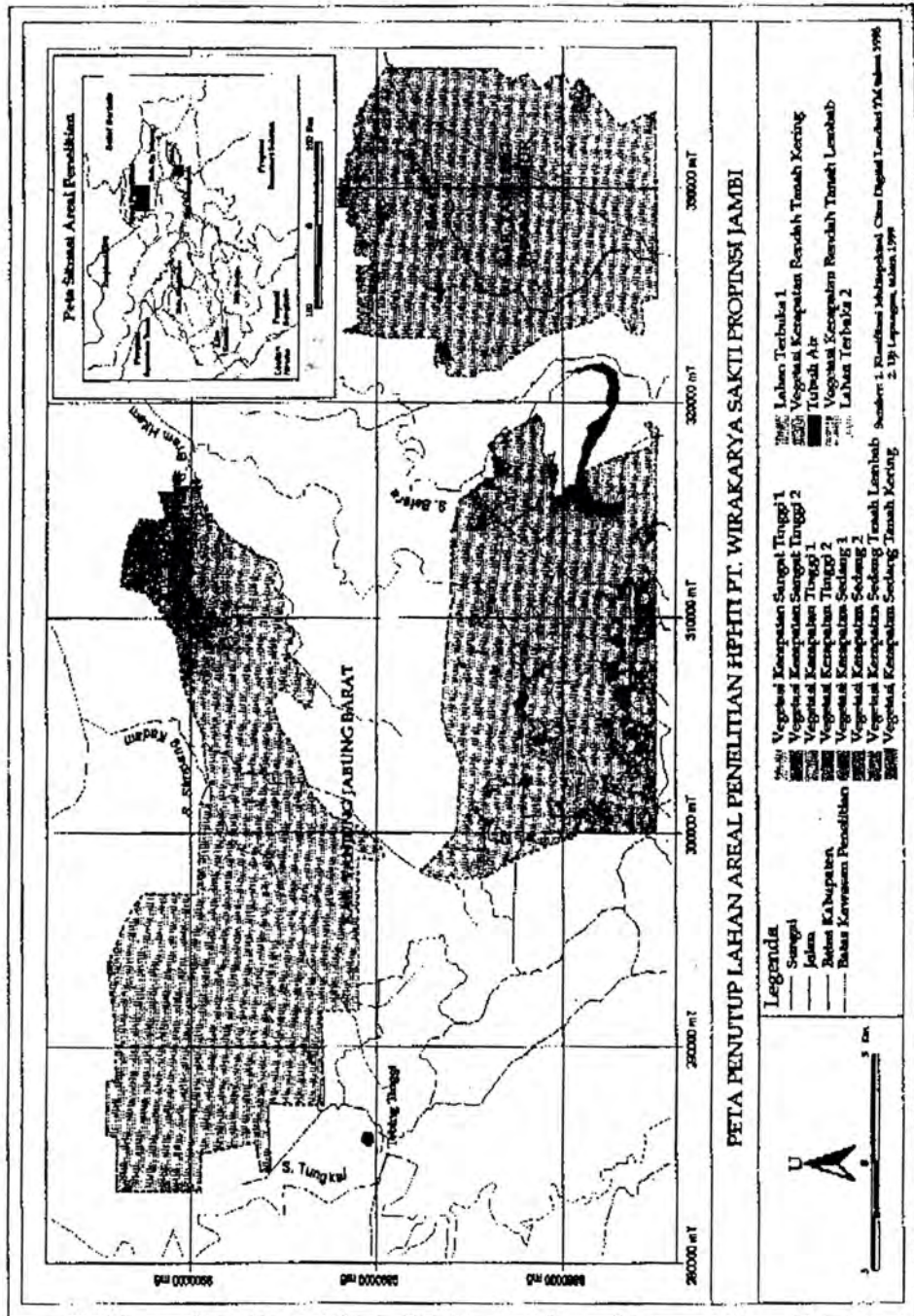
ginal) seluas 58208,99 ha atau 88,49% dari luas areal penelitian. Untuk tanaman Ekaliptus kelas S2 seluas 9779,16 ha atau 14,87% dan kelas S3 seluas 55997,64 ha atau 85,13% dari luas areal penelitian. Hasil ini sama dengan kelas kesesuaian untuk tanaman Sengon. Sedang untuk tanaman Damar kelas S2 seluas 8754,80 ha atau 13,31%, kelas S3 seluas 54447,10 ha atau 82,78%, dan kelas N1 seluas 2574,90 ha atau 3,91% dari luas areal penelitian. Mahoni mempunyai kelas S2 seluas 8754,80 ha atau 13,31%, kelas S3 seluas 57010,63 ha atau 86,67%, dan N1 seluas 11,37 ha atau 0,02% dari luas areal penelitian. Pinus mempunyai kelas S2 seluas 7716,99 ha atau 11,73% dan kelas S3 seluas 58059,81 ha atau 88,27% dari luas areal penelitian.

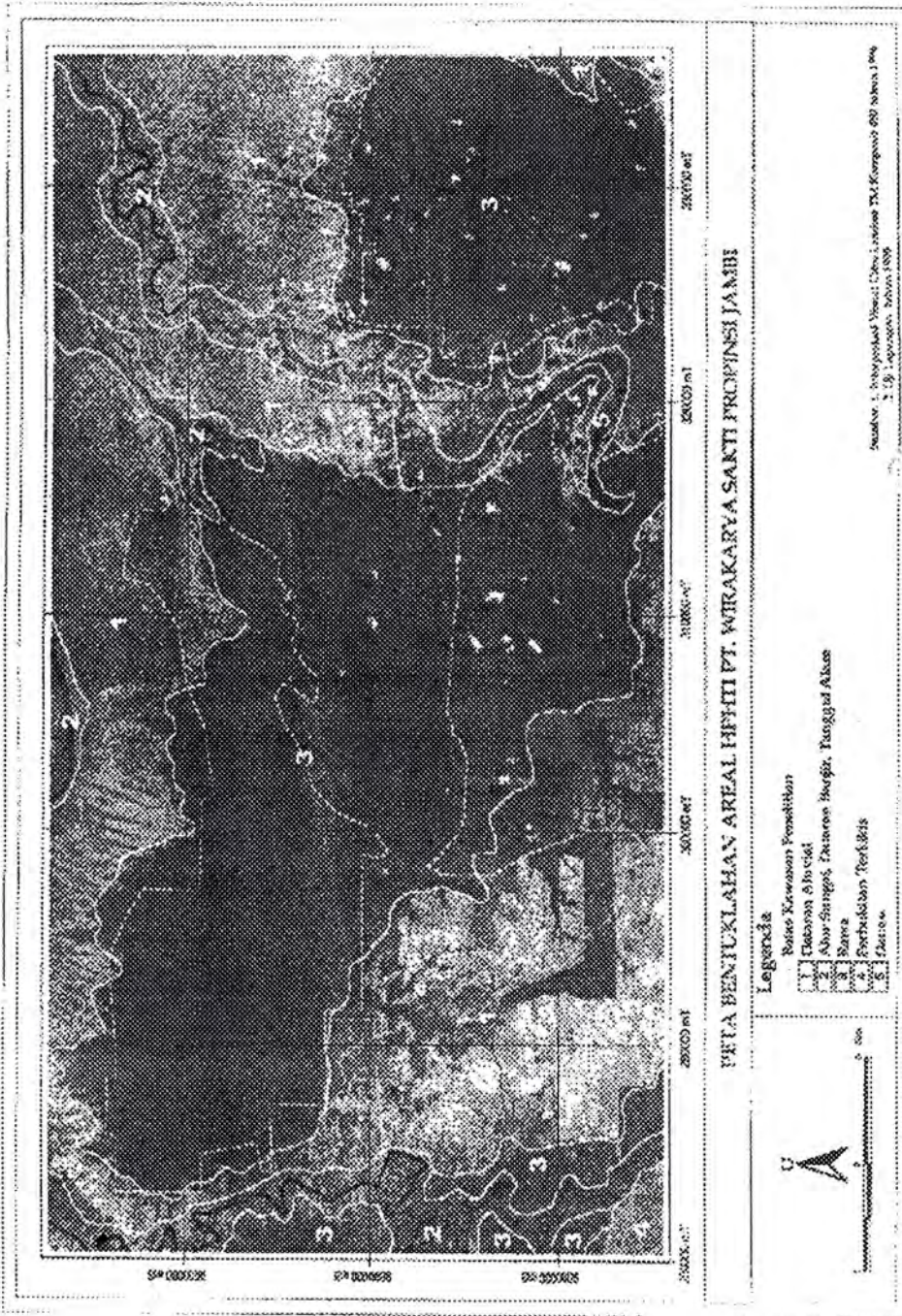
KESIMPULAN

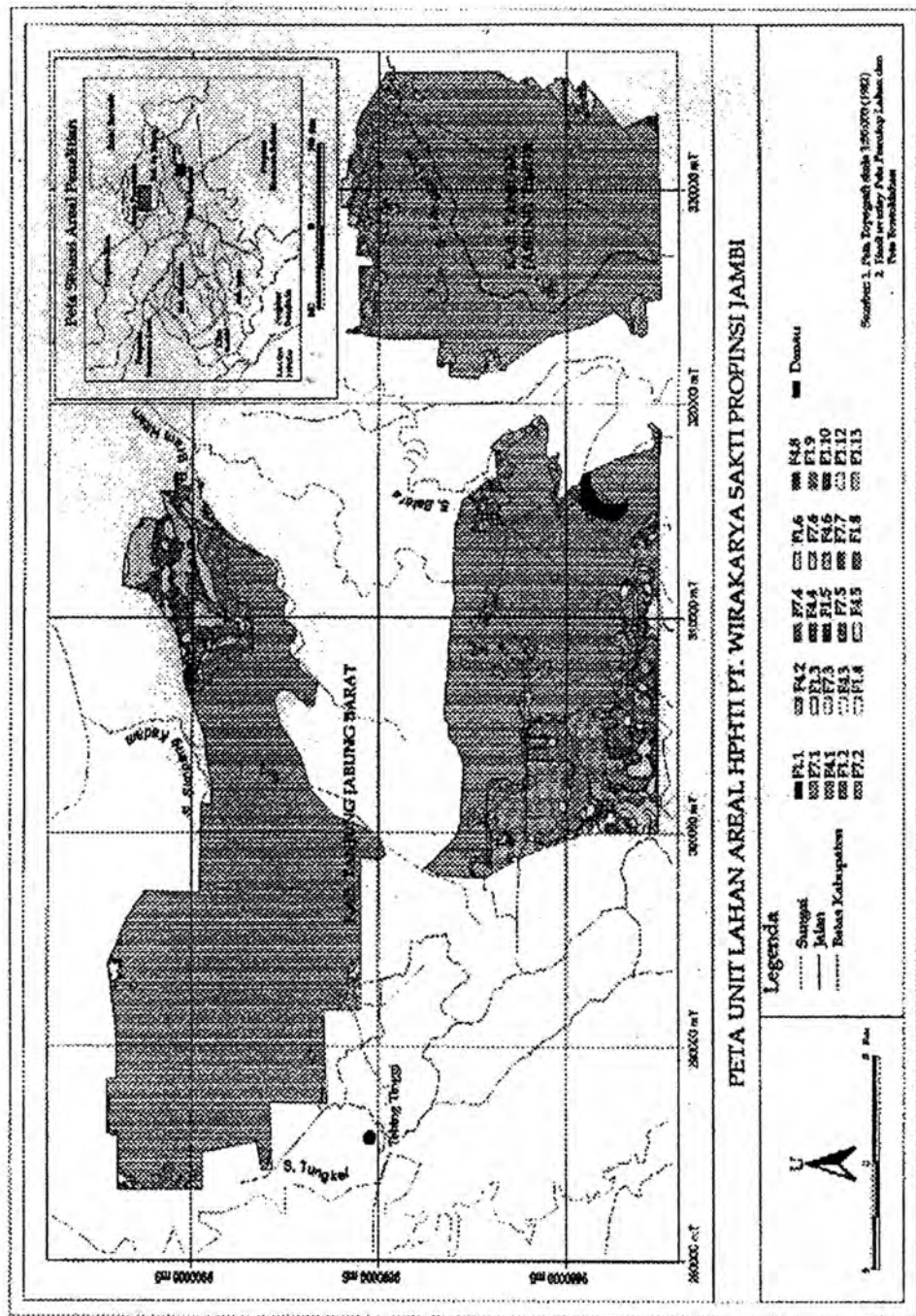
Penggunaan citra Landsat TM dan sistem informasi geografis dapat memberikan pertimbangan untuk menentukan kesesuaian lahan bagi tanaman HTI. Hasil penelitian ini merupakan studi kasus, sehingga disarankan ada penelitian lebih lanjut dengan menggunakan citra penginderaan jauh sum-berdaya yang lain di berbagai daerah yang mempunyai karakteristik lahan yang berbeda.

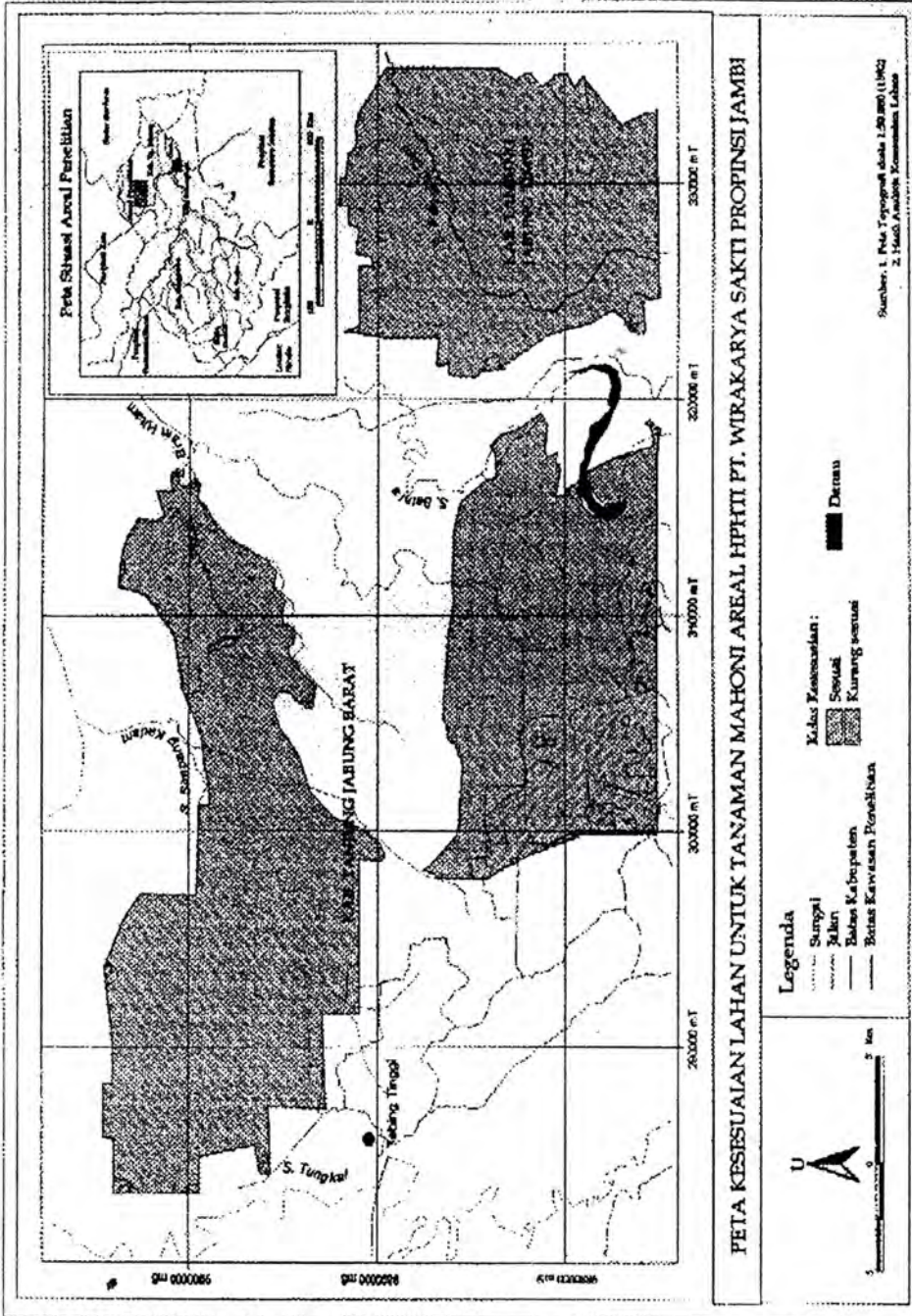
DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1995. Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 206/KPTS-II/95 tanggal 11 April 1995 tentang *Pedoman Teknis Penyelenggaraan Pembuatan Hutan Tanaman Industri*. Koperasi Karyawan Departemen Kehutanan, Jakarta.
- Aronoff, Stan. 1989. *Geographic Information System a Management Perspective*. Ottawa : WDL Publication.
- Iskandar, Untung. 1999. *Aplikasi Manajemen Teknologi Menuju Hutan Lestari*. Bigraf Publishing. Bayu Indra Grafika. Yogyakarta.
- Lillesand & Kiefer. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University Press.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1993. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat kerjasama dengan Proyek Pembangunan Penelitian Pertanian Nasional Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian.
- Sitorus, S.R.P. 1985. *Evaluasi Sumberdaya Lahan*. Tarsito, Bandung.









**ARTI PENTING INFORMASI MORFODINAMIKA PANTAI
PARANGTRITIS, PROPINSI DAERAH ISTIMEWA
YOGYAKARTA BAGI KEAMANAN
PARA PENGUNJUNG**

*(The Meaningfull Of The Morphodynamical Information Of Parangtritis Beach, Special
Region Of Yogyakarta To The Visitors Safety)*

Oleh:

Suprpto Dibyosaputro

Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada

Bulaksumur, Telpⁿ (0274) 902336, Telex : 25135 Yogyakarta

ABSTRACT

The research was carried out at Parangtritis beach, Special Region Of Yogyakarta Province, with the aim of beach morphodynamic study, which deal with beach morphology, bay and promontory, wind direction, pattern and direction of incoming wave, position and width of surf zone as well as the site and direction of rip current. Observation method was applied in this study, both laboratory and field observation. In order to reach out for and touch the aim of the study, primary and secondary data were necessitated such as beach morphology, bay and promontory, wind direction, pattern and direction of incoming wave, position and width of surf zone as well as the position and direction of rip current. This study was initiated by mean interpretation of panchromatic aerial photographs, scale of 1:40,000. Field observation was carried out in order to collect primary data on wind direction, wave height, beach morphology, and site of rip currents. The results of the study show, that as the effect of the inclining incoming wave to the average coastline direction is on sand drift processes along the beach and the shifting on position of bays and promontories along the Parangtritis beach to west direction. Parangtritis beach belongs to the crescentic beach type. This type of the beach create the concentration of reflected wave by the bay shore line produce such water current with high energy and velocity, called rip current. In the meanwhile, low energy and slow movement of reflected wave on promontory occurred, because all incoming wave is reflected and dispersed out of the promontory. Bay areas constitute the danger zone for visitors who swim and take a bath in sea water, because of highly probability to be carried away by rip current to the sea. At the opposite condition, area in front of promontory looked to be relatively save for water recreation such swim and take a bath by visitors, because of low energy and slightly slow movement of reflected wave by coastline. Therefore such information on beach morphodynamic include of the beach morphology especially on the shifting of bays and promontories, incoming wave patterns and its direction, site and direction of rip current have a highly meaningful information for the visitor's safety who want to do recreation in the sea water at Parangtritis beach.

Key words : Coastal morphodinamic

PENDAHULUAN

Sumberdaya lahan di wilayah Parangtritis mempunyai berbagai panorama menarik untuk tujuan kepariwisataan. Bentuklahan sebagai salah satu sumberdaya lahan keberadaannya sangat diperlukan dan berkaitan erat dalam pembangunan sektor kepariwisataan tersebut. Di alam ini minimal dikenal paling sedikit 18 (delapan belas) jenis sumberdaya lahan dalam kaitannya dengan kegiatan rekreasi, dan beberapa diantaranya terdapat di wilayah pesisir. Parangtritis sebagai kawasan tujuan wisata, mempunyai beberapa tipe wisata sumberdaya lahan antara lain: sumberdaya alam (non hayati dan hayati) dan sumberdaya budaya. Sumberdaya alam tersebut meliputi panorama pantai, dinding terjal (cliff), perbukitan, gelombang, gumuk pasir yang diantaranya mempunyai bentuk khas (barchan), air panas mengandung belerang dari mataair celah (fissure spring), dan kejadian alam yang rutin berupa matahari tenggelam. Dilain hal, sumberdaya budaya seperti misalnya melakukan semedi di Parangkusumo yang secara mitos dipercayai sebagai tempat bertemunya raja Yogyakarta jaman dahulu dengan Ratu Laut Selatan (Segoro Kidul), aktivitas labuhan pada Tahun Baru Jawa (1 Suro), perlombaan layang-layang, kemping, ziarah ke-makam Syeih Maulana Maghribi dan Syeih Belabelu, mandi air panas di Parangwedang, pemancingan, mandi di air laut, tradisi kunjungan pada malam 1 Suro, malam Jum'at Kliwon, dan malam Selasa Kliwon.

Dari sekian banyak kegiatan wisata oleh para pengunjung yang ada di Parangtritis tersebut, terdapat salah satu kegiatan wisata yang sering menelan korban jiwa hanyut terbawa arus yaitu wisata mandi laut. Hal ini diakibatkan kurangnya informasi tentang dinamika gerakan air didepan pantai. Dari tahun 1990 hingga 2001 telah tercatat lebih dari 7 orang pengunjung yang hanyut kelaut akibat terbawa *rip current*.

Dengan demikian perlu adanya suatu informasi khususnya berkenaan dengan dinamika Pantai Parangtritis baik morfologi pantai, kedudukan teluk dan tanjung serta kedudukan dan arah *rip current* pada waktu tertentu, khususnya pada saat periode ramai pengunjung.

MAKSUD DAN TUJUAN

Penelitian ini bermaksud memberikan informasi kepada para pengunjung tentang dinamika perairan pantai dan morfologi pantai yang sangat berguna bagi keamanan para pengunjung kawasan wisata Pantai Parangtritis dari terhanyutnya manusia oleh *rip current*. Selain itu, juga memberikan informasi tentang lokasi dari perairan dekat pantai yang relatif aman untuk rekreasi air seperti berenang dan mandi di laut.

Dengan demikian, para pengunjung yang akan mandi dan berenang (*bathing and swimming*) di perairan laut hendaknya memperhatikan dinamika air laut dekat pantai yang secara langsung dapat

diperhatikan dari pola gelombang, sudut datang gelombang terhadap garis pantai, bentuk garis pantai, dan morfologi pantai. Dengan demikian, para pengunjung akan dapat aman dan terhindar dari derasnya *rip current* yang membahayakan jiwa mereka.

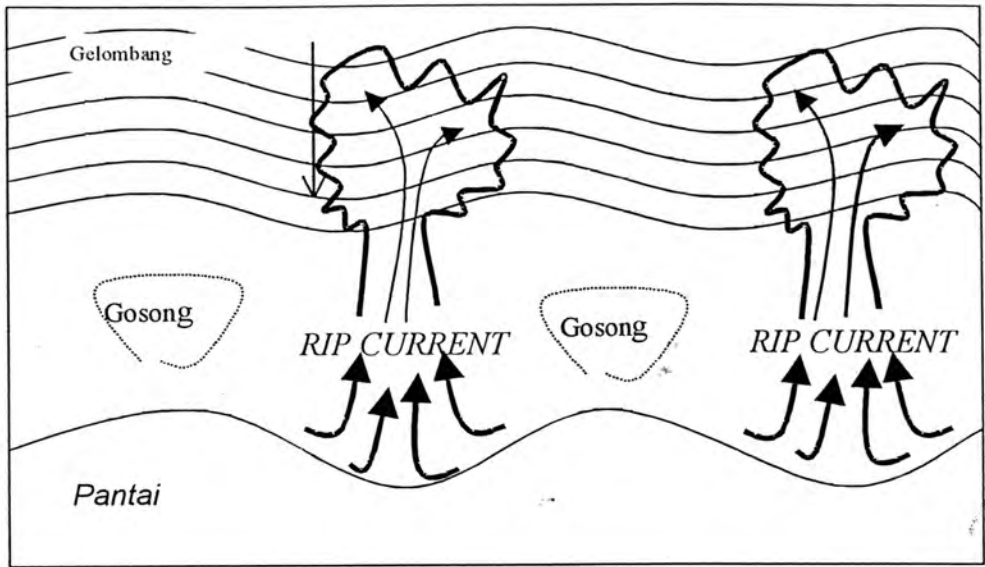
TUJUAN PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan mempelajari "morfodinamika Pantai Parangtritis dan menetapkan letak dan arah arus balik permukaan (*rip current*) perairan dekat pantai (*near shore*)" yang merupakan informasi penting bagi para pengunjung.

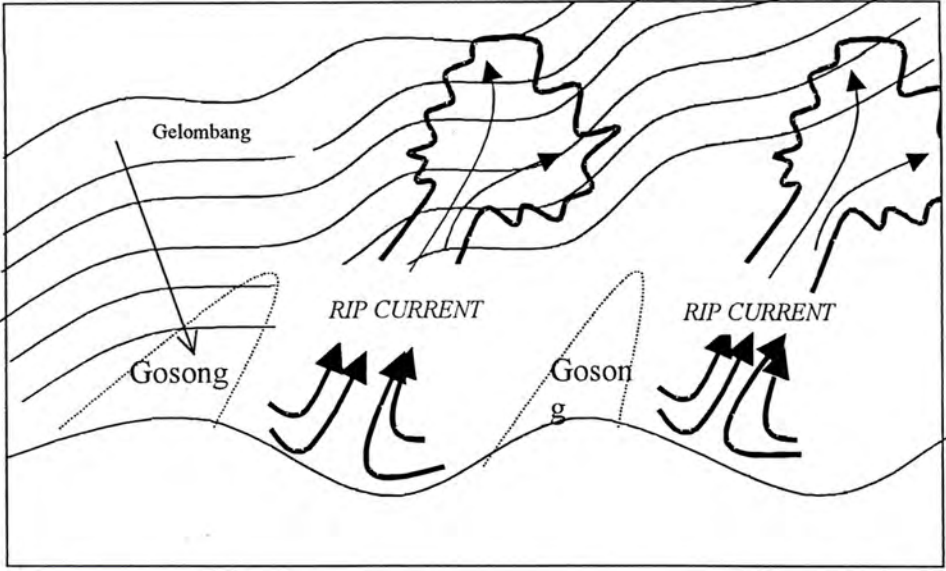
LANDASAN TEORI

Gelombang adalah pergerakan goyangan didalam tubuh air yang ditunjukkan oleh naik turunnya permukaan air. Gerakan naik turunnya permukaan air ini dapat terjadi pada permukaan perairan terbuka, seperti laut, lautan, dan danau (Bhatt, 1978). Mekanisme pembentukan gelombang relatif sangat kompleks. Apabila angin meniup dan energinya mengenai air pada tubuh perairan dalam, gesekan dan tekanan angin pada permukaan air tersebut dapat mengakibatkan terbentuknya gelombang. Efektivitas angin dalam pembentukan gelombang tergantung pada 3 (tiga) faktor yaitu: (1) rata-rata kecepatan angin yang akan menentukan tekanan angin, (2) lama angin bertiup, dan (3) luas permukaan air dimana angin meniup. Apabila terjadi angin kencang dalam waktu

yang lama pada permukaan air laut yang luas, dapat membentuk gelombang yang besar dan tinggi. Dalam hal ini menunjukkan ada korelasi antara kecepatan angin dengan ketinggian gelombang, yang dinyatakan dengan Skala Beauford. Apabila gelombang mendekati pantai, maka gelombang mulai bergerak mendekati dasar laut. Pada saat ini kedalaman air laut sekitar setengah dari panjang gelombang. Ditambah lagi, panjang dan tinggi gelombang meningkat tetapi kecepatannya menurun. Akhirnya gelombang akan menghempas ke darat-an pantai. Akibat dari gelombang yang pecah tersebut, air bergerak sebagai gelombang pecah (*surf*) dalam suatu mintakat tertentu yang dikenal dengan zona pecah gelombang (*surf zone*). Pecahan gelombang tersebut bergerak menuju ke pantai pada sudut yang sejajar dengan pantai. Jika gelombang pecah tersebut datangnya sejajar dengan garis pantai, maka setelah terjadi hempasan dipantai, air akan bergerak sejajar dengan garis pantai membentuk arus sepanjang pantai (*longshore current*). Tetapi dalam hal pantainya tidak lurus seperti pada bagian teluk, gerakan air balik akan tegak lurus garis pantai menuju ke laut, dan membentuk arus air balik sempit dan cepat dan dikenal dengan "*rip current*". Adanya *rip current* di sepanjang pantai dapat dikenali dengan adanya lintasan jalur air mengalir menuju laut. Posisi dan arah *rip current* tergantung pada sudut datangnya gelombang pecah dan bentuk garis pantai. Gambar 1 menunjukkan *rip current* yang terjadi pada teluk dengan arah datangnya



Gambar 1. Arah arus balik (*rip current*) yang terjadi akibat gelombang sejajar dengan arah rata-rata garis pantai (Pethick, 1984)



Gambar 2. Arah arus balik (*rip current*) yang terjadi akibat gelombang datang menyusut terhadap arah rata-rata garis pantai (dari Pethick, 1984)

gelombang sejajar dengan arah rata-rata garis pantai. Arus balik yang terjadi terkonsentrasi di bagian tengah teluk menuju ke laut dengan kecepatan tinggi. Pada kondisi seperti ini di depan tanjung terdapat adanya endapan gosong pasir laut dangkal (*longshore bar*), yang oleh karena adanya *rip current* dan arus balik pada dasar pantai dangkal (*underlaw*) maka gosong pasir laut dangkal tersebut terpotong oleh arus tersebut membentuk celah. Pada Gambar 2, datangnya gelombang pecah menyudut terhadap arah rata-rata garis pantai, sehingga posisi dan arah *rip current* berbeda dengan yang terjadi pada kasus pertama. Gelombang pecah yang datang menyudut tersebut setelah menghempas daratan teluk dipantulkan ke laut dalam bentuk arus balik permukaan (*rip current*) dengan arah pantulan sama arah datangnya gelombang tersebut. Gosong pasir laut dangkal yang terbentuk mulai dari daratan ujung tanjung dengan arah yang menjauh datangnya gelombang searah dengan *rip current*. *Rip current* sangat berbahaya bagi para perenang, karena dengan kecepatan arus tinggi, perenang dapat terbawa hanyut ke laut.

DATA DAN METODE PENELITIAN

Data

Data yang diperlukan untuk mencapai tujuan penelitian ini meliputi data sekunder dan data primer.

- 1) Data sekunder, terdiri dari data hasil penelitian terdahulu meliputi:

- i. arah angin, gelombang (arah dan tinggi),
- ii. morfodinamika pantai.

- 2) Data primer mencakup:

- i. Pola dan arah datangnya gelombang, geomorfologi wilayah Pantai Parangtritis, diperoleh dengan interpretasi foto udara dan uji lapangan,
- ii. posisi dan arah arus balik.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi yakni melakukan pengamatan, pengukuran, dan pencatatan parameter dinamika morfologi pantai, baik observasi laboratorium maupun observasi lapangan.

Observasi laboratorium, mencakup kegiatan interpretasi foto udara pankromatik hitam putih skala 1:40.000 tahun 1979, guna pengumpulan data primer bentuklahan dan pembuatan peta geomorfologi, pola gelombang, sudut datang gelombang, zone pecah gelombang, tipe pantai dan posisi serta arah arus balik Pantai Parangtritis.

Observasi lapangan, meliputi kegiatan-kegiatan pengukuran beberapa data yang tidak dapat diperoleh pada kegiatan laboratorium, seperti misalnya arah angin, arah gelombang datang, serta arah dan letak *rip current*.

Hasil interpretasi foto udara, data sekunder, dan hasil pengukuran lapangan tentang parameter geomorfologi pantai dan

perairan Pantai Parangtritis, kemudian dianalisis secara keseluruhan untuk menentukan morfodinamika Pantai Parangtritis yang penekannya pada dinamika morfologi pantai (posisi teluk dan tanjung) dan letak serta arah *rip current*.

DAERAH PENELITIAN

Kegiatan penelitian ini dititik beratkan pada wilayah Pantai Parang-tritis mulai dari sebelah timur muara Sungai Opak hingga gawir (*escarpment*) sebelah timur Desa Parangtritis, seperti disajikan pada Gambar 3. Secara administrasi daerah penelitian termasuk Desa Parangtritis, Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Sebagian besar wilayah pesisir Parangtritis didominasi oleh gumuk pasir baik yang masih aktif maupun tidak aktif. Secara fisik daerah penelitian, sebelah utara berbatasan dengan perbukitan karst bagian barat dari Formasi Wonosari, bagian timur berbatasan dengan gawir sesar engsel (*flexure*) Pegunungan Seribu, bagian barat berbatasan dengan Sungai Opak dan bagian selatan berbatasan dengan laut lepas Samudera Hindia.

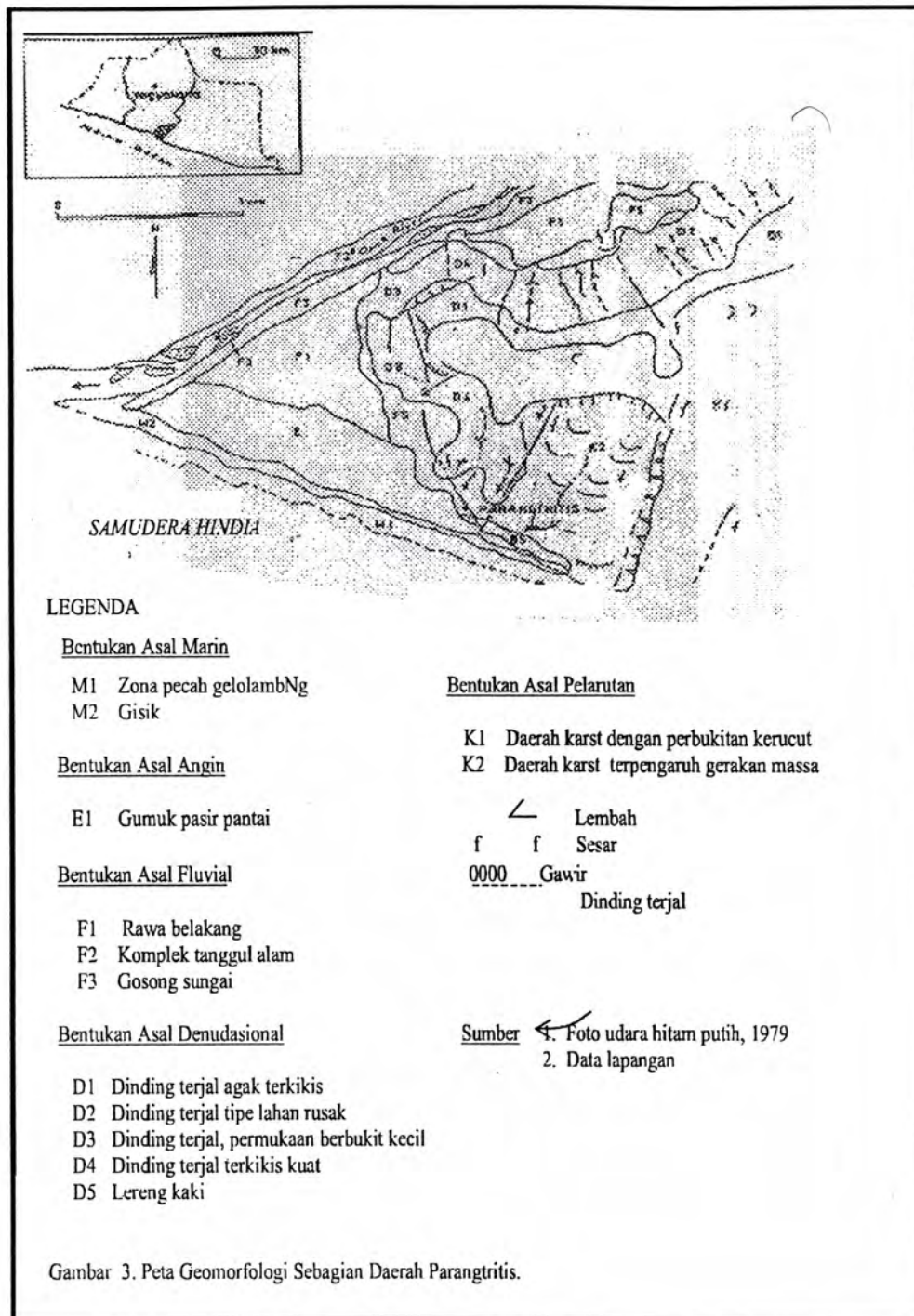
HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi Pantai Parangtritis dapat dilihat dengan jelas pada foto udara pankromatik hitam putih skala 1:40.000. Pantai Parangtritis yang membujur arah Timur-Barat secara keseluruhan tersusun atas sederetan selang-seling antara tanjung

dan teluk yang mencirikan pantai dari tipe kresentik (*crescentic beach*).

Berturut-turut mulai dari darat ke arah laut, wilayah pesisir Pantai Parangtritis tersusun atas bentuklahan-bentuklahan dari berbagai satuan bentukan asal (*forms of origin*) yaitu bentuklahan bentukan asal denudasi-onal, fluvial, angin, dan marin, seperti disajikan pada Gambar 3. Bentuk asal denudasional meliputi bentuklahan-bentuklahan: Dinding terjal agak terkikis (D1), Dinding terjal tipe lahan rusak (D2), Dinding terjal dengan permukaan berbukit kecil (D3), Dinding terjal terkikis kuat (D4), dan Lereng kaki perbukitan (D5). Bentuk asal fluvial terdiri dari Rawa belakang fluvial (F1), Kompleks tanggul alam (F2), dan Gosong sungai (F3) di sepanjang alur Sungai Opak. Bentuk asal angin didominasi oleh Gumuk pasir (E1) yang didalamnya terdapat berbagai tipe gumuk pasir seperti: Gumuk pasir normal, Gumuk pasir sejajar, dan Gumuk pasir sabit (*barchan*). Bentuk asal marin terdiri dari bentuklahan Gisik (pantai =M2) yang berbatasan dengan Zone pecah gelombang (M1).

Dari berbagai bentuklahan yang ada di wilayah studi, penelitian ini ditekankan terutama pada dinamika bentuklahan Gisik (pantai) serta dinamika gelombang dan arus di zone pecah gelombang. Indonesia beriklim tropik basah, dan ditandai adanya dua musim yaitu musim penghujan (Muson Barat) dan musim kemarau (Muson Timur). Kedua musim tersebut berpengaruh besar terhadap

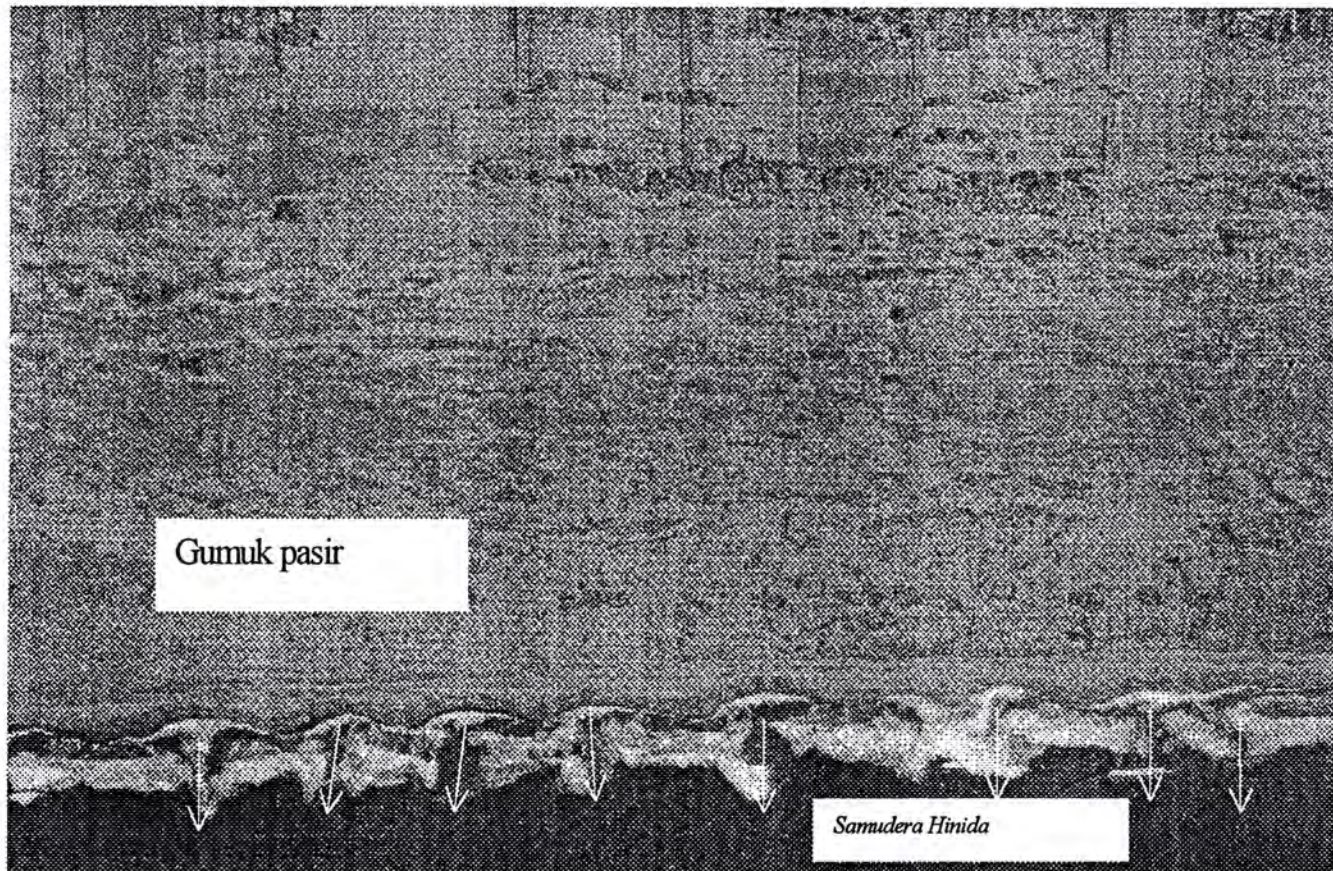


pola dan arah gelombang dan arus laut. Pada saat musim penghujan angin datang dari Barat Laut menuju Tenggara, dan sebaliknya pada saat musim kemarau angin datang dari arah Tenggara menuju ke Barat Laut. Di Pantai Jawa bagian Selatan, khususnya Pantai Parangtritis pada musim kemarau angin datang dari arah Tenggara menuju ke Barat Laut dengan azimuth gerakan angin sekitar $N 340^{\circ} E - N350^{\circ} E$. Gerakan angin tersebut mampu menggerakkan bukit pasir yang ada di daratan searah dengan arah angin tersebut.

Dengan gerakan angin yang bertiup di atas perairan laut bebas dari arah Tenggara mampu membentuk gelombang laut yang gerakan gelombangnya searah dengan arah angin yaitu dengan azimuth sekitar $N340^{\circ} E - N350^{\circ} E$. Sesampainya gelombang tersebut dekat pantai (*near shore*), gelombang sebagian pecah didalam zona pecah gelombang (*surf zone*), dimana untuk Pantai Parangtritis lebar zona pecah gelombang berkisar antara 600-800 meter dari garis pantai. Arah garis pantai rata-rata di Pantai Parang-tritis sekitar $N15^{\circ} E$. Dengan demikian maka gelombang datang tersebut menyudut antara $25^{\circ} - 30^{\circ}$ terhadap garis pantai. Gelombang yang datang menghempas daratan sambil mengangkut material pasir, dimana sebagian dari pasir diendapkan pada gisik (pantai) dan sebagian lagi diangkut kembali ke laut oleh arus balik. Pada saat air laut kembali kelaut, arah gerakannya searah dengan arah kemiringan gisik, sehingga gerakan pasir terlihat menggeser ke arah Barat dengan

gerakan zig-zag, yang disebut dengan gerakan "sand drift". Seperti telah disebutkan dimuka bahwa Pantai Parangtritis termasuk tipe pantai kresantik (*crescentic beach*) yang terdiri dari sederetan tanjung dan teluk secara berselang-seling (Gambar 4). Dari foto udara terlihat bahwa teluk di bagian Timur lebih lebar daripada teluk bagian barat yang dekat muara Sungai Opak. Disamping itu besarnya kemiringan lereng gisik di bagian Timur lebih landai daripada kemiringan lereng gisik di bagian Barat. Hal ini sangat ter-gantung pada jauh dan dekatnya jarak pantai tersebut dengan muara sungai pembawa sedimen. Semakin jauh dari muara sungai, ukuran material sedimen semakin halus, dan kemiringan lereng gisik semakin landai, dan begitu sebaliknya, semakin dekat dengan muara sungai akan semakin besar diameter butir sedimen, sehingga berakibat semakin besarnya kemiringan lereng gisik. Gerakan pasir secara zig-zag tersebut berakibat pada ketidakstabilan letak tanjung dan teluk yang selalu berubah dan berpindah dari waktu ke waktu, yakni dengan bergesernya posisi ke arah barat. Di waktu musim kemarau pergeseraan letak tanjung dan teluk berkisar antara 5-10m dalam waktu 1 bulan (Suprpto, 1985).

Pantai dengan tipe kresantik mempunyai pola dan dinamika air di perairan laut baik pada bagian teluk maupun tanjung, seperti disajikan pada Gambar 4. Pada bagian teluk terlihat bahwa jalur gelombang yang datang menuju pantai terputus dan justru arah riak gelombang



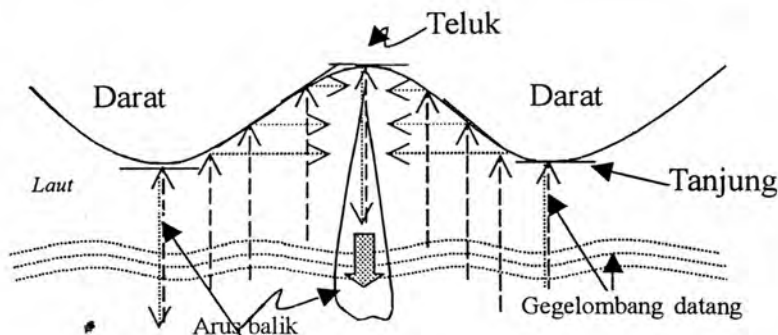
Gambar 4. Foto udara bagian barat Pantai Parangtriris menunjukkan bentuk pantai yang tersusun atas teluk dan tanjung (*crescentic beach type*). Didepan teluk terlihat riak gelombang menjorok ke arah laut yang mengidentifikasi letak arus balik (rip current) yang berbahaya bagi para pengunjung yang renang dan mandi di perairan laut.(tanda panaah menunjukkan arah dan letak arus balik)

menjorok ke arah laut. Hal ini disebabkan oleh adanya arus balik yang kuat hasil pantulan gelombang oleh garis pantai teluk yang terkonsentrasi di bagian tengah lengkung dalam teluk tersebut, yang dikenal sebagai "rip current". Secara skematis terbentuknya arus balik yang kuat tersebut diajikan pada Gambar 5. Dengan anggapan bahwa gerakan air di dalam gelombang laut tersebut terdiri dari banyak garis-garis (vektor) aliran air yang mempunyai arah dan kekuatan yang hampir sama, maka setelah masing-masing aliran air tersebut menghantam pantai akan dipantulkan mengikuti hukum fisika. Gerakan aliran air gelombang yang datangnya menyudut terhadap garis pantai akan dipantulkan dengan sudut pantul yang sama dengan sudut datangnya aliran air gelombang tersebut. Dengan demikian bagian teluk ini akan merupakan tempat terkonsentrasinya pantulan-pantulan gelombang dari sisi-sisi garis pantai teluk,

dan akhirnya terbentuk arus balik yang kuat (*rip current*). Sebaliknya pada bagian tanjung, pantulan aliran air gelombang tersebut justru menyebar keluar tanjung, sehingga di bagian depan tanjung mempunyai arus balik yang sangat lemah. Oleh karena itu, dengan adanya arus balik yang kuat (*rip current*) pada teluk, maka daerah ini merupakan daerah yang bahaya bagi para pengunjung untuk berenang atau mandi ditempat tersebut, karena dapat terbawa oleh arus balik. Sebaliknya daerah yang relatif aman untuk berenang dan mandi di laut adalah perairan laut dangkal di depan tanjung, karena daerah ini menerima arus balik lebih sedikit sehingga arus balik tersebut mempunyai kekuatan yang lemah.

KESIMPULAN

Berikut ini kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian tentang arti



Gambar 5. Arus balik (*rip current*) di depan teluk akibat gelombang datang yang dipantulkan oleh garis pantai sehingga terjadi konsentrasi arus balik yang kuat menuju kelaut.

penting informasi morfodinamika Pantai Parangtritis, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, bagi keamanan para pengunjung.

1. Mempelajari morfodinamika pantai yang mencakup morfologi pantai, teluk dan tanjung, pola dan arah gelombang datang, letak dan lebar zona pecah gelombang, letak dan arah arus balik dapat dengan mudah dan cepat disadap dari foto udara untuk pelaksanaan pemetaannya.
2. Pergeseran letak tanjung dan teluk di pantai Parangtritis terjadi akibat gerakan pasir yang menggeser ke arah Barat dengan cara insudasi pasir (*sand drift*), sebagai akibat dari arah datangnya gelombang yang menyudut terhadap garis pantai.
3. Pantai Parangtritis termasuk kedalam tipe pantai kresentik (*crescentic beach*). Dengan tipe pantai kresentik ini menyebabkan terjadinya konsentrasi arus balik di daerah bagian teluk yang mempunyai kecepatan dan

tenaga tinggi (*rip current*), dan sebaliknya arus balik yang lemah terjadi di daerah bagian depan tanjung karena arus balik dipantulkan menyebar keluar dari tanjung tersebut.

4. Adanya arus balik yang kuat di daerah teluk ini menjadikan daerah ini merupakan daerah yang bahaya bagi para pengunjung yang mandi dan berenang di perairan laut. Hal ini dikarenakan adanya kemungkinan besar terseretnya jiwa oleh arus balik tersebut. Sebaliknya daerah di bagian depan tanjung merupakan daerah yang relatif aman untuk berenang dan mandi, karena daerah di bagian ini mempunyai arus balik yang lemah.
5. Informasi tentang morfodinamika pantai yang mencakup perubahan morfologi pantai khususnya pada pergeseran letak teluk dan tanjung, pola dan arah datangnya gelombang, letak dan arah arus balik, sangat penting artinya bagi keamanan para pengunjung yang akan berekreasi di perairan laut Pantai Parangtritis.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1997. *Final Report Environmental Impact Assessment, Serang River Basin, Java Flood Control Project*, Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Public Work, Jakarta.
- Bhatt, J.J., 1978. *Oceanography, Exploring the Planet Ocean*, D. Van Nosstrand Co. New York.
- Lobeck, A.K., 1939. *Geomorphology, An Introduction to the Study of Landscape*, McGraw-Hill Book Co., Now York.

- Pethick, J., 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*, Edward Arnold Ltd., London.
- Strahler, A.N., 1968. *Modern Physical Geography*, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Strahler, A.N. and A.H. Strahler, 1978. *Modern Physical Geography*, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Suprpto Dibyosaputro, (1985). *Morfodinamik Bagian Barat Pantai Parangtritis, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta*, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sutikno and Suprpto Dibyosaputro, (1988) *Coastal Geomorphology of Parangtritis, Yogyakarta*. Pre 26th International Geographical Congress Symposium Working Group on Geomorphological Surveying and Mapping, Gadjah Mada University, Yogyakarta, Indonesia.

**DAMPAK PERKEMBANGAN KOTA TERHADAP PERESAPAN
AIR DALAM TANAH DI KOTA MALANG
JAWA TIMUR**

*(The Impact of Urban Development on Water Infiltration into The Soil
in Malang City, East Java)*

Oleh :

Siti Azizah

*Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417
Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com*

ABSTRACT

*The change of land use in the Malang city has disturbed the urban ecological balance; among others is the water resource. This research was aimed at studying the decrease of water infiltration into the soil due to the change of land use and establishing an infiltration estimation model. The infiltration estimation used the sub-watershed approach. The model approach used to estimate the area infiltration coefficient (C). The data were collected by survey method, that is, by direct measurement on site and inductive problem discussion. This research produced an infiltration coefficient estimation model of $C_{kaw} = ((Atk/A * 0,766) + (Akub/A * 0,738) + (Ateg/A * 0,962) + 0,678 (Asaw/A) + 0,293 (Atup/A))$ where Atk = empty area (m²), $Atkub$ = grave area (m²), $Ateg$ = dry farmland area, $Asaw$ = wet farmland area, A_{tup} = artificial area, A = total area. The temporal infiltration estimation showed a decrease of rainfall infiltration rate in the Malang city from 43.28% in 1992 to 29.91% in 1998, which will be 23.93% in 2010. The infiltration rate will remain 15.64% when the Malang city has an open area of 30% as stated in the City Layout Planning of Malang.*

Key words : Infiltration, land use change, model, watershed.

PENDAHULUAN

Permasalahan banjir pada beberapa kota besar di Indonesia terutama pada musim hujan merupakan masalah yang rutin terjadi setiap tahun. Kota Jakarta misalnya, merupakan salah satu kota yang setiap tahun tidak lepas dari permasalahan tersebut begitu pula yang terjadi di Kota Semarang, Surabaya, Bandung dan beberapa kota yang lain. Kota Malang merupakan kota yang sedang berkembang

menuju kota besar dan merupakan kota yang akhir-akhir ini juga mengalami permasalahan banjir pada saat musim hujan.

Penjelasan Peraturan Pemerintah RI no 69 tahun 1996 menyebutkan bahwa kawasan kota merupakan merupakan suatu kawasan yang mempunyai kegiatan utama bukan pertanian dengan susunan fungsi kawasan sebagai tempat permukiman perkotaan, pemusatan dan distribusi

pelayanan jasa pemerintah, pelayanan sosial, dan kegiatan ekonomi. Definisi kawasan kota oleh peraturan Pemerintah no 69 tahun 1996 tersebut setidaknya dapat menggambarkan fungsi kota yang disertai dengan berbagai fasilitasnya dan merupakan kawasan yang dicirikan dengan bangunan sebagai tempat permukiman dan berbagai fasilitas pelayanan.

Padatnya bangunan dalam kota mempengaruhi keseimbangan lingkungan yang dapat berakibat negatif, terutama pada proses-proses lingkungan yang melibatkan air seperti limpasan permukaan, erosi, air dalam akifer tertekan maupun tidak tertekan. Limpas-an permukaan yang terjadi akibat turunnya hujan terpengaruh secara langsung oleh meningkatnya bangunan karena, padatnya bangunan mengurangi kemampuan resapan. Semakin padat dan tinggi persentase luas daerah terbangun maka kesempatan air hujan untuk meresap ke dalam tanah semakin kecil sehingga menjadi limpasan permukaan.

Kota Malang merupakan salah satu kawasan pemerintahan daerah tingkat II yang sedang berkembang menjadi kota besar dengan berbagai intensitas aktivitas perkotaannya. Perkembangan Kota Malang ada sejak jaman kolonial Belanda dimana ditandai dengan berdirinya "Gemeente" (Kota) pada tahun 1400 tetapi baru berkembang dengan pesat sebagai kota modern pada sesudah tahun 1914.

Berjalannya fungsi peresapan air dalam tanah di Kota Malang tidak saja dipengaruhi oleh sifat hujan dan kondisi

dasar fisiknya namun juga bagaimana pengelolaannya. Kenyataan menunjukkan perkembangan Kota Malang yang semakin kompleks fungsi kotanya akan semakin mempertinggi kerentanan gangguan proses alamiah yang timbul akibat pengalihan fungsi lahan yang tidak mendukung kelestarian. Pengalihan fungsi lahan di daerah perkotaan cenderung ke arah penutupan tanah dengan bahan-bahan semen (impervious) menyebabkan keseimbangan hidrologi terganggu. Urbanos (1992) mengemukakan bahwa masalah hidrologi kota seringkali merupakan masalah yang pelik bagi ahli hidrologi, karena urbanisasi meningkatkan limpas-an permukaan akibat dari adanya peningkatan daerah-daerah semen, paving, jalan, sehingga air hujan tercegah untuk masuk ke dalam tanah.

Penggunaan lahan di Kota Malang yang di dominasi permukiman dan bangunan-bangunan lain secara fisik mempunyai ciri:

- a. pemanfaatan lahan dengan maksimal,
- b. penggunaan bahan-bahan bangunan yang sifatnya "semen" tidak mampu meloloskan air, dan
- c. drainase kota yang di beberapa tempat masih dijumpai ketidak-sesuaian.

Seiring dengan perkembangan Kota Malang ternyata akhir-akhir ini sering dijumpai terjadinya kelebihan limpasan permukaan sehingga akhirnya menggenang di beberapa tempat. Banjir genangan ini

diidentifikasi sebagai genangan akibat kurangnya lahan yang dapat meresapkan air hujan bukan karena terganggunya / tersumbatnya saluran drainase.

Survei yang telah dilakukan di Kota Malang mendapatkan beberapa ciri yang menunjukkan bahwa genangan yang terjadi adalah akibat kurangnya lahan resapan air hujan bukan akibat terganggunya / tersumbatnya saluran drainase. Ciri tersebut adalah (1) terjadinya genangan pada satu jalur drainase, (2) saat terjadi genangan, saluran drainase penuh dengan air dan terus mengalir, dan (3) limpasan permukaan dan genangan mempunyai penambahan debit maupun volume yang mengikuti pertambahan derasnya hujan dan saat hujan berhenti limpasan permukaan dan genangan akan segera teralir.

Overlaying Peta Kawasan Genangan di Kota Malang dengan data demografi penduduk Kota Malang menunjukkan bahwa genangan banyak terjadi di kawasan-kawasan dengan kepadatan yang lebih tinggi. Kecamatan Klojen (kepadatan penduduk 179 jiwa / ha) memiliki lokasi daerah genangan yang terbanyak daripada kecamatan lain.

Peningkatan kepadatan bangunan, terutama yang menggunakan bahan-bahan tidak meloloskan air atau bersifat semen (impermeabel), akan memberikan pengaruh balik berupa berkurangnya kesempatan air meresap ke dalam tanah.

Dampak berkurangnya kawasan terbuka di Kota Malang sebenarnya tidak

hanya terjadinya fenomena banjir namun menyebabkan penurunan jumlah air yang meresap ke dalam tanah se-hingga cadangan air tanah juga menurun. Secara diskriptif penurunan air tanah terlihat dari debit air yang keluar pada rembesan-rembesan mata air yang keluar di sepanjang S. Brantas pada musim kemarau.

Lebih lanjut ternyata permasalahan peresapan di Kota Malang ini ternyata belum banyak data sehingga permasalahan ini perlu dikaji guna memberikan arahan batasan ukuran keperluan peresapan dan perkembangan perkotaan yang tidak membahayakan lingkungan tempat manusia tinggal.

PERUMUSAN MASALAH

1. Resapan air hujan ke dalam tanah di Kota Malang tidak memungkinkan diukur secara langsung karena bervariasi intensitas dan jenis penggunaan lahannya. Pengukuran dengan perwakilan sub DAS dan pendekatan model dapat digunakan untuk memperoleh angka resapan di Kota Malang. Berapa besarkah resapan air hujan yang terjadi di Kota Malang ?
2. Memperhatikan genangan yang sering terjadi serta mengamati bertambahnya bangunan dan penutupan lapisan impermeabel di Kota Malang maka perlu dikaji berapakah besar pengurangan peresapan air yang terjadi ?

TUJUAN

1. Mengkaji seberapa besarkah pengurangan peresapan air yang semestinya dapat masuk ke dalam tanah di Kota Malang.
2. Mempelajari model peresapan yang terjadi di Kotamadya Malang

MANFAAT PENELITIAN

Hasil penelitian bermanfaat sebagai dapat dasar penataan kota untuk perkembangan selanjutnya dengan memperhatikan keseimbangan air.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Masalah

Penelitian dilakukan di Kota Malang menggunakan pendekatan DAS dan model untuk mengetahui estimasi resapan Kota Malang. Pemilihan DAS sebagai unit pengukuran didasarkan konsep hidrologi yaitu dalam suatu DAS yang dibatasi oleh batasan topografi dimana air hujan yang jatuh akan ditampung, disimpan dan dialirkannya ke sungai utama dan bersama-sama keluar dalam satu outlet. Air hujan yang jatuh di DAS akan mengalir berupa runoff, sebagian masuk dalam tanah melalui proses infiltrasi dan sebagian lagi akan menguap baik melalui vegetasi, tanah maupun badan air. Dalam penelitian ini menggunakan konsep DAS sebagai suatu daerah tangkapan hujan yang mengalirkan air hujan yang jatuh dalam satu outlet.

DAS yang dipilih merupakan DAS yang kecil dan merupakan suatu cabang sungai yang terbuka, maka dalam penelitian ini menyebutnya sebagai sub DAS. Sungai yang terpilih diukur dengan menggunakan satu seksi sungai dengan batas tertentu dijadikan sebagai inlet dan outlet.

Pemilihan sub DAS dilakukan berdasarkan pada variasi penggunaan lahan yang dianggap dapat mewakili variasi penggunaan lahan yang ada di Kotamadya Malang. Pengukuran pada sub DAS bertujuan untuk mendapatkan koefisien resapan pada sub DAS. Koefisien resapan daerah terbuka yang meliputi tegalan, tanah kosong dan kuburan dilakukan pengukuran dengan rainfall simulator yang kemudian akan dimasukkan dalam pencarian model perhitungan resapan di Kota Malang.

Pendekatan masalah dengan menggunakan model dilakukan untuk mengetahui nilai resapan pada sawah dan daerah tertutup setelah variabel-variabelnya didapat dari pengukuran dilapangan pada sub DAS. Pendekatan model yang digunakan adalah model matematik, dengan bentuk hubungan yang sesuai dengan data, yakni dengan menggunakan persamaan linier regresi.

Tempat dan Waktu

Tempat penelitian dilakukan di Kota Malang dengan pendekatan DAS dimana dalam pendekatan ini dilakukan pengukuran pada 3 sub DAS yang berada

di dalamnya.

Sub DAS pengukuran dipilih di daerah Tlogomas, Pangung dan Pandanwangi dimana ketiga subdas tersebut termasuk ke dalam daerah aliran sungai sebagai berikut :

1. Sub DAS Tlogomas terletak dalam DAS Metro
2. Sub DAS Pangung terletak dalam DAS Brantas
3. Sub DAS Pandanwangi terletak dalam DAS Bango.

Waktu penelitian dilakukan selama musim hujan pada bulan November 1999 sampai dengan Maret 2000.

Alat dan Bahan

Alat yang diperlukan dalam penelitian ini meliputi data sekunder yang berupa data curah hujan, data penggunaan lahan, dan hasil interpretasi foto udara. Selain data sekunder, digunakan juga alat-alat pengukuran limpasan permukaan, pengukuran hujan, dan rainfall simulator. Alat pengukuran limpasan permukaan pada saat ter-jadinya banjir dengan menggunakan penggaris serta alat tulis sedang untuk pengukuran limpasan permukaan pada saat hujan di sungai pada sub DAS terpilih dengan pengamatan dengan bantuan staff gauge untuk dipasang di sungai. Penggunaan botol diletakkan ditepi sungai digunakan untuk mengontrol debit tertinggi. Pengukuran membutuhkan pula roll meter

serta peralatan tulis.

Penakaran hujan dilakukan dilakukan dengan memasang kaleng susu berbentuk silinder dengan diameter (10 cm, tinggi (15 cm yang dipasang pada suatu tempat di atas permukaan tanah terbebas dari pepohonan dan bangunan dengan ketinggian ± 1.5 m. Alat-alat tersebut dipilih dengan pertimbangan mudah didapat dan tidak perlu dikhawatirkan adanya pengaruh karat dan penyerapan oleh bahan untuk penakaran hujan yang lamanya ± 1 jam.

Pengukuran dengan menggunakan rainfall simulator digunakan untuk mengetahui nilai resapan yang terjadi pada kawasan terbuka. Rainfall *simulator* yang digunakan dengan spesifikasi seperti pada tabel 3, selain rainfall simulator diperlukan juga alat-alat pembantu lainnya seperti : derigen air, gelas ukur, kayu penahan dan palu.

Rainfall Simulator terdiri dari tiga bagian (Kamphorst 1987 dalam Endang 1988) yaitu :

- A. penyemprot (spinkler) dengan pengatur tekanan penghasil hujan
- B. penyangga/penopang spinkler yang berfungsi sebagai penahan angin
- C. kerangka plot yang ditanamkan ke tanah untuk menghindarkan pergerakan air kearah samping plot pecobaan

Metode pengumpulan data dalam

penelitian ini menggunakan metode survey dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan. Data yang diperoleh dibahas serta diambil kesimpulannya secara induktif.

Pembahasan masalah diawali dengan mengambil beberapa sub DAS sebagai perwakilan yang dianggap mewakili untuk kawasan yang lebih besar.

Penentuan koefisien resapan dalam DAS

Penentuan koefisien resapan didasarkan pada perilaku air dalam DAS dimana air hujan yang jatuh ada yang menjadi limpasan, ada yang teresapkan ke dalam tanah, dan ada juga yang akan teruapkan. Dalam penelitian ini air yang teresapkan tidaklah memungkinkan untuk ditentukan secara langsung maka air yang teresapkan dianggap sama dengan selisih antara jumlah hujan dengan jumlah aliran permukaan. Asumsi tersebut sama seperti yang dikemukakan oleh Linsley, et al (1982) bahwa :

$$R_o = P - I$$

$$I = P - R_o$$

dimana :

- P = Presipitasi (mm)
R_o = Limpasan permukaan (mm)
I = Infiltrasi (mm).

Pengukuran dilakukan di tiga sub DAS yakni di kawasan industri kec. Blimbing tepatnya di Jl. Tenaga Baru dan sekitarnya, kawasan permukiman dan persawahan serta tegalan di desa Panggung sampai dengan perumahan Griya Shanta,

dan kawasan permukiman, persawahan dan tegalan serta kawasan pendidikan di Tlogomas.

Pengukuran dilakukan pada beberapa waktu kejadian hujan, limpasan permukaan diukur melalui saluran utama dalam sub DAS yang berupa sungai kecil karena tidak adanya suatu sistem das yang tertutup maka pengukuran dilakukan di inlet dan outlet dari sub DAS tersebut. Hasil selisih debit air di inlet dan outlet merupakan air yang berasal dari catchment sub DAS tersebut. Nilai debit yang didapat digunakan untuk mengurangi jumlah hujan yang ada maka sisanya merupakan air yang teresapkan dalam satu wilayah sub DAS.

Koefisien resapan didapat dari pengukuran rainfall simulator kecuali pada sawah dan daerah tertutup yang meliputi kawasan industri dan permukiman, untuk mendapatkan nilai koefisien resapan pada sawah dan daerah tertutup digunakan pendekatan linier sebagai berikut :

C_{das} =

$$(A_1 / A * C_1) + (A_2 / A * C_2) + (A_3 / A * C_3) + a(A_{saw} / A) + b(A_t / A)$$

dimana :

C_{das} = nilai koefisien resapan sub DAS

A₁ = luas penggunaan lahan 1

A₂ = luas penggunaan lahan 2

A₃ = luas penggunaan lahan 3

A = luas sub DAS

C₁ = koefisien resapan daerah terbuka pada penggunaan lahan 1

C₂ = koefisien resapan daerah terbuka pada penggunaan lahan 2

- C3 = koefisien resapan daerah terbuka pada penggunaan lahan
 Asaw = luas sawah
 At = luas kawasan tertutup
 a = koefisien resapan penggunaan lahan sawah
 b = koefisien resapan penggunaan lahan tertutup

Penentuan resapan dengan menggunakan Rainfall Simulator. Penentuan koefisien resapan dengan menggunakan rainfall simulator dilakukan untuk mengetahui koefisien resapan dari berbagai penggunaan lahan yang merupakan daerah terbuka yang mampu meresapkan air. Nilai koefisien resapan diperoleh dengan mengurangkan curah hujan yang jatuh dengan air yang melimpas.

Perhitungan Resapan

Perhitungan resapan Kotamadya Malang dilakukan setelah mengetahui koefisien resapan baik untuk kawasan terbuka maupun tertutup dari persamaan-persamaan diatas, selanjutnya koefisien resapan dimasukkan dalam perhitungan resapan dengan menggunakan formula sebagai berikut :

$$Iap = c H (\beta A) / (1000)$$

dimana :

- I = adalah resapan (mm)
 c = adalah angka koefisien resapan
 H = adalah curah hujan rata-rata tahunan (mm)
 βA = adalah luas kawasan terbuka (m²)

Asumsi yang Digunakan

1. Pada saat terjadi hujan air yang diuapkan melalui proses eveporasi dan transpirasi dianggap sama dengan nol, karena pada saat hujan udara dalam keadaan jenuh uap air, yang berarti jumlah uap air yang dikandung oleh udara sudah maksimum.
2. Curah hujan yang jatuh setelah dikurangi limpasan dan sisa air yang tertinggal di kawasan terbuka dianggap sebagai air yang teresapkan ke dalam tanah.
3. Faktor lereng dalam hal ini dianggap seragam yakni berkisar antara 0-20 %.

TAHAPAN PENELITIAN

Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapat dengan melakukan pengukuran dan survey dilapangan yang berupa pengukuran curah hujan dan limpasan permukaan. Survey di lapangan di-lakukan untuk mendapatkan batas daerah tangkapan air hujan (catchment area) dari sub DAS tersebut juga dilakukan pengecekan terhadap luasan-luasan beberapa penggunaan lahan.

Data sekunder berupa data curah hujan, penggunaan lahan serta peta-peta pendukung yaitu peta administrasi, peta topografi, dan peta penggunaan lahan.

Kegiatan Lapangan

Pengukuran Limpasan Permukaan

Pengukuran limpasan permukaan pada saat terjadinya banjir dilakukan dengan terlebih dahulu mencari data dan informasi tentang banjir tersebut. Data yang digunakan adalah peta genangan banjir yang dikeluarkan oleh DPU Malang serta informasi didapat dari keterangan masyarakat. Daerah-daerah banjir menurut peta maupun dari informasi masyarakat merupakan daerah tujuan pengukuran pada saat hujan.

Pengukuran limpasan permukaan di sungai-sungai sub DAS terpilih dilakukan dengan mencatat tinggi air yang telah terukur pada penggaris kayu yang dipasang di inlet dan outlet sungai. Pengukuran limpasan dilakukan selama hujan itu berlangsung dan pencatatan di inlet maupun outlet pada waktu yang sama.

Pengukuran Rainfall Simulator

Pengukuran rainfall simulator dilakukan pada kawasan terbuka dengan penggunaan lahan tegalan, taman, tanah kosong dan makam. Pengukuran dilakukan dengan ulangan 5 kali pada setiap penggunaan lahan yang dipilih secara acak dengan $\pm 25\%$ dari populasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Daerah Penelitian

Kota Malang merupakan salah satu wilayah administrasi tingkat II di Propinsi Jawa Timur dengan luas wilayah sebelum tahun 1987 adalah 7.842 ha kemudian

muncul adanya Peraturan Pemerintah Nomor 15 Tahun 1987 yang mengatur tentang pemekaran Kota Malang maka luas Kota Malang menjadi 11.0056.600 m².

Curah Hujan

Analisa data curah hujan pada empat stasiun cuaca (stasiun Lowokwaru, Kayutangan, Wagir dan Dau) di Malang selama 18 tahun (1980-1998) menunjukkan rata-rata jumlah hujan sebesar 1.898 mm/tahun. Hasil perhitungan dengan menggunakan metode rata-rata bergerak untuk mendapatkan trend curah hujan (18 tahun) menunjukkan adanya fluktuasi berkisar antara 1.500 dan 1.800 mm/tahun. Pemilihan keempat stasiun diharapkan dapat mewakili kondisi curah hujan Kota Malang, serta untuk analisa setiap kecamatan selanjutnya diwakili oleh stasiun yang terdekat dengan kecamatan tersebut.

Stasiun Lowokwaru pada bulan-bulan basah (curah hujan rata-rata bulanan (60 mm/bulan) mempunyai nilai CV (koefisien keragaman) rendah, yaitu antara 0,414 - 1,08 terjadi di bulan Januari, Februari, Maret, April, Mei, Juni, Oktober, November dan Desember. CV rendah terutama terjadi pada bulan Januari dan Desember dengan rata-rata curah hujan bulanan yang tinggi (384 mm/bulan dan 302 mm/bulan) dimana pada kedua bulan tersebut hampir setiap hari terjadi hujan. Stasiun Kayutangan tidak jauh berbeda dengan stasiun Lowokwaru dimana nilai CV rendah terletak pada bulan-bulan yang basah dengan kisaran nilai CV dari 0,299 -1,3.

Kondisi curah hujan harian dianalisa selama 10 tahun pada stasiun Lowokwaru, penentuan rentan waktu tersebut untuk mendapatkan gambaran distribusi hujan dalam waktu 30 hari. Rata-rata curah hujan maksimum harian sebesar 42 mm/hari, sedang untuk rata-rata jumlah hujan bulanan sebesar 162 mm/bulan dengan jumlah hujan bulanan terbesar pada bulan Januari sebesar 435 mm/bulan. Nilai CV harian mempunyai nilai rata-rata yang tinggi yakni mencapai nilai 2, hal ini disebabkan masih lebih besarnya hari tidak hujan pada bulan-bulan tertentu. Bulan-bulan basah rata-rata mempunyai nilai CV 2, sedang untuk bulan-bulan kering mencapai nilai CV 4.

Analisa curah hujan selama 18 tahun menunjukkan rata-rata yang relatif stabil. Hal ini memberikan arti bahwa adanya banjir akhir-akhir ini di Kota Malang tidak disebabkan oleh berubahnya iklim daerah dalam hal ini curah hujan yang meningkat. Potensi terjadinya banjir di Kotamadya Malang adalah pada saat bulan-bulan basah dimana menurut analisa curah hujan harian dan bulanan terjadi peningkatan hari hujan maupun jumlah hujan adalah pada bulan November, Desember, Januari, Februari dan Maret.

Analisa curah hujan selama 18 tahun menunjukkan rata-rata yang relatif stabil. Hal ini memberikan arti bahwa adanya banjir akhir-akhir ini di Kota Malang tidak disebabkan oleh berubahnya iklim daerah dalam hal ini curah hujan yang meningkat. Potensi terjadinya banjir di Kotamadya Malang adalah pada saat

bulan-bulan basah dimana menurut analisa curah hujan harian dan bulanan terjadi peningkatan hari hujan maupun jumlah hujan adalah pada bulan November, Desember, Januari, Februari dan Maret.

Perkembangan Kawasan

Pada tahun 1980 jumlah penduduk Kota Malang adalah 510.906 jiwa sedang pada akhir Pelita II meningkat mencapai 544.413 jiwa. Perkembangan selanjutnya adalah pada tahun 1990 sebesar 695.089 jiwa. Peningkatan penduduk setiap tahun mempengaruhi terhadap penggunaan lahan dimana menurut data penggunaan lahan pada tahun 1992 sampai dengan tahun 1998 ternyata memang mengalami peningkatan pada kawasan tertutupnya. Keadaan tersebut sedikitnya telah menggambarkan bahwa pertumbuhan penduduk meningkatkan pula kebutuhan tempat tinggal dan fasilitas hidup lainnya yang diekspresikan melalui penggunaan lahan.

Persebaran penggunaan lahan apabila ditinjau pada tiap kecamatan yang ada di Kota Malang ternyata tampak adanya konsentrasi-konsentrasi penggunaan lahan tertentu dalam satu kecamatan. Kecamatan Klojen adalah kecamatan yang tepat berada ditengah kota dan merupakan pusat kegiatan kota sehingga pada kecamatan ini kawasan tertutup sangat tinggi hingga mencapai 94,9 % pada tahun 1988, hal ini bertolak belakang dengan keadaan di Kecamatan Kedungkandang dimana kawasan ter-buka sebesar 71,4%.

Permukiman dan bangunan di Kota

Malang berkembang pada awalnya terjadi di sepanjang tepi-tepi sungai dan daerah datar. Perkembangan permukiman saat ini tidak hanya pada daerah-daerah yang datar namun telah sampai pada daerah-daerah yang mempunyai topografi yang kasar seperti di daerah Buring, Kecamatan Kedungkandang dan Kecamatan Sukun.

Penggunaan lahan yang awalnya didasarkan pada kawasan agraris mengalami alih fungsi lahan menjadi kawasan terbangun atau non agraris yang membentuk kawasan perkotaan. Adanya aksesibilitas transportasi mendukung terjadinya perkembangan per-kotaan dengan tipe mengikuti pita (*ribbon type*).

Koefisien Resapan (C)

Limpasan Permukaan pada Sub DAS perwakilan

Pada awal musim hujan 1999 sampai dengan awal musim kemarau tahun 2000 dilakukan pengukuran limpasan permukaan di tiga sub DAS di Kota Malang. Sub DAS yang diukur adalah sub DAS Panggung, Pandanwangi dan Tlogomas.

Hasil pengukuran limpasan permukaan di masing-masing sub DAS selanjutnya dibandingkan dengan tebal hujan yang terjadi pada saat pengukuran limpasan tersebut. Perbandingan tersebut akan menghasilkan nilai koefisien resapan dari Sub DAS tersebut.

Sub DAS Pandanwangi

Sub DAS Pandanwangi terletak di Kalurahan Pandanwangi Kecamatan Purwantoro. Penggunaan lahannya didominasi untuk kepentingan industri dengan didirikannya bangunan-bangunan pabrik maupun gudang beserta berbagai fasilitasnya.

Interpretasi foto udara yang dilanjutkan cek lapangan menghasilkan batas dan luasan penggunaan lahan sub DAS Pandanwangi. Sub DAS Pandanwangi dipilih untuk mewakili daerah yang didominasi oleh penggunaan lahan industri. Persentase penggunaan lahan kawasan tertutup di sub DAS Pandanwangi mencapai 77,78% dimana kawasan tertutup ini adalah kawasan industri dan sisanya berupa tanah kosong, tegalan, dan sawah.

Limpasan permukaan di sub DAS Pandanwangi saat terjadi hujan menunjukkan koefisien limpasan yang relatif tinggi, dari tiga kali pengukuran didapatkan koefisien limpasan sebesar 0,71 % pada intensitas hujan antara 10 sampai dengan 18 mm/jam. Koefisien resapan pada sub DAS ini didapat nilai rata-rata 0,285. Keadaan tersebut sedikitnya telah menunjukkan bahwa dengan banyaknya daerah tertutup limpasan permukaan yang dihasilkan tinggi.

Sub DAS Panggung

Pemilihan sub DAS panggung didasarkan pada variasi penggunaan lahan yang meliputi permukiman, kuburan, tanah kosong dan sawah. Dominasi penggunaan lahan di sub DAS Panggung adalah sawah.

Hasil pengukuran limpasan pada sub DAS Panggung menunjukkan bahwa koefisien limpasan yang terjadi berkisar antara 33 sampai dengan 54 % pada intensitas hujan sebesar 3,39 - 23,7 mm/jam. Variasi limpasan permukaan yang terjadi pada sub DAS Panggung sangat dipengaruhi luasan sawah dan letaknya yang sejajar dengan sungai. Komposisi seperti ini menjadikan aliran air tidak langsung masuk ke sungai tapi terus mengalir di seluruh tataran sawah sampai pada satu titik dimana tataran sawah sudah berakhir. Kasus pada sub DAS Panggung ini setelah dihitung mempunyai "time concentration" 5 menit. Selain "time concentration" keadaan ini ternyata dipengaruhi juga tinggi air pada sawah saat hujan, apabila tinggi air sawah rendah maka air hujan yang jatuh akan mengisi sawah sampai batas maksimum tertentu, yaitu 30 cm.

Konsekuensi dari limpasan yang bervariasi adalah resapan yang terjadi pun akan bervariasi sehingga dalam penentuan resapan selanjutnya khusus untuk resapan sawah dan daerah tertutup ini mengikuti model yang akan dikemukakan dalam bahasan selanjutnya.

Sub DAS Tlogomas

Pemilihan sub DAS Tlogomas didasarkan pada variasi penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman.

Sub DAS Tlogomas, setelah diadakan pengukuran, mempunyai koefisien limpasan sebesar 59,68 % sampai dengan 68,9 % dengan intensitas hujan sebesar 3,45

mm/jam sampai dengan 22,7 mm/jam. Limpasan yang terjadi pada sub DAS ini sangat dipengaruhi oleh keberadaan permukiman yang mendominasi.

Hasil pengukuran limpasan permukaan pada ketiga sub DAS dianalisa dengan dengan linier regresi yang didasarkan pada metoda rasional Chow Q = C.I.A (m³/hari-hujan). Hasilnya didapatkan hubungan antara intensitas, koefisien limpasan permukaan, luas, dan debit dengan nilai R sebesar 0,844. Pengujian nilai R dengan taraf signifiikansi (α) 0,05 didapat F hitung < F tabel, yakni sebesar 4,1 < 9,12 sehingga terdapat hubungan yang signifikan antara intensitas, koefisien limpasan permukaan, luas sub DAS dengan debit yang dihasilkan.

Koefisien Resapan pada Kawasan Terbuka

Pengukuran limpasan permukaan pada sub DAS menghasilkan nilai resapan dalam satu kawasan sub DAS namun tidak dapat menghasilkan nilai resapan pada masing-masing penggunaan lahan. Pengukuran dengan rainfall simulator dilakukan untuk dapat menghasilkan nilai resapan pada kawasan terbuka, sedang untuk kawasan tertutup dan sawah tidak memungkinkan untuk dilakukannya pengukuran dengan rainfall simulator.

Nilai koefisien resapan pada kawasan terbuka diperoleh dari pengukuran rainfall simulator di sub DAS yang dianggap mewakili dari variasi penggunaan lahan.. Nilai rata-rata koefisien resapan pada tiap penggunaan lahan di Kota Malang dalam

penelitian ini diketahui dengan pengukuran rainfall simulator pada kawasan terbuka yang ada di Kota Malang yang meliputi kuburan, taman, jalur hijau, tegalan, lapangan dan tanah kosong.

Perhitungan selanjutnya untuk nilai resapan kawasan terbuka tiap penggunaan lahan Kota Malang menggunakan nilai rata-rata dari pengukuran di atas sedang untuk nilai koefisien resapan yang dihasilkan pada sub DAS digunakan sebagai variabel bebas dalam pendekatan model untuk memperoleh nilai koefisien resapan sawah dan kawasan tertutup.

Pengukuran rainfall simulator pada kawasan terbuka yang ada di Kota Malang seperti tabel berikut :

Tabel 1. C resapan Rata-rata Hasil

Penggunaan lahan	C Resapan rata-rata
Tanah kosong	0,766
- Taman / jalur hijau	
- Lapangan	
Tegalan	0,738
Kuburan	0,962

Sumber : Perhitungan hasil pengukuran di lapangan (1999-2000)

Koefisien Resapan pada Kawasan Tertutup dan Sawah

Kawasan tertutup meliputi kawasan permukiman, termasuk di dalamnya industri, sekolah, dan perkantoran, dimana

penggunaan lahan ini sebenarnya tetap mempunyai bagian terbuka namun dengan persentase yang kecil. Luasan bagian terbuka pada kawasan permukiman bervariasi sehingga dalam penelitian ini tidak memungkinkan diukur di lapangan maka untuk mengestimasi C pada kawasan tersebut digunakan model seperti yang telah disampaikan didepan.

Penggunaan lahan sawah dalam hal ini sama dengan kawasan tertutup yang tidak memungkinkan pengukuran di lapangan sehingga diperlukan persamaan matematik untuk mengestimasi C pada penggunaan lahan ini.

Hasil perhitungan persamaan matematik diatas didapatkan nilai C kawasan tertutup dan C_{sawah} , menggunakan perhitungan aljabar matematik dengan penyelesaian dua persamaan dan dua bilangan tidak diketahui didapat sebagai berikut :

Tabel 2. Nilai C_{sawah} dan $C_{tertutup}$

SubDAS	C_{sawah}	$C_{tertutup}$
Tlogomas;Pandanwangi	0.782	0.259
Tlogomas;Panggung	0.615	0.351
Pandanwangi;Panggung	0.637	0.270
Rata-rata	0.678	0.293
Standar Deviasi	0.090	0.050
CV	0.113	0.170

Sumber : Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan dari tabel diatas menunjukkan bahwa C_{sawah} dan $C_{tertutup}$ mempunyai nilai penyimpangan yang sama-sama rendah dan nilai CV yang lebih besar. Nilai penyimpangan yang rendah dan CV yang relatif tinggi menunjukkan bahwa nilai

koefisien resapan sawah dan kawasan tertutup memang dapat diduga dengan persamaan diatas.

Nilai resapan pada sawah menunjukkan nilai lebih tinggi tentunya sesuai dengan karakteristik dari sawah itu sendiri yang mampu menampung air hujan sebelum dialirkan sehingga kesempatan untuk meresap pun lebih tinggi.

Koefisien Resapan Suatu Kawasan

Hasil dari model persamaan diatas dan hasil pengukuran resapan di lapangan diperoleh nilai koefisien resapan suatu kawasan dengan model persamaan sebagai berikut :

$$C_{kaw} = ((Atk/A * 0,766) + (Akub/A * 0,738) + (Ateg/A * 0,962) + 0,678 (Asaw/A) + 0,293(Atup/A))$$

Keterangan :

- Atk = luas tanah kosong
- Ateg = luas tegalan

- Atkub = luas kuburan
- Asaw = luas sawah
- A tup = luas kawasan tertutup
- A = luas kawasan

Pengujian Model

Pengujian Terhadap CDAS Pengukuran dan CDAS

Hasil pengujian balik menunjukkan bahwa secara keseluruhan pada ketiga sub DAS mempunyai rata-rata penyimpangan dan CV yang sama. Nilai penyimpangan menunjukkan terjadi penyimpangan yang rendah baik pada Sub DAS Pandanwangi, Tlogomas dan Panggung, sedang untuk nilai keragaman tinggi terdapat pada Sub DAS Tlogomas, kemudian Sub DAS Panggung dan baru Sub DAS Pandanwangi.

Pengujian Model dengan Membandingkan $R_{pengukuran}$ dan R_{hitung}

Pengujian model dilakukan terhadap nilai resapan pengukuran dengan nilai resapan hasil perhitungan pada ketiga

Tabel 3. Perbandingan Cdas Pengukuran dengan Cdas Pengujian balik

Nama Subdas	Cdas (uji)	Cdas (ukur)	Rerata	SD	CV
Pd.wangi	0.384	0.28	0.332	0.073	0.221
Pd.wangi	0.384	0.284	0.334	0.070	0.211
Pd.wangi	0.384	0.291	0.337	0.065	0.194
Tlogomas	0.336	0.31	0.322	0.018	0.056
Tlogomas	0.336	0.339	0.337	0.002	0.007
Tlogomas	0.336	0.403	0.369	0.047	0.128
Panggung	0.595	0.459	0.527	0.096	0.183
Panggung	0.595	0.539	0.567	0.040	0.072
Panggung	0.595	0.665	0.630	0.049	0.078

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. Pengujian Model dengan Membandingkan I_{ukur} dan I_{hitung}

SubDAS	Iukur (X)	Ihitung (Y)	e	s ²	$e/\sqrt{(s^2)/n-p}$
Pandanwangi	2229.01	653.51	1575.50	2482194.6	0.45
Pandanwangi	13257.72	3976.89	9280.83	86133800	2.66
Pandanwangi	3483.76	1059.32	2424.44	5877927.6	0.67
Tlogomas	984.01	64.49	919.519	845515.97	0.26
Tlogomas	935.86	67.11	868.74	754720.01	0.25
Tlogomas	278.91	15.38	263.53	69450.297	0.07
Panggung	2941.45	2071.73	869.72	756413.59	0.25
Panggung	536.45	466.13	70.32	4944.8986	0.02
Panggung	1953.24	2019.07	-65.82	4333.4915	-0.02
Jumlah				96929300	

Sumber : Perhitungan

sub DAS dengan menggunakan rumus Fleming (1975) yakni kriteria ketelitian adalah mean square residual $s^2 = ((\text{ukur-hitung})^2)/(n-1)$. Kesalahan relatif didapat dari selisih resapan pengukuran dan resapan perhitungan dibagi dengan simpangan dari pemakaian model tersebut dipergunakan untuk analisa sisaan (Tabel 4).

Pengujian dengan analisa sisaan (e/s^2) diatas menunjukkan bahwa nilai (e/s^2) berada diantara nilai (-1;1) sebesar 88,88% sehingga berarti pula bahwa nilai resapan pengukuran dengan resapan perhitungan tersebar secara normal dan dapat dipergunakan. Dengan demikian model diatas dapat dipergunakan untuk menduga resapan yang terjadi.

Simpangan terkecil dari hasil pengujian diatas adalah SubDAS Panggung dimana penggunaan lahan dalam sub DAS ini didominasi oleh sawah sehingga hal ini berarti pula bahwa koefisien resapan sawah yang diduga dengan model mempunyai nilai ketepatan yang lebih. Sebaliknya koefisien resapan

kawasan tertutup yang dalam hal ini penggunaan lahan tertutup didominasi oleh Sub DAS Pandanwangi mempunyai ketepatan yang kurang dibanding dengan koefisien resapan pada sawah.

Resapan Kota Malang

Perhitungan resapan Kota Malang dilakukan terlebih dahulu pada 5 kecamatan yang ada sehingga didapat hasil yang bersifat keruangan dan variasi nilai resapan. Besar-kecil jumlah resapan dipengaruhi oleh pola penggunaan lahan dalam suatu kawasan sehingga apabila dalam suatu kecamatan yang berada di pusat kota yang didominasi oleh penggunaan lahan yang bersifat impermebel maka akan mempunyai nilai C yang rendah dibanding dengan kecamatan yang berada di pinggir atau batas kota.

Berdasar data yang diambil dari pengukuran lapangan oleh Badan Pertanahan Nasional tahun 1998 beberapa jenis penggunaan lahan dijadikan dalam

Tabel 5. Perhitungan Resapan tiap Kecamatan di Kota Malang Tahun 1998

Kecamatan	C	H (mm)	A (m ²)	b(A)	Iap = c H (b A)/ 1000(m ³)/th	H*A (m ³)	Iap (%)
Sukun	0,530	2.102	20.965.700	10.437.179	11.624.594	44.069.901	26,38
Kedungkadang	0,713	1.970	39.894.600	28.502.940	40.036.750	78.592.362	50,94
Klojen	0,317	1.970	8.825.000	446.944	279.147	17.385.250	1,61
Luwingu	0,537	1.909	22.604.800	11.903.928	12.197.224	43.152.563	28,26
Blimbing	0,464	1.909	17.766.500	6.465.928	5.723.154	33.916.248	16,87
Jumlah			110.056.600	57.756.919	69.860.870	217.116.325	32,18

Keterangan :

- c = koefisien resapan
- H = curah hujan mm/th;
- Iap = resapan setelah adanya pembangunan
- b = luasan kawasan terbuka

Sumber : Hasil perhitungan

satu macam penggunaan lahan. Tanah kosong terdiri dari taman, lapangan olah raga dan tanah kosong diperuntukkan, sedang untuk daerah tertutup meliputi perumahan, perkantoran, sarana umum dan industri.

Hasil perhitungan resapan tiap Kecamatan adalah sebagaimana pada Tabel 5.

Kecamatan Sukun

Kecamatan Sukun mempunyai luas wilayah sebesar 20.965.700 m² dan daerah tertutup sebesar 50,22 %. Perhitungan menghasilkan C (koefisien resapan) Kecamatan Sukun 0,530. Analisa data curah hujan stasiun terdekat yakni stasiun Wagir menunjukkan curah hujan rata-rata selama 18 tahun terakhir adalah 2.102 mm. Adanya pembangunan yang terus berjalan sampai dengan tahun 1998 maka

resapan Kecamatan Sukun menjadi 11.624.594 m³/th atau sebesar 26,38 % dari jumlah hujan/tahun.

Kecamatan Kedungkadang

Kecamatan Kedungkadang merupakan kecamatan terluas di Kota Malang dibanding keempat kecamatan lain dengan luasan mencapai 39.894.600 m². Kecamatan ini mempunyai kawasan tertutup yang sedikit, yaitu hanya 28,55%. Hal ini mengakibatkan nilai C resapan yang tinggi, mencapai 0,713 sehingga resapan daerah tersebut juga besar, yaitu 40.036.750 m³/th atau sebesar 50,94 % dari jumlah hujan yang jatuh/tahun. Resapan Kedungkadang yang mencapai 50,94 % ini adalah nilai resapan yang paling tinggi diantara kecamatan lain, akan lebih baik apabila pada kecamatan tersebut dijadikan sebagai daerah konservasi resapan mengingat kawasan terbuka yang masih 71,45 %.

Kecamatan Klojen

Kecamatan Klojen merupakan pusat kota di Kotamadya Malang. Keadaan ini ditunjukkan pula oleh penggunaan lahan yang didominasi perumahan, perkantoran, pertokoan, dan fasilitas umum sehingga daerah tertutup mencapai 94,4 %. Akibat besarnya daerah tertutup mengakibatkan nilai C yang sangat kecil untuk kecamatan ini yaitu 0,317 sehingga resapan yang terjadipun dalam jumlah yang kecil 279.147 m³/th atau resapan yang terjadi sekarang adalah 1,61 % dari jumlah hujan yang jatuh/tahun. Nilai resapan sebesar 1,61 % adalah suatu nilai yang kritis karena berarti air hujan yang jatuh dalam kecamatan ini ± 98,39 % akan hilang baik menjadi limpasan permukaan disamping juga melalaui evaporasi maupun transpirasi.

Kondisi resapan Kecamatan Klojen saat ini adalah tidak normal karena meningkatnya kawasan tertutup pada kecamatan ini menyebabkan banjir, sehingga apabila melihat hasil estimasi diatas maka pada saat koefisien resapan bernilai 0,317 ternyata air hujan yang jatuh menyebabkan banjir.

Kecamatan Lowokwaru

Kecamatan Lowokwaru mempunyai luas wilayah sebesar 22.604.800 m², kawasan tertutup dari wilayah perkembangan kota arah barat ini mencapai 47,34 %. Resapan yang terjadi pada kecamatan ini sebesar 12.197.224 m³/th atau 28,26 % dari jumlah hujan yang jatuh/tahun.

Kecamatan Blimbing

Resapan Kecamatan Blimbing sebesar 5.723.154 m³/th atau 16,87 % jumlah hujan yang jatuh/tahun. Kecamatan Blimbing mempunyai kawasan tertutup tinggi mencapai 63,61 % karena pada kecamatan ini terdapat konsentrasi kawasan industri di Kalurahan Pandanwangi dan kalurahan Blimbing serta kawasan perumahan yang terletak di Kalurahan Purwantoro dan Kalurahan Purwodadi.

Kota Malang

Permasalahan resapan Kota Malang tertuang dalam Rencana Tata Ruang Wilayah tahun 1998/1999. Pemasalahan penataan ruang yang terjadi di Kota Malang adalah selama 5 tahun terakhir perkembangan fisik bangunan berkembang pesat sehingga persentase bidang resapan menjadi berkurang. Selanjutnya dalam bagian buku Kebijakan Rencana Tata Ruang Wilayah dikemukakan kebijakan umum perencanaan tata ruang dalam hal kebijakan keseimbangan ekologis kota. Dalam hal ini diperlukan ruang terbuka hijau di luar kawasan terbangun minimum 30 % terhadap luas total kota Malang dimana angka tersebut sudah termasuk untuk keperluan konservasi, keberadaan sawah dan lainnya.

Hasil perhitungan resapan untuk Kota Malang selama 5 tahun yakni tahun 1992, 1995, 1996, 1997, dan 1998 menunjukkan adanya pengurangan resapan akibat dari berkurangnya kawasan terbuka (Tabel 6)

Tabel 6. Resapan Kota Malang Tahun 1998, 1997, 1996, 1995 dan 1992

Tahun	C	H	A	b	$I_{ap} = c H (b A) / (1000)$	$H * A$	$I_{ap}(\%)$
1998	0,570	1.898	110.056.600	57.756.919	62.475.692	208.887.427	29,91
1997	0,5718	1.898	110.056.600	58.260.011	63.228.657	208.887.427	30,27
1996	0,5719	1.898	110.056.600	58.535.970	63.548.816	208.887.427	30,42
1995	0,5753	1.898	110.056.600	59.155.599	64.594.830	208.887.427	30,92
1992	0,778	1.898	110.056.600	61.191.400	90.431.547	208.887.427	43,29

Sumber : Hasil perhitungan (1999-2000).

Tampak dari Tabel 6 bahwa nilai C Kota Malang mengalami penurunan 0,778 menjadi 0,570 pada tahun 1992-1998 sehingga jumlah resapan juga mengalami penurunan. Adanya penurunan jumlah resapan tersebut merupakan dampak bertambahnya kawasan tertutup setiap tahunnya. Kawasan terbuka mengalami penurunan 5,6 % dari th 1992-1998 mengakibatkan penurunan resapan sebesar 23 %.

Tahun 1992 kawasan tertutup Kota Malang mencapai 44,4 % dari luasan Kota Malang dan meningkat 3,1% pada tahun 1998 menjadi 47,5 % dari luasan Kota Malang, hal ini ternyata mengakibatkan resapan pengu-rangan resapan sebesar 27.955.855 m³ yang berarti pula bahwa terjadi peningkatan kawasan tertutup sebesar 3,1 % mengakibatkan kehilangan air yang semestinya meresap sebesar 27.955.855 m³.

Terjadinya perbedaan hasil perhitungan resapan Kota Malang jumlah dari resapan per kecamatan dengan resapan Kota Malang yang dihitung

langsung dengan menggunakan $C_{kawasan}$ Kota Malang disebabkan antara lain oleh adanya perbedaan curah hujan rata-rata tahunan yang digunakan serta perbedaan proporsi penggunaan lahan baik pada kecamatan maupun pada Kota Malang.

Memperhatikan kebijaksanaan pemerintah tentang resapan yang menyatakan akan menyisakan kawasan terbuka hijau sebesar 30 % dari luas wilayah maka hal ini belum terlambat. Kawasan terbuka pada tahun 1998 masih tersisa sebesar 52,46 % dan mampu meresapkan air sejumlah 62.475.692 m³/th atau sebesar 29,91 % dari jumlah hujan yang jatuh/tahun.

Estimasi Resapan Kota Malang

Perubahan penggunaan lahan menjadi daerah terbangun tidak bisa dipungkiri akan terus meningkat setiap tahun dan menjadikan berkurangnya kawasan-kawasan terbuka sehingga resapan air juga akan terus berkurang.

Estimasi penggunaan lahan pada tahun 2010 yang didasarkan pada estimasi

Tabel 7. Hasil Estimasi Resapan Kota Malang Th 2000-2010

Tahun	C	H	A	B	$\text{lap} = \frac{c H (b A)}{1000}$	H*A	lap (%)
1990	0,588	1.898	110.056.600	61.957.602	69.119.829	208.887.427	33,09
1991	0,585	1.898	110.056.600	61.367.483	68.164.597	208.887.427	32,63
1992	0,585	1.898	110.056.600	61.191.400	67.911.637	208.887.427	32,51
1993	0,582	1.898	110.056.600	60.709.354	67.105.985	208.887.427	32,12
1994	0,579	1.898	110.056.600	60.045.739	66.045.819	208.887.427	31,62
1995	0,575	1.898	110.056.600	59.155.599	64.593.371	208.887.427	30,92
1996	0,573	1.898	110.056.600	58.535.970	63.645.696	208.887.427	30,47
1997	0,572	1.898	110.056.600	58.260.011	63.227.220	208.887.427	30,27
1998	0,570	1.898	110.056.600	57.746.519	62.458.962	208.887.427	29,90
1999	0,566	1.898	110.056.600	56.948.450	61.192.922	208.887.427	29,29
2000	0,563	1.898	110.056.600	56.330.169	60.242.455	208.887.427	28,84
2001	0,561	1.898	110.056.600	55.698.619	59.279.178	208.887.427	28,38
2002	0,558	1.898	110.056.600	55.053.515	58.301.490	208.887.427	27,91
2003	0,555	1.898	110.056.600	54.394.565	57.309.738	208.887.427	27,43
2004	0,552	1.898	110.056.600	53.721.473	56.304.165	208.887.427	26,95
2005	0,549	1.898	110.056.600	53.033.936	55.284.619	208.887.427	26,46
2006	0,547	1.898	110.056.600	52.331.641	54.251.265	208.887.427	25,97
2007	0,543	1.898	110.056.600	51.614.275	53.203.995	208.887.427	25,47
2008	0,540	1.898	110.056.600	50.881.512	52.143.009	208.887.427	24,96
2009	0,537	1.898	110.056.600	50.133.024	51.068.336	208.887.427	24,45
2010	0,533	1.898	110.056.600	49.368.470	49.980.022	208.887.427	23,93

Sumber : Hasil Perhitungan

jumlah penduduk Kota Malang ternyata menunjukkan bahwa kawasan tertutup meningkat mencapai 55,142 % dari luasan Kota Malang, dan kawasan terbuka tinggal 44,86 % dengan peningkatan tiap tahunnya rata-rata 1,2 %

Peningkatan kawasan tertutup menjadikan kawasan terbuka semakin menurun hal ini tampak dari hasil estimasi penggunaan lahan sawah yang mengalami penurunan dari 19,6 % pada tahun 2000 menjadi 14,85 % dari luasan Kota Malang. Penurunan sawah terjadi karena konversi

penggunaan lahan ini menjadi tegalan maupun tanah kosong bahkan berubah menjadi kawasan tertutup, hal ini tampak dari peningkatan tanah kosong yang diperkirakan menjadi 14,85 % dari luasan Kota Malang pada tahun 2010 dari 7,4 % pada tahun 2000. Penggunaan lahan tegalan menalami penurunan seperti halnya yang terjadi pada sawah, penurunan tegalan 23,2 % dari luasan Kota Malang pada tahun 2000 menjadi 18,95 % (Tabel 7).

Akibat pertumbuhan penduduk menuntut meningkatnya kawasan tertutup

sehingga menyebabkan resapan air berkurang, fenomena tersebut yang terjadi sekarang dan tampaknya akan terjadi pula dimasa-masa yang akan datang apabila hal ini tidak segera dibatasi. Berdasar pada estimasi pertumbuhan penduduk dan estimasi penggunaan lahan maka didapat pula estimasi resapan air dimasa yang akan datang. Hasil perhitungan estimasi resapan dengan asumsi curah hujan yang terjadi sebesar 1.898 mm/th menunjukkan adanya penurunan resapan Kota Malang.

Resapan tahun 2000 diestimasikan menjadi 60.242.455 m³/th dan akan turun lagi pada tahun 2010 menjadi 49.980.022 m³/th (26,54 % dari jumlah hujan yang jatuh/tahun), hal ini dimungkinkan terjadi apabila pertumbuhan kawasan tertutup tidak segera dibatasi. Kawasan tertutup pada tahun 2010 diestimasikan meningkat mencapai 55,14 % dari keseluruhan kawasan Kota Malang, keadaan tersebut berarti pula masih adanya kesempatan untuk melakukan proteksi terhadap kawasan-kawasan terbuka yang ada saat ini sehingga jangan sampai kawasan terbuka tinggal 30 % seperti yang tertuang dalam RTRW Kota Malang dan Kep Men PU No.20/KPTS/1986. Resapan Kota Malang sebenarnya akan semakin turun apabila kebijaksanaan RTRW Kota Malang tersebut diterapkan karena pada saat kawasan terbuka tinggal 30 % maka berarti resapan yang akan terjadi pada saat itu adalah sebesar 28.840.439 m³/th atau tinggal 13,81 % dari jumlah hujan yang jatuh/tahun dan terjadi pada tahun 2028.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Resapan Kota Malang pada tahun 1998 sebesar 62.475.692 m³/th (29,91 % dari jumlah hujan yang jatuh/th) dan akan mengalami penurunan menjadi 49.980.022 m³/th (23,93 % dari jumlah hujan yang jatuh/th) Pada tahun 2010. Kawasan terbuka akan tinggal 30 % terjadi pada tahun 2028 dengan resapan sebesar 32.680.438 m³/tahun atau tinggal 13,81 % dari jumlah hujan yang jatuh tiap tahun.
2. Hasil estimasi resapan Kota Malang secara spasial menunjukkan bahwa Kecamatan Klojen adalah kecamatan yang resapannya paling kecil (1,61 % dari jumlah hujan yang jatuh/th dalam kawasan tersebut) sedang untuk kecamatan yang masih mempunyai resapan yang relatif besar adalah Kecamatan Kedungkandang yakni sebesar 50,94 % dari jumlah hujan yang jatuh/th dalam kawasan tersebut.
3. Model estimasi resapan dengan formula

$$I_{ap} = c H (\beta A) / (1000)$$

dimana

I = resapan (mm)

c = angka koefisien resapan

H = curah hujan rata-rata tahunan (mm)

βA = luas kawasan terbuka (m²)

serta estimasi nilai C yakni

C kaw =

$$(A1/A * C1) + (A2/A * C2) + (A3/A * C3) + a(A_{saw}/A) + b(A_t/A)$$

dimana

C _{das}	= nilai koefisien resapan sub DAS
A ₁	= luas tanah kosong
A ₂	= luas tegalan
A ₃	= luas kuburan
A	= luas sub DAS
C	= koefisien resapan daerah terbuka di tanah kosong
C ₂	= koefisien resapan daerah terbuka di tegalan
C ₃	= koefisien resapan daerah terbuka di kuburan
Asaw	= luas sawah
At	= luas kawasan tertutup

dapat diterapkan di Kota Malang dengan dibatasi asumsi-asumsi yang telah digunakan. Oleh karena itu maka disarankan :

1. Nilai estimasi resapan yang terjadi sekarang dan prediksi yang akan datang merupakan nilai resapan yang sedikit sehingga baik kiranya untuk mulai menerapkan teknologi "artificial recharge"
2. Penanggulangan banjir saat turun hujan dengan membuat saluran drainase kota yang baru hanya akan mengalihkan keberadaan air namun tidak menanggulangi dampak pengurangan resapan.
3. Penelitian mengenai resapan selanjutnya diharapkan dapat mengkaji faktor lereng yang diduga dapat mempengaruhi terjadinya resapan karena peningkatan limpasan

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, K (1999) *Open Space, Smart Growth, Urban Sprawl*, In *GSA Congressional Science Fellow*, Downloaded at 4 Juli 2000 from GSA Homepage
- Aninymous, (1998) *Rencana Tata Ruang Kota Wilayah Kotamadya Malang*, Pemerintah Kotamadya Daerah Tingkat II Malang, Malang
- Arsyad, S.A. (1989) *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press, Bogor.
- Asdak, C. (1995) *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow, V.T. (1964) *Handbook of Hirology*. Mcgraw Hill Book Company, Inc, New York.
- Fleming, (1997) *Computer Simulation Techniques in Hidrology*, Elsivier, New York
- Freveert, R.K. (1959) *Soil and Water Conservation Engineering*, John Wiley and Sons, INC, New York.
- Hasibuan, K.M (1998) *Dinamikan Populasi*, PAU IPB, Bogor
- Hewlett, J.D & Nutter, N.L. (1969) *An Outline of Forest Hidrology*. University of Georgia Press, Athens.

- Linsley, R.K, Kohler, M.A & Paulus, J.L.H. (1982) *Hidrology For Engineers* Third Edition
Mc Graw Hill Book Company, Icn, New York.
- Seyhan, E. (1990). *Dasar-dasar Hidrologi*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta
- Soemarwoto. (1983) *Ekologi Lingkungan Hidup dan Pembangunan*, Djambatan, Jakarta
- Sugandhy, A. (1999) *Penataan Ruang Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*. P.T. Gramedia
Pustaka Utama, Jakarta.
- Sunyoto. (1987) *Sistem Drainase Air Hujan yang Berwawasan Lingkungan*. PAU, Teknik
UGM, Yogyakarta.
- Tood, David Keith. (1980) *Groundwater Hydrogeology*. John Wiley and Sons, Inc., New
York .
- Urbanos, B.R (1992) *Handbook of Hidrology ,In Hydrologic Design for Urban Drainage
and Flood Central*, (Eds David R Maidment) pp 28-47, McGraw Hill, New York
- Utomo, W.U. (1994) *Erosi dan Konservasi Tanah*. IKIP Malang, Malang.

KAJIAN PROFIL MELINTANG SALURAN DAN LINGKUNGAN SUNGAI BRANTAS DI KOTA MALANG, JAWA TIMUR

(Study of Channel and environment shape of River Brantas at Malang, Jawa Timur)

Oleh :

Muhammad Amin Sunarhadi

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A.Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417

Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com

ABSTRACT

The objective of this article is to describe the change of channel and environment shape of River Brantas at Malang City, Jawa Timur. The study uses the river environmental and people exploitation pattern approach. Survey and secondary data analysis used as research method. The result of the research shows that geomorphic process still continuously change the channel river shape. River environment shape changing caused by land use change pressure. Degradational process from fluvial process related with gradient of channel slope. Development pressure make more dramatically shape of river environment.

Key words : Environment shape

PENDAHULUAN

Sungai mempunyai aneka ragam proses geomorfik, berupa degradasi dan aggradasi, sesuai kondisi fisik dasar dan iklim yang bekerja. Aggradasi dari dinamika sungai mem-bentuk bentuk lahan (*land-form*) seperti tanggul alam (*natural levee*) di se-panjang kanan-kiri sungai atau dataran banjir (*flood plain*) yang terbentuk karena sungai meninggalkan endapan-nya setelah terjadi banjir. Dinamika sungai yang bersifat degradasi terjadi berupa penggerusan tebing sungai dan dasar sungai. Degradasi di sempadan sungai diakibatkan oleh erosi tanah. Proses geomorfik berupa erosi geologi atau pergerakan massa (*mass movement*) di sempadan sungai bersifat degradasi sekaligus aggradasi. Berbagai

proses geomorfik yang mungkin terjadi tersebut dapat membahayakan bagi kelestarian dan keamanan lingkungan sungai sehingga diperlukan pengamanan dengan adanya sempadan sungai.

Jumlah penduduk yang sema-kin banyak dan bertambah cepatnya laju pembangunan mengakibatkan semakin tingginya intensitas perubahan penggunaan lahan. Perubahan ini berdampak pula di sempadan sungai, yaitu kawasan non artifisial di kanan kiri sepanjang sungai yang berfungsi untuk kelestarian dan pengamanan lingkungan sungai. Averitt *et al.* (1994) mendefinisikan sempadan sungai sebagai kawasan berbentuk pita tipis yang mengapit suatu saluran air.

Sempadan sungai yang semula berupa lahan non artifisial kini tidak luput pula berubah menjadi lahan artifisial, yaitu digunakan sebagai tempat aktivitas manusia dan didirikan bangunan. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan terhadap sempadan sungai akan meningkat seiring dengan meluasnya pembangunan (Coughlin *et al.* 1972).

Berlangsungnya proses geomorfik dan tekanan perubahan fungsi lahan pada lingkungan sungai akan mempengaruhi bentuk penampang melintang dari saluran dan lingkungan sungai. Hal seperti ini berlangsung terutama pada kawasan yang mulai meningkat intensitas kotaannya.

Sungai Brantas di Kota Malang, selain terus mengalami proses geomorfik juga telah mengalami tekanan dengan kecenderungan berubah menjadi lahan artifisial terutama berupa permukiman. Beralihnya sempadan Sungai Brantas menjadi kawasan artifisial perlu dicermati karena akan berdampak pada saluran sungai dan kualitas tata ruang lingkungan sungai.

TELAAH PUSTAKA

Diantara punggung-punggung bukit terbentuk lembah sebagai saluran. Bentuk penampang saluran tempat mengalirnya air tersebut mempunyai kesesuaian dengan karakter alirannya. Bentuk penampang saluran menurut Zuidam & Zuidam (1979) ada tiga tipe penampang saluran, yaitu tipe seperti ayunan (∩) penampang berbentuk V, dan penampang berbentuk U. Penampang seperti bentuk ayunan mempunyai sisi

lembah yang landai dengan proses yang berlangsung berupa konsentrasi dari aliran dengan kekuatan erosi yang lemah. Pada penampang sungai bentuk V yang tegas menunjukkan erosi yang kuat dimana terdapat pengaruh kuat dari iklim dan batuan yang melapuk. Pada penampang bentuk V yang tidak tegas menunjukkan erosi pada bagian atas lembah dan merupakan lokasi akumulasi bahan-bahan. Penampang saluran yang ber-bentuk U menunjukkan tahapan setelah terjadinya erosi vertikal yang kuat. Pada beberapa bagian dapat diisi oleh endapan. Suharyadi (1984) mengemukakan bahwa bentuk penampang sungai V menunjukkan sungai berusia muda dan pada saluran dengan bentuk penampang U menunjukkan sungai berusia tua.

Adanya aktivitas manusia akan mempengaruhi bentukan dari profil penampang sungai tersebut. Menurut Sugandhy (1999) ada empat cara dalam proses pengembangan pola penggunaan lahan. Pertama adalah menjaga atau memelihara keadaan fisik yang ada, kedua adalah memberikan tekanan pada kondisi fisik dasarnya, ketiga mengubah, dan keempat menghilangkan kondisi yang ada pada kondisi yang sama sekali berbeda dengan semula. Fenomena yang ada menurut Sugandhy (1999) adalah berupa pengembangan ruang yang mengabaikan bentang alam atau justru melakukan dramatisasi struktur ruang dari kondisi fisik yang telah terbentuk secara alami. Pengabaian bentang alam timbul dengan pengeprasan lahan dan penggunaan yang tidak sesuai daya gunanya. Sedangkan

dramatisasi struktur ruangan menjadikan puncak lembah alami yang ada menjadi semakin curam karena adanya bangunan di atas puncak dan tambah dalamnya lembah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan lingkungan sungai (*river environment*) dan pola pemanfaatan oleh masyarakat. Metode yang digunakan adalah metode survei dan analisa data sekunder.

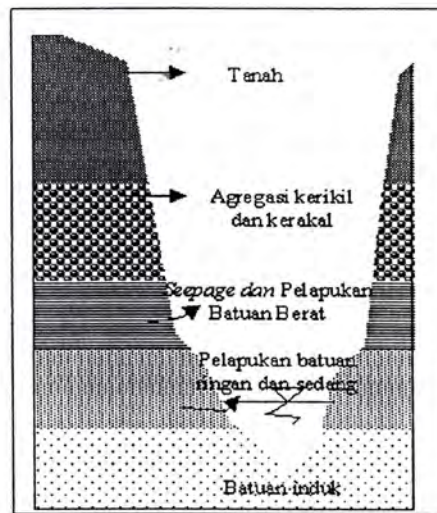
Identifikasi profil penampang Sungai Brantas dilakukan berdasarkan titik-titik pada sebelas kawasan contoh (*sampel area*) yang dipilih secara *purposive*. Adapun identifikasi pemanfaatan Sungai Brantas oleh masyarakat dilakukan untuk menunjukkan penggunaan lahan sepanjang sempadan Sungai Brantas yang telah dipadati oleh bangunan-bangunan yang didominasi oleh permukiman.

Penampang Saluran Sungai Brantas Di Kota Malang

Penampang Sungai Brantas di Kota Malang secara umum mempunyai kenampakan "V". Bentuk penampang seperti ini dikategorikan sebagai kenampakan yang menunjukkan stadium muda (Zuidam 1979 dan Suharyadi 1984). Penampang sungai dengan potongan melintang berbentuk "V" di Sungai Brantas termasuk dalam kategori yang bentukannya tegas/tajam. Dasar sungai Brantas dapat mencapai kedalaman 16 meter (atau lebih) dari bangunan terendah di tepi sungai. Kondisi relief permukaan Sungai Brantas

terjal dengan kemiringan tebing tepi sungai biasanya > 100 persen.

Stratigrafi penampang Sungai Brantas di Kota Malang berupa tanah pada lapisan teratasnya dan ke bawah berupa lapisan *gravel* (agregasi kerikil dan kerakal) dan batuan (Gambar 1).



Gambar 1. Stratigrafi penampang saluran Sungai Brantas di Kota Malang

Stratigrafi seperti ini merupakan hasil proses pengikisan oleh sungai sehingga terjadi erosi. Sungai yang mulanya mengalir pada permukaan tanah selanjutnya mengikis habis tanah tersebut dan selanjutnya dasar sungai semakin turun dengan mengikis lapisan gravel dan akhirnya saat ini mengikis pada batuan. Lapisan gravel yang ada merupakan hasil proses fluvial dari bahan tektonik pada masa lalu, yaitu setelah terjadinya erupsi

banyak material yang kemudian dibawa aliran dan diendapkan di sekitar sepanjang sungai. Penampang sungai seperti ini membentuk teras akibat proses erosi (*erosion terrace*) (Ritter 1986).

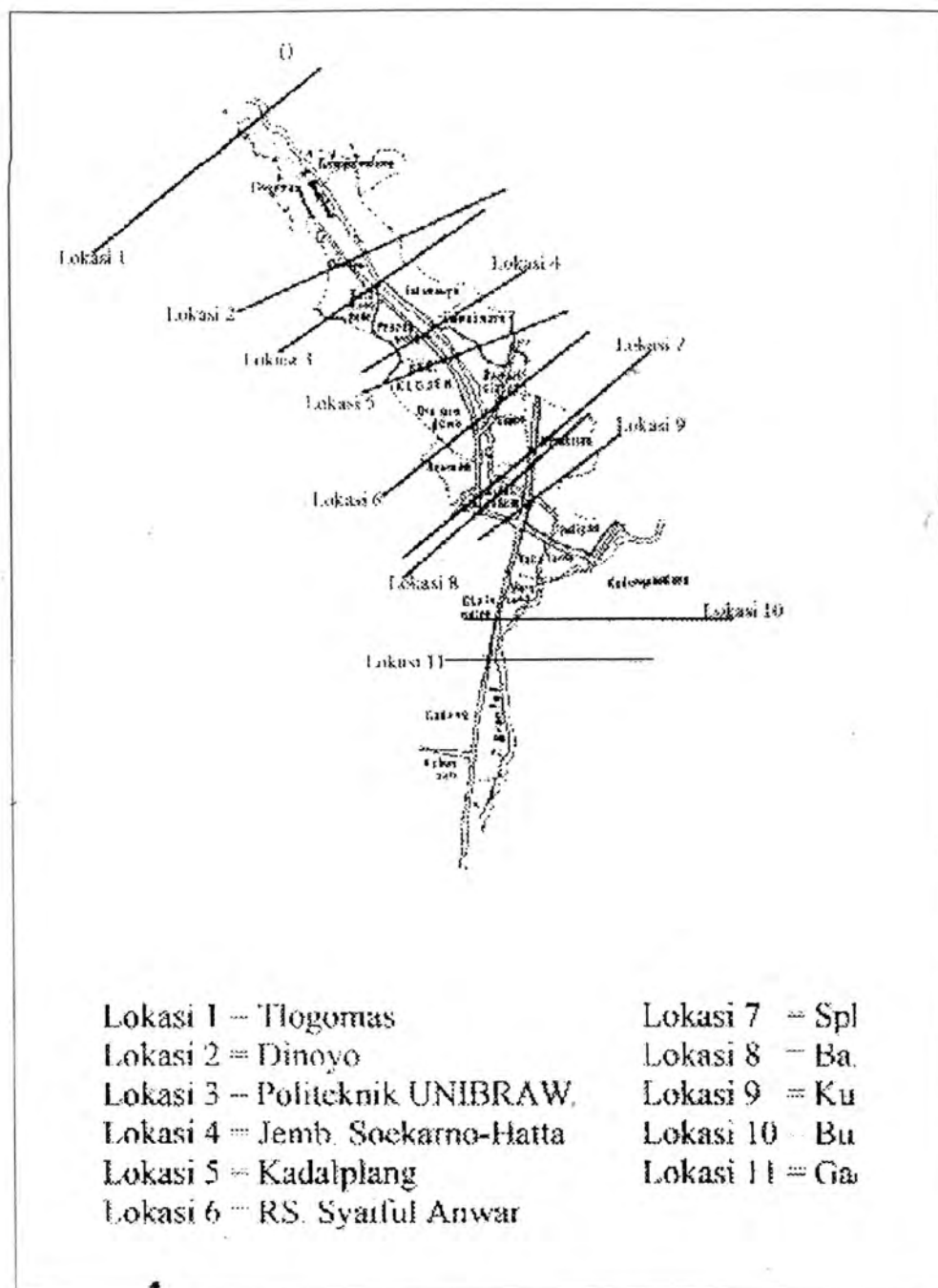
Dasar Sungai Brantas di Kota Malang menunjukkan fenomena yang mendukung dimasukkannya sungai ini dalam kategori muda. Pada dasar sungai terjadi penggerusan (*corrasion*) dan pengangkutan setelah penghempasan bahan (*quarrying*). Sepanjang Sungai Brantas banyak ditemui bongkahan-bongkahan batuan vulkanik yang merupakan hasil pengangkutan dari sungai-sungai bagian atas, sebagian merupakan hasil pergerakan massa sepanjang tepi sungai. Suharyadi (1984) menyatakan bahwa *corrasion* dapat menghasilkan material-material yang besar (bongkah-bongkah). Lubang-lubang akibat erosi (*pot-hole*) banyak dijumpai di sepanjang dasar sungai dan beberapa di antaranya menjadi *plungpoll*.

Kenampakan secara grafis dari 11 lokasi contoh penampang Sungai Brantas di Kota Malang adalah sebagaimana berikut ini (Gambar 2). Penampang Sungai Brantas pada lokasi 1 sampai dengan lokasi 5 mempunyai bentuk "V" yang tegas sedangkan mulai lokasi 6, yaitu di dekat Rumah Sakit Umum Syaiful Anwar terdapat kenampakan mulai terjadinya erosi ke samping sehingga bentuk "V" penampangnya tidak tegas. Zuidam (1979) menyatakan bahwa bentuk lembah yang menyerupai "V" dengan kenampakan jelas menunjukkan erosi vertikal yang kuat, yaitu

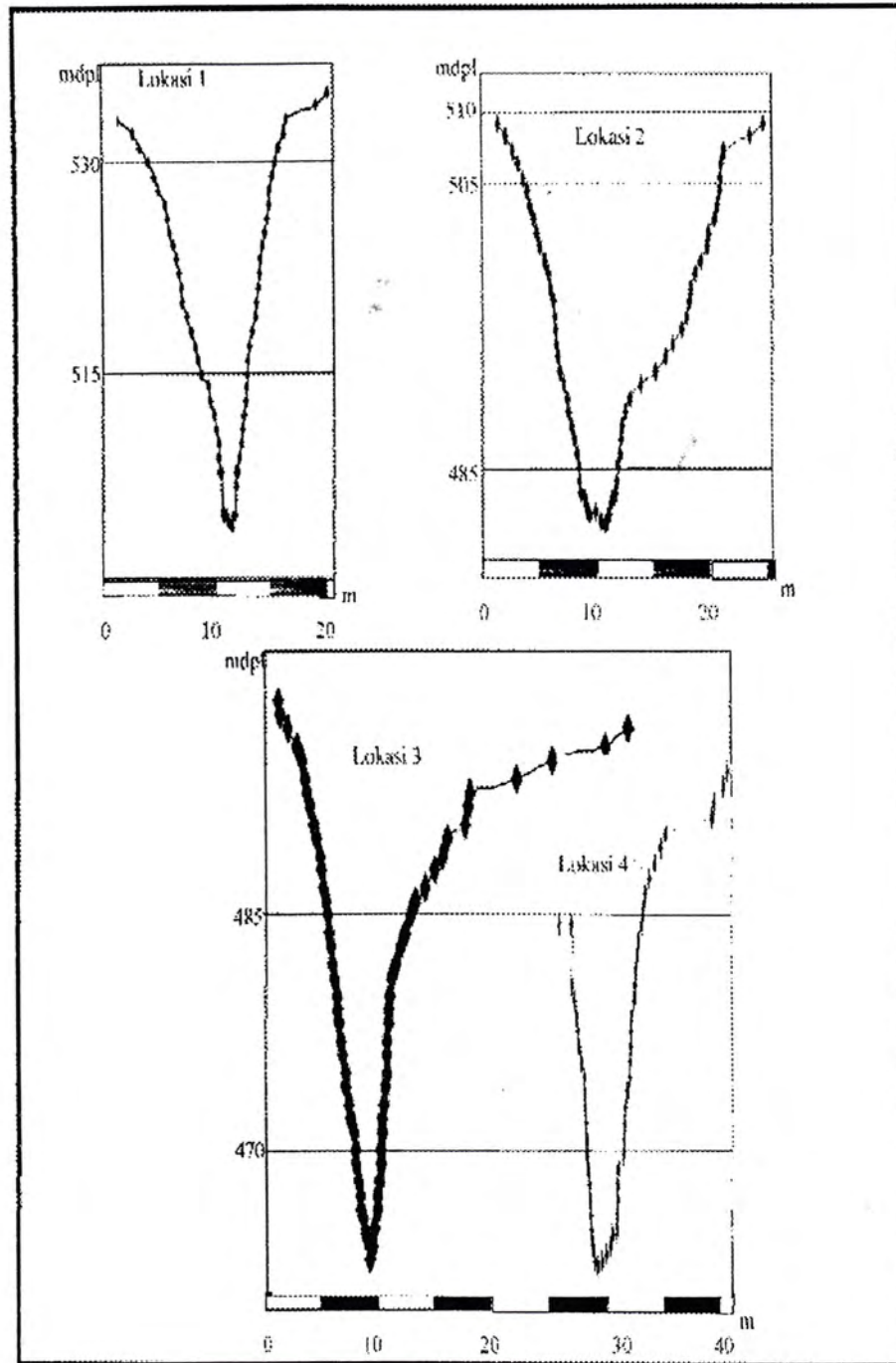
erosi pada dasar sungai, sedangkan pada bentuk "V" yang tidak tegas menunjukkan adanya erosi pada bagian atas lembah dan penumpukan bahan pada kaki tebing lembah sungai.

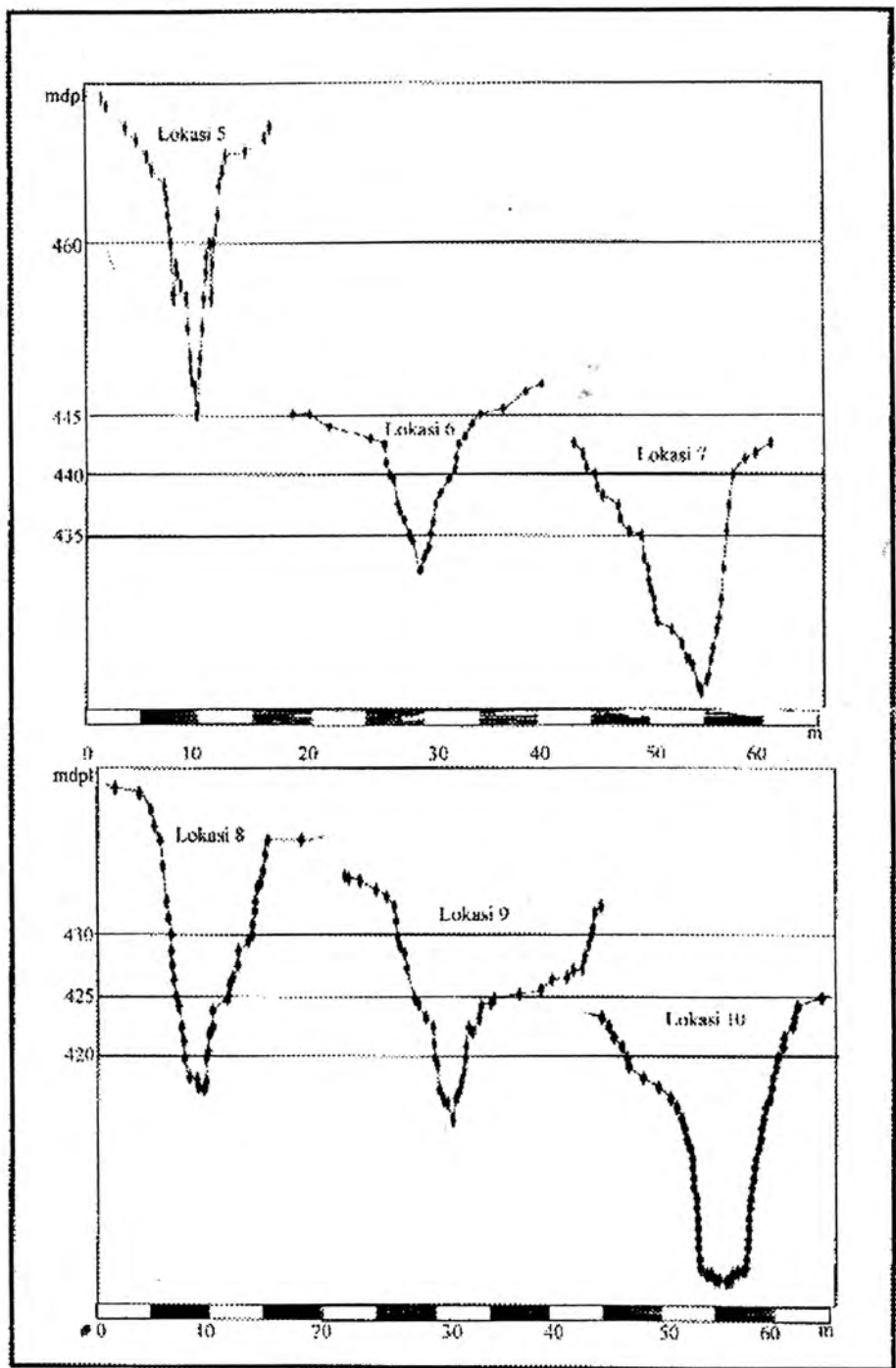
Penampang lokasi 1, 3, 4, 5, 7, 8, dan 11 merupakan penampang pada aliran sungai lurus. Kedua dinding saluran membentuk sudut yang sama bila dibuat garis tengah penampang yang tegak lurus permukaan air dan tepat melewati dasar lembah. Adapun penampang pada aliran berbelok atau *meandering* adalah di 2, 6, 9, dan 10. Penampang pada kondisi ini dinding saluran pada bagian luar kelokan akan lebih landai dan tidak membentuk sudut yang sama terhadap garis tengah penampang sungai dibandingkan dinding saluran bagian dalam kelokan. Lebih landainya sisi luar kelokan karena adanya aliran yang menabrak dinding dan mengikisnya. Pusaran air akan lebih besar pada sisi luar dari kelokan dibandingkan sisi dalamnya dan menjadikan adanya erosi ke samping.

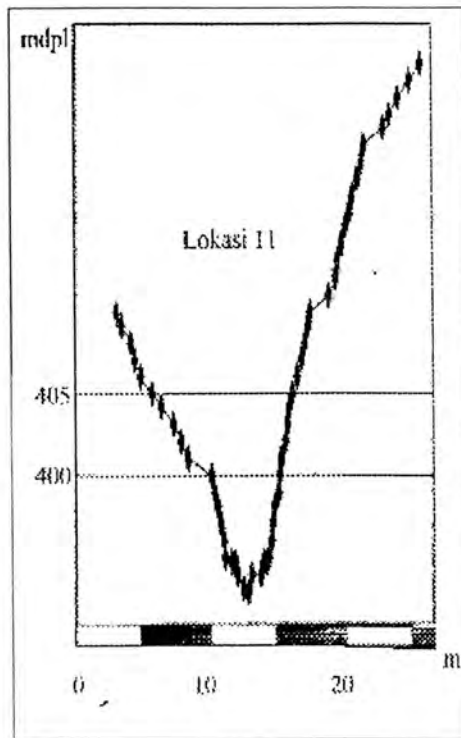
Selain terjadinya erosi ke samping, mulai lokasi dekat Syaiful Anwar, Sungai Brantas mulai terjadi kelokan (*meandering*). Terjadinya *meandering* ini dipengaruhi pula oleh terjadinya perubahan gradien sungai. Tabel 1 menunjukkan terjadinya penurunan gradien sungai mulai di dekat Rumah Sakit Umum Syaiful Anwar. Strahler (1964) dalam (Gregory 1973) memasukkan gradien sebagai variabel relief yang merupakan cara deskripsi karakter aliran sungai secara topografis. Sementara Gregory (1973)



Gambar 2. Penampang Sungai Brantas di Kota Malang







sendiri lebih tegas menggunakan istilah kemiringan saluran (*channel slope*) sebagai atribut saluran (*channel*).

Gradien sungai yang semakin rendah ini memungkinkan kecepatan aliran lebih lambat dan memberi kemungkinan air bergerak lebih menyebar. Menurunnya gradien sungai pada lokasi yang semakin menjauhi kawasan hulu dapat dimasukkan dalam satu model sebagaimana yang dilakukan oleh Rafay (1964) dalam Simons (1979) di Rio Grande. Rafay mendapatkan model $s = 0,0022e^{-0,0092L}$ dimana s adalah kemiringan /gradien dan L adalah jarak dari titik referensi. Sungai Brantas di Kota Malang setelah diuji didapatkan model $s =$

$2,627-L$ dimana s adalah kemiringan / gradien dan L adalah jarak dari titik referensi.

Penampang Lingkungan Sungai Brantas Di Kota Malang

Secara administratif, Kecamatan-kecamatan di Kota Malang yang dilewati oleh Sungai Brantas adalah Kecamatan Blimbing, Kecamatan Klojen, dan Kedungkandang. Adapun wilayah kelurahan dan kesatuan rukun warga yang terdapat sepanjang sempadan Sungai Brantas terdiri atas 17 kelurahan dan 46 rukun warga (RW). Data selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Jarak bangunan yang ada pada kawasan artifisial sepanjang sempadan Sungai Brantas sangat bervariasi dan cenderung meningkat kepadatannya di sempadan Sungai sebagaimana pada Tabel 3. Sempadan Sungai Brantas di Kelurahan Tlogomas sedang mengalami peningkatan pembangunan sebagai kawasan artifisial meskipun masih jarang. Perkembangan di kawasan ini terutama dipengaruhi oleh dua node pemacu pertumbuhan berupa kampus III Universitas Muhammadiyah Malang (UMM) dan terminal angkutan umum Landungsari. Bertambahnya fasilitas kos dan pertokoan penyedia kebutuhan sehari-hari merupakan fenomena utama yang berkembang. Pembangunan yang terlalu dekat dengan aliran Sungai Brantas (Tabel 3) tidak lepas juga dari adanya percontohan pembangunan kampus III UMM yang melakukan perkerasan pada sempadan Sungai Brantas.

Tabel 1. Gradien Sungai Brantas di Kota Malang (dalam seksi-seksi)

SEKSI	BEDA TINGGI (m)	JARAK (m)	GRADIEN (%)	KONDISI SUNGAI	LOKASI	
X1=1-6	5,00	408,50	1,22	Saluran cenderung lurus dan terdapat material hasil pengangkutan sampai dengan material bongkah (<i>boulder</i>) tersebar merata pada saluran. ↓	JL. BAWANG MERAH	
X2=6-7	1,00	263,00	0,38		JL. BAWANG MERAH	
X3=7-17	10,00	789,00	1,27		BELAKANG DINOYO PERMAI	
X4=18-22	9,00	163,50	5,50		POLTEK UNIBRAW	
X5=22-32	10,00	3194,60	0,31			
X6=33-35	6,00	302,00	1,99	Saluran cenderung lurus dan material hasil pengangkutan mulai berkurang jumlah dan sebarannya sampai dengan material bongkah (<i>boulder</i>). ↓		
X7=36-38	5,50	356,00	1,54			
X8=38-40	4,20	1191,25	0,35			
X9=40-41	8,30	107,50	7,72			
X10=41-42	2,50	900,00	0,28			
X11=42-44	5,00	133,75	3,74			
X12=44-45	2,50	200,00	1,25			
X13=45-46	2,50	57,00	4,39			
X14=46-48	5,00	817,50	0,61		Lembah sungai mulai tidak tegas, terdapat pelebaran ke samping. Material hasil pengangkutan sangat sedikit. ↓	DEKAT RS SYAIFUL ANWAR
X15=48-55	17,50	2155,00	0,81			
X16=55-57	5,00	305,00	1,64			
X17=57-59	5,00	833,75	0,60			
X18=59-62	7,50	778,75	0,96	Saluran lurus. Material hasil pengangkutan hampir tidak ada.		GADANG GG.1
X19=62-63	2,50	695,00	0,36			
X20=63-64	1,00	2108,50	0,05			
X21=64-68	3,00	903,50	0,33		GADANG GG. 21 C	

Keterangan : x = gradien sungai (%)

Tabel 2. Wilayah administrasi di sempadan Sungai Brantas

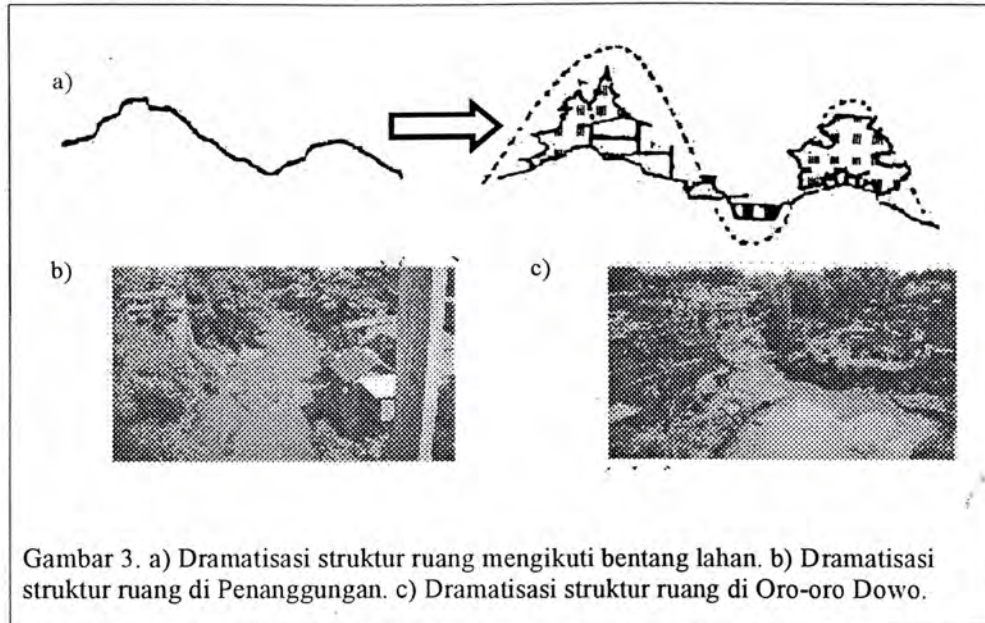
Kanan Sungai	Kiri Sungai
KECAMATAN LOWOKWARU	
Kelurahan Tlogomas RW 07	Kelurahan Tunggul Wulung RW 04, 05, 06.
Kelurahan Dinoyo RW 01, 03, 04, 05.	Kelurahan Jatimulyo RW 05
Kelurahan Ketawang Gede RW 04	
KECAMATAN KLOJEN	
Kelurahan Penanggungan RW 05	Kelurahan Samaan RW 01, 02, 03, 04, 05
Kelurahan Oro-oro Dowo RW 02, 03, 05, 06	Kelurahan Klojen RW 06
Kelurahan Kidul Dalem RW 04, 05, 06	
KECAMATAN BLIMBING	
Kelurahan Jodipan RW 01, 02, 06, 12	Kelurahan Kesatrian RW 02
	Kelurahan Polehan RW 01, 02, 04
KECAMATAN KEDUNGKANDANG	
Kelurahan Kota Lama RW 04, 05, 06, 08, 09	
Kelurahan Mergosono RW 01, 03, 05, 06	Kelurahan Bumiayu RW 02 dan 03
	Kelurahan Arjowinangun RW 03 dan 04
KECAMATAN SUKUN	
Kelurahan Gadang RW 01 dan 04	

Sumber : Peta Administrasi Kota Malang dan survei lapangan (2000)

Kawasan artifisial yang lebih rapat terdapat di Kelurahan Dinoyo dimana di kawasan tersebut merupakan salah satu pusat kegiatan bisnis (*central bussiness district* = CBD).

Pembangunan perumahan mendekati sungai, meskipun tidak berada di sempadan sungai, ternyata memicu berkembangnya kawasan artifisial menuju sempadan Sungai Brantas. Keberadaan pabrik keramik yang mengakibatkan tumbuhnya kawasan artifisial guna hunian karyawan atau pemasoknya juga menjadikan banyak bangunan yang berjarak 0 meter dari sungai.

Keberadaan lahan non artifisial berselang-seling di sempadan sungai antara sawah, tegalan / kebun, tebing alami, dan ilalang. Asosiasi keruangan diantaranya tidak teratur sehingga tidak dapat disimpulkan pola asosiasinya. Sawah dijumpai secara luas di dekat perbatasan kota baik bagian barat laut maupun selatan kota. Asosiasi kronologi dijumpai pada peralihan sawah menjadi lahan artifisial, yaitu pada masa pengeringan lahan untuk membentuk kestabilan tanah melalui bentuk kebun dan ilalang. Ilalang juga dijumpai diantara



Gambar 3. a) Dramatisasi struktur ruang mengikuti bentang lahan. b) Dramatisasi struktur ruang di Penanggungan. c) Dramatisasi struktur ruang di Oro-oro Dowo.

lahan artifisial yang belum digunakan tetapi tidak pula diolah sebagai sawah atau kebun / tegalan. Tebing alami merupakan peralihan kemiringan lahan secara drastis / mendadak.

Perubahan sempadan Sungai Brantas dari lahan non artifisial ke artifisial mengubah kualitas tata ruang. Kualitas tata ruang bukanlah semata-mata tata letak dan keterkaitan hirarkis. Mutu ruang sendiri sebenarnya ditentukan pula oleh terwujudnya keserasian, keselarasan, dan keseimbangan pemanfaatan ruang (Sugandhy 1999). Perubahan di sempadan Sungai Brantas menjadikan terjadinya dramatisasi struktur ruang mengikuti bentang lahan (Gambar 3).

Dramatisasi struktur ruang merupakan fenomena pembangunan kawasan artifisial yang mengikuti struktur

ruangan yang ada tetapi selanjutnya justru terjadi penajaman struktur. Misalnya pada potongan melintang Sungai Brantas dan sempadannya secara alami terdapat perbedaan tinggi muka bumi berupa puncak tebing dari lembah dan dasar lembah. Akibat pembangunan yang berlangsung maka puncak tebing yang kini telah berdiri bangunan artifisial mempunyai beda tinggi yang semakin besar dengan dasar lembah.

Dramatisasi ini terjadi pada permukiman dengan kualitas bangunan yang baik. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi ekonomi pemilik bangunan di sempadan Sungai Brantas. Semakin meningkat kemampuan ekonominya maka pemilik bangunan akan semakin meningkatkan kualitas bangunannya

- Marsoedi, Ds., Widagdo, Dai, J., Suharta, N., Darul, S.W.P., Hardjowigeno, S. & Hof, J. (1994) *Pedoman Klasifikasi Landform*. Laporan Teknis LREP II No. 5 Versi 2.0. Pusat Penelitian Tanah & Agroklimat, Bogor.
- McCormick, Frank J. (1978) *Position paper in support of a habitat preservation proposal*. Memorandum. Office of Biological Service. US Fish and Wildlife Service. Washington. pp 19.
- Ritter, F. Dale. (1986) *Process Geomorphology*. 2nd edition. Wm C. Brown Publishers. Dubuque, Iowa. p. 1-31, p. 153-204, p. 205-253, p. 255-302.
- Santosa, S. & T. Suwarti. (1992) *Geologi Lembar Malang, Jawa*. Puslibang Geologi, Indonesia. Bandung.
- Sayid A., Mudjiran, & Ngatidjo H. (1986) Analisis pengaruh pembusukan sampah dari tebing Sungai Code terhadap pencemaran lingkungan. *Laporan Penelitian*. F.MIPA UGM. Yogyakarta.
- Simons, D.B. (1979) River and Canal Morphology. In *Modeling of Rivers* (Ed Hsieh Wen Shen), pp. 5-1 – 5-81. A Wiley-Interscience Publication. New York, Chichester, Brisbane, and Toronto.
- Sugandhy, A. (1999) *Penataan Ruang dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Suharyadi. (1984) *Geologi Teknik*. Badan Penerbit KMTS Universitas Gajah Mada. Yogyakarta
- Sunarhadi, M.A. (1998) *Interaksi Lingkungan Fisik dan Kependudukan di Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah*. Skripsi Sarjana, Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Suyono S & Tominaga, M. (edt). (1994) *Perbaikan & Pengaturan Sungai*. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Timbul. (1992) Pengkajian faktor-faktor geologi dalam penyusunan tata ruang daerah tangkapan air Danau Toba Propinsi Sumatera Utara. Tesis Master, Prog. Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Utomo, W.H. (1994) *Erosi & Konservasi Tanah*. Penerbit IKIP Malang. Malang.
- Wardhana, W.A. (1995) *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Andi Offset. Yogyakarta.
- Williams, M. (1990) *Wetlands: A Threatened Landscape*. Basil Blackwell, Cambridge.
- Zuidam, R.A. Van & Zuidam C, F.I. Van. (1979) Terrain analysis and class. using aerial photographs: a geomorphological app. In *ITC Text Book of Photo Interpretation Vol VII Chapter 6*. International Institute for Aerial Survey and Earth Science (ITC) Enschede, The Netherlan

FORMULIR BERLANGGANAN



ISSN 085-2682

Forum Geografi diterbitkan sebagai media informasi dan forum pembahasan hasil penelitian bidang Geografi.

Periode terbit : Juli dan Desember

Harga langganan : 1 x terbit Rp. 15.000
2 x terbit Rp. 25.000

FORM PESANAN : Mohon dikirim FORUM GEOGRAFI
Periode : Juli tahun
: Desember tahun

Telah ditransfer ke BPD Jateng Cabang Pembantu
UMS No. Rek : 3.059.09384.0 a.n. Suharjo

Pemesan :
Alamat :
:
Telepon/Fax :

Alamat Redaksi :

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartosuro Tromol Pos I Surakarta 57162, Telp (0271) 717417
* Psw 151-153, Fax : (0271) 715448, E-mail: FORUMGEOGRAFI@yahoo.com