

Ketua Penyunting:

Drs. Yuli Priyana, M. Si.

Wakil Ketua Penyunting:

Agus Anggoro Sigit, S. Si., M. Sc.

Dewan Penyunting:

Dr. Ir. Imam Hardjono, M. Si.

Dr. Kuswaji Dwi Priyono, M. Si.

Dra. Alif Noor Anna, M. Si.

Drs. Priyono, M. Si.

Jumadi, S. Si, M. Sc.

Distribusi dan Pemasaran:

Agus Anggoro Sigit, S. Si., M. Sc.

Kesekretariatan:

Jumadi, S. Si, M. Sc.

Periode Terbit: Juli dan Desember

Terbit Pertama: Juli 1987

Cetak Sekali Terbit: 410 exp

Alamat Redaksi:

Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos I Surakarta 57102, Telp (0271) 717417 Psw 151-153,
Fax: (0271) 715448, E-mail: forgeo@ums.ac.id

DAFTAR ISI

PENGEMBANGAN LINGKUNGAN KARS GUA URANG SEBAGAI LOKASI WISATA <i>Srijono dan Nisa Nadia</i>	99 - 110
MODEL ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA ALAM MELALUI PENDEKATAN MORFOKONSERVASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI SAMIN KABUPATEN KARANGANYAR <i>Setya Nugraha, Sulastoro RI, dan Rahning Utomowati</i>	111 - 118
ANALISIS SPASIAL KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA PUBLIK PADA PERMUKIMAN PADAT UNTUK EVAKUASI PADA GEMPA SUSULAN Studi Kasus Kelurahan Sukahaji, Bandung <i>Saut Sagala dan Sari Saraswati</i>	119 - 130
MODEL KONSERVASI LINGKUNGAN SAGARA ANAKAN <i>Dede Sugandi</i>	131 - 146
TIPOLOGI, DINAMIKA, DAN POTENSI BENCANA DI PESISIR KAWASAN KARST KABUPATEN GUNUNGKIDUL <i>Muh Aris Marfai, Ahmad Cahyadi, Dini Feti Anggraini</i>	147 - 158
STUDI TENTANG KARAKTERISTIK FISIK DAN HIDROLOGI PADA 15 DAS DI JAWA TIMUR <i>Indarto</i>	159 - 178
ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI WILAYAH PESISIR TELUK KENDARI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI (KURUN WAKTU 2003-2009) <i>Laode Muh. Golok Jaya</i>	179 - 188
ZONASI DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR DI SULAWESI SELATAN <i>Nasiah dan Ichsan Invanni</i>	189 - 198
Indeks Penulis	199
Indeks Subjek	200

PENGEMBANGAN LINGKUNGAN KARS GUA URANG SEBAGAI LOKASI WISATA

Urang Cave Karst Environmental Development as Tourism Area

Srijono¹ dan Nisa Nadia²

¹Laboratorium Geologi Dinamik, Jur. T. Geologi
Fakultas Teknik UGM

²Sarjana Teknik Geologi bekerja di PT Aneka Tambang, Tbk.
Email: sriy_geougms@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to do zoning district Urang Cave as tourist sites. The research method is using contour maps as a base map of Urang Cave karst environment geomorphological mapping. Each development zone is analyzed its geophysical environmental element, then set scoring and value summation. For comprehensive environmental element analysis, chemical analysis of rocks, and water-soil chemistry. In reference to Minister of Energy Mineral Resource decrees No. 1456/K/20/MEM/2000, Urang Cave zoning defined into 3 (three) zone, as follow: the Protected Zone, Cultivation Zone 1, and Cultivation Zone 2. Protected Zone, consists of Urang Cave tunnel/hallway with a unique speleothem in it. This zone as a cave tracking site tourism, potential to produce karst water as a decent drinking water while maintaining hardness. Cultivation Zone 1 is spreading about 200 m in distance from outer appearance of spring around the cave hallway. In this zone mining of cave sediments may be done in the inactive form caves, without changing the state of the existing major exokarst morphology. Cultivation Zone 2, an outer zone, located farthest from the tunnel/hallway Urang Cave. Utilization of this zone as a limestone mining quarry, although only on a small scale.

Keywords: karst environment, Urang Cave, tourism

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan melakukan zonasi kawasan Gua Urang sebagai lokasi wisata. Metode penelitian menggunakan peta kontur sebagai peta dasar pemetaan geomorfologi lingkungan kars Gua Urang. Setiap zona pengembangan dianalisis unsur lingkungan geofisik, selanjutnya ditetapkan pengharkatan dan penjumlahan nilainya. Untuk kelengkapan analisis unsur lingkungan, dilakukan analisis kimia batuan, dan kimia air-tanah. Dengan mengacu KepMen ESDM No. 1456/2000, zonasi Gua Urang ditetapkan menjadi tiga, yaitu zona lindung, zona budidaya 1, dan zona budidaya 2. Zona lindung, terdiri dari lorong Gua Urang dengan di dalamnya terbentuk speleotem yang unik. Zona ini sebagai lokasi wisata penelusuran gua, potensial menghasilkan air kars yang layak sebagai air baku dengan tetap memperhatikan kesadiahannya. Zona budidaya 1, terhampar mulai jarak 200 m sebelah luar pemunculan mata-air di sekitar lorong gua. Pada zona ini boleh dilakukan penambangan sedimen gua pada bagian gua yang sudah tidak aktif terbentuk, dengan tanpa merubah keadaan morfologi eksokars mayor yang ada. Zona budidaya 2, merupakan zona terluar, berada paling jauh dari lorong Gua Urang. Pemanfaatan zona ini dapat sebagai kuari penambangan batugamping, meskipun hanya skala kecil.

Kata kunci: lingkungan kars, Gua Urang, wisata

PENDAHULUAN

Lingkungan Kars merupakan geosistem hasil pelarutan air alami terhadap batugamping. Proses tersebut dikenal sebagai karstifikasi, menghasilkan topografi yang khas baik di atas permukaan tanah maupun bawah tanah. Salah satu topografi kars bawah tanah adalah gua.

Gua terbentuk di lingkungan Kars Sukolilo wilayah Kabupaten Grobogan dan Pati, Provinsi Jawa Tengah. Pelamparan kars tersebut di bagian utara Kabupaten Grobogan. Secara geologi Kars Sukolilo termasuk mendala Perbukitan Rembang, terbentuk oleh batugamping Formasi Bulu. Salah satu pembentukan adalah Gua Urang. Gua ini merupakan gua horizontal, dan memiliki sistem sungai bawah tanah yang masih aktif. Luasan Gua Urang dan sekitar lebih kurang empat kilometer persegi, terletak 10 km di sebelah utara kota-kabupaten Purwodadi atau 9 km di sebelah selatan Pati (Gambar 1), tercakup dalam wilayah administrasi Kabupaten Grobogan di selatan, dan Kabupaten Pati di sebelah utara. Lokasi penelitian ini dapat dicapai dengan kendaraan bermotor selama empat jam dari Yogyakarta.

Usaha meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) antara lain melalui pengembangan wisata, baik secara jumlah lokasinya maupun keanekaragaman jenis wisata. Gua Urang melalui usaha pengembangannya dapat memenuhi harapan Pemerintah Daerah Kabupaten Grobogan sebagai lokasi wisata yang mampu memberi kontribusi meningkatkan PAD.

Geologi Regional

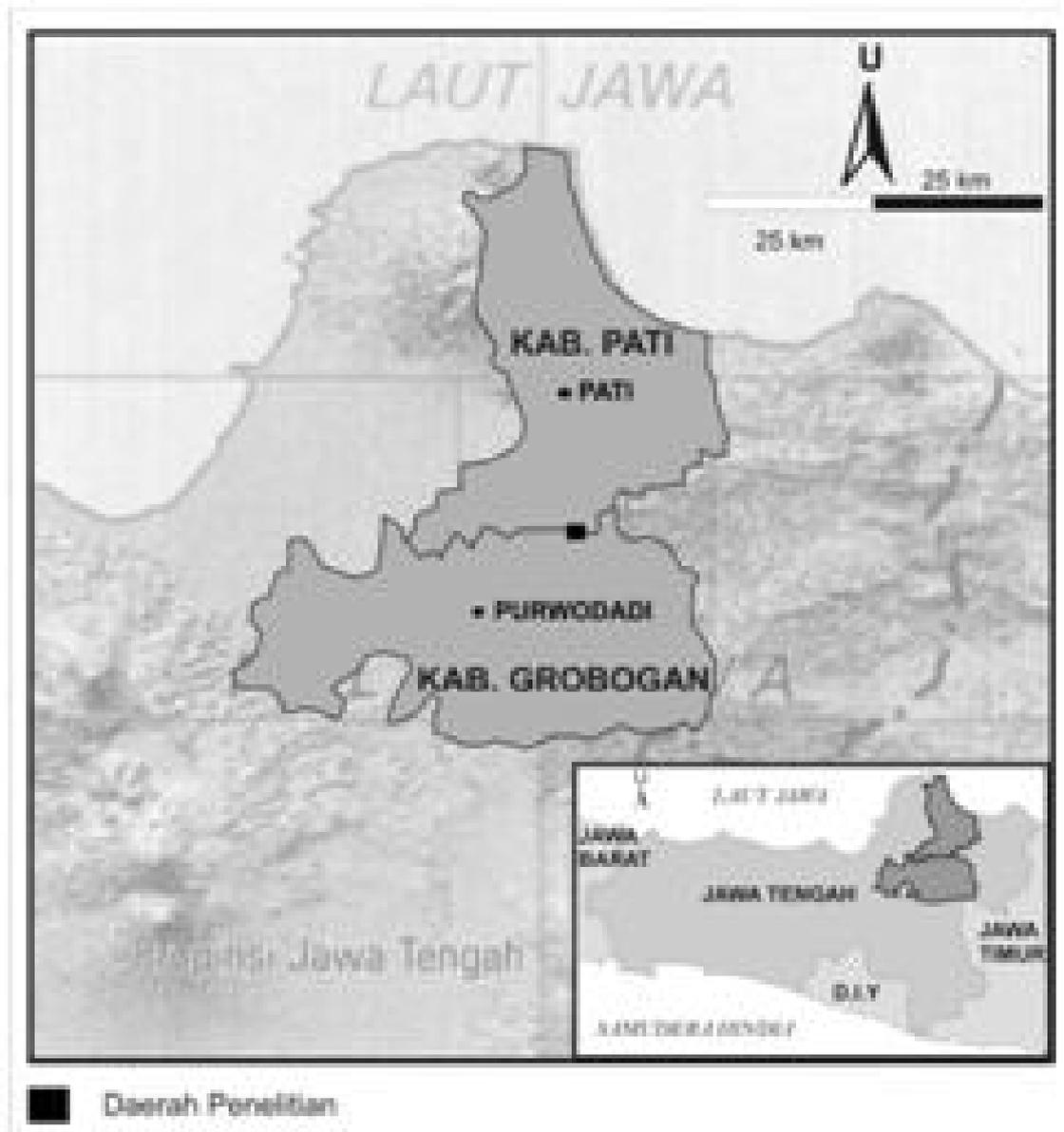
Pada fisiografi Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949), daerah penelitian Gua Urang termasuk bagian Zona Rembang. Zona ini merupa-

kan perbukitan memanjang berarah barat – timur sesuai dengan arah struktur geologi. Struktur geologi regional daerah ini dikenal sebagai antiklinorium Rembang. Tektonik pembentuk antiklinorium terjadi pada kala Pliosen-Pleistosen, berasosiasi dengan sistem sesar mendatar sinistral berarah timurlaut-baratdaya. Antiklinorium ini terbentuk oleh formasi batuan berumur Miosen Awal (Pringgoprawiro, 1983), sedangkan Gua Urang terbentuk oleh batugamping anggota Formasi Bulu, dengan ketebalan 248 m. Formasi Bulu tersusun oleh batugamping berlapis tipis, berbentuk pelat, ketebalan 10-33 cm, dan ke arah atas ketebalan berangsur menjadi 20-50 cm. Di bagian tengah ada temuan sisipan napal dengan tebal 1-5 m. Fosil penciri formasi ini terdiri dari foraminifera besar *Cycloclypeus annulatus*, *Cycloclypeus indopacificus*, *Lepidocyclina angulosa*, *Lepidocyclina sumatrensis*, *Lepidocyclina ssp.*, dan foraminifera planktonik yang menunjukkan umur Miosen Tengah (N13), diendapkan pada laut lingkungan neritik tengah.

Geosistem Kars

Karst merupakan istilah dalam bahasa Jerman yang diturunkan dari bahasa Slovenia (*kars*) yang berarti lahan gersang berbatu. Namun saat ini istilah kars telah diadopsi untuk istilah bentuk lahan hasil proses pelarutan.

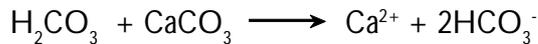
Karstifikasi merupakan serangkaian proses mulai dari terangkatnya batugamping ke permukaan bumi akibat proses endogen serta terjadinya proses pelarutan hingga akhirnya menghasilkan bentuk yang khas. Larutnya CO_2 dalam air membentuk Asam Karbonat (H_2CO_3). Larutan H_2CO_3 tidak stabil terurai menjadi H^+ dan HCO_3^- , Ion H^+ inilah yang selanjutnya menguraikan CaCO_3 menjadi Ca^{2+} dan HCO_3^{2-} . Secara



Sumber: data sekunder

Gambar 1. Peta Daerah Penelitian

ringkas proses pelarutan dirumuskan dengan reaksi sebagai berikut :



Asam karbonat kalsit larutan kalsium bikarbonat

Dalam pembentukan geosistem kars dipengaruhi oleh beberapa faktor fisik batugamping, faktor kimia, faktor biologis dan faktor iklim serta lingkungannya (Ritter, 1978). Faktor fisik yang berpengaruh dalam pembentukan Bentang Alam Kars yaitu, ketebalan batugamping, porositas dan permeabilitas batugamping serta intensitas struktur kekar (*joint*).

Faktor kimia yang dimaksud adalah kimiawi batuan dan media pelarutnya. Untuk membentuk geosistem kars disyaratkan kandungan kalsit minimal 60% dalam batuan. Aktivitas tumbuhan dan mikrobiologi berpeluang membentuk humus yang menutupi batugamping sehingga tercapai kondisi *anaerobic*, sehingga tekanan parsial CO_2 dari air permukaan akan meningkat berarti kemampuannya melarutkan batuan juga meningkat (Bloom, 1978). Lingkungan yang berpengaruh meliputi biotik (aktivitas biologi) dan abiotik (suhu, curah hujan, presipitasi dan evaporasi). Menurut Ritter (1978), kondisi lingkungan sekitar batugamping harus lebih rendah elevasinya sehingga sirkulasi air berjalan baik.

Morfologi hasil karstifikasi dapat berada di permukaan (eksokars) maupun di bawah permukaan (endokars). Bentuk endokars yang populer adalah gua yang dilengkapi dengan ornamen gua (*speleothem*), dan berpeluang berkembang sungai bawah tanah. Menurut Thornbury (1969), gua adalah suatu lubang alam yang kosong, bentuk sederhana - bercabang, berarah vertikal maupun horizontal, dapat memiliki satu tingkat atau lebih, baik ada maupun tidak terdapat suatu sungai di dalamnya.

Kehadiran gua pada lingkungan kars sebagai pertanda karstifikasi mencapai stadium dewasa. Proses pembentukan gua melibatkan air dan udara. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan gua adalah struktur geologi seperti sesar, kekar dan bidang perlapisan. Arah perkembangannya akan mengikuti pola struktur tersebut.

Speleothem adalah bentukan kristalin hasil dari proses pengendapan mineral (CaCO_3) yang berasal dari lingkungan gua sendiri (Moore, 1969 dalam Fairbridge, 1969). Kondisi geologi yang berpengaruh dalam pembentukan *speleothem* adalah perlapisan, rekahan akibat kekar (*joint*) dan sesar (*fault*). *Speleothem* dalam perkembangannya menghasilkan ornamen gua. Ornamen gua sebagian besar terbentuk melalui tetesan air (*dripstone*), aliran air (*flowstone*), dan hasil evaporasi.

Lingkungan kars merupakan hasil dinamika air yang dikendalikan oleh faktor geologi seperti jenis batuan, struktur geologi, komposisi mineral dan stratigrafi. Pembentukan kars memerlukan jaringan permeabilitas awal (*hydrogeological previousness*) terdiri dari porositas massa dasar, bidang perlapisan dan retakan yang berkembang akibat korosi, erosi mekanik, atau dilenyapkan oleh sementasi dan sedimentasi (Kusumayudha, 2004). Air hujan melarutkan batugamping, masuk kedalam celah atau rongga batuan dan menghasilkan sungai bawah tanah serta membentuk sebuah sistem perguaan, kemudian pada batas jenuhnya keluar menjadi mata air-mata air yang muncul di permukaan. Mataair inilah yang secara alamiah digunakan oleh masyarakat di kawasan kars sebagai salah satu sumber kehidupan mereka.

Pengembangan Lingkungan Kars

Lingkungan kars memiliki multi fungsi,

antara lain sebagai habitat dari aneka spesies flora dan fauna yang memiliki nilai endemik tinggi, hidrologi, wisata baik eksokars maupun endokars, dan fungsi penelitian (Mukna dan Hedy, 2009). Pengembangan industri wisata di suatu daerah sebagai salah satu usaha mendongkrak pendapatan asli daerah (PAD). Senyatanya, inventasi di bidang wisata tidak murah.

Permasalahan lingkungan kars terletak pada daya dukung yang rendah dan sukar diperbaiki jika sudah terlanjur rusak, menjadikan kawasan ini sangat peka terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, keterbatasan data dan informasi terkait dengan lingkungan ini, berpengaruh pada kebijakan yang ditetapkan. Dalam kerangka kebijakan, landasan pengelolaan kawasan kars hanya melalui Keputusan Menteri Energi Sumber Daya Mineral Nomor 1456.K/20/MEM/2000 tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Kars (Anonymous, 2000). Dari keterbatasan perundang-undangan mengakibatkan pemerintah daerah menetapkan kebijakan pengelolaan kars berlaku khusus untuk daerahnya sendiri.

METODE PENELITIAN

Bahan utama penelitian adalah Gua Urang. Pada Lokasi peta rupabumi digital Indonesia, gua tersesebut tercakup dalam Lembar Tambakromo nomor 1509-111, berskala 1:25.000 (Anonymous, 1999).

Peralatan penelitian dikelompokkan menjadi peralatan pemetaan geomorfologi permukaan dan pemetaan gua, dan pengolahan data di laboratorium. Peralatan pemetaan geomorfologi meliputi kompas klinometer (kompas geologi), palu batuan sedimen, kaca pembesar, dan HCl 0,1 N. Kompas geologi merk Sokuisha untuk

keperluan pengukuran *slope* morfologi, *strike and dip* perlapisan batuan, maupun struktur geologi seperti *joint* dan *fault*. Palu batuan sedimen dimanfaatkan untuk sampling batuan. Kaca pembesar (*loupe*) untuk identifikasi mineral pembentuk batuan di lapangan. Larutan HCl 0,1 N untuk uji senyawa karbonat pada batuan di lapangan. Sampel batuan dari lapangan selanjutnya dipergunakan uji laboratorium petrografi, dan kimia batuan. Sampel air dipergunakan untuk uji kualitas air. Pengolahan data digunakan mikroskop polarisasi, alat uji kualitas air dan kimia batuan.

Pada tahapan pemetaan geomorfologi permukaan, maupun pemetaan gua dilakukan pengumpulan data di lapangan, dan pengambilan sampel. Metode pengambilan data gua mencakup memetakan lorong gua beserta ciri morfologi permukaan lainnya, mengamati batuan pembentuk, struktur geologi, ornamen gua, dan mengukur debit aliran di dasar gua. Metode pemetaan menggunakan sistem *forward method* mencakup sepanjang lorong gua.

Analisis data geomorfologi, dan petrografi dilakukan di Jurusan Teknik Geologi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Analisis geomorfologi menghasilkan peta geomorfologi. Penamaan satuan morfologi permukaan ditetapkan secara subyektif, dengan acuan UU mengenai tata ruang. Dari metode ini, ditetapkan zone kawasan lindung, dan budidaya. Hasil pemetaan geomorfologi dijadikan salah satu kriteria untuk menentukan pengembangan lingkungan kars Gua Urang untuk lokasi wisata. Analisis petrografi sayatan tipis untuk mengetahui jenis dan kekhasan batugamping. Kimia batuan diketahui dengan menghitung persentase kandungan senyawa oksida mayor. Analisisnya dilakukan di laboratorium kimia Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kegunungpian

(BPPT – Keguunungpian), Yogyakarta. Analisis air tanah untuk keperluan mengetahui kualitasnya sebagai air-baku, dilakukan di laboratorium teknik lingkungan Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan (STTL), Yogyakarta. Mengikuti metode yang dilakukan Badri, dkk., (1999), disertai dengan perubahan, dari lingkungan geologi ditetapkan tujuh komponen lingkungan, terdiri dari keberadaan mataair, kualitas air tanah, morfologi khas bentangalam kars, kedalaman air tanah, litologi batugamping, zone sesar, dan rawan banjir. Selanjutnya setiap komponen tersebut secara subyektif-kuantitatif ditetapkan kisaran, bobot, dan intensitas. Hasil perkalian antara angka bobot, dan intensitas, merupakan nilai dari zone pengembangan wilayah Gua Urang (Tabel 1).

Pengolahan data dan penggambaran peta gua menggunakan *software* Survex. Penambahan garis dinding lorong tiap stasiun menggunakan perhitungan yang dilakukan di MS-Excel 2003. Penggabungan dinding lorong tiap stasiun sehingga menjadi dinding lorong gua dilakukan di AutoCAD 2003 dan penggambaran detail lorong dan kelengkapan peta menggunakan Corel Draw 13. Pengeplotan mulut gua, lorong gua, dan mata air pada peta topografi menggunakan *software* Map Info 7 dan ArcView GIS 3.3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi

Daerah Gua Urang dan sekitar, diamati secara geomorfologi permukaan (Gambar 2) merupakan perbukitan dengan sudut lereng berkisar 6° - 45° , pada elevasi 300 – 530 m di atas permukaan laut (dpl), dengan relief bukit-bukit 70 – 130 m.

Proses eksogenik yang bekerja di Gua Urang dan sekitar utamanya pelarutan atau

karstifikasi, diikuti pelapukan, erosi, dan transportasi & sedimentasi. Karstifikasi di daerah ini menghasilkan peta kontur yang dicirikan oleh kontur yang khas, merupakan ekspresi dari morfologi depresi, dan bukit-bukit kerucut sebagai hasil bentukan eksokars. Selain itu terbentuk endokars jenis gua dan sungai bawah tanah. Proses pelapukan menghasilkan tanah *in situ*. Akibat erosi, pada lereng bukit kerucut berkembang alur-alur (*gullies*), dan sungai musiman (*intermittent streams*). Erosi vertikal lebih intensif dibandingkan dengan erosi lateral, sehingga dihasilkan lembah sungai berbentuk huruf V. Media proses transportasi adalah anak-anak sungai, untuk kemudian diendapkan di dasar sungai utama yang berada di lembah.

Litologi penyusun satuan ini adalah batugamping jenis *packstone*, anggota Formasi Bulu. Dalam tatanan stratigrafi regional (Pringgoprawiro, 1983) Formasi Bulu tersusun oleh batugamping masif yang mengandung Koral, Alga, dengan selingan batupasir kuarsa karbonatan. Formasi ini terbentuk pada masa Meosen Tengah bagian atas – Meosen Akhir bagian bawah, berumur 25 juta tahun yang lalu. Bebatuan tersebut mengalami tektonik, sebagai penyebab pembentukan struktur geologi dengan manifestasi tampak retakan-retakan pada permukaan batugamping. Retakan itu awalmula terjadinya karstifikasi yang dalam perkembangan endokars menghasilkan sistem dengan sungai bawah tanahnya.

Pada sebelah selatan daerah Gua Urang, terbentuk sinklin dengan arah sumbu lipatan barat – timur, dengan indikasi pembentukan struktur patahan berarah timurlaut – baratdaya. Arah-arahan ini secara regional disebut sebagai struktur Pola Meratus (Pringgoprawiro, 1983).

Tataguna lahan sebagian besar luasan digunakan untuk pertanian, jenis: hutan jati,

Tabel 1. Penilaian Komponen Geologi Untuk Pengembangan Wilayah Kars

No	Komponen	Kisaran	Bobot	Intensitas	Nilai
1.	Keberadaan mataair	Ada	3	6	18
		Tidak	2		12
2.	Kualitas air tanah	Baik	3	5	15
		Buruk	2		10
3.	Morfologi khas bentangalam kars	Banyak	3	4	12
		Sedang	2		8
		Tidak ada	1		4
4.	Kedalaman air tanah	Dangkal	3	3	9
		Agak dalam	2		6
		Dalam	1		3
5.	Litologi batugamping	Tidak lapuk	3	2	6
		Sedang	2		4
		Lapuk	1		2
6.	Zona sesar	Jarak < 100 m	-	-	Tidak layak untuk pemukiman
7.	Rawan banjir	Periode ulang < 25 tahun	-	-	

Sumber: Badri, dkk., 1999, dengan perubahan



Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Geomorfologi Permukaan

tegalan tanaman pangan, dan sawah tadah hujan. Selain itu, sebagian yang lain digunakan sebagai permukiman apalagi apabila topografi relatif lebih datar, dan didukung pemunculan sumber air dari sungai bawah tanah.

Pengembangan lingkungan kars Gua Urang dibagi menjadi tiga zona, yaitu Lindung, Budidaya 1, dan Budidaya 2 (Gambar 3, Tabel 1, Tabel 2).

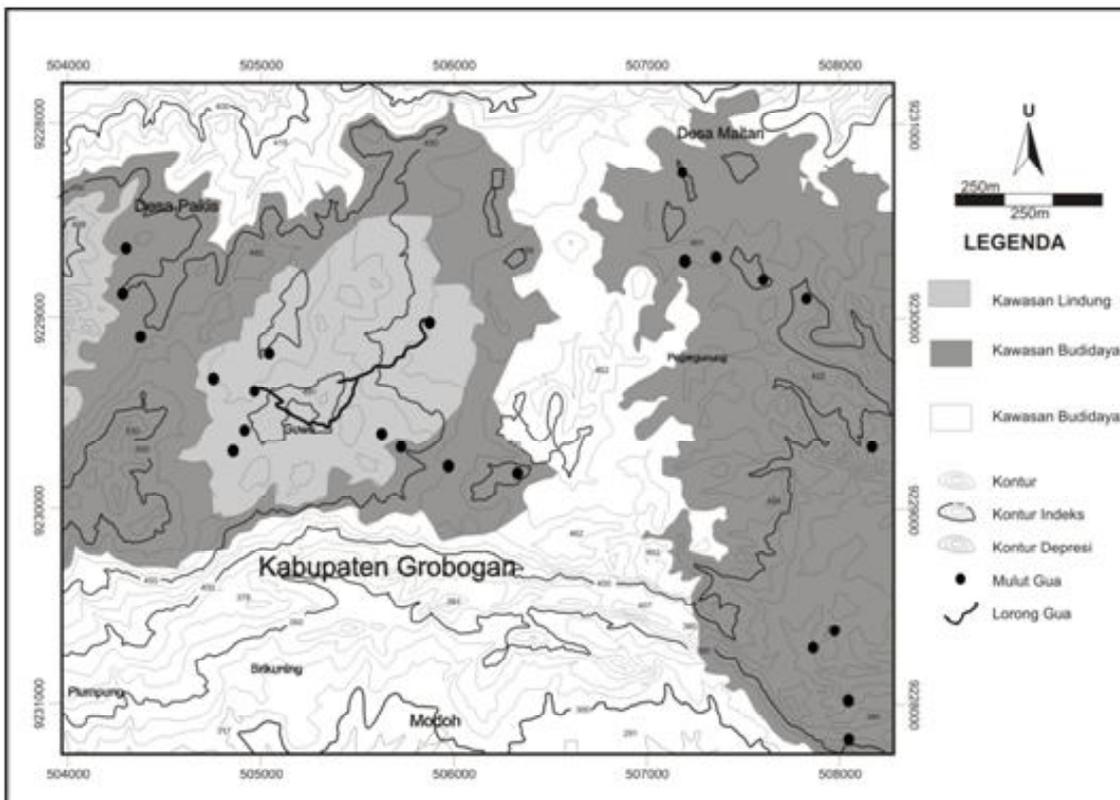
Zona Lindung

Zona Lindung merupakan zona inti dari lingkungan kars daerah penelitian. Secara geomorfologi merupakan eksokars, dan endokars. Pembentukan eksokars menghasilkan morfologi depresi, dan bukit-bukit kerucut. Endokars yang berkembang

adalah gua, yaitu Gua Urang. Ukuran panjang lorong gua 1,9 kilometer (yang terpetakan), tinggi lorong berkisar 1 - 20 m. Pembentukan gua masih aktif, hal ini ditandai dengan adanya sungai bawah tanah dan pertumbuhan ornamen. Pada dasar gua terbentuk sungai bawah tanah, dan pada atapnya tumbuh ornamen jenis *dripstone* yang masih berlangsung. Berdasarkan evaluasi unsur lingkungan geofisik, Zona Lindung memiliki nilai lebih dari 50.

Potensial sumberdaya alam Gua Urang terdiri dari batugamping, dan fosfat guano. Batugamping pembentuk gua merupakan *packstone* dengan komposisi mineral kalsit, fosil foraminifera planktonik dan material karbonat.

Tataguna lahan zona ini diperuntukkan sebagai permukiman, tegalan, dan kuari



Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Peta Zonasi Pengembangan Wilayah

Tabel 2. Pemerian Zona Pengembangan Lingkungan Kars Gua Urang

Zona Pengembangan Lingkungan	Batuan	Sumberdaya Alam			Tataguna Lahan	Penambangan	Nilai Total
		Air	Bahan Galian	Gua			
Zona Lindung	Batugamping	sungai bawah tanah, mata air	-	Gua aktif	Permukiman Tegalan	Tidak dibolohkan	>50
Zona Budaya 1	Batugamping	Sungai kering	Fosfat gua	Gua tidak aktif	Permukiman Tegalan Tambang fosfat	Boleh, asal tidak merusak morfologi	32-50
Zona Budaya 2	Batugamping	Sungai kering	Batugamping	-	Permukiman Tegalan Tambang batugamping	Batugamping skala kecil dengan syarat	<32

Sumber: hasil analisis

pertambangan. Masyarakat sekitar gua sepakat melarang kegiatan penambangan batugamping, dengan tujuan menjaga sumberdaya air. Air gua urang memiliki kesadahan 253,50 mg/L CaCO_3 , kandungan Fe 0,02 mg/L, Mg 0,03 mg/L dan NO_3 0,29 mg/L. Kandungan bakteri Coliform masih dibawah ambang batas standar baku mutu air bersih

Rekomendasi pengembangan zona lindung diperuntukkan sebagai lokasi wisata, jenis wisata minat khusus, yaitu penelusuran lorong Gua Urang. Ornamen gua pada daerah mulut gua urang sangat sedikit ragamnya. Sebagian besar berupa stalaktit, hampir tidak terdapat ornamen pada lantai gua karena terdapat sungai bawah tanah. Semakin masuk ke dalam ornament semakin beragam, selain stalaktit juga terdapat *flowstone*.

Zona Budidaya 1

Zona Budidaya 1 secara spasial berada di sisi luar dari wilayah Zona Lindung. Secara geomorfologi merupakan eksokars, dan endokars. Pembentukan eksokars menghasilkan morfologi depresi, dan bukit-bukit kerucut. Frekuensi bukit kerucut satu sampai lima per 100 m. Endokars yang berkembang adalah gua, namun sudah tidak aktif, dicirikan tidak adanya tetes air-kars di ujung-ujung stalaktit, terbentuk ornamen jenis stalaktit dan stalagmit. Berdasarkan evaluasi unsur lingkungan geofisik, Zona Budidaya 1 memiliki nilai 32 – 50.

Potensial sumberdaya alam Zona Budidaya 1 terdiri dari batugamping, fosfat guano. Batugamping pembentuk lingkungan ini merupakan *packstone* dengan komposisi kalsit dan material karbonat.

Tataguna lahan zona ini diperuntukkan sebagai permukiman, tegalan, dan kuari penambangan fosfat guano.

Pada zona ini diperbolehkan kegiatan pertambangan, asalkan tidak merubah morfologi eksokars. Aktivitas penambangan fosfat sebagai model pertambangan yang dimaksud. Fosfat ini dimanfaatkan untuk campuran pupuk.

Zona Budidaya 2

Zona Budidaya 2 secara spasial berada paling luar, terjauh dari wilayah Zona Lindung. Secara geomorfologi merupakan eksokars. Pembentukan eksokars menghasilkan morfologi depresi, dan bukit-bukit kerucut. Frekuensi bukit kerucut berjumlah nol sampai 1 per 100 m. Berdasarkan evaluasi unsur lingkungan geofisik, Zona Budidaya 2 memiliki nilai kurang dari 32.

Potensial sumberdaya alam Zona Budidaya 2 terdiri dari batugamping. Batugamping pembentuk eksokars merupakan *packstone* dengan komposisi kalsit dan material karbonat.

Tataguna lahan zona ini diperuntukkan sebagai permukiman, perkebunan, dan kuari penambangan batugamping. Penambangan dirokemndasikan skala kecil, dengan syarat tertentu. Persyaratan yang dimaksud adalah kepastian kelayakan setelah dilakukan survei.

Pada zona ini diperbolehkan kegiatan pertambangan, asalkan tidak merubah morfologi eksokars. Aktivitas penambangan fosfat sebagai model pertambangan yang dimaksud. Fosfat ini dimanfaatkan untuk campuran pupuk.

KESIMPULAN DAN SARAN

Daerah Gua Urang dan sekitar, diamati secara geomorfologi permukaan (Gambar 2) merupakan perbukitan lingkungan kars, dengan sudut lereng maksimum 45° , elevasi

300 – 530 m dpl, dengan relief bukit maksimum 130 m. Karstifikasi di daerah ini menghasilkan eksokars mayor jenis bukit kerucut, dan depresi di antara bukit, serta endokars jenis gua yang di bawahnya berkembang sungai bawah tanah. Batuan pembentuk daerah Gua Urang adalah batugamping jenis packstone, dan struktur geologi pengontrol adalah lipatan amupun sesar-sesar yan berarah timurlaut – baratdaya.

Pengembangan lingkungan kars Gua Urang untuk wisata dibagi menjadi tiga zona, yaitu zona lindung, zona budidaya 1, dan zona budidaya 2. Zona Lindung merupakan zona inti lokasi wisata minat khusus penelusuran gua bagi wisatawan dan sebagai kawasan konservasi air. Zona Budidaya 1 sebagai zona penyangga, diperbolehkan penambangan fosfat guano secara terbatas, tanpa merusak morfologi lingkungan kars. Zona Budidaya 2, berfungsi sebagai zona penyangga pula, penambangan batugamping skala kecil diijinkan dengan syarat sebelumnya telah dilakukan survei kelayakan.

Gua Urang direkomendasikan untuk lokasi wisata, dengan mempertimbangkan keanekaragaman jenis wisata, dan memper-

banyak lokasi tujuan wisata, serta kepentingan pemerintah daerah Kabupaten Pati maupun Grobogan. Dua pemerintahan tersebut berkepentingan, dikarenakan Gua Urang termasuk dalam wilayah administrasinya.

Dari sudut pandang lingkungan kars, apabila lokasi wisata Gua Urang berhasil selain meningkatkan PAD, tercapai pula penyebaran informasi lingkungan kars secara umum. Luasan lingkungan kars di Pulau Jawa lebih kurang 5% dari seluruh permukaan daratan.

Kendala yang muncul terhadap rekomendasi di atas adalah infrastruktur jalan untuk sampai di Gua Urang. Utamanya jalan dari kota-kabupaten Pati masih belum mempesona mendukung pengembangan wisata ke Gua Urang. Dikarenakan wisata kars ini termasuk wisata minat khusus, utamanya bagi kawula muda, usaha pengembangannya masih terkendala sosialisasi kepada siswa sekolah-sekolah lanjutan, dan kelompok-kelompok pencinta alam. Alamiah lingkungan kars rentan mengalami degradasi ekosistem apabila padanya 'dimanfaatkan' berlebihan seperti sebagai lokasi wisata, hal ini merupakan kendala.

DAFTAR PUSTAKA

Anonimous, 1999, *Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar Tambakromo Nomor 1569-111*, Badan Koordinasi dan Pemetaan Nasional, Bogor, Indonesia.

Anonimous, 2000, *Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 1456/K/20/MEM/2000, tentang Pedoman Pengelolaan Kawasan Kars*, Dept. ESDM, Jakarta.

Bloom, A. L., 1978, *Geomorphology : A systematic Analisis of Late Cenozoic Landforms*, Prentice Hall Englewood Cliffs, New Jersey.

Badri, I., Djarwoto, A., Sutarjan, W., dan Suhari, 1999, *Selection of Settlement Area Based*

on Environmental Geological Aspects, *Proceedings of Indonesian Association of Geologists* - vol.IV, PP.33-39, The 28th Annual Convention, Jakarta.

Moore, G.W., 1969, *Speleothem*, in: Fairbridge, R.W. (Ed), 1969, *The Encyclopedia of Geomorphology*, pp.1040-1041, Reinhold Book Cooperation, New York.

Kusumayudha, S. B., 2004, *Mengenal Hidrogeologi Kars*, Pusat Studi Kars LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta.

Mukna, H.S., 2009, *Kebijakan Nasional Pengelolaan Kawasan Kars*, Kumpulan Makalah Workshop Nasional Kawasan Kars Indonesia.

Pringgoprawiro, H., 1983, *Biostratigrafi dan Paleografi Cekungan Jawa Timur Utara Suatu pendekatan Baru*, Tesis untuk memperoleh gelar Doktor, ITB, Bandung.

Ritter, D.F., 1978, *Process Geomorphology*, Wm. C. Brown Publisher, Iowa.

Thornbury, W.D., 1969, *Principles of Geomorphology*, John Wiley & Sons, New York.

Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol IA, Martinus Nijhoff, The Hague - Netherland.

MODEL ARAHAN PENGGUNAAN LAHAN SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA ALAM MELALUI PENDEKATAN MORFOKONSERVASI DI DAERAH ALIRAN SUNGAI SAMIN KABUPATEN KARANGANYAR

Direction of Landuse Model as Disaster Mitigation with Morfoconservation Approach Samin Watershed at Karanganyar

Setya Nugraha, Sulastoro RI, Rahning Utomowati

Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (LPPM)

Universitas Sebelas Maret Surakarta

E-mail: setya.nug@gmail.com

ABSTRACT

This research can be used for long time that want to make direction of landuse model wherever it has environmental insightful and local wisdom oriented and the land able to produce optimally but risk of about disaster able to minimization. The method used by conservation morfoconservation approach based on carrying capacity of the land and local wisdom with the identification of the actual landuse, function areas, land capability, land suitability evaluation and decide Focus Group Discussion (FGD) to determine the direction of landuse models. In this case, a spatial analysis using software application, it name Geographic Information Systems (GIS). The results for first Year is : most of the area has the function of a buffer (39.52%), sub – class capabilities VIIIw land (39.50%), erosion class II (42.91%), landslides class II (76.21%). Based on the quality of the land there are 20 different models of conservation. Most models of conservation are recommended to reduce the soil erosion that occurs. The conservation model will be disseminated to society when research at second year.

Keywords: watershed, erosion, landslide, morfoconservation, disaster mitigation

ABSTRAK

Penelitian ini tujuan jangka panjang ingin membuat model arahan penggunaan lahan yang berorientasi pada penggunaan lahan yang berwawasan lingkungan dan kearifan lokal sehingga lahan tetap berproduksi secara optimal tetapi resiko terjadinya bencana dapat diminimalisasi. Metode yang digunakan dengan pendekatan morfokonservasi yaitu konservasi yang berbasis pada daya dukung lahan dan kearifan lokal melalui identifikasi penggunaan lahan aktual, fungsi kawasan, kemampuan lahan, evaluasi kesesuaian lahan dan melakukan Focus Group Discussion (FGD) untuk menentukan model arahan penggunaan lahannya. Dalam penelitian ini analisis dilakukan secara keruangan dengan bantuan perangkat lunak dari Sistem Informasi Geografis (SIG). Hasil penelitian pada Tahun I adalah: sebagian besar kawasan mempunyai fungsi penyangga (39,52%), sub kelas kemampuan lahan VIIIw (39,50 %), erosi kelas II (42,91 %), dan longsor kelas II (76,21%). Berdasarkan pada kualitas lahan tersebut maka terdapat 20 jenis model konservasi. Sebagian besar model konservasi yang dianjurkan untuk mengurangi besar erosi tanah yang terjadi. Model konservasi tersebut akan dilakukan sosialisasi kemasyarakatan pada penelitian Tahun II.

Kata kunci: DAS, erosi, longsor, morfokonservasi, mitigasi bencana

PENDAHULUAN

Dalam upaya mencapai pembangunan yang berkelanjutan (*sustainable development*) di Indonesia, maka prinsip dasar yang berkaitan dengan sumberdaya lahan yang perlu dipahami adalah bagaimana memenuhi kebutuhan lahan secara memadai dengan mempertimbangkan aspek daya dukung dan asas-asas konservasi lahan. Daya dukung lahan suatu wilayah merupakan parameter yang memperlihatkan perbandingan antara kebutuhan dan kemampuan lahan melalui penataan penggunaan lahan yang bersifat berkelanjutan.

Daerah Aliran Sungai (DAS) Samin merupakan anak Sungai Bengawan Solo yang bagian hulu dan tengah terletak di Kabupaten Karanganyar, sedangkan bagian hilir termasuk Kabupaten Sukoharjo Propinsi Jawa Tengah. Ditinjau dari kekomplekkan dan keruwetan (*complicated*) hubungan komponen abiotik-biotik dan budaya dalam ekosistem di DAS Samin tersebut disebabkan karena di dalam DAS terkandung multiguna dan multikonflik permintaan atau kebutuhan (*multiple use and conflicting demands*). Bertumpang tindih dengan ekosistem alam tersebut terdapatlah ekosistem binaan/buatan atau lebih umum dikenal dengan sistem sosial (*socio systems*), sehingga banyak konsekuensi yang muncul akibat dari hubungan timbal balik antara ekosistem alam dan ekosistem sosial yang terdapat di DAS Samin tersebut. Potensi DAS Samin antara lain: (1) adanya variasi suhu udara, morfologi dan jenis tanah sehingga mengakibatkan tingginya keanekaragaman hayati, (2) tingginya potensi air tanah, sehingga mempunyai kelimpahan sumberdaya air, dan (3) kawasan wisata alam yang sangat menarik.

Potensi di atas mendapatkan tanggapan (*respon*) manusia sebagai pengguna lahan sehingga tekanan terhadap lahan semakin

tinggi. Tanggapan yang dilakukan berupa perubahan penggunaan lahan kawasan non-terbangun menjadi terbangun. Perubahan pola penggunaan lahan dari tanaman tahunan menjadi tanaman semusim. Perubahan penggunaan lahan ini dipercepat oleh adanya gerakan permukiman penduduk dari kawasan perkotaan dan sekitarnya ke pinggiran kota (*spread effect*), yang didukung oleh timbulnya pusat-pusat pertumbuhan baru di DAS Samin bagian hulu, sebagai akibat dari daya tarik lokasi wisata alam dan wisata religius yang berkembang. Indikasi dari pernyataan tersebut di atas bahwa intensitas, kuantitas dan kualitas tingkat bahaya erosi tanah dan tanah longsor terjadi semakin intensif yang dapat mengakibatkan lahan menjadi kritis bahkan sering mengakibatkan kerugian fasilitas permukiman, fasilitas umum bahkan korban jiwa.

Oleh karena itu perlu menetapkan program yang terpadu dan multidisiplin untuk koreksi atau kontrol terhadap penyalahgunaan lahan dan penataan lahan di DAS oleh keinginan masyarakat, menjaga keseimbangan antara tataguna lahan DAS dan kemampuan daya dukung lingkungan DAS yang meliputi kemampuan dan kesesuaian lahan, kontrol pertumbuhan penduduk dan peningkatan produktivitas lahan bagian hulu (*upland watershed*). Upaya tersebut diharapkan diperoleh pengelolaan Daerah Aliran Sungai yang terpadu dan menyeluruh.

Tujuan dalam penelitian ini adalah: (a) Melakukan pemetaan penutupan lahan aktual DAS Samin, (b) Mengetahui dan memetakan fungsi kawasan DAS Samin, (c) Mengetahui dan memetakan kemampuan lahan DAS Samin, (d) Mengetahui dan memetakan potensi tingkat bahaya erosi DAS Samin, (e) Mengetahui dan memetakan potensi rawan longsor lahan DAS Samin, dan (f) Menentukan dan memetakan arahan umum penggunaan lahan DAS Samin.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Samin yang termasuk wilayah Kecamatan Tawangmangu yang secara astronomis terletak diantara $7^{\circ}37'48''$ LS – $7^{\circ}41'24''$ LS dan $110^{\circ}4'24''$ BT – $110^{\circ}11'24''$ BT. Secara administrasi daerah penelitian meliputi Desa Tengklik, Gondosuli, Plumbon, Karanglo, Nglebak, Bandardawung, Sepanjang, Kelurahan Blumbang, Kaliroro, dan Kelurahan Tawangmangu dengan luas keseluruhan 5.187,557 Ha. Waktu penelitian ini dimulai April 2012 – Nopember 2012.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode survai dan deskriptif. Teknik pengambilan sampel dengan cara *Stratified Purposive Random Sampling*, strata yang digunakan adalah satuan lahan. *Purposive* dimaksudkan bahwa pada setiap satuan lahan yang sama dilakukan pengambilan sampel minimal satu, karena pada setiap satuan lahan yang sama diasumsikan mempunyai kualitas dan karakteristik lahan yang sama. *Random* dimaksudkan bahwa pengambilan sampel pada satuan lahan yang sama dilakukan secara acak, namun juga mempertimbangkan kemudahan aksesibilitas.

Analisis data penutupan lahan dengan menggunakan interpretasi citra Ikonos daerah penelitian, fungsi kawasan dengan menggunakan tiga parameter yaitu: tanah, kemiringan lereng, dan intensitas curah hujan. Penetapan fungsi kawasan berdasarkan Balai Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah (BRLKT) Departemen Kehutanan (1986). Konsep dan klasifikasi kemampuan lahan berdasarkan pada Sitanala Arsyad (1989), dimana lahan dapat diklasifikasikan menjadi 8 kelas yaitu dari kelas I – VIII. Tingkat bahaya erosi dengan menggunakan Persamaan Umum Kehilangan Tanah atau USLE. Model

prediksi erosi permukaan menggunakan rumus USLE : $A = R K L S C P$ (A = Banyaknya tanah tererosi dalam ton/ha/tahun, R = Faktor erosivitas hujan dalam ton/ha, K=Faktor erodibilitas. L = Faktor panjang lereng, S = Faktor kemiringan lereng, C = Faktor vegetasi penutup atau pengelolaan tanaman, P = Faktor terdalam konservasi atau pengelolaan lahan). Penilaian potensi longsor lahan dengan menggunakan parameter yang berpengaruh terhadap longsor lahan antara lain topografi, tanah, vegetasi, struktur geologi dan penggunaan tanah. Penentuan morfokonservasi berdasarkan pada hasil kesesuaian antara penggunaan lahan dan penutupan lahan dengan fungsi kawasan dan kemampuan lahan yang dibandingkan (*matching*) dengan tingkat bahaya erosi dan tingkat bahaya longsor. Konservasi yang ditetapkan bertujuan untuk melakukan pengurangan resiko terjadinya erosi dan longsor lahan. Arah penggunaan lahan didasarkan pada morfokonservasi pada setiap kawasan dan kelas kemampuan lahan yang berbasis pengurangan resiko bencana dengan melakukan pemilihan konservasi teknik dan konservasi vegetatif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Satuan lahan (*land unit*) merupakan satuan wilayah dengan satu atau lebih karakteristik lahan tertentu yang dapat digambarkan dalam suatu peta. Penelitian ini menggunakan satuan lahan sebagai satuan analisis dan satuan pemetaan dalam menentukan fungsi kawasan, kemampuan lahan, tingkat bahaya erosi, tingkat bahaya longsor, dan morfokonservasi. Parameter penyusun satuan lahan sebagai satuan analisis terdiri atas satuan batuan (geologi), lereng, bentuk lahan, tanah, dan penggunaan lahan. Berdasarkan tumpang susun antara beberapa parameter tersebut maka

dihasilkan 119 satuan lahan di DAS Samin yang termasuk wilayah Kecamatan Tawangmangu.

Berdasarkan karakteristik DAS yang berupa aspek topografi, tanah dan curah hujan maka pembagian fungsi kawasan di DAS Samin di Kecamatan Tawangmangu dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan tabel tersebut maka fungsi kawasan yang

terluas adalah fungsi kawasan penyangga sebesar 39,52 %.

Berdasarkan pada karakteristik lahan di DAS Samin Kecamatan Tawangmangu maka sub kelas kemampuan lahan dapat dilihat VIII w yang paling luas. Hal ini memberikan bukti bahwa pemilihan penggunaan lahan di DAS Samin hulu sangat terbatas (Tabel 2).

Tabel 1. Fungsi Kawasan di DAS Samin Kecamatan Tawangmangu

No	Fungsi Kawasan	Luasan (Ha)	Luas (%)
1	Lindung	597,6559	11,5071
2	Penyangga	2052,5223	39,5186
3	Kawasan Budidaya Tanaman Tahunan	1543,3608	29,7154
4	Kawasan Budidaya Tanaman Semusim	1000,2683	19,2589
Total		5193,8073	100,0000

Sumber: hasil analisis data dengan aplikasi SIG

Tabel 2. Kemampuan Lahan di DAS Samin Kecamatan Tawangmangu

No	Kelas Kemampuan Lahan	Luasan (Ha)	Luas (%)
1	IV e,w	285,2369	5,49
2	IV t,e,w	53,4578	1,02
3	IV t,w	1038,9872	20,01
4	IV w	591,5237	11,38
5	VI e	491,6453	9,46
6	VI t	635,2345	12,23
7	VI t,e	29,2310	0,56
8	VII t	17,0914	0,33
9	VIII w	2051,3995	39,49
Total		5193,8073	100,00

Sumber: hasil analisis data dengan aplikasi SIG

Berdasarkan persamaan USLE maka DAS Samin yang terletak di Kecamatan Tawangmangu mempunyai luas 5.193,81 Ha, terjadi erosi tanah sebesar 1.834,59 ton/Ha/Thn. Berdasarkan Tabel 3 sebagian besar DAS Samin mempunyai erosi ringan seluas 2.228,90 ha (42,91). Uraian secara rinci akan dijelaskan pada kalimat berikut ini.

Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakantah yaitu proses Bergeraknya massa tanah dan batuan dari tempat yang tinggi ke tempat yang rendah akibat adanya gangguan keseimbangan lereng. Berdasar atas jenis gerakannya, gerakantah dapat dipisahkan menjadi longsoran (*slides*), jatuhnya (*falls*), aliran (*flows*), dan kompleks. Ada 5 faktor yang dapat menyebabkan

terjadinya gerakantah, yaitu morfologi (kemiringan lereng), litologi (tanah/batuan), air, jenis penggunaan lahan dan keempaan (Varnes, DJ, 1988). Tanah longsor merupakan bencana alam eksogen yang dapat dipicu oleh adanya kegiatan manusia/antropogen (Verstappen, 1985). Berdasarkan hasil penelitian bahwa tanah longsor yang ada di DAS Samin di Kecamatan Tawangmangu dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan tabel tersebut DAS Samin di Kecamatan Tawangmangu sebagian besar mempunyai tingkat bahaya erosi cukup tinggi (76,21%).

Berdasarkan permasalahan lahan yang diketahui dari ketiga unsur di atas, maka ditentukanlah tindakan konservasi yang hendaknya dilakukan terhadap suatu lahan,

Tabel 3. Kelas Erosi Tanah di DAS Samin Kecamatan Tawangmangu

No	Kelas Erosi	Luasan (Ha)	Luas (%)
1	I (Sangat Ringan)	1.603,1671	30,87
2	II (Ringan)	2.228,8970	42,91
3	III (Sedang)	568,5152	10,95
4	IV (Berat)	714,0543	13,75
5	V (Sangat Berat)	79,1738	1,52
Total		5193,8073	100,00

Sumber: hasil analisis data dengan aplikasi SIG

Tabel 4. Kelas TBE di DAS Samin Kecamatan Tawangmangu

No	Kelas TBE	Luasan (Ha)	Luas (%)
1	I (Tinggi)	1.217,3659	23,44
2	II (Cukup Tinggi)	3.958,0370	76,21
3	III (Sedang)	18,4044	0,35
Total		5193,8073	100,00

Sumber: hasil analisis data dengan aplikasi SIG

baik itu konservasi secara vegetatif maupun konservasi secara teknik. Klasifikasi morfokonservasi terhadap 119 satuan lahan di daerah penelitian menghasilkan 20 kelompok morfokonservasi. Morfo-konservasi kelompok keempatbelas merupakan yang terbesar di daerah penelitian dengan luas 896,11 Ha (17,25 %) di daerah penelitian terdiri dari sepuluh satuan lahan. Lahannya dicirikan dengan tingkat bahaya erosi pada tingkat sangat ringan – sedang, tingkat bahaya longsor-lahan cukup tinggi serta potensi lahan yang ada mempunyai kelas kemampuan lahan IV, VI dan VIII dengan faktor pembatas drainase, erosi dan kemiringan lereng. Kondisi lereng pada kelompok ini bervariasi dari kelas curam (25-40%).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, di DAS samin di Kecamatan Tawangmangu, terdapat Penutupan lahan aktual yang terdiri dari, penggunaan lahan permukiman seluas 639,10 Ha (12,30%), Sawah 662, 29 Ha (12,75%), Hutan seluas 1.902,07 Ha (36,62 Ha), Semak Belukar seluas 1.127,24 Ha (21,70%), Tegalan seluas 852,16 Ha (16, 41 %), Tanah Kosong seluas 10,95 Ha (0,21 %). Berdasarkan fungsi kawasannya, Fungsi kawasan yang ada di DAS Samin terdiri dari, fungsi kawasan lindung (11,5069 %), fungsi kawasan penyangga (39,5182 %), Fungsi Budidaya Tanaman Tahunan (29.7154%), Fungsi Budidaya Tanaman Semusim (19,2589%). berdasarkan kemampuan lahannya terdapat kemampuan lahan IV (20,004 %), kemampuan lahan VI (12,230 %), kemampuan lahan VII (0,329%), kemampuan lahan VIII (39,497%). Sedangkan tingkat bahaya erosi (TBE) terdapat, Tingkat Bahaya Erosi Sangat Ringan (30,8669 %), Tingkat Bahaya Erosi

Ringan (42,91%), Tingkat Bahaya Erosi Sedang (10,95 %), Tingkat Bahaya Erosi Berat (13,75 %), Tingkat Bahaya Erosi Sangat Berat (1,52 %). Selain itu, Tingkat bahaya longsor (TBL) yang terdapat di DAS Samin adalah, tingkat bahaya longsor sedang (0,35435%), Tingkat bahaya longsor cukup tinggi (76, 206%), Tingkat bahaya longsor tinggi (23,4388%), Berdasarkan permasalahan lahan yang diketahui dari penutupan lahan aktual, Fungsi kawasan, kemampuan lahan, Tingkat Bahaya Erosi (TBE), Tingkat bahaya longsor (TBL), maka ditentukanlah tindakan konservasi yang hendaknya dilakukan terhadap suatu lahan, baik itu konservasi secara vegetatif maupun konservasi secara teknik. Klasifikasi morfokonservasi/arahan umum penggunaan lahan terhadap 119 satuan lahan di daerah

Saran yang diberikan berdasarkan hasil penelitian ini adalah: (a) Penatagunaan lahan yang sesuai dengan fungsi kawasan , (b) Pengaturan tata air pada lahan miring sehingga longsor dapat dikurangi , (c) Perlu adanya sosialisasi ke masyarakat terutama pada wilayah yang mempunyai potensi longsor kategori berat dan sangat berat, sehingga masyarakat dapat melakukan mitigasi secara dini, (d) Perlu adanya tanda/ rambu yang pada wilayah yang potensial longsor berat dan sangat berat yang dilakukan oleh pemerintah daerah dan (e) perlu pengaturan penggunaan lahan yang dilakukan oleh masyarakat pada wilayah yang mempunyai potensi longsor tanah sedang, berat dan sangat berat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Secara khusus ucapan terimaka kasih disampaikan kepada Rektor UNS, Dekan FKIP UNS, Kepala PPLH LPPM UNS, Mahasiswa Kelompok Samin.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1981, *Gerakan Tanah di Indonesia*, Direktorat Geologi Tata Lingkungan, Direktorat Jenderal Pertambangan Umum, Bandung: Departemen Pertambangan dan Energi.
- Asdak, C.1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Arsyad, Sitanala. 1995. Strategi Konservasi Tanah. *Lokakarya Pengelolaan DAS Terpadu*. Yogyakarta : Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.
- Arsyad, Sitanala. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB
- Departemen Kehutanan. 1998. *Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai*. Jakarta : Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan.
- Djaenudin, D., H Marwan, H Subagjo & A Hidayat. 2003. *Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Bogor: Balai Penelitian Tanah, Puslitbangtanak.
- Hiroyuki, Y., Masaaki, S., & Kazuo, K. 2005. Numerical Simulation of Landslide Mass Movement by CIVA-Stabilized Finite Element Method" *Journal of the Japan Landslide Society*. 42, 205-215.
- Karnawati, Dwikorita. 2005. *Bencana Alam Gerakan Masa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Geologi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Kartasapoetra A.G, G Kartasapoetra, Mulyani Sutedja. 1985. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Nugraha, Setya.1997. Studi Morfokonservasi di DAS Nagung Kabupaten Dati II Kulonprogo Daerah Istimewa Yogyakarta. *Tesis*. Yogyakarta: Program Pasca Sarjana Universitas Gadjah Mada.
- Nugraha Setya, Sulastoro, Tunjung W Sutirto, Sentot Sudarwanto. 2006. Potensi dan Tingkat Kerusakan Sumberdaya Lahan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Samin Kabupaten Karanganyar dan Sukoharjo Propinsi Jawa Tengah Tahun 2006 *Laporan Penelitian*. PPLH LPPM UNS.
- Raharjo P.P, El Fie Salim, Budijanto Wijaya, 2002, Slope Stability, *Short Cours*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Sartohadi, Junun. 2005. Bencana Banjir dalam Perspektif Geografi. Studium Generale pada Program Studi Geografi Universitas Sebelas Maret. Surakarta: Program Studi Pendidikan Geografi Jurusan PIPS FKIP Universitas Sebelas Maret.

- Sitorus, Santun R.P. 1985. *Evaluasi Sumberdaya Lahan* . Bandung : Tarsito.
- SulasmI, Sri. 2005. Analisis Laju Erosi Dengan Kenampakan – Kenampakan Erosi Tanah di DAS Samin Kabupaten Karanganyar dan Sukoharjo Provinsi Jawa Tengah. *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Sumantri. 2004. Potensi Bencana Tanah Longsor di Daerah Bagian Hulu Sungai Selondo dan Nglarangan Desa Ngrayudan Kecamatan Jogorogo Kabupaten Ngawi. *Tesis*. Surakarta : Pasca Sarjana UNS
- Suripin. 2004. *Pelestarian Sumberdaya Tanah Dan Air*. Yogyakarta: Andi.
- Thornbury, W.D. 1986. *Principles of Geomorfologi (1-st edition)*. New York: John Wiley and Sons.
- Verstappen, H.Th. 1983. *Applied Geomorphology Geomorphological Survey for Invironmental Development*. Amsterdam: Elsvier.
- Zuidam, R.A. van. and van Zuidam Cancelado , F.I. 1979. *Terrain Analysis and Classification Using Aerial Photograph*. Enchede: ITC. 136.

**ANALISIS SPASIAL KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA PUBLIK PADA
PERMUKIMAN PADAT UNTUK EVAKUASI PADA GEMPA SUSULAN
Studi Kasus: Kelurahan Sukahaji, Bandung**

***Spatial Analysis of Existing Public Open Space for Evacuation Area During
Secondary Earthquake
A Case Study: Sukahaji Village, Bandung***

Saut Sagala^{1*} dan Sari Saraswati²

¹Kelompok Keahlian Perencanaan Wilayah dan Perdesaan,
Sekolah Arsitektur, Perencanaan dan Pengembangan Kebijakan,
Institut Teknologi Bandung

²Kementerian Perekonomian dan Industri, Jakarta
E-mail: saut.sagala@sappk.itb.ac.id

ABSTRACT

Population living in highly dense settlements in urban area is considered vulnerable to earthquake risk due to limited space exists in the area. To reduce population risks to aftershock earthquake in highly dense settlements, this paper applied simple simulation based on supply-demand concepts in order to understand carrying capacity of current open space for people to evacuate. The case study takes place in one of the most dense populated areas in Bandung City under aftershock earthquake. The research integrates multi-sources of data: satellite image, building footprint and GPS field survey to produce detailed landuse. The results show that open spaces that exist in the study area is not able to contain all residents when an aftershock occurs. Finally, this paper recommends some strategies that are necessary to reduce the risks in highly dense urban areas.

Keywords: earthquake, emergency planning, open space, urban

ABSTRAK

Penduduk yang tinggal di permukiman padat di daerah rawan gempa memiliki kerentanan terkena dampak gempa karena keterbatasan ruang terbuka yang tersedia di tempat tersebut. Untuk mengurangi risiko populasi terhadap gempa susulan di permukiman padat penduduk, studi ini mencoba menggunakan metode simulasi sederhana berbasis konsep supply-demand untuk memahami kapasitas daya tampung dari ruang terbuka yang tersedia saat ini untuk tempat evakuasi. Lokasi studi yang dipilih dilakukan pada salah satu tempat terpadat di Kota Bandung yang rawan terhadap gempa. Riset ini mengintegrasikan berbagai sumber data: citra satelit, peta bangunan, survei GPS untuk menghasilkan peta yang detail. Hasil analisis menunjukkan bahwa ruang terbuka yang tersedia di lokasi studi tidak mampu menampung semua penduduk ketika gempa terjadi. Selanjutnya, tulisan ini memberikan beberapa strategi yang diperlukan untuk mengurangi risiko pada penduduk yang tinggal di lokasi kepadatan tinggi terhadap risiko gempa bumi.

Kata kunci: gempa bumi, kota, perencanaan emergensi, ruang terbuka

PENDAHULUAN

Gempa bumi merupakan salah satu bencana alam yang sering terjadi di Indonesia dan memiliki daya rusak besar terhadap kawasan dan bangunan yang terdapat di dalamnya. Dalam kurun waktu 1 dekade terakhir di Indonesia, (2002-2012), tercatat beberapa gempa besar di Indonesia yang menelan korban jiwa > 500 orang, seperti Gempa Yogyakarta, dan Gempa Sumatera Barat (Bappenas, 2006; Bappenas 2009). Pada kenyataannya, riset-riset terkait dengan gempa telah semakin menjadi pusat perhatian, terutama yang terkait dengan kegempaan semakin sering dilakukan. Sebagaimana risiko timbul karena interaksi antara bahaya (gempa) dengan kerentanan (populasi), riset-riset yang terkait dengan bagaimana populasi memiliki kemampuan untuk menghadapi gempa perlu dikembangkan. Para pekerja-pekerja sosial dari lembaga swadaya masyarakat dan komunitas, umumnya melakukan analisis kerentanan dan kapasitas (*vulnerability and capacity analysis*), pelatihan-pelatihan kebencanaan berbasis komunitas (Sagala dan Bisri 2011).

Kawasan perkotaan yang berdekatan dengan jalur patahan akan memiliki kerentanan terhadap gempa bumi, terutama pada kawasan perkotaan dengan kepadatan tinggi. Gempa bumi umumnya terjadi dalam beberapa seri, terdiri atas gempa utama (*primary shock*) dan gempa susulan (*aftershocks*). Sebagaimana prediksi gempa bumi masih sulit dilakukan hingga saat ini, gempa susulan mungkin dapat diantisipasi dengan cara bersiap segera setelah gempa utama terjadi. Sesaat setelah terjadi gempa, penduduk dianjurkan segera keluar bangunan dan menuju tempat berkumpul yang aman, baik tempat yang telah direncanakan sebelumnya atau tidak (Fema, 2006).

Terdapat beberapa kota besar di Indonesia yang rawan terhadap bencana gempa bumi. Umumnya adalah kota-kota besar yang terletak dekat dengan patahan-patahan aktif, seperti Banda Aceh, Padang, Bandung dan Yogyakarta. Ditambah dengan tingkat kepadatan yang tinggi, risiko yang ditimbulkan oleh gempa akan semakin besar (Sengara et al. Untuk itu, perlu dilakukan kajian-kajian pengurangan risiko bencana yang dikaitkan dengan kepadatan penduduk perkotaan (Sagala et al 2011; Bakornas, 2002). Studi ini mencoba berkontribusi terhadap pengurangan risiko bencana yang terkait dengan gempa di kota berkepadatan tinggi. Tujuan utama studi ini adalah mengkaji ketersediaan ruang terbuka sebagai tempat penduduk untuk melakukan evakuasi dengan skenario gempa susulan. Studi kasus yang dipilih adalah Kota Bandung yang merupakan salah satu kota dengan kepadatan penduduk yang tinggi di Indonesia dan berada di dekat tiga patahan aktif. Kota Bandung berada dalam zona III wilayah gempa yang menunjukkan kondisi menengah dalam zona tersebut (Rahayu dan Kertapati 1999). Kota Bandung memiliki tingkat kerusakan 8-9,25 skala MMI yang dapat mengakibatkan kerusakan pada bangunan, jalan dan jaringan lainnya yang berada di dalamnya sehingga dapat menelan korban jiwa (Rahayu dan Kertapati, 1999). Di dalam penelitian ini, sistem informasi geografis dipilih karena kemampuannya di dalam menyediakan pengolahan database secara spasial, sehingga dapat melakukan simulasi-simulasi yang terkait dengan data spasial, seperti evakuasi yang dibutuhkan di dalam penelitian ini (Fauzi et al 2009 dan Mutalazimah et al 2009). Selanjutnya dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG), dilakukan analisis lokasi-lokasi dan ketersediaan ruang terbuka dan kebutuhan ruang terbuka berdasarkan

jumlah penduduk. Kajian seperti ini diharapkan dapat membantu proses pembuatan kebijakan pada lingkungan padat terkait pengurangan risiko bencana gempa. Selain pengantar ini, pembagian tulisan ini dilakukan sebagai berikut. Penjelasan dilanjutkan dengan kajian metode penelitian yang mencakup lokasi studi, pengumpulan data dan teknik analisis kebutuhan (*demand*) dan ketersediaan (*supply*), serta analisis spasial. Selanjutnya, dengan menggunakan data yang ada, dilakukan analisis dan pembahasan di dalam penentuan ruang terbuka publik yang optimum.

METODE PENELITIAN

Lokasi Studi

Sebagaimana diutarakan sebelumnya, Kota Bandung dipilih sebagai lokasi studi ini. Karena tingkat kepadatan penduduk dan bahaya gempa yang berbeda-beda dan untuk mendapat kedetailan yang tinggi, pada akhirnya dipilih satu kelurahan yang memiliki kepadatan penduduk yang tinggi berdasarkan data statistik dan memiliki bahaya gempa bumi yang tinggi. Berdasarkan kriteria tersebut terdapat satu kelurahan yang memiliki kepadatan penduduk dan bahaya terhadap gempa yang tinggi yaitu Kelurahan Sukahaji (Sengara et al 1999; Rahayu dan Kertapati, 1999). Kelurahan Sukahaji memiliki kepadatan penduduk 611,9 jiwa/ha dan koefisien dasar bangunan (KDB) 80-90%. Kelurahan Sukahaji berada pada zona bahaya guncangan tanah 8,75 skala MMI dimana angka tersebut menunjukkan tingkat kerusakan akibat gempa yang tinggi.

Pengumpulan Data

Keseluruhan tahapan pengumpulan data

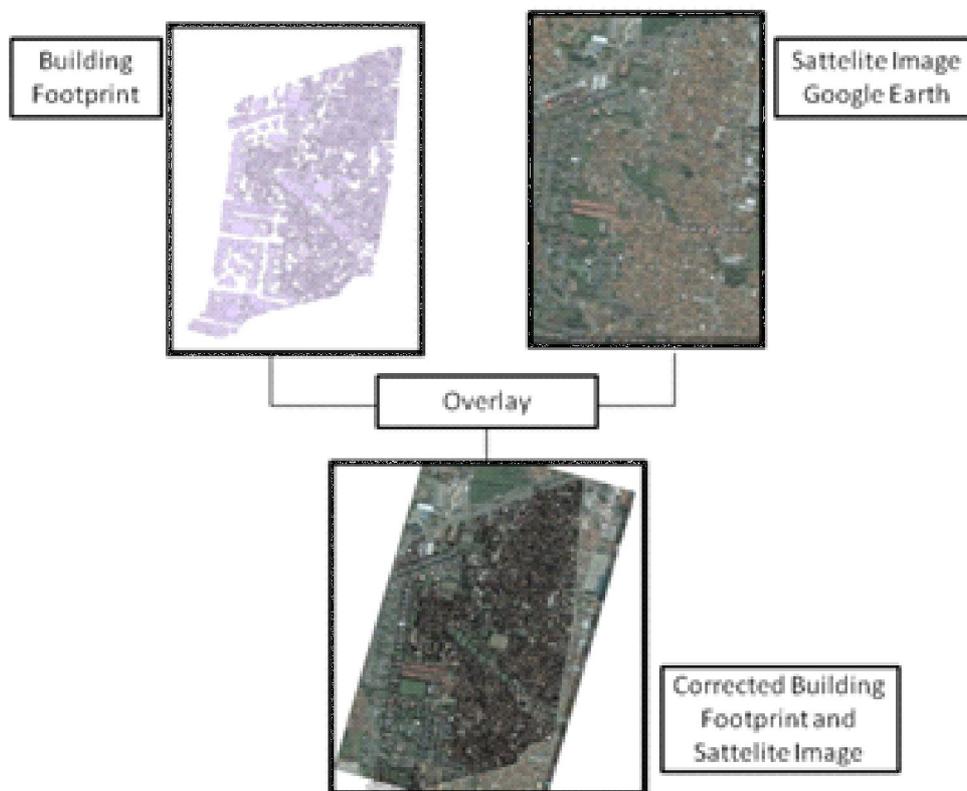
primer dilakukan empat kali dalam kurun waktu 23 April – 20 Juli 2011. Tahapan pengumpulan data dilakukan dengan cara berikut. Tahap pertama, pengumpulan data dilakukan dengan data sekunder yang telah tersedia sebelumnya, yaitu: (1). Peta *building footprint* dari Bappeda Kota Bandung tahun 2004, (2). Citra satelit dari *Google earth* tahun 2011 yang digunakan untuk mengoreksi perubahan bangunan. Tahap kedua, penggabungan kedua data tersebut sehingga diperoleh peta dasar yang menyerupai kondisi di lapangan (Gambar 1). Prosedur penggabungan citra satelit dan *building footprint* dilakukan dengan *geo-referencing* dan *overlay* untuk menghasilkan citra yang lebih akurat. Pada proses ini juga dilakukan proses pengecekan melalui observasi lapangan dengan GPS sehingga *geo-referencing* dapat dilakukan dengan baik. Tahap ketiga, digitasi tambahan dilakukan pada beberapa penambahan bangunan yang tidak ditemukan di *building footprint* tahun 2004, sehingga diperoleh *building footprint* versi tahun 2011. Tahap keempat, survei dilakukan pada bangunan yang ada untuk memperoleh informasi terkait dengan kerentanan fisik bangunan. Pemilihan kerentanan fisik bangunan mengacu kepada (Montoya 2002; Singh 2005) yang menyebutkan bahwa observasi perlu meliputi jenis material bangunan, atap, jarak antar bangunan. Dari total 3.577 bangunan yang ada, dipilih 882 bangunan ($\pm 25\%$) bangunan yang tersebar, untuk disurvei sehingga memberikan informasi tentang jenis bangunan yang terdapat di wilayah studi dan dilakukan observasi secara keseluruhan terkait bangunan wilayah studi dalam skala rumah tangga (RT). Tahap kelima, survei terhadap ruang terbuka yang digunakan sebagai lokasi evakuasi di wilayah studi. Pada saat observasi juga dilakukan penitikan menggunakan GPS sehingga dapat dipetakan lokasi bangunan dan ruang terbuka yang disurvei.

Analisis Kebutuhan vs Ketersediaan

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini mengacu kepada teori aksesibilitas yang membenturkan antara permintaan/kebutuhan (*demand*) dan ketersediaan (*supply*) terhadap ruang terbuka untuk lokasi evakuasi (Budiarjo et al 2006). Dalam melakukan analisis ini terdapat beberapa asumsi yang digunakan seperti dalam analisis kebutuhan ruang terbuka publik, diasumsikan bahwa seluruh penduduk di wilayah studi membutuhkan lokasi evakuasi setelah terjadi gempa, penduduk dianggap memiliki ukuran dan kebutuhan ruang bergerak yang sama dengan standar bergerak orang dewasa oleh departemen PU yaitu 2,52 m² (Departemen PU, 1999). Dalam melakukan evakuasi, penduduk melakukannya dengan berjalan secara bergerombol dan memiliki kecepatan

berjalan yang sama, dan Waktu yang dimiliki oleh penduduk untuk melakukan evakuasi setelah terjadi gempa adalah satu menit sehingga ruang terbuka publik harus dapat dijangkau oleh penduduk dalam waktu d" satu menit.

Dalam melakukan analisis ketersediaan ruang terbuka publik dilakukan pendekatan dengan menggunakan asumsi seperti jenis ruang terbuka publik yang dapat dijadikan lokasi evakuasi setelah gempa adalah ruang terbuka yang kepemilikannya dapat oleh pemerintah atau penduduk dan dapat diakses secara bebas oleh penduduk seperti taman, kebun, lapangan, jalan, dan tanah kosong. Asumsi lainnya yaitu ruang terbuka publik yang dapat digunakan sebagai lokasi evakuasi secara langsung adalah ruang terbuka publik yang memiliki dasar yang kering sehingga dapat digunakan oleh penduduk.



Sumber: analisis data

Gambar 1. Pertampalan antara Building Footprint dan Citra Satelit

Analisis Spasial

Analisis spasial ini akan menunjukkan lokasi-lokasi yang terlayani dan tidak terlayani oleh ruang terbuka untuk lokasi evakuasi setelah terjadi gempa. Dalam hal ini, pelayanan ruang terbuka dilihat dari kapasitas, jarak, dan gabungan dari keduanya sehingga dihasilkan pelayanan optimum dari ruang terbuka untuk lokasi evakuasi. Untuk menentukan pelayanan optimum ruang terbuka untuk lokasi evakuasi digunakan pula suatu fungsi yang menggambarkan hubungan antara jarak dengan kapasitas ruang terbuka. Dalam analisis ini menggunakan bantuan *software* Arc GIS 9.3 dengan menggunakan perangkat seperti *join attribute table, buffer, union, clip, select by location, select by attribute, dan query*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kelurahan Sukahaji merupakan salah satu kelurahan dengan kepadatan penduduk dan kepadatan bangunan yang tinggi. Kepadatan penduduk dan bangunan di kelurahan Sukahaji menyebabkan keterbatasan ruang terbuka di kelurahan sukahaji. Ruang terbuka publik dapat diklasifikasikan menjadi taman publik, *square* dan plaza, jalan, aman bermain, ruang terbuka komunitas, dan jalur hijau (Carr, 1992). Berdasarkan klasifikasi ini, ruang terbuka publik yang terdapat di lokasi wilayah studi dapat berupa taman, kebun, lapangan, jalan, dan tanah kosong. Ruang terbuka publik yang terdapat di wilayah studi dapat dimiliki oleh publik atau penduduk secara pribadi namun sampai saat ini masih dapat diakses secara publik. Hal ini yang menyebabkan ketersediaan ruang terbuka publik dapat berkurang karena dikhawatirkan adanya pembangunan pada lahan-lahan tidur tersebut. Luas total ruang terbuka publik di wilayah studi diperoleh dengan menggunakan persamaan seperti berikut:

$$\sum_{i=1}^n L RTP$$

dimana:

n = jumlah ruang terbuka publik

$L RTP$ = luas ruang terbuka publik.

Dengan menggunakan persamaan tersebut maka diperoleh luas seluruh ruang terbuka publik yang terdapat di wilayah studi adalah

$$\sum_{i=1}^{35} L RTP = 27.897 \text{ m}^2$$

Jumlah penduduk yang bermukim di Kelurahan Sukahaji adalah 17.287 Jiwa sehingga ruang terbuka yang dibutuhkan untuk lokasi evakuasi sesuai standar bergerak manusia oleh Departemen PU minimal 43.550,64 m² ($\pm 15\%$ dari total luas wilayah). Pembahasan terkait ketersediaan ruang terbuka publik terbagi menjadi tiga bagian. Pertama akan dilihat dari segi kapasitas ruang terbuka publik kemudian dilihat dari jarak dan bagian terakhir menggabungkan antara kapasitas dengan jarak sehingga dapat diketahui pelayanan optimum dari ruang terbuka publik.

Kapasitas Ruang Terbuka Publik

Ruang terbuka publik sebagai ruang terbuka publik yang dapat digunakan secara langsung hanya memiliki luas 7.725 m² dan berdasarkan perhitungan yang dilakukan, hanya mampu menampung 3.065 jiwa. Hal ini menunjukkan bahwa ruang terbuka publik kering secara kapasitas belum mampu menampung seluruh penduduk yang ada di wilayah studi. Apabila seluruh penduduk hanya dapat melakukan evakuasi pada ruang terbuka publik kering maka setiap orang hanya memiliki ruang gerak 0,4 m² dimana manusia akan sulit bergerak. Hal ini menunjukkan bahwa ruang terbuka publik

di wilayah studi masih belum mampu menjawab kebutuhan seluruh penduduk di wilayah studi untuk lokasi evakuasi bencana gempa sebagai antisipasi gempa susulan (Tabel 1).

Jangkauan Pelayanan Ruang Terbuka Publik Berdasarkan Jarak

Dalam analisis ini, diasumsikan jarak dari rumah penduduk ke ruang terbuka publik adalah jarak yang dapat ditempuh dalam waktu kurang dari satu menit. Standar kecepatan orang berjalan adalah 84m/menit (Sleight, 1972). Kecepatan berjalan manusia secara bergerombol adalah 66,6 m/menit (Edwards, 1992). Berdasarkan dua pernyataan tersebut maka diambil jarak rumah penduduk ke ruang terbuka publik adalah 80 m dan 60 m. Dalam penelitian ini digunakan dua asumsi jarak karena reaksi setiap orang dapat berbeda-beda setelah terjadi gempa. Tidak semua penduduk akan langsung berlari menuju ruang terbuka publik dan tidak semua orang memiliki kecepatan yang sama dalam berjalan oleh karena itu hanya dapat menjangkau ruang terbuka publik yang berada maksimal 80 m atau kurang dari rumahnya (Gambar 2).

Analisis ini dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Arc GIS 9.3 dimana digunakan analisis spasial untuk melihat jangkauan pelayanan ruang

terbuka publik dalam jarak 60 dan 80 m. Perangkat yang digunakan dalam analisis ini adalah *Buffer, Select by location, dan overlay*. Sedangkan untuk mengetahui jumlah penduduk yang terlayani dapat dilihat pada pilihan *statistic*.

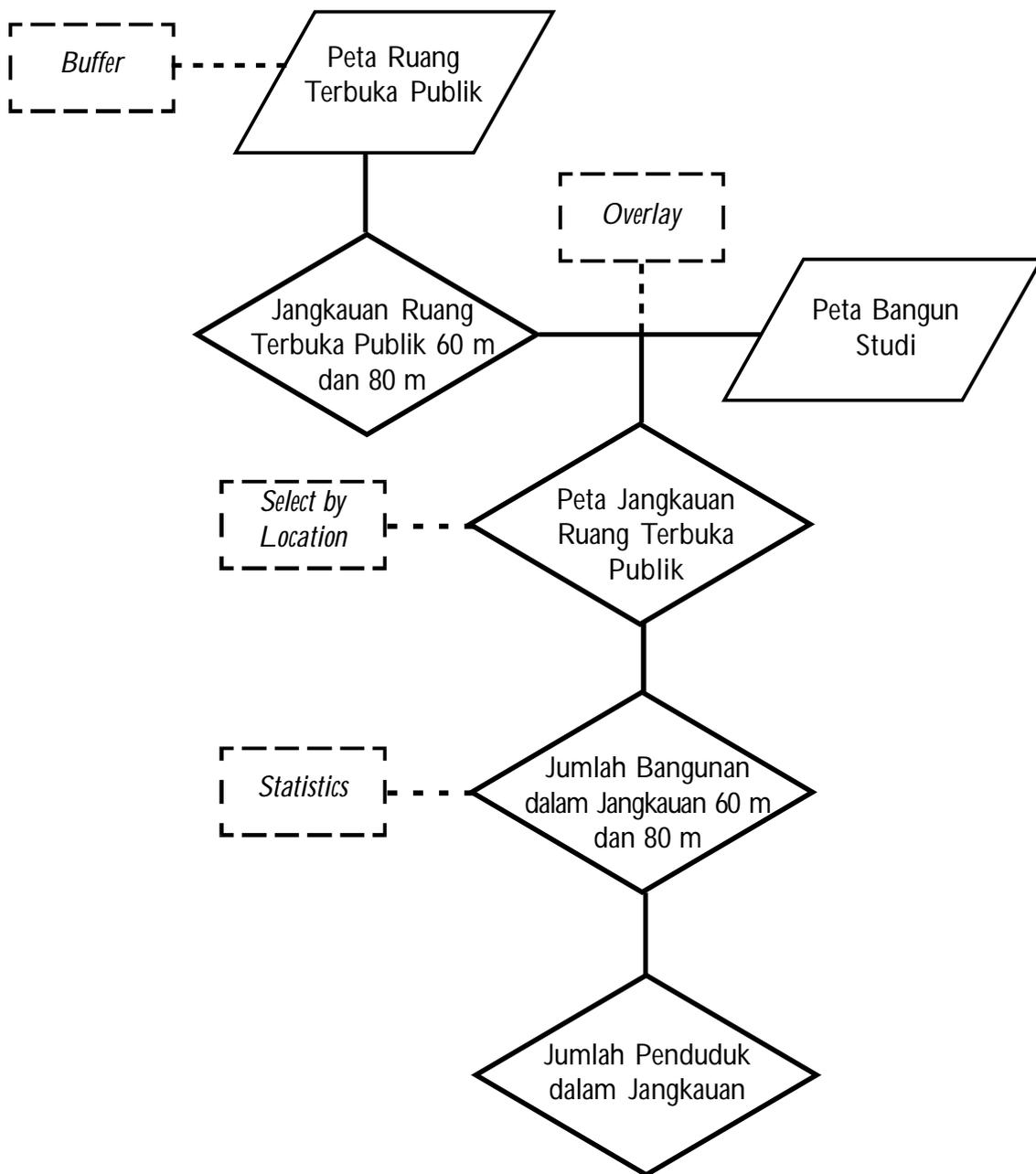
Dalam jarak 60m, ruang terbuka publik hanya dapat melayani 10.498 jiwa dimana masih terdapat penduduk yang tidak dapat dilayani. Hal ini menunjukkan bahwa ruang terbuka publik yang ada di wilayah studi belum tersebar secara merata sehingga masih terdapat lokasi-lokasi pemukiman yang tidak dapat menjangkau ruang terbuka publik dalam jarak < 60m (Gambar 3). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini, dimana yang berwarna coklat tua merupakan lokasi yang tidak terlayani oleh ruang terbuka publik dalam jarak 60m.

Dalam jarak 80 m, ruang terbuka publik juga belum mampu melayani seluruh penduduk. Hal ini dilihat dari jumlah penduduk yang terlayani oleh ruang terbuka publik belum mencapai angka yang sama dengan jumlah penduduk di wilayah studi dimana jumlah penduduk maksimal yang dapat dilayani adalah 15.198 jiwa. Ruang terbuka publik kering hanya dapat melayani 13.026 jiwa dalam jarak 80 m sedangkan ruang terbuka publik kering dan jalan mampu melayani 14.698 jiwa. Hal ini juga menunjukkan bahwa ruang terbuka

Tabel 1. Luas Ruang Terbuka Publik dengan Kapasitas

Luas	Kapasitas Manusia Berdasarkan Standar	Ruang Gerak
7.725 m ²	3.065	0,4 m ²

Sumber: hasil analisis



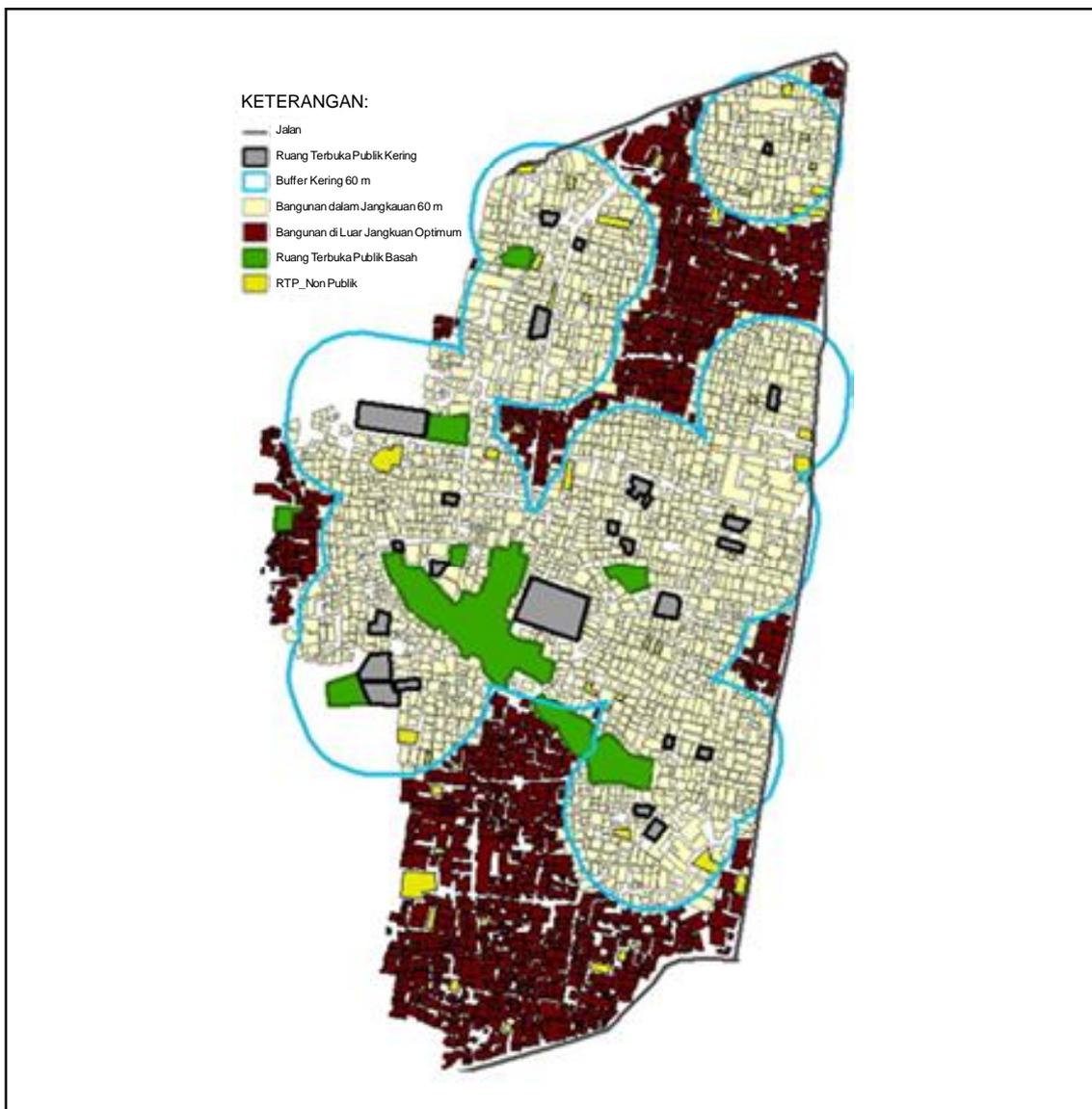
Gambar 2. Analisis Jangkauan Pelayan Ruang Terbuka Publik Berdasarkan Jarak

publik belum mampu melayani seluruh penduduk dalam jarak 60 m ataupun 80 m. Hal ini juga menunjukkan bahwa ruang terbuka di wilayah studi masih belum tersebar merata sehingga terdapat lokasi-lokasi yang belum dapat terlayani. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini dimana masih terdapat bangunan-bangunan berwarna coklat yang menunjukkan bahwa bangunan tersebut tidak terlayani oleh ruang terbuka publik dalam jarak 80 m (Gambar 4).

Pelayanan Optimum Ruang Terbuka Publik

Untuk melakukan perhitungan kapasitas optimum dari ruang terbuka publik, dipergunakan suatu fungsi matematis yang menghubungkan antara kapasitas optimum dari suatu ruang terbuka dengan jarak. Secara sederhana fungsi yang digunakan adalah kapasitas (y) merupakan fungsi linear dari jarak (x), atau dapat dituliskan menjadi:

$$y = f(x)$$



Gambar 3. Jangkauan Pelayanan Ruang Terbuka Publik pada Jarak 60m

dimana:

y = kapasitas manusia yang dapat dilayani

x = jarak.

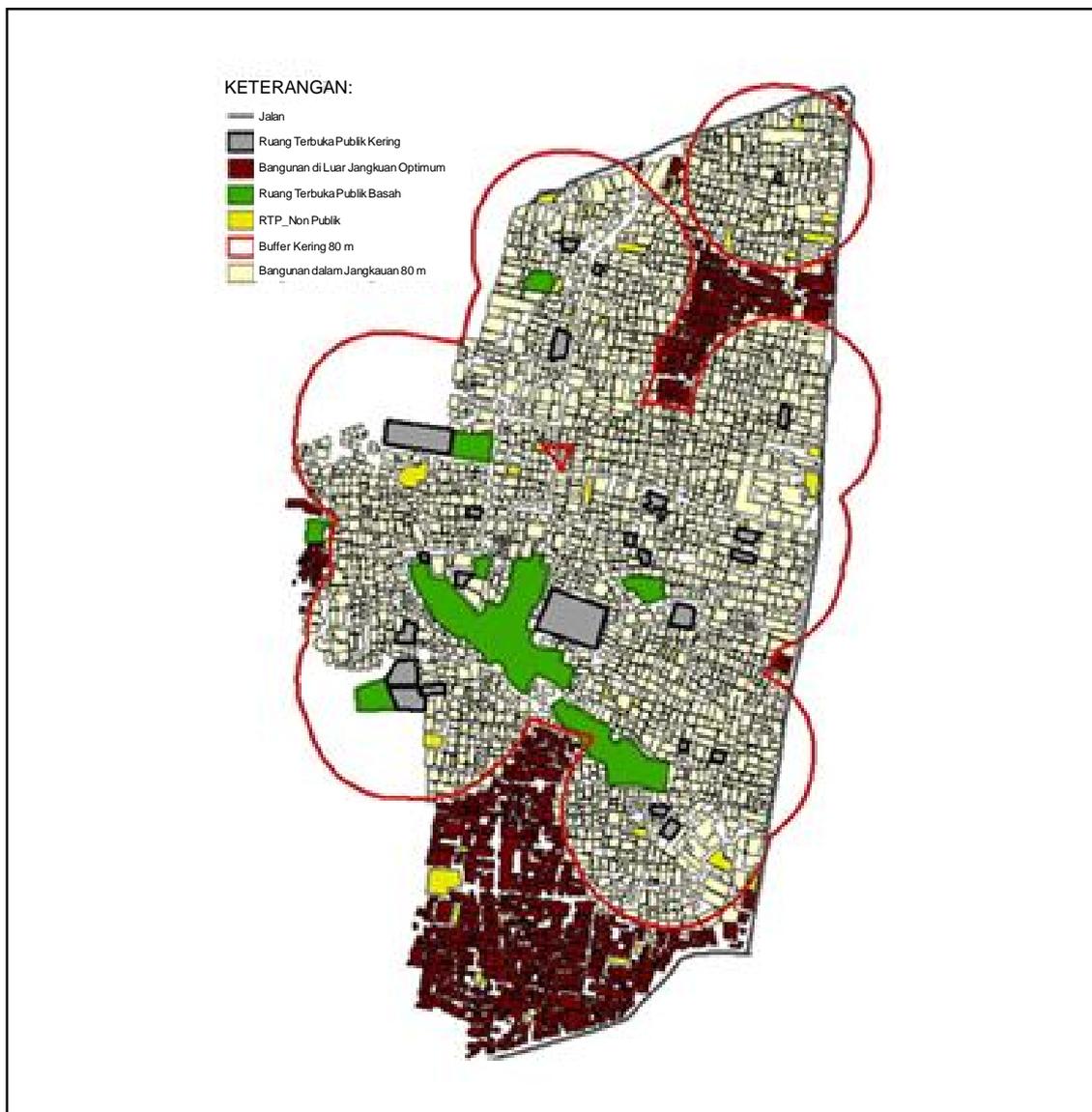
Untuk menentukan fungsi dari kapasitas maka digunakan dua titik bantu yang telah dijelaskan sebelumnya, yaitu: 60 m dan 80 m. Fungsi yang diperoleh dengan menggunakan dua titik bantu digunakan untuk mencari jarak pelayanan optimum dari ruang terbuka publik. Fungsi yang

dihasilkan dari empat titik bantu tersebut menunjukkan R^2 mendekati satu sehingga defiasi dari fungsi tersebut semakin kecil dan mendekati linier.

Pada skenario jenis ruang terbuka publik kering, fungsi yang diperoleh dari empat titik bantu adalah :

$$y = 163,4x + 293,5$$

Kapasitas maksimum dari ruang terbuka publik kering adalah 3.065 jiwa, sehingga dari fungsi tersebut, fungsi untuk jarak



Gambar 4. Jangkauan Pelayanan Ruang Terbuka Publik pada Jarak 80m

pelayanan optimum dari ruang terbuka publik kering adalah :

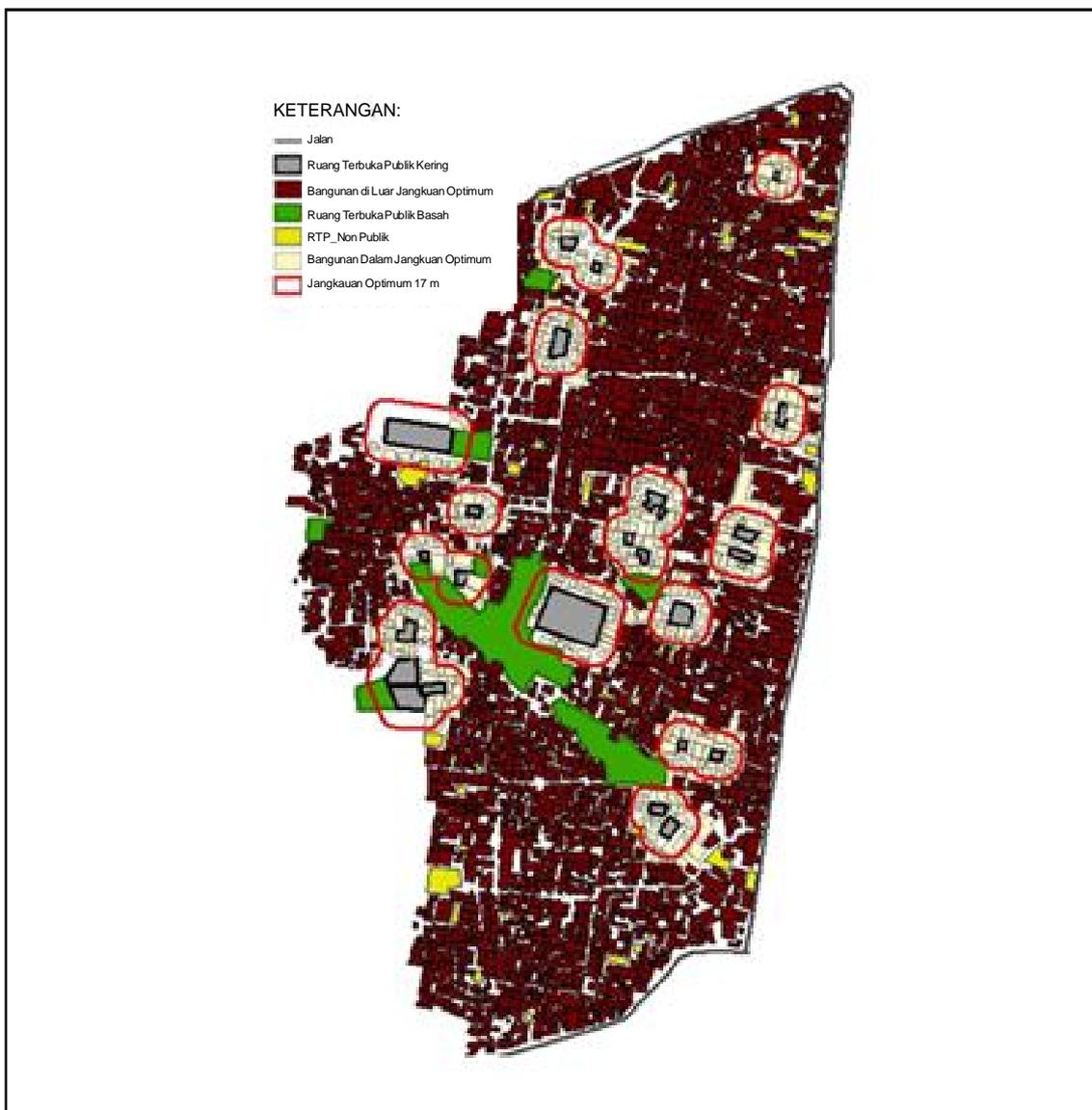
$$3.065 = 163,4x + 293,5$$

Dari fungsi tersebut, diperoleh bahwa jarak pelayanan optimum dari ruang terbuka publik kering adalah 17 m dari ruang terbuka publik. Jarak tersebut menunjukkan bahwa pelayanan optimum dari ruang terbuka publik kering sangat kecil dan sempit sehingga masih banyak bangunan-bangunan yang tidak dapat terlayani oleh ruang terbuka publik di wilayah studi. Hal ini menunjuk-

kan bahwa diperlukan ruang terbuka lain di lokasi-lokasi yang masih belum dapat terlayani oleh ruang terbuka publik (Gambar 5).

KESIMPULAN DAN SARAN

Tulisan ini telah menunjukkan bahwa ruang terbuka publik di wilayah studi belum mampu menampung seluruh penduduk yang ada di wilayah studi sesuai dengan standar Departemen PU. Hal ini menyebabkan ruang bergerak seluruh penduduk



Gambar 5. Jangkauan Pelayanan Optimum RTP

apabila harus melakukan evakuasi ke ruang terbuka publik yang ada sangat sempit dan sulit untuk bergerak. Dari segi jarak pelayanan, ruang terbuka publik juga belum mampu melayani penduduk dalam jarak yang dapat ditempuh oleh penduduk dengan berjalan kurang dari satu menit, yaitu pada jarak 60 m dan 80 m. Hal ini menunjukkan bahwa perlu adanya persebaran ruang terbuka publik secara merata di wilayah studi. Pelayanan optimum dari ruang terbuka publik juga belum mampu melayani seluruh penduduk yang ada.

Secara umum, studi ini berguna bagi arsitek dan perencana kota (*urban planner*), pemerintah daerah dan juga masyarakat sehingga dapat mempertimbangkan untuk tetap menyediakan ruang terbuka publik yang selain berfungsi sebagai tempat interaksi penghuni, tetapi juga dapat berguna untuk tempat yang aman untuk mengungsi dalam mengantisipasi gempa susulan. Integrasi dari kajian-kajian seperti ini, akan berguna di dalam mengurangi risiko bencana yang diakibatkan oleh gempa susulan. Pada kenyataannya, kajian seperti ini masih belum banyak dilakukan dan dipertimbangkan di dalam analisis *urban design*, terutama terkait dengan

permukiman-permukiman padat di perkotaan yang banyak ditemui di Indonesia.

Studi ini pada dasarnya belum mempertimbangkan ruang terbuka publik yang pada kenyataan sulit diakses pada saat normal, seperti ruang terbuka yang tidak kering (tanah yang basah dan sawah), yang terdapat dilokasi studi. Selain itu, skenario gempa yang dilakukan masih belum mempertimbangkan kapan waktu gempa berlangsung yang akan berakibat pada perbedaan dalam proporsi jumlah penduduk yang terdapat pada lokasi studi. Jika gempa terjadi pada siang hari, kemungkinan jumlah penduduk yang berada di rumah tidak sebanyak jumlah semua penduduk karena sebagian penduduk akan beraktivitas di luar rumah atau di luar lokasi studi. Di sisi lain, aspek yang penting dipertimbangkan juga adalah kerentanan fisik bangunan yang perlu dimasukkan dalam mempertimbangkan bangunan-bangunan dengan potensi rubuh yang berakibat pada penghuni bangunan yang tertimpa cedera dan tidak memiliki waktu untuk berevakuasi. Keterbatasan-keterbatasan ini diharapkan dapat diperbaiki dalam tulisan dan skenario yang lebih lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappenas, 2006, *Preliminary Damage and Loss Assessment, Yogyakarta and Central Java Natural Disaster*, The 15th Meeting of The Consultative Group on Indonesia, Jakarta, June 14, 2006.
- Bappenas, 2009, *West Sumatra and Jambi Natural Disasters: Damage, Loss and Preliminary Needs Assessment*, A joint report by BNPB, Bappenas and the Provincial and District Governments of West Sumatra and Jambi and international partners, October 2009
- Sagala, S. and Bisri, M. (2011). *Perencanaan Tata Ruang Berbasis Kebencanaan di Indonesia*, dalam Anwar, H. dan Haryono, H. (2011) *Perspektif Kebencanaan dan Lingkungan*

di Indonesia: Studi Kasus dan Pengurangan Risikonya. Penerbit Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)

FEMA. *Earthquake Preparedness*. FEMA, 2006.

Sengara, W. Surahman, A. dan Pribadi, K.S. (1999). *Seismic Hazards and Countermeasures in Bandung, Indonesia*, Institut Teknologi Bandung.

Sagala, S., Handika, P. dan Arisandy, M. (2011) *Megakota Jakarta: Persoalan Kebencanaan dan Pendekatan Penanganannya*, dalam Gunawan, M., Nurzaman, S., Warpani, S. (2011), Menarik Pelajaran dari 50 Tahun Perjalanan Perencanaan Wilayah dan Kota di Indonesia, Penerbit ITB.

BAKORNAS PBP. *Arahan Kebijakan Mitigasi bencana Perkotaan Di Indonesia*. Jakarta: BAKORNAS PBP, 2002.

Rahayu, H. dan Kertapati, E. *RADIUS: Rencana Tindak Mitigasi Bencana Gempa Di Kotamadya Bandung*. Bandung : IDNDR LP-ITB, 1999.

Fauzi, Y., Susilo, B. dan Mayasari, Z. 2009, Analisis Kesesuaian Lahan Wilayah Pesisir Kota Bengkulu Melalui Perancangan Model Spasial dan Sistem Informasi Geografis (SIG), *Forum Geografi*, Vol. 23, No. 2, Desember 2009: 101-111

Mutalazimah, Handaga, B., Sigit, A. Aplikasi Sistem Informasi Geografis pada Pemantauan Status Gizi Balita di Dinas Kesehatan Sukoharjo, *Forum Geografi*, Vol. 23, No. 2, Desember 2009, 153-166

A.L. Montoya, Urban Disaster Management: A case of Earthquake Risk Management in Cartago, Costa Rica, PhD *Thesis*, Netherlands, ITC, 2002.

P. Singh, Population vulnerability for earthquake loss estimation using community based approach with GIS, Master *Thesis*, Netherlands, ITC, 2005.

A. Budiarto, T. de Jong, *Escape Building Planning for Tsunami-prone Area, A Case Study of Meulaboh City, Aceh, Indonesia*, International Disaster Reduction Conference, Davos Switzerland, 27 August - 1 September 2006

Departemen Pekerjaan Umum, *Persyaratan Aksesibilitas Pada Jalan Umum No. 022/T/BM/1999*, Jakarta, 1999

S. Carr, M. Francis, L.G. Rivlin, dan A.M. Stone. *Public Space*. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.

R.B. Sleight, *Human Factors and Traffic Safety*. New York: John Wiley & Sons, 1972.

J. Edwards, *Transportation Planning Handbook*, Institute of Transportation Engineers, 1992.

MODEL KONSERVASI LINGKUNGAN SAGARA ANAKAN

Model of Conservation on Sagara Anakan Environmental

Dede Sugandi

Pendidikan Geografi

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung

E-mail: dsugandi58@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to (1) conduct socio-economic analysis of the influence of farmers on conservation activities, (2) identify the shape and model of integrated conservation and the role of the community in these activities in Segara Anakan. Activities of the population in the process of land affected when in Sagara tillers. The method used was a survey with a sample divided by the watershed upstream, downstream and coastal tengahm. Using statistical analysis techniques and geography, so that part of the watershed characteristics can be imaged. Shallowing Sagara Anakan, physically was affected by the physical condition of the easily eroded and accelerated by human activities. The activities of farmer on the watershed have done conservation unless doing reforestation, whereas the farmer on the swamp and coastal areas are not doing conservation. Different physical circumstances, the conservation of watersheds and coastal forms differ. Socio-economic condition of farmer affect the conservation. The farmer could not reforestation conservation form, as the socio-economic needs. While in the farmer swamp and coastal conservation is not done, because the physical state was not possible. To conserve of Sagara Anakan, then the shape of coastal conservation by planting trees, not catch fish, marine dredging, not taking out the trash, do not use drugs to win the fish and catch a certain size. While in conservation should be done with different shape and performed in an integrated manner that requires the participation of the population.

Keywords: environment, conservation, economic social, Conservation model and Participation

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk (1) melakukan analisis pengaruh sosial ekonomi petani terhadap kegiatan konservasi, (2) mengidentifikasi bentuk dan model konservasi secara terpadu serta peran masyarakat dalam kegiatan tersebut di Segara Anakan. Kegiatan penduduk dalam mengolah lahan berpengaruh terhadap kegiatan di Sagara Anakan. Metode penelitian yang digunakan adalah survey dengan sampel dibagi pada DAS bagian hulu, tengahm hilir dan pesisir. Teknik analisis menggunakan statistic dan geografi, sehingga karakteristik bagian DAS dapat tergambar. Pendangkalan perairan Sagara Anakan secara fisis dipengaruhi oleh keadaan fisis yang mudah tererosi dan dipercepat oleh kegiatan manusia. Kegiatan penduduk DAS melakukan konservasi kecuali penghutan, sedangkan daerah bekas rawa dan pesisir tidak melakukan konservasi. Keadaan fisis yang berbeda, maka bentuk konservasi DAS dan pesisir berbeda. Sosial ekonomi penduduk berpengaruh terhadap tindakan konservasi. Penduduk tidak dapat melakukan bentuk konservasi penghutan, karena kebutuhan sosial ekonomi. Sedangkan di daerah bekas rawa dan pesisir tidak dilakukan konservasi, karena keadaan fisis tidak mungkin. Untuk melestarikan perairan Sagara Anakan, maka Bentuk konservasi pesisir dengan Tanam pohon, Tidak menangkap ikan, pengerukan perairan, tidak membuang sampah, tidak menggunakan obat untuk menangkap ikan dan menangkap ukuran tertentu. Sedangkan dalam konservasi harus dilakukan dengan bentuk yang berbeda dan dilakukan secara terpadu yang membutuhkan partisipasi penduduk.

Kata kunci: lingkungan, konservasi, sosial ekonomi, model konservasi dan partisipasi.

PENDAHULUAN

Perkembangan penduduk menyebabkan penurunan luas lahan pertanian yang berdampak terhadap penurunan produksi dan berkurangnya luas hutan (Collier, 1996:98; Soemarwoto, 2001:23). Kenyataan bahwa kehidupan manusia tidak terlepas dari lingkungannya, karena pemenuhan kebutuhan diperoleh dari lingkungan dengan memanfaatkan lahan (Jaya TK, 2004). Tisdell C.A (1993:2) menyatakan bahwa *The major portion of the dominant theory of welfare economics is based upon the view that the wants of individuals are to be satisfied to the maximum extent possible by the allocation of resources*. Pertambahan penduduk disertai peningkatan kebutuhan, sehingga terjadinya perubahan keseimbangan lingkungan.

Ismawan (1999: 22) menyatakan bahwa isu utama permasalahan lingkungan, yaitu, air, deforestasi, erosi, lahan kritis dan kerusakan sumberdaya alam. Eksploitasi sumberdaya alam hutan berpengaruh terhadap sumber daya alam lain. Soeriatmadja (1997:59) menyatakan hutan berpengaruh terhadap tiga faktor lingkungan yang saling berhubungan, yaitu iklim, tanah dan pengadangan air bagi berbagai wilayah. Fungsi-fungsi ekologi, ekonomi dan sosial dari hutan memberikan manfaat jika pengelolaan sumberdaya alam berupa hutan diiringi upaya pelestarian guna mewujudkan pembangunan berkelanjutan (Rahmawaty : 2004). menyatakan usaha melindungi hutan menjadi sia-sia, jika petani tidak memiliki sumber kehidupan (Dietz,1998:23). Artinya bahwa hutan bermanfaat bagi kehidupan yang diperoleh bila hutan terjamin eksistensinya. Perubahan hutan menjadi perkebunan campuran dan pemukiman membawa dampak terhadap peningkatan bahaya erosi yang mengakibatkan kemerosotan sumberdaya lingkungan (Dewi, 2004:6; Ismawan, 1999: 23). Menurut Direktur Pengelolaan DAS

dan Rehabilitasi Lahan Departemen Kehutanan RI dalam Gusti (2006) menyatakan bahwa luas kerusakan hutan dan lahan di Indonesia 43 juta Ha (24 juta Ha di hutan dan 19 juta Ha di luar hutan). Sedangkan laju deforestasi tahun 1982-1990 sebesar 900.000 Ha/tahun.

Pembangunan secara fisik akan menggeser fungsi lahan perlu diantisipasi agar pemanfaatan lahan mendapatkan hasil optimum dengan kerusakan minimum, sehingga terbentuk kehidupan yang sejahtera dan bertanggung jawab (Darsiharjo, 2010:5). Undang Undang Republik Indonesia No.32 tahun 2009 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup merupakan lingkungan adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya. Lingkungan sebagai suatu ruang (DAS) mempengaruhi ruang lain yaitu pesisir. Ekosistem dalam suatu lingkungan merupakan suatu sistem lingkungan yang saling berinteraksi membentuk suatu kesatuan (Asdak, 2002:10). Selanjutnya Supriharyono (2008:18) menyatakan bahwa wilayah pesisir adalah pertemuan antara daratan dan laut. Karena kondisi pesisir dipengaruhi DAS, maka jika pada DAS terjadi erosi, maka di pesisir terjadi pengendapan.

Perairan Sagara Anakan merupakan muara Ci Tanduy dan Ci Beureum yang mengalami pendangkalan disebabkan sedimentasi yang tinggi dari sungai-sungai yang bermuara dan tingkat sedimentasi mencapai 1 juta m³/tahun (Krida; 1996:9). Bahari (2003) menyatakan Sagara Anakan mengalami perubahan luas akibat sedimen lumpur dari Ci Tanduy yang setiap tahunnya menyumbang 740.000 m³ lumpur dari total sedimen 1 juta m³ /th yang mengancam kelestarian hutan mangrove dan penurunan produksi ikan dan udang

yang dikembangkan (Satyana:2010). Sukardi (2010) menyatakan bahwa perubahan luas perairan Sagara Anakan pada tahun 1984 kawasan ini memiliki luas 2.906 ha, tahun 1994 memiliki luas 1.575 ha dan pada tahun 2003 memiliki luas 600 ha, artinya rata-rata penurunan luas ini sekitar 104,8182 ha/th. Pada tahun 1974 luas hutan mangrove 15.551 ha, sedangkan pada tahun 2003 memiliki luas 8.506 ha (BPKSA, 2007:27). Erftemeijer, Balen, dan Djuharsa. E (1988:35). Bahwa mangrove Sagara Anakan memiliki luas 13.500 ha, dan mengalami penyusutan akibat reklamasi lahan dan penebangan kayu bakau. Laju sedimentasi makin cepat sejak tahun 1931 ketika penduduk mulai mengkonversi hutan mangrove menjadi lahan pertanian (Zia dan Sudjono : 2011). Sementara itu Sukmawardani (2006:65) bahwa hutan mangrove merupakan salah satu sumberdaya alam potensial dan memiliki arti penting bagi masyarakat secara ekonomi, ekologis, dan biologis.

Erosi sebagai penyebab kerusakan tanah dipengaruhi oleh iklim, jasad hidup, bahan induk, relief dan waktu. Yasushi S dan Hardjosuwarno (1994) menyatakan bahwa perubahan penting dari proses sedimentasi di Sagara Anakan akibat aliran proses erosi daerah aliran Ci Tanduy yang diakibatkan kegiatan penduduk dalam pengolahan lahan dari daerah hulu sungai dan perluasan ladang baru pada daerah berlereng curam. Untuk mengembalikan pada keadaan asal, maka perlu dilakukan konservasi, karena itu fungsi hubungan antar unsur erosi dan konservasi sama (Sinatala, 1989; 1-10). Saragih (1993:77) menyatakan bahwa konservasi merupakan suatu paket teknologi usaha tani yang bertujuan meningkatkan produksi dan pendapatan usaha tani, serta melestarikan sumberdaya tanah dan air. Pengangkutan tanah oleh aliran permukaan menimbulkan kerusakan tanah, sehingga

mengganggu keseimbangan antara proses pembentukan dan pengangkutan (Darsiharjo, 2010:17). Meyer and Turner (1998:239) menyatakan bahwa *land cover changes can have four mayor direct (or first-order) impact upon the hydrological cycle and water quality; they can cause floods, droughts, and changes in rivers and ground water regime, and they can affect water quality.*

Dampak perubahan tersebut terhadap penurunan fungsi, terutama perairan Sagara Anakan mengalami pendangkalan dan penyempitan. Hutan mangrove di Sagara Anakan tempat berlindung 85 spesies burung yang hidup di hutan mangrove: *Centropus nigrorufus*. Bahkan hutan bakau sering menjadi ajang berkumpulnya kawanan burung yang bermigrasi dari wilayah Australia (Erftemeijer, Balen, dan Djuharsa,1988:35). Terjadi penurunan jumlah spesies ikan. Pada tahun 1985 terdapat 45 spesies ikan, sedangkan pada tahun 1999 terdapat 18 spesies dan 15 spesies merupakan spesies baru (Boesono : 2008). Selanjutnya Tim LPM Unpad (1998) menemukan bahwa wilayah Sagara Anakan mempunyai jenis-jenis burung yang dilindungi undang-undang, antara lain Rangkong, Elang hutan, Bangau tongkang, Kuntul, juga merupakan persinggahan burung migran seperti; layang-layang Asia (*Hirundo rustica*), Bambang kuning (*Ixobrycus sinensis*) dan Kodidi putih (*Calidris alba*). Hutan mangrove mempunyai arti penting sebagai sumber makanan hewan laut. Sistem perakaran yang kokoh melindungi pantai dari erosi, gelombang, dan ombak, juga berfungsi sebagai daerah asuhan (*nursery ground*) dan pemijahan (*spawning ground*) bagi udang, ikan dan kerang-kerangan (Dahuri, 2001). Ewuasie (1990:285) menyatakan bahwa habitat bakau merupakan tempat berpijah beberapa jenis ikan laut, sehingga pemusnahan hutan bakau berdampak terhadap kehidupan ikan.

Sumaatmadja (2005:129) menyatakan penurunan kualitas lingkungan menyebabkan penurunan kesehatan dan potensi ekonomi, serta perubahan tatanan sosial. Kesenjangan yang miskin dengan yang kaya terus menganga, akibat turunnya daya dukung lingkungan (Gusti, 2006). Penurunan kualitas lingkungan makin terasa yang berdampak baik secara langsung ataupun tidak langsung terhadap segi kehidupan ekonomi, sosial dan budaya (Sukojo, 2003:37). Konservasi dilakukan untuk mengurangi kerusakan lahan, karena kerusakan lahan disebabkan oleh terjadinya erosi. Besarnya erosi perlu dilakukan konservasi, terjadinya erosi perlu diatasi dengan mengembangkan fungsi-fungsi dari faktor erosi yang identik dengan faktor-faktor konservasi. Erosi yang terjadi merupakan fungsi dari iklim, relief, vegetasi, tanah dan manusia dengan fungsi sebagai berikut:

$$E = f(i, r, v, t, m)$$

dimana:

- E = Erosi,
- i = iklim,
- r = relief,
- v = vegetasi,
- t = tanah,
- m = manusia

Untuk mengembalikan lingkungan, maka perlu upaya untuk memelihara dan menjaga lingkungan. Salah satu upaya-upaya tersebut dapat dilakukan dengan konservasi yang sesuai secara terpadu. Konservasi bukan melarang mengelola dan memanfaatkan sumber daya alam tetapi dalam pengelolaan dituntut memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah, sehingga sumberdaya alam dapat menjadi warisan kepada generasi mendatang (Uwityangyoyo, 2009).

Sedangkan di pesisir konservasi sumberdaya ikan merupakan upaya perlindungan, pelestarian dan pemanfaatan sumber daya ikan termasuk ekosistem, genetik untuk menjamin keberadaan, ketersediaan dan kesinambungannya dengan tetap memelihara dan meningkatkan kualitas nilai dan keanekaragaman sumber daya ikan berkelanjutan (Suraji: 2009).

Konservasi pada DAS dapat dilakukan dengan menggunakan metode dan bentuk konservasi, tetapi di pesisir perlu dilakukan konservasi yang berbeda. Hasil studi Krida (1996) menyatakan bahwa perlu batas-batas konservasi, sehingga penyudetan, pengerukan dan pemantauan diperlukan terhadap daerah yang sudah dilakukan pengerukan. Penanganan dampak tersebut salah satunya adalah rencana pengelolaan lingkungan dengan pendekatan teknologi, sosial ekonomi dan institusional pada lembaga terkait. Selain itu dilakukan juga pengerukan Ci Meneng perairan Sagara Anakan. Dalam pemulihan ekosistem mangrove perlu melibatkan masyarakat, sehingga masyarakat tidak merasa ikut memiliki (*sense of belonging* tidak tumbuh) hutan mangrove tersebut (Rizkam, 2010:85). Partisipasi berkaitan informasi tentang keadaan penduduk, keterlibatan penduduk pada program pembangunan dalam persiapan dan perencanaannya, karena tanpa keterlibatannya akan menyebabkan kegagalan (Conyers, 1991:154). Sementara Unesco (2010) menyatakan kegagalan dalam konservasi pesisir harus didasari oleh kesadaran masyarakat nelayan dan budaya yang berkembang di masyarakat. Kesadaran masyarakat menjaga wilayah pesisir, perlu pemerintah berinisiatif memberdayakan masyarakat, sehingga masyarakat mempunyai rasa cinta dan memiliki wilayah tersebut. Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan hutan adalah sosial ekonomi berupa, pen-

didikan, pendapatan, luas lahan garapan, frekuensi penyuluhan, dan intensitas kegiatan petani (Lalogiroth, 2001). Kesadaran akan pentingnya sumberdaya air berawal dari kesadaran pribadi, masyarakat, sehingga menyadari untuk melestarikan sumberdaya dan mengelolanya (Widayani dkk, 2011:13).

Keberhasilan program konservasi perairan Sagara Anakan berkaitan dengan penduduk yang tinggal di sekitarnya, sehingga perlu adanya keterlibatan penduduk yang memanfaatkan hutan, yaitu; petani, sedangkan di pesisir adalah nelayan. Keadaan daerah yang berbeda, maka pelaksanaan konservasi perlu dilakukan secara terpadu dengan melibatkan berbagai pihak baik pemerintah, lembaga dan penduduk. Partisipasi penduduk dalam konservasi menjadi indikator yang sangat penting untuk keberhasilan program konservasi. Untuk meningkatkan partisipasi penduduk dapat ditingkatkan melalui penyuluhan agar penduduk memahami pentingnya lingkungan, sehingga dapat mempertahankan kualitas tanah dan air serta sumberdaya lahan untuk menjaga keberlangsungan dan kelestarian lahan (Sutrisno, A;2007). Pelestarian lingkungan yang dilakukan melalui konservasi, karena konservasi merupakan upaya untuk memelihara dan melindungi keberlanjutan sumber daya yang ada pada DAS dan perairan Sagara Anakan. UU RI No. 32 Tahun 2009 menyatakan bahwa Lingkungan hidup adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi alam itu sendiri, kelangsungan kehidupan, kesejahteraan manusia dan makhluk hidup lain. Konservasi yang dilakukan pada DAS dan pesisir perlu dilakukan terpadu dan berbeda yang sesuai dengan keadaan daerah, sehingga tingkat erosi pada DAS menurun sedangkan di pesisir tidak mengalami pendangkalan dan penyempitan.

Atas dasar masalah yang muncul bahwa Sagara Anakan memiliki berbagai fungsi yang mengalami penurunan fungsi, maka perlu upaya konservasi, karena itu tujuan dalam penelitian ini adalah:

- (1) Menganalisis pengaruh sosial ekonomi petani dalam melakukan konservasi lingkungan Sagara Anakan.
- (2) Menganalisis bentuk konservasi yang dilakukan penduduk yang memanfaatkan lahan dan perairan Sagara Anakan.
- (3) Membuat model konservasi yang secara terpadu pada DAS dan pesisir Sagara Anakan.
- (4) Meng-analisis peran penduduk dalam melakukan konservasi pada DAS dan pesisir Sagara Anakan.

METODE PENELITIAN

Daerah penelitian secara geografi terletak antara $108^{\circ} 01'15,66''$ BT – $109^{\circ} 00'00''$ BT dan $7^{\circ} 01'12,96''$ LS – $7^{\circ} 46'44,4''$ LS, daerah ini meliputi daerah aliran Ci Tanduy dan Ci Beureum dan perairan Sagara Anakan yang selanjutnya disebut lingkungan Sagara Anakan. Daerah yang menjadi kajian adalah konservasi yang dilakukan penduduk yang menggarap lahan pada DAS dan pesisir Sagara Anakan.

Daerah hulu Ci Tanduy dari Kabupaten Majalengka dan Ci Beureum yang dari kabupaten Brebes. Pada muara DAS terdapat Kecamatan Kampung Laut yang terdiri atas 4 desa, yaitu Desa Klaces, Ujungalang, Ujunggagak dan Panikel. Sebelumnya disebut Kampung Laut, karena sebagian besar penduduknya tinggal di atas perairan Sagara Anakan. Sekarang kenampakannya sudah tidak berada di atas laut, karena sudah tidak berwujud rumah panggung yang berdiri di atas air, tetapi telah menjadi rumah yang berdiri di daratan akibat sedimentasi.

Dalam penelitian ini akan berkaitan dengan

pengolahan lahan oleh penduduk di daerah aliran Ci Tanduy dan Ci Beureum yang berpengaruh terhadap kegiatan di Sagara Anakan, seperti nelayan, perdagangan, jasa transportasi dan wisata yang mengalami penurunan. Untuk menganalisis pengaruh kegiatan penduduk dalam melakukan konservasi pada daerah aliran Ci Tanduy dan Ci Beureum yang bermuara ke Sagara Anakan dengan melakukan survey pada lahan yang digarap oleh penduduk. Jumlah populasi besar dengan sampel relative sedikit, maka digunakan metode survey (Sukmadinata, 2007:82). Suharsimi (1993:9) menyatakan bahwa penelitian survey dibatasi pada pengertian sampel pada metode penelitian survey dimana informasinya dikumpulkan sebagian populasi untuk mewakili seluruh populasi secara bersamaan. Sampel yang relative sedikit tetapi dapat mewakili populasi yang besar, maka sampel responden pada penduduk yang menggarap lahan pada DAS bagian hulu, tengah, hilir dan pesisir. Karena itu penelitian ini menggunakan metode penelitian Survey.

Populasi yang dijadikan dasar adalah penduduk yang menggarap lahan di daerah aliran Ci Tanduy, Ci Beureum dan pesisir Sagara Anakan. Luasnya daerah penelitian, maka untuk pengambilan sampel DAS hulu, tengah, hilir dan pesisir. Sampel penelitian adalah penduduk yang mengolah lahan di DAS hulu, tengah, hilir dan pesisir, agar mewakili seluruh DAS dan pesisir. Untuk menentukan jumlah sampel dengan menggunakan formula Slovin (Taro Yamane). Ukuran populasi petani berkisar 632.213 responden dengan taraf kepercayaan adalah 5 %, maka jumlah sampel yang diambil 240 responden yang tersebar pada 4 bagian DAS.

Untuk memperoleh data dari responden yang mengolah lahan dilakukan dengan instrumen penelitian. Instrumen penelitian

dikembangkan berdasarkan variabel-variabel penelitian, seperti:

(1) Sosial Ekonomi meliputi; pendapatan, pengetahuan dan kepemilikan lahan. (2) Bentuk konservasi yang dilakukan petani dan nelayan.

Untuk memperoleh data dari responden dengan langkah sebagai berikut:

(1) Questioner, dilakukan untuk mengisi pertanyaan-pertanyaan yang ber-hubungan dengan cara-cara penduduk menggarap lahan pertanian. (2) Cek lapangan dilakukan untuk mengamati bentuk konservasi pada lahan yang digarap petani maupun nelayan di pesisir. (3) Studi dokumentasi dari penelitian sebelumnya, citra penginderaan jauh, hasil penelitian, jurnal, peraturan dan sebagainya untuk mendukung penelitian. (4) Studi literatur, pengumpulan data dari berbagai buku teks untuk menunjang landasan teori yang mendukung masalah yang dikaji.

Variabel yang diamati dalam penelitian ini terbagi menjadi variabel bebas dan terikat. Variabel eksogen adalah Pendapatan, Pengetahuan dan Kepemilikan lahan. Variabel ini mempengaruhi variabel endogen yaitu partisipasi. Analisis statistik dan geografis dengan menggunakan cek list yang didasarkan bentuk konservasi yang dilakukan penduduk dalam mengolah lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perairan Sagara Anakan merupakan tempat bermuaranya Ci Tanduy, dan Ci Beureum dan perairan ini terhalang oleh Pulau Nusa Kambangan. Tempat bermuaranya sungai tersebut adalah perairan Sagara Anakan. Pada muara DAS tersebut terdapat Kecamatan Kampung Laut, yang terdiri atas 4 desa, yaitu; Desa Klaces, Ujung Alang, Ujung

Gagak dan Desa Panikel. Kegiatan penduduk di Kecamatan ini dipengaruhi oleh keberadaan potensi perairan Sagara Anakan. Kegiatan penduduk dalam bentuk lapangan kerja, seperti: nelayan, jasa transportasi, perdagangan. Artinya keberlanjutan kehidupan penduduk di sekitar kecamatan kampung laut sangat terpengaruh pada keberadaan potensinya. Hal yang menjadi dasar pemicu permasalahan adalah, karena terjadi pendangkalan dan penyempitan, sehingga berpengaruh perolehan pendapatan.

Penurunan fungsi perairan Sagara Anakan akibat sedimentasi adalah pendangkalan dan penyempitan perairan disebabkan karena material yang diendapkan berasal dari sungai-sungai yang bermuara ke perairan ini. Kegiatan sebagian penduduk dengan memanfaatkan, menggali dari potensi Sagara Anakan, sedangkan di daerah aliran sungai didominasi oleh kegiatan pertanian.

Iklim merupakan keadaan cuaca rata-rata dengan indikator berdasarkan curah hujan, suhu, kelembaban, ketinggian dan vegetasi maupun letak geografis suatu daerah. Berdasarkan letak geografis di atas daerah penelitian termasuk beriklim tropis. Data curah hujan yang termasuk lengkap adalah Kabupaten Cilacap dan Ciamis (Balai Hidrologi dan Tata Air, 2009) dengan curah hujan rata-rata 2219 mm/tahun. Curah hujan bervariasi, musim kemarau tersebar pada bulan-bulan yang hampir sama, yaitu sekitar April – September. Persebaran curah hujan menjadi dasar dalam melakukan penanaman dalam pertanian.

Batuan yang mendasari DAS Ci Tanduy dan Ci Beureum menurut Supriatna, *dkk* (1992), Kastowo dan Suwarna (1996), Budhistrisna (1986), Simanjuntak dan Surono (1992) didasari oleh beberapa jenis batuan, yaitu:

(1) Qv merupakan batuan yang berasal dari letusan gunungapi muda tersebar di puncak gunungapi Galunggung. Material-material hasil letusan, yaitu; breksi gunungapi, lahar dan tufa bersusunan andesit sampai basal. (2) QTv merupakan batuan yang berasal dari hasil letusan gunungapi tua yang terbagi menjadi QTvs, QTvk, QTvb, QTvd, QTvr, QTvc, Qvt dengan material hasil telusan yaitu; breksi gunungapi, lahar dan tufa bersusunan andesit - basal. (3) Qa dan Qf merupakan batuan yang terbentuk karena proses pengendapan dengan material memiliki ukuran halus, seperti; lempung, pasir dan kerikil. (4) Tpt termasuk formasi Tapak dengan material terdiri dari batupasir kasar keabuan, dengan sisipan napal pasiran, kelabu kekuningan yang mudah ter-erosi. (5) Tmph termasuk formasi Halang dengan material turbidit; per-selingan batupasir, batulempung, batulanau dengan sisipan breksi, batugampingan (mudah larut). (6) Tmpk termasuk formasi kumbang dengan material breksi gunungapi, lava, retas dan tuf bersusunan andesit sampai basal yang sifatnya resisten terhadap erosi. (7) Tmnt termasuk formasi Nusa-kambangan dengan material Tuf, Tuf lapili, tuf pasir dan kerikilan dengan sisipan batu pasir yang bersifat resisten erosi. (8) Tmkl termasuk formasi Kalipucang dengan material berasal dari fosil binatang karang yang terdiri dari batugamping terumbu. Batuan ini resisten terhadap suhu, tetapi mudah larut oleh air, sehingga erosi dipercepat kegiatan manusia. (9) Tmr termasuk formasi Rambatan dengan material terdiri dari batupasir, gampingan dan konglomerat bersisipan lapisan napal dan serpih di bagian bawah. Sifat material serpih dan napal rentan erosi dan gampingan mudah larut. (10) Tml termasuk formasi Lawak dengan material napal kehijauan dengan sisipan batugamping. Bagian atas terdiri napal globigerina dengan sisipan batupasir dengan sifat material rentan terhadap erosi dan

pelarutan. (11) Tpc termasuk formasi Cijulang dengan material terdiri atas breksi gunungapi, aliran lava dan retas ber-susunan andesit tufa dan batupasir tufaan. Material memiliki sifat yang resisten terhadap air, sehingga potensi erosi kecil.

Tmhg termasuk anggota Gununghurip dengan material Turbidit; breksi gunungapi, batupasir, serpih dan konglomerat dan resisten terhadap air. Geologi daerah penelitian ditunjukkan pada gambar peta geologi (Gambar 1).

Macam tanah menurut Pusat Penelitian Tanah dengan menggunakan system Dudal Soeprattohardjo (1957, dalam dan Darmawijaya I, 1990 dan Hardjowigeno, S; 2003). Daerah aliran Ci Tanduy dan Ci Beureum didasart macam tanah:

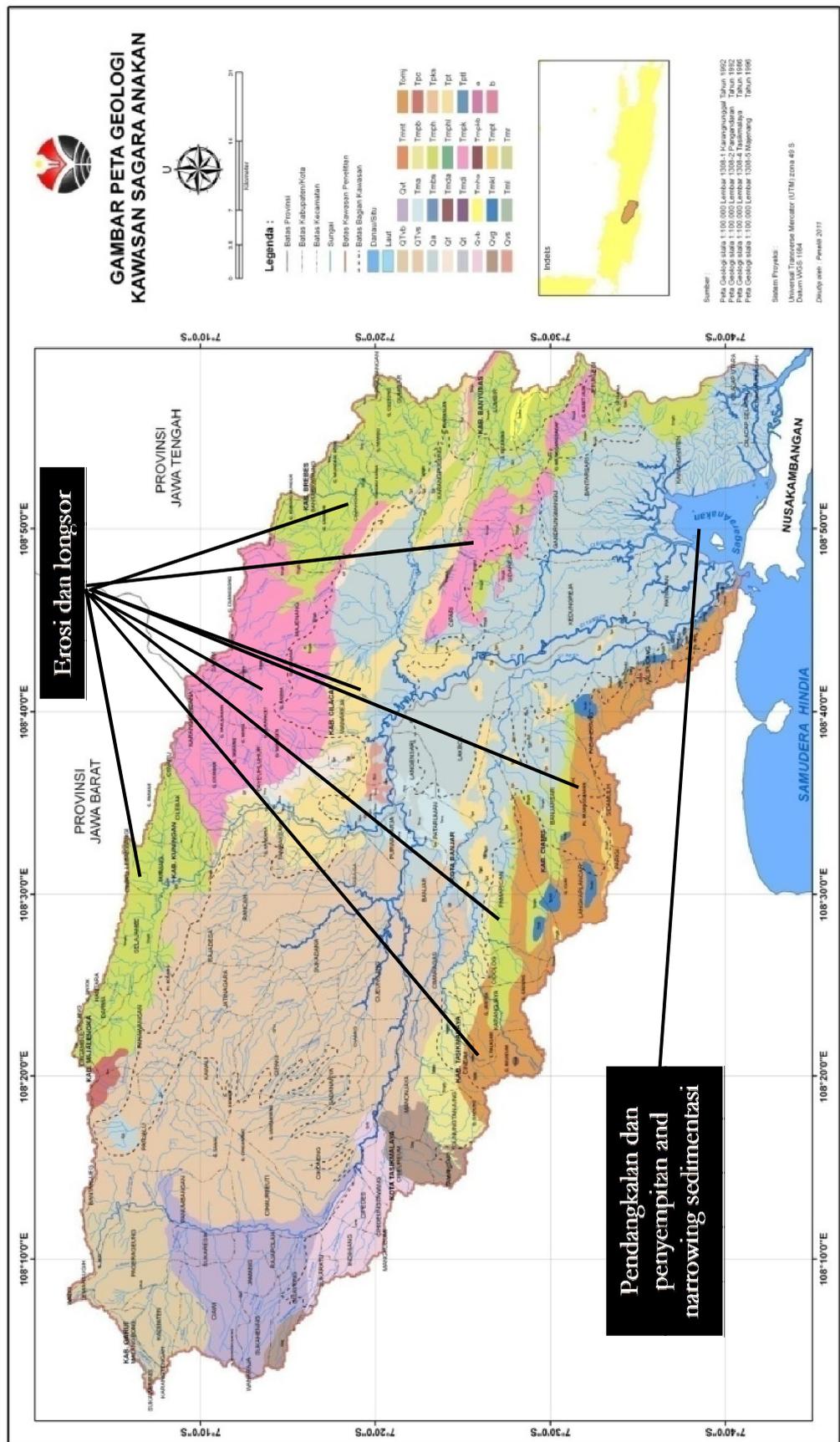
Aluvial merupakan macam tanah yang terbentuk karena endapan liat yang tersebar di dataran-landai dengan sifat kurang menyerap air dan cenderung menjadi genangan, dan tahan erosi, Regosol merupakan tanah baru dengan sifat tekstur kasar, struktur butir tunggal - remah, konsistensi lepas, pH 6-7 dan mudah tererosi. Andosol berkembang sampai ketinggian 3.000 meter dari bahan vulkanik yang tidak padu dengan sifat pH antara 4,5-6, warna hitam kecoklatan, struktur remah, Bahan organik tinggi, mudah erosi dan porositas tinggi tersebar di DAS bagian hulu. Gleysol merupakan proses endapan dengan solum kurang dari 1 meter, warna kelabu, tekstur geluh - lempung, struktur pejal, konsistensi teguh dan plastis, pH antara 5-6, bahan organik rendah yang tersebar di DAS bagian hilir. Organosol yang terbentuk dari fosil yang mengendap dengan sifat tekstur liat, struktur gumpal, pH di bawah 6 dan Bo tinggi yang membentuk lapisan gambut yang tersebar di daerah hutan mangrove. Grumusol berkembang kurang dari 300 meter dengan

tekstur lempung, struktur atas granuler, bo rendah, mengalami pengkerutan, konsistensi tinggi yang ini mengalami pelapukan dari batu kapur, napal, tuff, endapan alluvial dan abu vulkanik yang mudah larut. Latosol mengalami pelapukan intensif, perkembangan lanjut dan mengalami pencucian dengan sifat tekstur halus, struktur remah, bo rendah, pH 4,5-5,5, konsistensi gembur, pencucian silica. Mediteran berkembang dari bahan induk batu kapur dengan sifat tekstur kasar, struktur gumpal, bo rendah, pH 6 – 7,5 dan mengandung kongkresi kapur dan besi serta mudah larut yang tersebar di DAS bagian tengah dan perbukitan. Litosol berkembang di perbukitan dan mudah tererosi dengan sifat kedalaman dangkal, belum ada perkembangan profil, umumnya akibat erosi yang kuat yang tersebar di DAS bagian hulu, tengah.

Perairan Sagara Anakan merupakan laut tempat bermuaranya Ci Tanduy, Ci Beureum dan sungai kecil lainnya yang terhalang oleh Pulau Nusa Kambangan. Pasang surut air laut mempengaruhi aliran dari darat, maka semua aliran air dari darat terhambat oleh arus dari Samudera Hindia. Aliran tersebut membawa material hasil erosi diendapkan di laut ini, sehingga menjadi dangkal, terbentuknya delta, perairan menjadi sempit akibat sedimentasi.

Lahan di DAS digunakan berbagai kegiatan penduduk. Penggunaan lahan hasil analisis citra Landsat tahun 2005, yaitu;

(1) Hutan dan mangrove, berisi berbagai jenis vegetasi yang memiliki fungsi menjaga keseimbangan ekosistem lingkungan yang tersebar di DAS bagian hulu, punggung dan sebagian kecil tersebar di DAS bagian tengah, sedangkan hutan mangrove tersebar di daerah aliran bagian hilir dan pesisir, karena erosi dari hulu sungai yang diendapkan di dataran, tergenang dan



Sumber: analisis data

Gambar 1. Geologi Daerah Penelitian

berkembangnya mangrove. (2) Kebun/perkebunan dikelola oleh penduduk maupun pemerintah maupun swasta. Kebun yang dikelola penduduk kurang sesuai dengan kaidah konservasi, sehingga potensi erosi lebih besar dari yang dikelola oleh perusahaan. (3) Tegalan merupakan lahan pertanian kering yang diolah penduduk dengan tanaman semusim, sehingga selalu diolah secara rutin, tanah menjadi gembur. (4) Permukiman merupakan lahan yang digunakan dengan meratakan tanah, sehingga memberikan kemungkinan terjadinya erosi dari tanah yang diratakan yang mengakibatkan menurunnya kemampuan resapan. (5) Sawah merupakan lahan yang digunakan sawah dengan terasering, tetapi dengan tanah yang kedap air, air akan tergenang dan sewaktu terjadi hujan air. Sawah tersebar di DAS bagian hulu, tengah dan hilir. (6) Semak belukar merupakan lahan yang tidak diolah penduduk, meskipun pernah diolah. Semak belukar tersebar di DAS bagian hulu, tengah dan hilir.

Dari hasil analisis data citra Landsat tahun 2005 ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa luas hutan hanya 697,30 Km² (15,79 %), dimana hutan berfungsi reservoir air, resapan air dan fondasi tanah. Lahan perkebunan dan kebun dengan luas 2055 Km² (46,52 %), penggunaan lahan yang berpotensi terjadinya erosi adalah Kebun, Ladang, sawah, permukiman.

Mata pencaharian merupakan kegiatan rutin sehari-hari yang dilakukan dalam berbagai kegiatan (BPS, West Java in 2010 and Central Java in 2009). Mata pencaharian penduduk ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan penduduk yang bermata pencaharian pertanian mendominasi dan ini akan berpengaruh terhadap potensi terjadinya erosi.

Kecamatan Kampung laut Kabupaten Cilacap terdiri 4 Desa yang dipisahkan oleh selat. Desa-desa dihubungkan oleh pelayaran rakyat dengan menggunakan perahu dan kapal (Dinas Perhubungan; 2004). Tahun 2004, kapal Feri dan kapal seukuran perahu besar berhenti, karena Sagara Anakan mengalami pendangkalan yang digantikan perahu motor (compreng)

Tabel 1. Luas Penggunaan Lahan Daerah Aliran Ci Tanduy dan Ci Beureum

No	Penggunaan lahan	Luas (Km ²)	Persentase (%)
1.	Hutan	697,30	15,79
2.	Hutan Mangrove	10,30	0,23
3.	Kebun/Perkebunan	2055,00	46,52
4.	Ladang/tegalan	248,40	5,62
5.	Permukiman	310,70	7,03
6.	Sawah	801,20	18,13
7.	Sungai/tubuh air	284,50	6,44
8.	Semak belukar	9,33	0,21
Luas DAS		4.417,13	100,00

Sumber: Sugandi, dkk (2008)

yang menghubungkan Majungklak – Karang Anyar - Ujunggalang hanya 1 kali, sedangkan ke Majungklak ke Cilacap dan sebaliknya hanya carteran.

Pengaruh Sosial ekonomi

Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa variabel $X_{1,2,3}$ (Sosial ekonomi) berpengaruh terhadap Y (Partisipasi). Hasil pengujian statistik menunjukkan bahwa terdapat pengaruh X_1 , X_2 , X_3 terhadap Y sebesar 29 % dan sebesar 71 % dipengaruhi oleh faktor-faktor lain. Artinya bahwa konservasi pada DAS akan dilakukan karena merupakan syarat dalam mengolah lahan, tetapi pesisir tidak melakukan metode konservasi. Dengan kehidupan sosial ekonomi penduduk rendah, partisipasi semakin meningkat.

Bentuk Konservasi

Metode Vegetatif, mekanik dan kimiawi

dilakukan penduduk, karena merupakan persyaratan dalam mengolah lahan agar memperoleh hasil maksimal. Bentuk yang tidak dilakukan hanya penghutanan, karena akan mempengaruhi hasil. Tanaman sering kurang penyinaran (hieum), sehingga produksi rendah dan cenderung gagal panen, terutama DAS bagian hulu. Sedangkan pada DAS bagian hilir terutama pada lahan bekas rawa dan pesisir sulit dilakukan konservasi metode tersebut, karena lereng datar dan banyak cekungan, sehingga pada musim hujan sering tergenang dan mengalami gagal panen. Daerah bekas rawa dan pesisir harus dilakukan pelestarian perairan Sagara Anakan dengan bentuk konservasi berbeda.

Model Konservasi

Bentuk konservasi di pesisir yaitu; Tanam pohon, Tidak menangkap ikan, pengerukan perairan, tidak membuang sampah, tidak menggunakan obat untuk menangkan ikan dan menangkap ukuran tertentu. Dengan

Tabel 2. Mata Pencaharian Penduduk Berdasarkan Luas DAS

No.	Kabupaten/ Kota	Persentase	Pertanian	Industri	Perdagangan	Jasa	Jumlah
1.	Kab.Garut	3,37	10.108	9.087	4.251	1.000	24.446
2.	Kab.Majalengka	16,62	26.919	4.027	16.931	3.662	51.539
3.	Kab.Sumedang	1,24	2.041	250	781	144	3.216
4.	Kab.Kuningan	23,05	42.655	2.445	17.219	2.753	65.072
5.	Kab.Tasikmalaya	12,52	35.772	16.834	14.201	2.944	69.751
6.	Kab.Ciamis	64,28	176.814	38.672	70.074	6.130	291.690
7.	Kab.Cilacap	64,39	172.254	112.434	85.522	59.825	430.034
8.	Kab.Brebes	5,97	22.696	5.292	10.925	6.422	45.335
9.	Kab.Banyumas	4,48	7.173	8.156	6.764	6.612	28.705
10.	Kota Tasikmalaya	19,60	2.156	9.088	7.284	2.073	20.601
11.	Kota Banjar	95,04	8.107	2.901	10.855	2.284	24.147
Jumlah			632.213	291.045	307.125	137.442	1.054.536

Sumber: hasil analisis

bentuk konservasi yang khas dan berbeda dengan DAS, maka perairan akan lestari. Pelaksanaan konservasi harus selalu dilakukan baik secara individu, kelompok maupun pemerintah. Dengan alasan petani melakukan konservasi oleh petani, maka konservasi pesisir harus dilakukan nelayan dan pemerintah.

Dengan keadaan fisis yang cekung dan terhalang P. Nusa Kambangan, pesisir Sagara Anakan sering tergenang pasut, maka bentuk konservasi yang sesuai untuk melestarikan dan mengembalikan pada keadaan semula dengan bentuk konservasi a) penanaman pohon, untuk mengurangi dampak dari pasut, b) pengerukan, sebagai penyeimbang terjadinya sedimentasi, c) tidak menangkap ikan, karena daerah ini merupakan daerah konservasi, terutama pada hutan bakau, d) tidak buang sampah, karena akan mengurangi kehidupan biota laut dan keindahan, e) tidak menggunakan pestisida, karena akan berakibat terhadap biota dan tumbuhan dan f) menangkap ikan ukuran tertentu, agar keberlanjutan sumberdaya dan fungsi Sagara Anakan terpelihara. Bentuk konservasi pesisir kurang dilakukan. Artinya partisipasi penduduk tidak pernah dan kadang (83,28%) dan 16,72% sering melakukan konservasi dengan harapan, jika tidak tergenang merupakan hasil dari kerja kerasnya. Hal ini didasarkan bahwa bentuk konservasi ini membutuhkan biaya besar, peralatan, kebijakan, karena itu perlu konservasi pesisir perlu dilakukan secara terpadu antara pemerintah, swasta dan pemerintah.

Peran Penduduk dalam Konservasi

Konservasi berkaitan dengan sosial ekonomi penduduk, jika lahan rusak, maka menurunkan keberlanjutan sumberdaya dan berdampak terhadap keberlanjutan

kehidupan dan pembangunan. Untuk menjaga agar sumberdaya berkelanjutan, perlu peran penduduk yang didukung dan diberdayakan oleh pemerintah dalam melakukan konservasi. Artinya konservasi harus dilakukan di DAS dan pesisir dengan bentuk konservasi yang berbeda dan dilaksanakan secara terpadu dari berbagai kalangan penduduk, lembaga swasta dan pemerintah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penduduk yang mengolah lahan dalam lahan pertanian selalu melakukan metode dan bentuk konservasi, kecuali penghutanan, tetapi erosi selalui terjadi. Erosi dipengaruhi keadaan fisis yang mudah erosi. Meskipun demikian konservasi harus dilakukan, karena itu dalam penelitian ini ada beberapa kesimpulan.

(1) Dalam mengolah lahan penduduk selalu melakukan tindakan konservasi, meskipun pada lereng yang sangat curam dan batuan mudah tererosi. Karena itu pada daerah tersebut harus dihindarkan, tetapi kebutuhan sosial ekonomi yang rendah menuntut menggarap lahan pada daerah yang rentan erosi. (2) Metode dan bentuk konservasi dalam mengolah lahan dilakukan penduduk pada DAS, karena merupakan persyaratan, tetapi penduduk yang mengolah lahan bekas rawa dan pesisir kurang melakukan konservasi, karena keadaan daerah tidak bersyarat. Daerah tersebut harus dilakukan bentuk konservasi Tanam pohon, Tidak menangkap ikan, pengerukan perairan, tidak membuang sampah, tidak menggunakan obat untuk menangkap ikan dan menangkap ukuran tertentu. (3) Model konservasi harus selalu dilakukan baik secara individu, kelompok maupun pemerintah. Dengan alasan petani melakukan konservasi oleh petani, maka konservasi pesisir harus dilakukan nelayan dan pemerintah serta

konservasi DAS dan pesisir dilakukan secara terpadu dengan bentuk berbeda. (4) Keberlanjutan lingkungan harus mendukung keberlanjutan hidup dan pembangunan, maka perlu konservasi yang mendukung upaya pelestarian keberlanjutan ekosistem lingkungan. Karena itu perlu konservasi yang dilakukan terpadu yang melibatkan penduduk, lembaga swasta dan pemerintah.

Keberlanjutan kehidupan, karena potensi perairan Sagara Anakan, maka untuk melestarikan perairan ini diajukan beberapa rekomendasi yaitu: (1) Pada lahan dengan keadaan fisis yang rentan erosi seharusnya dihindarkan dengan pengelolaan hutan oleh

penduduk dan diawasi oleh pemerintah melalui pemberdayaan. (2) Bentuk konservasi pada DAS dan pesisir berbeda, maka pemerintah bersama lembaga swasta dan penduduk harus melakukan konservasi dengan pengerukan perairan, sehingga mendukung keberlanjutan potensi perairan Sagara Anakan. (3) Konservasi harus dilakukan secara terpadu yang melibatkan pemerintah, lembaga swasta dan penduduk.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Darsiharjo, M.S yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak (2002). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press,
- Bahari (2003). *Segara Anakan Butuh Pertolongan*. [Online]. Tersedia: www.sinarharapan.co.id, [20 Mei 2011].
- Boesono, H (2008). *Perkembangan Perikanan Tangkap Akibat Perubahan Luasan Laguna Segara Anakan Cilacap, Jawa Tengah*. [Online]. Tersedia: <http://web.ipb.ac.id/~psp/oldind/index.php?pilih=hal&id=47>, Disertasi. [11 Feb 2011].
- Dahuri (2001). *Model-Pengelolaan-Wilayah-Pesisir-Kabupaten* [Online]. <http://www.pdfchaser.com/MODEL-PENGELOLAAN-WILAYAH-PESISIR-KABUPATEN.html>, 24 Jan 2011.
- Balai Hidrologi dan Tata Air (2011). *Curah Hujan Ci Tanduy dan Ci Beureum tahun 2009*, Bandung.
- BPKSA (2007). *Laporan Kegiatan Pengendalian Penduduk dan Penduduk Pendatang di Kawasan Segara Anakan*, Cilacap.
- BPS (2010). *Jawa Barat dalam Angka, Jawa Barat in Figures 2010*, Badan Pusat Statistik, Provinsi Jawa Barat.
- BPS (2009). *Jawa Tengah dalam angka 2009, Bali nDeso mBangun Deso mewujudkan masyarakat Jateng yang sejahtera*, Kerjasama BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah dan Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah.

- Budhistrisna, T (1986). *Peta Geologi lembar Tasikmalaya*, Badan Geologi Direktorat Geologi Bandung.
- Collier W.L at al (1996). *Pendekatan Baru dalam Pembangunan Pedesaan di Jawa*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Conyers, D (1991). *Perencanaan Sosial di Dunia ketiga*. Yogyakarta: UGM Press.
- Darmawidjaya, I (1990). *Klasifikasi Tanah (Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah Dan Pelaksana Pertanian Di Indonesia)*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Darsiharjo (2010). *Model Pemanfaatan Lahan Berkelanjutan di Daerah Hulu Sungai*, Program Studi Manajemen Resort dan Leisure. Bandung: FPIPS UPI.
- Dewi.A.K (2004). *Studi Tingkat Bahaya Erosi pada Lahan Pertanian di Sub Daerah Aliran Ci Kendang Kabupaten Garut*, Geografi FPIPS UPI. Tidak diterbitkan.
- Dietz, T (1998). *Entitlements to Natural Resources Countours of Political Environmental Geography, International Book*, Utrech, kerjasama Remdec, Insist Press dan Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Dinas Perhubungan (2004). *Laporan Pelaksanaan Kegiatan Bidang Perhubungan Laut*, Pemerintah Kabupaten Cilacap.
- Erfteemeijer. P, Balen, B.V. dan Djuharsa. E (1988). *The Importance of Sagara Anakan For Nature Conservation* (with special reference to its avifauna). Bogor: PHPA-AWB/ INTERWADER.
- Ewuasie (1990). *Ekologi Tropika*. Bandung: ITB.
- Gusti, A.K.R.H (2006). *Krisis Air, Illegal Logging Danpenegakan Hukum Lingkungan Di Indonesia* [Online]. Tersedia: <http://Si.Uns.Ac.Id/Profil/Upload-publikasi/Yustisia/2006/Krisis%20air,%20illegal%20logging%20dan%20penegakan%20hukum%20lingkungan%20di%20indonesia.Pdf>, *Jurnal yustisia Edisi Nomor 69 Sept. – Desember 2006*. [18 Oktober 2011].
- Hardjowigeno, S (2003). *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*, Jakarta: Penerbit Akademika Pressindo.
- Ismawan, I (1999). *Risiko Ekologis, di balik Pertumbuhan Ekonomi*.Yogyakarta: Media Presindo.
- Jaya, TK (2004). *Potensi kekayaan alam Indonesia* [online].Tersedia: [http:// www.jurnal-ekonomi.org/204/04/22/Ada%20Apa%20dengan%20Penge-lolaan%20Sumber%20Daya%20Alam%20Indonesia%20_%20JURNAL%20EKONOMI%20IDEOLOGIS.htm,kons%202010.htm](http://www.jurnal-ekonomi.org/204/04/22/Ada%20Apa%20dengan%20Penge-lolaan%20Sumber%20Daya%20Alam%20Indonesia%20_%20JURNAL%20EKONOMI%20IDEOLOGIS.htm,kons%202010.htm), [10 Agustus 2011].
- Kastowo dan Suwarna, N (1996). *Peta Geologi lembar Majenang*, badan Geologi Direktorat Geologi Bandung.

- Lalogiroth, J.J. (2001). *Analisis Faktor-Faktor Sosial Ekonomi dan Aktivitas Petani yang Bermukim di Pinggiran Hutan Dalam Hubungan Dengan Kerusakan Hutan di Kecamatan Langowan Kabupaten Minahasa* [Online]. Tersedia: <http://digilib.itb.ac.id/gdl.php?mod=browse&op=read&id=saptunsrat-gdl-s2-2001-johnny-1954-sosial>, tesis. [18 Oktober 2011].
- Meyer W.B and Turner B.L (1998). *Change in Land Use and Land Cover (A Global Perspective)*. United Kingdom: Cambridge University Press,.
- Pratama Krida (PT) (1996) *Analisis Dampak Lingkungan Sagara Anakan. Kabupaten Cilacap*. Tidak diterbitkan.
- Rahmawaty, S (2004). *Hutan: Fungsi Dan Peranannya Bagi Masyarakat*, Fakultas Pertanian, Program Ilmu Kehutanan Universitas Sumatera Utara, 2004 Digitized by USU digital library. Tidak diterbitkan.
- Rizkam, M (2010). *Upaya Pelestarian Hutan Mangrove Berdasarkan Pendekatan Masyarakat*, Tesis, Bengkulu: Jurusan Pengelolaan Sumber Daya Alam Dan Lingkungan, Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Tidak diterbitkan.
- Saragih, B (1993). *Pemantapan Kelembagaan Sosial Ekonomi: Suatu Upaya Penanggulangan Kemiskinan di DAS Kritis*. Yogyakarta Prosiding Kongres 2 dan Seminar.
- Satyana, A (2010). *Sedimentasi Segara Anakan*, Cilacap. [Online], Tersedia: <http://www.mail-archive.com/iagi-net@iagi.or.id/msg21920.html>, [21 Juni 2011].
- Simanjuntak dan Surono (1992). Peta Geologi lembar Pangandaran Badan Geologi Direktorat Geologi Bandung.
- Sinatalla, A (1989). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: Penerbit IPB.
- Soemarwoto, O (2001). *Analisis Mengenai Dampak Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Soeriaatmadja, R.E (1997). *Ilmu Lingkungan*. Bandung: Penerbit ITB.
- Sugandi, D dkk (2008). *Pemanfaatan Citra Satelit Landsat dalam Pengelolaan Tata Ruang dan Aspek Perbatasan Delta di Laguna Segara Anakan*, Bandung: Geografi, UPI. Tidak diterbitkan.
- Suharsimi, A (1993). *Prosedur penelitian Suatu Pendekatan Praktik*, edisi ke-8, Jakarta: Rineks Cipta.
- Sukardi, Y (2010). *Permasalahan Sagara Anakan*. [Online]. <http://sidhat.blogspot.com/> [29 Juli 2011].
- Sukmadinata, N.S (2007:82). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: PT.Remaja Rosdakarya.
- Sukmawardani, I (2006). *Respon Masyarakat dalam Pelestarian Sumberdaya Hutan Mangrove di Sagara Anakan Kecamatan Kampung Laut Kab. Cilacap*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. Tidak diterbitkan.

- Sukojo, B.M (2003). *Penggunaan Metode Analisa Ekologi Dan Penginderaan Jauh Untuk Pembangunan Sistem Informasi Geografis Ekosistem Pantai*.jurnal Makara, Sains, Vol. 7, No. 1,32-37, APRIL 2003.
- Sumaatmadja, N (2005). *Manusia, dalam Konteks Sosial, Budaya dan Lingkungan Hidup*. Bandung: CV. Alfabeta.
- Supriharyono (2008). *Konservasi Ekosistem Sumberdaya Hayati*. Semarang: Pustaka Pelajar.
- Supriatna, S. dkk (1992). *Peta Geologi lembar Karang Nunggal*, Badan Geologi, Direktorat Geologi, Bandung.
- Suraji (2009). *Mengenal Potensi Kawasan Konservasi perairan(Laut) Daerah*. [Online]. Tersedia: http://surajis.multiply.com/journal/item/128/Mengenalpotensi_Kawasan_Konservasi_Perairan_Laut_Daerah_-_Volume_I. [12 nov 2010].
- Sutrisno, A (2007). *Penyuluhan Pertanian Partisipatif (Penyuluhan yang berorientasi pada petani)*. [Online]. Tersedia: <http://antonsutrisno.webs.Com/apps/blog/show/4575324-penyuluhan-pertanian-partisipatif-penyuluhan-yang-berorientasi-pada-petani-> [13 September 2011].
- Tim LPM Unpad (1998). *Sagara Anakan Terus Mendangkal*. [Online]. <http://groups.yahoo.com/group/lingkungan/message/6969>, [9 Maret 2011].
- Tisdell, C.A (1993). *Economics of Environmental Conservation, Economics for Environmental and Ecological Management*. Amsterdam-London-New York-Tokyo: Elsevier.
- Undang Undang Republik Indonesia No.32 tahun 2009 tentang Ketentuan-Ketentuan Pokok Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Unesco (2010). *Daratan, Lautan dan Masyarakat (Mencari Keseimbangan yang Lestari)*. [Online]. Tersedia: <http://www.unesco.org/csi/intro/brochb.htm>, [8 nov 2010].
- Uwityangyoyo (2009). *Usahatani Konservasi Untuk Pelestarian Sumberdaya Alam*. [Online]. Tersedia: <http://uwityangyoyo.wordpress.com/2009/05/04/usahatani-konservasi-untuk-pelestarian-sumberdaya-alam/>, [9 maret 2011].
- Widayani, P dkk (2011). *Penyusunan Basis Data Spasial Sumberdaya Air melalui Partisipasi Masyarakat*, Jurnal Gea, Vol 11.
- Yasushi, S dan Hardjosuwarno, S (1994), *Mangrove Forest of Sagara Anakan Lagoon*, NODAI Center for International Program, Tokyo University of Agriculture, JSPS=DGHE Program. Tidak diterbitkan.
- Zia, P dan Sudjono, P (2011). *Kajian Konservasi Ekosistem Akuatik Hutan Mangrove Dengan Pendekatan Model Kaitan Sistem (Studi Kasus: Desa Pamotan-Sagara Anakan)*, [Online]. Tersedia: <https://Sites.Google.Com/A/Comices.Org/Www/Tesis-Zia-Perdana&Md=Comices.Org>, [12 Jan 2011].

**TIPOLOGI, DINAMIKA, DAN POTENSI BENCANA DI PESISIR
KAWASAN KARST KABUPATEN GUNUNGGIDUL**
*Typology, Dynamics, and Potential Disaster in The Coastal Area District Karst
Gunungkidul*

Muh Aris Marfai¹, Ahmad Cahyadi², Dini Feti Angraini³

¹Jurusan Geografi Lingkungan Fakultas Geografi
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

^{2,3}Program BEASISWA UNGGULAN BPKLN KEMDIKBUD RI pada Magister
Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai (MPPDAS) Fakultas Geografi
UGM Yogyakarta
E-mail: arismarfai@yahoo.com

ABSTRACT

This study aims to determine the typology, dynamics and potential disasters in the coastal area of Gunungkidul, Yogyakarta Special Province. The results showed that the typology formed in the coastal region is structurally shaped karst Gunungkidul coast, Wave Erosion Coast, marine deposition coast, coast erosion land, coast and sub-aerial deposition of man-made coastal typology. Coastal dynamics that occur in karst Gunungkidul coastal areas affected by dominant geodynamic processes, hydrodynamic and antropodynamic. There are several potential disaster in the karst Gunungkidul coastal region, namely tsunami, rip currents, abrasion, and waves reflection.

Keywords: coastal dynamics, coastal typology, disaster coast, gunungkidul, karst area

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tipologi, dinamika dan potensi bencana yang terdapat di pesisir kawasan karst Kabupaten Gunungkidul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tipologi yang terbentuk di pesisir kawasan karst Gunungkidul adalah structurally shaped coast, wave erosion coast, marine deposition coast, land erosion coast, sub aerial deposition coast dan tipologi pesisir buatan manusia. Dinamika kepesisiran yang terjadi di pesisir kawasan karst Gunungkidul dominan dipengaruhi oleh proses-proses geodinamik, hidrodinamik dan antropodinamik. Potensi bencana yang terdapat di pesisir kawasan karst Gunungkidul terdiri atas tsunami, rip current, abrasi dan hempasan gelombang refleksi.

Kata kunci: bencana pesisir, dinamika pesisir, gunungkidul, kawasan karst, tipologi pesisir

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia yang memiliki lebih dari 17.000 pulau. Sumber daya alam Indonesia meliputi ± 193 juta hektar daratan dan ± 500 juta hektar lautan, dan di dalamnya terkandung sumber daya alam hayati lebih dari 25.000 jenis tumbuhan dan 400.000 jenis binatang dan berbagai biota perairan yang belum banyak diketahui, serta 70 tipe ekosistem yang berpotensi dalam menunjang kehidupan umat manusia pada umumnya dan rakyat Indonesia pada khususnya (Departemen Kehutanan, 1992). Sebagai negara berbentuk kepulauan, masing-masing pulau memiliki suatu keunikan sumber daya alam yang beragam, diantaranya adalah sumberdaya wilayah kepebisiran (Abubakar, 2006).

Pengelolaan wilayah pesisir diharapkan dapat memberikan manfaat dan meningkatkan tingkat kesejahteraan bagi masyarakat. Pengelolaan wilayah pesisir dapat meningkatkan fungsi ekonomis yang diikuti oleh efek ganda (*multipler effect*), yaitu berkembangnya kegiatan lain yang

berkaitan langsung ataupun tidak langsung dengan kegiatan ekonomi utama (Gunawan dkk, 2005). Oleh karena itu diperlukan suatu pengelolaan wilayah pesisir yang terpadu dan terintegrasi, yang harus didahului dengan beberapa kajian keilmuan antara lain kajian tentang tipologi, dinamika dan potensi bencana di pesisir kawasan karst Kabupaten Gunungkidul.

Wilayah kajian meliputi wilayah pesisir Kabupaten Gunungkidul yang terletak di kawasan karst. Kawasan karst di Kabupaten Gunungkidul masuk ke dalam kawasan karst Gunungsewu (Gambar 1). Kawasan karst Gunungsewu membentang dari Pantai Parangendog di Kabupaten Gunungkidul sampai dengan sebelah barat Pantai Telengria di Kabupaten Pacitan.

Berdasarkan pembagian fisografi Pulau Jawa menurut Van Bemmelen (1949) Kawasan Karst Gunungsewu masuk ke dalam Zona Pegunungan Selatan Jawa Timur bagian barat. Rangkaian pegunungan ini memiliki arah barat-timur dengan perbukitan karst yang memiliki ketinggian 25 meter sampai dengan 150 meter



Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Peta Lokasi Kajian

(Kusumayudha, 2005). Apabila ditinjau dari struktur geologinya, Pegunungan Sewu merupakan homoklin yang mempunyai kemiringan umum ke arah selatan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) Mengetahui tipologi-tipologi pesisir yang berkembang di kawasan karst Gunungkidul, (2) Mengetahui dinamika pesisir di kawasan karst Gunungkidul, dan (3) Mengetahui potensi bencana di pesisir kawasan karst Gunungkidul.

METODE PENELITIAN

Penentuan Tipologi Pesisir Kawasan Karst Gunungkidul

Klasifikasi tipologi pesisir yang digunakan dalam penelitian ini adalah klasifikasi tipologi pesisir menurut Shepard (1972) dalam Pethick (1984). Shepard dalam Pethick (1984) membagi tipologi pesisir menjadi dua klasifikasi besar, yakni pesisir primer dan pesisir sekunder. Pesisir primer (*primary coast*), yaitu pesisir yang konfigurasi terbentuk karena adanya kontrol dari proses-proses yang berasal bukan dari aktivitas marin, atau bisa dikatakan lebih dikontrol oleh proses-proses yang berasal dari darat (*terrestrial*). Sedangkan pesisir sekunder (*secondary coast*), yaitu pesisir yang konfigurasi terbentuk karena adanya kontrol dari proses-proses yang berasal dari marin, termasuk karena aktivitas organisme yang ada di laut.

Pesisir primer dibagi lagi menjadi empat tipologi, yaitu *land erosion coast*, *volcanic coast*, *structurally shaped coast* dan *sub aerial deposition coast*. *Land erosion coast* adalah pesisir yang terbentuk dan berkembang akibat pengaruh dari erosi pada lahan-lahan bawah di daratan yang diikuti oleh proses inundasi oleh laut. Dinamika yang terjadi pada pesisir ini adalah dominan karena proses erosi. Proses ini kemudian membentuk

lembah-lembah yang semakin dalam dan kemudian menjadi teluk sehingga nampak garis pantai yang tidak teratur.

Sub Aerial Deposition Coast adalah tipe pesisir yang terbentuk oleh akumulasi secara langsung material-material sedimen sungai, glasial, angin atau akibat longsor lahan ke arah laut. *Volcanic Coast* adalah tipe pesisir yang terbentuk sebagai akibat proses vulkanik, dapat berupa pesisir aliran lava, *tephra coast* yang terdiri dari material piroklastis, dan pesisir akibat letusan gunungapi. Jenis pesisir primer yang terakhir adalah *Structurally Shaped Coast*, yaitu pesisir yang terbentuk akibat proses patahan atau pelipatan atau intrusi batuan sedimen, seperti kubah garam atau lumpur laut dangkal. Pesisir semacam ini biasanya mengalami dinamika berupa abrasi pada dinding-dinding *cliff*-nya.

Pesisir sekunder dibagi menjadi tiga tipe, yaitu *marine deposition coast*, *wave erosion coast* dan *coast built by organism*. *Marine Deposition Coast* adalah Pesisir yang terbentuk oleh deposisi material sedimen marin. Termasuk dalam jenis ini adalah pesisir berpenghalang seperti *barrier beaches*, dan *barrier spits*. *Wave Erosion Coast*, adalah pesisir dengan garis pantai yang terbentuk oleh akibat aktivitas gelombang yang mungkin membentuk suatu pola garis pantai yang lurus atau tidak teratur. Tipe terakhir adalah *Coast Built by Organism*, yaitu pesisir yang terbentuk akibat aktivitas hewan atau tumbuhan, termasuk di dalamnya terumbu karang dan tumbuh-tumbuhan mangrove.

Penentuan Dinamika Pesisir Kawasan Karst Gunungkidul

Dinamika pesisir adalah perubahan ruang dan waktu daerah pesisir oleh berbagai tenaga baik endogen ataupun eksogen. Faktor penyebab dinamika menurut

Sunarto (2008) terdiri atas astrodinamik, aerodinamik, hidrodinamik, morfodinamik, geodinamik, ekodinamik dan antropodinamik. Faktor astrodinamik adalah faktor yang disebabkan oleh pengaruh kedudukan Bulan dan Matahari. Kedudukan Bulan akan berpengaruh terhadap pasang-surut air laut, sedangkan kedudukan matahari akan berpengaruh terhadap perubahan musim, gerakan angin, kondisi kelembaban, suhu dan gerakan arus laut.

Faktor kedua yang menyebabkan terjadinya dinamika pesisir adalah faktor aerodinamik. Faktor ini berupa gerakan angin yang menyebabkan terjadinya gerakan gelombang (ombak). Selain itu, faktor ini juga menyebabkan dinamika pesisir berupa proses erosi oleh angin pada pesisir yang memiliki material yang halus (deflasi).

Dinamika pesisir yang ketiga terjadi akibat dari gerakan air laut seperti gelombang, arus laut dan pasang surut. Faktor tersebut disebut sebagai hidrodinamik. Dinamika pesisir ini nantinya akan menyebabkan terjadinya tipologi pesisir *wave erosion coast* apabila yang terjadi abrasi atau *marine deposition coast* apabila terjadi pengendapan sedimen marin oleh arus susur pantai.

Dinamika pesisir yang keempat disebabkan oleh peristiwa erosi dan sedimentasi oleh aliran sungai yang berinteraksi dengan pesisir. Faktor tersebut disebut faktor morfodinamik. Dinamika ini terjadi pada tipologi *sub aerial deposition coast*, misalnya pembentukan delta, pembelokkan muara sungai, dan pembentukan bura.

Dinamika pesisir yang kelima adalah dinamika yang disebabkan oleh proses endogenetik seperti patahan, lipatan dan vulkanisme atau disebut sebagai endodinamik. Dinamika ini membentuk tipologi *structurally shaped coast* dan *volcanic*

coast. Dinamika endogenik dapat berlangsung sangat pelan dalam waktu yang sangat lama sehingga dinamika ini seringkali ditemukan berlangsung secara bersamaan dengan faktor yang lain.

Dinamika pesisir yang keenam disebabkan oleh perkembangan ekosistem, rusaknya ekosistem, hilangnya suatu ekosistem dan munculnya suatu ekosistem baru akibat adanya perubahan lingkungan atau disebut ekodinamik. Contoh faktor ekodinamik misalnya hilangnya ekosistem mangrove, berkembangnya ekosistem mangrove, berkembangnya padang lamun, berkembangnya hutan pantai dan sebagainya. Faktor ekodinamik akan membentuk tipologi *coast built by organism*.

Faktor terakhir yang menyebabkan terjadinya dinamika pesisir adalah faktor antropodinamik. Faktor ini sangat berpengaruh dan dapat berlangsung sangat cepat (Hadi, 2009). Contohnya reklamasi pesisir, pembuatan bangunan pantai dan pembangunan dermaga atau pelabuhan. Faktor antropodinamik akan menghasilkan tipologi buatan manusia.

Penentuan Potensi Bencana pesisir Kawasan Karst Gunungkidul

Bencana (*disaster*) adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda dan dampak psikologis (UU No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana). Sunarto (2008) menjelaskan bahwa bencana pesisir adalah peristiwa yang disebabkan oleh dinamika kepesisir yang mengakibatkan lingkungan pesisir dan

kerugian harta, benda, bahkan korban jiwa anggota masyarakat di wilayah pesisir.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tipologi Pesisir Kawasan Karst Gunungkidul

Tipologi pesisir yang terdapat di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul sangat dipengaruhi oleh sejarah geologi dari pembentukan kawasan karst Gunungsewu. Kawasan karst Gunungsewu merupakan bagian dari plato selatan Pulau Jawa yang mengalami pengangkatan dan memiliki kemiringan ke arah selatan (Tjia dan Samodra, 2011; Fadilestari, 2011; Nusantara, 2011). Hal ini menyebabkan tipologi yang berkembang pada kawasan ini didahului dengan pembentukan *structurally shaped coast* berupa tebing-tebing curam/*cliff* (Gambar 2).

Tipologi kedua yang dapat ditemui di wilayah kajian adalah tipologi *wave erosion*

coast (Gambar 3). Tipologi ini adalah tipologi yang paling dominan, tertama pada bagian barat dan bagian timur wilayah pesisir di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul. Bentuknya yang menjadi ciri tipologi ini adalah *stack* (runtuhan batuan di dasar *cliff*), teras marin (*marine terrace*), pelataran pantai, gerongan pantai (*marine notch*), pelengkung laut (*sea arc*) dan pulau yang terpisah.

Tipologi ketiga yang dapat ditemukan di pesisir kawasan karst Gunungkidul adalah *marine deposition coast* (Gambar 4). Pesisir ini dicirikan dengan terbentuknya gisik pantai dengan material endapan marin. Tipe ini terbentuk pada teluk-teluk yang kemudian dikenal juga dengan sebutan gisik saku (*pocket beach*). Tipologi ini banyak yang digunakan sebagai tempat wisata seperti Pantai Baron, Kukup, Sundak, Ngandong dan sebagainya.

Tipe tipologi yang lain seperti tipologi pesisir buatan manusia (Gambar 5), *sub aerial deposition coast* (Gambar 6) dan *land*



Sumber: Cahyadi, 2010

Gambar 2. Tipologi *Structurally Shaped Coast* di Sebelah Timur Pantai Ngrenehan



Sumber: Cahyadi, 2009

Gambar 3. Tipologi *Wave Erosion Coast* di Sebelah Barat Pantai Siung



Sumber: Cahyadi, 2009

Gambar 4. Tipologi *Marine Deposition Coast* di Pantai Ngandong



Sumber: Cahyadi, 2010

Gambar 5. Tipologi Pesisir Buatan Manusia pada Pelabuhan Sadeng



Sumber: Cahyadi, 2010

Gambar 6. Tipologi *Sub Aerial Deposition Coast* yang Membentuk Pulau Kecil (A) Dilihat dari Sisi Utara, (B) Menunjukkan Pulau dari Sisi Barat, (C) Menunjukkan Amblesan yang Terjadi di Sebelah Utara Pulau

erosion coast hanya ditemui di beberapa tempat saja. Tipologi buatan manusia misalnya adalah Pelabuhan Sadeng. Tipologi *sub aerial deposition coast* antara lain adalah longsor pada tebing curam di pinggir pantai. Bentuk ini dapat ditemui di sebelah barat Pantai Ngungap yang menyebabkan terbentuknya sebuah pulau kecil dengan tebing yang tegak. Tipologi *land erosion coast* nampak dari bentuk *cliff* yang memiliki morfologi berbukit. Proses yang dominan selain erosi karena air adalah proses erosi secara kimia pada batu gamping atau sering disebut sebagai pelarutan atau solusional.

Dinamika Pesisir di Kawasan Karst Gunungkidul

Berdasarkan tipologi pesisir yang ada, setidaknya dapat dilakukan pembagian tahap perkembangan atau evolusi tipologi wilayah kepebisiran di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul. Penelitian ini membagi tahapan evolusi tersebut menjadi empat tahap. Tahap pertama adalah tahap pembentukan plato selatan yang menyebabkan terangkatnya Pegunungan Sewu. Pengangkatan ini membentuk tipologi *structurally shaped coast* berupa tebing-tebing curam (*cliff*). Dinamika ini disebabkan oleh faktor geodinamik.

Tahap berikutnya adalah berkembangnya tipologi *wave erosion coast* akibat energi gelombang yang mengerjai bentuk *cliff*. Dinamika ini dipengaruhi oleh faktor hidrodinamik. Bentuk yang dihasilkan diantaranya adalah *stack* (runtuhan batuan di dasar *cliff*), gerongan pantai (*marine notch*), pelengkung laut (*sea arc*) yang berkembang dari gerongan pantai yang sudah berlubang, pelataran pantai, dan teras marin (*marine terrace*). Keberadaan sesar dan kekar pada batuan gamping yang membentuk *cliff* menyebabkan adanya perbedaan resistensi

batuan sehingga menyebabkan terbentuknya tanjung dan teluk. Pada saat yang bersamaan pada tahap ini dapat pula terbentuk *sub aerial deposition coast* apabila terjadi longsor *cliff* dan biasanya proses tersebut juga merupakan gabungan dari terbentuknya pesisir oleh proses erosi dan pelarutan.

Gelombang datang yang mengalami divergensi pada bagian teluk menyebabkan terjadinya deposisi marin pada bagian teluk membentuk gisik saku (*pocket beach*). Dinamika ini dipengaruhi oleh faktor hidrodinamik. Hal ini berarti bahwa tahap ketiga evolusi pesisir di kawasan karst adalah terbentuknya tipologi *marine deposition coast*. Proses berikutnya adalah pembentukan pesisir oleh aktivitas manusia atau antropo-dinamik. Jenis pesisir ini ditemukan di tipologi *marine deposition coast* seperti nampak di Pelabuhan Ikan Sadeng yang terletak di Desa Songbanyu, Kecamatan Girisubo.

Hakikatnya, tidak ada proses di alam ini yang berdiri sendiri. Hal ini nampak dari beberapa bentuk yang sebenarnya dihasilkan oleh beberapa proses yang bekerja secara bersamaan. Hal ini sesuai dengan prinsip dasar geomorfologi, di mana proses yang bekerja pada suatu bentuklahan biasanya bersifat multiproses. Oleh karena itu, seringkali ditemukan bentuk tipologi yang dihasilkan oleh beberapa faktor penyebab dinamika kepebisiran.

Potensi Bencana di pesisir Kawasan Karst Gunungkidul

Beberapa bencana yang ada di pesisir kawasan karst Kabupaten Gunungkidul antara lain; tsunami, *rip current*, abrasi dan hempasan gelombang refleksi. Tsunami adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan gelombang lautan yang sangat besar yang dihasilkan oleh

perubahan vertikal massa air dan juga dikaitkan oleh massa air di laut yang terjadi secara tiba-tiba (Bryant, 2008 dan Dewi dan Dulbahri, 2009). *US Army Corps of Engineers* dalam Kodoatie dan Sjarief, (2006) dan Bryant (2005) mendefinisikan tsunami sebagai gelombang laut gravitasi periode panjang yang ditimbulkan oleh gerakan patahan, gempa, longsor, jatuhnya benda-benda langit, letusan gunungapi, di bawah laut atau di dekat muka air laut.

Bencana tsunami yang terjadi di wilayah kajian sangat terkait dengan keberadaan wilayah kajian yang berhadapan langsung dengan Samudra Hindia yang terletak di sebelah selatan Pulau Jawa, di mana pada tempat tersebut terdapat zona subduksi (Lavigne dkk, 2007; Marfai dkk, 2009). Zona subduksi ini terbentuk akibat adanya penunjaman lempeng Samudra Hindia-Benua Australia di bawah Lempeng Benua Asia (Verstappen, 2000). Wilayah penunjaman ini bersifat aktif atau dan masing-masing lempeng terus bergerak sehingga memungkinkan terjadinya deformasi di dasar samudra yang kemudian dapat menyebabkan terjadinya bencana tsunami. Selain itu, wilayah kajian termasuk salah satu dari delapan celah seismik (*seismic gap*) yang berpotensi mengalami gempa dengan magnitude yang besar (Marfai dkk, 2012; Cahyadi dkk, 2012).

Abrasi yang terjadi di kawasan karst Kabupaten Gunungkidul membentuk bentuklahan residual hasil proses marin (Mutaqin dkk, 2012). Bentuk-bentuk ini antaranya adalah *stack* (runtuhan batuan di dasar *cliff*), teras marin (*marine terrace*), pelataran pantai, gerongan pantai (*marine notch*), dan pelengkung laut (*sea arc*). Keberadaan sesar dan kekar pada batuan gamping yang membentuk *cliff* menyebabkan adanya perbedaan resistensi batuan sehingga menyebabkan terbentuknya tanjung dan teluk. Energi gelombang

yang datang menuju tanjung dan teluk tidaklah sama besar. Hal ini karena pada tanjung terjadi konvergensi gelombang yang menyebabkan terjadinya konsentrasi gelombang datang, sedangkan pada teluk terjadi divergensi gelombang sehingga tidak terjadi konsentrasi gelombang datang. Oleh karena itu, maka bentuk-bentuk yang terjadi pada keduanya menjadi berbeda, di mana pada teluk terbentuk gisik saku (*pocket beach*) akibat terjadinya deposisi marin dan pada tanjung terjadi proses erosi marin (abrasi).

Pantai dengan morfologi teluk memiliki bahaya gelombang hempasan akibat refleksi gelombang. Gelombang refleksi ini tidak hanya dapat terjadi pada gelombang datang saja tetapi dapat pula terjadi pada gelombang tsunami yang sampai di teluk. Selain itu, pada morfologi teluk sering terjadi arus balik (*rip current*). Arus balik adalah aliran balik terkonsentrasi melewati jalur sempit yang mengalir kuat ke arah laut dari zona empasan melintasi gelombang pecah hingga ada di laut lepas-pantai (Sunarto, 2003). Keterdapatannya arus balik dipengaruhi oleh topografi lepas pantai yang umumnya terdapat di perairan pantai dengan tinggi gelombang pecah yang rendah dan di perairan dekat pantai yang mengalami pemencara gelombang akibat refraksi gelombang. Selain dapat terjadi di morfologi teluk, arus ini dapat terjadi pula di morfologi tanjung apabila terdapat gosong yang berbentuk bulan sabit (*crescentic bar*) yang sejajar dengan gisik pantai yang memiliki bentuk seperti bulan sabit (*crescentic beach*). Namun demikian, arus balik tidak akan terjadi apabila terdapat gosong lurus (*linear bar*) di depan pantai.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pembentukan tipologi di kawasan karst Gunungkidul dapat dibagi menjadi empat

tahapan. Pertama adalah pembentukan *structurally shaped coast* dengan proses pengangkatan. Kedua, pembentukan *Wave Erosion Coast* pada *cliff*. Pembentukan *marine deposition coast* oleh proses sedimentasi di wilayah pesisir, pembentukan *land erosion coast* dan *sub-aerial deposition coast* oleh proses aliran air dari daratan dan keempat pembentukan tipologi pesisir buatan manusia. Dinamika kepebisiran yang terjadi di pesisir kawasan karst Gunungkidul terdiri dari proses-proses geodinamik, hidrodinamik dan antropodinamik. Bencana kepebisiran yang terdapat di pesisir kawasan karst Gunungkidul terdiri atas tsunami, *rip current*, abrasi dan hampasan gelombang refleksi.

Data dan informasi tentang tipologi, dinamika dan potensi bencana dapat

digunakan sebagai masukan dalam perencanaan pengelolaan kawasan pesisir. Namun demikian, masih diperlukan kajian yang lebih detail termasuk potensi sumberdaya air dan lahan serta aspek sosial ekonomi masyarakat di pesisir kawasan karst Gunungkidul sehingga dapat dibuat suatu rencana pengelolaan dan pembangunan yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami sampaikan kepada Program Pengembangan Doktor (P2D) Beasiswa Unggulan Biro Perencanaan dan Kerjasama Luar Negeri (BPCLN) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (KEMDIKBUD) Republik Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, M. 2006. *Menata Pulau-Pulau Kecil Perbatasan: Belajar dari Kasus Sipadan, Ligitan dan Sebatik*. Jakarta: Kompas.
- Anonim. *UU No. 24 Tahun 2007* tentang Penanggulangan Bencana.
- Bryant, E. 2008. *Tsunami: The Underrated Hazard (Second Edition)*. Chichester: Praxis Publishing.
- Bryant, E. 2005. *Natural Hazard (Second Edition)*. New York: Cambridge University Press.
- Cahyadi, A.; Afianita, I.; Priliani, G. Dan Fauziyah, S. 2012. Evaluasi Tata Ruang Pesisir Sadeng Kabupaten Gunungkidul: Perspektif Pengurangan Risiko Bencana. *Makalah dalam Seminar Nasional Sustainable Culture, Architecture and Nature*, 15 Mei 2012. Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
- Dewi, R.S. dan Dulbahri. 2009. Bencana Tsunami Parangtritis. Dalam Sunarto; Marfai, Muh Aris; dan Mardiatno, Djati. (eds), *Penaksiran Multirisiko Bencana di Wilayah Kepesisiran Parangtritis*. Yogyakarta: Pusat Studi Bencana (PSBA) Universitas Gadjah Mada, 65-88.
- Departemen Kehutanan, 1992. *Koservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya*. Biro Hubungan Masyarakat Sekretariat Jenderal Departemen Kehutanan. Jakarta.

- Fadilestari, I.; Novian, M.I. dan Husein, S. 2011. Diagenetic Changes on Secondary Porosity in Reservoir Potential of Wonosari Limestones, Panggang, Gunungkidul Yogyakarta. *Makalah dalam Asian Trans-Disciplinary Karst Conference, 7-10 Januari 2011*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Gunawan, T.; Santosa, L.W.; Muta'ali, L.; dan Santosa, S.H.M.B. 2005. *Pedoman Survei Cepat Terintegrasi Wilayah Kepesisiran*. Yogyakarta: Badan Penerbit dan Percetakan Fakultas Geografi (BPPG).
- Hadi, S.P. 2009. *Manusia dan Lingkungan*. Semarang: Badan Penerbit Universitas Diponegoro.
- Kodoatie, R.J. dan Sjarief, R. 2006. *Pengelolaan Bencana Terpadu*. Jakarta: Yarsif Watampone.
- Kusumayudha, S.B. 2005. *Hidrogeologi Karst dan Geometri Fraktal di Daerah Gunungsewu*. Yogyakarta: Adi Cita.
- Lavigne, F.; Gomez, C.; Gifo, M.; Wassmer, P.; Hoebreck, C.; Mardiatno, D.; Priyono, J.; dan Paris, R. 2007. Field observations of the 17 July 2006 Tsunami in Java. *Natural Hazards and Earth System Sciences, Vol. 7(1)*. Hal:177–183.
- Marfai, M.A.; King, L.; Singh, L.P.; Mardiatno, D.; Sartohadi, J.; Hadmoko, D.S.; dan Dewi, A. 2008. Natural hazards in Central Java Province, Indonesia: an overview. *Environmental Geology, Vol. 56*. Hal: 335–351.
- Marfai, M.A.; Cahyadi, A; Sekaranom, A. dan Nucifera, F. 2012. Pemetaan Risiko Bencana Tsunami Menggunakan Sistem Informasi Geografis di Pesisir Sadeng Kabupaten Gunungkidul. *Laporan Penelitian*. Magister Perencanaan Pengelolaan Pesisir dan Daerah Aliran Sungai, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mutaqin, B.W.; Cahyadi, A. dan Dipayana, G.A. 2012. Indeks Kerentanan Kepesisiran Terhadap Kenaikan Muka Air laut pada Beberapa Tipologi Kepesisiran di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, 21 Januari 2012. *Makalah dalam Seminar Nasional Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis 2012*, Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Nusantara, V.D.M.; Novian, M.I. dan Husein, S. 2011. Facies and Depositional Environment of Wonosari Formation, Eastern Part of The Southern Mountain, Pacitan, As A Response to Sea Level Change. *Makalah dalam Asian Trans-Disciplinary Karst Conference, 7-10 Januari 2011*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Pethick, J. 1984. *An Introduction to Coastal Geomorphology*. London: Edward Arnold Ltd.
- Sunarto. 2003. Geomorfologi Pantai: Dinamika Pantai. *Makalah dalam Kegiatan Susur Pantai Karst Gunungkidul pada Raimuna 2003*. Yogyakarta: Laboratorium Geomorfologi Terapan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Sunarto. 2008. Hakikat Bencana Kepesisiran dalam Perspektif Geomorfologi dan Upaya Pengurangan Risikonya. *Jurnal kebencanaan Indonesia, Vol.1 (4)*. Hal: 211-228.

Tjian, H.D. dan Samodra, H. 2011. Active Crustal Deformation at The Coast of Gunungsewu, Jawa. *Makalah dalam Asian Trans-Disciplinary Karst Conference, 7-10 Januari 2011*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Verstappen, H.Th. 2000. *Outline of The Geomorphology of Indonesia*. Enschede: ITC.

STUDI TENTANG KARAKTERISTIK FISIK DAN HIDROLOGI PADA 15 DAS DI JAWA TIMUR

Study on The Physical Characteristics and Hydrology of 15 Watershed in East Java

Indarto

Laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (lab TPKL)

Program Studi Teknik Pertanian - UNEJ

E-mail: indarto@ftp.unej.ac.id

ABSTRACT

The study demonstrated the application of statistical method to describe physical and hydro-meteorological characteristics by means of time series analysis. Fifteen (15) watersheds in East Java were selected for this study. Data input for the analysis include: physical data, rainfall and discharge. Physical data of the watershed (topography, river network, land use, and soil type) are extracted from existing database and treated using GIS Software. Daily rainfall data were collected from existing pluviometers around the region. Daily discharge data were obtained from measurement station located at the outlet of each watershed. Areal Rainfall for each watershed was determined using average value of existing pluviometers around the watershed and determined using simple arithmetic method. These time series data are then imported to RAP (River Analysis Package). Analysis on the RAP, include: general statistical, flow duration curve (FDC), and baseflow analysis. The result then presented in graphic and tables. Research shows that among the watersheds have different physical and hydrological characteristics.

Keywords: *physical characteristics, hydrological characteristics, watershed, statistical analysis*

ABSTRAK

Makalah ini mendeskripsikan karakteristik fisik dan hidro-meteorologi pada limabelas (15) DAS di wilayah Tapalkuda di Jawa Timur. Karakteristik fisik DAS yang dianalisa mencakup: Luas DAS, topografi, jaringan sungai, peruntukan lahan, dan jenis tanah. Karakteristik fisik diturunkan dari: peta topografi melalui Digital Elevation Model (DEM), peta peruntukan lahan, peta kelas tanah, dan peta digital RBI. Karakteristik hidrologi diperoleh dari hasil analisis terhadap data hujan dan data debit harian pada masing-masing DAS. Hujan harian DAS dihitung dengan rerata aritmatik dari beberapa stasiun hujan di wilayah DAS tersebut. Data debit harian diambil dari stasiun pengukuran debit (AWLR) yang terpasang pada outlet DAS. Selanjutnya, data-data tersebut diolah dengan ke excel dan perangkat lunak River Analysis Package (RAP). Analisis di dalam RAP mencakup: statistik umum; kurva durasi aliran; dan aliran dasar. Hasil analisis selanjutnya ditampilkan dalam tabel dan grafik. Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan karakteristik fisik dan hidro-meteorologi pada ke limabelas (15) DAS tersebut. Hasil penelitian berguna sebagai dasar klasifikasi atau studi lanjut tentang regionalisasi DAS-DAS di Jawa Timur.

Kata kunci: karakteristik fisik, hidrologi, DAS, analisis statistik

PENDAHULUAN

Hidrologi sebagai cabang ilmu yang basisnya adalah pengukuran Fenomena Alam, dihadapkan pada tantangan bagaimana memodelkan atau memprediksi proses hidrologi pada wilayah (atau DAS) yang tidak terukur. Fenomena Alam dalam hal ini adalah Siklus Hidrologi, yang pada hakekatnya adalah suatu proses yang sangat kompleks. Sementara, pengukuran fenomena tersebut umumnya dilakukan secara parsial atau hanya mengukur beberapa variabel hidrologi saja (misalnya: hujan, aliran, evaporasi, infiltrasi, dll). Pengukuran umumnya dilakukan pada titik-titik tertentu (tidak mencakup keseluruhan wilayah di dalam DAS), dengan asumsi bahwa pengukuran fenomena yang dilakukan pada suatu titik dapat mewakili fenomena alam untuk keseluruhan wilayah yang dimaksud.

Demikian juga di Indonesia, pada umumnya, data dan pengukuran fenomena alam terkait dengan siklus hidrologi juga sangat terbatas. Hal ini dilakukan karena keterbatasan sumberdaya dan teknologi yang ada, sehingga tidak semua fenomena alam dapat diukur secara menyeluruh. Selanjutnya digunakan berbagai jenis model untuk menirukan berbagai fenomena alam terkait dengan siklus hidrologi, dengan asumsi bahwa model yang disusun dapat mewakili proses utama dari siklus yang kompleks tersebut. Dari model inilah selanjutnya ilmuwan dan praktisi berusaha memahami bagaimana fenomena alam tersebut saling berinteraksi dan berproses.

Prediction for Ungauged Bassin (PUB) telah dicanangkan sebagai tema Riset Global bidang hidrologi dan sumberdaya air untuk periode 2003 sd 2012 (Sivapalan et al., 2005). Intisari dari PUB pada hakekatnya adalah bagaimana kita dapat menggunakan data atau informasi atau hasil kalibrasi

model yang telah dilakukan pada DAS-DAS yang terukur, untuk selanjutnya digunakan sebagai dasar prediksi atau perhitungan proses hidrologi bagi DAS yang tidak/ belum terukur (*Ungauged Bassin*).

Pemahaman terhadap fenomena hidrologi yang terjadi di dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) sangat diperlukan sebagai dasar pengelolaan DAS. Analisa keruangan (*spatial analysis*) dan analisa rentang waktu (*time series analysis*) dapat digunakan untuk mendeskripsikan variabilitas fenomena hidrologi yang bervariasi terhadap ruang dan waktu. Termasuk data rentang waktu adalah data hujan dan data debit harian. Gordon et al., (1992) memberikan pengantar aplikasi analisa rentang waktu dalam konteks manajemen Daerah Aliran Sungai (DAS).

Kedua jenis analisa tersebut pada hakekatnya merupakan penerapan metode statistik terhadap data yang bervariasi sebagai fungsi ruang (*spatial variability*) dan data yang bervariasi sepanjang waktu (*time variability*). Berbagai metode statistik telah dikembangkan dan digunakan sebagai tool (alat analisa) dalam pengelolaan sumberdaya air pada level DAS.

Makalah ini bertujuan untuk memaparkan hasil analisis dan perbandingan karakteristik fisik dan hidrologi pada 15 (lima belas) DAS di wilayah Jawa Timur. Persamaan, perbedaan, keteraturan dan ketidakteraturan di antara DAS-DAS dapat dijadikan sebagai landasan bagi upaya kalsifikasi dan regionalisasi DAS.

METODOE PENELITIAN

Lokasi Studi

Penelitian dilakukan dengan mengambil sampel lima belas (15) DAS di wilayah Jawa Timur (Gambar 1). Ke limabelas (15) DAS tersebut dipilih karena memiliki

rekaman data debit harian yang relatif seragam, yaitu dari: 01 Januari 1996 sd 31 Desember 2005.

Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini, meliputi: (1) Personal Komputer, (2) Software Microsoft Excel dan River Analysis Package (RAP), yang digunakan untuk mengolah data-data, (3) Software ArcGIS 10/MapWindow/MapInfo, yang digunakan untuk membuat layout peta lokasi DAS sampel yang diamati. Data-data masukan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi: (1) Data Fisik DAS, untuk menghitung ciri spesifik dari masing-masing DAS sampel, (2) Data Debit untuk memperkirakan besarnya debit banjir pada

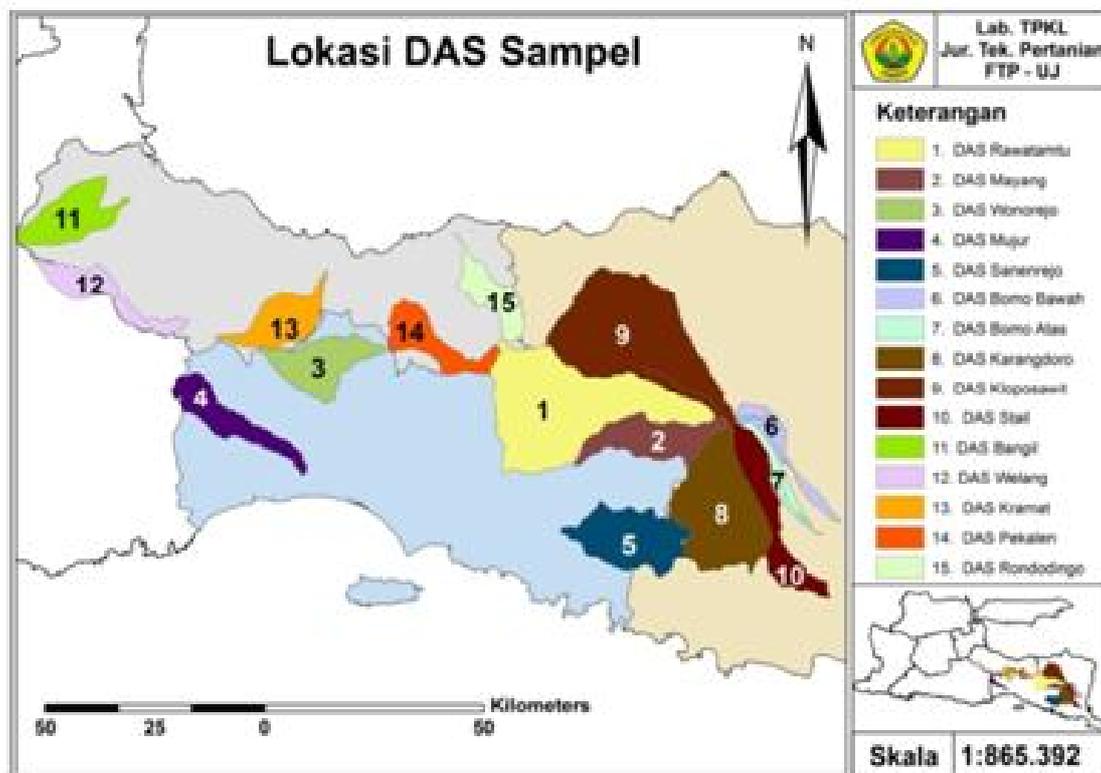
masing-masing DAS, dan (3) Data Hujan untuk menghitung curah hujan pada kawasan sekitar DAS Sampel.

Inventarisasi Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup: (1) data debit harian, (2) data hujan harian, dan (3) Data Geografis.

Data Geografis

Data geografis terdiri dari peta-peta tematik digital, mencakup: Digital Elevation Model (DEM) peta peruntukan lahan, peta tanah (jenis, kedalaman, dan tekstur), hidrogeologi, batas administratif pemerintahan, batas administratif pengelolaan sumberdaya air,



Sumber: hasil analisis

Gambar 1. Lokasi ke 15 DAS Sampel

lokasi stasiun hujan dan lokasi alat pengukur debit. Peta tematik tersebut diperoleh dari database GIS yang tersedia di laboratorium Teknik Pengendalian dan Konservasi Lingkungan (lab. TPKL), Program Studi Teknik Pertanian, FTP- Universitas Jember. Data Digital Elevation Model (DEM) diperoleh dari Peta DEM se Jawa Timur (dengan resolusi 100 x 100m) (Indarto dan Faisol, 2010). Semua layer selanjutnya dipotong (*clip*) sebatas wilayah DAS. Pengolahan data menggunakan OSS-GIS Mapwindow, ArcGIS-10, MapInfo dan Microsoft EXCEL. Batas DAS diturunkan secara otomatis dari DEM.

Data debit

Data Debit Harian (DH) diperoleh dari rekaman AWLR yang terpasang pada Outlet masing-masing DAS. Studi ini menggunakan rekaman data debit harian dari: 1 Januari 1996 sampai 31 Desember 2005.

Data Hujan

Data hujan harian yang digunakan adalah Hujan Harian (HH) untuk masing-masing DAS. HH diperoleh dari rerata aritmatik data hujan harian yang diperoleh dari beberapa stasiun di sekitar DAS. Rekaman data HH yang digunakan adalah : 1 Januari 1997 sampai dengan 31 Desember 2005. Data-data tersebut diperoleh dari DINAS PU Pengairan Provinsi Jawa Timur.

Analisa

Analisa Karakteristik fisik DAS

Karakteristik fisik DAS yang mencakup: bentuk dan luas DAS, topografi, jaringan sungai dan morphometrik, peruntukan lahan, jenis tanah, dan hidro-geologi

dihitung dengan EXCEL dan software GIS. Selanjutnya, Tabel(1) pada Lampiran, meringkaskan nilai karakteristik untuk ke 15 DAS tersebut.

Nomor DAS (No-DAS) ditentukan secara acak dan hanya untuk keperluan penelitian ini, Nomor DAS sebagaimana tercantum di dalam peta (Gambar 1). Outlet DAS atau sub-DAS ditentukan berdasarkan posisi AWLR atau lokasi pengukuran Debit. Nama DAS/Sub-DAS ditentukan berdasarkan nama lokasi atau nama sungai dimana terdapat alat pengukur debit.

Batas DAS ditentukan menggunakan peta digital, selanjutnya ditentukan luas DAS dari peta yang terbentuk. Panjang sungai utama (L_b) diukur langsung dari peta DEM untuk masing-masing DAS. Pengukuran dimulai dari titik outlet terus ke arah hulu, hingga berakhirnya sungai utama (pada titik pertemuan sungai utama dengan anak sungai yang terakhir).

Range nilai ketinggian diperoleh dari peta Digital Elevation Model (DEM).

Bentuk-DAS secara kuantitatif diperkirakan dengan menggunakan nilai nisbah memanjang (Elongation Ratio) atau R_e dan Nisbah Kebulatan (Circularity Ratio) atau R_c . Nilai nisbah memanjang (R_e) dihitung dengan rumus Schumn (1956), sebagai berikut:

$$R_e = 1,129 \left[\frac{\sqrt{A^2}}{L_b} \right] \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

R_e : faktor bentuk (*elongation ratio*), A: luas DAS (km^2), L_b : panjang sungai utama (km),

Nilai nisbah kebulatan (*circularity ratio*) dihitung dengan rumus Miller (1953), sebagai berikut:

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

R_c : faktor bentuk (*circularity ratio*), A: luas DAS (km²), P: keliling DAS (km)

Kerapatan Jaringan Sungai (*Drainage density*) ditentukan berdasarkan rumus:

$$D_d = \frac{Lb}{A} \text{-----} \quad (3)$$

Karakteristik peruntukan lahan, jenis dan kedalaman tanah, hidrologiologi ditentukan dengan menghitung prosentase luas terhadap luas total masing-masing DAS.

Analisa Karakteristik hidrologi

Data Hujan Harian (HH) dan Debit harian (DH) selanjutnya diurutkan sebagai data rentang-waktu. Periode rekaman yang digunakan adalah dari: 1 Januari 1996 s/d 31 Desember 2005. Data dalam format Excel tersebut selanjutnya diformat dalam file (*.csv). File(*.csv) ini selanjutnya diimpor ke dalam RAP (*River Analysis Package*). Analisa dilakukan dalam perangkat lunak RAP (Herman, 2005ab). RAP merupakan seperangkat tool (*software*) yang dapat digunakan untuk menganalisa data rentang waktu (*time series*). RAP memfasilitasi dengan teknik analisa-rentang-waktu untuk data debit yang mencakup tujuh aspek, yaitu: (a) Statistik umum (*General Statistics*), (b) Kurva durasi banjir (*Flow Duration Curve / FDC*), (c) Analisa debit musiman (*High/Low flow spell analysis*), (d) Analisa kenaikan dan penurunan hidrograf (*Rates of rise and fall*), (e) Analisa baseflow (*Baseflow separation*), (f) Indeks Colwells (*Colwells Indice*)

Statistik Umum: Nilai statistik umum mencakup tiga kategori evaluasi: ringkasan, distribusi, dan nilai lain. Nilai statistik dapat dihitung untuk seluruh periode, untuk tahun tertentu, tiap tahun, tiap bulan dan tiap musim.

Nilai Ringkasan Statistik mencakup: minimum (Min), maksimum (Max), percentile (P10, ... P90), rerata (Mean), median (MED). Berikut penjelasan masing-masing konsep tersebut: (a) Debit minimum (Min) menyatakan nilai debit terkecil selama periode pelaporan data, (b) Debit maksimum (Max) menyatakan nilai maksimum debit masukan, selama periode pelaporan tertentu, (c) Percentile 10% (P10), menyatakan nilai debit (flow) dengan frekuensi kejadian lebih dari 10% selama periode pelaporan. Nilai Q10 menunjukkan 10% teratas dari debit yang ada dalam rentang waktu yang sedang dianalisis, (d) Percentile 90% (P90), menyatakan debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 90%. Nilai P90 menunjukkan proporsi 10% terendah dari data debit yang terekam selama periode pelaporan, (e) Mean Daily Flow (MDF) atau debit rerata merupakan ukuran pusat kecendrungan. $MDF = (\text{Jumlah total debit}) / (\text{jumlah hari})$ dihitung sebagai nilai rerata dari semua data rekaman yang diperhitungkan dalam analisis, (f) Median Daily Flow (Med) atau Median merupakan ukuran nilai tengah dari suatu seri data. Median flow adalah nilai tengah dari seluruh rekaman data debit. Median adalah debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 50%. Nilai median umumnya lebih rendah dari nilai MDF, karena distribusi data debit umumnya mempunyai nilai skewness negatif dengan batas bawah 0, dan batas atas tak terhingga.

Nilai Distribusi Statistik mencakup: *Coefficient of variation (CV)*, *Standard deviation (STD)*, *Skewness (Skw)*, *Variability (Var)*, *range of daily flow*, *Standard deviation of the log of daily flows (S_Lg)*, dan *lane Variability index (Lane)*. Berikut penjelasan masing-masing konsep tersebut: (a) Coefficient of variation (CV) didefinisikan sebagai Nilai Standard Deviasi (STD) / Nilai rerata

(MDF), (b) Standard Deviasi (STD) mengukur seberapa lebar (atau seberapa beda) data terdispersi dari nilai reratanya. Satuan STd sama dengan satuan input data nya.

$$\sqrt{\frac{n \sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana:

n = jumlah data

x = nilai data,

(c) *Skewness* mengukur seberapa beda antara Mean dan Median data debit. *Skew* = mean/median flow. Pada DAS yang kurang luas misalnya, nilai *baseflow* umumnya sangat kecil dan perubahan debit yang signifikan umumnya teramati selama periode hujan lebat (Banjir). Sebagian besar debit terjadi karena kontribusi dari periode banjir, sementara sebagian besar hari diisi oleh debit-debit kecil. Dalam kasus ini, median flow (Med) menjadi kecil, dan besarnya nilai debit rerata lebih disebabkan karena pengaruh dari debit banjir pada periode hujan lebat tersebut. Akibatnya, nilai *Skewness* (*skw*) untuk DAS tersebut umumnya lebih besar dari DAS yang lebih luas. Demikian juga, nilai *skw* untuk aliran sungai yang masih alami (*unregulated stream*) akan cenderung lebih besar bila dibanding "regulated stream" tergantung pada metode pelepasan debit yang digunakan, (d) *Skewness* dapat digunakan untuk membedakan DAS-DAS yang mempunyai respon cepat dan lambat terhadap hujan. Suatu DAS dengan respon cepat, maka waktu antara terjadinya hujan dan terbentuknya debit di sungai relatif cepat (banjir terjadi dengan cepat). Misalnya, DAS yang berukuran kecil (relatif tidak luas atau luasnya sekitar 200km²), maka normalnya debit aliran dasar (*base-flow*) nya juga sangat kecil, dan terjadi perubahan drastis besarnya debit ketika kejadian

banjir. Debit banjir yang hanya beberapa kejadian akan menyumbang besar terhadap nilai rerata debit di DAS tersebut (karena debit hariannya sangat kecil). Akibatnya, nilai rerata cenderung naik (karena pengaruh beberapa kejadian banjir yang besar), dan nilai median relatif rendah (karena debit harian umumnya kecil). Konsekuensinya, nilai *skewness* untuk DAS kecil tersebut cenderung lebih besar daripada DAS yang ukurannya lebih luas, (e) Variabilitas (VAR) di dalam TSA didasarkan pada penggunaan median flow sebagai pusat kecenderungan (*central tendency*). Variabilitas dihitung sebagai range dibagi dengan nilai median. Range didefinisikan oleh pengguna sebagai range percentile data debit. Nilai default dari Range adalah perbedaan antara P10 dan P90, (f) Range debit harian dihitung berdasarkan range nilai percentile. Range digunakan untuk menghitung variabilitas debit harian. Nilai *default* untuk range adalah P10-P90, yang menyatakan nilai, (g) Debit lebih dengan frekuensi lebih dari 10% dikurangi dengan nilai debit dengan frekuensi kejadian lebih dari 90%. Range biasanya digunakan bersamaan dengan median debit harian untuk mendeskripsikan variabilitas debit harian menggunakan median sebagai pusat kecenderungan. RAP menyediakan berbagai nilai range yakni Q10-Q90 ; Q15-Q85; Q20-Q80; dan Q30-Q70, (h) *S_log* digunakan untuk memperkirakan nilai standard deviasi logaritmik (base10) dari data hujan harian. Data debit/ aliran umumnya ditransformasi ke logaritmik untuk mengurangi skewness, *S_log* mengukur distribusi data yang telah ditransformasikan (Gordon et al., 1992 pp376).

$$S_{log} = \frac{\log Q_{95} - \log Q_{05}}{3.29} \dots\dots\dots (5)$$

Dimana :

Q = discharge

(a) Indeks variabilitas lane (*Lanes variability index* = Lane) menggambarkan nilai standar deviasi dari nilai logaritma Q5, Q15, Q25, ..., Q85 dan Q95 values. Lane tidak pas digunakan jika data debit NOL = 0 lebih dari 5 %. (atau Q95 = 0) atau suatu seri data yang didominasi oleh nilai NOL (Gordon et al., 1992), (j) Zero value, TSA juga menghitung jumlah hari dimana debit = NOL. Data kosong tidak termasuk dalam hitungan jumlah hari dengan debit NOL, kecuali data kosong tersebut diisi dengan NOL.

Flow Duration Curve (FDC):

Kurva durasi aliran (*Flow Duration Curves/ FDC*) merupakan metode sederhana untuk menyatakan frekuensi kejadian debit dari suatu seri data rentang-waktu. Analisa FDC dapat juga diterapkan untuk data rentang waktu yang lain (selain debit). FDC dibuat dengan merangking semua data yang ada di dalam rentang waktu tersebut dan memplotkannya dengan nilai prosentase kemunculannya dari 0% sampai 100%.

Marsh (2004) and Herman (2005ab) menjelaskan metode FDC sebagai berikut: "*FDC is a simple way of representing the range and spread of data in a time series. It is created by taking all the data in a time period and ranking them from largest to smallest. The ranked data is plotted against a percentage value from 0% to 100%. The percentage is the proportion of the time that that flow is exceeded. FDC is usually shaped like a backward S with low probability of high flows, a central reasonably linear section of the curve and a flattening off with high probability of low flow. The central section of the plot is usually linear, and the slope (as well as linearity) of this section tells us something about the flow regime*". Finally, the results are com-

pared for two watersheds by means of tables and figures of FDC curves. Uraian lebih detail tentang ke tujuh teknik analisa yang tersedia di dalam RAP dapat ditemukan di dalam tulisan (Marsh, 2004; dan Herman, 2005ab).

Aliran Dasar (Base Flow)

Aliran dasar (*Base flow*) menyatakan aliran air yang masih ada di sungai pada saat tidak ada hujan dan bukan berasal dari aliran permukaan. Hidrograf biasanya memiliki periode debit kecil (*low flow*) yang panjang. Hal ini banyak terjadi pada sungai di mana komponen utama debit berasal dari kontribusi air tanah, yang diselingi oleh debit besar karena kejadian hujan yang ekstrim. Tujuan dari analisa *base flow* adalah memisahkan komponen hidrograf menjadi: aliran dasar (*base flow*) dan aliran permukaan yang berasal dari kejadian hujan ekstrim (*flood flow*).

Di dalam RAP, pemisahan aliran dasar (*Baseflow*) dari komponen Direct RunOff (DRO) menggunakan metode "*Lyne-Hollick-filter*". Metode ini menghitung komponen aliran dasar menggunakan filter digital sebagaimana dijelaskan oleh Grayson (Grayson et al., 1996). Persamaan *Lyne-Hollick*, dijelaskan sebagai berikut:

$$Q_{(i)} = \acute{a}q_{(i-1)} + (q_{(i)} - q_{(i-1)}) \frac{1+\acute{\alpha}}{2} \text{-----} (6)$$

Keterangan:

- $q_{(i)}$ = nilai debit sungai pada hari ke (i)
- $q_{b(i)}$ = nilai *baseflow* pada hari ke (i)
- $q_{b(i-1)}$ = nilai *baseflow* pada hari sebelumnya (i - 1)
- $q_{r(i)}$ = nilai DRO pada hari ke (i)
- $q_{r(i-1)}$ = nilai DRO pada hari sebelumnya (i - 1)
- \acute{a} = parameter *filter* yang digunakan

Selanjutnya nilai *Base Flow Index* (BFI), dihitung sebagai berikut:

$$\text{BFI} = \text{Rerata baseflow} / \text{rerata debit} \text{ ---- (7)}$$

Tujuan digital filter adalah membuat transisi yang halus (*smooth transition*) antara periode baseflow sebelum kejadian banjir dan *baseflow* pada saat banjir. Pada saat banjir komponen *baseflow* juga relatif naik dan proporsinya lebih besar dari pada saat tidak ada hujan. Idealnya tidak ada cara yang benar-benar akurat untuk menentukan besar aliran dasar selama periode banjir, tetapi metode "*Lyne and Holick*" dapat diterima dengan beberapa asumsi dan pendekatan (Grayson et al., 1996). Metode ini hanya menggunakan satu parameter (yaitu: nilai alpha). Grayson et al, (1996) merekomendasikan nilai alpha = 0,975.

Analisa data hujan

Data rentang waktu untuk Hujan Bulanan (HB) dan Hujan Tahunan diperoleh dari kumulatif HH. Data Hujan Bulanan dan Hujan Tahunan diolah dengan fasilitas Time-series-manager (TSM) yang ada di dalam RAP. Data ini ditentukan dari data rentang waktu harian. Analisa statistik umum yang mencakup nilai: rerata, maksimal, minimal, median, *skewness*, standard deviasi, koefisien variasi, dan *percentile* dilakukan terhadap data rentang waktu tersebut. Selanjutnya hasil analisa ditampilkan dalam tabel (3), tabel (4), dan tabel (5). Frekuensi kejadian hujan yang melebihi nilai tertentu divisualisasikan dalam bentuk grafik dan dibandingkan antar ke 15 DAS.

Anallisa data debit

Analisa data debit menggunakan fasilitas yang ada pada perangkat lunak RAP.

Analisa di dalam RAP meliputi: (1) *nilai statistik umum: rerata, maksimal, minimal, median, skewness, standard deviasi, koefisien variasi, variability, lane variability index, dan percentile*, (2) *Flow duration Curve (FDC)* dan (3) *baseflow analysis*. Hasil analisa untuk ke lima belas (15) DAS selanjutnya dibandingkan dalam bentuk tabel dan grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Fisik

Tabel (1) meringkaskan karakteristik fisik ke 15 DAS: (a) topografi dan jaringan sungai, yang meliputi: Luas DAS, Panjang sungai utama, Keliling DAS, Slope factor, Nisbah memanjang, Nisbah kebulatan, dan *Drainage Density*, (b) Prosentase luas untuk Jenis tanah, (c) Kedalaman tanah, dan (d) Peruntukan lahan.

Nama-nama ke lima belas (15) DAS sampel tersebut adalah: (1) Rawatamtu, (2) Mayang, (3) Wonorejo, (4) Mujur, (5) Sanenrejo, (6) BomoBawah, (7) BomoAtas, (8) Karangdoro, (9) Kloposawit, (10) Stail, (11) Kadalpang-Bangil, (12) Welang, (13) Kramat, (14) Pekalen, dan (15) Rondodingo (Gambar 1).

Luas DAS. DAS dengan luas terbesar adalah DAS Rawatamtu (DAS-1) sebesar = 783 km², yang paling sempit adalah DAS BomoAtas = 37 km². Mayoritas DAS sampel memiliki luas diantara 100 sd 400 km².

Bentuk DAS bervariasi antara satu DAS dengan lainnya dan secara kasar dapat diklasifikasikan ke dalam bentuk: (1) Oval/Elips, (2) Triangle Melebar, (3) Memanjang. Bentuk trianggel melebar misalnya dijumpai pada DAS: Rawatamtu (DAS-1), Kloposawit (DAS-9), dan Wonorejo (DAS-3). Bentuk memanjang dijumpai pada sebagian besar DAS sampel, yaitu: Mayang (DAS-2), Mujur (DAS-4),

BomoBawah (DAS-6), BomoAtas (DAS-7), Stail (DAS-10), Kadalpang-Bangil (DAS-11), Welang (DAS-12), Kramat (DAS-13), pekalen (DAS-14), dan Rondodingo (DAS-15). Bentuk oval dijumpai pada DAS: Sanenrejo (DAS-5) dan Karangdoro (DAS-8).

Nisbah memanjang (*Elongation ratio = Re*) tertinggi pada Sanenrejo (DAS-5) = 1,2 dan terendah pada DAS BomoAtas (DAS-7) = 0,2. DAS yang lain memiliki nilai *Re* relatif seragam antara 0,3 sd 0,8. Nisbah kebulatan (*Rc*) juga relatif seragam nilainya antara 0,2 sd 0,7. Nilai *Rc* paling berbeda pada DAS-12 = 1,1.

Panjang sungai utama (*L*) berkisar antara 16 sd 56,4 km. Keliling DAS (*P*) berkisar antara 58 sd 152 km. Nilai *Slope-Factor* (*SF*) tertinggi pada DAS-5 (Sanenrejo) = 1,1 dan nilai *SF* terendah pada DAS-10 (Kloposawit) = 0,03. DAS yang lain memiliki nilai *SF* relatif seragam berkisar antara (0,1) sd (0,6).

Lapisan tanah yang ada pada DAS- DAS tersebut mayoritas terdiri dari tanah berjenis: *Andosol*, *Grumosol*, dan *Mediteran*. Hanya beberapa DAS yang memiliki tanah berjenis: Aluvial dan Regosol. Jenis peruntukan lahan utama, terdiri dari: hutan, kebun, ladang, pemukiman, dan sawah irigasi.

Meskipun ada beberapa karakteristik fisik yang relatif dapat diklasifikasikan, tetapi Tabel 1 (Lampiran) dan uraian di atas menunjukkan adanya variabilitas karakteristik fisik yang sangat beragam pada ke lima belas DAS sampel yang dianalisis.

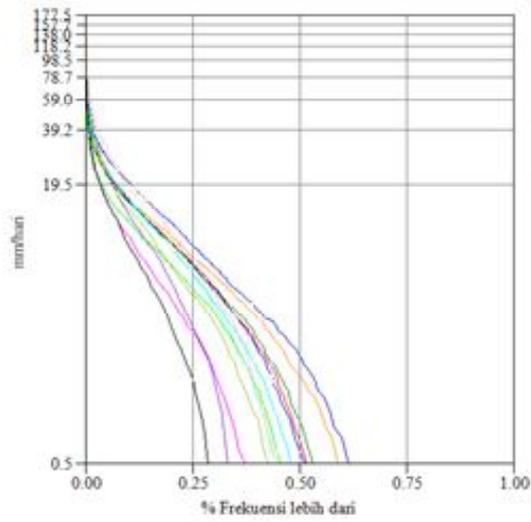
Karakteristik Hujan

Ringkasan nilai statistik untuk Hujan Harian (HH) pada ke lima belas DAS, diberikan dalam Tabel 2a (Lampiran). Selanjutnya Tabel 2b (Lampiran) memuat

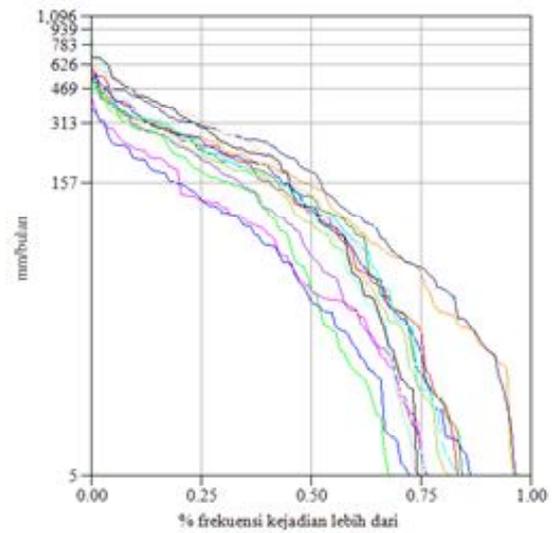
ringkasan nilai statistik untuk Hujan Bulanan (HB) dan Tabel 2c (Lampiran) meringkaskan nilai statistik untuk Hujan Tahunan (HTn).

Hujan Harian maksimal atau hujan 24-jam maksimal (Tabel 2a) sangat bervariasi antara satu DAS dengan DAS lainnya dan terekam antara: 72 s/d 177 mm/hari selama periode analisis. Sementara, Hujan Harian rerata (M-HH) yang jatuh pada ke lima belas (15) DAS berkisar antara: 3 sd 9 mm/hari dan relatif seragam untuk semua DAS. Besarnya HH yang jatuh sangat bervariasi dari satu hari ke hari lainnya. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *Coefficient of variance* (*CV*) dan Standard Deviasi (*STD*) yang relatif besar, bila dibandingkan terhadap nilai rerata. Grafik pada Gambar (2.a) mengilustrasikan frekuensi kejadian HH yang lebih besar dari batas tertentu. Gambar (2.b) grafik yang sama untuk hujan Bulanan. Hujan tertinggi terjadi pada DAS Kramat, sedangkan frekuensi kejadian hujan terendah pada DAS Bomo Bawah.

Nilai Maksimum Hujan Bulanan terekam sebesar: 1096 mm/bulan (Tabel 2b) dan terjadi pada DAS Kramat (DAS-14). Sedangkan, Hujan Bulanan rerata (M_Hbl) yang jatuh pada masing-masing DAS pada kondisi normal berkisar antara: 80 sd 180mm/bulan. Lebih lanjut, analisis sederhana dengan menggunakan grafik frekuensi kejadian hujan bulanan dapat menunjukkan perbedaan dan persamaan karakteristik hujan bulanan pada ke lima belas DAS tersebut. Misalnya, Gambar 3 menunjukkan ada tiga type distribusi hujan bulanan. Gambar 3a, menunjukkan: Batas atas (terjadi pada DAS-4 dan DAS-6); dan batas Bawah (terjadi pada DAS: 7, 9 dan 13). Selanjutnya, mayoritas DAS memiliki karakteristik distribusi frekuensi kejadian hujan antara ke dua batas tersebut (Gambar 3b).



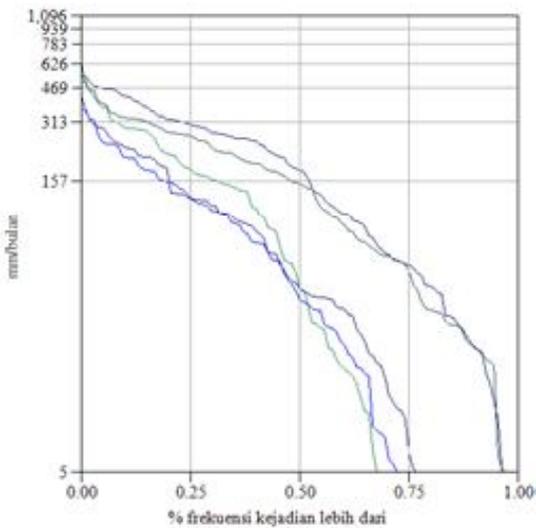
(a)



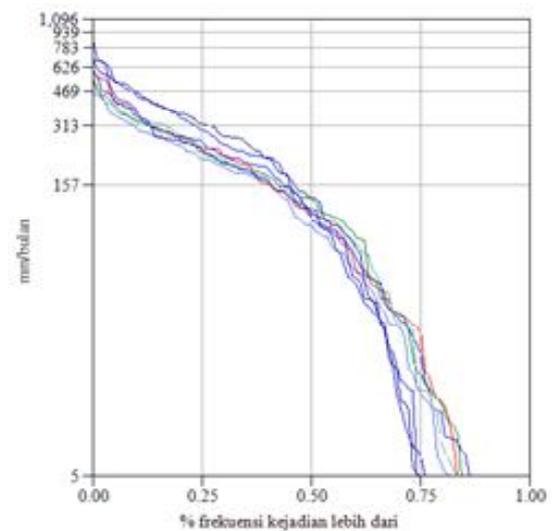
(b)

Sumber: hasil analisis

Gambar 2. Frekuensi Kejadian Hujan Lebih dari Batas : (a) Hujan Harian (Hh), (b) Hujan Bulanan(HB)



(a)



(b)

Sumber: hasil analisis

Gambar 3. Karakteristik Hujan Bulanan : (a) Batas Bawah & Atas ; (b) Mayoritas DAS

Nilai Maksimum Hujan Tahunan tercatat sebesar: 4472 mm/tahun pada DAS-14 (Kramat). Hujan Tahunan Rerata (HTR) yang diterima pada masing-masing DAS bervariasi dari: 911 sd 3227 mm/tahun.

Nilai CV untuk Hujan Bulanan berkisar antara (0,8) sd (1,1) dan relatif seragam antar DAS. Sementara nilai Standard Deviasi (STD) berkisar antara 90 sd 243. Besarnya nilai standard deviasi untuk hujan bulanan adalah normal, karena perbedaan tebal hujan yang jatuh sangat mencolok antara bulan pada musim kemarau dan musim penghujan.

Nilai CV Hujan Tahunan berkisar antara (0,1) sd (0,8). Nilai CV hujan tahunan lebih rendah dari pada hujan bulanan. Hal ini menunjukkan variasi tebal hujan setiap tahunnya, yang diterima oleh masing-masing DAS relatif kecil.

Skewness mengukur tingkat simetri dari suatu distribusi. Distribusi frekuensi yang simetri (kiri dan kanan relatif seimbang), dikatakan memiliki nilai *skewness* = 0. Distribusi frekuensi dengan nilai *skewness positif* berarti condong ke kanan dan lebih banyak mempunyai nilai besar. Sebaliknya, distribusi dengan nilai *skewness negatif* disebut sebagai condong ke kiri dan lebih banyak terdiri dari nilai-nilai kecil (Johnston et al., 2001).

Nilai *skewness* pada ke lima belas (15) DAS, baik untuk hujan bulanan maupun tahunan menunjukkan nilai positif semua, yang berarti distribusi frekuensinya condong ke kanan dan proporsi debit besar lebih banyak. Hal ini menunjukkan jumlah bulan dengan hujan yang tinggi masih lebih besar daripada jumlah bulan kering. Artinya, dari satu bulan ke bulan lainnya air relatif tersedia dan hanya pada beberapa bulan saja kekurangan air.

Karakteristik Debit

Periode rekaman data Debit harian yang

digunakan untuk penelitian pada ke limabelas (15) DAS adalah dari: 1 Januari 1996 s/d 31 Desember 2005. Data rentang waktu tersebut selanjutnya diimport ke dalam RAP dan dijadikan sebagai dasar analisa Debit Harian (DH). Dalam penelitian ini digunakan tiga macam analisis terhadap data debit, yaitu: statistik umum, Kurva Durasi Aliran (*Flow Duration Curve*) dan analisa aliran dasar (*base flow*). Hasil statistik umum dan hasil analisis *base flow* diberikan dalam Tabel (5). Selanjutnya, Analisis *Flow Duration Curve (FCD)* dilakukan dengan mengkombinasikan fasilitas yang ada di dalam RAP dan Microsoft Excell.

Besarnya Debit Harian maksimal pada ke lima belas (15) DAS sangat bervariasi. Debit maksimal terendah dijumpai pada DAS-12, sebesar = 32,6 m³/detik, sedangkan nilai debit tertinggi terjadi pada DAS-1 (Rawatamtu), sebesar = 588 m³/detik. Nilai debit harian rerata (*Mean daily flow=MDF*) pada ke lima belas DAS, juga bervariasi 2,1 m³/detik (DAS-7) sd 35,2 m³/detik (DAS-1). Hanya empat DAS yang memiliki nilai MDF lebih dari 10 m³/detik (DAS-1, DAS-3, DAS-8, dan DAS-14). Mayoritas DAS yang dianalisis memiliki debit harian rerata (MDF) yang besarnya kurang dari 10 m³/detik. Nilai CV debit harian berkisar antara (0,6) sd (1,4). Nilai standard deviasai bervariasi dari (2,6) sd (48,8).

Nilai *skewness* berkisar antara (1,2) sd (2,8). Nilai *skewness (Skw)* dapat dikelompokkan menjadi dua kelompok. Kelompok pertama, DAS dengan nilai *skewness* antara: (1,2) sd (1,5) terdiri dari: DAS-2, DAS-3, DAS-4, DAS-8, DAS-9, DAS-12, DAS-14 dan DAS-15. Kelompok kedua dengan nilai *skewness* antara : (1,9) sd (2,8) terdiri dari: DAS-1, DAS-5, DAS-6, DAS-7, DAS-10, DAS-11, dan DAS-13. Kelompok pertama tergolong DAS-DAS dengan respon lambat. Nilai *Skw* yang besar

menunjukkan DAS yang rawan terhadap banjir, karena kontribusi debit besar yang mendadak terjadi akibat kejadian hujan yang ekstrim.

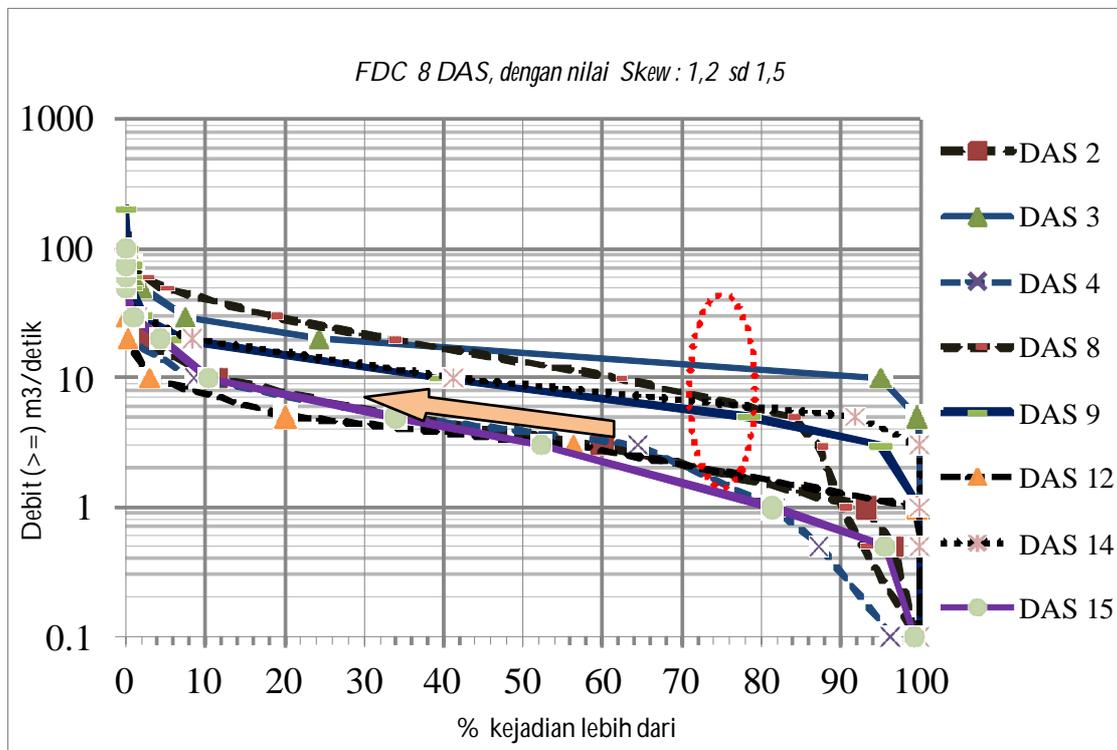
Nilai variabilitas berkisar antara: (-1,1) sd (-7,1). Nilai S_{log} dan $lane$ ke lima belas DAS berkisar antara: (0,2) sd (0,5) dan relatif seragam diantara ke lima belas DAS tersebut.

Grafik FDC ke delapan (8) DAS dengan nilai *skewness* yang kecil (antara 1,2 sd 1,5) ditampilkan pada Gambar 4. Grafik FDC untuk DAS dengan nilai *Skew* $\geq 1,9$ diberikan dalam Gambar 5.

Pola dan bentuk FDC dapat menunjukkan karakteristik hidrologi suatu DAS. Ada berbagai macam metode interpretasi terhadap grafik FDC untuk mendeskripsikan karakteristik hidrologi suatu DAS. Dua metode sederhana berikut dapat sebagai contoh.

Misalnya, dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa 80% debit pada DAS-15 dan DAS-4 nilainya $\geq 1 \text{ m}^3/\text{detik}$, selanjutnya untuk DAS-12 dan DAS-2 nilainya $\geq 1,5 \text{ m}^3/\text{detik}$. Selanjutnya, untuk DAS-8, DAS-9 dan DAS-14 80% kejadian debit nilainya $\geq 5 \text{ sd } 6 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hanya DAS-3 yang memiliki debit dengan frekuensi kejadian 80% dan nilainya di atas $10 \text{ m}^3/\text{detik}$. Hal ini berarti 80% kejadian debit harian pada DAS-3 nilainya di atas $10 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau 80% debit tersedia pada DAS-3 minimal adalah $10 \text{ m}^3/\text{detik}$. Selanjutnya, pemanfaatan debit untuk berbagai keperluan (Irigasi, air baku, industri, dll) dapat menggunakan kurva FDC sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan debit minimal yang tersedia.

Selanjutnya, Bentuk FDC juga dapat menunjukkan karakteristik aliran dari suatu DAS. Misalnya, secara umum



Sumber: hasil analisis

Gambar 4. Grafik FDC 8 DAS, dengan Nilai Skew Antara 1, 2 s/d 1, 5

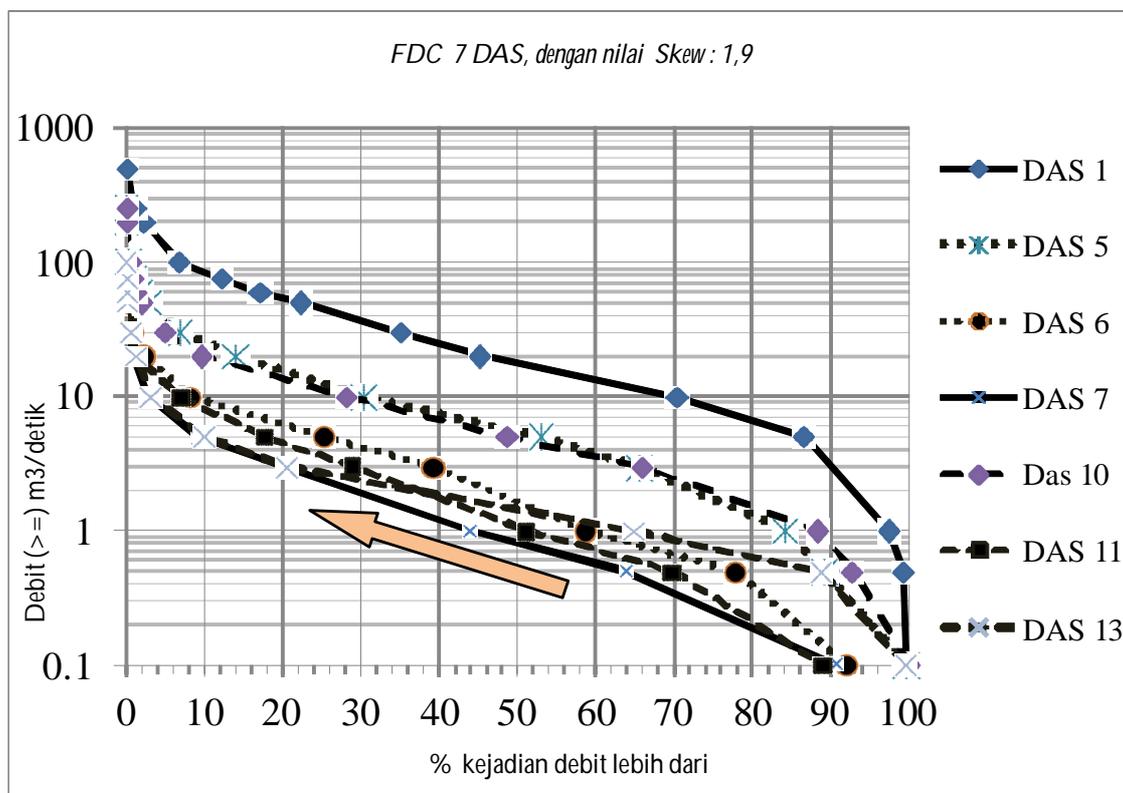
terlihat bahwa kemiringan *Kurva Durasi Aliran (FDC)* yang ada pada Gambar 5 relatif lebih besar bila dibandingkan kemiringan FDC pada Gambar 4. Hal ini menunjukkan bahwa prosentase aliran dengan nilai debit besar lebih banyak terjadi pada Gambar 5. Nilai debit besar yang terjadi pada Gambar 5 akan berpengaruh terhadap nilai debit rerata, dan nilai skewness distribusi data.

Tabel (3) memuat juga hasil statistik aliran dasar yang digambarkan oleh tiga indeks, yaitu *Base Flow Index (BFI)*, *Flood Flow Index (FFI)* dan *Mean Daily Base Flow (MDBF)*. *BFI* merupakan perbandingan antara: (*Base-flow/Total flow*). *FFI* ditentukan dengan rumus $(1 - \text{Base Flow Index})$. *MDBF* dapat diartikan sebagai nilai rerata harian dari aliran-dasar.

Dari tabel (3) diperoleh: (1) nilai *MDBF* bervariasi dari: $1,0 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada DAS-7 sd $16,2 \text{ m}^3/\text{detik}$ pada DAS-1; (2) nilai *BFI* berkisar antara: 0,4 sd 0,8 dan (3) nilai *FFI* berkisar antara: 0,2 sd 0,6. Nilai *MDBF* sangat bervariasi dari satu DAS ke DAS lain, hal ini menunjukkan karakteristik spesifik masing-masing DAS. Nilai *MDBF* yang besar menunjukkan kondisi aliran sungai yang relatif besar juga. Sebaliknya nilai *BFI* dan *FFI* relatif seragam untuk semua DAS. Hal ini menunjukkan tingkat *base flow* yang seragam diantara sungai-sungai tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil analisa menunjukkan bahwa ke lima belas (15) DAS memiliki karakteristik fisik,



Sumber: hasil analisis

Gambar 5. Grafik FDC 7 DAS, dengan Nilai Skew $\geq 1,9$

klimatologi dan hidrologi yang beragam dan spesifik untuk masing-masing DAS. Karakteristik fisik yang bervariasi diwakili oleh karakteristik topografi, prosentase peruntukan lahan, jenis dan kedalaman lapisan tanah. Nilai kerapatan jaringan (*Drainage Density*) relatif seragam antara: 0,1 sd 0,3 km/km².

Peruntukan lahan utama pada ke 15 DAS, terdiri dari: pemukiman, sawah irigasi, sawah tadah hujan, kebun, hutan, ladang. Jenis tanah Andosol, mediteran dan grumosol mendominasi lapisan tanah pada ke 15 DAS. Curah hujan juga bervariasi antara satu DAS dengan lainnya. Hujan harian maksimum berkisar antara: 71 sd 177 mm/hari. Hujan Bulanan rerata antara: 80 sd 262 mm/bulan. Hujan tahunan rerata berkisar antara: 911 sd 3227 mm/tahun. Debit rerata juga bervariasi antar DAS. Nilai Debit harian rerata berkisar antara 2,1

sd 35,2 m³/detik. Rerata Aliran Dasar (*baseflow*) juga berbeda-beda antar DAS dan berkisar antara: 1,0 sd 16,2 m³/detik. Nilai BFI pada ke 15 DAS, berkisar antara 0,4 sd 0,8. Penelitian menunjukkan bahwa metode statistik sederhana melalui kurva durasi Aliran (FDC) dapat menggambarkan karakteristik hidrologi suatu DAS dan dapat digunakan sebagai dasar acuan bagi kalsifikasi DAS.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Program Hibah Kompetensi - DP2M-DIKTI Th. 2010 dan 2012. Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dinas PU-Pengairan Provinsi Jawa Timur yang telah menyediakan data-data dan semua pihak yang telah memberikan kontribusi terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Blöschl, G., and Grayson, R. 2000. '*Spatial observation and interpolation.*' In : R. Grayson and G. Blöschl,(eds.), *Spatial Pattern in Catchment Hydrology : Observation and modelling*, Cambridge University Press, Cambridge, pp : 17-50.
- Buras, N (Eds). 1997. *Reflections on Hydrology Science and Practise*. American Geophysical Union.
- Croke, B.F.W. and Jakeman A.J. 2004, "A Catchment Moisture Deficit module for the IHACRES rainfall-runoff model", *Environmental Modelling and Software*, vol 19, pp 1-5.
- Croke, B.F.W., Andrews, F., Spate, J., and Cuddy, S., 2004. *IHACRES User Guide, Software Version Classic Plus – V2.0*, ICAM Centre, The Australian National University.
- Croke, B.F.W., Andrews, F., Jakeman, A.J., Cuddy, S. and Luddy, A. 2005. *Redesign of the IHACRES rainfall-runoff model, to appear in the proceedings of the 29th Hydrology and Water Resources Symposium, Engineers Australia, February 2005.*
- Colwell, R.K., 1974. *Predictability, Constancy, and Contingency of Periodic Phenomena. Ecology*, 55: 1148-1153.
- Dye P.J. and B. F. W. Croke 2003, "Evaluation of streamflow predictions by the IHACRES

rainfall-runoff model in two South African catchments", *Environmental Modelling and Software*, vol 18, pp 705-712.

- Fleeming, G. 1975. *Computer Simulation Techniques in Hydrology*. El Sevier.
- Floyd, C. 1987. *Outline of a Paradigma Change in Software Engineering*. In Bjerknes, G., Eha, P. and Kyng, M (Eds) *Computers and Democracy*. Avebury, Aldershort, UK, and Brookfield, USA
- Gordon, N.D., McMahon, T.A. and Finlayson, B.L., 1992. *Stream Hydrology: an Introduction for Ecologists*. John Wiley and Sons, 526 pp.
- Grayson, R., Argent, R., Nathan, R., McMahon, T. and Mein, R., 1996. *Hydrological Recipes*. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Melbourne Victoria.
- Institution of Engineers Australia, 1997. *Australian Rainfall and Runoff: a Guide to Flood Estimation*, Revised Edition. Institution of Engineers Australia.
- Jakeman, A.J., Littlewood, I.G., and P.G. Whitehead., 1990, "Computation of the instantaneous unit hydrograph and identifiable component flows with application to two small upland catchments", *Journal of Hydrology*, vol 117, pp 275-300.
- Jakeman, A. J., and Hornberger G. M. 1993, "How much complexity is warranted in a rainfall-runoff model?", *Water Resources. Research*, vol 29, pp 2637-2649.
- Klemes, V. 1986. ' *Dilettantism in hydrology : transition or destiny ?*' *Water Resource Research*, **22**, 9, pp : 177-188.
- Littlewood, I.G, K. Down, J.R. Parker and D.A Post. 1997b. *IHACRES Catchment Scale Rainfall-Streamflow Modelling* (PC Version). The Australian National University, Canberra, 99p.
- Maidment, D. R. 1993.' *Developping a spatially distributed unit hydrograph by using GIS.*' In : K. KOVAR and H. P. NACHTNEBEL, (Eds.), *HydroGIS'93 : Application of Geographic Information Systems in hydrology and water resources management*, Vienne, Autriche IAHS Publication, n°211, pp : 181-192.
- Refsgaard, J. S. 2000. ' *Towards a Formal Approach to Calibration and Validation of Models Using Spatial Data.*' In : R. Grayson and G. Blöschl, (eds.), *Spatial Patterns in Catchment Hydrology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp : 397 + index.
- Stewardson, M. and Gippel, C., 2003. *Incorporating flow variability into environmental flow regimes using the flow events method*. *River Research and Applications*, 19: 459-472.
- Singh, V. P. 1995. ' *Watershed Modeling.*' In : V. P. Singh, (ed.), *Computers Models of Watershed Hydrology*, Water Resources Publications, Baton Rouge, Louisiana, USA.
- Sivapalan, M., Franks, S.W., Takeuchi, K. and Tachikawa, Y., 2005. *International Perspectives on PUB and Pathways Forward*. Chapter 2, in: *Predictions in Ungauged Basins: International Prespectives on the State of the Art and Pathways Forward* (ed. By S.W. Franks, M. Sivapalan, K. takeuchi & Y. Tachikawa), 1 - 14, IAHS Publ. 301. IAHS Press, Wallingford, UK.

Tabel 1. Karakteristik Fisik ke Lima Belas (15) DAS yang Digunakan dalam Penelitian

1. Topografi dan Jaringan Sungai	Nomor – DAS (Referensi Gambar 1)														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Luas DAS (Km ²)	783.2	218.8	214.9	183.1	290.9	137.9	37.8	478.8	685.6	218.5	205.5	387.3	178.1	165.8	135.8
Panjang Sungai Utama I. (Km)	56.4	38.9	22.7	31.4	16.1	41.2	36.7	35.3	34.8	49.3	23.2	36.4	20.8	28.2	24.1
Kehling DAS P. (Km)	151.8	89.8	77.4	58.3	86.7	61.7	32.4	101.1	130.8	108.6	75.3	65.7	76.3	80.0	71.8
Slope Factor (A/L ²)	0.2	0.1	0.4	0.2	1.1	0.1	0.0	0.4	0.6	0.1	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2
Elongation ratio (nisbah memanjang) (Re)	0.6	0.4	0.7	0.5	1.2	0.3	0.2	0.7	0.8	0.3	0.7	0.6	0.7	0.5	0.5
Circulation ratio (nisbah kebulatan) (Rc)	0.4	0.3	0.5	0.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	0.2	0.5	1.1	0.4	0.3	0.3
Drainage Density (L/A)	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.3	1.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
2. Jenis Tanah (%):															
Aluvial	7.0				6.0					40.0	14.0	12.0			12.5
Andosol	14.0	14.0	14.0		88.0	17.0	25.0	32.0	14.0	20.0	14.0	24.0	20.0	29.0	25.0
Grumosol	50.0		43.0	46.0	66.0	50.0		14.0			14.0	24.0	20.0	29.0	25.0
Mediteran	29.0	86.0	29.0	54.0	6.0	17.0	25.0	68.0	58.0	40.0	43.0	29.0	40.0	29.0	12.5
Regosol			14.0						14.0				20.0	13.0	25.0
3. Kedalaman Tanah (%):															
Dalam	58.0	91.0	56.0	59.0	88.0	55.0	40.0	94.0	78.0	50.0	36.0	41.0	38.5	60.0	12.5
Dangkal	32.0		22.0	5.0	3.0	15.0	20.0		12.0	25.0	18.0	41.0	38.5	10.0	62.5
Sangat Dangkal			6.0	15.0		15.0			6.0				11.0		12.5
Sedang	10.0	9.0	16.0	21.0	8.0	15.0	40.0	6.0	4.0	25.0	46.0	18.0	12.0	30.0	12.5
4. Tata Guna Lahan (%):															
Hutan	1.0	1.0	4.0	2.0	10.0	2.0	1.0	2.0	1.0	0.3	15.0	2.0	10.0	32.0	14.0
Kebun	28.0	29.0	11.0	21.0	12.0	24.0	29.0	16.0	6.0	43.0	8.0	32.0	10.0	4.0	7.0
Ladang	12.0	12.0	21.0	16.0	16.0	3.0	1.0	10.0	8.0	7.0	8.0	15.0	10.0	4.0	7.0
Pemukiman	43.0	40.0	50.0	31.0	37.0	28.0	39.0	53.0	65.0	30.0	8.0	23.0	10.0	4.0	7.0
Sawah Irigasi	11.0	16.0	1.0	8.0	6.0	15.0	24.0	7.0	12.0	17.0	8.0	4.0	10.0	4.0	7.0
Sungai (Saluran)	0.1	0.2			1.0				0.2				20.0	16.0	14.0

Sumber: hasil analisis

Tabel 2a. Karakteristik Hujan Harian (mm/hari) pada ke 15 DAS

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Max	71.9	72.4	99.3	124.2	102.5	149.8	103.6	94.5	100.4	118.8	95.2	145.0	83.8	177.5	133.8
P 10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P 90	15.8	15.6	15.3	16.1	13.0	19.8	9.8	15.9	11.8	14.1	20.3	16.4	8.8	27.5	18.3
M-HH	5.0	5.0	4.9	5.5	4.0	6.5	2.9	4.8	3.6	4.3	6.1	5.0	2.6	8.6	5.9
Med	0.7	0.6	0.9	1.7	0.0	2.2	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
CV	1.7	1.8	1.7	1.6	2.4	1.6	2.2	1.8	1.8	2.1	1.9	2.0	2.6	1.8	2.0
STD	8.5	8.9	8.2	8.9	9.5	10.3	6.4	8.9	6.7	9.2	11.9	10.2	6.8	15.1	11.7

Sumber: hasil analisis

Tabel 2b. Karakteristik Hujan Bulanan (mm/bulan) pada ke 15 DAS

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Max	573.2	595.2	537.8	612.0	560.0	536.0	418.6	520.0	512.5	453.9	671.1	835.4	368.0	1095.5	679.9
P 10	2.6	2.6	1.6	2.2	0.0	23.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
P 90	363.7	349.3	326.6	327.9	305.0	428.5	232.6	335.9	293.0	303.0	465.3	367.3	207.4	592.3	445.2
M_HBl	151.8	153.6	148.8	166.3	122.5	196.6	87.7	147.0	110.9	131.6	185.7	151.2	79.7	261.8	180.5
Med_HBl	111.5	115.4	134.1	152.7	70.0	178.9	44.8	114.9	47.7	97.4	136.2	111.7	40.0	213.0	118.2
CV	1.0	0.9	0.9	0.8	1.1	0.8	1.1	0.9	1.2	0.9	1.0	1.1	1.1	0.9	1.0
STD	147.3	144.3	134.2	129.9	134.6	152.1	97.0	134.1	131.7	124.0	185.3	169.8	91.2	243.0	189.3

Sumber: hasil analisis

Tabel 2c. Karakteristik Hujan Tahunan (mm/tahun) pada ke 15 DAS

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Min	1327.1	1414.9	1021.0	1144.2	705.0	1451.2					788.0	606.8	398.5	1847.5	1597.2
Max	2621.9	2244.7	2913.4	2924.7	2088.0	3691.3	2390.8	2553.5	2003.1	2571.4	3400.6	3913.6	1317.3	4472.0	3115.1
P 10	1522.1	1538.4	1057.1	1310.9	712.7	1500.9	188.2	806.2	0.0	644.0	1046.5	650.5	656.1	2536.7	1733.8
P 90	2078.4	2091.4	2519.6	2710.6	2014.2	3078.3	2385.9	2398.2	1990.0	2300.1	3079.7	2686.1	1285.2	4171.0	3053.6
M_H1n	1812.1	1831.7	1753.6	1987.5	1478.6	2350.9	1079.2	1732.8	1311.0	1578.5	2216.3	1828.6	911.3	3227.3	2230.0
Med_H1n	1778.4	1838.5	1630.4	2048.9	1544.8	2430.8	918.7	2075.0	1649.0	1897.4	2408.5	1791.5	850.5	2997.8	1993.0
CV	0.2	0.1	0.4	0.3	0.4	0.3	0.8	0.5	0.6	0.5	0.4	0.6	0.3	0.3	0.3
STD	369.3	268.4	684.3	619.0	537.5	760.0	893.9	834.2	830.1	831.3	867.9	1037.6	295.4	823.6	565.6

Sumber: hasil analisis

- Keterangan :
- Tanggal analisis : 04 Agustus 2012 ; data kosong tidak diikutkan dalam perhitungan. Periode data yang digunakan: 01 – 01 – 1997 sd 31-12-2005;
- Musim hujan diasumsikan mulai : 01 Oktober sd 31 April;
 musim kemarau dari : 01 Mei sd 30 September.
- Max : hujan maksimal; STD : standard deviasi;
 P10 : percentile 10; Skw : nilai kemencengan distribusi;
 P90 : percentile 90; M_Hbl : rerata hujan bulana;
 MHH : nilai rerata hujan harian ; Med_Hbl : median hujan bulanan;
 Med : nilai median hujan harian ; M_HTn : hujan tahunan rerata;
 CV : coefficient of variance; Med-HTn : median hujan tahunan.

Tabel 3. Karakteristik Debit Harian pada ke 15 DAS (DH = m³/detik)

Ringkasan Nilai Statistik Umum dan Karakteristik distribusi data

No-DAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
No DAS (sesuai dengan Gambar 1)															
Statistik Umum															
M _{in}	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
M _{ax}	588.0	70.5	196.1	51.5	283.0	89.6	99.0	205.4	242.8	498.0	69.0	32.6	193.0	94.3	101.0
P 10	3.7	0.3	10.8	0.0	0.0	0.2	0.1	1.1	0.0	0.8	0.1	1.9	0.5	5.4	0.6
P 90	82.5	10.2	27.0	9.6	23.5	8.9	4.8	38.3	17.4	19.3	7.4	6.5	5.0	19.1	10.3
MDF	35.2	4.6	17.9	4.0	9.2	3.9	2.1	17.7	9.3	9.2	2.9	3.9	2.6	10.9	5.0
Med	16.7	3.3	15.0	3.4	4.3	1.6	0.8	13.0	7.8	4.8	1.0	3.2	1.4	8.9	3.2
CV	1.4	1.0	0.6	0.9	1.6	1.7	2.1	0.9	1.1	1.9	1.6	0.7	2.1	0.6	1.3
STD	48.8	4.7	11.0	3.8	15.1	6.4	4.3	15.9	10.1	17.3	4.6	2.6	5.5	6.3	6.2
Skw	2.1	1.4	1.2	1.2	2.1	2.5	2.6	1.4	1.2	1.9	2.8	1.2	1.9	1.2	1.5
Var	-4.7	-3.0	-1.1	-2.8	-5.4	-5.6	-5.9	-2.9	-2.2	-3.9	-7.1	-1.4	-3.3	-1.5	-3.0
Z _{cr}	1.0	318.0	0.0	498.0	366.0	117.0	326.0	6.0	368.0	0.0	316.0	0.0	12.0	2.0	26.0
S_Log	0.5	0.4	0.2	0.3	0.5	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.3
Lane	0.5	0.3	0.2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3
Analisis Baseflow															
BFI	0.5	0.6	0.8	0.7	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.7	0.5	0.7	0.6
FHI	0.5	0.4	0.2	0.3	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.6	0.5	0.3	0.5	0.3	0.4
MDBF	16.2	2.7	13.7	2.8	3.9	1.6	1.0	10.4	5.9	4.1	1.3	2.8	1.3	7.9	2.8

Sumber: hasil analisis

Keterangan :

Tanggal analisis : 04 Agustus 2012 ; data kosong tidak diikutkan dalam perhitungan;

Periode yang digunakan : 01 – 01 – 1996 sd 31-12-2005;

Musim hujan diasumsikan mulai : 01 oktober sd 31 April; musim kemarau dari: 01 mei sd 30 September.

Max = Debit harian maksimal;

Min = Debit harian minimum,

P10 = Percentile 10;

P90 = Percentile 90;

MDF = Mean daily flow atau debit harian rerata;

Med = median debit harian ;

CV = coefficient of variance;

STD = standard deviasi;

Skw = Skewness = kemencengan distribusi;

var = variability;

lane = Lane variability index;

S_lg = nilai variabilitas logaritmik;

BFI = baseflow Index ;

FFI = Flood Flow Index;

MDBF = Mean Daily Baseflow

**ANALISIS PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN DI WILAYAH PESISIR TELUK
KENDARI MENGGUNAKAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI
(KURUN WAKTU 2003-2009)**

***Changes in Land Cover Analysis in The Gulf Coast Kendari Using High
Resolution Satellite Image (Period: 2003-2009)***

Laode Muh. Golok Jaya

Fakultas Teknik Universitas Haluoleo

Kampus Hijau Unhalu Bumi Tridharma Anduonohu Kendari, Sulawesi Tenggara

E-mail: laode251@yahoo.com

ABSTRACT

This research was aimed to indentify land cover change in coastal area of Kendari Bay in period 2003 to 2009. The satellite imagery data (Ikonos and Quick Bird) collected in 2003 and 2009 were used in this research to obtain the land cover change. The method used in this research was comparing the classification of satellite imagery. Field survey was conducted using handheld GPS for ground truth. The result of this research showed us the land use change in period 2003-2009. Mangrove vegetation decreased 56.57 Ha and the fishpond also decreased 205.5 Ha. The primary forest decreased into 3.28 Ha in year 2009. The secondary forest also decreases 124.84 Ha. In the same time the urban area increased from 382.37 Ha in year 2003 to 674.37 Ha in 2009. The land use change also occured for the public space which increased from 6.49 Ha in 2003 to 18.46 Ha in 2009 or increased 11,97 Ha.

Keywords: *land cover, high resolution, ikonos, quick bird, coastal area of Kendari*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan di pesisir Teluk Kendari dalam kurun waktu 2003-2009. Data yang digunakan adalah citra satelit Ikonos hasil perekaman tahun 2003 dan citra satelit Quick Bird hasil perekaman tahun 2009. Metode yang digunakan adalah membandingkan hasil digitasi klasifikasi tutupan lahan pada kedua citra satelit tersebut. Survey lapangan menggunakan GPS Handheld digunakan untuk pengecekan lapangan. Hasil yang diperoleh adalah terjadinya perubahan tutupan lahan di pesisir Teluk Kendari dalam kurun waktu tahun 2003-2009. Luasan mangrove dalam kurun waktu 6 tahun (2003-2009) mengalami pengurangan sebesar 56,57 Ha dan lahan tambak berkurang seluas 205,5 Ha. Luas hutan primer berkurang menjadi 3.28 Ha pada tahun 2009. Demikian pula hutan sekunder mengalami penurunan luas sebesar 124.84 Ha. Kawasan permukiman bertambah luasnya dari 382.37 Ha pada tahun 2003 menjadi 674.37 Ha pada tahun 2009 atau mengalami perluasan sebesar 292 Ha. Demikian pula dengan public space bertambah dari 6,49 Ha pada tahun 2003 menjadi 18,46 Ha pada tahun 2009 atau mengalami penambahan luas sebesar 11,97 Ha.

Kata kunci: *tutupan lahan, resolusi tinggi, ikonos, quick bird, pesisir Teluk Kendari*

PENDAHULUAN

Fenomena alih fungsi lahan utamanya di perkotaan sesungguhnya akan senantiasa terjadi dalam pemenuhan aktivitas sosial ekonomi yang menyertai pertumbuhan penduduk kota tersebut. Persediaan lahan yang bersifat tetap sedangkan permintaannya yang terus bertambah menjadikan penggunaan lahan suatu kota berubah ke arah aktivitas yang lebih menguntungkan dilihat dari potensi sekitarnya yang ada. Hal ini tidak terlepas dari kenyataan bahwa kota merupakan lokasi yang paling efisien dan efektif untuk kegiatan-kegiatan produktif sehubungan dengan ketersediaan sarana dan prasarana, tenaga kerja terampil, serta dana sebagai modal (Tjahjati, 1996).

Kota-kota di Indonesia yang kebanyakan berada di wilayah pesisir menghadapi perubahan penggunaan lahan yang cepat seiring pesatnya pembangunan dan dampak pertumbuhan penduduk yang relatif tinggi. Tidak dipungkiri lagi bahwa perkembangan kota pesisir telah merubah tutupan lahan yang secara alamiah justru merupakan pelindung kota dari bahaya abrasi dan gelombang laut. Wilayah pesisir juga merupakan wilayah yang amat rentan terhadap sumber-sumber pencemar yang berasal dari daratan. Muara sungai berada di pesisir. Permukiman pun kebanyakan berada di wilayah pesisir. Pergeseran garis pantai ke arah daratan, sedimentasi, penebangan hutan mangrove, reklamasi pantai, masuknya sampah dan bahan-bahan berbahaya ke laut melalui muara sungai dan seterusnya, merupakan peristiwa-peristiwa yang sering terjadi di wilayah pesisir.

Perkembangan pesat kota-kota pesisir, tak terkecuali, juga terjadi di Kota Kendari. Wilayah Kota Kendari dengan ibu kotanya Kendari dan sekaligus juga sebagai ibukota Provinsi Sulawesi Tenggara secara geografis

terletak di bagian Selatan Garis khatulistiwa berada di antara 3° 54' 30" - 4° 3' 11" Lintang Selatan dan membentang dari Barat ke Timur diantara 122° 23' - 122° 39' Bujur Timur.

Sepintas tentang letak wilayah Kota Kendari sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Soropia, Sebelah Timur berbatasan dengan Laut Kendari, sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Moramo dan Kecamatan Konda, sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Ranomeeto dan Kecamatan Sampara.

Kota Kendari terbentuk dengan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 1995 yang disahkan pada tanggal 3 Agustus 1995 dengan status Kotamadya Daerah Tk. II Kendari.

Wilayah Kota Kendari terletak di jazirah Tenggara Pulau Sulawesi. Wilayah daratannya sebagian besar terdapat di daratan Pulau Sulawesi mengelilingi Teluk Kendari dan terdapat satu pulau yaitu Pulau Bungkutoko. Luas wilayah daratan Kota Kendari 295,89 Km² atau 0,70 persen dari luas daratan Provinsi Sulawesi Tenggara.

Wilayah pesisir Teluk Kendari merupakan bagian dari wilayah Kota Kendari yang merupakan satu kesatuan wilayah Kendari yang cukup unik. Di sebelah utara Kota Kendari dengan jarak bervariasi antara 1-5 km dari pesisir Teluk Kendari terhampar pegunungan Nipa-Nipa yang merupakan hutan lindung. Bagian Selatan dari Teluk Kendari dengan jarak 5-8 km terletak hutan lindung pegunungan Nanga-Nanga. Sementara Kota Kendari terletak di antara hutan-hutan lindung ini dengan Teluk Kendari.

Teluk Kendari dengan luas sekitar 29,5 km² dengan sendirinya merupakan bagian wilayah yang sangat strategis. Di pesisir Teluk Kendari tumbuh dan berkembang permukiman dan beragam pusat kegiatan masyarakat lainnya. Keberadaan Teluk

Kendari menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari aktivitas masyarakat di sepanjang pesisir Teluk Kendari. Ketiga aspek yakni pesisir Teluk Kendari beserta Teluk Kendari itu sendiri, kawasan Kota Kendari dan hutan lindung Nipa-Nipa dan Nanga-Nanga merupakan satu kesatuan ekosistem yang saling berkaitan.

Oleh karena itu, perubahan yang terjadi pada tutupan lahan di wilayah pesisir Teluk Kendari akan sangat mempengaruhi kondisi Kota Kendari. Adanya perubahan tutupan lahan, salah satunya dapat menyebabkan banjir [Susilowati dan Tima, 2006], tanah longsor dan kekeringan [Suroso dan Susanto, 2006].

Belum lagi bila dinilai dari sisi intangible asset (Allen et al., 1998). Pesisir Teluk Kendari juga adalah intangible asset (aset yang tak ternilai harganya) dimana merupakan daerah yang dapat dijadikan tujuan wisata karena keindahan panoramanya, tempat hidup beberapa satwa liar seperti burung bangau putih, beberapa jenis reptil, tempat berkembang biak kepiting rawa yang merupakan komoditas ekspor maupun hutan mangrove yang menjadi penahan abrasi dan sedimentasi yang masuk ke Teluk Kendari. Perubahan tutupan lahan akan sangat merugikan karena akan menghilangkan asset Kota Kendari yang tak ternilai harganya ini.

Dengan demikian merupakan hal yang sangat mendesak dan penting untuk mengidentifikasi dan mengetahui bagaimana karakteristik perubahan tutupan lahan di wilayah studi, serta sejauh mana perubahan tutupan lahan yang terjadi minimal dalam kurun waktu tahun 2003-2009 sesuai ketersediaan data, untuk menghindari rusaknya asset yang tak ternilai harganya tersebut dan untuk menghindari bencana-bencana yang tentu tidak kita harapkan yang bakal terjadi pada masa yang akan datang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan lahan di pesisir Teluk Kendari dalam kurun waktu tahun 2003-2009. Dan menentukan besaran perubahan tutupan lahan di pesisir Teluk Kendari dalam kurun waktu tahun 2003-2009.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Identifikasi perubahan tutupan lahan dilakukan dalam kurun waktu 2003-2009 di sepanjang pesisir Teluk Kendari dengan panjang wilayah sekitar 10 km dan lebar 0,5-1 km dari garis pantai Teluk Kendari (Gambar 1).

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan adalah GPS (*Global Positioning System*) tipe Garmin Oregon 550 untuk mengidentifikasi tutupan lahan. Sedangkan bahan yang digunakan adalah citra satelit Ikonos Kota Kendari hasil perekaman tahun 2003 dan citra satelit *Quick Bird* Kota Kendari hasil perekaman tahun 2009. Kedua citra satelit diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Kendari.

Diagram Alur Penelitian

Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan tutupan lahan tidak terlepas dari perubahan pola penggunaan lahan. Pengertian konversi lahan atau perubahan guna lahan adalah alih fungsi atau mutasi lahan secara umum menyangkut transformasi dalam pengalokasian sumber daya

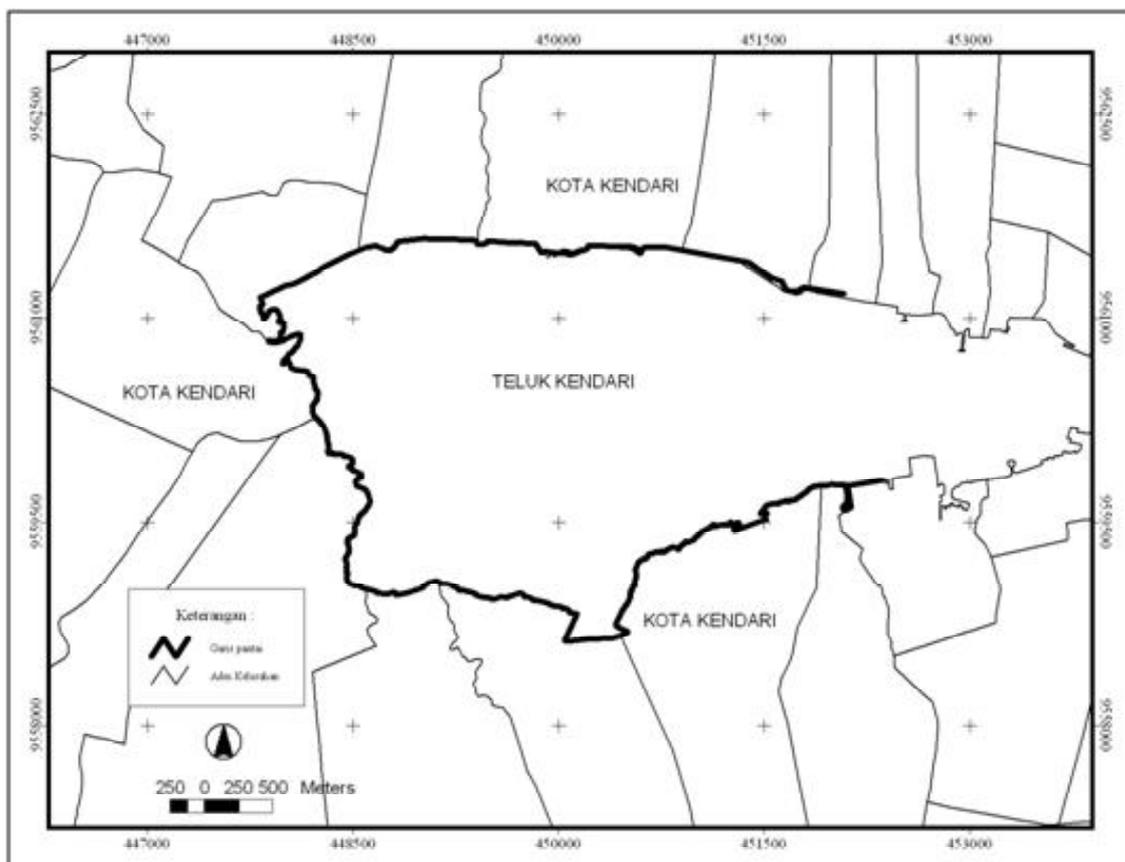
lahan dari satu penggunaan ke penggunaan lain [Tjahjati, 1997]. Penggunaan lahan sangat dipengaruhi oleh manusia, aktifitas dan lokasi, dimana hubungan ketiganya sangat berkaitan, sehingga dianggap sebagai siklus perubahan penggunaan lahan.

Penelitian mengenai pemanfaatan teknologi penginderaan jauh (remote sensing) untuk keperluan pemantauan dan identifikasi perubahan tutupan lahan dan tata guna lahan sudah banyak dilakukan. Citra satelit yang digunakan untuk keperluan ini pun beragam, mulai dari citra satelit resolusi menengah seperti Landsat [Boakye et al., 2008 dan Yudo dan Nugraha, 2006] maupun citra satelit resolusi tinggi yakni Ikonos maupun Quick Bird. Citra satelit merupakan data utama

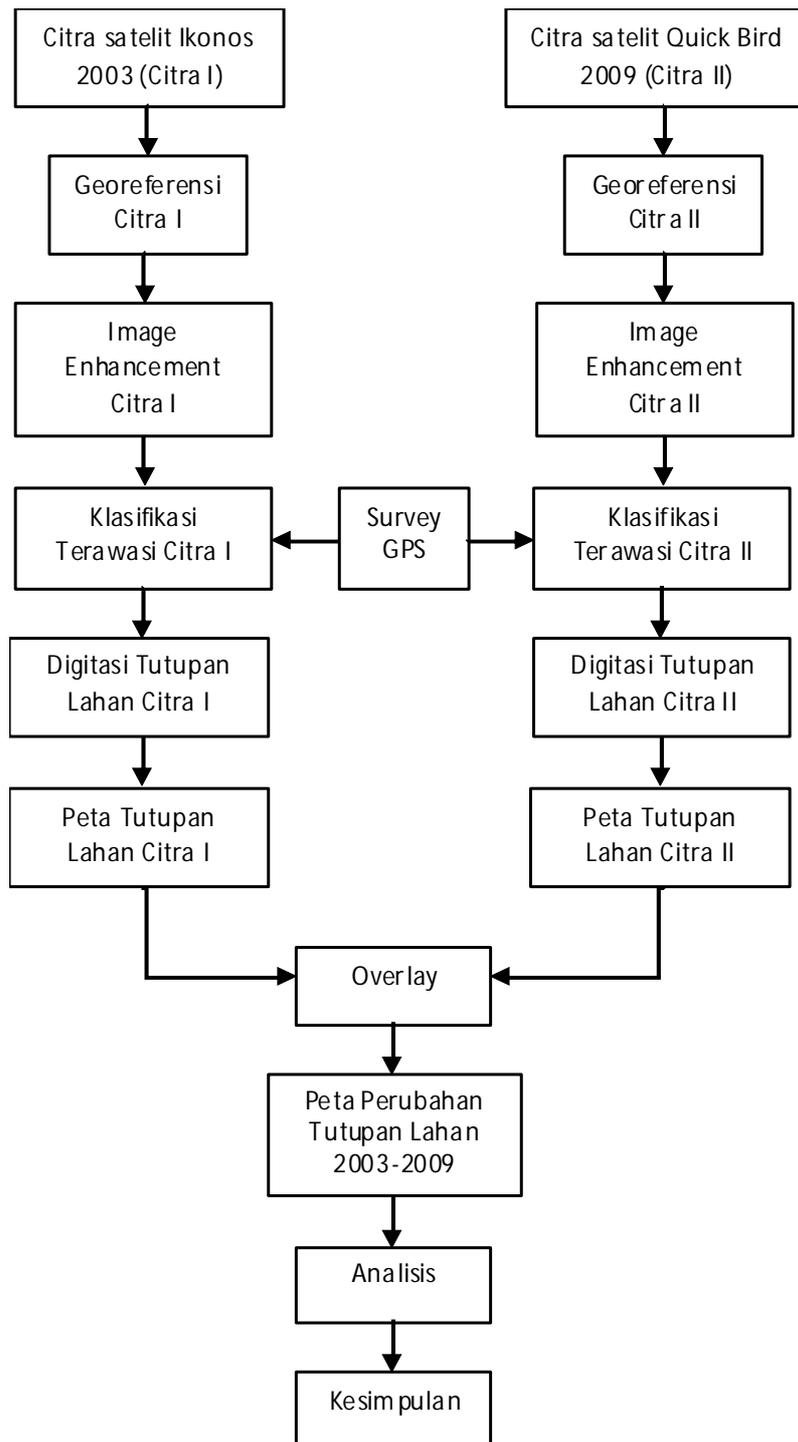
dalam pengolahan Sistem Informasi Geografis (SIG).

Kota Kendari sebagai ibukota provinsi Sulawesi Tenggara tak luput dari tekanan terhadap sumberdaya lahan yang ada. Kota Kendari saat ini telah berkembang dari hanya sebagai kota pelabuhan biasa sejak awal abad ke-20 hingga akhir tahun 1980-an lalu menjadi kota perdagangan, pendidikan dan jasa saat ini. Laju perkembangan penduduk dan aktivitas ekonomi di Kota Kendari sangat pesat utamanya dalam kurun waktu 2003 hingga 2009, sehingga menimbulkan masalah lahan dan tata ruang.

Berdasarkan pengamatan, secara gradual perubahan penggunaan lahan di Kota Kendari sesungguhnya telah terjadi sejak



Gambar 1. Lokasi Penelitian



Gambar 2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

akhir dekade 1990-an dan mencapai puncaknya pada awal tahun 2008 semenjak adanya demam emas Bombana. Ditemukannya emas di Kabupaten Bombana telah mendorong munculnya investasi di berbagai bidang di Kota Kendari sebagai ibu kota provinsi. Kota Kendari diminati bukan hanya karena kondisinya yang relatif lebih aman dibandingkan dengan beberapa kota lainnya di Indonesia Bagian Timur, tetapi juga karena lokasinya yang strategis sebagai pintu masuk dan keluar dari Sulawesi Tenggara. Tersedianya fasilitas pelabuhan laut dan bandar udara cukup menarik perhatian investor utamanya di bidang pertambangan, perkebunan dan kehutanan untuk menanamkan investasinya di Kota Kendari.

Multiplier effects dari kegiatan pertambangan di Sultra menjadikan Kota Kendari sebagai pusat pengumpulan hasil-hasil produksi dari daerah *hinterland*-nya dan juga sebaliknya yaitu mendistribusikan hal-hal yang dibutuhkan daerah *hinterland*-nya tersebut. Perkembangan ini menuntut untuk terpenuhinya berbagai fasilitas guna menunjang berbagai kegiatan, mulai dari kawasan permukiman sampai dengan kawasan kegiatan ekonomi kota.

Adanya investasi dan masuknya pemodal dari luar Sulawesi Tenggara juga telah mengubah wajah ibu kota provinsi menjadi kota dengan seribu harapan. Lahan-lahan yang tadinya tidur atau terlantar mulai dilirik oleh investor untuk diberdayakan dan dibangun. Demikian pula lahan-lahan yang diperuntukkan bagi pertanian tidak sedikit yang beralih fungsi. Tidak terkecuali lahan-lahan mangrove dan tambak yang banyak terdapat di hampir seluruh pesisir Teluk Kendari.

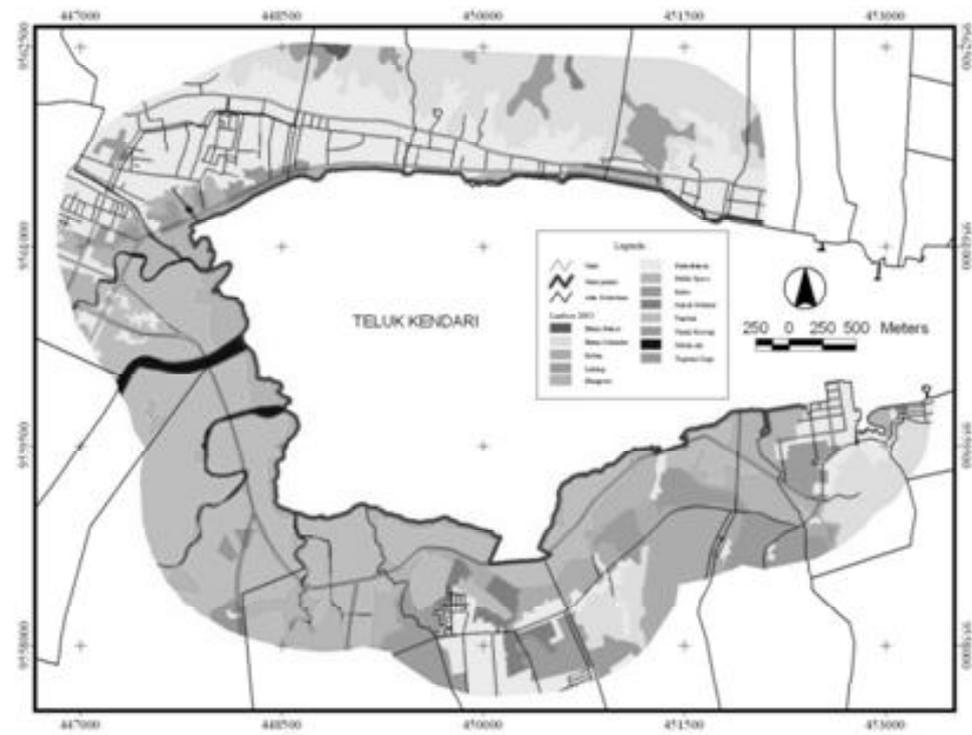
Pesisir Teluk Kendari merupakan kawasan yang mengelilingi Teluk Kendari. Berdasarkan data citra satelit Ikonos Kota Kendari

yang direkam tahun 2003, terlihat bahwa pesisir Teluk Kendari didominasi oleh lahan tambak dan mangrove yang mengelilingi pesisir Teluk Kendari utamanya pesisir bagian selatan kota (Gambar 3). Namun berdasarkan data citra satelit Quick Bird hasil perekaman tahun 2009, terlihat bahwa pada beberapa lokasi, telah terjadi perubahan penggunaan lahan dari mangrove dan tambak menjadi kawasan perdagangan dan pusat bisnis baru. Selain itu, telah terjadi pula konversi lahan mangrove menjadi kawasan perumahan dan permukiman (Gambar 4).

Perubahan tutupan lahan ini, tentu saja akan memberikan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan. Hilangnya vegetasi mangrove akan menyebabkan berkurangnya sumber pendapatan masyarakat nelayan karena mangrove diketahui merupakan tempat pemijahan benih ikan, udang dan kepiting. Berkurangnya mangrove juga dapat menyebabkan berkurangnya perlindungan pantai dari gelombang dan arus air laut. Secara fisik, hutan mangrove dapat melindungi pantai karena sistem perakaran dan kerapatan mangrove akan mengurangi kekuatan energi gelombang dan kecepatan arus air laut yang masuk ke daratan. Terkait perubahan iklim, berkurangnya tutupan lahan mangrove juga akan menyebabkan meningkatnya suhu di sekitarnya.

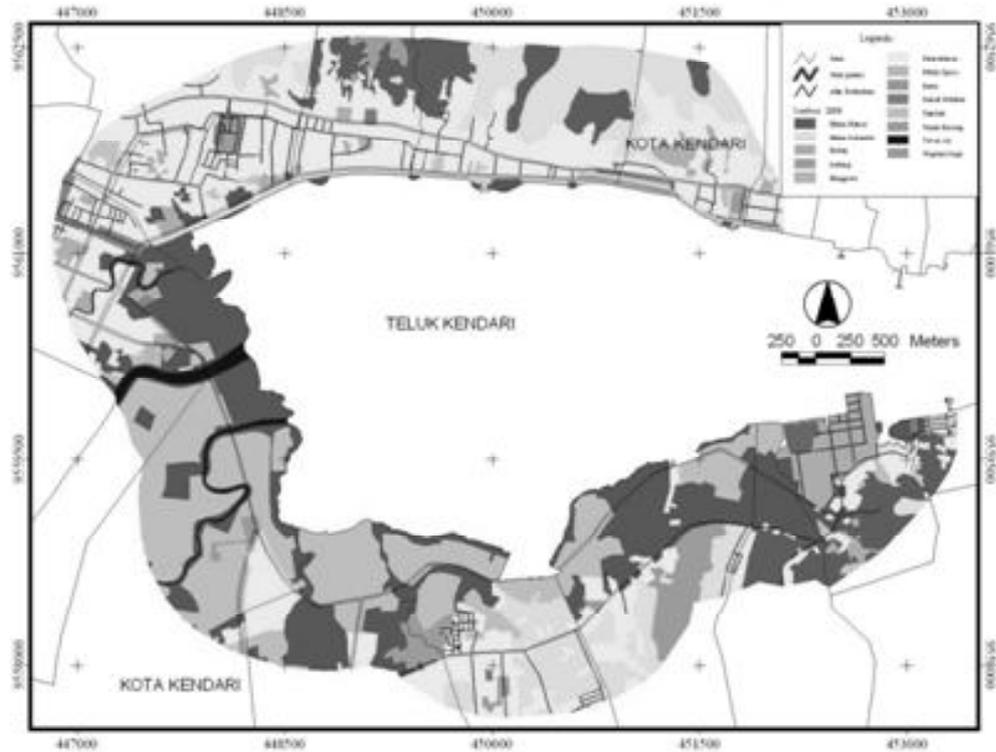
Wilayah pesisir yang dikaji dalam penelitian ini secara administratif berada pada 17 Kelurahan yakni Kelurahan Benu-benua, Punggaloba, Tipulu, Watu-watu, Kemaraya, Lahundape, Korumba, Bende, Lalolara, Kambu, Anduonohu, Rahandouna, Anggoeya, Matabubu, Pudai, Lapulu dan Kelurahan Abeli. Berdasarkan analisis Sistem Informasi Geografis (GIS) total luas wilayah kajian adalah 1386,34 ha.

Berdasarkan analisis Sistem Informasi Geografis, pada tahun 2003, kawasan



Sumber: Citra Satelit Ikonos, 2003

Gambar 3. Peta Landuse Pesisir Teluk Kendari Tahun 2003



Sumber: Citra Satelit Quick Bird, 2009

Gambar 4. Peta Landuse Pesisir Teluk Kendari Tahun 2009

permukiman merupakan kawasan yang paling luas di pesisir Teluk Kendari dengan luas 382,37 ha. Berikutnya tambak dengan luas 330,96 ha. Selanjutnya hutan sekunder dengan luas 202,57 ha. Vegetasi mangrove menempati luas keempat dengan luas 182 ha.

Berdasarkan peta tutupan lahan tahun 2003 terlihat bahwa kawasan permukiman paling dominan berada di bagian utara kawasan teluk yakni di bagian wilayah Kecamatan Kendari dan Kendari Barat. Demikian pula halnya kawasan hutan primer dan sekunder juga berada di wilayah tersebut. Adapun wilayah tambak dan hutan mangrove dominan berada di bagian selatan Teluk Kendari.

Berdasarkan analisis peta tutupan lahan tahun 2009 yang dibandingkan dengan peta tutupan lahan tahun 2003, diperoleh nilai perubahan tutupan lahan tahun 2003-2009.

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa telah terjadi pengurangan luasan mangrove dalam kurun waktu 6 tahun (2003-2009) sebesar 56,57 Ha. Demikian pula halnya dengan tambak yang berkurang seluas 205,5 Ha. Pada saat yang sama, kawasan permukiman bertambah luasnya dari 382.37 Ha menjadi 674.37 Ha atau mengalami perluasan sebesar 292 Ha.

Hutan Primer dan sekunder yang berada di sekitar pesisir Teluk Kendari juga mengalami pengurangan. Bila pada tahun 2003, luas hutan primer mencapai 4.73 Ha maka pada tahun 2009 luas hutan primer tinggal 1.45 Ha atau terjadi pengurangan seluas 3.28 Ha. Hutan sekunder yang pada tahun 2003 mencapai luas 202.57 ha, menjadi 77.73 ha pada tahun 2009 atau mengalami penurunan luas sebesar 124.84 Ha.

Secara umum terlihat bahwa komponen tata guna lahan hutan primer, hutan

Tabel 1. Kriteria Nilai Parameter Kesesuaian Lahan untuk Tempat Tinggal

Tutupan Lahan	Tahun 2003	Tahun 2009	Perubahan (Ha)
	Luas (Ha)	Luas (Ha)	
Mangrove	182	125.43	-56.57
Tambak	330.96	125.46	-205.5
Permukiman	382.37	674.37	+ 292
Rawa	17.63	85.94	+68.31
Tubuh air	22.31	24.29	+1.98
Tanah kosong	28.91	58.33	+29.42
Hutan sekunder	202.57	77.73	-124.84
Hutan primer	4.73	1.45	-3.28
Semak belukar	19.19	37.72	+18.53
Kebun	71.09	55.98	-15.11
Ladang	84.35	67.98	-16.37
Vegetasi	32.66	33.03	+0.52
Public Space	6.49	18.46	+11.97
Total Luas (Ha)	1386.34	1386.34	

Sumber: hasil analisis

sekunder, mangrove, tambak, ladang dan kebun terkonversi menjadi lahan permukiman, *public space*, rawa, tanah kosong dan vegetasi lain. Pengurangan yang paling signifikan terjadi pada lahan tambak dan hutan sekunder. Konversi lahan yang paling utama terjadi untuk kawasan permukiman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis penelitian ini, dapat disimpulkan: (1) Telah terjadi perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan di pesisir Teluk Kendari dalam kurun waktu tahun 2003-2009. Pola perubahan yang terjadi adalah bertambahnya luas beberapa komponen tata guna lahan dan pada saat yang sama terjadi pengurangan luas komponen tata guna lahan yang lainnya. (2) Komponen tata guna lahan yang mengalami pengurangan adalah hutan primer, hutan sekunder, mangrove, tambak, ladang dan kebun dan komponen tata guna lahan yang mengalami penambahan luas adalah permukiman, *public space*, rawa, tanah kosong dan vegetasi lain. (3) Luasan mangrove dalam kurun waktu 6 tahun

(2003-2009) mengalami pengurangan sebesar 56,57 Ha dan lahan tambak berkurang seluas 205,5 Ha. Luas hutan primer berkurang menjadi 3,28 Ha pada tahun 2009. Demikian pula hutan sekunder mengalami penurunan luas sebesar 124,84 Ha. (4) Kawasan permukiman bertambah luasnya dari 382,37 Ha pada tahun 2003 menjadi 674,37 Ha pada tahun 2009 atau mengalami perluasan sebesar 292 Ha. Demikian pula dengan *public space* bertambah dari 6,49 Ha pada tahun 2003 menjadi 18,46 Ha pada tahun 2009 atau mengalami penambahan luas sebesar 11,97 Ha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA BLU Unhalu Tahun Anggaran 2011. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian Unhalu atas dibiayainya penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Bappeda Kota Kendari atas izinnya menggunakan citra satelit Ikonos dan Quick Bird sebagai data primer dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, Jeffery S., Lu, Kang Shou, Potts, Thomas D., 1998, *A GIS-Based Analysis and Prediction of Land-Use Change in a Coastal Tourism Destination Area*
- Bengen, D.G. 2000. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan – Institut Pertanian Bogor. Bogor, Indonesia.
- Boakye, E., Odai, S.N., Adjei, K.A., Annor, F.O., 2008, *Landsat Images for Assessment of the Impact of Land Use and Land Cover Changes on the Barekese Catchment in Ghana*, European Journal of Scientific Research, ISSN 1450-216X Vol.22 No.2, pp.269-278, EuroJournals Publishing, Inc.
- Manonmani, R., Suganya, G.M.D., 2010, *Remote Sensing and GIS Application In Change Detection Study In Urban Zone Using Multi Temporal Satellite*, International Journal of Geomatics and Geoscience Volume 1, No. 1, Research Article, ISSN 0976 – 4380.

- Netzband, M., Wentz, E.L., Rahman, A., 2005, *Urban Land Cover and Spatial Variation Observation using Satellite Image Data-The Urban Environmental Monitoring Project*
- Prabaharan, S., Raju, K.S., Lakshumanan, C., Ramalingam, M., 2010, *Remote Sensing and GIS Applications on Change Detection Study in Coastal Zone Using Multi Temporal Satellite Data*, International Journal of Geomatics and Geoscience Volume 1, No. 2, Research Article, ISSN 0976 – 4380
- Prenzel, Bjorn, 2004, *Remote sensing-based quantification of land-cover and land-use change for planning*, Department of Geography, York University, 4700 Keele Street, Toronto, Ont., Canada, www.elsevier.com
- Sreenivasulu, V., Bhaskar, P.U., 2010, *Change Detection in Landuse and landcover using Remote Sensing and GIS Techniques*, Department of Civil Engineering, Jawaharlal Nehru Technological University, Kakinada, International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(12), 2010, 7758-7762, India
- Suroso, Susanto, H.A., 2006, *Pengaruh Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Debit Banjir Daerah Aliran Sungai Banjaran*, Jurnal Teknik Sipil, Vol. 3 , No. 2., Jurusan Teknik Sipil Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto, Jawa Tengah
- Susilowati, Tima Santita N.R., 2006, *Analisis Perubahan Tata Guna Lahan dan Koefisien Limpasan terhadap Debit Drainase Perkotaan*, Media Teknik Sipil, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Tjahyati, Budhy, et al. 1996. "*Pengelolaan Perkotaan dalam Menghadapi Tantangan Pembangunan Perkotaan*". Prosiding-Forum Manajemen Perkotaan, Bandung.
- Yudo, Prasetyo, Nugraha, A.L., 2006, *Analisis Tata Guna Lahan Kawasan Waduk Kedungombo Menggunakan Citra Satelit Landsat Tahun 1998 dan 2002*, Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan Masyarakat Pengideraan Jauh Indonesia, Surabaya.

ZONASI DAERAH RAWAN BENCANA LONGSOR DI SULAWESI SELATAN

Landslide Suceptibility Zonation in South Sulawesi

Nasiah dan Ichsan Invanni

Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Makassar

Email: nasiahbadwi@yahoo.com

ABSTRACT

Landslide Hazard Zonation in South Sulawesi. Landslides are natural disasters that can cause substantial loss in the form of life and properties. Therefore, it is necessary to inventory landslide-vulnerable areas. A weighted summation model (Dibiyosaputro, 1998) was applied to determine the landslide-vulnerable areas in the Geographic Information Systems (GIS). Factors that trigger the landslides are geology (rock properties, stratigraphy, structural geology, weathering level and earthquake), climate (rain-fall), soil (solum thickness), topography (slope), vegetation (vegetation density) and human (land use); Siagian & Sugalan (in Sutikno, 1991) in combination with Dibiyosaputro (1998). There are five classes of landslide vulnerability i.e. invulnerable, fairly vulnerable, quite vulnerable, vulnerable, and very vulnerable. In general, South Sulawesi is quite vulnerable to landslides, but there are three regencies very vulnerable for landslides; Luwu, Northern Luwu and Northern Toraja. Keyword : landslide, South Sulawesi.

Keywords: landslide, South Sulawesi

ABSTRAK

Zonasi Daerah Rawan Bencana Longsor di Sulawesi Selatan. Longsor merupakan bencana alam yang dapat mengakibatkan kerugian baik berupa jiwa maupun harta benda. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian inventarisasi daerah rawan bencana longsor. Model yang diterapkan untuk menentukan daerah rawan bencana longsor yaitu metode penjumlahan harkat Dibiyosaputro (1998) dengan menerapkannya pada Sistem Informasi Geografi (SIG). Beberapa faktor penyebab longsor adalah geologi (sifat batuan, stratigrafi, stuktur geologi, tingkat pelapukan dan kegempaan), iklim (curah hujan), soil (tebal solum), topografi (kemiringan lereng), vegetasi (kepadatan vegetasi) dan manusia (penggunaan lahan) merupakan kombinasi Siagian dan Sugalan (dalam Sutikno, 1995) dengan Dibiyosaputro (1998). Hasil analisis menunjukkan bahwa di Sulawesi Selatan terdapat 5 kelas tingkat rawan bencana longsor yaitu tidak rawan, agak rawan, cukup rawan, rawan, dan sangat rawan. Secara umum Provinsi Sulawesi Selatan termasuk cukup rawan bencana longsor, tetapi ada tiga kabupaten yang sangat rawan longsor yaitu; Luwu, Luwu Utara, dan Toraja Utara.

Kata kunci: longsor, Sulawesi Selatan

PENDAHULUAN

Longsor akhir akhir ini sering terjadi hampir seluruh wilayah Indonesia, merupakan suatu bencana yang mengakibatkan kerugian yang cukup besar baik berupa jiwa maupun harta benda. Hal itu menyebabkan bencana ini dianggap sebagai bencana nasional yang harus ditanggulangi bersama seluruh rakyat Indonesia. Kerugian yang ditimbulkan efeknya dalam jangka waktu yang lama pada kehidupan masyarakat. Besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh bencana alam longsor tersebut, disebabkan minimnya informasi secara spasial dan temporal tentang wilayah-wilayah mana yang rawan bencana longsor. Oleh karena itu, maka perlu dilakukan penelitian inventarisasi daerah rawan/rentan bahaya longsor. Jika longsor yang akan terjadi dapat diperkirakan maka dapat ditentukan model penanggulangannya dan tindakan konservasi tanah yang diperlukan agar tidak terjadi longsor atau kerusakan lahan supaya dapat dipergunakan secara lestari.

Faktor penyebab longsor yaitu iklim (curah hujan), topografi (kemiringan dan panjang lereng, vegetasi (penggunaan lahan), tanah (jenis tanah), dan faktor manusia (pengelolaan lahan/tindakan konservasi). Faktor manusia yang paling menentukan apakah tanah yang diusahakan akan rusak atau menjadi baik dan produktif secara lestari. Perubahan-perubahan yang dilakukan oleh manusia terhadap penggunaan lahan tentu akan berdampak pada longsor dan lingkungannya (Kartasapoetra, 1991).

Kebijakan penanggulangan bencana dan penerapan konservasi lahan kurang berhasil atau bahkan gagal total, disebabkan kurang melibatkan masyarakat utamanya masyarakat lokal, sehingga mereka tidak memahami

kepentingannya sendiri. Ketidak pahaman tersebut menyebabkan aktivitasnya malah menimbulkan bencana longsor dan kerusakan lahan yang menimbulkan kerugian besar pada mereka sendiri.

Besarnya kerugian yang ditimbulkan oleh bencana longsor telah menjadi isu Nasional maupun Internasional, sehingga dirasakan oleh peneliti perlu kajian yang mendalam mengenai hal tersebut utamanya bagaimana system informasi tentang bencana tersebut secara keruangan, cepat mudah dikelola agar dampak atau kerugian yang ditimbulkan bisa diminimalisir. Daerah sebaran yang terkena longsor cukup luas, namun dalam penelitian ini hanya difokuskan di Provinsi Sulawesi Selatan.

Banyaknya kerugian yang ditimbulkan bencana alam longsor tersebut sehingga peneliti tertarik mengkaji secara geografis yaitu dengan menggunakan pendekatan ekologi (*ecological approach*), pendekatan keruangan (*spatial approach*). Pendekatan ekologi dimaksudkan untuk menganalisis faktor-faktor lingkungan sebagai penyebab terjadinya bencana longsor. Pendekatan keruangan dimaksudkan untuk menganalisis daerah-daerah yang potensi rawan bencana longornya tinggi.

Berdasarkan hal tersebut perlu ada penelitian yang terkait dengan zonasi daerah rawan bencana longsor di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan. Adapun permasalahan Penelitian yaitu ; 1. Bagaimana tingkat rawan bencana longsor di wilayah Penelitian; 2. Bagaimana persebaran daerah rawan bencana longsor di wilayah penelitian.

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah : 1. Mengetahui tingkat rawan bencana longsor di wilayah Penelitian, 2. Mengetahui persebaran daerah rawan bencana longsor di wilayah Penelitian.

METODE PENELITIAN

Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer dikumpulkan langsung dari hasil observasi (pengamatan dan pengukuran), dari informan dari responden.

Data Primer. Data yang akan dikumpulkan dalam penelitian ini yaitu ; Citra Landsat Provinsi Sulawesi Selatan, Kemiringan lereng, Kedalaman pelapukan, Kedalaman tanah, Pengelolaan tanah, Kerapatan vegetasi, Penggunaan lahan, dan Wawancara dengan masyarakat dengan menggunakan kuesioner.

Data Sekunder, meliputi : Peta Administratif Provinsi Sulawesi Selatan skala 1 : 250.000, Peta Rupabumi Indonesia skala 1: 250.000 10 lembar Edisi-1 tahun 1993, Peta Geologi Provinsi Sulawesi Selatan skala 1: 250.000, tahun 1999, Peta Tanah Tinjau Provinsi Sulawesi Selatan tahun 1999 skala 1 : 250.000, Peta Penggunaan Lahan Provinsi Sulawesi Selatan tahun 1999, skala 1 : 250.000, Peta Lokasi Stasiun Hujan Propinsi Sulawesi Selatan skala 1 : 250.000., Data Curah seluruh stasiun di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan \pm 10 tahun terakhir, Peta Tingkat Kerawanan Bencana Gempa Provinsi Sulawesi Selatan skala 1 : 250.000., Data-data dari penelitian sebelumnya dan studi literatur yang ada.

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas alat pengukuran di lapangan dan alat laboratorium. Alat-alat tersebut sebagai berikut:

(1) Alat pengukuran di lapangan. Terdiri atas GPS, Altimeter untuk mengukur

ketinggian tempat dari permukaan air laut, Abney level untuk mengukur kemiringan lereng, Kompas geologi untuk mengetahui arah dan kemiringan lereng, Rollmeter untuk mengukur panjang lereng, Linggis, garpu, dan sekop, untuk membuat profil tanah, Bor tanah untuk penentuan kedalaman pelapukan, dan kedalaman tanah, Palu Geologi untuk memecahkan batuan dalam pengamatan jenis batuan, Alat tulis menulis, digunakan dalam pemberian kode / nomor sampel atau untuk mencatat data di lapangan, Kuesioner atau daftar pertanyaan yang digunakan untuk wawancara pada masyarakat, Kamera untuk pengambilan gambar di lapangan yang sesuai dengan sasaran penelitian. (2) Alat- alat Laboratorium. Alat laboratorium yang digunakan yaitu Komputer. Digunakan untuk mendigitasi, mengolah data, analisis data, dan pengetika laporan. Untuk analisis Citra Landsat digunakan program *Er-Mapper*, dan pembuatan peta, digunakan komputer Sistem Informasi Geografis (SIG) menggunakan program *ArcGis* versi 8,0 di Laboratorium SIG Jurusan Geografi FMIPA UNM.

Populasi dan Sampel

Populasi atau sasaran dalam penelitian ini adalah seluruh wilayah provinsi Sulawesi Selatan. Oleh karena wilayahnya cukup luas untuk memudahkan dalam pelaksanaan penelitian ini dibuat unit analisis yaitu peta satuan lahan (*land unit*) yang ditumpang susun (*overlay*) dari peta tematik ; Kemiringan lereng, peta jenis tanah, dan peta penggunaan lahan Provinsi Sulawesi Selatan menggunakan sistem informasi Geografis (*Geography Information System*) dengan *software ArcGis*.

Penentuan titik sampel dilakukan secara *purposif sampling*. Pada setiap titik sampel

dilakukan pengukuran, pengamatan, dan wawancara dengan masyarakat. Dengan cara ini diharapkan dapat representatif sehingga tujuan penelitian dapat tercapai.

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan disesuaikan dengan data yang diperlukan meliputi: Teknik Observasi (pengamatan dan pengukuran), Teknik Dokumentasi, dan Teknik Wawancara.

Teknik Analisis Data

Dalam penelitian ini dilakukan analisis data berikut ini yaitu (1) Analisis di Laboratorium komputer dengan menggunakan SIG dengan *software Er-Mapper dan ArcGis*. Analisis Citra Landsat dengan program Er-Mapper. Analisis peta daerah rawan bencana longsor, digunakan program *ArcGis versi 9,0*. (2) Analisis Daerah Rawan Bencana Longsor

Daerah rawan bencana longsor ditentukan dari hasil tumpang-susun (*overlay*) dengan penjumlahan harkat variabel penentu tingkat kerawanan bencana longsor dengan program SIG *software ArcGis versi 9,0*. Variabel yang digunakan adalah kombinasi Sugalang dan Siagian (1991), dalam Sutikno dkk, (1995) dengan dengan Dibyosaputro (1999) dengan pengembangan.

Masing masing klas parameter lahan yang merupakan faktor penentu tingkat rawan longsor diberikan harkat. Ada 10 (sepuluh) variabel yang ditetapkan sebagai faktor penentu tingkat rawan bencana longsor lahan tersebut, yang selanjutnya ditentukan kelas tingkat rawan bencana longsor sebagai berikut. Adapun 10 variabel yaitu: aspek geologi yang meliputi; sifat batuan, stratigrafi, struktur geologi, kedalaman pelapukan, dan kegunaan. Aspek topo-

grafi yaitu kemiringan lereng. Aspek tanah meliputi; ketebalan solum tanah. Aspek iklim yaitu intensitas curah hujan. Aspek Vegetasi yaitu kerapatan vegetasi, dan penutup lahan. Aspek manusia yaitu aktivitas manusia yang tergambar dalam penggunaan lahan.

Dengan menggunakan 10 (sepuluh) faktor penentu tingkat rawan bencana longsor lahan, dapat ditentukan klas tingkat rawan bencana longsornya lahannya, yaitu menggunakan rumus berikut ini.

Jumlah variabel yang digunakan 10 variabel

- (a) Jumlah harkat terendah dari 10 variabel 10
- (b) Jumlah Harkat tertinggi dari 10 variabel 45
- (c) Besar Klas Interval

$$I = \frac{c - b}{k}$$

Dimana:

- I = Besar julat kelas
- b = Jumlah harkat terendah
- c = Jumlah harkat tertinggi
- k = Jumlah kelas yang diinginkan

Berdasarkan persamaan tersebut di atas, maka besar julat masing masing klas rawan bencana disetiap satuan lahan adalah :

$$I = \frac{45 - 10}{5} = \frac{35}{7} = 5$$

Dengan demikian maka klas rawan bencana longsor dapat ditetapkan dengan interval 7 (Tujuh) seperti yang disajikan Tabel 1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Daerah Penelitian

Daerah penelitian mencakup wilayah

Provinsi Sulawesi Selatan, terletak antara 01° 55' LS Sampai 06° 43' LS, 119° 23' sampai 121° 48' BT. Daerah ini mencakup seluruh wilayah-wilayah kabupaten dan kota yang berada di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan sebanyak 24.

Mulai dari Kabupaten Luwu Utara, Luwu Timur, Kota Palopo, Luwu, Wajo, Bone, Sinjai, Bulukumba, Bantaeng, Jeneponto, Takalar, Gowa, Makassar, Maros, Pangkep, Barru, Parepare, Sidrap, Soppeng, Pinrang, Enrekang, Tanah Toraja dan Tanah Toraja Utara. Seluruh daerah penelitian merupakan wilayah yang bervariasi dari daratan rendah sampai pegunungan, Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan berbatasan dengan : Sebelah Utara Provinsi Sulawesi Tengah, Sebelah Timur Teluk Bone dan Sulawesi Tenggara, Sebelah Selatan Laut Flores, Sebelah Barat Selat Makassar dan Provinsi Sulawesi Barat. Luas wilayah Provinsi Sulawesi Selatan yaitu seluas 4.542.776,49 ha.

Iklm sebagai salah satu faktor lingkungan fisik mempunyai peranan penting dalam menentukan keadaan fisik suatu daerah. Tipe iklim daerah Penelitian menurut system Koppen termasuk iklim A. (iklim hujan tropis) yang terdiri dari Af, Am, dan Aw. Kondisi iklim tersebut berarti iklim wilayah Provinsi Sulawesi Selatan iklim tropis basah

hingga kering. Menurut data curah hujan dari 175 stasiun di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan, jumlah curah hujan rata-rata tahunan berkisar kurang dari 1000 mm hingga lebih 4000 mm per tahun.

Secara fisiografi daerah Penelitian terletak di Lengan Selatan Sulawesi yang memiliki kondisi geologi yang sangat rumit. Daerah Penelitian tersusun atas beberapa formasi batuan yang meliputi 69 formasi. Dari 69 formasi tersebut secara garis besarnya terdiri dari batuan beku (batuan intrusi dan batuan ekstrusi), batuan sedimen sungai danau dan laut (laut dangkal dan laut dalam), dan batuan metamorf.

Proses geomorfologi yang bekerja mencakup proses pelapukan, pelarutan, erosi maupun pengendapan oleh sungai. Sebagai akibat dari proses pelapukan dengan berbagai tingkatan dan faktor-faktor pembentuk tanah yang lain sehingga berkembangnya yang bermacam-macam. Berbagai jenis tanah yang berkembang di daerah Penelitian meliputi: tanah Aluvial, Komplek Lasosol, Regosol, Grumosol, Renzina, Mediteran, Brown Forest.

Kondisi hidrologi tidak lepas dari faktor topografi, geomorfologi, batuan dan iklim. Perubahan musim hujan dan kemarau selain berpengaruh pada kondisi air

Tabel 1. Klasifikasi Tingkat Rawan Bencana Longsor

No.	Klas	Klas Interval	Tingkat Rawan Longsor
1.	I	= 17	Tidak Rawan
2.	II	18 – 24	Agak Rawan
3.	III	25 – 31	Cukup Rawan
4.	IV	32 -38	Rawan
5.	V	= 39	Sangat Rawan

Sumber: Dibyosaputro (1998) dengan pengembangan

permukaan, juga mempengaruhi air tanah. Wilayah Provinsi Sulawesi Selatan memiliki perbedaan waktu musim hujan antara Sulawesi Selatan bagian barat dan Sulawesi Selatan bagian timur.

Penggunaan lahan adalah penggunaan sumberdaya alam untuk kesejahteraan yang tercermin dalam berbagai bentuk pemanfaatan lahan. Di daerah penelian terdapat 13 jenis penggunaan lahan yaitu; Hutan lahan kering, hutan mangrove, semak, hutan tanaman industri, per-kebunan, pertanian lahan kering, savana, sawah, permukiman, pertambangan, tambak dan tanah terbuka.

Tingkat Rawan Bencana Longsor

Tingkat rawan bencana longsor ditetapkan dari hasil tumpang susun (*overlay*) peta tematik sepuluh variabel faktor penyebab longsor. Kesepuluh variabel tersebut yaitu; Geologi (sifat batuan, stratigrafi, struktur geologi, kedalaman pelapukan, tingkat rawan gempa), tanah (ketebalan solum), iklim (curah hujan), topografi (kemiringan lereng), vegetasi (kerapatan vegetasi), manusia (penggunaan lahan).

Di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan dari hasil overlay kesepuluh faktor penyebab longsor diperoleh 5 (lima) kelas tingkat rawan bencana longsor, meliputi ; tidak rawan, agak rawan, cukup rawan, rawan dan sangat rawan. Secara umum Provinsi Sulawesi Selatan cukup rawan bencana longsor terdapat 2398,250.18 Ha atau 52,79 persen, yang tidak rawan hanya 13442.90 Ha atau 0,30 persen. Daerah yang sangat rawan bencana longsor hanya seluas 21,049.82 Ha atau 0.46 persen Untuk lebih jelasnya lihat Tabel 2.

Sebaran Daerah Rawan Bencana Longsor

Daerah yang cukup rawan bencana longsor-nya tersebar hampir seluruh Kabupaten/ Kota di wilayah Provinsi Sulawesi Selatan. Daerah yang sangat rawan bencana longsor tersebar di 3 (tiga) Kabupaten meliputi; Luwu Utara (Kecamatan Rambo), Luwu (Kecamatan Lamasi dan Walengrang) dan Tana Toraja Utara (Kecamatan Balusu, Sesean, Sa'dan). Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 1 (Lampiran) Peta Tingkat Rawan Bencana Longsor Provinsi Sulawesi Selatan.

Tabel 2. Tingkat Rawan Bencana Longsor di Provinsi Sulawesi Selatan

No	Kelas	Kriteria	Kelas Rawan Bencana	Luas (Ha)	Persen (%)
1.	0	Perairan	Perairan	93218.81	2.05
2.	I	= 17	Tidak Rawan	13442.90	0.30
3.	II	18 - 24	Agak Rawan	804,971.32	17.72
4.	III	25 - 31	Cukup Rawan	2398,250.18	52.79
5.	IV	32 - 38	Rawan	1221843.46	26.68
6.	V	= 39	Sangat Rawan	21,049.82	0.46
Jumlah				4,542,776.49	100.00

Sumber: hasil analisis

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis secara umum di Provinsi Sulawesi Selatan sebagian besar wilayahnya cukup rawan terhadap bencana longsor. Oleh karena sifat geologinya yang kompleks, ke-miringan lereng bervariasi, dan curah hujan bervariasi dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Wilayah yang sangat rawan terjadi bencana longsor tersebar di 3 (tiga) kabupaten yaitu; Luwu Utara, Luwu, dan Tanah Toraja Utara.

Dari hasil analisis dapat direkomendasikan bahwa perlu adanya kesadaran

pemerintah dan masyarakat memahami faktor penyebab longsor di wilayahnya agar aktivitasnya dalam memenuhi kebutuhan tidak menjadi penyebab terjadinya longsor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan beserta stafnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2004. Bencana Longsor Gunung Bawakaraeng. *Berita*. (<http://www.fajar.co.id/koran/1263039174/FAJAR.UTM-11-8.pdf>).
- Anonim, 2006. Data Kerusakan dan Kerugian Bencana Alam Sinjai. *Berita*. PKPU Online Makassar, 26/6/2006.
- Anonim, 2009. Longsor Poros Malino Majannang. *Berita* Tribun Timur, 2 Februari 2009.
- Anonim, 2009. Gunung Bawakaraeng Masih Mengancam. *Berita*. (<http://www.sabo.int.org/case/bawakaraeng.pdf>).
- Anonim, 2010. Archive for category Tanah Longsor. *Berita*. Error! Hyperlink reference not valid.
- Arsyad, Sitanala. 2006. *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Basri. 1987. *Dasar-Dasar Geomorfologi Indonesia*. Penerbit UI.Jakarta.
- Bemmelen, V.R.W. 1942. *The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes*. Vol IA. The Hague Wageningen.
- Budiyanto, Eko. 2004. *Sistem Informasi Geografis Menggunakan MapInfo*. Andi Yogyakarta.
- Daldjoeni, N. 1986. *Pokok Pokok Klimatologi*. Alumni. Bandung.
- Departemen P.U. 1987. *Petunjuk Perencanaan Penanggulangan Longsoran*. Yayasan Badan Penerbit PU. Jakarta.
- Dibiyosaputro, Suprpto. 1997. *Geomorfologi Dasar*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Dibiyosaputro, Suprpto. 1998. Pemetaan Longsor Kabupaten Kulonprogo. *Laporan Penelitian*. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Dibiyosaputra, Suprpto. 1999. Longsor Lahan di Daerah Kecamatan Samigaluh kanupaten Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Majalah Geografi Indonesia*. UGM. Yogyakarta
- Graha, D.S. 1987. *Batuan dan Mineral*. Penerbit Nova Bandung.
- Hartuti, Evi Rine, 2009. *Buku Pintar Gempa*. DIVA Press.Yogyakarta.
- Harjowigeno, S.1993. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*, AKAPRESS, Jakarta
- Kartasapoetro, G. 1991. *Teknologi Konservasi Tanah dan Air*, Rineka Cipta, Jakarta.
- Katili, J.A. *Geologi*. Percetakan Kilatmadju. Bandung.
- Nasiah, 2008. Zonasi Bahaya Longsor di Wilayah Hulu DAS Kelara Kabupaten Gowa. *Laporan Penelitian*. UNM Makassar.
- Nasiah, 2010. Zonasi Bahaya Longsor Lahan di DAS Dondole Keamatan Tompobulu Kabupaten Gowa. *Jurnal LaGeografia*. Jurusan Geografi FMIPA UNM.
- , 2012. Pemetaan Daerah Rawan Bencana Longsor dan Model Penanggulangan Bencana Berbasis Masyarakat. *Laporan Penelitian Strategis Nasional*. Dikti. UNM Makassar.
- Notohadiprawiro, N. 2000. *Tanah dan Lingkungan*. Pusat Studi Sumber Daya Lahan UGM
- Sitter, L.U. 1974. *Structural Geology*. Mc. Graw Hill Book Company New York.
- Soeriaatmadja, R.E. 1989. Pengembangan Analisis Risiko Bencana Alam Sebagai Bagian Dari PP 29/1986 Tentang AMDAL. *Makalah* Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Suharyadi. 1984. *Geologi Teknik Untuk Teknik Sipil* Biro Penebit TS UGM. Yogyakarta.
- Sudjadi, M., I.M. Widjik dan M. Soleh.1971. *Penuntun Analisis Tanah, Air dan Tanaman*. Bagian Kesuburan Tanah LPT Bogor.
- Sungkowo, Andi, Yudo Wiyono. 1994. *Petunjuk Praktikum Geomorfologi*. UPN Veteran Yogyakarta.
- Suriamiharja, D.A.2000. Dinamika Pertumbuhan dan Penggunaan Hampanan Delta Jeneberang. *Laporan Penelitian*. PPLH. UNHAS
- Sutikno, dkk., 1995. Pemetaan Daerah Rawan Bencana Alam Provinsi Jawa Tengah. *Laporan Penelitian*. Kerjasama antara BAPPEDA TK I. Provinsi Jawa Tengah dengan Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.

- Thornbury, W.D. 1969. *Principles of Geomorphology Second Edition*. John Wiley and Sons, Inc. New York – London – Sydney – Toronto.
- Uca, dan Nasiah. 2007. Pemetaan dan Zonasi Rawan Longsor Kabupaten Enrekang. *Laporan Penelitian*. Bappeda Kabupaten Enrekang.
- Yousman, yeyep. 2004. *Sistem Informasi Geografis dengan MapInfo Profesional*. Andi Yogyakarta.
- Zaruba, Q and Vojtech Mencil. 1982. *Landslides And Their Control*. Elsevier Scientific Publishing Company.

LAMPIRAN

Gambar 1. Peta Tingkat Rawan Bencana Longsor Provinsi Sulawesi Selatan