

Kajian Aspek Bentuk Lahan dan Geologi Berdasarkan Mikrotremor dalam Perencanaan Ruang Kawasan Rawan Gempa di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta (Studi Kasus: Kecamatan Bantul, Jetis, Imogiri, dan Kretek)

Arif Gunawan¹, Parfi Khadiyanto²

Diterima : 02 April 2012

Disetujui : 27 April 2012

ABSTRACT

The high risk of loss due to frequent occurrence of earthquakes increasingly demanded adaptable spatial planning based on disaster mitigation. This study examines the geologic and earth science aspect in earthquake prone area of Bantul Regency. Analysis was presented in microtemor map and microtemor parametric distribution table per unit of land, land use comparison of pre and post 2006 earthquake, and implementation assessment of land use planning in the study area. Inferential analysis by linear regression indicated the correlation of vulnerability index to collapse ratio. The study found diversity in geologic sediment characteristics and local landform in respons to earthquake altering the seismic vulnerability index thus affecting collapse ratio. Therefore there is a need for a detailed spatial plan which include a detailed geological sediment and local landform analysis.

Keywords: spatial planning, microtemor, landform, geology

ABSTRAK

Besarnya resiko kerugian akibat seringnya gempa di Indonesia makin menuntut penataan ruang yang adaptif berbasis mitigasi bencana. Penelitian ini mengkaji aspek geologi dan ilmu kebumian dalam perencanaan tata ruang di kawasan rawan bencana gempa bumi Kabupaten Bantul. Analisis disajikan dalam bentuk peta distribusi mikrotremor dan tabel distribusi parameter mikrotremor terhadap satuan bentuk lahan, perbandingan perubahan guna lahan pra dan pasca gempa 2006 serta kajian implementasi rencana tata ruang di daerah penelitian. Analisis inferensial menggunakan regresi linier mengindikasikan hubungan indeks kerentanan terhadap rasio kerusakan. Studi ini menemukan perbedaan karakteristik geologis endapan dan bentuk lahan setempat dalam merespon gempa sehingga mengubah parameter indeks kerentanan seismik yang mengakibatkan perbedaan tingkat kerusakan. Untuk itu dibutuhkan penyusunan produk detil perencanaan ruang dengan memasukkan unsur kajian detil terhadap kondisi geologi endapan dan bentuk lahan setempat.

Kata kunci: perencanaan ruang, mikrotremor, bentuk lahan, geologi

¹ Ditjen Sumber Daya Alam Kementerian PU, DKI Jakarta

² Dosen Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Undip, Semarang, Jawa Tengah
Kontak Penulis : parfikh@gmail.com

PENDAHULUAN

Keberadaan interaksi antar lempeng akibat pertemuan 3 (tiga) lempeng besar dunia yakni Eurasia, Indo-Australia, dan Pasifik serta 9 (sembilan) lempeng kecil lainnya di wilayah Indonesia membentuk jalur-jalur pertemuan lempeng yang kompleks (Bird, 2003 dalam Irsyam, Masyhur et al. 2010). Hal ini menempatkan wilayah Indonesia sebagai wilayah yang sangat rawan terhadap gempa bumi (Milson et al., 1992 dalam Irsyam, Masyhur et al. 2010). Gempa bumi yang disebabkan karena interaksi lempeng tektonik dapat menimbulkan gelombang pasang apabila terjadi di samudera (tsunami). Adanya keberadaan wilayah tersebut menyebabkan gempa bumi menjadi salah satu bencana alam yang relatif sering terjadi di Indonesia. Sebagai contohnya adalah peristiwa gempa bumi berkekuatan 5,9 Skala Richter di Provinsi D.I Yogyakarta dan Jawa Tengah dengan pusat gempa di selatan Kota Yogyakarta/Kabupaten Bantul pada tanggal 27 Mei 2006 yang lalu. Gempa ini tidak saja tergolong gempa yang jarang terjadi di Yogyakarta, namun juga secara kultural masyarakat setempat belum memiliki daya adaptasi yang memadai dalam menghadapi bencana tersebut.

Adanya potensi terhadap ancaman bencana ini menimbulkan terbentuknya beberapa limitasi dalam perkembangan fisik lingkungan perkotaan di kawasan yang terkena dampak bencana gempa bumi ini. Di saat yang bersamaan, tuntutan terhadap perkembangan perkotaan yang ada sedemikian tumbuh dengan pesatnya seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Hal ini akhirnya akan menimbulkan fenomena peralihan fungsi lahan maupun ruang yang tidak terbangun ke arah terbangun, baik terencana sesuai dengan landasan penataan ruang ataupun tidak (Susanti, 2009). Berdasarkan pada kondisi tersebut, diperlukan berbagai upaya ke arah penciptaan penataan ruang berbasis mitigasi bencana gempa yang komprehensif dan efektif dari seluruh stakeholder dengan mengikutsertakan tindakan partisipatif masyarakat setempat dalam mendukung implementasinya. Berdasarkan pada hasil penentuan zonasi tingkat kerentanan tanah melalui pengamatan dan analisis mikrotremor gempa bumi dapat menjadi basis data dan mendukung upaya pemanfaatan dan pengendalian ruang di kawasan rawan bencana. Hal ini tentu dimaksudkan agar kesenjangan pemahaman terhadap fenomena *earthquake disaster* yang ada dapat segera diminimalkan agar masyarakat di kawasan rawan bencana gempa bumi ini menjadi semakin responsif, memiliki pola pikir terhadap bahaya di lingkungannya dan dapat melakukan evakuasi secara mandiri di bawah koordinasi pihak Pemerintah Kabupaten setempat.

Pasca terjadinya gempa bumi tahun 2006 yang lalu menyadarkan segenap pihak terkait terhadap pentingnya mitigasi (pengurangan resiko) bencana dalam penyusunan rencana tata ruang. Akibatnya Pemerintah Pusat, Pemerintah Daerah Kabupaten Bantul, dan segenap pihak terkait lainnya dituntut dapat menyelaraskan rencana tata ruang wilayah dengan berbagai ancaman kebencanaan terbaru baik yang telah terjadi maupun yang belum pernah namun tetap menjadi ancaman di masa depan dalam berbagai produk rencana tata ruangnya. Untuk itu, maka mitigasi bencana yang memprioritaskan pada kajian ilmu geologi dan geoteknik dapat menjadi landasan dasar bagi penyusunan rencana tata ruang. Dan itu semua bermula pada ketiadaan informasi yang cukup memadai dari sisi perencanaan tata ruang yang berbasis mitigasi bencana. Adapun perumusan masalah sebagai berikut:

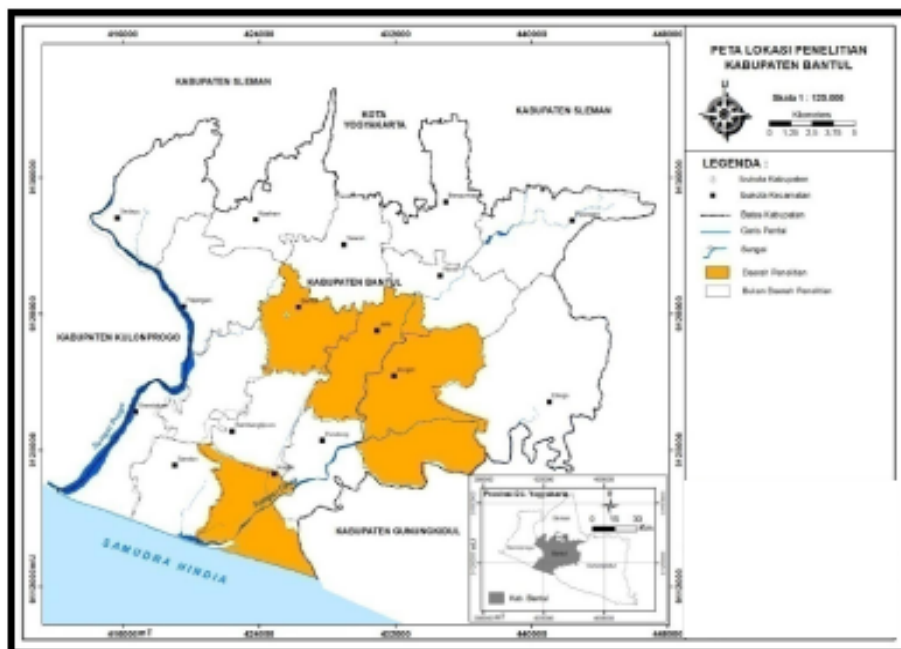
- a. Masih belum efektifnya kesiapan operasional skenario perencanaan tata ruang berbasis mitigasi bencana yang tepat dan benar.
- b. Keterpaduan berbagai informasi terkait dengan perencanaan dan evaluasi guna lahan serta potensi kerentanan dan resiko bencana gempa bumi sebagai salah satu jenis ancaman bencana di masa yang akan datang hingga saat ini dirasakan masih belum optimal.

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif dengan penelitian survei. Metode ini menekankan pada pengambilan data dari lapangan dengan cara pengukuran. Kemudian dilakukan analisis menggunakan analisis deskriptif kuantitatif dan komparatif spasial serta analisis statistika inferensial (regresi linier) sehingga diperoleh bentuk model yang mewakili kondisi lapangan. Output yang diharapkan adalah informasi peta tematik utama yakni peta kerentanan dan resiko gempa bumi dalam skala microzonation. Pada penelitian ini dilakukan proses pengukuran melalui pengamatan gelombang mikrotremor di lapangan. Mengingat karena kondisi fisik alam memiliki karakteristik yang berbeda dan dicerminkan oleh adanya berbagai satuan bentuk lahan geomorfologi dan kelas kelerengan, maka teknik pengambilan sampelnya melalui purposive proportional sampling. Jumlah sampel yang diusulkan untuk diambil adalah sekitar 30-40 sampel di wilayah studi yang diwakili oleh 4 (empat) kecamatan yakni Bantul, Jetis, Imogiri, dan Kretek.

GAMBARAN UMUM WILAYAH STUDI

Ruang lingkup spasial yang diusulkan oleh peneliti adalah 4 (empat) wilayah di Kecamatan Bantul, Jetis, Imogiri, dan Kretek. Keempat wilayah ini merupakan perwakilan yang penulis anggap representatif untuk diteliti sesuai dengan data hasil pendataan lapangan pada tahun 2006 oleh UNCO (United Nations Coordination Office) beserta perangkat pemerintah di lingkup Provinsi DI Yogyakarta dan Kabupaten Bantul serta Satuan Koordinasi Pelaksana (Satkorlak). Pada Gambar 1 warna arsiran orange menunjukkan lokasi usulan wilayah penelitian pada 4 (empat) kecamatan terpilih yang dipandang oleh peneliti cukup mewakili tingkat kerusakan terparah akibat gempa di tahun 2006 yang lalu.



Sumber: Olahan Peneliti, 2011

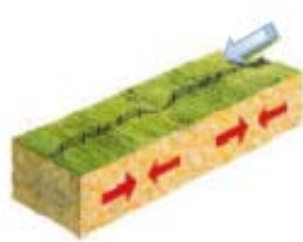
GAMBAR 1
PETA LOKASI PENELITIAN

KAJIAN ILMU KEBUMIHAN DALAM PERENCANAAN RUANG DI KAWASAN RAWAN GEMPA BUMI

Gempa bumi didefinisikan sebagai getaran pada bumi yang bersifat alami yang terjadi pada lokasi tertentu dan sifatnya tidak berkelanjutan. Getaran pada bumi dapat terjadi akibat adanya proses pergeseran secara tiba-tiba pada kerak bumi. Pergeseran secara tiba-tiba terjadi karena adanya sumber gaya sebagai penyebabnya, baik bersumber dari alam maupun dari bantuan manusia (*artificial earthquakes*). Selain disebabkan oleh pergeseran secara tiba-tiba, getaran pada bumi juga bisa disebabkan oleh penyebab lain yang sifatnya lebih halus atau berupa getaran kecil yang sulit dirasakan manusia. Gempa bumi merupakan bencana alam yang memiliki dampak yang sangat kompleks diantaranya adalah menimbulkan sejumlah kerusakan terhadap prasarana dan sarana umum termasuk dalam hal ini sistem pendukung kehidupan sehari-hari masyarakat seperti air, gas, listrik, jalan, serta jaringan pelayanan umum lainnya. Dampak yang sangat dirasakan adalah kerusakan infrastruktur publik seperti perumahan/permukiman, jalan, hingga berbagai fasilitas sanitasi dan air minum. Dalam penjarannya gelombang seismik dari gempa bumi ini akan mengakibatkan guncangan yang dahsyat pada kulit bumi (*ground shaking*) dan terjadinya pergeseran pada kulit bumi (*ground faulting/failure*). Di samping itu, adanya gempa ini juga menimbulkan potensi bencana lainnya yang dipicu oleh gempa bumi ini diantaranya yakni longsor (*landslide*), *liquefaction*, kebakaran dan tsunami.

Gelombang seismik atau gelombang elastik terdiri atas dua jenis berdasarkan karakteristiknya, yaitu gelombang tubuh (*body wave*) dan gelombang permukaan (*surface wave*). Metode seismik memanfaatkan penjaran gelombang seismik ke dalam bumi. Yang menjadi objek perhatian utama pada rekaman gelombang seismik dalam metode ini ialah *body wave*. Gelombang ini merupakan gelombang yang energinya ditransfer melalui medium di dalam bumi. Sedangkan pada *surface wave*, transfer energinya pada permukaan bebas sehingga tidak terjadi penetrasi ke dalam medium bumi dan hanya merambat di permukaan bumi saja. Meskipun gelombang ini hadir setelah gelombang tubuh (*body waves*) namun gelombang permukaan ini bersifat sangat merusak (*most damaging*) disebabkan karena rambatannya berada dan langsung dirasakan oleh manusia. Gelombang tubuh (*body wave*) dapat dibagi menjadi dua macam (Gambar 2), yaitu:

1. *P-wave* atau gelombang-P/gelombang primer. Gelombang ini merupakan tipe pertama yang hadir dengan kecepatan tertinggi. Gelombang ini adalah gelombang longitudinal dimana arah pergerakan partikel akan searah dengan arah rambat gelombang. Terdiri dari rangkaian kontraksi dan ekspansi (*succession of contractions and expansions*) dan gerakan partikel-partikel dalam batuan adalah paralel dengan arah getaran gelombangnya. Gelombang ini dapat melalui berbagai medium yakni padat, liquid, hingga udara.
2. *S-wave* atau gelombang-S/gelombang sekunder. Gelombang ini adalah gelombang transversal dimana arah pergerakan partikel akan tegak lurus dengan arah rambat gelombang.



Gelombang P:
Arah rambatan paralel dengan getaran antar partikel

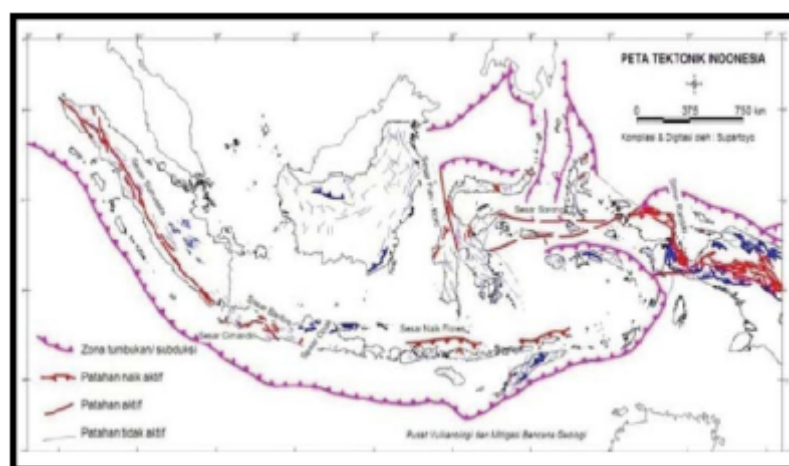


Gelombang S :
Arah rambatan tegak lurus/perpendicular dengan getaran partikel

Sumber: British Geological Survey, 2002

GAMBAR 2
TAMPILAN 3 DIMENSI PERAMBATAN GELOMBANG P DAN S

Tektonik di Indonesia bersifat sangat kompleks dikarenakan merupakan pertemuan antar lempeng tektonik yakni 3 (tiga) lempeng utama dan 9 (sembilan) lempeng kecil lainnya. Posisi Indonesia ini jika dikaji secara detil adalah berada diantara 2 (dua) lempeng benua (*continental plates*), yakni Lempeng Eurasia (*Sunda Shelf*) dan Lempeng Australia (*Sahul Shelf*) serta 2 (dua) lempeng samudera (*oceanic plates*) terdiri dari Lempeng India dan Pasifik (Darman dan Sidi, 2000). Saat ini Lempeng samudera India bergerak menunjam Lempeng benua Eurasia sehingga membentuk rangkaian gunung api (*volcanic arc*) di bagian barat kepulauan Indonesia. Hal ini dapat diamati dari terbentuknya kemenerusan jalur *volcanic arc* Pulau Sumatera, Jawa, Bali, hingga Nusa Tenggara. Sedangkan untuk kawasan timur Indonesia kondisi tektoniknya dikendalikan oleh pertemuan antara Lempeng benua Australia dan Lempeng samudera Pasifik. Zona subduksi merupakan daerah yang berkarakteristik aktif karena dicirikan oleh 3 (tiga) bukti yakni adanya kecepatan yang tinggi dari pergerakan lempeng tektonik; adanya frekuensi dan magnitudo gempa bumi; serta keragaman rangkaian gunung api aktif (Marso et al, 2008). Jalur seismik inilah yang mengindikasikan aktivitas kegempaan dan dampak ikutannya seperti tsunami. Adapun beberapa patahan yang berskala regional diantaranya patahan Sumatera, Palu-Koro, Sorong, Cimandiri, Baribis, Flores, hingga Opak dan Gunungkidul (Gambar 3).



Sumber: Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, 2008

GAMBAR 3
PETA TEKTONIK DAN DISTRIBUSI PATAHAN AKTIF DI INDONESIA

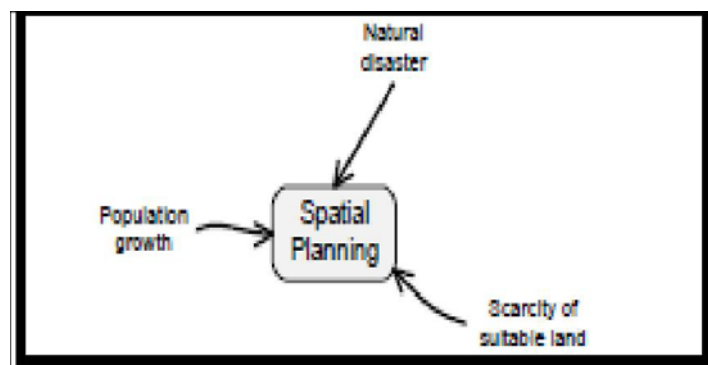
Terminologi dan Hirarki Mitigasi Bencana

Mitigasi dalam terminologi bencana didefinisikan sebagai berbagai upaya manusia dengan tujuan utama mengurangi resiko atau dampak akibat peristiwa bencana baik yang disebabkan oleh alam maupun aktivitas manusia (Sudibyakto, 2011). Apabila suatu peristiwa yang memiliki potensi bahaya terjadi di suatu daerah dengan kondisi yang rentan, maka daerah tersebut dapat dikategorikan beresiko terkena bencana (Sadisun, 2007). Jika dicermati secara mendalam, aspek resiko bencana dipengaruhi oleh faktor-faktor penyusunnya, yakni bahaya (*hazards*) dan kerentanan (*vulnerability*). Dalam hal keberadaan faktor kapasitas (*capacity factor*) dan dapat dianggap sebagai bagian dari faktor kerentanan yang dapat mengurangi kerentanan bila kapasitas pada daerah tersebut termasuk kategori tinggi. Sebaliknya, apabila kapasitas daerah masih termasuk dalam kategori rendah maka akan mempengaruhi terjadinya peningkatan tingkat kerentanannya. Contoh yang termasuk diantaranya adalah kemampuan adaptasi dan daya siap siaga dari seluruh stakeholder daerah rawan bencana terhadap kemungkinan terjadinya bencana. Kondisi resiko bencana ini merupakan fungsi dari bahaya atau ancaman (*hazards*), kerentanan (*vulnerability*) dan kapasitas masyarakat (*community capacity*). Jika analisis resiko dilakukan secara kuantitatif maka diperlukan adanya perhitungan parameter nilai atau harga dari elemen-elemen resikonya (*elements at risks*). Formulasi yang berlaku dapat diungkapkan sebagai:

$$\text{Risk} = f \{ (\text{Hazards} * \text{Vulnerability Value}) / \text{Capacity} \}$$

Perencanaan Tata Ruang Berbasis Mitigasi Bencana

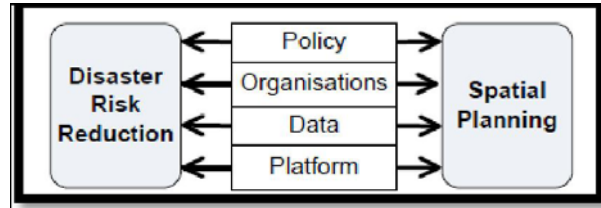
Penataan Ruang secara umum merupakan rangkaian proses alokasi, pembentukan, dan penselarasan ruang atau lahan bagi berbagai kegiatan multifungsi (Albrechts dalam Sutanta et.al, 2009). Tujuan utama dari penataan ruang adalah untuk menentukan pemanfaatan ruang di masa mendatang (Greiving et al dalam Sutanta et al, 2009). Terdapat setidaknya 3 (tiga) tantangan bagi para planners dalam mengemban tujuan tersebut, diantaranya adalah: pertumbuhan penduduk yang cepat (*flash rate of population growth*), kelangkaan lahan (*scarcity of land*), dan berbagai resiko yang berasal dari bencana alam (*natural hazards*) sebagaimana terdapat pada Gambar 4.



Sumber: Sutanta et al, 2009

GAMBAR 4
TEKANAN EKSTERNAL PADA PERENCANAAN RUANG

Integrasi pengurangan resiko bencana alam ke dalam penataan ruang meliputi beberapa aspek terkait diantaranya adalah kebijakan, organisasi/kelembagaan, data, dan platform (Sutanta et.al, 2009) sebagaimana tergambar pada Gambar 5.

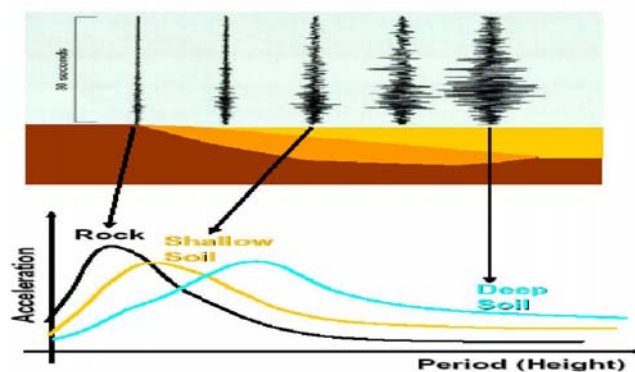


Sumber: Sutanta et al, 2009

GAMBAR 5
HUBUNGAN PERENCANAAN RUANG DAN PENGURANGAN RESIKO BENCANA

Berdasarkan pada gambar tersebut, terlihat bahwa keterkaitan perencanaan tata ruang dan pengurangan resiko bencana tercantum dalam 4 (empat) ruang lingkup, yakni kebijakan dan arahan, kelembagaan, ketersediaan data, dan kerangka kerja dalam bentuk program implementasinya. Keempat hal tersebut dapat dipadupadankan dengan kondisi yang disesuaikan di lapangan. Keempat elemen ini dikenal pula sebagai syarat pemadupadanan penataan ruang dengan memperhatikan aspek pengurangan resiko bencana yang akan terjadi. Dalam konteks perencanaan tata ruang di kawasan rentan gempa bumi, maka keterpaduan tiap elemen tersebut menjadi mutlak adanya.

Pengembangan Mikrotremor dan Zonasi Kerentanan Tanah sebagai Faktor Pertimbangan dalam Arahan Perencanaan Tata Ruang di Kawasan Rawan Gempa. Nakamura (1989) telah mengembangkan pengukuran seismograf (alat ukur magnitudo gempa bumi) yang berbasiskan horizontal to vertical spectrum ratio (HVSr). Sistem ini membandingkan komponen hasil ukur dalam skala horisontal dengan vertikalnya sehingga akan diperoleh 3 (tiga) besaran utama frekuensi resonansi/predominan (f_0), amplitudo/puncak simpangan kurva (A), dan indeks kerentanan seismik (K_g). Ketiga parameter ini mengindikasikan karakteristik dinamik dari lapisan tanah permukaan dalam merespon perambatan gelombang gempa/seismik. Secara definisinya mikrotremor merupakan jenis gelombang seismik dengan orde amplitudo kurang dari 10-3 cm (Bullen and Bolt, 1985 dalam Daryono, 2009). Implementasi mikrotremor tidak terlepas dari fenomena *local site effects* sebagai peristiwa dampak geologi lokal dalam merespon perambatan gelombang seismik pada suatu wilayah dan terkait dengan peluang terjadinya kerusakan bangunan/infrastruktur di atasnya. Selain itu juga adanya perbedaan aspek material batuan/geologi dapat mengubah sifat perambatan seismik yang datang (Gambar 6).



Sumber: Okuma et al, 2000 dalam Daryono, 2011

GAMBAR 6
BEBERAPA POLA SEISMOGRAM YANG TEREKAM DAN MENUNJUKKAN KARAKTERISTIK JENIS BATUAN/GEOLOGI

ANALISIS PERENCANAAN RUANG KAWASAN RAWAN GEMPA BERDASARKAN ASPEK FISIK ALAM DAN MIKROTREMOR PASCA GEMPA 27 MEI 2006

Analisis Karakteristik Topografi, Kelerengan, Geomorfologi, Bentuk Lahan serta Geologi Kecamatan Bantul, Jetis, Imogiri, dan Kretek

1. Karakteristik Kelerengan
 - Kecamatan Bantul dengan persen lereng 0-8% dan luas 2.195 ha merupakan bentang alam berupa dataran berelief landai serta terdapat proses sedimentasi erosi yang seimbang (tidak intensif).
 - Kecamatan Jetis dengan persen lereng dominan 0-8% (seluas 2.300 ha) dan 8-15% (seluas 147 ha) merupakan bentang alam dominan yakni dataran berelief landai serta terdapat proses erosi intensif di bagian timur. Sedimentasi di sepanjang DAS Opak-Oyo.
 - Kecamatan Imogiri dengan persen lereng dominan 8-15% (seluas 5.201 ha) dan 0-8% (seluas 248 ha) merupakan bentang alam dominan yakni dataran berelief agak curam serta terdapat proses erosi intensif di sebagian besar wilayah.
 - Kecamatan Kretek dengan persen lereng dominan 0-8% (seluas 2.302 ha) dan 8-15% (seluas 375 ha) merupakan bentang alam dominan yakni dataran berelief landai (di timur-tenggara yang berbatasan dengan Kecamatan Pundong).
2. Topografi, Geomorfologi, dan Bentuk Lahan
 - Kecamatan Bantul dengan karakteristik kerapatan kontur jarang, bentuk lereng planar dan berada di elevasi 0-125 m. Kelas geomorfologi adalah dataran dengan relief halus. Bentuk lahan didominasi oleh fluvio volcanic dan kaki vulkanik Merapi.
 - Kecamatan Jetis dengan karakteristik kerapatan kontur jarang (dominan), bentuk lereng planar dan berada di elevasi 0-125 m (dominan) dan sebagian kecil berelevasi 125-375 m. Kelas geomorfologi adalah didominasi dataran dengan relief halus dan hanya sebagian kecil relief agak kasar. Bentuk lahan didominasi oleh fluvio volcanic dan sebagian kecil (bagian timur) merupakan Pegunungan Selatan.
 - Kecamatan Imogiri dengan karakteristik kerapatan kontur rapat (dominan), bentuk lereng cembung-planar (convex plain) dan berada di elevasi 125-375 m dan 375-500 m (dominan) serta hanya sebagian kecil berelevasi 0-125 m. Kelas geomorfologi adalah didominasi dataran dengan relief agak kasar hingga kasar. Bentuk lahan didominasi oleh Southern Mountainous yang terdiri dari dataran kaki lereng koluvial Baturagung, perbukitan struktural Formasi Nglanggran-Semilir dan Wonosari.
 - Kecamatan Kretek dengan karakteristik kerapatan kontur jarang (dominan) dan sebagian kecil (timur-tenggara) yang berkontur rapat, bentuk lereng planar dan berada di elevasi 0-125 m (dominan) dan sebagian kecil berelevasi 125-375 m. Kelas geomorfologi adalah didominasi dataran dengan relief halus dan hanya sebagian kecil relief agak kasar. Bentuk lahan didominasi oleh fluvio marine dan sebagian kecil (bagian timur-tenggara) merupakan fluvio volcanic.

Analisis Local Site Effects Gempa Bantul Berdasarkan Indeks Kerentanan Seismik Melalui Pengukuran Microtremor

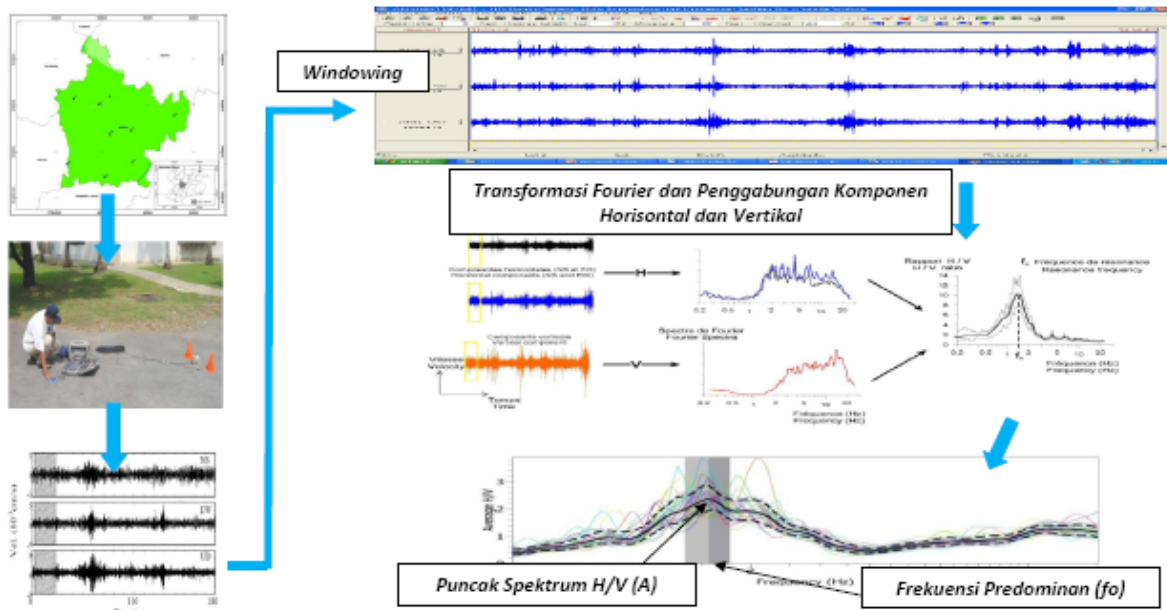
Fenomena gempa bumi jika dikaji berdasarkan pada kaidah dasar keilmuannya merupakan hasil perambatan dari gelombang seismik dalam bumi yang terjadi akibat aktivitas geologi utama yakni baik berupa tektonik maupun vulkanik dan kemudian terekam di permukaan melalui berbagai peralatan manusia yang diantaranya adalah seismograf. Hingga saat ini telah terjadi perkembangan yang sangat signifikan terhadap ilmu kegempaan dan korelasi identifikasi hingga karakteristiknya terhadap tingkat kerusakan dalam konteks keruangan wilayah (*regional spatial*).

Salah satu pendekatan ilmiah terhadap kajian seismik tersebut adalah dengan menggunakan *tool* berupa gelombang *microtremor*. *Microtremor* merupakan bentuk getaran (*vibration*) yang lemah disebabkan adanya amplitudo rendah (*micrometer*) dan perambatannya di permukaan bumi disebabkan aktivitas manusia atau gangguan atmosferik. Semua sumber tersebut menjadi pencetus terjadinya vibrasi *microtremor* (Motamed et al., 2007; Petermans et al., 2006 dalam Daryono et al., 2009). Peristiwa bencana gempa bumi yang melanda Yogyakarta termasuk Kabupaten Bantul sebagai zona terparah tingkat kerusakannya dan korban jiwa sebenarnya terjadi akibat adanya fenomena *local site effects*. *Local site effects* merupakan salah satu fenomena alam yang berupa akibat konfigurasi geologi batuan penyusun di suatu wilayah yang memungkinkan terjadinya perubahan karakter gelombang seismik yang melaluinya (Bath, 1979). Umumnya akan terjadi proses amplifikasi atau de-amplifikasi gelombang tersebut saat melalui material endapan *unconsolidated/ solid* yang membentuk *graben* atau cekungan hasil aktivitas tektonik regional.

Sebagian besar wilayah Bantul dalam sejarah terbentuknya geologi pembentukannya merupakan struktur *graben* yang dibatasi oleh Gunung Merapi di utara, Pegunungan Ija di Kulonprogo sebelah barat, serta Pegunungan Selatan (Gunung Kidul) di bagian timur. Struktur *graben* ini menjadi wilayah yang cukup unik dalam kaitannya dengan kemampuan material batuan penyusun untuk dilalui oleh gelombang seismik (gempa bumi). Di samping itu, kondisi morfologi bentang alam yang terdapat di wilayah *graben* Yogyakarta dan kompleks pegunungan serta gunung berapi yang membatasinya memberikan pengaruh yang signifikan bagi karakteristik rambatan gelombang gempa bumi.

Sebagai bagian dari kajian aspek geologi dalam perencanaan ruang di kawasan rawan gempa, maka peneliti mencoba mengkaji interaksi antara kondisi wilayah *graben* Yogyakarta dengan rambatan gelombang gempa *microtremor* yang menggunakan indeks kerentanan seismik sebagai faktor kunci menilai tingkat bahayanya. Metode ini berbeda dengan yang telah digunakan oleh Tim Riset Teknik Geologi UGM di bawah pimpinan Prof Dwikorita. Metode yang dikembangkan oleh Tim Geologi UGM lebih menitikberatkan pada pengukuran *microtremor* melalui 4 (empat) parameter utama yakni amplitudo getaran, distribusi muka air tanah sebelum gempa, faktor jarak terhadap zona patahan ataupun sumber gempa (*epicentrum*) dan distribusi percepatan respon tanah (*peak ground acceleration*). Sedangkan dalam penelitian ini peneliti menitikberatkan pada penggunaan analisis *microtremor* melalui metode *horizontal to vertical spectral ratio (HVSR)* atau dikenal juga metode Nakamura. HVSR akan menganalisis data getaran tanah dalam fungsi waktu menjadi 3 (tiga) komponen utama spektrum *Fourier* yakni vertikal, horisontal (utara-selatan) dan horisontal (barat-timur). Dalam metode ini masing-masing spektrum *Fourier* mikrotremor dari ketiga komponen tersebut dirata-rata dengan akar rerata kuadrat dan dibagi dengan spektrum *Fourier* komponen vertikal dalam lingkup frekuensi tertentu dan pada akhirnya didapatkan nilai rata-rata rasio spektrum H/V (Nakamura, 1989 dalam Daryono et al., 2009).

Pada prinsipnya prosedur pengolahan data dalam metode analisis HVSR disederhanakan menurut Gambar 7 berikut. Kemudian melalui penggunaan *software* GEOPSY akan diperoleh hasil *output* berupa rata-rata spektrum HVSR setelah melalui berbagai tahapan perhitungan detail terhadap pengamatan gelombang mikrotremor.



Sumber: Hasil Analisis Modifikasi dari Daryono, 2011

GAMBAR 7
DESKRIPSI PROSEDUR METODE ANALISIS “HVSr”

Dari nilai rata-rata spektrum HVSr ini pada akhirnya dapat ditentukan 3 (tiga) parameter utama bagi kuantifikasi tingkat bahaya gelombang seismik gempa yakni nilai frekuensi dominan (f_0), nilai puncak spektrum HVSr/ amplitudo (A), dan indeks kerentanan seismik (K_g). Indeks kerentanan seismik ini merupakan parameter yang diperoleh sebagai hasil pembagian nilai amplitudo atau puncak spektrum gelombang mikrotremor dengan frekuensi-predominannya (Nakamura, 2007 dalam Daryono, 2009), dimana:

$$K_g = \frac{A^2}{f_0}$$

Penentuan sampel pengambilan titik pengukuran mikrotremor pada daerah penelitian di 4 (empat) kecamatan dilakukan secara *purposive proportional sampling* sebagaimana telah dijelaskan pada bab 1. Hal ini mengingat kondisi geomorfologi dan geologi setempat yang memiliki karakteristik wilayah yang khas yakni adanya satuan bentuk lahan yakni dataran *fluvio vulkanik*, perbukitan struktural selatan dan kompleks gumuk pasir maupun kondisi geologi yang berupa struktur *graben/basin*

ARAHAN PENGEMBANGAN WILAYAH BERDASARKAN PETA KERENTANAN BAHAYA GEMPA (MAP OF VULNERABLE) DAN PETA RESIKO GEMPA (MAP OF HAZARD RISK)

Berdasarkan pada peta kerentanan dan peta resiko wilayah gempa, maka dapat dilakukan analisis terhadap arahan pengembangan wilayah pasca bencana tahun 2006 lalu. Pengembangan wilayah di 4 (empat) kecamatan penelitian ditujukan bagi peningkatan kualitas taraf hidup masyarakat setempat dalam kehidupannya. Untuk Kecamatan Bantul yang berfungsi sebagai ibukota kecamatan maupun Kabupaten Bantul, dibutuhkan penataan ruang ulang terhadap berbagai kawasan dengan peruntukan yang beragam dalam mengantisipasi perkembangan penduduk dan kebutuhan permukiman hingga zonasi industri.

Namun di sisi lainnya tetap harus memprioritaskan pengelolaan kelestarian lingkungan hidup. Kebijakan pembangunan kawasan permukiman, perdagangan jasa, perkantoran (pelayanan publik), dan sejenisnya dapat disesuaikan RTRW Kabupaten dan RDTRK terbaru. Keberadaan Desa Bantul, Ringinharjo, Trirenggo, dan Palbapang harus dikembangkan dalam kerangka pengembangan wilayah perkotaan yang berbasis mitigasi bencana gempa. Pada Kecamatan Jetis yang menjadi pusat pengembangan sektor pertanian dan peternakan serta potensi pendukungnya yakni industri kerajinan dan perdagangan, maka penataan ruang saat ini di Desa Trimulyo, Sumberagung, Canden, dan Patalan sudah sewajarnya dikembangkan melalui pola ruang yang mengedepankan peningkatan produksi pertanian, peternakan, industri, dan perdagangan sebagaimana telah ditetapkan dalam RTRW Kabupaten Bantul dengan mempertimbangkan faktor mitigasi bencana gempa buminya.

Untuk Kecamatan Imogiri dengan kondisi morfologi yang lebih bervariasi dibandingkan wilayah kecamatan lainnya, diarahkan pada pengembangan pusat pelayanan perdagangan dan jasa, pusat pengembangan ekonomi kreatif serta salah satu obyek wisata dan tujuan wisata (Kompleks Makam Raja-raja Mataram). Perlu pula mempertimbangkan rencana distribusi kepadatan penduduk yang terbagi dalam 3 (tiga) klasifikasi berbeda yakni “tinggi” dengan kepadatan rencana lebih dari 70 jiwa/ha di Desa Imogiri, Karangtalun, dan sebagian Wukirsari, “sedang” dengan rencana kepadatan penduduk antara 50-70 jiwa/ha untuk semua bagian desa di Kecamatan Imogiri, dan “rendah” dengan rencana kepadatan kurang dari 50 jiwa/ha di sebagian besar wilayah Desa Selopamiro, Wukirsari, Karangtengah, sebagian Kebonagung dan Sriharjo.

Kecamatan Kretek dengan morfologi secara umum berada di wilayah pantai selatan Pulau Jawa juga memiliki karakteristik dalam penanganan rencana tata ruangnya. Desa Parangtritis dan Tirtohargo yang berbatasan secara langsung dengan Samudera Hindia membutuhkan pembatasan pembangunan kawasan permukiman dan alih fungsi selain fungsi awalnya seperti keberadaan gumuk pasir sebagai pusat penelitian alam terpadu. Desa Donotirto dan Tirtosari juga sebaiknya direncanakan sebagai wilayah pendukung aktivitas pariwisata pantai selatan. Hal ini setidaknya membutuhkan pula pembatasan perluasan alih fungsi menjadi permukiman maupun industri berskala besar. Khusus kaitannya dengan informasi peta resiko gempa dimana pada wilayah bagian utara Kecamatan Kretek yang berbatasan dengan Kecamatan Bambanglipuro dan Kecamatan Pundong yang paling beresiko terkena ancaman bahaya gempa, maka perlu mendapat perhatian ekstra dalam antisipasi regulasi pengembangan wilayahnya termasuk diantaranya adalah pengetatan ijin mendirikan bangunan maupun peruntukan infrastruktur lainnya.

Dalam hal ini, berdasarkan hasil kajian mikrotremor ini setidaknya harus dikaji kembali rencana tata ruang di 4 (empat) wilayah kecamatan ini dan juga difungsikan sebagai pemutakhiran informasi sebagaimana diatur dalam Permen PU Nomor 21/PRT/M/2007 dengan mempertimbangkan beberapa aspek berikut:

1. Pengendalian Koefisien Lantai Bangunan (KLB) yang mengatur intensitas pemakaian ruang secara vertikal dalam bentuk ketinggian bangunan maksimum dari muka tanah untuk setiap unit lingkungannya. KLB ini disesuaikan dengan peta kerentanan bahaya gempa bumi dan peta resiko bencana gempa sehingga setidaknya untuk kondisi minimal keamanannya adalah dengan jumlah lantai yang tidak bertingkat dengan tinggi puncak bangunan 12 meter dari lantai dasar (Kepmen Kimpraswil Nomor 327/PRT/2002). Jika akan dilakukan pembangunan yang melebihi lantai dasar, maka harus mengacu pada standar konstruksi bangunan tahan gempa yang lebih ketat. Artinya semakin banyak lantai bangunan yang direncanakan akan mengakibatkan semakin parahnya peluang bangunan

tersebut untuk terkena guncangan dan pergeseran akibat gempa. Hal ini harus diatur kembali secara jelas melalui Perda mengenai Ijin Mendirikan Bangunan (IMB) terbaru sebagai langkah antisipasi pasca bencana tahun 2006 lalu.

2. Kesesuaian perencanaan (*design*) dan pelaksanaan konstruksi bangunan tahan gempa harus diberlakukan di seluruh wilayah kecamatan penelitian. Prinsip utama bangunan tahan gempa adalah adanya kesatuan struktur bangunan dengan memadukan berbagai unsur struktur sehingga saat terjadi gempa masing-masing unsur tersebut dapat bekerja bersama sebagai satu kesatuan. Pemilihan material bahan bangunan juga menentukan tingkat potensi kerusakan akibat gempa (*ground shaking and ground failure*). Material dari kayu atau bambu lebih bersifat resistan terhadap ancaman tersebut dibandingkan dengan batubata (Murakami and Pramitasari, 2008).
3. Perencanaan detil konstruksi bangunan dan pelaksanaan pembangunannya harus mempertimbangkan pula bahaya resonansi gelombang gempa yang akan terjadi (f_0 bangunan = f_0 gempa bumi). Pemilihan *design* dan material konstruksi bangunan sebaiknya memenuhi kaidah tahan gempa agar dapat meminimalisasi peluang resonansi.
4. Penentuan jalur evakuasi penduduk terhadap bencana gempa bumi. Jalur ini sejauh ini telah direncanakan secara komprehensif oleh *stakeholder* terkait dalam mengantisipasi ancaman gempa dan melibatkan aspirasi penduduk setempat. Koordinasi di tingkat kelurahan dan kecamatan sangat menentukan.
5. Kondisi tanah dan batuan setempat sangat mempengaruhi kerusakan bangunan dan pengembangan wilayah (fenomena *local site effects*). Karena mayoritas wilayah penelitian ini berada pada bentuk lahan *fluvio volcanic* dan Endapan Merapi Muda yang berkarakteristik *unconsolidated sediments* dan termasuk kategori daerah rentan gempa, maka aspek perencanaan wilayahnya harus ramah terhadap ancaman bahaya gempa bumi, tidak terkecuali kawasan budidayanya (permukiman, perdagangan, perkantoran dan sebagainya). Hal ini berarti bahwa harus selalu dipadupadankan sinergisitas produk regulasi hingga rencana tata ruang termasuk RTRW Provinsi hingga Kabupaten/Kota maupun rencana detilnya (Permen PU Nomor 21/PRT/M/2007).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil identifikasi lapangan, analisis yang telah dilakukan dan temuan studi yang diperoleh dari penelitian ini, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Daerah penelitian merupakan wilayah dengan potensi kerentanan dan resiko terhadap ancaman bencana gempa bumi yang bervariasi. Derajat potensi kerentanan suatu wilayah dipengaruhi oleh komposisi material endapan yang terdapat dalam satuan bentuk lahannya. Tingkat resiko bencana menjadi menguat jika indeks kerentanannya juga semakin meningkat karena berkorelasi langsung dengan rasio kerusakan bangunannya (*collapse ratio*).
2. Adanya perubahan karakteristik bentuk lahan dan konstelasi geologi bawah permukaan di daerah rawan bencana gempa bumi diikuti oleh perubahan nilai parameter mikrotremornya secara signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa fenomena *local site effects* dapat menjelaskan mekanisme gempa bumi yang pernah terjadi dan berpotensi akan terjadi kembali di masa mendatang.
3. Dibutuhkan mekanisme khusus perencanaan ruangnya dengan membatasi pengembangan kawasan budidaya yang rawan terhadap *ground shaking* maupun *ground failure* seperti permukiman, industri, serta perdagangan-jasa yang membutuhkan konstruksi material bangunan ramah dan sekaligus tahan gempa. Hal ini dapat diantisipasi dan diatur lebih

lanjut dalam rencana detil sebagai implementasi dari Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Bantul yang baru saja disahkan di tahun 2011.

4. Peta kerentanan gempa bumi (*map of vulnerable*) dan peta resiko gempa bumi (*map of risk*) merupakan representasi adanya perubahan bentuk lahan dan kondisi geologi (endapan) setempat serta berkorelasi secara langsung terhadap rasio kerusakan konstruksi bangunan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Alarslan, Ebru. 2007. “Comparative Analysis of Disaster Legislation and Risk Mitigation Between Germany and Turkey” (Dissertation on Disaster Resilient Urban Settlement). [Homepage from The Department of Spatial Planning at University of Dortmund-online]. Diakses pada tanggal 18 Mei 2011.
- Daryono, et.al. 2009. “Pengkajian *Local Site Effect* di Graben Bantul Menggunakan Indeks Kerentanan Seismik Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor”. Jurnal Kebencanaan Indonesia, Pusat Studi Bencana Alam Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hamblin, Kenneth.W. 1989. *Earth’s Dynamic System, Physical Geology Textbook*. Macmillan Publishing Co.
- Irsyam, Masyhur et.al. 2010. “Ringkasan Hasil Studi Tim Revisi Peta Gempa Indonesia 2010”. Kerjasama Kementerian Pekerjaan Umum-Kementerian ESDM-BMKG-LIPI-BNPB-ITB, Bandung, Juli 2010. [Homepage from www.unisdr.org]. Diakses pada tanggal 13 Mei 2011.
- Murakami, Hitoshi and Pramitasari, Diananta. 2008. *Human Casualty and Damage Distribution in the 2006 Central Java Earthquake*. Star Publishing Co. Belmont, CA.
- Mulyaningsih, Sri et.al. 2006. “Perkembangan Geologi pada Kuarter Awal sampai Masa Sejarah di Dataran Yogyakarta”. Jurnal Geologi Indonesia.
- Sadisun, Imam A. 2007. “Peta Rawan Bencana: Suatu Informasi Fundamental dalam Program Pengurangan Resiko Bencana”. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian ITB, Bandung [Homepage from Department of Earth Sciences and Technology-Bandung Institute of Technology]. Diakses pada tanggal 17 Mei 2011.
- Sudibyakto, H.A. 2011. *Manajemen Bencana di Indonesia Kemana?.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Susanti, Retno. 2009. “Peran Identifikasi Kawasan Rawan Bencana yang Menyeluruh dalam Penyusunan Rencana Tata Ruang”. Jurnal disampaikan pada Seminar Nasional Implikasi Undang-Undang Penataan Ruang No.26 tahun 2007 terhadap Konsep Pengembangan Kota dan Wilayah Berwawasan Lingkungan, Jurusan Perencanaan Wilayah dan Kota, Universitas Brawijaya, Malang.
- Sutanta, Heri et.al. 2009. “Integrating Spatial Planning and Disaster Risk Reduction at the Local Level in the Context of Spatially Enabled Government”. Center for Spatial Data Infrastructures and Land Administration (CSDILA), Department of Geomatics, University of Melbourne [Homepage from Department of Geomatics, University of Melbourne]. Diakses pada tanggal 6 April 2011.