PEMETAAN DAERAH RAWAN GERAKAN TANAH DI KECAMATAN KARANGKOBAR, KABUPATEN BANJARNEGARA MENGGUNAKAN METODE ANALISIS STATISTIK BIVARIATE

Oleh:

DELLA VIRA PUTRI MAYANGSARI

MINAT MANAJEMEN SUMBERDAYA LAHAN
PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Pemetaan Daerah Rawan Gerakan Tanah Di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara Menggunakan Metode Analisis Statistik Bivariate

Oleh:

Della Vira Putri Mayangsari

125040201111060

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Pertanian Strata satu (S-1)

PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA LAHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dann disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Desember 2016

Della Vira Putri Mayangsari

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul	:	**Pemetaan Daerah Rawan Gerakan Tanah Di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara Menggunakan Metode Analisis Statistik Bivariate**
Nama	:	**Della Vira Putri Mayangsari**
NIM	:	125040201111060
Jurusan	:	Tanah
Program Studi	:	Agroekoteknologi
Laboratorium	:	Pedologi dan Sistem Informasi Sumber Daya Lahan

Disetujui

Pembimbing Utama,	Pembimbing Kedua,
Dr. Ir. Sudarto, MS	Dr. Sumaryono ST, M.Eng
NIP. 19560317 198303 2 002	NIP. 19730723 200604 1 001

Diketahui,

a.n Dekan

Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya

Ketua Jurusan Tanah

Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU

NIP. 19540501 198103 1 006

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I	**Penguji II**
Prof. Dr. Ir. Zaenal Kusuma, SU	Dr. Ir. Sudarto, MS
NIP. 19540501 198103 1 006	NIP. 19560317 198303 2 002
Penguji III	**Penguji IV**
Dr. Sumaryono ST, M.Eng	Dr.Ir. Budi Prasetya, MP
NIP. 19730723 200604 1 001	NIP. 19610701 198703 1 002

Tanggal Lulus :

Skripsi ini Della persembahkan untuk

Kedua orang tua terkasih,
Yufriati, mama saya dan Gatot Nugroho, ayah saya
Yang selalu menjadi tempat untuk kembali pulang
Terima kasih telah senantiasa mendoakan agar kebaikan selalu menyertai perjalanan yang kakak. lakukan.

Kedua adik saya,
Diandra Paramitha Kusuma Wardhani dan
Mayla Faiza Iolana Chandra Anindya Nugroho
Beban dan tanggung jawab kakak,
Semoga kakak cukup baik dan kuat untuk menjadi tempat kalian bertumpu
Semoga terang selalu ada pada kalian berdua yang selalu kakak sayangi.

repository.ub.ac.id

RINGKASAN

Della Vira Putri Mayangsari. 125040201111060. PEMETAAN DAERAH RAWAN GERAKAN TANAH DI KECAMATAN KARANGKOBAR, KABUPATEN BANJARNEGARA MENGGUNAKAN METODE ANALISIS STATISTIK BIVARIATE. Dibawah Bimbingan: (1) Dr. Ir. Sudarto, MS (2) Dr. Sumaryono, ST.M. Eng.

Longsor merupakan salah satu jenis gerakan tanah yang sering terjadi pergerakan massa batuan atau tanah yang dipicu oleh curah hujan, gempa bumi ataupun aktivitas manusia. Bencana tanah longsor ini setiap tahunnya terlihat mengalami tren peningkatan, akibatnya kerugian akibat bencana ini juga meningkat. Banjarnegara merupakan suatu kabupaten yang memiliki kawasan pegunungan dengan resiko tanah longsor yang cukup tinggi. Kejadian longsoran tanah yang tercatat di Kabupaten Banjarnegara terletak pada daerah yang mempunyai topografi bergelombang hingga bergunung, yaitu Pegunungan Serayu Utara dan Pegunungan Serayu Selatan. Pemetaan dapat menjadi salah upaya dalam tindakan mitigasi bencana. Pemetaan daerah rawan bencana gerakan tanah ini juga dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam penataan tata guna lahan dan manajemen sumber daya lahan sehingga dapat memaksimalkan pengembangan pertanian ke arahyang lebih berkelanjutan. Analisis dengan bantuan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dilakukan guna mempercepat proses analisis. Metode analisis kerentanan gerakan tanah yang diterapkan adalah metode statistik. Metode statistik dipilih karena dapat menggunakan data/informasi yang tersedia dan hasilnya terukur (kuantitatif), sehingga hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah.Untuk itu tujuan dari penelitian ini adalah: (1) Untuk mengetahui apakah metode statistik BiVariate dapat digunakan untuk mengetahui sebaran daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, (2) Untuk mengetahui tingkat keberpengaruhan masing-masing data parameter yang diujikan terhadap kejadian gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, dan (3) Untuk memprediksi sebaran tingkat kerawanan gerakan tanah yang dapat terjadi Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara.

Penelitian ini dilakukan di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah. Pengolahan data Laboratorium dan data studio dilakukan di Laboratorium Pusat Vulkanologi Bandung, Jawa Barat. Dalam penelitian ini, metodologi yang digunakan meliputi pengambilan dan pengumpulan data, pengolahan data spasial, analisis data spasial, analisis daerah rawan longsor serta penulisan laporan skripsi. Dalam penelitian ini diperlukan data-data lapang dan data studio. Data lapangan diperoleh dari penyelidikan langsung meliputi pengamatan lapangan, pengaambilan sampel tanah, dan pengambilan foto udara berserta data GCP (*Grand Control Point*). Kemudian analisis data spasial dilakukan dengan menggunakan metode statistik *BiVariate.* Dalam metode statistik *BiVariate* dilakukan perhitungan niali *Weight of Evident* dan *Freaquency Ratio* serta *Area Under Curve* untuk kemudian dipetakan dan mendapatkan hasil berupa keberpengaruhan masing-masing faktor dan subfaktor terhadap kejadian gerakan tanah. Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara memiliki luas 4143,07 ha dan terbagi kedalam 13 desa. Selama kurun waktu terakhir tercatat

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

sebanyak 57 kejadian gerakan tanah di Kabupaten Banjarnega dan 11 kejadian diantaranya atau 21% terjadi di Kecamatan Karangkobar.

Analisis Statistik dilakukan terhadap tujuh data parameter yang diduga memiliki keberpengaruhan terhadap gerakan tanah, diantaranya yaitu Geologi, Jenis Tanah, Penggunaan Lahan, Curah Hujan Kemiringan Lereng, Curvature Lereng, dan Kelurusan. Nilai AUC hasil analisis statistik menjadi acuan keberpengaruhan data parameter tersebut dan penanganannya untuk pembuatan peta zonasi.

Pemetaan zonasi gerakan tanah yang dilakukan di Kecamatan Karangkobar berdasarkan hasil perhitungan *Weight of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR) menunjukkan hasil yang berbeda. Perbedaan zonasi tersebut terlihat jelas dengan adanya perbedaan sebaran dan luasan masing-masing kelas kerawanan gerakan tanah pada peta zonasi. Hal tersebut dikarenakan FR memiliki nilai AUC jauh lebih tinggi yaitu sebesar 0,90 dibandingkan dengan nilai AUC pada WoE yang hanya berkisar 0,65. FR memiliki hasil lebih tinggi dikarenakan data yang digunakan untuk analisis juga digunakan untuk validasi. Berbeda halnya dengan WoE, dimana data untuk analisis dan validasi merupakan data yang berbeda.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan lahan merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara. Maka dari itu, penatagunaan lahan merupakan salah satu hal yang sangat perlu untuk dipertimbangkan. Penatagunaan lahan berdasarkan kemampuan lahan yang dimiliki dapat meminimalisir resiko bencana, salah satunya yaitu gerakan tanah. Kelas kemampuan lahan dikelompokkan berdasarkan besarnya faktor pembatas atau kendala (penghambat). Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Banjarnegara Nomor 11 Tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah Kabupaten Banjarnegara, pengembangan kawasan akan dilakukan terhadap daerah-daerah dalam kabupaten. Kecamatan Karangkobar termasuk kedalam wilayah pengembangan III yaitu, kawasan pengembangan agropolitan bersamaan dengan kecamatan-kecamatan lain disekitarnya. Pengembangan kawasan agropolitan pada Kecamatan Karangkobar khususnya untuk sentra produksi sayur-sayuran dan teh.Maka dari itu, sebagai tindakan mitigasi bencana penataan ulang penggunaan lahan di wilayah Karangkobar berdasarkan kemampuan lahan dan rencana pengembangan kawasan.

Hasil dari analisis yang dilakukan terhadap kelas kemampuan lahan dan penggunaan lahan yang ada memunculkan ketidaksesuaian penggunaan lahan seluas 1110,45 ha atau 26,8% dari total wilayah Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara. Mengingat zonasi kerawanan gerakan tanah yang tinggi di wilayah penelitian, yang salah satunya dipengaruhi oleh faktor penggunaan lahan. Maka evaluasi terhadap tata guna lahan ini dapat menjadi salah satu acuan tata guna lahan dan tata ruang kota kembali. Tindakan mitigasi bencana aktif dan pasif seperti halnya konservasi dan sosialisasi dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya gerakan tanah yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material lainnya di kemudian hari.

repository.ub.ac.id

SUMMARY

Della Vira Putri Mayangsari. 125040201111060. MAPPING THE MASS MOVEMENT-PRONE AREAS USING STATISTIC BIVARIATE ANALYSIS IN SUB DISTRICT KARANGKOBAR, BANJARNEGARA. Under Guidance of (1) Dr. Ir. Sudarto, MS (2) Dr. Sumaryono, ST.M. Eng.

Avalanche is one type of ground movement that often occurs as a result of mass movement of rock or soil that is triggered by rainfall, earthquakes or human activities. Landslides tend to increase every year and makes losses caused by this disaster also increased. Banjarnegara is a district in Central Java that has a mountainous area with the hig risk of landslides. Landslide occurences were recorded in Banjarnegara district. This landslide located in areas that have topography is undulating, hilly, namely Serayu Mountains. Seeing from the fact, management of disaster is one of the things to do. Mapping can be one of the efforts in disaster mitigation measures. The landslide mapping can also be used as consideration in the arrangement of land use and management of land resources in order to maximize agricultural development to be more sustainable. Analysis with the help of Geographic Information System (GIS) is to accelerate the analysis process. Statistical method is used for landlise suscepibility mapping. Statistical method chosen because it can use the data or information available and the results are measurable (quantitative), so the results can be justified scientifically. The purpose of this research is (1) To determine the bivariate statistical methods may be used to determine the distribution of vulnerable areas of mass movement in Karangkobar district of Banjarnegara, (2) To determine relationship of each data parameter with landslides in Karangkobar district of Banjarnegara, and (3) To predict the distribution of the landslide susceptibility in Karangkobar district of Banjarnegara.

This research was conducted in the District Karangkobar, Banjarnegara, Central Java. Laboratory data processing and data studio conducted at the Laboratory of Volcanology Bandung, West Java. In this study, the methodology used includes the taking and collecting data, spatial data processing, spatial data analysis, analysis of landslide-prone areas as well as writing thesis report. The neseccary data for this study are field data and studio data. The field data obtained from direct investigation includes field observations, soil sampling, and aerial photography along with the GCP data (Grand Control Point). Then the spatial data analysis performed using bivariate statistical methods. In bivariate statistical, some calculation do to get value of *Weight of Evident* (WoE), *Frequency Ratio* (FR) and *Area Under Curve (AUC)*. And the next step is mapping all of those value to get the most impact factors and subfactors that caused mass movement.

Large area of Subdistrict Karangkobar, Banjarnegara is 4143.07 hectares and divided into 13 villages. During the last period, there were 57 of mass movement record in Banjarnega and 11 of 57 which is 21% occurred in the District Karangkobar. Statistical analysis performed on seven parameter that suspected to having an impact against mass movement, Geology, Soil Types, Land Use, Rainfall, Slopes, Curvature Slope, and alignment. AUC value of statistical analysis be a reference to know the impact of parameter data and workarounds for the preparation for mapping of zoning.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Landslide mapping with Weight of Evidence (WoE) and Frequency Ratio (FR) showed difference results. The difference at result because of landslide occurence of FR method used for analysis and validation. But in WoE method, parameter data that was used for analysis and validation is difference. The differences evident in the differences between the distribution and extent of each class from the susceptibility. In the end, from two kind of map, we decided that the zoning map based on the value of FR is the best map that can apply for Subdistrict Karangkobar. Selection was based by the Area Under the Curve (AUC), which is owned by the zoning map based on the value of FR is 0,90 higher than value AUC from WoE which is only about 0,65.

The results of this research have shown that land use is a factor that most influences the occurrence of ground motion in District Karangkobar, Banjarnegara. Therefore, land use is one thing that really needs to be considered. Landuse management must be doing by the ability of the land to minimize the risk of disaster, one of which is mass movement. Land capability classes are grouped based on the magnitude of the limiting factors or constraints (inhibitors). According by Banjarnegara District Regulation No. 11 Year 2011 about regional spasial plans. Regional development will be carried out on these areas in the district. Subdistrict Karangkobar included into the development region III that is an agropolitan development area along with the other districts around them. Agropolitan development in the District Karangkobar especially for center of vegetable production and tea . Therefore, as a disaster mitigation measures rearrangement of land use in the region Karangkobar based on the ability of land and regional development plans.

The results of the analysis carried out on the land capability class and existing land use gave rise to incompatibility of land use area of 1110.45 ha or 26.8% of the total area of the District Karangkobar, Banjarnegara. Given the vulnerability zoning high mass movement in the area of research, one of which is influenced by factors of land use. Then the evaluation of land use can also be a reference to rearranging the city and build the sustainable land use. Disaster mitigation measures of active and passive as well as conservation and socialization can be do to minimize the mass movement that can cause losses in the next day.

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penelitian dengan judul ***"Pemetaan Daerah Rawan Gerakan Tanah Di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara Menggunakan Metode Analisis Statistik Bivariate".*** Penelitian yang juga diselesaikan Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geolgoi, Bandung, Jawa Barat ini, hasilnya akan dituangkan dalam bentuk tulisan ilmiah berupa skripsi. Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana Pertanian Strata Satu. Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua Orang Tua saya yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Dr. Ir. Sudarto, MS., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan masukan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.
3. Bapak Dr. Sumaryono, ST, M.Eng., selaku dosen pembimping pendambing yang telah memberikan bimbingannya selama pelaksanaan penelitian di Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.
4. Bapak Prof.Dr.Ir. Zaenal Kusuma, MS., selaku Ketua Jurusan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga masukan dan kritik sangat dibutuhkan oleh penulis. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap saran dan kritik yang membangun untuk menyempurnakan tulisan ini. Semoga skripsi ini dapat diterima sehingga mahasiswa dapat menyelesaikan studinya dengan baik dan berguna bagi semua pihak yang bersinggungan langsung dengan penelitian yang dilakukan ataupun tidak.

Malang, Desember 2016

Penulis

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Della Vira Putri Mayangsari, yang lahir pada tanggal 25 April 1996 di Jember merupakan sulung dari tiga bersaudara anak dari pasangan Gatot Nugroho dan Yufriati. Penulis sempat bersekolah di TK Awota, Kabupaten Wajo, Sul-Sel. Selanjutnya pendidikan dasarnya ia lanjutkan kembali di SDN Simomulyo 1, Surabaya namun menamatkannya di SDN Gelam 2 Candi, Sidoarjo. Pendidikan kemudian dilanjutkan di SMP Negeri 2 Candi dan di SMA Negeri 1 Porong, Sidoarjo. Pada masa sekolah menengah, penulis aktif dalam olah raga beladiri Karate dan tergabung sebagai anggota Indonesia Karate-Do yang berada di bawah naungan FORKI (Federasi Olahraga Karate-Do Indonesia). Seusai menamatkan sekolahnya, penulis meneruskan pendidikan ke jenjang strata satu sebagai mahasiswa S1 Program Studi Agroekoteknologi dengan Minat Managemen Sumber Daya Lahan di Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2012.

Selama menjadi mahasiswa Fakultas Pertanian, penulis sempat berkontribusi dalam beberapa kegiatan antara lain sebagai bagian dari divisi Sponsorship Brawijaya International Agriculture 3, sekretaris pelaksana pada PKK Maba FP UB di tahun 2013 dan anggota Dispilin Mahasiswa untuk PKK Maba FP UB di tahun 2014. Di tahun 2013 serta 2014, penulis juga sempat menjadi delegasi Bengkel Foto FP UB untuk Jambore Fotografi Mahasiswa Indonesia yang secara berurut dilaksanakan di Lampung dan Makassar. Pelajaran berbasis lingkungan yang kerap kali didapat di bangku perkuliahan mengantarkan penulis menjadi salah satu volunteer dari gerakan lingkungan Earth Hour Malang yang berada di bawah naungan WWF (World Wildlife Fund) sebagai anggota divisi creative campaign sejak tahun 2014. Selain itu ketertarikan penulis di bidang sosial dan pendidikan membuat penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan diantaranya sebagai assistan leader untuk The Street Store Indonesia regional Surabaya yang berfokus pada isu krisis sandang dan relawan dalam kegiatan Kelas Inspirasi serta 1000 Guru di bidang pendidikan. Pada bidang akademis, di semester ganjil 2014/2015 penulis menjadi salah satu assisten praktikum untuk mata kuliah Survey Tanah dan Evaluasi Lahan.

DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN i
SUMMARY iii
KATA PENGANTAR v
RIWAYAT HIDUP vi
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR TABEL x
DAFTAR LAMPIRAN xi
I. PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Penelitian 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Hipotesis 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
II. TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Gerakan Tanah 5
2.1.1 Definisi Gerakan Tanah 5
2.1.2 Faktor Penyebab Gerakan Tanah 6
2.1.3 Jenis-Jenis Longsor 8
2.2 Sistem Informasi Geografis 9
2.2.1 Definisi Sistem Informasi Geografis (SIG) 9
2.2.2 SIG dan Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gerakan Tanah 10
2.2.3 Analisis Gerakan Tanah Menggunakan Metode Statistik BiVarate 14
III. METODE PENELITIAN 17
3.1 Tempat dan Waktu 17
3.2 Alat dan Bahan 18
3.3 Pelaksanaan Penelitian 19
3.3.1 Proses Pengambilan dan Pengumpulan Data 19
3.3.1.1 Pengambilan Sampel Tanah 20
3.3.1.2 Pengambilan Foto Udara 20
3.3.1.3 Pengambilan Data GCP (Grand Control Point) 21

3.3.2 Analisis Data Spasial 22
3.3.3 Survey dan Evaluasi Data dengan Kondisi di Lapangan..... 22
3.3.4 Penulisan Skripsi 22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....23
4.1 Kondisi Umum Wilayah Penelitian 23
4.2 Kejadian Gerakan Tanah di Wilayah Penelitian.....24
4.3 Analisis Statistik Bivariate terhadap Data Kejadian Gerakan Tanah dan Data Parameter.....25
4.3.1 Data Parameter Geologi 25
4.3.1.1 Analisis Statistik Data Parameter Geologi 28
4.3.2 Data Parameter Jenis Tanah 32
4.3.2.1 Analisis Statistik Data Parameter Jenis Tanah..... 36
4.3.3 Data Parameter Penggunaan Lahan..... 40
4.3.3.1 Analisis Statistik Data Parameter Penggunaan Lahan 40
4.3.4 Data Parameter Curah Hujan 45
4.4.1.1 Analisis Statistik Data Parameter Curah Hujan 46
4.3.5 Data Parameter Kemiringan Lereng..... 53
4.3.5.1 Analisis Statistik Data Parameter Kemiringan Lereng..... 54
4.3.6 Data Parameter Curvature Lereng..... 59
4.3.6.1 Analisis Statistik Data Parameter Curvature Lereng..... 61
4.3.7 Data Parameter Kelurusan 65
4.3.7.1 Analisis Statistik Data Parameter Kelurusan..... 66
4.3.8 Pembuatan Peta Zonasi Daerah Rawan Bencana Gerakan Tanah..... 71
4.4 Validasi Peta Zonasi Kerawanan Gerakan Tanah di Lokasi Penelitian..76
4.4.1 Perbandingan Hasil Analisis Staistik Data Parameter dengan Kondisi di Lapangan 77
4.4.1.1 Geologi..... 77
4.4.1.2 Jenis Tanah..... 78
4.4.1.3 Penggunaan Lahan 80
4.4.1.4 Kemiringan Lereng 82
4.4.2 Keberpengaruhan Data parameter terhadap Kejadian Gerakan Tanah ... 83
4.5 Rekomendasi.....84
V. KESIMPULAN DAN SARAN.....91
5.1 Kesimpulan 91

5.2 Saran 91
Daftar Pustaka 93
Lampiran 96

DAFTAR GAMBAR

Nomor Halaman

Teks

Gambar 1. Diagram Alir Pembentukan Zona Kerentanan Gerakan Tanah 13
Gambar 2. Peta Administrasi Kec. Karangkobar 17
Gambar 3. DJI PHANTOM 2 21
Gambar 4. GPS Geodetic 22
Gambar 5. Titik Kejadian Gerakan Tanah di Kec. Karangkobar.....24
Gambar 6. Peta Geologi Kec. Karangkobar 25
Gambar 7. Peta WoE Geologi Kec. Karangkobar.....31
Gambar 8. Peta FR Geologi Kec. Karangkobar.....31
Gambar 9. Peta Tanah Kec. Karangkobar.....35
Gambar 10. Peta WoE Jenis Tanah Kec. Karangkobar 39
Gambar 11. Peta FR Jenis Tanah Kec. Karangkobar.....39
Gambar 12. Peta Penggunaan Lahan Kec. Karangkobar 41
Gambar 13. Peta WoE Penggunaan Lahan Kec. Karangkobar 44
Gambar 14. Peta FR Penggunaan Lahan Kec. Karangkobar 44
Gambar 15. Peta Curah Hujan Kec. Karangkobar 46
Gambar 16. Peta WoE Curah Hujan Kec. Karangkobar 52
Gambar 17. Peta FR Curah Hujan Kec. Karangkobar 52
Gambar 18. Peta Kelerengan Kec. Karangkobar 54
Gambar 19. Peta WoE Kelerengan Kec. Karangkobar 58
Gambar 20. Peta FR Kelerengan Kec. Karangkobar 58
Gambar 22. Peta Curvature Kec. Karangkobar.....60
Gambar 23. Peta WoE Curvature Kec. Karangkobar 64
Gambar 24. Peta FR Curvature Kec. Karangkobar.....64
Gambar 25. Peta Kelurusan Kec. Karangkobar 66
Gambar 26. Peta WoE Kelurusan Kec. Karangkobar 70
Gambar 27. Peta FR Kelurusan Kec. Karangkobar 70

Gambar 28. Peta Zonasi Gerakan Tanah Kec. Karangkobar(berdasarkan WoE) ..74
Gambar 29. Peta Zonasi Gerakan Tanah Kec. Karangkobar(berdasarkan FR) 74
Gambar 30. Foto Udara Penampakan Kejadian Gerakan Tanah Sijemblung.....77
Gambar 31. Mozaik Foto Udara Desa Sampang.....81
Gambar 32. Peta Kemampauan Lahan.....86
Gambar 33. Peta Arahan Penggunaan Lahan.....86
Gambar 34. Peta Penggunaan Lahan 86
Gambar 35. Peta Ketidaksesuaian Penggunaan Lahan 86

DAFTAR TABEL

Nomor Halaman

Teks

Tabel 1. Kriteria Kelas Kerawanan Longsor 8
Tabel 2. Daftar Desa di Kecamatan Karangkobar 23
Tabel 3. Daftar Geologi di Kecamatan Karangkobar 26
Tabel 4. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Geologi....29
Tabel 5. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Geologi 31
Tabel 6. Daftar Jenis Tanah di Kec. Karangkobar....34
Tabel 7. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Jenis Tanah 37
Tabel 8. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Jenis Tanah....38
Tabel 9. Daftar Penggunaan Lahan di Kec. Karangkobar 41
Tabel 10. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Penggunaan Lahan....42
Tabel 11. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Penggunaan Lahan 43
Tabel 12. Daftar Interval Curah Hujan Kec. Karangkobar 45
Tabel 13. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Curah Hujan....48
Tabel 14. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Curah Hujan 50
Tabel 15. Daftar Interval Kemiringan Lereng....53
Tabel 16. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Kemiringan Lereng....56
Tabel 17. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Kemiringan Lereng....57
Tabel 18. Daftar Curvature Lereng Kec. Karangkobar....60

Tabel 19. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Curvature 62

Tabel 20. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Curvature 63

Tabel 21. Daftar Interval Kelurusan di Kec. Karangkobar 65

Tabel 22. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Weight of Evidence untuk Data Parameter Kelurusan 68

Tabel 23. Hasil Analisis Statistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Kelurusan.....69

Tabel 24. Nilai Area Under Curve (WoE dan FR) tiap Data Parameter.....71

Tabel 25. Luas Tingkat Kerawanan Gerakan Tanah di Kec. Karangkobar 73

Tabel 26. Tingkat Keberpengaruhan Data Parameter terhadap Kejadian Gerakan Tanah 84

Tabel 27. Luasan Masing-Masing Kelas Kemampuan Lahan 85

Tabel 28. Ketidaksesuaian Penggunaan Lahan.....86

Tabel 29. Rekomendasi Penggunaan Lahan 86

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Halaman

Teks

Lampiran 1. Panduan Kerja Pengambilan Sampel Tanah.....94
Lampiran 2. Panduan Pengoperasian GPS Geodetic 94
Lampiran 3. Panduan Analisi Data Spasial Menggunakan Metode Analisa Statistik Bivariate.....95
Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian.....99
Lampiran 5. Hasil Analisis Mekanika Tanah.....101

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Longsor atau sering disebut gerakan tanah adalah suatu peristiwa geologi yang terjadi karena pergerakan massa batuan atau tanah dengan berbagai tipe dan jenis seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan besar tanah (USGS, 2000). Bencana longsor adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam berupa tanah longsor. Tanah longsor terjadi akibat adanya pergerakan tanah. Gerakan tanah adalah proses perpindahan masa tanah atau batuan dengan arah tegak, mendatar, miring dari kedudukan semula, karena pengaruh gravitasi, arus air dan beban.

Bencana tanah longsor ini setiap tahunnya terlihat mengalami tren peningkatan, akibatnya kerugian akibat bencana ini juga meningkat. Tanah longsor tidak hanya menimbulkan korban jiwa namun juga menyebabkan kerugian material akibat kerusakan infrastruktur. Bencana tanah longsor yang terjadi di Indonesia telah mencapai kondisi yang sangat mengkhawatirkan. Nugroho (2015) selaku Kepala Pusat Data Informasi dan Humas BNPB menyebutkan, dalam kurun waktu 2005-2014 total terdapat 2.278 peristiwa longsor di wilayah Indonesia. Tercatat 1.815 orang tewas dan hilang akibat bencana-bencana longsor dalam waktu 10 tahun terakhir. Berdasarkan data dari Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), tercatat bahwa 40,9 juta jiwa atau tepatnya 17,2 persen dari penduduk di wilayah Indonesia diketahui berada pada area rawan longsor baik di level sedang ataupun tinggi.

Banjarnegara merupakan suatu kabupaten yang memiliki kawasan pegunungan dengan resiko tanah longsor yang cukup tinggi. Kejadian longsoran tanah yang tercatat di Kabupaten Banjarnegara terletak pada daerah yang mempunyai topografi bergelombang hingga bergunung, yaitu Pegunungan Serayu Utara dan Pegunungan Serayu Selatan. Kawasan tersebut membujur barat sampai timur dan dipisahkan oleh Sungai Serayu yang membentuk lembah dengan kondisi geologi yang kompleks. Longsor yang paling besar di kabupaten ini terjadi pada 12 Desember 2014 di Dusun Sijemblung, Desa Sampang, Kecamatan

Karangkobar. Dalam kejadian longsor ini tercatat lebih dari 100 orang meninggal, puluhan rumah rusak dan lahan pertanian dan perkebunan gagal panen.

Pemetaan dapat menjadi salah upaya dalam tindakan mitigasi bencana. Pemetaan dilakukan untuk mengetahui daerah-daerah yang rawan mengalami bencana longsor sebagai salah satu acuan yang dapat digunakan dalam tindakan mitigasi bencana sehingga dapat meminimalisir kerugian yang ditimbulkan oleh bencana tanah longsor tersebut. Selain itu pemetaan daerah rawan bencana gerakan tanah ini dapat digunakan sebagai salah satu bahan pertimbangan dalam penataan tata guna lahan dan manajemen sumberdaya lahan sehingga dapat memaksimalkan pengembangan pertanian ke arah yang lebih berkelanjutan.

Mengingat kejadian gerakan tanah masih saja terjadi dan menimbulkan korban jiwa maupun harta. Dengan banyaknya metode yang telah dipakai dalam rangka memprediksi kejadian longsor, tetapi hasilnya masih belum maksimal. Maka dari itu, dilakukanlah penelitian yang berjudul "Pemetaan Daerah Rawan Gerakan Tanah Di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara Menggunakan Metode Analisis Statistik *Bivariate*". Analisis dengan bantuan teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) dilakukan guna mempercepat proses analisis. Metode analisis kerentanan gerakan tanah yang diterapkan adalah metode statistik. Metode statistik dipilih karena dapat menggunakan data/informasi yang tersedia dan hasilnya terukur (kuantitatif), sehingga hasilnya dapat dipertanggung jawabkan secara ilmiah. Selain itu metode statistik Bivariate merupakans ebuah metode yang cukup baru diperkenalkan di Indonesia dan masih jarang digunakan dalam analisis daerah kerawanan gerakan tanah. Metode ini dirasa memiliki kelebihan yaitu lebih simpel dan mudah dilakukan khususnya bagi yang tidak begitu mendalami bidang geologi dan kebumian dibandingkan metode-metode lain seperti metode permodelan deterministik dan *heuristic approach*.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dirumuskan permasalahan yaitu diantaranya:

1. Apakah teknologi sistem informasi geografi dapat digunakan untuk memperkirakan sebaran daerah rawan gerakan tanah, dan
2. Bagaimana pengaruh data parameter yang ada terhadap kejadian gerakan tanah yang terjadi di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara.

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan penelitian dengan beberapa tujuan diantaranya:

1. Untuk mengetahui apakah metode statistik *BiVariate* dapat digunakan untuk memprediksi sebaran daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara,
2. Untuk mengetahui tingkat keberpengaruhan masing-masing data parameter yang diujikan terhadap kejadian gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, dan
3. Untuk memprediksi sebaran tingkat kerawanan gerakan tanah yang dapat terjadi Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara.

1.4. Manfaat Penelitian

Berdasarkann latar belakang, rumusan masalah dan tujuan dari dilakukannya penelitian ini, diharapkan penelitian ini dapat memberikan beberapa manfaat diantaranya:

1. Dapat mengestimasi sebaran daerah rawan gerakan tanah menggunakan sistem informasi geografi,
2. Dapat mengetahui data parameter yang paling berpengaruh terhadap kejadian gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, dan
3. Zonasi gerakan tanah yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan penataan wilayah dalam upaya pengembangan pertanian dan pengelolaan sumberdaya lahan.

1.5. Hipotesis

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan serta tujuan dari penelitian yang akan dilakukan, berikut hipotesis yang dapat diperoleh:

1. Pemetaan dengan menggunakan metode analisis statistik *BiVariate* dapat digunakan untuk mengetahui sebaran daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara,
2. Kejadian longsor yang terjadi di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara diantaranya dipengaruhi oleh kemiringan lereng, tata guna lahan, curah hujan dan kondisi geologi, dan
3. Pengolahan terhadap data parameter yang mempengaruhi kejadian longsor tersebut menunjukkan bahwa Kecamatan karangkobar, Kabupaten Banjarnega merupakan wilayah yang termasuk kedalam zona kerawanan bencana longsor yang tinggi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gerakan Tanah

2.1.1. Definisi Gerakan Tanah

Gerakan tanah atau lebih dikenal dengan istilah tanah longsor adalah suatu produk dari proses gangguan keseimbangan lereng yang menyebabkan bergeraknya massa tanah dan batuan ke tempat yang lebih rendah. Gaya yang menahan massa tanah di sepanjang lereng tersebut dipengaruhi oleh sifat fisik tanah dan sudut dalam tahanan geser tanah yang bekerja di sepanjang lereng. Perubahan gaya-gaya tersebut ditimbulkan oleh pengaruh perubahan alam atau tindakan manusia. Perubahan kondisi alam dapat diakibatkan oleh gempa bumi, erosi, kelembaban lereng karena penyerapan air hujan dan perubahan aliran permukaan. Pengaruh manusia terhadap perubahan gaya-gaya antara lain adalah penambahan beban pada lereng dan tepi lereng, penggalian tanah di tepi lereng dan penajaman sudut lereng. Tekanan jumlah penduduk yang banyak mengokupasi tanah-tanah berlereng sangat berpengaruh terhadap peningkatan resiko longsor. Faktor-faktor yang mempengaruhi terjadinya gerakan tanah antara lain: tingkat kelerengan, karakteristik tanah, keadaan geologi, keadaan vegetasi, curah hujan/hidrologi dan aktivitas manusia di wilayah tersebut (Sutikno, 1997).

Cruden dalam Alhasanah (2006) mengemukakan longsoran (*landslide*) sebagai pergerakan suatu massa batuan, tanah, atau bahan rombakan material penyusun lereng (yang merupakan pencampuran tanah dan batuan) menuruni lereng. Terjadinya longsoran pada umumnya disebabkan oleh batuan hasil pelapukan yang terletak pada topografi yang mempunyai kemiringan terjal sampai sangat terjal dan berada di atas batuan yang bersifat kedap air (*impermeable*) sehingga berfungsi sebagai bidang luncur.

Secara teoritis, tanah longsor terjadi disebabkan adanya gaya gravitasi yang bekerja pada suatu massa (tanah dan atau batuan). Dalam hal ini, besarnya pengaruh gaya gravitasi terhadap massa tersebut, ditentukan oleh besarnya sudut kemiringan lereng terhadap bidang horizontal (kelerengan). Semakin besar kelerengan, akan semakin besar kemungkinan terjadinya gerakan massa, begitu juga sebaliknya.

2.1.2. Faktor Penyebab Gerakan Tanah

Menurut Arsyad (1989), longsoran akan terjadi jika terpenuhi tiga keadaan sebagai berikut:

1) Adanya lereng yang cukup curam sehingga massa tanah dapat bergerak atau meluncur ke bawah,
2) Adanya lapisan di bawah permukaan massa tanah yang agak kedap air dan lunak, yang akan menjadi bidang luncur, dan
3) Adanya cukup air dalam tanah sehingga lapisan massa tanah yang tepat di atas lapisan kedap air tersebut menjadi jenuh. Lapisan kedap air dapat berupa tanah liat atau mengandung kadar liat tinggi atau dapat juga berupa lapisan batuan, seperti Napal Liat (*Clay shale*).

Menurut Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi (2005) faktor alam dan faktor manusia merupakan salah satu pemicu terjadinya tanah longsor.

1) Faktor alam

Meliputi lereng terjal yang diakibatkan oleh patahan dan lipatan kulit bumi, erosi dan pengikisan, daerah longsoran lama, ketebalan tanah pelapukan bersifat lembek, butiran halus, jenuh karena air hujan, adanya retakan karena proses alam (gempa bumi, tektonik), air (hujan di atas normal, susut air cepat, banjir, aliran air bawah tanah pada sungai lama), lapisan batuan yang kedap air miring ke atas lereng yang berfungsi sebagai bidang longsoran.

2) Faktor manusia

Lereng menjadi terjal akibat pemotongan lereng dan penggerusan oleh air saluran di tebing, tanah lembek dipicu oleh perubahan tata lahan menjadi lahan basah, adanya kolam ikan, genangan air, retakan akibat getaran mesin, ledakan, beban massa yang bertambah dipicu oleh beban kendaraan, bangunan dekat tebing, tanah kurang padat karena material urugan atau material longsoran lama pada tebing, bocoran air saluran, luapan air saluran, kolam ikan, penggundulan hutan sehingga terjadi pengikisan oleh air permukaan.

Kebiasaan masyarakat dalam mengembangkan pertanian/perkebunan tidak memperhatikan kemiringan lereng, pembukaan lahan-lahan baru di lereng-lereng bukit menyebabkan permukaan lereng terbuka tanpa pengaturan sistem tata air

(*drainase*) yang seharusnya, dan bentuk-bentuk teras bangku pada lereng tersebut perlu dilakukan untuk mengurangi laju erosi. Bertambahnya penduduk menyebabkan perkembangan perumahan ke arah daerah perbukitan (lereng-lereng bukit) yang tidak sesuai dengan peruntukan lahan (tata guna lahan), menimbulkan beban pada lereng (*surcharge*) semakin bertambah berat. Erosi di bagian kaki lereng akibat aliran sungai, atau gelombang air laut mengakibatkan lemahnya bagian kaki lereng, terjadinya kembang susut material pembentuk lereng, dan lain-lain menyebabkan terjadinya peningkatan tegangan geser.

Longsor merupakan proses penghanyutan tanah oleh desakan-desakan atau kekuatan air dan angin, baik yang berlangsung secara alamiah ataupun sebagai tindakan/perbuatan manusia (Sutedjo *et al*. 1985). Sehubungan dengan proses-prosesnya secara alami maupun buatan, dengan demikian secara keseluruhannya yang menjadi penyebab dan mempengaruhi besarnya laju longsor terdapat lima faktor utama dan satu faktor sebagai penyebab besarnya resiko terjadinya bencana longsor yaitu (a) Iklim, (b) Tanah, (c) Topografi, (d) Penutupan lahan/vegetasi, (e) Geologi atau jenis batuan, dan (f) Kegiatan/aktivitas manusia.

Faktor-faktor penyebab tersebut di atas saling mempengaruhi satu sama lainnya dan menentukan besar dan luasnya bencana tanah longsor. Kepekaan suatu daerah terhadap bencana tanah longsor ditentukan pula oleh pengaruh dan kaitan faktor-faktor ini satu sama lainnya (Lestari, 2008). Berdasarkan faktor-faktor tersebut, maka Subagio (2008) mengelompokkan kriteria kelas kerawanan longsor seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Kelas Kerawanan Longsor (Subagjo, 2008)

No	*Kelas Kerawanan*	*Kriteria*
1	*Tidak Rawan*	a) *Jarang atau tidak pernah longsor, kecuali di sekitar tebing sungai* b) *Topografi datar hingga landai bergelombang* c) *Vegetasi sangat rapat* d) *Material bukan lempung atau rombakan (talus)*
2	*Rawan*	a) *Jarang terjadinya longsor kecuali bila lerengnya terganggu* b) *Topografi landai hingga sangat curam* c) *Vegetasi antara kurang hingga agak rapat* d) *Batuan penyusun lereng umumnya lapuk tebal*
3	*Sangat Rawan*	a) *Dapat dan sering terjadi longsor* b) *Topografi landai hingga sangat terjal* c) *Vegetasi antara kurang hingga sangat kurang* d) *Batuan penyusun lereng lapuk tebal dan rapuh* e) *Curah hujan tinggi*

2.1.3. Jenis-Jenis Longsor

Longsoran merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat dari terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Faktor-faktor yang mengontrol terjadinya proses pelongsoran itu sendiri ada yang berasal dari faktor-faktor pengontrol gangguan kestabilan lereng, dan ada yang berasal dari proses pemicu longsoran (Subagio, 2008). Menurut Subowo (2003), terdapat lima jenis tanah longsor di Indonesia diantaranya adalah: a) Longsoran rotasi, b) Pergerakan blok, c) Runtuhan batu, d) Rayapan tanah, dan f) Aliran bahan rombakan.

a) Longsoran Rotasi

   Longsoran rotasi adalah bergeraknya massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung.

b) Pergerakan Blok

   Pergerakan blok adalah perpindahan batuan yang bergerak pada bidang gelincir bentuk rata. Longsoran ini disebut longsoran tranlasi blok batu.

c) Runtuhan Batu

Runtuhan batu terjadi ketika sejumlah besar batuan atau material lain bergerak ke bawah dengan cara jatuh bebas. Umumnya terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Batu-batu besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah.

d) Rayapan Tanah

Rayapan tanah adalah jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis tanah longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah waktu yang cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon atau rumah miring ke bawah.

e) Aliran Bahan Rombakan

Jenis tanah longsor ini terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran tergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air serta jenis materialnya. Gerakannya terjadi di sepanjang lembah dan mampu mencapai ratusan meter jauhnya. Di beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di daerah aliran sungai di sekitar gunung api. Aliran tanah ini dapat menelan korban cukup banyak.

2.2. Sistem Informasi Geografis

2.2.1. Definisi Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan suatu sistem berbasiskan komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisis objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan untuk menangani data bereferensi geografis, yaitu pemasukan data, pengelolaan atau manajemen data (menyimpan atau pengaktifan kembali), analisis dan manipulasi data serta keluaran data. Pemasukan data ke dalam SIG dilakukan dengan cara digitasi dan tabulasi (Aronoff dalam Prahasta,2001).

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem berbasis komputer yang terdiri atas perangkat keras komputer (*hardware*), perangkat lunak (*software*),

data geografis dan sumberdaya manusia (*brainware*) yang mampu merekam, menyimpan, memperbaharui, menampilkan dan menganalisis informasi yang bereferensi geografis (Jaya, 2002).

Sistem Informasi Geografis adalah sistem informasi khusus yang mengelola data yang memiliki informasi spasial (bereferensi keruangan). Atau dalam arti yang lebih sempit, adalah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk membangun, menyimpan, mengelola dan menampilkan informasi berefrensi geografis, misalnya data yang diidentifikasi menurut lokasinya, dalam sebuah database. Para praktisi juga memasukkan orang yang membangun dan mengoperasikannya dan data sebagai bagian dari sistem ini. Berdasarkan definisi diatas maka dapat ditarik suatu manfaat tentang GIS (Geographic Information System) antara lain :

a. Manajemen tata guna lahan,
b. Inventarisasi sumber daya alam,
c. Untuk pengawasan daerah bencana alam, dan
d. Bagi perencanaan Wilayah dan Kota.

2.2.2. Sistem Informasi Geografis dan Pemetaan Daerah Rawan Bencana Gerakan Tanah

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat mempresentasikan *real world* (dunia nyata) di atas monitor komputer yang kemudian mempresentasikan keatas kertas. SIG memiliki kekuatan lebih dan fleksibilitas daripada lembaran peta kertas. Obyek-obyek yang dipresentasikan diatas peta disebut unsur peta atau *map features* (contohnya taman, sungai, kebun, jalan dan lain-lain). Peta yang ditampilkan bisa berupa titik,garis dan polygon serta juga menggunakan simbol-simbol grafis dan warna untuk membantu mengidentifikasi unsur-unsur berikut deskripsinya.

Menurut Indrasmoro (2013), sebagian besar data yang akan ditangani dalam SIG merupakan data spasial yaitu sebuah data yang berorientasi geografis, memiliki sistem koordinat tertentu sebagai dasar referensinya dan mempunyai dua bagian penting yang membuatnya berbeda dari data lain, yaitu informasi lokasi (spasial) dan informasi deskriptif (atribut).Informasi lokasi (spasial), berkaitan

dengan suatu koordinat baik koordinat geografi (lintang dan bujur) dan koordinat XYZ, termasuk diantaranya informasi datum dan proyeksi. Sedangkan informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial, suatu lokasi yang memiliki beberapa keterangan yang berkaitan dengannya, contohnya: jenis vegetasi, populasi, luasan, kode pos, dan sebagainya.

SIG memiliki kemampuan untuk keperluan analisis keruangan yang dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan bencana longsor berdasarkan informasi spasial maupun deskriptif dari data-data parameter yang telah ada.

Penelitian yang terkait pemetaan daerah rawan longsor juga dilakukan oleh Todingan, *et al.*, (2013) di wilayah DAS Tondango dengan menggunakan SIG. Dalam penelitian ini digunakan Metode Deskriptif yang terdiri dari survei dan overlay peta, dan untuk identifikasi daerah rawan longsor menggunakan Metode Skoring *(scoring*). Parameter rawan longsor yang diamati adalah jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, ketinggian dan curah hujan. Berdasarkan metode skoring dalam Nugroho, *et al.,* (2009), parameter – parameter yang digunakan untuk menentukan tingkat kerawanan longsor adalah jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan, ketinggian dan curah hujan. Analisis kerawanan longsor dilakukan pada peta unit lahan. Dalam setiap jenis peta di input data atribut yaitu skor berdasarkan klasifikasi yang telah ditetapkan. Penentuan skor tiap kelas parameter didasarkan pada Nugroho, *et al.,* (2009) dibagi menjadi lima kelas kerawanan longsor yaitu tidak rawan, kerawanan rendah, sedang, tinggi dan sangat rawan.

Kelas kerawanan longsor didapatkan dengan melakukan penjumlahan terhadap skor yang sudah dimasukkan sebagai data atribut sehingga dapat diperoleh informasi nilai minimal dan nilai maksimal. Nilai ini akan digunakan untuk menentukan Interval Tingkat Kerentanan, yaitu :

$$ITK = \frac{Nilai\ Maksimal - Nilai\ Minimal}{5}$$

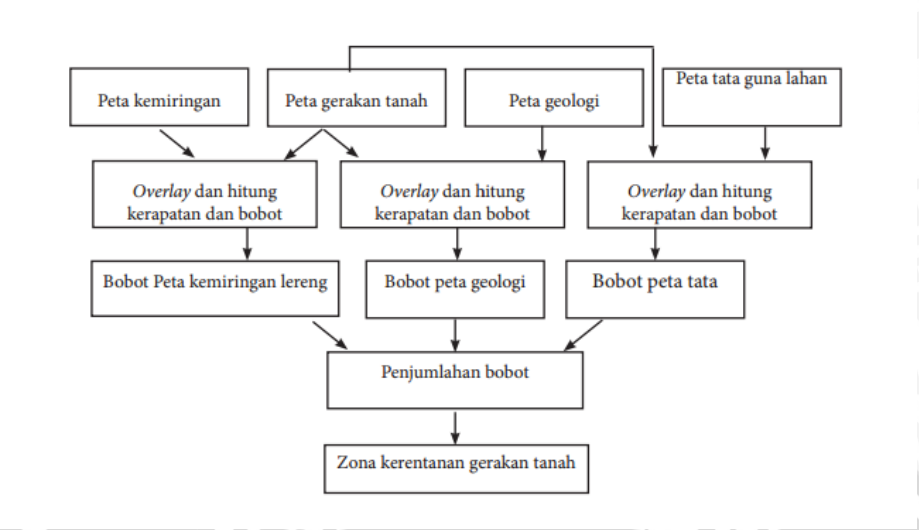
Dalam penelitian ini nilai minimal yang diperoleh yaitu 10 dan nilai maksimal yang diperoleh yaitu 16, sehingga:

$$ITK = \frac{16 - 10}{5} = 1{,}2$$

Berdasarkan nilai ITK tersebut maka tingkat kerawanan longsor di wilayah Sub DAS Tondano diperoleh sebagai berikut:

1. Kelas tidak rawan, nilai skor 10 – 11,2
2. Kelas kerawanan rendah, nilai skor 11,2 – 12,4
3. Kelas kerawanan sedang, nilai skor 12,4 – 13,6
4. Kelas kerawanan tinggi, nilaiskor 13,6 – 14,8
5. Kelas sangat rawan, nilai skor 14,8 – 16

Penggunaan metode tidak langsung terkait Pemetaan Zona kerentanan Gerakan Tanah dilakukan oleh Yunarto di Kabupaten Kuningan pada tahun 2012. Menurut Standar Nasional Indonesia 13-7124-2005 BSN, 2005), penyusunan peta zona kerentanangerakan tanah dapat dilakukan dengan metode tidak langsung (Gambar 1), metode langsung, atau gabungan. Dalam penelitian ini, peta zona kerentanan gerakan tanah disusun dengan menggunakan metode tidak langsung, yaitu menggunakan peta parameter (geologi, kemiringan lereng, tata guna lahan) ditumpang-tindihkan dengan peta sebaran gerakan tanah hasil interpretasi citra. Selanjutnya dilakukan perhitungan menggunakan data satuan geologi, kelas kemiringan lereng, dan unit tata guna lahan yang berpengaruh terhadap kejadian gerakan tanah. Pada prosesnya, penyusunan peta ini didasarkan atas perhitungan kerapatan (*density*) gerakan tanah dan nilai bobot (*weight value*) dari setiap satuan geologi, kelas kemiringan lereng, dan unit tata guna lahan (pada setiap peta parameter). Nilai bobot yang diperoleh dijumlahkan dan kemudian dikelompokkan menjadi empat kelas dengan menggunakan batas atas untuk tiap kelas, yaitu zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah, zona kerentanan gerakan tanah rendah, zona kerentanan gerakan tanah menengah, dan zona kerentanan gerakan tanah tinggi.



Gambar 1. Diagram alir pembentukan zona kerentanan gerakan tanah

Perhitungan kerapatan dan bobot dilakukan dengan rumus:

$$\text{Nilai kerapatan (unit/klas/tipe)} = \frac{Luas\ gerakan\ tanah\ (\text{pada unit/klas/tipe})}{Jumlah\ luas\ (\text{unit/klas/tipe})}$$

Dan

$$\text{Nilai bobot (unit/klas/tipe)} = \frac{Luas\ gerakan\ tanah\ (\text{pada unit/klas/tipe})}{Jumlah\ luas\ (\text{unit/klas/tipe})} - \frac{Luas\ seluruh\ gerakan\ tanah\ pada\ peta}{Luas\ seluruh\ daerah\ peta}$$

Hasil dari analisis pada penelitian ini yaitu nilai bobot geologi terhadap gerakan tanah berkisar antara -0,155 s/d 0,768. Bobot gerakan tanah pada tiap kelas lereng berkisar antara -0,14 s/d 0,66. Yang terakhir yaitu hubungan antara tata guna lahan dan tutupan lahan terhadap sebaran gerakan tanah memberikan nilai bobot berkisar antara -0,16 s/d 0,22. Peta zona kerentanan gerakan tanah dihasilkan dengan melakukan penjumlahan nilai bobot dari peta hasil keselarasan antara peta sebaran gerakan tanah dengan peta geologi, kemiringan lereng, dan peta tata guna lahan dengan menggunakan analisis spasial menggunakan SIG. Hasil proses penjumlahan ini mempunyai nilai bobot antara -0,565 s/d 0,737 yang kemudian dikelompokan ke dalam empat kelas berdasarkan pengklasifikasian model standar deviasi, yaitu zona kerentanan gerakan tanah sangat rendah, rendah, menengah dan tinggi. (Yunarto,2012)

2.2.3. Analisis Gerakan Tanah Menggunakan Metode Statistik BiVariate

Analisis statistik BiVariate merupakan metode yang dikembangkan melalui kerja sama teknis Badan Geologi, KESDM dan BGR, Jerman. Metode analisis statistik BiVariate menggunakan WoE (Weight of Evident) merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk melakukan pemetaan kerentanan longsor. Metode ini memanfaatkan data historis kejadian longsor untuk mendapatkan pola parameter yang dapat mengontrol dan mempengaruhi terjadinya longsor. Keuntungan dari metode ini yaitu keakurasiannya yang dapat dihitung dan proses pengerjaan yang cepat dan murah. Beberapa pendekatan statistik yang digunakan yaitu "Information Value", "Frequency Ratio", dan "Weight of Evidence". Dari setiap metode statistik ini diperoleh hubungan antara faktor-faktor pengendali longsor dan distribusi kejadian longsor. (Sumaryono *et al*., 2014)

Formula yang digunakan yaitu:

$$W^{+} = \ln\left(\frac{\frac{Npix\ landslide\ in\ class}{Npix\ total\ landslide\ area}}{\frac{Npix\ stable\ area\ in\ class}{Npix\ total\ stable\ area}}\right)$$

$$W^{-} = \ln\left(\frac{\frac{Npix\ landslide\ outside\ class}{Npix\ total\ landslide\ area}}{\frac{Npix\ stable\ area\ outside\ class}{Npix\ total\ stable\ area}}\right)$$

Bobot dari masing - masing sel deterministik dapat dihitung dengan persamaan:

$$W_i = \sum_{j=1}^{n} W_j^k$$

Di mana Wj adalah kelas pada tiap parameter dan Wk menggambarkan nilai-nilai positif dan negatif dari WoE.

Analisis kerentanan dengan memanfaatkan data kejadian tanah longsor yang ada dalam inventaris maupun melalui identifikasi penginderaan jarak jauh (*remote sensing*) dan peta pendukung lain yang telah tersedia akan dapat mengurangi biaya survei lapangan sehingga dapat menekan pembiayaan, dan proses analisis dengan bantuan teknologi SIG akan mempercepat proses. Metode analisis kerentanan gerakan tanah yang diterapkan adalah metode statistic. Metode statistic dipilih karena dapat menggunakan data/informasi yang tersedia dan hasilnya terukur (kuantitatif) oleh sebab itu dapat dipertanggung-jawabkan secara ilmiah. (KESDM,2013)

Adapun mekanisme dalam analisis gerakan tanah dengan menggunakan metode statistik *BiVariate* yang dijelaskan dalam "Panduan Teknis: Annalisa Gerakan Tanah Dengan Metode Statistik *BiVariate* Menggunakan ArcGIS 10x" melalui tujuh tahapan.

1. Data lokasi kejadian tanah longsor (dapat berupa lokasi (point) atau kawasan (polygon)) dibagi menjadi 2 yang kurang lebih sebanding yaitu 50%:50% 45%:55%, atau 40%:60%. Masing masing digunakan untuk mengetes validitas keberpengaruhan parameter terhadap kejadian tanah longsor yang selanjutnya kita sebut landslide train (*ls_train*) dan untuk melakukan validasi model kerentanan gerakan tanah yang kita sebut landslide test (*ls_test*).
2. Menyiapkan parameter gerakan tanah, yang ditengarai sebagai penyebab gerakan tanah. Parameter ini harus dalam format raster (GRID) dan dilakukan klasifikasi sesuai dengan sifatnya, sebagai contoh:
   - Kelerengan, diklasifikasikan berdasarkan sudut kelerangan;
   - Tutupan lahan, diklasifikasikan berdasarkan tipe tutupan: vegetasi, perumahan, sawah, dll;
   - Geologi, diklasifikasikan bersarkan jenis tanah/batuan/formasi geologi.
   - Kelurusan dan alur sungai, diklasifikasikan berdasarkan kedekatan jarak dengan kelurusan: 100 m, 200 m, dst; dan
   - Data lainnya.
3. Dilakukan pengujian terhadap masing masing parameter untuk mengetahui besar keberpengaruhan terhadap gerakan tanah. Pengujian dilakukan dengan menggunakan kejadian tanah longsor *ls_train* untuk mendapatkan nilai AUC (Area Under Curve).
4. Parameter yang berpengaruh dominan (nilai AUC > 0.6) dipilih sebagai parameter model statistik gerakan tanah dan yang tidak berpengaruh akan diabaikan.
5. Model statistik gerakan tanah diuji dengan menggunakan kejadian tanah longsor *ls_test* untuk mendapatkan nilai AUC. Apabila nilai AUC yang diperoleh tidak memenuhi syarat (< 0.6), maka model dikatakan gagal dan tidak dapat digunakan untuk menentukan zona kerentanan gerakan tanah. Kegagalan model disebabkan oleh karena jumlah kejadian tanah longsor tidak

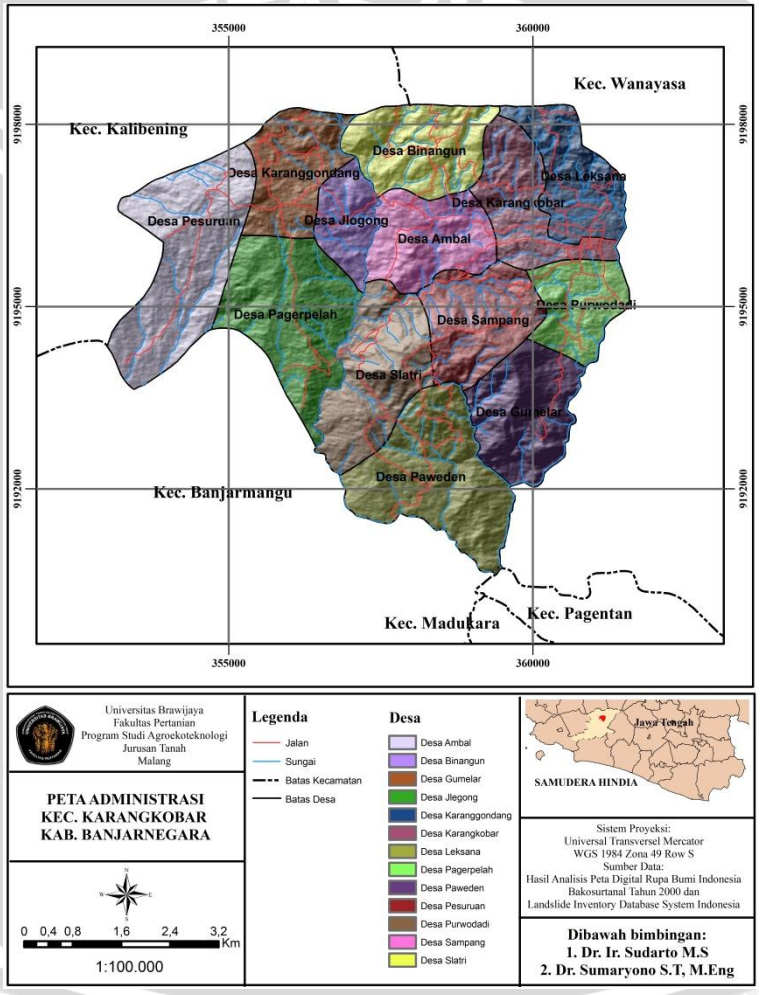
mencukupi, atau dapat pula disebabkan data kejadian tidak teridentifikasi dengan benar.

6. Apabila nilai AUC model statistik kerentanan gerakan tanah memenuhi syarat, maka selanjutnya dilakukan zonasi gerakan tanah dalam klas tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah.
7. Hasil zonasi direpresentasikan dalam peta, dan dicetak untuk disyahkan. Zonasi, yaitu melakukan klasifikasi nilai WoE menjadi tingkat kerentanan gerakan tanah. Tingkat kerentanan diklasifikasikan dalam kerentanan tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah. Tingkat kerentanan ini harus didefinisikan kembali agar menjadi lebih terukur. Dalam metode statistic pendifinisian tingkat kerentanan berupa nilai kemungkinan (probabilitas) terjadinya gerakan tanah dimasing masing zona.

III. METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini direncanakan untuk dilakukan di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah yang secara geografis terletak pada 7˚12'-7˚31' LS dan 109˚29' - 109˚45'50''BT (Gambar 2). Pengolahan data laboratorium dan data studio dilakukan di Laboratorium Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Bandung, Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan pada Februari 2016 – Juni 2016.



Gambar 2. Peta Administrasi Kec.Karangkobar

3.2. Alat dan Bahan

Penelitian ini dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pengambilan data lapang yang dilakukan di Kabupaten Banjarnegara yang selanjutnya diuji di Laboratorium Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi Bandung. Adapun alat dan bahan yang diperlukan dalam pengambilan data lapangan antara lain:

a. Peta topografi daerah penelitian,
b. Kompas geologi,
c. Palu geologi,
d. Paralon,
e. GPS,
f. Alat tulis dan buku lapangan,
g. Sekop dan cangkul,
h. Plastik uap,
i. Isolasi/lakban,
j. GPS Geodetic Trimble,
k. Drone Dji Phantom 2 beserta Kamera GoPro, dan
l. Kamera.

Sedangkan untuk pengolahan data studio diperlukan alat berupa perangkat keras dan perangkat lunak dan juga bahan yang diantaranya yaitu:

a. Notebook Acer Asire E1-470,
b. Printer,
c. ArcGIS 9.3 atau 10,
d. MapInfo Professional 11.5,
e. Global Mapper,
f. Microsoft Excel 2010,
g. Microsoft Word 2010,
h. *Digital Elevation Mode* untuk membuat Peta Lereng,
i. Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1408-414 Karangkobar Skala 1:25000,
j. Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1408-412 Banjarnegara Skala 1:25000,

k. Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1408-441 Bantur Skala 1:25000,
l. Peta Rupabumi Digital Indonesia Lembar 1408-423 Watumalang Skala 1:25000,
m. Peta Geologi Bersistem Indonesia Lembar: Banjarnegara-Pekalogan, 1408-1,1409-1 Skala 1:100000,
n. Peta Tata Guna Lahan dan Tutupan Vegetasi didapat dari interpretasi foto udara,
o. Peta Jenis Tanah,
p. Data Iklim (Curah Hujan), dan
q. Data Kegempaan Lokasi.

3.3. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dalam beberapa kegiatan yang meliputi pengambilan dan pengumpulan data, pengolahan data spasial, analisis data spasial, analisis daerah rawan longsor serta penulisan laporan skripsi.

3.3.1. Proses Pengambilan dan Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini diperlukan data-data lapang dan data studio. Data lapangan diperoleh dari penyelidikan langsung meliputi pengamatan lapangan dan pengambilan sampel tanah. Pengamatan lapangan dilakukan untuk memperoleh data kondisi geologi daerah penelitian, air permukaan, kondisi dan situasi lereng, dan keadaan geomorfologi daerah penelitian. Pengambilan sampel tanah dilakukan untuk kemudian dilakukan uji laboratorium untuk memperoleh data sifat fisik dan mekaniknya. Pengambilan foto udara juga dilakukan untuk mengetahui penggunaan lahan secara menyeluruh dan juga diperlukan data yang menyatakan posisi keberadaan suatu tempat di permukaan bumi dalam bentuk koordinat yang disebut *Ground Control Points* (GCP).Data studio merupakan data yang diperoleh dari pengerjaan di studio. Data studio dapat berupa peta-peta parameter, hasil-hasil penelitian terdahulu, dan publikasi-publikasi yang terkait dengan penelitian.

3.3.1.1. Pengambilan Sampel Tanah

Dalam penelitian ini, dilakukan pengambilan contoh tanah utuh yang diambil dari lapisan tanah tertentu dalam keadaan tidak terganggu sehingga kondisinya hampir menyamai kondisi di lapangan. Pengambilan sample tanah dilakukan pada titik yang sama dengan titik pengambilan data GCP. Adapun teknik pengambilan sampel tanah tersebut dijelaskan pada lampiran 2.

3.3.1.2. Pengambilan foto udara

Foto udara adalah hasil pemotretan suatu daerah dari ketinggian tertentu, dalam ruang lingkup atmosfer menggunakan kamera. Dalam penelitian ini, foto udara didapat dari pengambilan langsung di lokasi penelitian menggunakan drone (DJI Phantom 2) yang dilengkapi dengan kamera digital (Gammbar 3). Pengambilan foto udara dilakukan secara bertahap pada tiap titik yang telah ditentukan, hal tersebut dikarenakan daya baterai drone yang sangat terbatas. Titik pengambilan foto udara ditentukan secara acak bergantung pada kemampuan pengendali pesawat. Syarat utama dari titik pengambilan foto udara yaitu merupakan area yang datar sehingga dapat digunakan pesawat untuk lepas landas maupun mendarat.

Keuntungan dari penggunaan foto udara ini yaitu menghasilkan gambar/citra yang lebih detail dan tidak terkendala awan karena pengoperasiannya pada ketinggian di bawah awan. Kelemahannya, foto udara terdiri dari kumpulan scene kecil yang banyak, terlebih lagi pengambilan foto dilakukan pada area yang cukup luas. Pengoperasian foto udara juga sangat bergantung pada cuaca, seperti faktor kecepatan dan arah angin yang dapat mengganggu kestabilan pengampilan foto. Selain itu, pengambilan foto udara juga harus dibarengi dengan pengambilan GCP (*Ground Control Point* di Lapangan) untuk melakukan koreksi geometrik (*orthorectification*). Hal tersebut dilakukan untuk meningkatkan akurasi geometri dari foto udara yang diambil.

Gambar 3. DJI PHANTOM 2

Sumber:http://hoogtezicht.nl/drone-kopen/dji-phantom-2-fpv-pro-camera-drone

3.3.1.3. Pengambilan data GCP (*Grand Control Point*)

GCP (*Grand Control Point*) adalah suatu titik-titik yang letaknya pada suatu posisi piksel suatu citra yang koordinat petanya (referensinya) diketahui. GCP terdiri dari sepasang koordinat X dan Y yang terdiri atas koordinat sumber dan koordinat koordinat referensi. Proses pengambilan data GCP ini dilakukan secara bersamaan dengan pengambilan foto udara pada lokasi penelitian dengan menggunakan GPS Geodetic. GPS Geodetic dipilih karena GPS ini memiliki sistem penerima (*receivers*) dual frekuensi yaitu mampu mengkap 2 sinyal L1 dan L2 bersamaan. GPS ini digunakan karena memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan tingkat kesalahan di bawah satu centimeter.

Pengambilan data GCP dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan titik-titik sample secara acak sesuai dengan kondisi lokasi penelitian. Lokasi pengambilan data GCP dibedakan menjadi 2 yaitu titik sample GCP alami dan buatan. GCP alami merupakan bentukan asli yang terdapat di lokasi penelitian yang sekiranya dapat tergambar jelas pada foto udara yang diambil, contohnya seperti gubuk, pembatas jembatan, dan lain sebagainya. Sedangkan GCP buatan merupakan tanda yang dibuat pada lokasi penelitian dengan menggunakan alat bantu yang dapat terlihat pada foto udara. Semakin banyak titik sample GCP yang diambil maka keakurasian foto udara akan semakin tinggi. Pentransferan data dari satelit ke GPS yang dipasang membutuhkan waktu ±20 menit pada tiap titik sample. Pengoperasian GPS Geodetic dijelaskan pada lampiran 3.

Gambar 4. GPS Geodetic

Sumber:http://www.dreamstime.com/royalty-free-stock-images-geodetic-gps-image12112739

3.3.2. Analisis data spasial

Analisis data spasial yang digunakan dalam penelitian ini yaitu menggunakan metode statistik *BiVariate*. Tahapan analisis data spasial dilakukan melaui dua tahap yaitu (a) Persiapan data dan (b) Analisis data parameter yang dijelaskan pada lampiran 4.

3.3.3. Survei dan Evaluasi Data dengan Kondisi Lapang

Pada penelitian ini analisis daerah rawan longsor dilakukan dengan cara deskriptif yaitu melakukan pengecekan kejadian longsor yang ada di lapangan pada setiap tingkat kerawanan daerah rawan longsor. *Ground check* di lakukan secara *purposif sampling* pada setiap kelas kerawanan. Setelah semua analisis selesai dilakukan, maka dilanjutkan dengan pembuatan rekomendasi tata guna lahan yang sesuai dengan kondisi kerentanan gerakan tanah.

3.3.4. Penulisan Skripsi

Tahap akhir dari penelitian ini adalah menuangkan seluruh hasil pengamatan lapangan dan interpretasinya, pengujian sampel tanah di laboratorium, pengolahan data laboratorium, analisis-analisis yang dilakukan, dan evaluasi serta rekomendasi tata guna lahan di daerah penelitian ke dalam sebuah laporan skripsi.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kondisi Umum Wilayah Penelitian

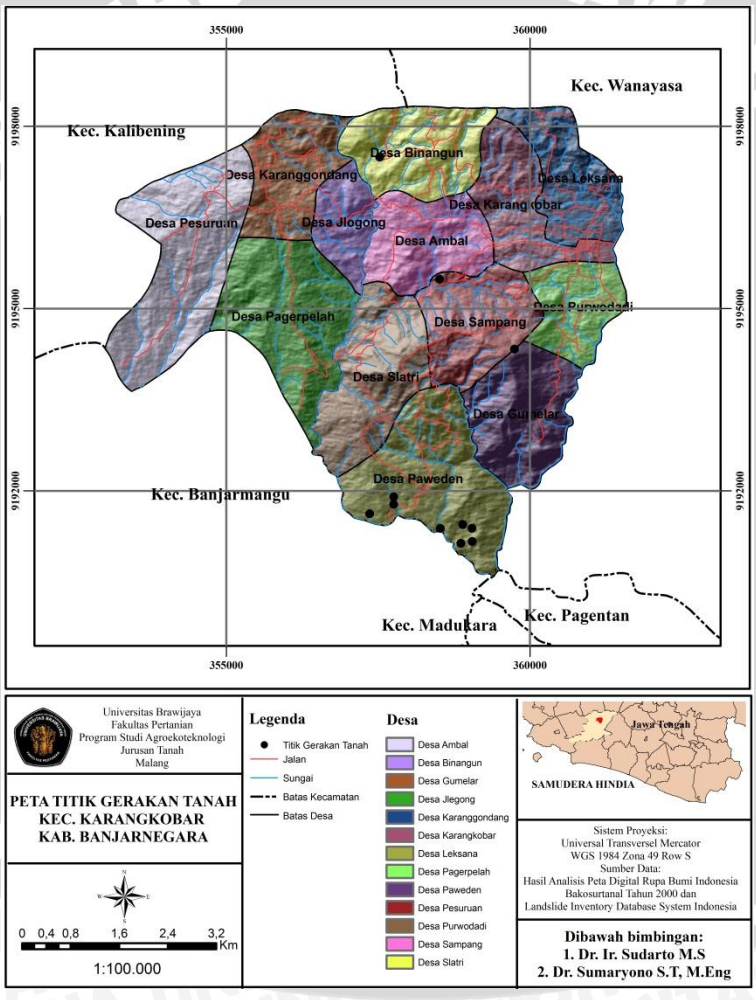
Kecamatan Karangkobar berada Kabupaten Banjarnegara, Provinsi Jawa Tengah yang secara geografis terletak di 7˚16'54.63" S dan 109˚43'22.84" T. Dalam sistem grid UTM (*Universal Transverse Mercator*) Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara berada pada zona 49S. Kecamatan Karangkobar kurang lebih berjarak 33km dari ibukota Kabupaten Banjarnegara dan secara langsung berbatasan dengan Kecamatan Kalibening di sebelah utara, Kecamatan Wanayasa di sebelah timur, Kecamatan Madukara di sebelah tenggara dan Kecamatan Banjarmanu di sebelah Barat. Kecamatan Karangkobar terbagi atas 13 desa dengan luasan dan presentase wilayah yang secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Daftar Desa di Kecamatan Karangkobar

No.	Desa	Luas(ha)	Presentase
1.	Slatri	373,09	9,00
2.	Paweden	473,53	11,42
3.	Gumelar	317,58	7,66
4.	Purwodadi	204,36	4,93
5.	Sampang	292,66	7,06
6.	Ambal	273,97	6,61
7.	Pagerpelah	450,07	10,86
8.	Pasuruhan	523,97	12,64
9.	Karanggondang	266,01	6,42
10	Jlegong	147,21	3,55
11.	Binangun	306,05	7,38
12.	Karangkobar	259,62	6,26
13.	Leksana	254,91	6,15
	Jumlah	4143,07	100,00

4.2. Kejadian Gerakan Tanah di Wilayah Penelitian

Berdasarkan data kejadian gerakan tanah yang diperoleh dari *Landslide Inventory Database System* Indonesia (LIDIA) milik Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, selama kurun waktu ±20 tahun terakhir (terhitung dari tahun 1995) tercatat sebanyak 57 kejadian gerakan tanah terjadi di Kabupaten Banjarnegara. Berdasarkan analisis yang dilakukan kemudian diketahui bahwa 11 kejadian gerakan tanah dari 57 kejadian yang ada atau sekitar 21% kejadian gerakan tanah terjadi di Kecamatan Karangkobar. Titik-titik kejadian gerakan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.

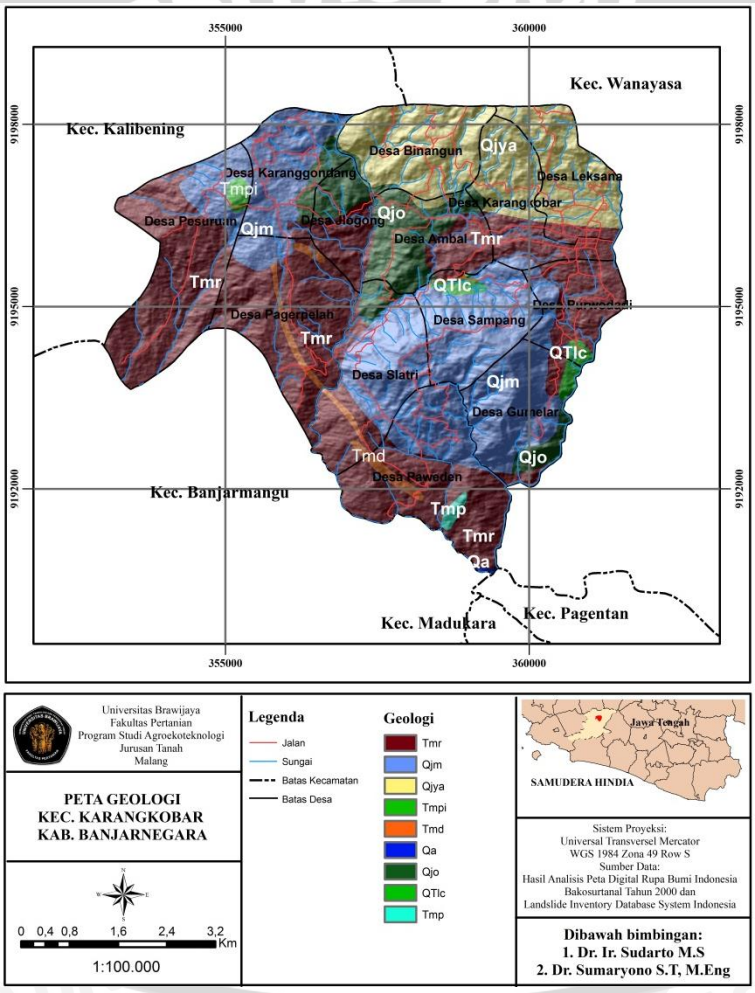


Gambar 5. Titik Kejadian Gerakan Tanah di Kec. Karangkobar

4.3. Analisis Statistik Bivariate terhadap Data Kejadian Gerakan Tanah dan Data Parameter

4.3.1. Data Parameter Geologi

Wilayah Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara tersusun atas 9 satuan geologi (1)Qa, (2)Qjm, (3)Qjo, (4)Qjmf, (5)QTlc, (6)Tmp, (7)Tmr, (8)Tmd, dan (9)Tmpi. Satuan geologi ini berasal dari skala pembagian waktu geologi Quarter dan Tersier. Luas wilayah dan penyebaran satuan geologi ini disajikan dalam Gambar 6 dan Tabel 5.



Gambar 6. Peta Geologi Kec. Karangkobar

Tabel 3. Daftar Geologi di Kecamatan Karangkobar

No.	Geologi	Luas (ha)	Presentase
1.	Qa	2,21	0,05
2.	Qjm	1252,79	30,23
3.	Qjo	366,12	8,83
4.	Qjya	674,65	16,28
5.	QTlc	50,47	1,21
6.	Tmp	12,39	0,29
7.	Tmr	1707,81	41,22
8.	Tmd	60,52	1,46
9.	Tmpi	16,09	0,38
	Jumlah	4143,07	100,00

(1) Qa (ALUVIUM)

Kerikil, pasir, lanau dan lempung, endapan sungai dan rawa. Tebal hingga 150m.

(2) Qjm (BATUAN GUNUNG API JEMBANGAN)

Lava andesit dan atuan klastika gunungapi. Terutama andesit hipersten-augit; setempat mengandung horenblenda dan juga basal olivil. Berupa aliran lava, breksi aliran dan piroklastika, lahar dan aluvium. Qjm: lahar dan endapan aluvium terdiri dari bahan rombakan gunungapi aliran lava dan breksi.

(3) Qjo: (BATUAN GUNUNG API JEMBANGAN)

Lava andesit dan atuan klastika gunungapi. Terutama andesit hipersten-augit; setempat mengandung horenblenda dan juga basal olivil. Berupa aliran lava, breksi aliran dan piroklastika, lahar dan aluvium (Qjo).

(4) Qjya (BATUAN GUNUNG API JEMBANGAN)

Lava andesit dan batuan klastika gunungapi. Terutama andesit hipersten-augit; setempat mengandung horenblenda dan juga basal olivil. Berupa aliran lava, breksi aliran dan piroklastika, lahar dan aluvium. Lahar dan endapan aluvium terdiri dari bahan rombakan gunungapi, aliran lava dan breksi yang terendapkan pada lereng landai agak jauh dari pusat erupsi (Qjya).

(5) QTlc (ANGGOTA LEMPUNG FORMASI LIGUNG)

Batu lempung tufan, batupasir tufan berlapis silangsiur dan konglomerat; setempat sisa tumbuhan dan batubara muda yang menunjukkan bahwa anggota ini diendaptkan di lingkungan bukan-laut.

(6) Tmp (FORMAI PENOSOGAN)

Perselingan konglomerat, batupasir, batulempung, napal, tuf dan riolit; berlapis baik. Bagian bawah satuan berupa konglomerat, anekabahan, yang ke arah atas runtuhan berangsur menghilang; tersusun daru kuarsa susu, kepingan batugamping kalkerenit yang mengandung Lepidocyclina. Batupasir dikuasai kuarsa, dengan sedikit biotit, turmalin, rutil dan mineral berat lainnya; terpilah jelek, setempat gampingan dan kerikilan. Ke arah atas runtuhan, umumnya berangsur menjadi batulanau, berlapis tipis-pejal. Struktur pelapisan bersusun. Runtuhan batuan ini hasil endapan arus turbidit. Bagian tengah formasi tersusun dari batu lempung, napal dan kalkarenit dengan sisipan tuf. Batulempung gampingan dan napalan. Kalkarenit berupa kepingan cangkang foraminifera dan koral, menyudut-membundar tanggung, terpilah buruk, terekat kalsit. Sisipan batupasir kasar kerikilan masih nampak, yang makin ke atas makin tipis, lebih ke arah puncak, napal dan napal tufan yang mengandung Globigerina, Globoquadrina, Orbulina dan foraminifera besar, sehingga Harloff (1933) menamakannya "Fossiel Horizont". Sisipan tuf bersusun dasit, riolit dan kaca mulai ada, struktur sedimen yang berupa gelembur gelombang, rekah-kerut, pelapisan bersusun jejak cacing, perairan sejajar, konvulut, garit dan tikas seruling, menunjukkan kesan akan lingkungan pengendapan air dangkal atau mungkin daerah pasang surut. Umur satuan dianggap, Miosen Tengah (T12-T13). Runtuhan napal tufan ini oleh Harloff (1933) disebut "Tweede Margeltuf Horzint" dengan ketebalan mencapai 300m. Bagian atas satuan tersusun dari perselingan tuf dengan napal tufan. Tuf kaca berlapis tebal 5-10 m, dari menipis ke arah puncak. Formasi ini menindi selaras Formasi Waturanda dan ditindih selaras oleh Formasi Halang. Ketebalan satuan batuan mencapai 1146 m (Iskandar, 1974).

(7) Tmr : (FORMASI RAMBATAN)

Serpih, napal dan batu pasir gampingan; mengandung foraminefara kecil. Tebal lebih dari 300m.

(8) Tmd (BATUAN INTRUSI)

Batuan bersusunan diorit, meliputi diorit atau iorit porfir.

(9) Tmpi (BATUAN INTRUSI)

Batuan bersusun diorit, meliputi gabro atau porfir gabro.

4.3.1.1. Analisis Statistik Data Parameter Geologi

Analisis statistik *bivariate* pada data parameter geologi dilakukan untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengarhuhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodologi. Perbedaan keduanya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE dan FR menunjukkan bahwa subfactor Tmr (Formasi Rambatan) merupakan satuan geologi yang memiliki tingkat keberpengaruhan paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah di daerah penelitian. Tingkat keberpengaruhan subfactor lainnya juga bergantung pada *weight value* dari analisis statistik yang dilakukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfaktor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing subfactor dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7, sedangkat peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 7 dan 8.

Tabel 4. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Geologi

Class_ID	Geologi	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	Tmr	210841	0,412209	4	4,412209	2,09267E-05	1,17304E-05	1,783968	0,5788	0,57885	-0,79804	1,376887	0,9508	950
2	Qjm	154666	0,302383	1	1,302383	8,42062E-06	1,17304E-05	0,717844	-0,3315	-0,33151	0,11538	-0,44689	-0,8729	-872
3	Qjya	83290	0,162838	0	0,162838	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7917	-1,79177	0,15022	-1,94199	-2,3680	-2368
4	Tmpi	1986	0,003883	0	0,003883	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7918	-1,79177	0,00324	-1,79501	-2,2211	-2221
5	Tmd	7472	0,014608	0	0,014608	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7918	-1,79177	0,01228	-1,80405	-2,2301	-2230
6	Qa	274	0,000536	0	0,000536	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7918	-1,79177	0,00045	-1,79222	-2,2183	-2218
7	Qjo	45200	0,088369	0	0,088369	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7918	-1,79177	0,07768	-1,86945	-2,2955	-2295
8	QTlc	6231	0,012182	0	0,012182	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7918	-1,79177	0,01022	-1,80199	-2,2280	-2228
9	Tmp	1530	0,002991	0	0,002991	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,7918	-1,79177	0,00250	-1,79427	-2,2203	-2220
SUM		511490			6						-0,42606			

Lanjutan Tabel 4.

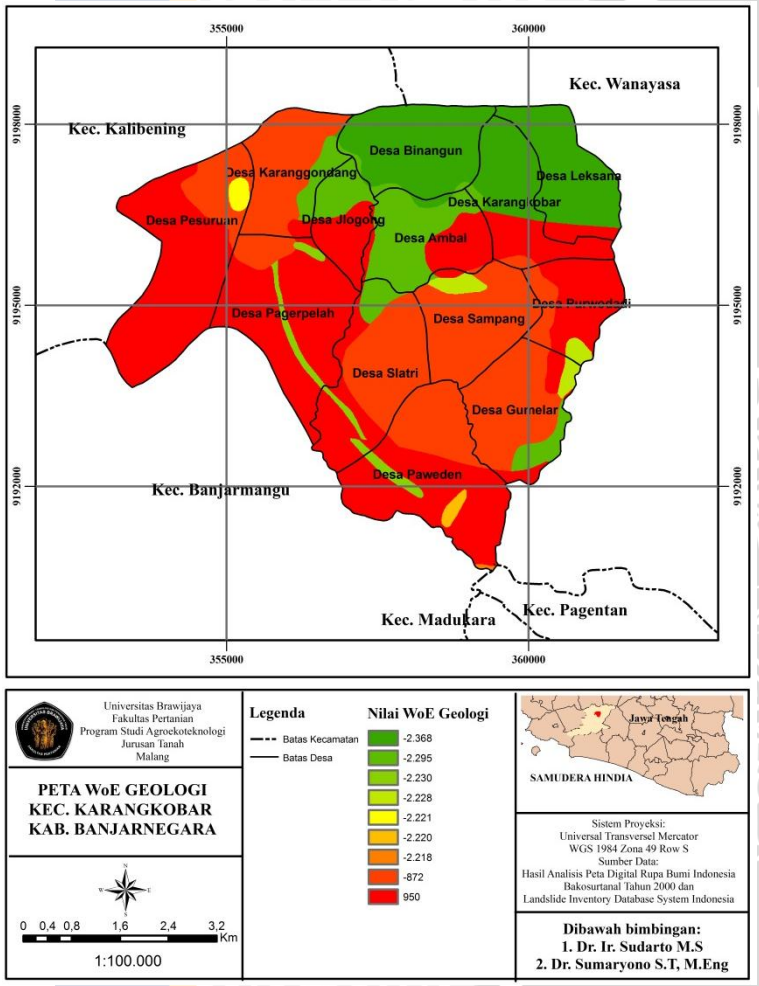
WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
950	210841	210841	0,41221	4	4	0,8	0,164884
-872	154666	365507	0,71459	1	5	1	0,272145
-2218	274	365781	0,71513	0	5	1	0,000536
-2220	1530	367311	0,71812	0	5	1	0,002991
-2221	1986	369297	0,72200	0	5	1	0,003883
-2228	6231	375528	0,73418	0	5	1	0,012182
-2230	7472	383000	0,74879	0	5	1	0,014608
-2295	45200	428200	0,83716	0	5	1	0,088369
-2368	83290	511490	1	0	5	1	0,162838
SUM	511490			5			0,722436

Tabel 5. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Geologi

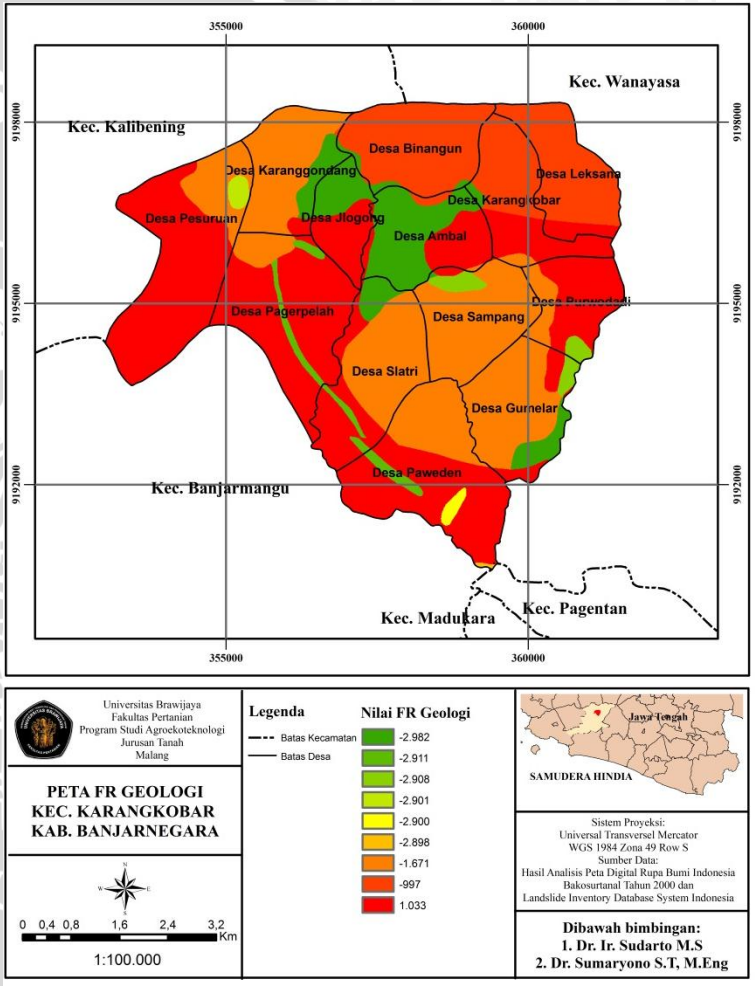
Class_ID	Geologi	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightFR	X1000
1	Tmr	210841	0,412209	8	8,412209	3,99E-05	2,15E-05	1,855237	0,6180	0,61803	-0,91572	1,5338	1,03386	1033
2	Qjm	154666	0,302383	1	1,302383	8,42E-06	2,15E-05	0,391551	-0,9376	-0,93765	0,23408	-1,1717	-1,67162	-1671
3	Qjya	83290	0,162838	1	1,162838	1,4E-05	2,15E-05	0,649188	-0,4320	-0,43204	0,06601	-0,4980	-0,99794	-997
4	Tmpi	1986	0,003883	0	0,003883	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,00354	-2,4015	-2,90134	-2901
5	Tmd	7472	0,014608	0	0,014608	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,01339	-2,4113	-2,91119	-2911
6	Qa	274	0,000536	0	0,000536	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,00049	-2,3984	-2,89829	-2898
7	Qjo	45200	0,088369	0	0,088369	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,08446	-2,4824	-2,98226	-2982
8	QTlc	6231	0,012182	0	0,012182	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,01115	-2,4091	-2,90896	-2908
9	Tmp	1530	0,002991	0	0,002991	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,00272	-2,4006	-2,90053	-2900
SUM		511490			11						-0,49989			

Lanjutan Tabel 5.

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
1033	210841	210841	0,41221	8	8	0,8	0,164884
-997	83290	294131	0,57505	1	9	0,9	0,138412
-1671	154666	448797	0,87743	1	10	1	0,287264
-2898	274	449071	0,87797	0	10	1	0,000536
-2900	1530	450601	0,88096	0	10	1	0,002991
-2901	1986	452587	0,88484	0	10	1	0,003883
-2908	6231	458818	0,89702	0	10	1	0,012182
-2911	7472	466290	0,91163	0	10	1	0,014608
-2982	45200	511490	1	0	10	1	0,088369
SUM	511490			10			0,713129



Gambar 7. Peta WoE Geologi Kec. Karangkobar



Gambar 8. Peta FR Geologi Kec. Karangkobar

4.3.2. Data Parameter Jenis Tanah

Wilayah Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara didominasi oleh jenis tanah Dystropepts yang termasuk kedalam ordo tanah Inseptisols. Sedangkan jenis tanah lain yang juga ditemukan berasosiasi dengan tanah ini berasal dari ordo Entisols, Alfisols, Ultisols dan Oxisols (Tabel 8 dan Gambar 9).

1. Inceptisols

Tanah-tanah yang mulai menunjukkan adanya perkembangan profil, dengan susunan horison A-Bw-C pada lahan kering dengan drainase baik, atau susunan horison A-Bg-C pada lahan basah dengan drainase terhambat. Tanah terbentuk dari berbagai macam bahan induk, yaitu tuf volkan masam, tuf volkan intermedier (andesitik), tufa pasiran, dan granodiorit serta skis. Tanah ini mempunyai penyebaran paling luas, menempati grup landform dataran volkan, perbukitan volkan, dan dataran tektonik.Tanah dari bahan volkan intermedier berwarna coklat kemerahan, tekstur lempung berliat sampai liat, penampang dalam, dan struktur cukup baik, konsistensi gembur sampai teguh.Reaksi tanah netral, kadar C dan N organik sangat rendah sampai sedang, kadar P dan K potensial sedang sampai tinggi. Kadar basa-basa dapat tukar didominasi oleh Ca dan Mg. KTK tanah rendah, KTK liat rendah sampai tinggi, dan kejenuhan basa tinggi. Pada landform dataran volkan sifat tanah dipengaruhi oleh bahan induknya. Tanah penampang cukup dalam, berwarna coklat kekuningan sampai kemerahan, drainase baik, tekstur halus sampai agak halus, konsistensi gembur sampai teguh, dan reaksi tanah agak masam sampai masam.

2. Entisols

Merupakan tanah-tanah muda, yang belum mempunyai perkembangan profil, dengan susunan horison A-C atau A-C-R, atau A-R. Tanah ini terbentuk dari bahan aluvium, aluvium-marin, marin, dan volkan. Umumnya terbentuk pada landform dataran, fluvio-marin, dan volkan. Penampang tanah bervariasi, tekstur lempung berpasir sampai pasir berlempung, dan berlapis-lapis *(stratified)* atau berselangseling. Adanya perbedaan tekstur berlapis-lapis tersebut menunjukkan proses pengendapan dari limpasan sungai yang berulang; sebagian mengandung

kerikil di dalam penampang tanah. Warna tanah coklat tua sampai gelap, drainase buruk sampai cepat, struktur lepas sampai masif, konsistensi gembur dan keras pada kondisi kering. Reaksi tanah umumnya agak netral (pH 7), kadar C organik sangat rendah sampai sedang, kadar P_2O_5 dan K_2O potensial sedang sampai tinggi, basa-basa dapat tukar rendah sampai tinggi dan didominasi oleh Ca dan Mg. KTK tanah rendah, tetapi kejenuhan basanya tinggi.

3. Alfisols

Tanah-tanah yang sudah menunjukkan adanya perkembangan profil, dengan susunan horison A-E-Bt-C pada lahan kering dengan drainase agak baik, atau susunan horison A-Bg-C pada lahan basah dengan drainase terhambat. Tanah terbentuk dari berbagai macam bahan induk yang mengandung karbonat dan tidak lebih tua dari pleistosen dan di daerah dingin hampir semua bahan induk berasal dari kapur yang masih muda. Tanah ini mempunyai penyebaran luas, menempati grup landform perbukitan volkanik tua, perbukitan karst dan perbukitan tektonik.Bentuk wilayah beragam dari bergelombang hingga tertoreh.Tanah yang berkembang dari batu kapur, olivine, tufa dan lahar berwarna coklat kemerahan, tekstur lempung berliat sampai liat, penampang dalam, dan struktur kuat, konsistensi teguh sampai sangat teguh. Reaksi tanah agak masam sampai netral, kadar C dan N organik sangat rendah sampai sedang, kadar P dan K potensial sedang sampai tinggi. Kadar basa-basa dapat tukar didominasi oleh Ca dan Mg. KTK tanah rendah, KTK liat rendah sampai tinggi, dan kejenuhan basa rendah. Solum tanah dangkal hingga dalam.

4. Ultisols

USGS mendefinisikan Ultisols sebagai tanah mineral yang tidak mengandung bahan gamping yang banyak di dalam tanah, memiliki mineral lapuk kurang dari 10% di lapisan atas tanah yang ekstrim, dan memiliki kejenuhan basa dikurangi 35% di seluruh tanah.Ultisol hanya ditemukan di daerah-daerah dengan suhu tanah rata-rata lebih dari 80C. Ultisol adalah tanah dengan horizon argilik atau kandik bersifat masam dengan kejenuhan basa rendah. Kejenuhan basa (jumlah kation) pada kedalaman 1,8 m dari permukaan tanah kaurang dari 35 persen, sedang kejenuhan basa pada kedalaman kurang dari 1,8 m dapat lebih

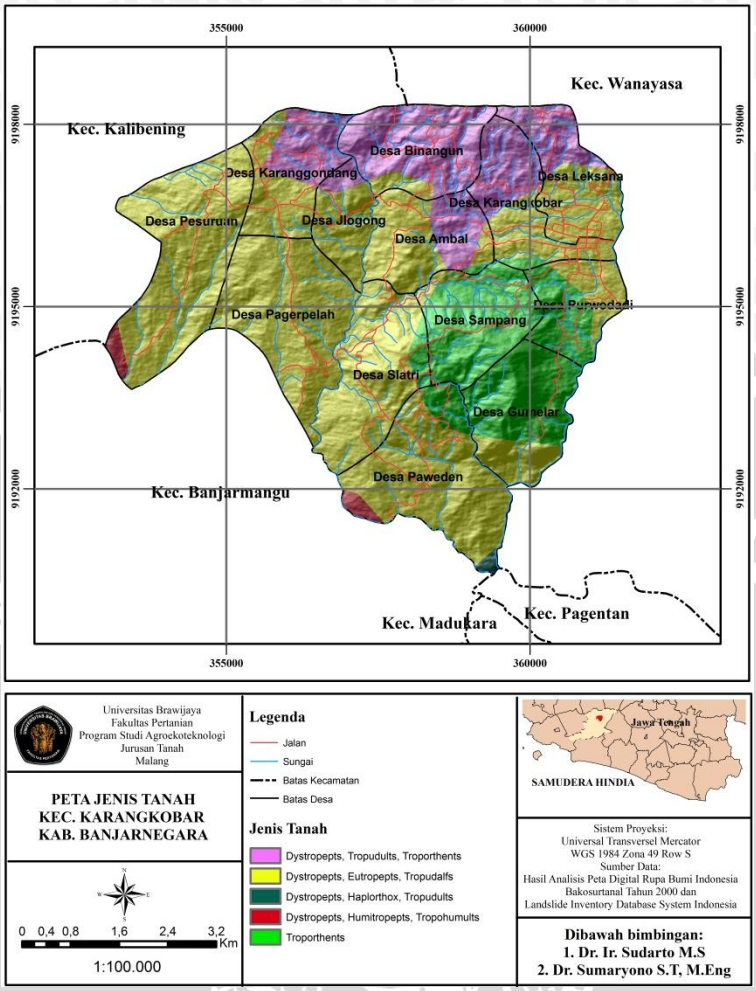
rendah atau lebih tinggi dari 35 persen. Tanah ini umumnya berkembang dari bahan induk tua. Di Indonesia banyak ditemukan di daerah dengan bahan induk batuan liat.

5. Oxisols

Tanah yang termasuk ordo Oxisol merupakan tanah tua sehingga mineral mudah lapuk tinggal sedikit. Kandungan liat tinggi tetapi tidak aktif sehingga kapasitas tukar kation (KTK) rendah, yaitu kurang dari 16 me/100 g liat. Banyak mengandung oksida-oksida besi atau oksida Al. Berdasarkan pengamatan di lapang, tanah ini menunjukkan batas-batas horison yang tidak jelas.Penyebaran tanah Oxisol adalah pada daerah tropis dengan curah hujan tinggi (2000-7000 mm/tahun), terbentuk di daerah tuf, abu atau fan vulkanik yang telah mengalami pelapukan lanjut, dengan bentuk wilayah berombak, bergelombang, berbukit hingga bergunung serta pada ketinggian 10 sampai 1000 m dari permukaan laut (Sarief, 1985). Terdapatnya penyebaran tanah Oxisol ini pada ketinggian 10 sampai 1000 mdpl, berarti tanah Oxisol dapat ditemui di dataran rendah (0—600 mdpl) maupun si dataran tinggi (>600 mdpl), sehingga sangat besar kemungkinan sifat-sifat fisika tanah pada kedua macam daerah akan berbeda pula. Sebab perbedaan sifat fisika tanah sangat dipengaruhi oleh perbedaann faktor-faktor pembentuk tanah seperti iklim, bahan induk, topografi, organisme dan waktu (Buol, 1980).

Tabel 6. Daftar Jenis Tanah di Kec. Karangkobar

No.	Jenis Tanah	Luas (ha)	Presentase
1.	Dystropepts, Tropudults, Troporthents	744,69	17,98
2.	Dystropepts, Eutropepts, Tropudalfs	2624,25	63,34
3.	Dystropepts, Haplorthox, Tropudults	9,31	0,22
4.	Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults	35,21	0,85
5.	Troporthents	729,61	17,61
	Jumlah	4143,07	100,00



Gambar 9. Peta Jenis Tanah Kec. Karangkobar

Jenis tanah yang mendominasi pada wilayah penelitian yaitu di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara adalah jenis tanah dengan ordo Inceptisols dan Entisols. Inceptisols yang ditemukan diantaranya adalah Dystropepts yaitu Inceptisols di daerah tropika, kejenuhan basa rendah kurang dari 50 persen, mempunyai rejim kelembaban isomesik atau iso yang lebih panas. Sedangkan Entisols yang ditemukan adalah Troporthents yang merupakan tanah baru (*recent*) dengan Sub Ordo yang tidak terkandung dalam ciri yang spesifik (sub ordo dengan entisols yang lain) dan berada pada iklim daerah tropis, dengan ciri curah hujan tahunan yang hampir merata turun di daerah yang memiliki tanah berordo Troporthents ini. Sedangkan jenis-jenis tanah lainnya ditemukan berasosiasi dengan jenis tanah lainnya diantaranya yaitu Tropudults, Troporthents Eutropepts, Tropudalfs, Haplorthox, Humitropepts, dan Tropohumults.

4.3.2.1. Analisis Statistik Data Parameter Jenis Tanah

Analisis statistik *bivariate* pada data parameter jenis tanah juga dilakukan sama halnya dengan analisis pada data parameter sebelumnya. Untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengaruhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodologi. Perbedaan keduanya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE menunjukkan bahwa subfaktor assosiasi tanah *Dystropepts, Eutropepts, Tropudalfs* memiliki tingkat keberpengaruhan paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah di daerah penelitian. Sedangkan berdasarkan nilai FR, subfaktor yang memiliki keberpengaruhan paling tinggi adalah assosiasi tanah *Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults.* Tingkat keberpengaruhan subfaktor lainnya juga bergantung pada weight value dari analisis statistik yang dilakukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfaktor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing subfaktor dalam data parameter jenis tanah ini dapat dilihat pada Tabel 9 dan 10. Peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 9 dan 10.

Tabel 7. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Jenis Tanah

Class_ID	Soil_Ass	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	Dystropepts, Tropudults, Troporthents	91937	0,179743	0	0,179743	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,16772	-1,95949	-2,28318	-2283
2	Dystropepts, Eutropepts, Tropudalfs	323982	0,633408	4	4,633408	1,43014E-05	1,17304E-05	1,219174	0,19817	0,19818	-0,47594	0,67411	0,35042	350
3	Dystropepts, Haplorthox, Tropudults	1149	0,002246	0	0,002246	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,00187	-1,79364	-2,11733	-2117
4	Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults	4347	0,008499	0	0,008499	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,00712	-1,79889	-2,12257	-2122
5	Troporthents	90075	0,176103	1	1,176103	1,30569E-05	1,17304E-05	1,113082	0,10713	0,10713	-0,02447	0,13160	-0,19209	-192
SUM		511490			6						-0,32369			

Lanjutan Tabel 7. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Jenis Tanah

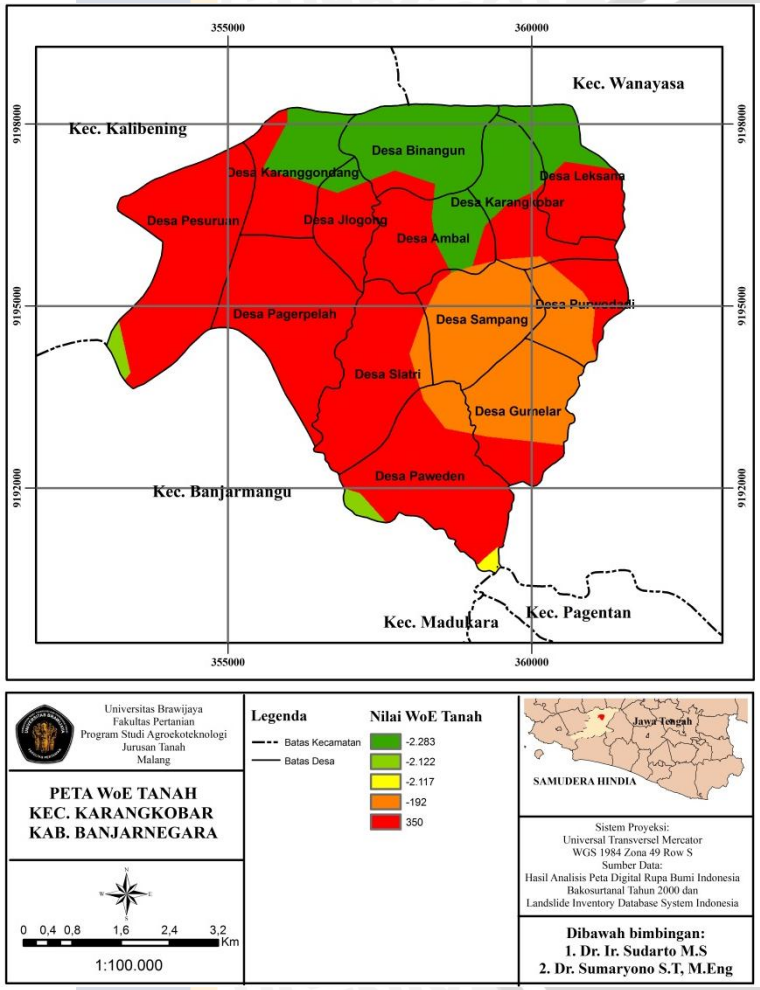
WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
350	323982	323982	0,633408	4	4	0,8	0,253363
-192	90075	414057	0,809511	1	5	1	0,158493
-2117	1149	415206	0,811758	0	5	1	0,002246
-2122	4347	419553	0,820257	0	5	1	0,008499
-2283	91937	511490	1	0	5	1	0,179743
SUM	511490			5			0,602345

Tabel 8. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Jenis Tanah

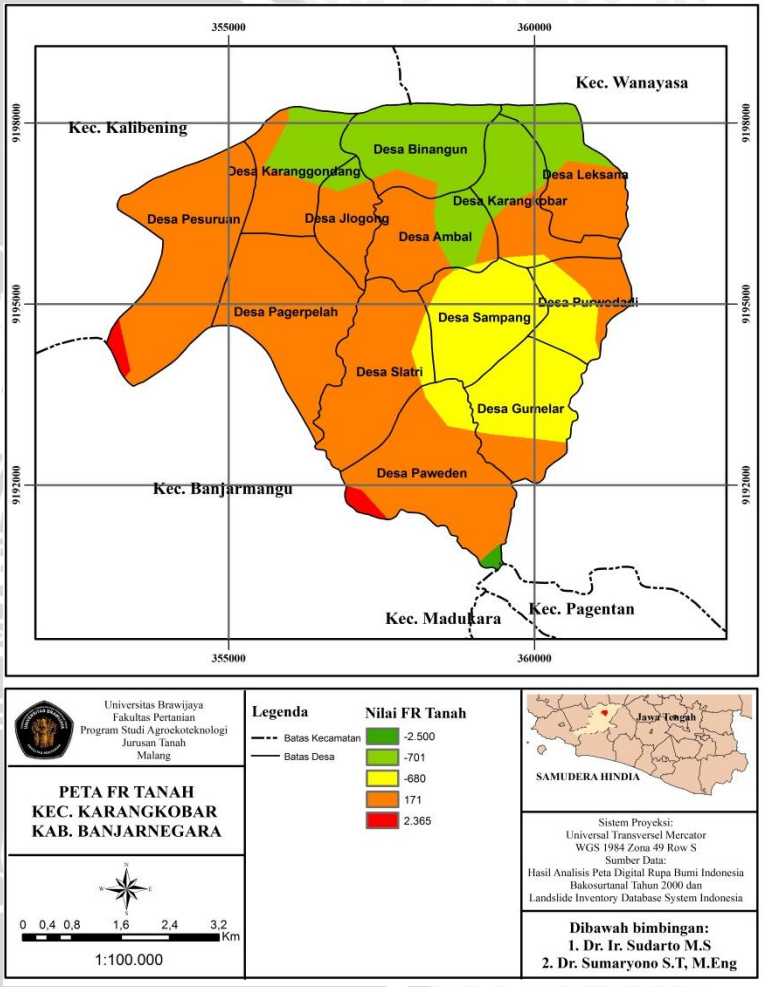
Class_ID	Soil_Ass	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	Dystropepts, Tropudults, Troporthents	91937	0,179743	1	1,179743	1,28E-05	2,15E-05	0,59668	-0,51637	-0,51638	0,084692	-0,60107	-0,70182	-701
2	Dystropepts, Eutropepts, Tropudalfs	323982	0,633408	7	7,633408	2,36E-05	2,15E-05	1,095575	0,091279	0,091281	-0,18049	0,271773	0,171025	171
3	Dystropepts, Haplorthox, Tropudults	1149	0,002246	0	0,002246	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,002045	-2,39996	-2,50071	-2500
4	Dystropepts, Humitropepts, Tropohumults	4347	0,008499	1	1,008499	0,000232	2,15E-05	10,78773	2,37841	2,37862	-0,08763	2,466247	2,3655	2365
5	Troporthents	90075	0,176103	1	1,176103	1,31E-05	2,15E-05	0,607135	-0,499	-0,49901	0,080634	-0,57965	-0,68039	-680
SUM		511490			11						-0,10075			

Lanjutan Tabel 8. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Jenis Tanah

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
2365	4347	4347	0,008499	1	1	0,1	0,000425
171	323982	328329	0,641907	7	8	0,8	0,285034
-680	90075	418404	0,81801	1	9	0,9	0,149688
-701	91937	510341	0,997754	1	10	1	0,170756
-2500	1149	511490	1	0	10	1	0,002246
SUM	511490			10			0,608149



Gambar 10. Peta WoE Tanah Kec. Karangjobar



Gambar 11. Peta FR Tanah Kec. Karangkobar

4.3.3. Data Parameter Penggunaan Lahan

Pola penggunaan lahan berpengaruh pada kapasitas resapan air. Hilangnya tutupan lahan yang beriringan dengan pola penggunaan lahan di suatu daerah menyebabkan potensi kejenuhan air pada tanah meningkat. Tingkan kejenuhan air yang tinggi pada tanah merupakan salah satu faktor yang dapat menyebabkan timbulnya bencana, salah satunya adalah longsor. Dalam penelitian ini, data penggunaan lahan didapat dari data *landsystem* yang diolah untuk mengetahui keberpengaruhan parameter ini terhadap kejadian gerakan tanah. Jenis penggunaan lahan pada wilayah penelitian beserta luasan dan persebarannya dapat dilihat pada Tabel 11 dan Gambar 12.

4.3.3.1. Analisis Statistik Data Parameter Penggunaan Lahan

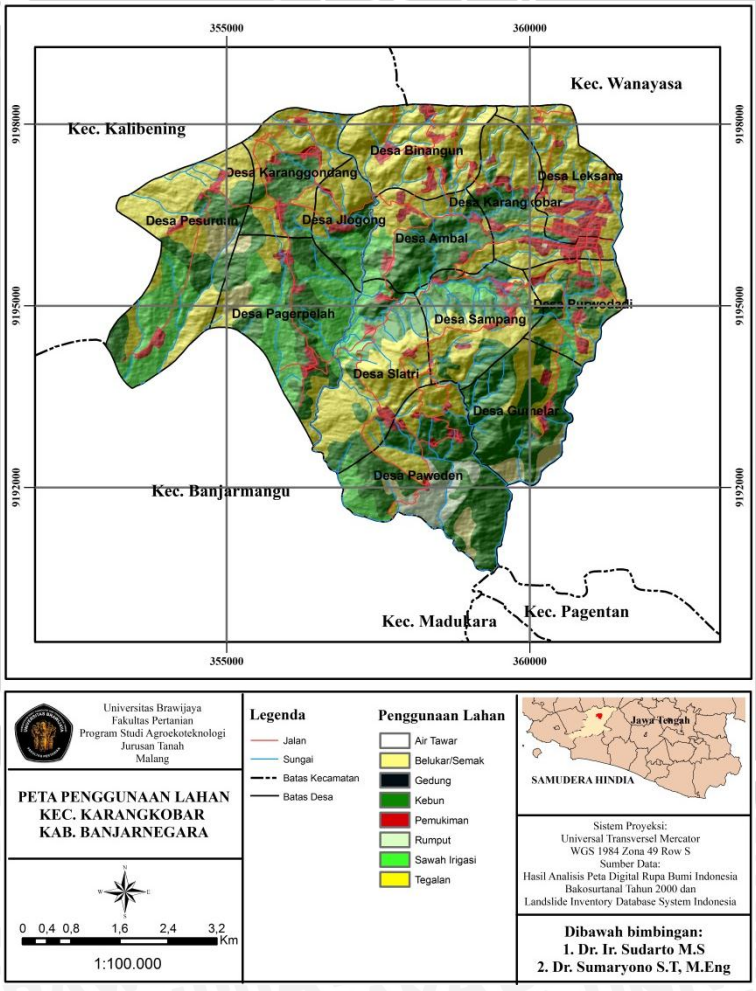
Analisis statistik *bivariate* pada data parameter penggunaan lahan juga dilakukan sama halnya dengan analisis pada data parameter sebelumnya. Untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengarhuhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodologi. Perbedaan keduanya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE dan FR menunjukkan bahwa subfaktor penggunaan lahan berupa semak/belukar memiliki tingkat keberpengaruhan paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah di daerah penelitian. Tingkat keberpengaruhan subfaktor lainnya juga bergantung pada *weight value* dari analisis statistik yang dilakukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfaktor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing

subfaktor penggunaan lahan yang ada dapat dilihat pada Tabel 6 dan 7, sedangkat peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 7 dan 8.

Tabel 9. Daftar Penggunaan Lahan di Kec. Karangkobar

No.	Penggunaan Lahan	Luas (ha)	Presentase
1.	Air Tawar	20,45	0,49
2.	Belukar/Semak	107,27	2,59
3.	Gedung	0,50	0,01
4.	Kebun	1381,27	33,34
5.	Pemukiman	309,03	7,46
6.	Rumput	69,83	1,67
7.	Sawah Irigasi	506,35	12,22
8.	Tegalan	1748,36	42,20
	Jumlah	4143,07	100,00



Gambar 12. Peta Penggunaan Lahan Kec. Karangkobar

Tabel 10. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Penggunaan Lahan

Class_ID	Penggunaan Lahan	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	Air Tawar	2525	0,00493	0	0,00494	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,0041	-1,79589	-1,75669	-1756
2	Belukar/Semak	13243	0,02589	3	3,02589	0,00022849	1,17304E-05	19,47838	2,96930	2,96952	-0,6756	3,64511	3,68431	3684
3	Gedung	62	0,00012	0	0,00012	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,0001	-1,79187	-1,75267	-1752
4	Kebun	170527	0,33339	0	0,33339	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,3484	-2,14016	-2,10096	-2100
5	Pemukiman	38152	0,07459	0	0,07459	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,0650	-1,85678	-1,81758	-1817
6	Rumput	8621	0,01685	1	1,01685	0,000117951	1,17304E-05	10,05512	2,30808	2,30819	-0,1687	2,47689	2,51609	2516
7	Sawah Irigasi	62513	0,12222	0	0,12222	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,1097	-1,90155	-1,86234	-1862
8	Tegalan	215847	0,42199	1	1,42199	6,58798E-06	1,17304E-05	0,561615	-0,57694	-0,57694	0,2777	-0,85463	-0,81542	-815
SUM		511490			6						-0,0392			

Lanjutan Tabel 10. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Penggunaan Lahan

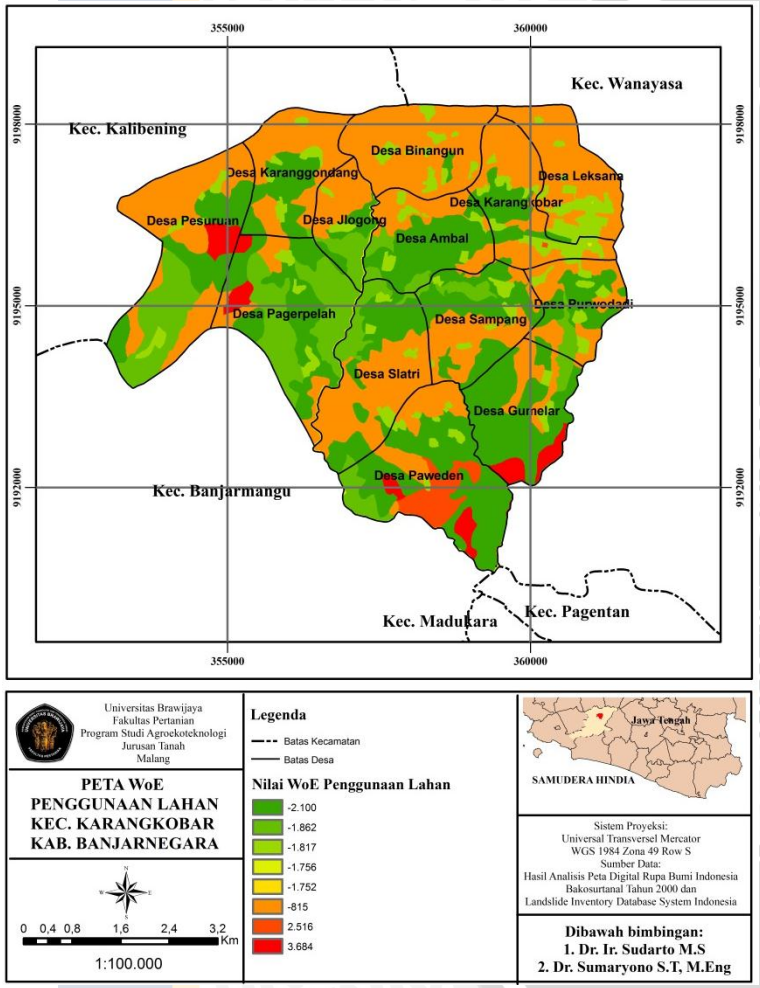
WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
3684	13243	13243	0,0259	3	3	0,6	0,00777
2516	8621	21864	0,0427	1	4	0,8	0,01180
-815	215847	237711	0,4647	1	5	1	0,37980
-1752	62	237773	0,4649	0	5	1	0,00012
-1756	2525	240298	0,4698	0	5	1	0,00494
-1817	38152	278450	0,5444	0	5	1	0,07459
-1862	62513	340963	0,6666	0	5	1	0,12222
-2100	170527	511490	1	0	5	1	0,33339
SUM	511490			5			0,93462

Tabel 11. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Penggunaan Lahan

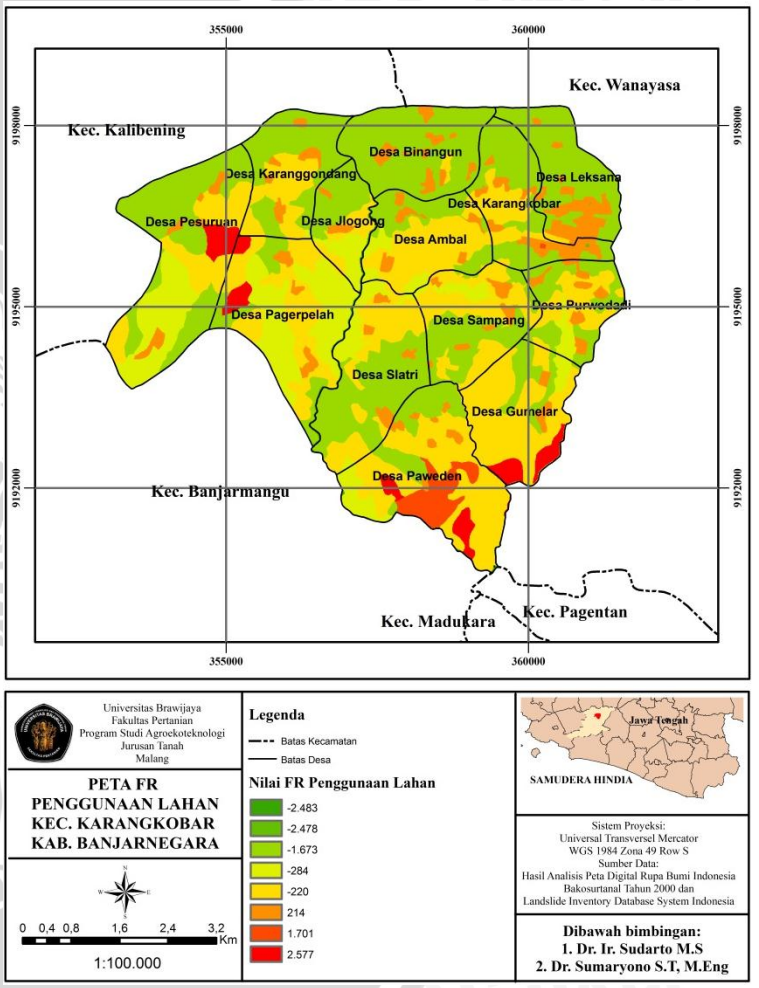
Class_ID	Penggunaan Lahan	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	Air Tawar	2525	0,00494	0	0,00494	1,95507E-06	2,15058E-05	0,09091	-2,3979	-2,39791	0,0045	-2,40241	-2,48332	-2483
2	Belukar/Semak	13243	0,02589	3	3,02589	0,00022849	2,15058E-05	10,6246	2,3632	2,363376	-0,2954	2,65884	2,57794	2577
3	Gedung	62	0,00012	0	0,00012	1,95507E-06	2,15058E-05	0,09091	-2,3979	-2,39791	0,0001	-2,39803	-2,47893	-2478
4	Kebun	170527	0,33339	3	3,33339	1,95476E-05	2,15058E-05	0,90894	-0,0955	-0,09547	0,0445	-0,14001	-0,22091	-220
5	Pemukiman	38152	0,07459	1	1,07459	2,8166E-05	2,15058E-05	1,30969	0,2698	0,2698	-0,0252	0,29508	0,21417	214
6	Rumput	8621	0,01685	1	1,01685	0,000117951	2,15058E-05	5,48461	1,7019	1,702042	-0,08	1,78204	1,70114	1701
7	Sawah Irigasi	62513	0,12222	1	1,12222	1,79517E-05	2,15058E-05	0,83474	-0,1806	-0,18064	0,0227	-0,20339	-0,28429	-284
8	Tegalan	215847	0,42199	1	1,42199	6,58798E-06	2,15058E-05	0,30633	-1,1831	-1,18309	0,4098	-1,59285	-1,67376	-1673
SUM		511490			11						0,0809			

Lanjutan Tabel 11. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Penggunaan Lahan

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
2577	13243	13243	0,025891	3	3	0,3	0,003884
1701	8621	21864	0,042746	1	4	0,4	0,005899
214	38152	60016	0,117336	1	5	0,5	0,033565
-220	170527	230543	0,450728	3	8	0,8	0,216705
-284	62513	293056	0,572946	1	9	0,9	0,103885
-1673	215847	508903	0,994942	1	10	1	0,400897
-2478	62	508965	0,995063	0	10	1	0,000121
-2483	2525	511490	1	0	10	1	0,004937
SUM	511490			10			0,769893



Gambar 13. Peta WoE Penggunaan Lahan Kec. Karangkobar



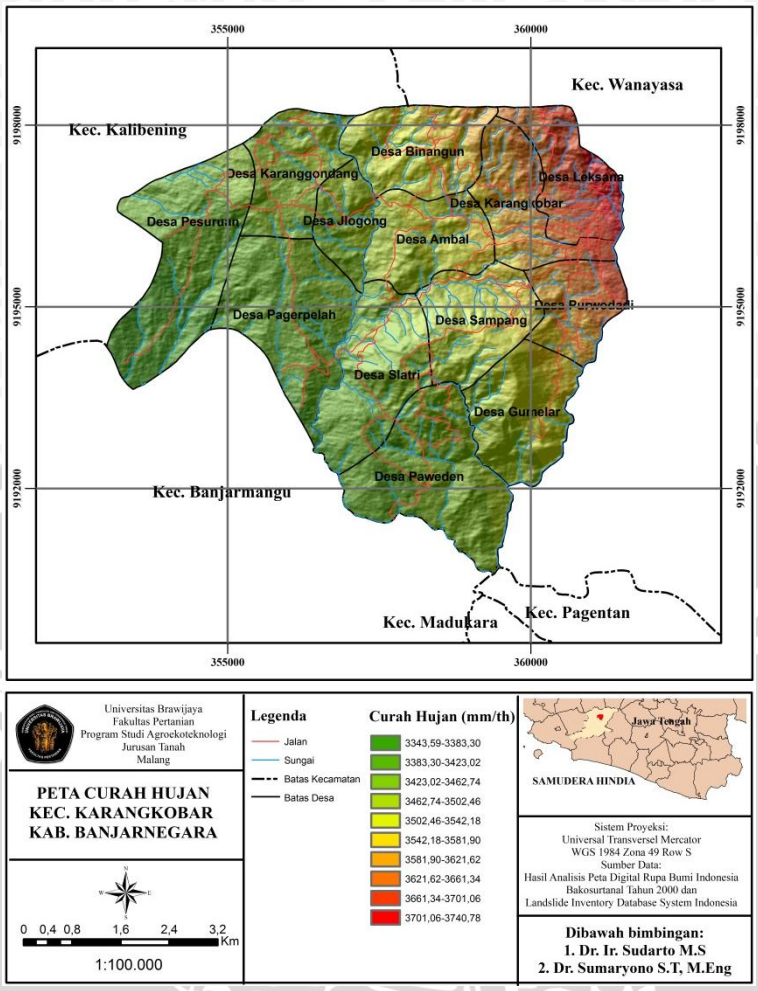
Gambar 14. Peta FR Penggunaan Lahan Kec. Karangkobar

4.3.4. Data Parameter Curah Hujan

Data curah hujan untuk Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara diperoleh dari Badan Pusat Statistik Kabupaten Banjarnegara. Berdasarkan data yang diperoleh ini diketahui curah hujan terendah pada daerah penelitian yaitu 3343,59 $mm.th^{-1}$ dan paling tinggi yaitu 3740,79 $mm.th^{-1}$. Data ini kemudian diolah menggunakan Sistem Informasi Geografis sehingga memunculkan Peta Ishoyet yang selanjutnya di kelaskan ulang menjadi 10 kelas dengan interval yang sama. Pengkelasan ulang ini dimaksudkan agar keberpengaruhan data curah hujan dapat dilihat dengan lebih detail. Pengkelasan yang dilakukan pada data curah hujan beserta luasan dan sebarannya dapat dilihat pada Tabel 12 dan peta curah hujan yang tersaji pada Gambar 15.

Tabel 12. Daftar Interval Curah Hujan Kec. Karangkobar

No.	Interval Curah Hujan	Luas (ha)	Presentase
1.	3343,59-3383,30	248,85	6,00
2.	3383,30-3423,02	863,90	20,85
3.	3423,02-3462,74	837,95	20,22
4.	3462,74-3502,46	670,28	16,17
5.	3502,46-3542,18	483,93	11,68
6.	3542,18-3581,90	347,79	8,39
7.	3581,90-3621,62	266,64	6,43
8.	3621,62-3661,34	208,36	5,02
9.	3661,34-3701,06	162,87	3,93
10	3701,06-3740,78	52,50	1,26
	Jumlah	4143,07	100,00



Gambar 15. Peta Curah Hujan Kec. Karangkobar

4.3.4.1 Analisis Statistik Data Parameter Curah Hujan

Analisis statistik *bivariate* pada data parameter curah hujan yang dilakukan sama halnya dengan analisis pada data parameter sebelumnya. Untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengaruhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodologi. Perbedaan kedua nya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE menunjukkan bahwa subfaktor curah hujan yang memiliki pengaruh paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah yaitu curah hujan dengan intensitas berkisar antara 3423,02-3462,74 mm/th. Sedangkan *weight value* tertinggi dari hasil analisis statistik berdsarkan nilai FR yaitu intensitas curah hujan berkisar antara 3502,46-3542,18 mm/th. Tingkat keberpengaruhan subfaktor lainnya juga bergantung pada *weight value* dari analisis statistik yang dilkukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfaktor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing subfaktor intensitas curah hujan yang ada dapat dilihat pada Tabel 13 dan 14, sedangkan peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 16 dan 17.

Tabel 13. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Curah Hujan

Class_ID	Interval CH	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	3343,59-3383,30	30722	0,060064	0	0,060064	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,05188	-1,8436	-1,64998	-1649
2	3383,30-3423,02	106654	0,208516	1	1,208516	1,13312E-05	1,17304E-05	0,965965	-0,03463	-0,03463	0,00893	-0,0436	0,15012	150
3	3423,02-3462,74	103451	0,202254	3	3,202254	3,09543E-05	1,17304E-05	2,638803	0,97032	0,970345	-0,53699	1,5073	1,70101	1701
4	3462,74-3502,46	82751	0,161784	1	1,161784	1,40395E-05	1,17304E-05	1,196846	0,17969	0,179692	-0,03873	0,2184	0,41210	412
5	3502,46-3542,18	59745	0,116806	0	0,116806	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,10455	-1,8963	-1,70264	-1702
6	3542,18-3581,90	42937	0,083945	0	0,083945	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,07359	-1,8654	-1,67168	-1671
7	3581,90-3621,62	32918	0,064357	0	0,064357	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,05574	-1,8475	-1,65383	-1653
8	3621,62-3661,34	25723	0,05029	0	0,05029	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,04318	-1,8349	-1,64127	-1641
9	3661,34-3701,06	20107	0,039311	0	0,039311	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,03353	-1,8253	-1,63162	-1631
10.	3701,06-3740,78	6482	0,012673	0	0,012673	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-1,79177	0,01064	-1,8024	-1,60873	-1608
SUM		511490			6						-0,19368			

Lanjutan Tabel 13. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Curah Hujan

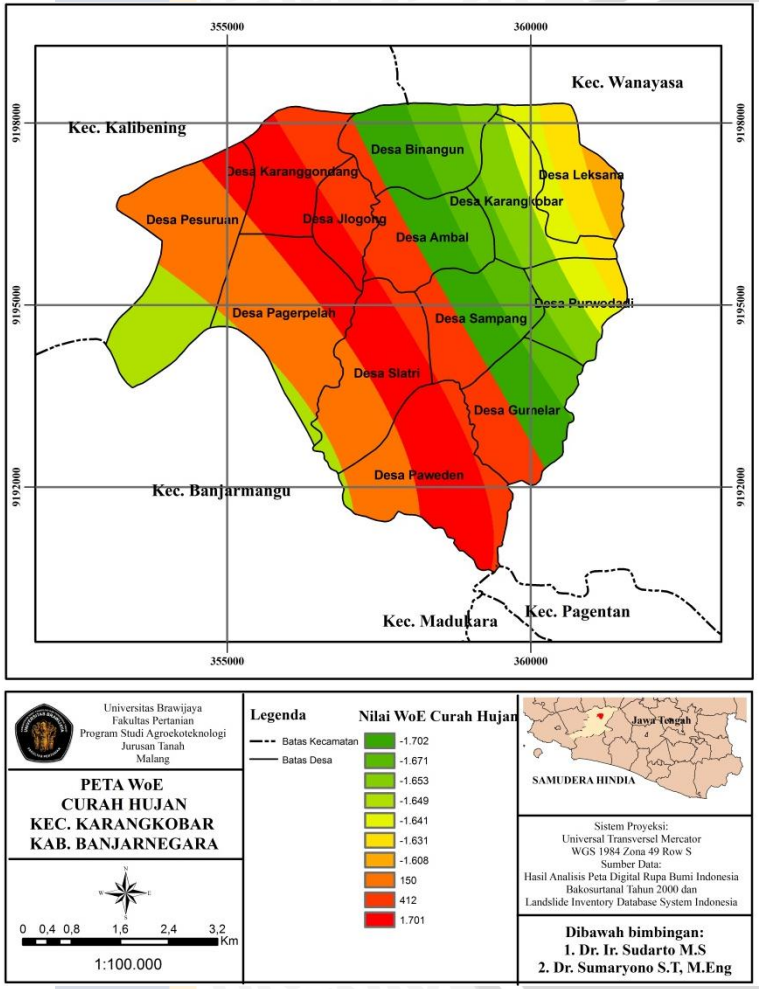
WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
1701	103451	103451	0,202254	3	3	0,6	0,060676
412	82751	186202	0,364038	0	3	0,6	0,097071
150	106654	292856	0,572555	1	4	0,8	0,145961
-1608	6482	299338	0,585227	0	4	0,8	0,010138
-1631	20107	319445	0,624538	0	4	0,8	0,031449
-1641	25723	345168	0,674828	0	4	0,8	0,040232
-1649	30722	375890	0,734892	0	4	0,8	0,048051
-1653	32918	408808	0,799249	0	4	0,8	0,051486
-1671	42937	451745	0,883194	0	4	0,8	0,067156
-1702	59745	511490	1	1	5	1	0,105125
SUM	511490			5			0,657345

Tabel 14. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Curah Hujan

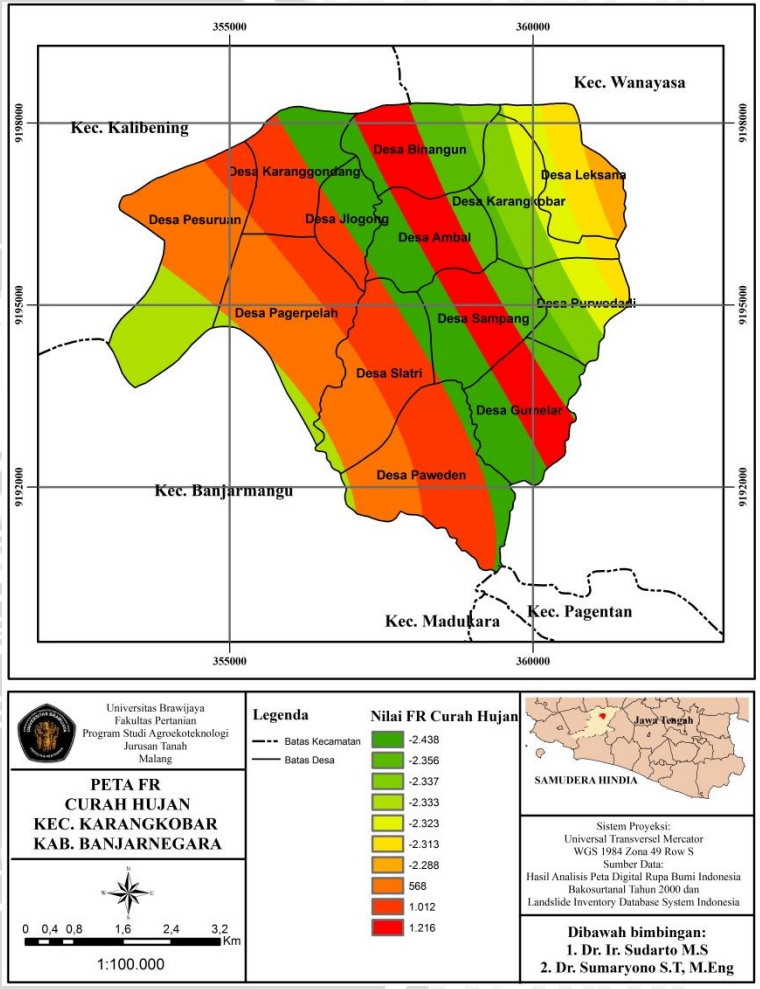
Class_ID	Interval CH	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	3343,59-3383,30	30722	0,060064	0	0,060064	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,05647	-2,45438	-2,3330	-2333
2	3383,30-3423,02	106654	0,208516	3	3,208516	3,01E-05	2,15E-05	1,398851	0,3356	0,33566	-0,11102	0,44668	0,5680	568
3	3423,02-3462,74	103451	0,202254	4	4,202254	4,06E-05	2,15E-05	1,888827	0,6359	0,63597	-0,25534	0,89132	1,0127	1012
4	3462,74-3502,46	82751	0,161784	0	0,161784	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,16167	-2,55958	-2,4382	-2438
5	3502,46-3542,18	59745	0,116806	3	3,116806	5,22E-05	2,15E-05	2,425787	0,8861	0,88619	-0,20896	1,09514	1,2165	1216
6	3542,18-3581,90	42937	0,083945	0	0,083945	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,08002	-2,47793	-2,3566	-2356
7	3581,90-3621,62	32918	0,064357	0	0,064357	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,06065	-2,45857	-2,3372	-2337
8	3621,62-3661,34	25723	0,05029	0	0,05029	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,04702	-2,44493	-2,3236	-2323
9	3661,34-3701,06	20107	0,039311	0	0,039311	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,03652	-2,43444	-2,3131	-2313
10.	3701,06-3740,78	6482	0,012673	0	0,012673	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,01160	-2,40952	-2,2881	-2288
SUM		511490			11						-0,12137			

Lanjutan Tabel 14. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Curah Hujan

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
1216	59745	59745	0,11680	3	3	0,3	0,01752
1012	103451	163196	0,31906	4	7	0,7	0,10112
568	106654	269850	0,52757	3	10	1	0,17724
-2288	6482	276332	0,54025	0	10	1	0,01267
-2313	20107	296439	0,57956	0	10	1	0,03931
-2323	25723	322162	0,62985	0	10	1	0,05029
-2333	30722	352884	0,68991	0	10	1	0,06006
-2337	32918	385802	0,75427	0	10	1	0,06436
-2356	42937	428739	0,83822	0	10	1	0,08394
-2438	82751	511490	1	0	10	1	0,16178
SUM	511490			10			0,76831



Gambar 16. Peta WoE Curah Hujan Kec. Karangkobar



Gambar 17. Peta FR Curah Hujan Kec. Karangkobar

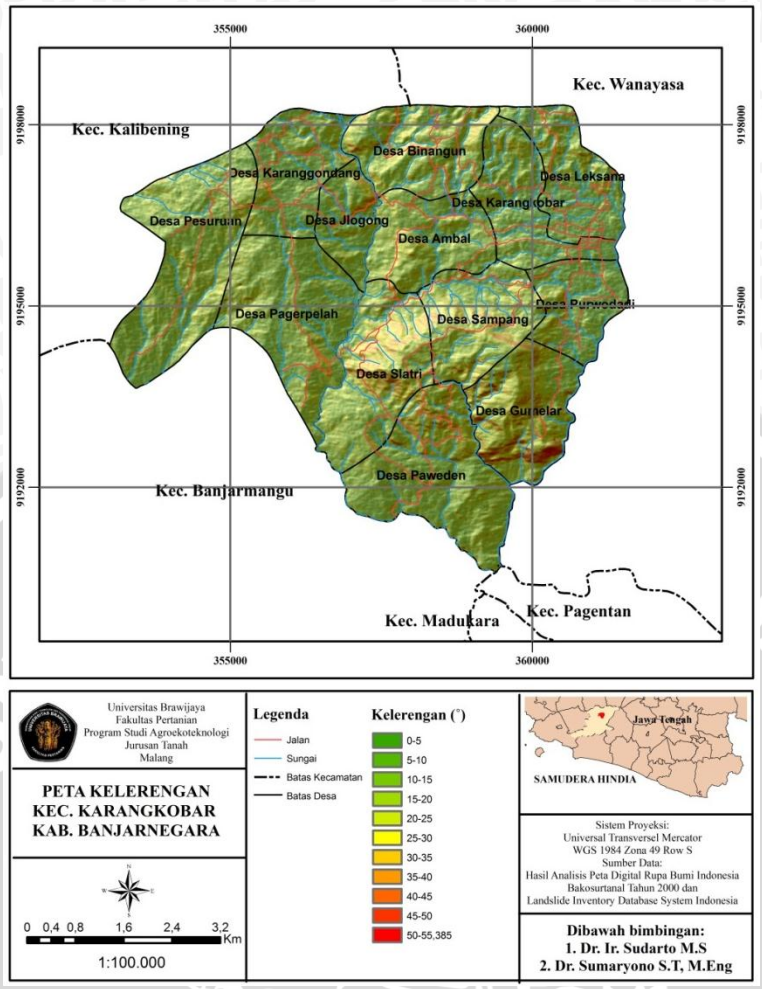
4.3.5. Data Parameter Kemiringan Lereng

Data kelerengan wilayah penelitian didapat dari pengolahan data *Digital Elevation Model* (DEM) yang berasal dari citra satelit TerraSAR-X yang memiliki resolusi 9 meter. DEM adalah suatu metode pendekatan yang biasa dipakai untuk memodelkan relief permukaan bumi dalam bentuk 3 dimensi. Metode DEM ini dapat dipakai sebagai model, analisis, representasi fenomena yang berhubungan dengan topografi atau permukaan lain. Sedangkan TerraSAR-X adalah sebuah satelit observasi milik Jerman yang dibuat dari kerjama antara *German Aerospace Center DLR* dan *EADS Astrium GmbH* (perusahaan komersial yang memiliki ijin untuk menyediakan informasi geografis dengan namann provider; Infoterra GmbH). TerraSAR-X diluncurkan pada 15 Juni 2007 dan telah beroperai secara resmi sejak Januari 2008.

Pemilihan DEM yang berasal dari citra satelit TerraSAR-X dikarenakan citra satelit dengan sensor radar ini memiliki resolusi citra yang sangat tinggi, beberapa data bahkan dapat mencapai resolusi hingga satu meter. Kemampuan dan kelebihannya untuk menembus awan, mungkin dapat menjadi solusi sulitnya pemetaan sehingga tidak dapat diselesaikan secara tuntas karena gangguan awan. Implementasi penggunaan data yang dihasilkan oleh Terra SAR-X diantaranya yaitu pembuatan peta dengan skala 1:25000 hingga lebih kecil. Data DEM yang telah dianalisis menjadi data kelerengan sebanyak 11 kelas pada Tabel 15.

Tabel 15. Daftar Interval Kelerengan di Kec. Karangkobar

No.	Interval Kelerengan	Luas (ha)	Presentase
1.	0-5	20,04	0,48
2.	5-10	416,80	10,06
3.	10-15	1424,12	34,37
4.	15-20	1135,14	27,39
5.	20-25	599,21	14,46
6.	25-30	324,38	7,82
7.	30-35	148,12	3,57
8.	35-40	53,09	1,28
9.	40-45	14,66	0,35
10.	45-50	5,79	0,13
11.	50-55,384739	1,72	0,04
	Jumlah	4143,07	100,00



Gambar 18. Peta Kelerengan Kec. Karangkobar

4.3.5.1 Analisis Statistik Data Parameter Kemiringan Lereng

Analisis statistik *bivariate* pada data parameter kemiringan lereng yang dilakukan sama halnya dengan analisis pada data parameter sebelumnya. Untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengarhuhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodelogi. Perbedaan keduanya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE menunjukkan bahwa subfactor kemiringan lereng yang memiliki pengaruh paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah yaitu lereng dengan kemiringan 25˚-30˚. Sedangkan hasil analisis statistik berdsarkan nilai FR menunjukkan bahwa kemiringan lereng berkisar anatr 15˚-20˚ memiliki *weight value* paling tinggi . Tingkat keberpengaruhan subfactor lainnya juga bergantung pada *weight value* dari analisis statistik yang dilkukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfactor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing subfactor kemiringan lereng yang ada dapat dilihat pada Tabel 16 dan 17, sedangkan peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 19 dan 20.

Tabel 16. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Kemiringan Lereng

Class_ID	Interval Kelerengan	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	0-5	2474	0,004837	0	0,004837	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,00404	-2,569	-2,6416	-2641
2	5-10	51457	0,100602	0	0,100602	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,08912	-2,654	-2,7266	-2726
3	10-15	175817	0,343735	2	2,343735	1,33305E-05	1,17304E-05	1,136406	0,12787	-0,64532	-0,07413	-0,571	-0,6438	-643
4	15-20	140141	0,273986	2	2,273986	1,62264E-05	1,17304E-05	1,383275	0,32445	-0,44873	-0,15624	-0,292	-0,3651	-365
5	20-25	73977	0,14463	0	0,14463	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,13182	-2,697	-2,6968	-2696
6	25-30	40047	0,078295	1	1,078295	2,69257E-05	1,17304E-05	2,295374	0,83089	0,05772	-0,11658	0,174	0,1017	101
7	30-35	18286	0,03575	0	0,03575	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,03042	-2,595	-2,6679	-2667
8	35-40	6554	0,012814	0	0,012814	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,01076	-2,576	-2,6483	-2648
9	40-45	1810	0,003539	0	0,003539	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,00295	-2,568	-2,6405	-2640
10.	45-50	715	0,001398	0	0,001398	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,00116	-2,566	-2,6387	-2638
11.	50-55,384739	212	0,004837	0	0,000414	1,95507E-06	1,17304E-05	0,166667	-1,79176	-2,56496	0,00404	-2,569	-2,4964	-2496
SUM		511490	0,100602		6						-0,0726			

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
101	40047	40047	0,07829	1	1	0,2	0,00782
-365	140141	180188	0,35228	2	3	0,6	0,10959
-643	175817	356005	0,34373	2	5	1	-0,00684
-2496	212	356217	0,69643	0	5	1	0,35269
-2638	715	356932	0,69783	0	5	1	0,00139
-2640	1810	358742	0,70136	0	5	1	0,00354
-2641	2474	361216	0,70620	0	5	1	0,00484
-2648	6554	367770	0,71902	0	5	1	0,01281
-2667	18286	386056	0,75477	0	5	1	0,03575
-2696	73977	460033	0,89939	0	5	1	0,14463
-2726	51457	511490	1	0	5	1	0,10060
SUM	511490			5			0,76685

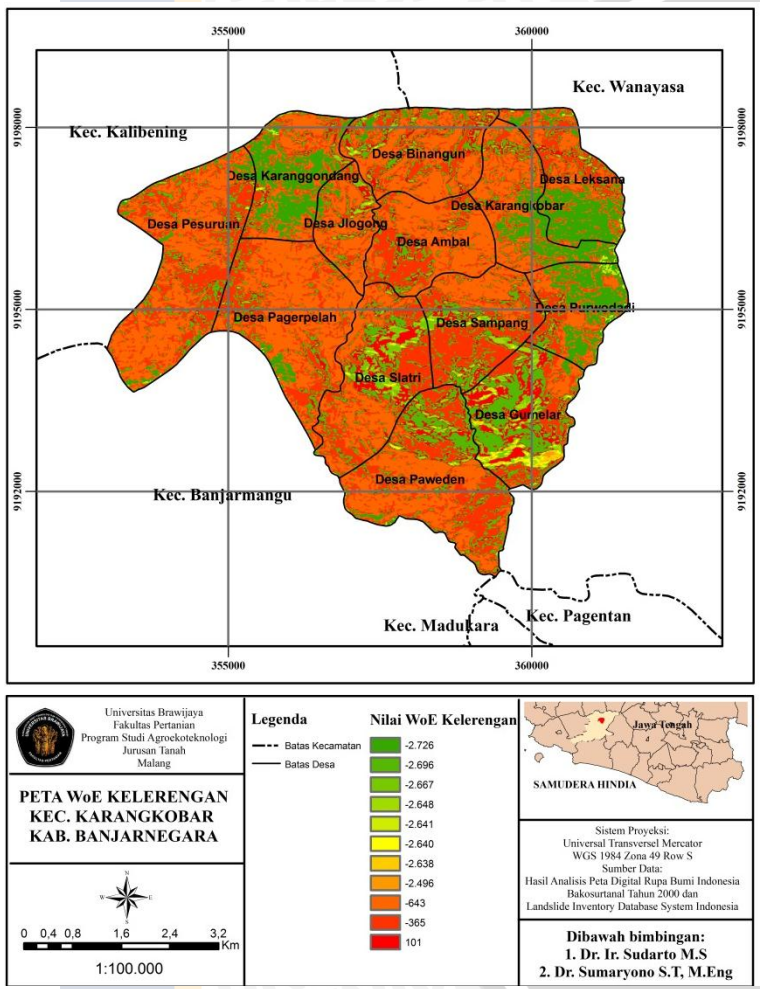
56

Tabel 17. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Kemiringan Lereng

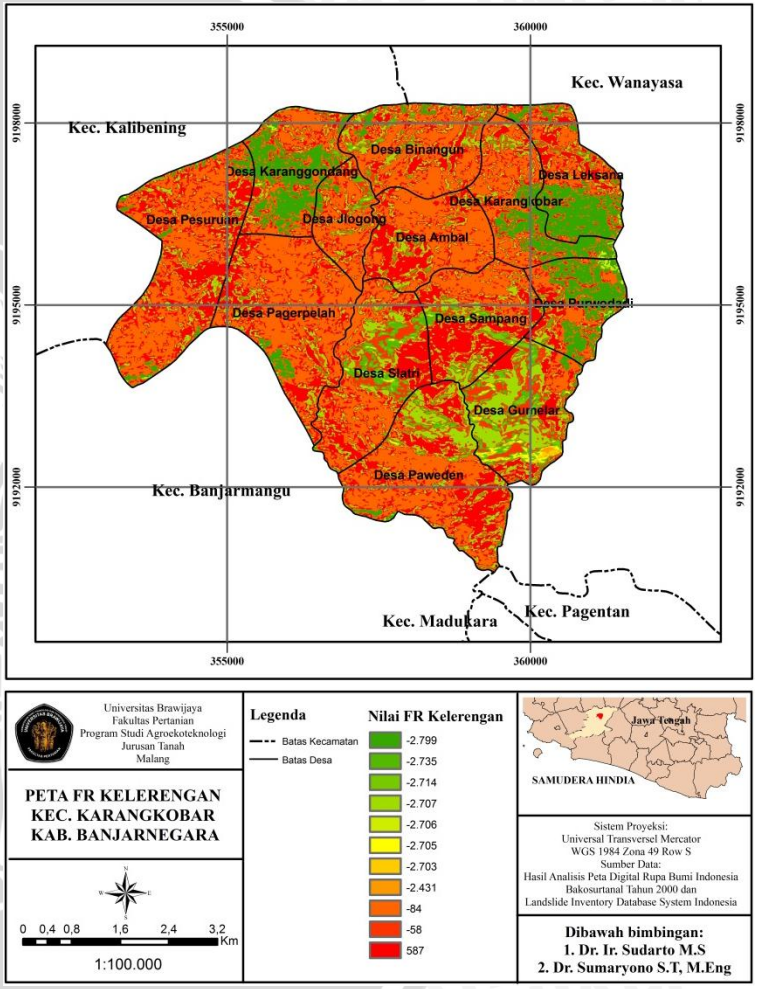
Class_ID	Interval Kelerengan	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	0-5	2474	0,004837	0	0,004837	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,004409	-2,56938	-2,70683	-2706
2	5-10	51457	0,100602	0	0,100602	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,096844	-2,66181	-2,79927	-2799
3	10-15	175817	0,343735	4	4,343735	2,47E-05	2,15E-05	1,148807	0,138724	-0,02833	-0,08115	0,052821	-0,08464	-84
4	15-20	140141	0,273986	5	5,273986	3,76E-05	2,15E-05	1,74992	0,55957	0,392532	-0,3327	0,725228	0,587771	587
5	20-25	73977	0,14463	0	0,14463	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,14299	-2,70796	-2,70796	-2707
6	25-30	40047	0,078295	1	1,078295	2,69E-05	2,15E-05	1,252022	0,22476	0,057711	-0,02164	0,079352	-0,0581	-58
7	30-35	18286	0,03575	0	0,03575	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,033151	-2,59812	-2,73558	-2735
8	35-40	6554	0,012814	0	0,012814	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,011731	-2,5767	-2,71416	-2714
9	40-45	1810	0,003539	0	0,003539	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,003223	-2,56819	-2,70565	-2705
10.	45-50	715	0,001398	0	0,001398	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,001272	-2,56624	-2,7037	-2703
11.	50-55,384739	212	0,004837	0	0,000414	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,56497	0,004409	-2,56938	-2,43192	-2431
SUM		511490	0,100602		11						-0,13746			

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
587	140141	140141	0,27398	5	5	0,454545	0,0622
-58	40047	180188	0,35228	1	6	0,545455	0,0391
-84	175817	356005	0,34373	5	11	1	-0,0066
-2431	212	356217	0,69643	0	11	1	0,3526
-2703	715	356932	0,69782	0	11	1	0,0013
-2705	1810	358742	0,70137	0	11	1	0,0035
-2706	2474	361216	0,70620	0	11	1	0,0048
-2707	73977	435193	0,85083	0	11	1	0,1446
-2714	6554	441747	0,86364	0	11	1	0,0128
-2735	18286	460033	0,89939	0	11	1	0,0357
-2799	51457	511490	1	0	11	1	0,1006
SUM	511490			11			0,7510

57



Gambar 19. PetaWoE Kelerengan Kec. Karangkobar



Gambar 20. Peta FR Kelerengan Kec. Karngkobar

58

4.3.6. Parameter *Curvature* Lereng

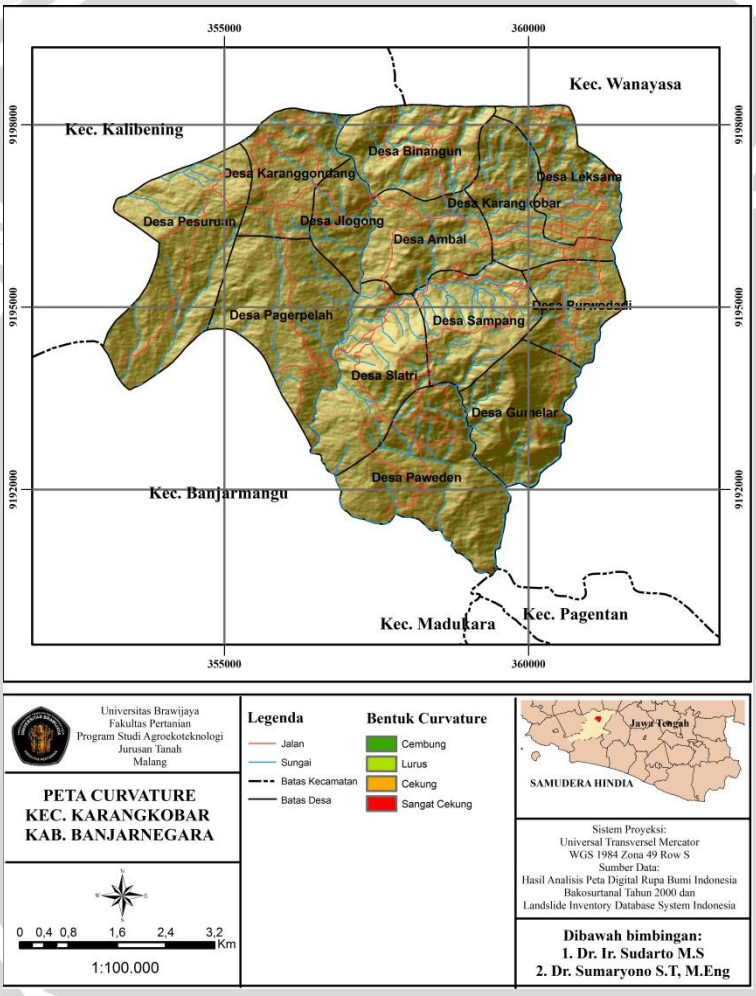
Salah satu aspek dari kondisi lereng yang diduga mempengaruhi kejadian gerakan tanah dalah curvature lereng. Data parameter curvature lereng dalam penelitian ini didapatkan dari interpretasi DEM dengan menggunakan bantuan GIS. Adapun bentuk curvature lereng dalam penelitian ini dibagi menjadi tiga yaitu (1) cembung, (2) lurus dan (3) cekung.

(1) Bentuk lereng cembung, biasanya terjadi pada daerah-daerah yang disusun oleh material-material batuan yang relatif keras atau sisa-sisa gawir sesar atau bidang longsoran (*mass wasting*) yang telah tererosi pada bagian tepi atasnya,
(2) Bentuk lereng lurus, biasanya terjadi pada daerah-daerah lereng vulkanik yang disusun oleh material-material vulkanik halus atau bidang longsoran (*landslide*), dan
(3) Bentuk lereng cekung, biasanya terjadi pada daerah-daerah yang disusun oleh material-material batuan lunak atau bidang longsoran (*slump*).

Lereng berbentuk cekung diperkirakan rawan terjadi longsor lahan karena air hujan mudah untuk jatuh/masuk ke dalam tanah dengan bidang cekung, yang lebih cepat mengalami jenuh air dan menimbulkan gerakan geser di sekitar sumbu yang sejajar dengan permukaan tanah. Gerakan geser pada lereng cekung dapat tergolong jenis longsoran rotasi (*rotational slide*) atau slump karena dicirikan dengan permukaan pecah dengan bidang cekung melengkung ke atas. Lereng curam dapat diperkirakan rawan terjadi *debris flow* karena aliran air permukaan yang kuat oleh curah hujan tinggi yang dapat mengikis dan memindahkan material tanah yang gembur atau batuan dengan cepat karena bidang kecuraman lereng (USGS, 2004). Bentuk lereng curam/terjal juga dapat menunjukkan terjadinya longsor lahan jatuhan, seperti tebing oleh adanya gravitasi, pelapukan dapat melepaskan gerakan material massa tanah dan batu/batuan. Pengkelasan curvature lereng pada lokasi penelitian beserta luasan dan persebarannya disajikan dalam Tabel 18 dan Gambar 21.

Tabel 18. Daftar Curvature Lereng Kec. Karangkobar

No.	Curvature Lereng	Luas	Presentase
1.	Cembung	0,59	0,01
2.	Lurus	1790,85	43,22
3.	Cekung	2350,23	56,73
4.	Sangat Cekung	1,39	0,03
	Jumlah	4143,07	100,00



Gambar 22. Peta Curvature Kec. Karangkobar

4.3.6.1 Analisis Statistik Data Parameter *Curvature* Lereng

Analisis statistik *bivariate* pada data parameter curvature lereng yang dilakukan sama halnya dengan analisis pada data parameter sebelumnya. Untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengarhuhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodologi. Perbedaan keduanya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE dan FR menunjukkan bahwa subfactor *curvature lereng* yang memiliki tingkat keberpengaruhan paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah di daerah penelitian adalah bentuk lereng cekung yang dinyatakan dengan nilai 5,43. Tingkat keberpengaruhan subfaktor lainnya juga bergantung pada *weight value* dari analisis statistik yang dilakukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfaktor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing subfaktor *curvature* lereng yang ada dapat dilihat pada Tabel 19 dan 20, sedangkat peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 23 dan 24.

Tabel 19. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter *Curvature*

Class_ID	Curvature Lereng	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	-5,89	73	0,000143	0	0,000143	1,95507E-06	1,17304E-05	0,16666	-1,7917	-1,7917	0,00011	-1,79189	-1,8103	-1810
2	-0,23	221093	0,432253	2	2,432253	1,1001E-05	1,17304E-05	0,93782	-0,0642	-0,0642	0,04625	-0,11045	-0,1289	-128
3	5,43	290152	0,567268	3	3,567268	1,22945E-05	1,17304E-05	1,04808	0,04696	0,04696	-0,06511	0,11207	0,0936	93
4	11,09	172	0,000336	0	0,000336	1,95507E-06	1,17304E-05	0,16666	-1,7917	-1,7917	0,00028	-1,79205	-1,8105	-1810
SUM		511490			6						-0,01845			

Lanjutan Tabel 19. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter *Curvature*

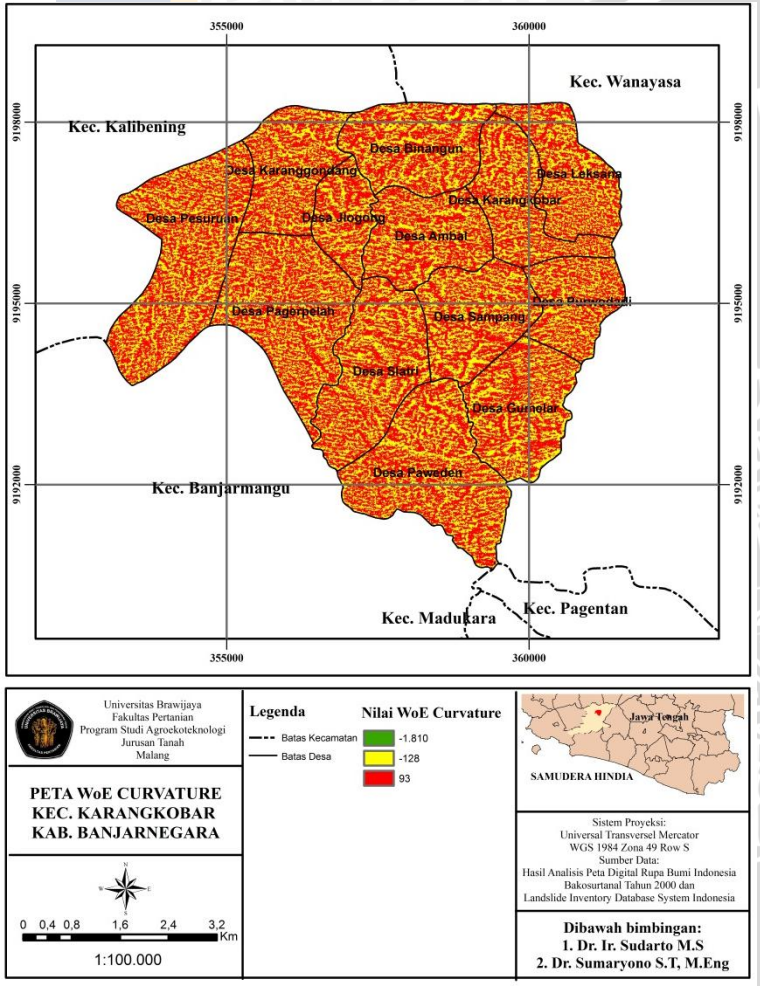
WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
93	290152	290152	0,567268	3	3	0,6	0,17018
-128	221093	511245	0,999521	2	5	1	0,34580
-1810	245	511490	1	0	5	1	0,00047
SUM	511490			5			0,51646

Tabel 20. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai *Frequency Ratio* untuk Data Parameter *Curvature*

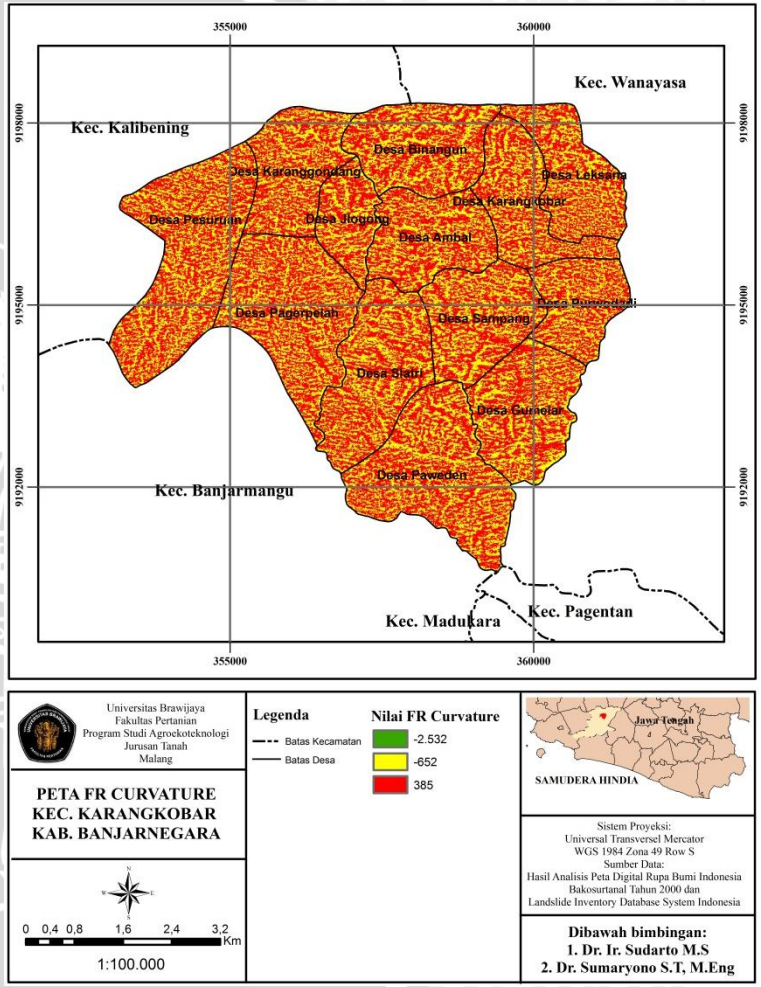
Class_ID	Curvature Lereng	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	-5,89	73	0,000143	0	0,000143	1,95507E-06	2,15058E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,00013	-2,39804	-2,53243	-2532
2	-0,23	221093	0,432253	3	3,432253	1,5524E-05	2,15058E-05	0,721853	-0,3259	-0,32594	0,19208	-0,51802	-0,65241	-652
3	5,43	290152	0,567268	7	7,567268	2,60804E-05	2,15058E-05	1,212713	0,1928	0,19286	-0,32691	0,51977	0,38538	385
4	11,09	172	0,000336	0	0,000336	1,95507E-06	2,15058E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,00030	-2,39822	-2,53261	-2532
SUM		511490			11						-0,13439			

Lanjutan Tabel 20. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai *Frequency Ratio* untuk Data Parameter *Curvature*

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
385	290152	290152	0,567268	7	0,7	0,6	0,198544
-652	221093	511245	0,999521	3	10	1	0,367415
-2532	245	511490	1	0	10	1	0,000479
SUM	511490			10			0,566438



Gambar 23. Peta WoE *Curvature* Kec. Karangkobar



Gambar 24. Peta FR *Curvature* Kec. Karangkobar

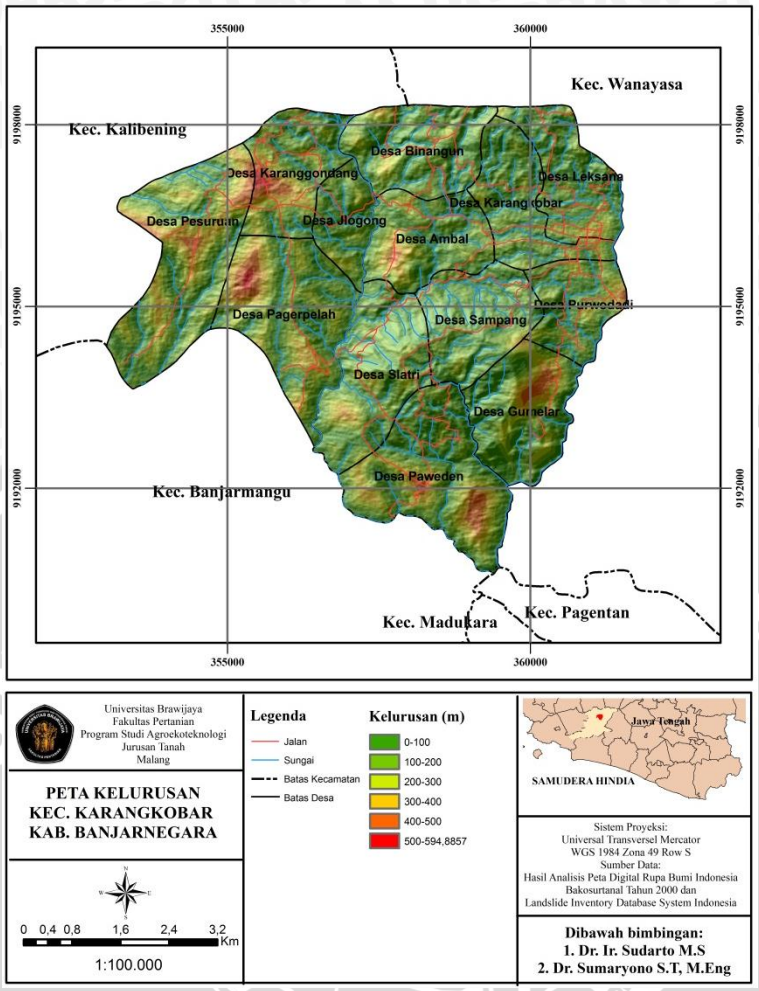
4.3.7 Data Parameter Kelurusan

Kelurusan adalah fitur linear yang dapat dipetakan dari permukaan, dan merupakan ekspresi morfologi struktur geologi. Lembah sungai lurus dan sejajar segmen lembah adalah ekspresi geomorfologi khas dari kelurusan (Hung L.Q et al, 2005). Sejak awal, ahli geologi menyadari bahwa fitur linear adalah hasil dari zona lemah atau perpindahan struktural dalam kerak bumi.

Data parameter kelurusan dapat diperoleh dari interpretasi aliran sungai dan sesar yang dari peta digital yang ada ataupun dari hasil pengolahan data *Digital Elevation Mode* (DEM) . Dalam penelitian ini digunakan hasil pengolahan data DEM karena hasilnya yang lebih detail sehingga diharapkan dapat diperoleh data yang lebih baik. Kemudian dilakukan reklasifikasi terhadap interval kelurusan yang ada, dalam penelitian ini digunakan nilai interval 100 seperti halnya kebanyakan penelitian serupa. Pembagian interval kelurusan beserta luasan dan penyebarannya dapat dilihat pada Tabel 21 dan Gambar 25.

Tabel 21. Daftar Interval Kelurusan di Kec. Karangkobar

No.	Interval Kelurusan	Luas (ha)	Presentase
1.	0-100	2306,25	55,66
2.	100-200	989,41	23,88
3.	200-300	477,07	11,51
4.	300-400	257,66	6,22
5.	400-500	101,82	2,46
6.	500-594,8857	10,85	0,26
	Jumlah	4143,07	100,00



Gambar 25. Peta Kelurusan Kec. Karangkobar

4.3.7.1 Analisis Statistik Data Parameter Kelurusan

Analisis statistik *bivariate* pada data parameter kelurusan yang dilakukan sama halnya dengan analisis pada data parameter sebelumnya. Untuk mendapatkan 2 nilai yang berbeda yaitu nilai *Weigh of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Nilai WoE dan FR ini nantinya digunakan untuk dapat mengetahui seberapa besar keberpengaruhan subfaktor yang ada terhadap kejadian gerakan tanah di lokasi penelitian. Secara umum untuk mendapatkan nilai WoE dan FR, digunakan proses perhitungan dan formula statistik yang sama seperti yang telah dijelaskan pada bagian metodologi. Perbedaan keduanya hanya terletak pada jumlah kejadian gerakan tanah sebagai salah satu variabel dalam formula yang digunakan. Dalam perhitungan nilai WoE digunakan 60% dari total

kejadian gerakan tanah yang ada (n=6) dan untuk nilai FR digunakan 100% dari total kejadian gerakan tanah yang ada (n=11).

Hasil analisis statistik berdasarkan nilai WoE dan FR menunjukkan bahwa subfactor kelurusan yang memiliki tingkat keberpengaruhan paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah di daerah penelitian adalah kelurusan yang memiliki jarak 500 m. Tingkat keberpengaruhan subfaktor lainnya juga bergantung pada *weight value* dari analisis statistik yang dilkukan. Semakin tinggi *weight value* maka semakin tinggi pula keberpengaruhan subfaktor tersebut terhadap kejadian gerakan tanah. Hasil analisis statistik yang menunjukkan nilai masing-masing subfactor kelurusan yang ada dapat dilihat pada Tabel 22 dan 23, sedangkat peta kerawanan berdasarkan hasil tersebut disajikan pada Gambar 26 dan 27.

Tabel 22. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Kelurusan

Class_ID	Interval Kelurusan	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	100	284722	0,55665	2	2,55665	8,97947E-06	1,17276E-05	0,7656	-0,267	-0,267	0,25790	-0,52491	-0,40877	-408
2	200	122150	0,23881	0	0,23881	1,95507E-06	1,17276E-05	0,1667	-1,791	-1,791	0,23225	-2,02378	-1,90763	-1907
3	300	58898	0,11515	1	1,11515	1,89336E-05	1,17276E-05	1,6144	0,478	0,479	-0,08334	0,56234	0,67848	678
4	400	31810	0,06219	1	1,06219	3,33917E-05	1,17276E-05	2,8472	1,046	1,046	-0,13068	1,17706	1,29321	1293
5	500	12571	0,02457	1	1,02457	8,15032E-05	1,17276E-05	6,9497	1,938	1,938	-0,16242	2,10118	2,21733	2217
6	594,8857	1339	0,00261	0	0,00116	8,68592E-07	1,17276E-05	0,0740	-2,602	-2,602	0,00242	-2,60526	-2,48912	-2489
SUM		511490			6						0,11614			

Lanjutan Tabel 22. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Weigh of Evidance untuk Data Parameter Kelurusan

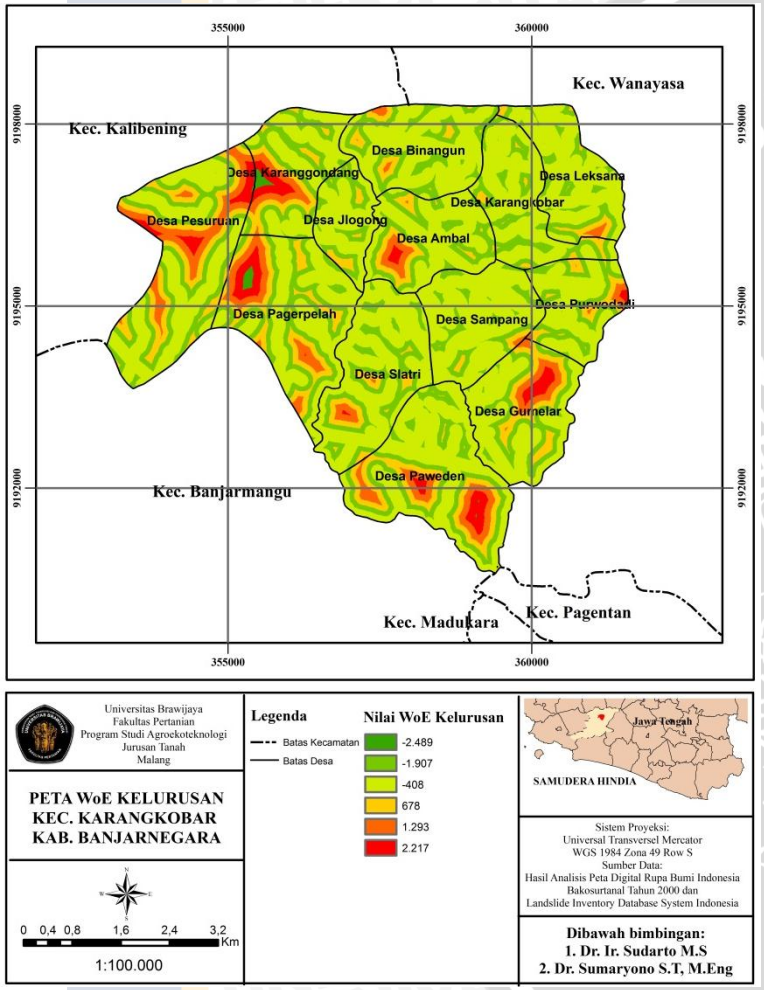
WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
2217	12571	12571	0,02457	1	1	0,2	0,002458
1293	31810	44381	0,08676	1	2	0,4	0,018657
678	58898	103279	0,20191	1	3	0,6	0,057575
-408	284722	388001	0,75857	2	5	1	0,445322
-1907	122150	510151	0,99738	0	5	1	0,238812
-2489	1339	511490	1	0	5	1	0,002618
SUM	511490			5			0,765442

Tabel 23. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Kelurusan

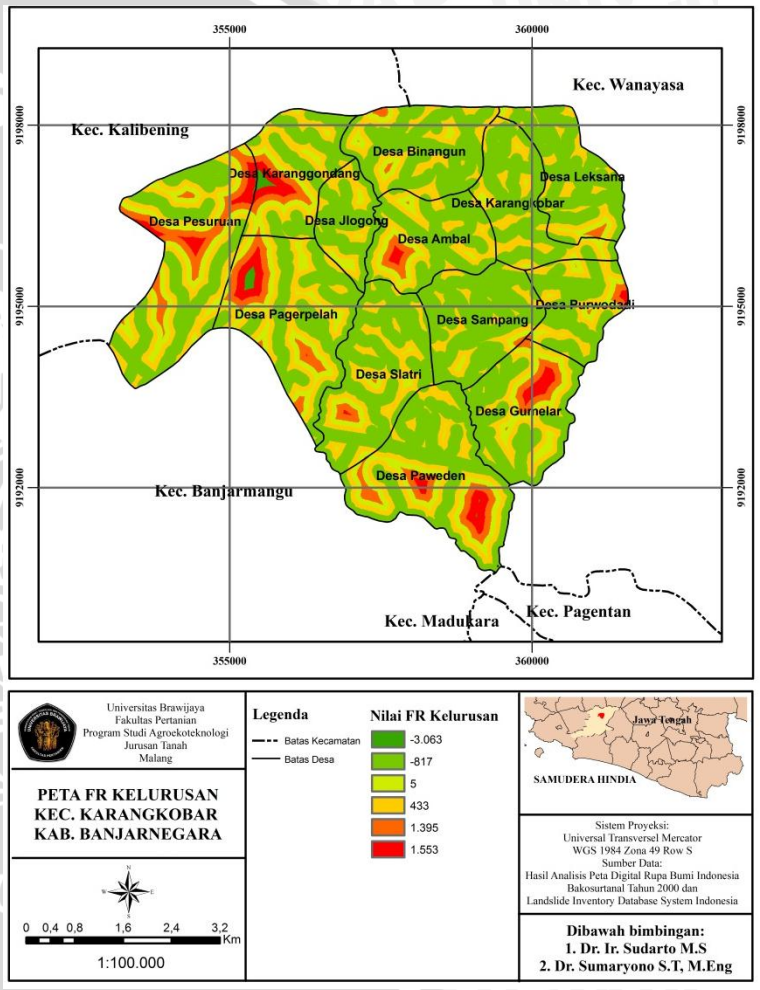
Class_ID	Interval Kelurusan	Class	Factor	LS	Tot_LS	Class_Dens	Maps_Dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000
1	100	284722	0,55665	3	3,55665	1,25E-05	2,15E-05	0,580851	-0,5432	-0,54327	0,4228	-0,9661	-0,81761	-817
2	200	122150	0,23881	3	3,23881	2,65E-05	2,15E-05	1,232925	0,2093	0,20939	-0,0758	0,2852	0,43377	433
3	300	58898	0,11515	1	1,11515	1,89E-05	2,15E-05	0,880394	-0,1273	-0,12739	0,0154	-0,1428	0,00565	5
4	400	31810	0,06219	2	2,06219	6,48E-05	2,15E-05	3,014461	1,1034	1,10346	-0,1434	1,2468	1,39535	1395
5	500	12571	0,02457	1	1,02457	8,15E-05	2,15E-05	3,789827	1,3323	1,33238	-0,0728	1,4052	1,55376	1553
6	594,8857	1339	0,00261	0	0,00261	1,96E-06	2,15E-05	0,090909	-2,3979	-2,39791	0,0023	-2,4003	-2,25181	-2251
SUM		511490			11						0,148493			

Lanjutan Tabel 23. Hasil Analisis Satatistik Berdasarkan Nilai Frequency Ratio untuk Data Parameter Kelurusan

WoE Value	Area	Tot_Area	Tot_Area_%	LS	Tot_LS	Tot_LS_%	AUC
1553	12571	12571	0,02457	1	1	0,1	0,001229
1395	31810	44381	0,08676	2	3	0,3	0,012438
433	122150	166531	0,32558	3	6	0,6	0,107465
5	58898	225429	0,44073	1	7	0,7	0,074847
-817	284722	510151	0,99738	3	10	1	0,473154
-2251	1339	511490	1	0	10	1	0,002618
SUM	511490			10			0,671752



Gambar 26. Peta WoE Kelurusan Kec Karangkobar



Gambar 27. Peta FR Kelurusan Kec. Karangkobar

4.3.2 Pembuatan Peta Zonasi Daerah Rawan Bencana Gerakan Tanah

Dalam metode analisis statistik bivariate untuk pembuatan peta zonasi daerah rawan gerakan tanah, dapat digunakan dua macam nilai dari hasil pengolahan statistika terhadap data parameter yang mempengaruhi kejadian gerakan tanah tersebut. Dua macam nilai ini yaitu nilai *Weight of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Dua macam nilai ini diperoleh dengan menggunakan formula matematika yang sama, pembeda keduanya terletak pada jumlah kejadian gerakan yang dipakai sebagai salah satu variabelnya. Untuk mendapatkan nilai *Weight of Evident* (WoE), kejadian gerakan tanah yang ada terlebih dahulu perlu untuk dibagi menjadi dua bagian. Pembagian ini dilakukan secara rata untuk masing-masing bagiannya, dapat digunakan perbandingan 40:60; 50:50; atau 60:40. Bagian yang pertama digunakan untuk mendapatkan nilai *Area Under Curve* (AUC) dan bagian kedua digunakan untuk validasi peta zonasi. Nilai AUC digunakan untuk menentukan data parameter yang dapat dianalisis lebih lanjut untuk mendapatkan peta zonasi daerah rawan bencana. Sedangkan untuk mendapatkan nilai *Frequency Ratio (*FR), kejadian gerakan tanah yang ada digunakan seluruhnya (100%) untuk mendapatkan nilai AUC. Pada penggunaan nilai *Frequency Ratio* tidak terdapat validasi terhadap hasil peta zonasi daerah rawan bencana. Keberpengaruhan tiap data parameter terhadap kejadian bencana di derah penelitian berdasarkan nilai AUC dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24. Nilai Area Under Curve (WoE dan FR) tiap Data Parameter

No.	Data Parameter	Nilai Area Under Curve (AUC)	
		WoE	FR
1	Geologi	0,722	0,713
2	Jenis Tanah	0,602	0,608
3	Penggunaan Lahan	0,934	0,769
4	Curah Hujan	0,768	0,657
5	Kemiringan Lereng	0,766	0,751
6	Curvature	0,516	0,566
7	Kelurusan	0,765	0,671

Tabel 24 menunjukkan bahwa data parameter yang memenuhi standart nilai AUC yang telah ditetapkan untuk dapat dianalisis lebih lanjut (AUC > 0,6) yaitu data parameter Geologi, Jenis, Tanah, Penggunaan Lahan, Curah Hujan,

Kemiringan Lereng, dan Kelurusan. Keberpengaruhan data parameter terhadap kejadian gerkan tanah dijelaskan berdasarkan nilai AUC yaitu apabila, semakin tinggi nilai AUC yang dimiliki data parameter tersebut makan semakin berpengaruh pula data parameter tersebut terhadap kejadian gerakan tanah, begitupun sebaliknya. Sedangkan data-data parameter yang memiliki nilai tidak lebih dari 0,6 akan diabaikan.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode statistik bivariate. Dalam metode ini digunakan formula-formula statistik untuk membandingkan data parameter yang ada dengan kejadian gerakan tanah yang telah tercatat. Untuk mendapatkan nilai AUC dari nilai *Weight of Evident* (WOE) maupun *Frequency Ratio* (FR), digunakan formula yang sama, sedangkan variabel pembedanya yaitu jumlah gerakan tanah yang digunakan.

Niilai AUC berdasarkan nilai WOE didapatkan dengan melakukan pembagian jumlah kejadian gerakan tanah menjadi dua bagian yang seimbang. Kemudian zonasi daerah rawan gerakan tanah berdasarkan nilai WOE dilakukan dengan 2 tahapan. Tahap pertama yang diperlukan yaitu mendapatkan nilai WOE dengan variabel jumlah kejadian gerakan tanah bagian pertama dan tahapan selanjutnya yaitu mendapatkan nilai AUC dengan validasi menggunakan variabel jumlah kejadian gerakan tanah bagian kedua. Validasi dilakukan untuk memastikan model kerentanan gerakan tanah (pemilihan parameter dan kejadian tanah longsor) dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya. Validasi dilakukan dengan menghitung nilai AUC menggunakan kejadian tanah longsor yang terpisah (independent), bukan dari data yang kita gunakan untuk menguji data parameter. Dua data yang digunakan ini bisa memiliki jumlah kejadian gerakan tanah yang sama persis atau berbeda (dengan perbandingan yang setara), namun lokasi kejadian tanah yang berbeda.

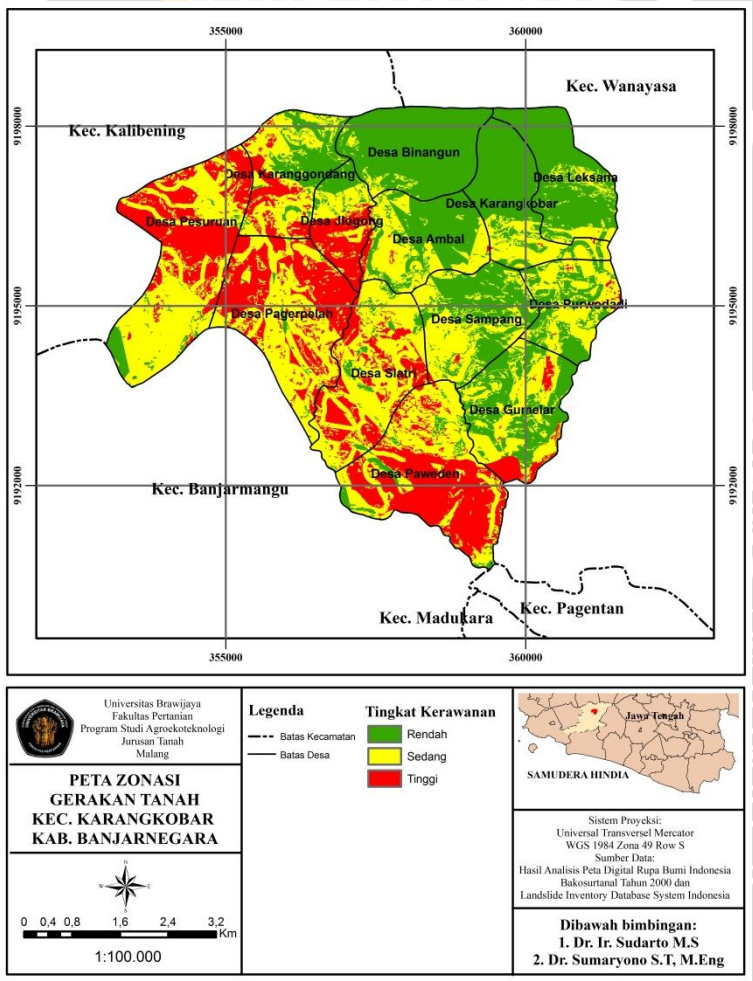
Untuk mendapatkan nilai AUC dari nilai FR, pembagian sebagaimana yang dilakukan terhadap variabel jumlah kejadian gerakan tanah tidak dilakukan. Untuk mendapatkan zonasi daerah rawan gerakan tanah, nilai FR dan AUC didapat dengan menggunakan data kejadian gerakan tanah yang sama. Nilai AUC yang didapat untuk perhitungan berdasarkan nilai WoE sebesar 0,65 sedangkan nilai AUC untuk perhitungan berdasarkan nilai FR yaitu 0,90. Pengaruh dari

perbedaan kedua nilai yang menjadi dasar pembuatan peta zonasi ini (WOE dan FR) dapat dilihat pada Gambar 28 dan Gambar 29.

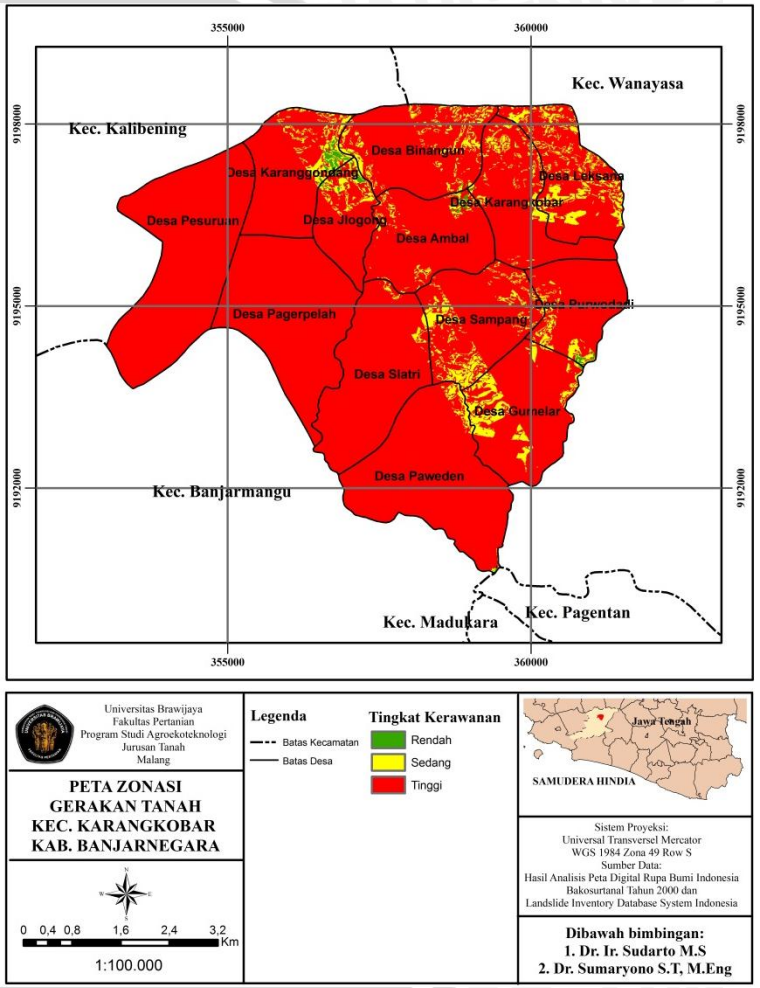
Berdasarkan peta zonasi gerakan tanah pada Gambar 28 dan Gambar 29, dapat dilihat bahwa zonasi gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar berdasarkan nilai WOE memiliki sebaran daerah kerawanan bencana yang beragam yaitu daerah dengan tingkat kerawanan rendah, sedang sampai tinggi. Sedangkan pada zonasi gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar berdasarkan nilai FR menunjukkan bahwa daerah penelitian di dominasi dengan tingkat kerawanan bencana yang tinggi. Zonasi bencana di daerah penelitian pada masing-masing tingkatan kerawanannya secara kuantitafit dapat dilihat pada Tabel 25.

Tabel 25. Luas Tingkat Kerawanan Gerakan Tanah di Kec. Karangkobar

Tingkat Kerawanan	Luas Area (ha)	
	Berdasarkan Nilai WoE	Berdasarkan Nilai FR
Rendah	1450,305	25,5069
Sedang	1754,023	277,3926
Tinggi	938,7414	3840,17



Gambar 28. Peta Zonasi Gerakan Tanah Kec. Karangkobar (berdasarkan nilai WOE)



Gambar 29. Peta Zonasi Gerakan Tanah Kec. Karangkobar (berdasarkan nilai FR)

Tabel 25 menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap tingkat kerawanan antara zonasi gerakan tanah berdasarkan nilai WoE dan FR. Hasil tersebut disebabkan perbedaan penggunaan data kejadian gerakan tanah yang menjadi salah satu variabel dalam penelitian ini. Perbedaan penggunaan data kejadian gerakan tanah, selain berpengaruh terhadap hasil zonasi juga berpengaruh terhadap keberpengaruhan data parameter yang diduga menyebabkan gerakan tanah. Jumlah gerakan tanah yang tidak terlalu banyak juga berpengaruh terhadap keragaman sebaran tingkat kerawanan gerakan tanah.

Wieczorek (1984) menjelaskan bahwa dalam metode statistik, *overlay* peta dan perhitungan kepadatan longsor merupakan inti dari analisis. Jika metode bivariate dipilih, setiap parameter atau kombinasi spesifik antar parameter dapat dianalisis secara terpisah. Beberapa metode yang ada juga menghitung nilai bobot (*ex: Weight of Evident*). Namun sebagian besar didasarkan pada hubungan antara kepadatan longsor dan tiap data parameter. Masing-masing metode yang ada dalam analisis statistik ini memiliki aturan khusus untuk mengintegrasikan data yang diperlukan untuk menghasilkan peta kerawanan bencana. Nilai-nilai pembobotan seperti yang disebutkan sebelumnya dapat digunakan untuk merancang suatu ketetuan mengenai keterkaitan antar data parameter, kepadatan longsor dan peta kerawanan bencana. Namun hal tersebut didasarkan pada pengalaman peneliti.

Pemetaan zonasi gerakan tanah yang dilakukan di Kecamatan Karangkobar berdasarkan hasil perhitungan *Weight of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR) menunjukkan hasil yang berbeda. Pada Gambar 28 dan 29 perbedaan zonasi tersebut terlihat jelas dengan adanya perbedaan sebaran dan luasan masing-masing kelas kerawanan gerakan tanah. Pemetaan zonasi gerakan tanah yang dilakukan di Kecamatan Karangkobar berdasarkan hasil perhitungan *Weight of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR) menunjukkan hasil yang berbeda. Hal tersebut dikarenakan FR memiliki nilai AUC jauh lebih tinggi yaitu sebesar 0,90 dibandingkan dengan nilai AUC pada WoE yang hanya berkisar 0,65. FR memiliki hasil lebih tinggi dikarenakan data yang digunakan untuk analisis juga

digunakan untuk validasi. Berbeda halnya dengan WoE, dimana data untuk analisis dan validasi merupakan data yang berbeda.

Meski terdapat perbedaan hasil antara kedua nilai yang digunakan, zonasi daerah rawan gerakan tanah ini tetap dapat dipertanggung jawabkan. Hal tersebut dikarenakan dalam statistik *bivariate* didasarkan pada formula-formula statistik dalam *overlay* peta maupun kalkulasi kerawanan gerakan tanahmya.

Kelebihan penggunaan metode statistik *bivariate* juga dijelaskan oleh Naranjo., et al, sebagai berikut:

a) Hasil dari pengerjaan ini dapat dihitung kembali karena penggunaan operasi matematika yang tetap,
b) Hasil yang diperoleh mudah untuk ditafsirkan karena setiap data parameter dapat dievalusi secara terpisah,
c) Akurasi peta longsor yang dihasilkan dapat diperiksa dengan menggunakan distribusi longsor, terutama ketika prediksi didasarkan pada distribusi longsor dimasa lalu dan dibandingkan dengan distribusi longsor saat ini.

3.4. Validasi Peta Zonasi Kerawanan Gerakan Tanah di Lokasi Penelitian (studi kasus longsoran Sijemblung)

Lokasi penelitian terletak di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara, pada lokasi penelitian ini terdapat kejadian gerakan tanah yang masih nampak jelas di lapangan yang terjadi pada 14 Desember 2014 berlokasi di Dusun Jemblung, Desa Sampang, Karangkobar (Gambar 30.). Kejadian gerakan tanah ini dijadikan sebagai pembanding terhadap hasil peta zonasi yang dibuat. Adapun data parameter yang dapat dibandingkan dengan kondisi gerakan tanah di lapang yaitu diantaranya, data parameter Geologi, Jenis Tanah, Penggunaan Lahan dan Kemiringan Lereng.

Gambar 30. Foto Udara Penampakan Kejadian Gerakan Tanah Sijemblung

4.4.1 Perbandingan Hasil Analisis Statistik Data Parameter dengan Kondisi di Lapangan

4.4.1.1. Geologi

Hasil perhitungan nilai keboleh-jadian dan ketidakboleh-jadian gerakan tanah berdasarkan nilai WoE dan FR yang dituangkan kedalam bentuk peta menunjukkan bahwa:

a. Nilai WoE tertinggi yaitu pada Tmr (Formasi Rambatan) dengan luas 1707,812 ha atau mencakup 41,22% dari total keseluruhan wilayah penelitian;
b. Nilai WoE terendah yaitu pada Qjya (Bahan Gn. Api Jembangan) dengan luas 674,694 ha atau mencakup 16,28 % dari total keseluruhan wilayah penelitian;
c. Nilai FR tertinggi yaitu pada Tmr (Formasi Rambatan) dengan luas 1707,812 ha atau mencakup 41,22% dari total keseluruhan wilayah penelitian; dan
d. Nilai FR terendah yaitu pada Qjo (Bahan Gn. Api Jembangan) dengan luas 366,12 ha atau mencakup 8,83% dari total keseluruhan wilayah penelitian.

Berdasarkan Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa (Condon dkk., 1996), lokasi gerakan tanah di Dusun Jemblung disusun oleh batuan gunungapi Jembangan berupa lava andesit dan batuan klastika gunungapi berupa aliran lava, breksi aliran dan piroklastika, lahar dan aluvium (Qjm). Berdasarkan nilai WoE dan FR, wilayah dengan bahan geologi Qjm masing-masing menduduki urutan ke 2 dan ke 3 teratas dalam kerawanan terjadinya gerakan tanah. Sedangkan satuan geologi yang memiliki pengaruh paling besar terhadap kejadian gerakan tanah berdasarkan analisis statistik yaitu Formasi rambatan (Tmr) karena tersusun dari batuan napal atau serpih.

Di lokasi kejadian gerakan tanah Jemblung, lapisan atas tersusun oleh bahan endapan sedangkan pada bagian bawahnya disusun oleh batuan anggota Lempung Formasi Ligung, berupa batulempung tufan, batupasir tufan berlapis silangsiur dan konglomerat. Ditemukan juga sisa timbuhan dan batubara muda yang menunjukkan bahwa anggota ini diendapkan di lingkungan bukan laut. Di sekitar lokasi gerakan tanah Dusun Jemblung, struktur geologi yang berkembang adalah sesar dengan arah barat laut – tenggara dan barat daya – timur laut.

Seperti halnya yang dijelaskan oleh Naryanto (2011), Gerakan masa batuan atau tanah terjadi karena adanya gangguan terhadap kesetimbangan gaya penahan (*shear strength*) dan gaya peluncur (*shear stress*) yang bekerja pada suatu lereng. Ketidakseimbangan gaya tersebut diakibatkan adanya gaya dari luar lereng yang menyebabkan besarnya gaya peluncur pada suatu lereng menjadi lebih besar daripada gaya penahannya. Kekerasan dan kekuatan serta kekompakan batuan mempunyai pengaruh yang sama terhadap kemantapan lereng. Pelapukan batuan menunjukan mudah tidaknya batuan terganggu oleh kekuatan dari luar, sehingga semakin lapuk batuan semakin rentan terhadap gerakan (Harjana, 1992).

4.4.1.2. Jenis Tanah

Hasil perhitungan nilai keboleh-jadian dan ketidakboleh-jadian gerakan tanah berdasarkan nilai WoE dan FR yang dituangkan kedalam bentuk peta menunjukkan bahwa:

a. Nilai WoE tertinggi yaitu pada asosiasi dystropepts, eutropepts, dan tropudalfs;

b. Nilai WoE terendah yaitu pada asosiasi dystropepts, tropudults, dan troporthents;
c. Nilai FR tertinggi yaitu pada asosiasi dystropepts, humitropets, dan tropohumults; dan
d. Nilai FR terendah yaitu pada asosiasi dystropepts, haplorthox dan tropudalts.

Tanah-tanah yang mengalami longsoran mayoritas merupakan tanah yang termasuk kedalam ordo tanah inceptisol. Hal ini sesuai dengan klasifikasi berdasarkan kondisi tanah di lokasi gerakan tanah Jemblung, tanah lempung lanauan berwarna coklat terang. Berdasarkan data hasil uji laboratorium geoteknik yang dilakukan terhadap 5 sample agregat yang diambil di lapangan, hasilnya fraksi lanau mendominasi dari besar butir keseluruhan yaitu mencapai 30 – 50 % sesuai dengan sifat yang dimiliki tanah inceptisol. Ketebalan tanah pelapukan antara 2 meter hingga lebih dari 4 meter.

Tekstur tanah menunjukkan kasar halusnya tanah, ditentukan berdasarkan perbandingan butir-butir (fraksi) pasar (sand), debu (silt) dan liat (clay). Fraksi pasir berukuran 2mm – 50 µ lebih kasar dibanding debu (50 µ - 2µ) dan liat (lebih kecil dari 2µ). Karena ukurannya yang kasar, maka tanah-tanah yang didominasi oleh fraksi pasir seperti tanah-tanah yang tergolong dalam sub-ordo Psammet, akan menyalurkan air lebih cepat (kapasitas infiltrasi dan pemaebilitas tinggi) dibandingkan dengan tanah-tanah yang didominasi oleh fraksi debu dan liat. Kapasitas infiltrasi dan permeabilitas yang tinggi, serta ukuran butir yang relatif besar menyebabkan tanah-tanah yang didominasi oleh pasir umumnya mempunyai tingkat erodibilitas tanah rendah. Tanah dengan kandungan pasir halus (0,01 mm – 50 µ). Tinggi juga mempunyai kapasitas infiltrasi cukup tinggi akan tetapi jika terjadi aliran permukaan, maka butir-butir halusnya akan mudah terangkut (Dariah, et al., 2003).

Pasir halus dan debu merupakan partikel-partikel tanah yang berpengaruh pada kepekaan tanah terhadap erosi. Tanah akan lebih mudah tererosi, apabila mempunyai kandungan debu tinggi disertai dengan bahan organik rendah dan tanah dengan kandungan debu 40-60% sangat peka terhadap erosi. Selain itu, stabilitas agregat yang rendah, permaebilitas lambat, dan relatif rendahnya

kandungan bahan organik tanah diperkirakan merupakan penyebab tingginya tingkat erodibilitas tanah.

Longsor merupakan indikasi adanya proses erosi karena longsor merupakan salah satu bentuk erosi pengangkutan atau pemindahan volum besar tanah dan prosesnya dipengaruhi oleh adanya gaya gravitasi bumi. Salah satu cara mengetahui indikasi tingkat erosi adalah dengan mengetahui faktor yang mempengaruhi proses erosi, yaitu tingkat kepekaan tanah terhadap erosi atau erodibilitas tanah.

4.4.1.3. Penggunaan Lahan

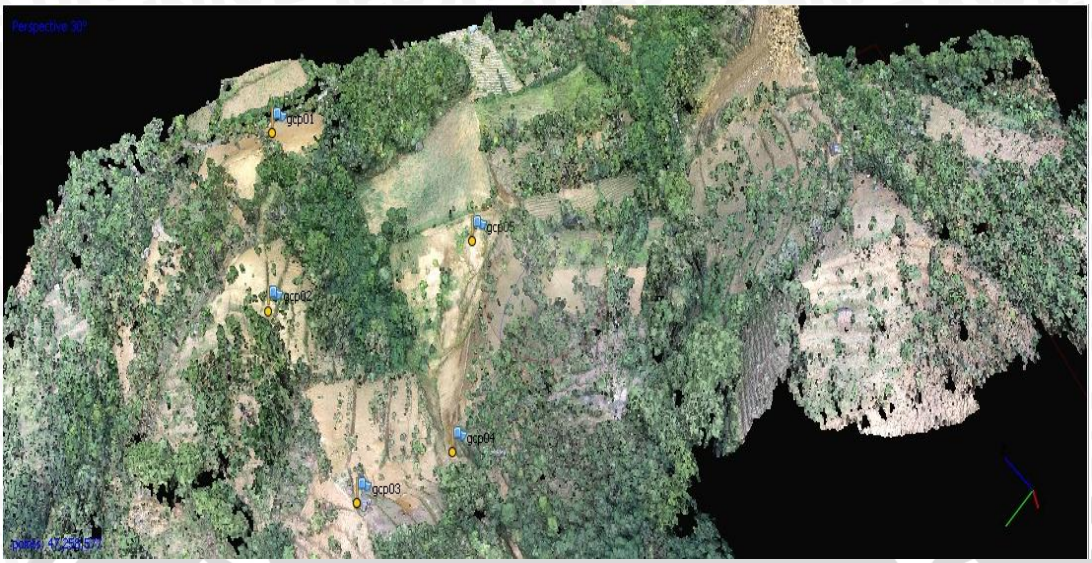
Hasil perhitungan nilai keboleh-jadian dan ketidakboleh-jadian gerakan tanah berdasarkan nilai WoE dan FR yang dituangkan kedalam bentuk peta menunjukkan bahwa:

a. Nilai WoE tertinggi yaitu pada penggunaan lahan berupa belukar atau semak dengan luas 107,2683 ha atau mencakup 2,59 % dari total keseluruhan wilayah penelitian;
b. Nilai WoE terendah yaitu pada penggunaan lahan berupa kebun dengan luas 1381,289 ha atau mencakup 33,34 % dari total keseluruhan wilayah penelitian;
c. Nilai FR tertinggi yaitu pada penggunaan lahan berupa belukar atau semak dengan luas 107,2683 ha atau mencakup 2,59 % dari total keseluruhan wilayah penelitian; dan
d. Nilai FR terendah yaitu pada penggunaan lahan berupa air tawar atau sungai dengan luas 20,4525 % atau mencakup 0,49 % dari total keseluruhan wilayah penelitian.

Lahan di sekitar lokasi gerakan tanah Sijemblung yaitu di Desa Sampang (Gambar 31) secara umum adalah kebun campuran dengan diselingi pohon besar pada bagian bukit yang longsor, sedangkan pada bagian bawah adalah kebun palawija dan persawahan. Pemukiman berada di antara kebun palawija dan persawahan di bagian selatan sungai, sedangkan di bagian utara sungai berkembang di sekitar perbukitan. Pada bagian mahkota longsor diketahui berupa belukar.

Menurut Sitorus (2006), vegetasai berpengaruh terhadap aliran permukaan, erosi, dan longsor melalui (1) Intersepsi hujan oleh tajuk vegetasi/tanaman, (2) Batang mengurangi kecepatan aliran permukaan dan kanopi mengurangi kekuatan merusak butir hujan, (3) Akar meningkatkan stabilitas struktur tanah dan pergerakan tanah, (4) Transpirasi mengakibatkan kandungan air tanah berkurang. Keseluruhan hal ini dapat mencegah dan mengurangi terjadinya erosi dan longsor.

Penanaman tanaman pohon perlu dilakukan karena tanaman mampu menahan air hujan agar tidak merembes untuk sementara, sehingga bila dikombinasikan dengan saluran drainase dapat mencegah penjenuhan material lereng dan erosi buluh. Mahkota longsor yang digunakan sebagai belukar memiliki perakaran yang kurang dalam sehingga tidak mampu menembus lapisan tanah yang kedap air, sehingga tidak membantu dalam menjaga kemantapan agregat tanah. Terlebih perakaran serabut yang relatif kurang kuat menghujam dan mengikat tanah sehingga mudah tergoyahkan jika terjadi hujan deras yang berangin kencang. Tanaman-tanaman bertajuk kecil dan sangat jarang (kurang rapat) menyebabkan energi butir-butir hujan saat terjadinya hujan lebat memiliki kekuatan perusak yang tinggi dan ini bermakna meningkatnya tingkat erosivitas hujan yang jatuh langsung di atas permukaan tanah. Meningkatnya kemampuan erosivitas hujan ini menyebabkan peluang terjadinya longsor semakin besar pula. (Efendi, 2008) Selanjutnya menurut Rusli (1997), keberadaan vegetasi juga mencegah erosi dan pelapukan lebih lanjut batuan lereng, sehingga lereng tidak bertambah labil. Dalam batasan tertentu, akar tanaman juga mampu membantu kestabilan lereng.



Gambar 31. Mozaik Foto Udara Desa Sampang

4.4.1.4. Kemiringan Lereng

Hasil perhitungan nilai keboleh-jadian dan ketidakboleh-jadian gerakan tanah berdasarkan nilai WoE dan FR yang dituangkan kedalam bentuk peta menunjukkan bahwa:

a. Nilai WoE tertinggi yaitu pada kemiringan lereng berkisar 20˚-25˚ dengan luas 599,2137 ha atau mencakup 14,46 % dari total keseluruhan wilayah penelitian;
b. Nilai WoE terendah yaitu pada kemiringan lereng berkisar 5˚-10˚ dengan luas 416,8017 ha atau mencakup 10,06 % dari total keseluruhan wilayah penelitian;
c. Nilai FR tertinggi yaitu pada kemiringan lereng berkisar 15˚-20˚ dengan luas 1135,142 ha atau mencakup 27,36 % dari total keseluruhan wilayah penelitian; dan
d. Nilai FR terendah yaitu pada kemiringan lereng berkisar 5˚-10˚ dengan luas 416,8017 ha atau mencakup 10,06 % dari total keseluruhan wilayah penelitian.

Morfologi di sekitar lokasi gerakan tanah di Dusun Jemblung merupakan perbukitan dengan kemiringan lereng terjal sampai sangat terjal dengan kemiringan antara 40º sampai >60º pada perbukitan, sedangkan pada bagian lembah kemiringan lereng antara 5º sampai 15º. Menurut Karnawati (2001), kondisi kemiringan lereng lebih 15º perlu mendapat perhatian terhadap kemungkinan bencana tanah longsor dan tentunya dengan mempertimbangkan faktor-faktor lain yang mendukung. Pada dasarnya sebagian besar wilayah di Indonesia merupakan daerah perbukitan atau pegunungan yang membentuk lahan miring. Namun tidak selalu lereng atau lahan 14 yang miring berbakat atau berpotensi longsor. Potensi terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lerengnya, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup, dan penggunaan lahan pada lereng tersebut.

Gradien sudut kemiringan adalah salah satu penyebab paling penting dari ketidakstabilan lereng (Ayalew., et al, 2005). Kadar air dan tekanan pori dapat dipengaruhi pada skala lokal, sedangkan perilaku hidrolik daerah dapat dikendalikan oleh pola sudut kemiringan pada skala yang lebih besar. Massa batuan dan tanah yang juga dipengaruhi oleh kondisi hidroliknya akan mengalami perpindahan yang mudah pada gradien sudut kemiringan yang semakin besar (Mancini., et al, 2010).

4.4.2. Keberpengaruhan Data Parameter terhadap Kejadian Gerakan Tanah

Perhitungan statistik terhadap data parameter yang dilakukan, selain dapat digunakan untuk menentukan data-data parameter yang berpengaruh terhadap kejadian gerakan tanah yang terjadi juga dapat digunakan untuk mengetahui tingkat keberpengaruhan masing-masing data parameter tersebut. Tingkat keberpengaruhan data parameter ini diketahui berdasarkan nilai AUC yang dimiliki masing-masing data tersebut. Semakin tinggi nilai AUC yang diperoleh, maka data parameter tersebut dianggap semakin mempengaruhi kejadian gerakan tanah. Tingkat keperbengaruhan masing-masing data parameter tersebut secara berurutan dari tinggi ke rendah disajikan dalam Tabel 26.

Tabel 26. Tingkat Keberpengaruhan Data Parameter terhadap Kejadian Gerakan Tanah di Kecamatan Karangkobar

No.	Data Parameter	Nilai Area Under Curve (AUC)	
		WoE	FR
1	Penggunaan Lahan	0,934	0,769
2	Kemiringan Lereng	0,766	0,751
3	Geologi	0,722	0,713
4	Jenis Tanah	0,602	0,608

4.5. Rekomendasi

Menurut Sutikno (1994), mitigasi adalah suatu tindakan yang dilakukan sebelum bencana terjadi untuk mengurangi seminimal mungkin kerugian harta benda atau korban jiwa. Pemetaan zonasi rawan bencana gerakan tanah merupakan salah satu bagian yang dapat dilakukan dari bentuk mitigasi pasif. Peta zonasi yang dibuat dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan pengembangan tindakan-penyusunan tata guna lahan dan tata ruang kota. Selain itu juga digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk melakukan tindakan mitigasi aktif seperti halnya sosialisasi bencana untuk daerah-daerah rawan bencana.

Hasil dari penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan lahan merupakan faktor yang paling mempengaruhi terjadinya gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara. Maka dari itu, penatagunaan lahan merupakan salah satu hal yang sangat perlu untuk dipertimbangkan. Penatagunaan lahan berdasarkan kemampuan lahan yang dimiliki dapat meminimalisir resiko bencana, salah satunya yaitu gerakan tanah. Kelas kemampuan lahan dikelompokkan berdasarkan besarnya faktor pembatas atau kendala (penghambat). Kelas kemampuan lahan menurut USDA (*United States Department of Agriculture*) dibagi dalam delapan kelas yaitu kelas I-VIII. Intensitas dan pilihan penggunaan lahan akan semakin menurun dengan semakin bessarnya angka kelas (Rayes, 2006). Kelas kemampuan lahan yang dituangkan dalam bentuk peta (Gambar 32) dapat menjadi acuan dalam pengembangan kawasan Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara. Luas masing-masing kelas kemampuan lahan dan arahan penggunaan lahannya di sajikan pada Tabel 27.

Menurut Peraturan Daerah Kabupaten Banjarnegara Nomor 11 Tahun 2011 tentang rencana tata ruang wilayah Kabupaten Banjarnegara, pengembangan kawasan akan dilakukan terhadap daerah-daerah dalam kabupaten. Pengengembangan kawasan tersebut diantaranya berupa pengembangan kawasan perkotaan, pedesaan dan agropolitan. Kecamatan Karangkobar termasuk kedalam wilayah pengembangan III yaitu, kawasan pengembangan agropolitan bersamaan dengan kecamatan-kecamatan lain disekitarnya. Kecamatan tersebut meliputi Kecamatan Batur, Pagentan, Pejawaran, Wanayasa, Kalibening, dan Pandanarum. Adapun fungsi dari pengembangan wilayah ini yaitu meliputi bidang pertanian, pariwisata, agropolitan, konservasi lingkungan, sumberdaya energi dan sumberdaya mineral. Kawasan agropolitan sendiri dijabarkan sebagai suatu kawasan yang terdiri dari satu atau lebih pusat kegiatan pada wilayah perdesaan sebagai system produksi pertanian fungsional dan hierarki keruangan satuan sistem permukiman dan sistem agrobisnis. Pengembangan kawasan agropolitan pada Kecamatan Karangkobar khususnya untuk sentra produksi sayur-sayuran dan teh.

Tabel 27. Luasan Masing-Masing Kelas Kemampuan Lahan

No.	Kelas Kemampuan Lahan	Arahan	Luas (ha)	Presentase
1.	I	Lahan Budidaya	0	0
2.	II	Lahan Budidaya	0	0
3.	III	Lahan Budidaya	211,51	5,10
4.	IV	Lahan Budidaya	2322,18	56,05
5.	V	Agroforestry Tan.Semusim	0	0
6.	VI	Agroforestry Berbasis Kayu	1199,75	28,96
7.	VII	Hutan Produksi	380,13	9,18
8.	VIII	Hutan Lindung	29,50	0,71
	Jumlah		4143,07	100,00

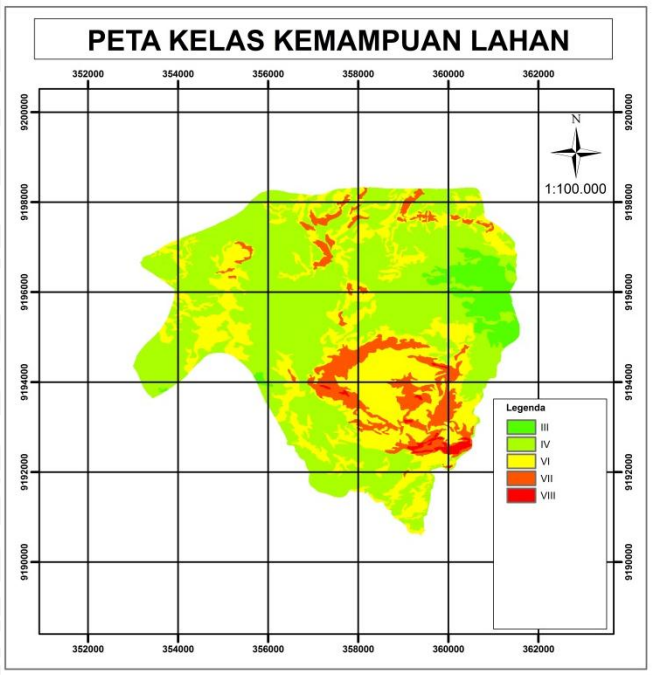
Tabel 28. Ketidaksesuaian Penggunaan Lahan (Luas dalam Ha)

No.	Guna Lahan \ Arahan	LB	LB	LB	LB	AF Semusim	AF Kayu	Hutan Produksi	Hutan Lindung
1.	Pemukiman dan Gedung	-	-	-	251,91	-	49	2,08	-
2.	Sawah	-	-	-	447,57	-	54,38	4,4	-
3.	Tegalan	-	-	-	1072,43	-	535,07	179,2	3,87
4.	Kebun	-	-	-	698,33	-	479,75	186,09	17,1
5.	Belukar	-	-	-	22,95	-	53,98	6,63	7,56
6.	Air Tawar	-	-	-	-	-	-	0,46	-
7.	Rumput	-	-	-	58,48	-	10,76	0,33	-

Ket: LB adalah Lahan budidaya dan AF adalah *Agroforestry.*

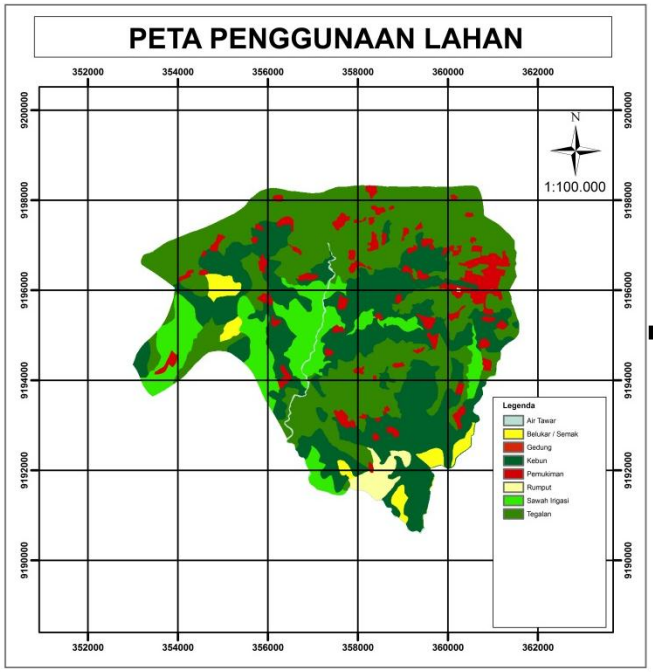
Tabel 29. Rekomendasi Penggunaan Lahan

No.	Penggunaan Lahan	Arahan Penggunaan Lahan	Luas(ha)
1.	Pemukiman dan Gedung	Lahan Budidaya	251,91
		Agroforestry Berbasis Kayu	49,00
		Hutan Produksi	2,08
2.	Sawah	Lahan Budidaya	447,57
		Agroforestry Berbasis Kayu	54,38
		Hutan Produksi	4,40
3.	Tegalan	Lahan Budidaya	1072,43
		Agroforestry Berbasis Kayu	535,07
		Hutan Produksi	179,20
		Hutan Lindung	3,87
4.	Kebun	Lahan Budidaya	698,33
		Agroforestry Berbasis Kayu	479,75
		Hutan Produksi	186,09
		Hutan Lindung	17,10
5.	Belukar	Lahan Budidaya	22,95
		Agroforestry Berbasis Kayu	53,98
		Hutan Produksi	6,63
		Hutan Lindung	7,56
6.	Air Tawar	Hutan Produksi	0,46
7.	Rumput	Lahan Budidaya	58,48
		Agroforestry Berbasis Kayu	10,76
		Hutan Produksi	0,33
Total			4143,07

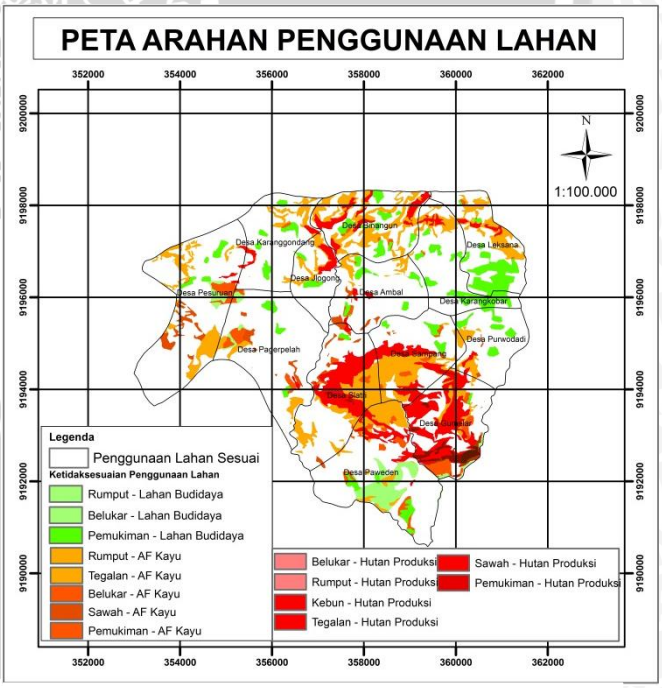


Gambar 32. Peta Kelas Kemampuan Lahan

Gambar 33. Peta Arahan Penggunaan Lahan



Gambar 34. Peta Penggunaan Lahan



Gambar 35. Peta Ketidaksesuaian Penggunaan Lahan

Kelas kemampuan lahan menjadi acuan untuk membuat arahan tata guna lahan yang dituangkan dalam bentuk peta (Gambar 33). Hasil ada menunjukkan bahwa kondisi penggunaan lahan aktual di lapang tidak sepenuhnya sesuai dengan peta arahan serta kelas kemampuan lahan. Maka dari itu overlay pada peta-peta tersebut dilakukan untuk dapat menganalisis ketidaksesuaian penggunaan lahan yang juga ditungkan dalam bentuk peta pada Gambar 35. Ketidaksesuaian penggunaan lahan aktual dan arahan tata guna lahan beserta luasanya juga dijabarkan pada Tabel 28.

Tabel 29 menjelaskan penggunaan lahan berupa pemukiman memiliki luas sebesar 302,99 ha atau sebesar 0,07 % dari total wilayah Kecamatan Karangkobar. Namun, kawasan pemukiman ini terletak pada wilayah dengan kelas kemampuan lahan IV, VI dan VII. Kawasan dengan kelas kemampuan IV merupakan kawasan dengan arahan penggunaan lahan sebagai lahan budidaya. Kawasan pemukiman di wilayah ini tidak disarankan, namun jika kondisi tersebut tetap dipertahankan pembuatan kawat penahan longsor perlu dilakukan untuk meminimalisir gerakan tanah yang mungkin terjadi. Sedangkan pemukiman di wilayah dengan kelas kemampuan VI dan VII sangat tidak disarankan. Pemindahan pemukiman secara permanen merupakan salah satu pilihan tindakan mitigasi bencana yang dapat dilakukan untuk meminimalisir korban jiwa dan material akibat gerakan tanah. Arahan penggunaan lahan untuk kelas kemampuan VI yaitu berupa *agroforestry* berbasis kayu dan kelas VII yaitu hutan produksi.

Penggunaan lahan berupa lahan budidaya tanaman yaitu sawah dan tegalan 1519,99 ha berada pada kelas kemampuan lahan IV yang memang diperuntukan sebagai lahan budidaya. Namun lahan budidaya di wilayah dengan kelas kemampuan ini memerlukan tidakan konservasi khusus karena memilihi penghambat yang berat, salah satunya yaitu kemiringan lereng. Pembuatan teras-teras dapat dilakukan sebagai salah satu bentuk tindakan mitigasi bencana pada penggunaan lahan berupa lahan budidaya tanaman sayur yang menjadi salah satu fokus pengembangan kawasan agropolitan di Kecamatan Karangkobar. Selain itu penggunaan lahan berupa sawah dan tegalan juga ditemukan pada kelas kemampuan lahan VI, VII dan VII. Pada kelas-kelas kemampuan lahan ini, lahan budidaya tanaman semusim sangat tidak disarankan. Kelas kemampuan lahan VI

dapat digunakan sebagai lahan budidaya namun dengan menggunakan sistem tanam *agroforestry* berbasis kayu. Namun untuk pengembangan kawasan agropolitan sebagai sentra produksi teh, penggunaan lahan sebagai lahan budidaya teh dapat dilakukan dengan adanya pembuatan teras, penanaman pohon serta tidak melakukan pengolahan tanah. Pada kelas VII, lahan dapat dimanfatkan sebagai hutan produksi dan pada kelas VIII sebagai hutan lindung. Pengkayaan tanaman dapat dilakukan untuk mengembalikan fungsi lahan sebagai hutan.

Penggunaan lahan sebagai kebun atau yang juga disebut sebagai *agroforestry* seluas 698,33 ha berada pada kelas kemampuan lahan IV yang dapat difungsikan sebagai lahan budidaya. Penggantian sistem tanam dari agroforestry menuju monokultur tanaman sayur sebagaimana rencana pengembangan kawasan agropolitan di Kec. Karangkobar dapat dilakukan. Namun, membiarkan sistem tanam yang telah ada juga baik untuk kondisi ekologi di kawasan ini. Pemilihan dan penataan tanaman dapat menjadi salah satu cara untuk tetap mendapatkan keuntungan ekonomi sebagai kawasan agropolitan dan juga memperbaiki kondisi ekologi kawasan tersebut. Penggunaan lahan *agroforestry* seluas 479,75 ha berada pada kelas kemampuan VI yang memang diperuntukkan untuk penggunaan lahan *agroforestry.* Sisanya seluas 203,18 ha berada pada kelas kemampuan lahan VII dan VIII yang diperuntukkan sebagai wilayah Hutan Produksi dan Hutan Lindung. Sehingga pengkayaan tanaman harus dilakukan.

Penggunaan lahan lainnya yaitu berupa semak/belukar dan rumput dengan luas 81,43 ha berada pada wilayah dengan kelas kemampuan lahan IV sehingga dapat dialihfungsikan menjadi lahan budidaya tanaman semusim. Alih fungsi lahan ini bertujuan agar lahan memiliki nilai ekonomi yang lebih tinggi sebagaimana pengembangan kawasan agropolitan yang direncanakan untuk Kec. Karangkobar. 64,74 ha lainnya berada di wilayah dengan kelas kemampuan lahan VI yang dapat difungsikan sebagai *agroforestry* berbasis tanaman kayu. 6,96 ha berada pada kawasan yang difungsikan sebagai hutan produksi dan sisanya seluas 7,56 ha berada pada kawasan yang berfungsi sebagai hutan lindung. Pengkayaan tanaman dapat dilakukan pada penggunaan lahan berupa semak/belukar dan rumput namun perlu kajian lebih lanjut untuk memastikan apakah tindakan

tersebut perlu untuk dilakukan, sesuai dengan kondisi dan kebutuhan lahan tersebut.

Hasil dari analisis yang dilakukan terhadap kelas kemampuan lahan dan penggunaan lahan yang ada memunculkan ketidaksesuaian penggunaan lahan seluas 1110,45 ha atau 26,8% dari total wilayah Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara. Mengingat zonasi kerawanan gerakan tanah yang tinggi di wilayah penelitian, yang salah satunya dipengaruhi oleh faktor penggunaan lahan. Maka evaluasi terhadap tata guna lahan ini dapat menjadi salah satu acuan tata guna lahan dan tata ruang kota kembali. Tindakan mitigasi bencana aktif dan pasif seperti halnya konservasi dan sosialisasi dapat dilakukan untuk meminimalisir terjadinya gerakan tanah yang dapat menimbulkan korban jiwa dan kerugian material lainnya di kemudian hari.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dalam penelitian yang dilakukan di Kecamatan Karangkobar, Kecamatan Banjarnegara untuk mendapatkan peta zonasi daerah rawan bencana menggunakan metode statistik bivariate, diperoleh kesimpulan antara lain :

1. Metode Statistik *BiVariate* dapat digunakan untuk mengetahui sebaran daerah rawan gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara,
2. Berdasarkan analisis statistik *BiVariate* diketahui bahwa data parameter penggunaan lahan memiliki keberpengaruhan paling tinggi terhadap kejadian gerakan tanah di Kecamatan Karangkobar. Adapun data parameter lainnya yaitu geologi, jenis tanah, curah hujan, kelurusan, dan kelerengan memiliki tingkat keberpengaruhan yang berbeda tergantung pada metode statistik *BiVariate* yang digunakan (*Weight of Evident* atau *Frequency Ratio*), dan
3. Metode Statistik *BiVariate* dapat digunakan untuk memprediksi sebaran tingkat kerawanan gerakan tanah yang dapat terjadi di Kecamatan Karangkobar, Kabupaten Banjarnegara. Prediksi sebaran tingkat kerawanan gerakan tanah ini dituangkan dalam bentuk peta zonasi kerawanan gerakan tanah.

5.2. Saran

Dalam penelitian ini didapatkan hasil berupa peta zonasi yang berbeda dalam analisis yang dilakukan berdasarkan nilai *Weight of Evident* (WoE) dan *Frequency Ratio* (FR). Hal tersebut dikarenakan penggunakan bobot kepadatan titik gerakan tanah dalam kedua analisis tersebut. Untuk meminimalisir perbedaan yang signifikan tersebut, perlu diperoleh jumlah kepadatan titik gerakan tanah yang lebih banyak sehingga presentase kejadian gerakan tanah per luasan wilayah dapat terdistribusi dengan baik. Mengingat dasar dari analisis ini adalah perhitungan menggunakan formula-formula statistik, maka jumlah data akan menjadi salah satu faktor yang sangat mempengaruhi hasil penelitian. Sehingga

untuk kedepannya penelitian serupa dapat dilakukan di lokasi lain yang mimiliki data kejadian gerakan tanah lebih banyak sehingga dapat menghasilkan peta zonasi yang lebih baik.

Selain itu perhitungan bobot seperti WoE dan FR yang dilakukan dalam penelitian ini, menurut Wiezcorek (1984) dapat digunakan untuk merancang suatu ketetuan mengenai keterkaitan antar data parameter, kepadatan longsor dan peta kerawanan bencana. Dalam suatu data parameter yang digunakan dalam penelitian ini, dapat diketahui pula keberpengaruhann tiap-tiap kelas dari data tersebut terhadap data parameter. Hasil tersebut kemudian dapat dibandingkan dengan kondisi *real* di lapang sehingga memungkinkan untuk mengetahui keakuratan hasil zonasi dan nilai pembobotan yang ada. Namun tahapan terakhir ini sangat bergantung berdasarkan pada pengalaman peneliti sehingga kerap kali bersifat subjektif.

DAFTAR PUSTAKA

Alhasanah. 2006. Pemetaan dan Analisis Daerah Rawan Tanah Longsor Serta Upaya Mitigasinya Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus Kecamatan Sumedang Utara dan Sumedang Selatan, Kabupaten Sumedang,Provinsi Jawa Barat). [Tesis]. Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. IPB Press. Bogor.

Ayalew, L., Yamagishi, H., Marui, H., and Kanno, T., 2005, Landslides In Sado Island Of Japan: Part II. GIS-Based Susceptibility Mapping With Comparisons Of Results From Two Methods and Verification: Elsevier, Engineering Geology 81: 432-445

Buol. S . W. D. F. D. Hole and R. J. Mc Craken. 1980. Soil genesis and classificaton. Second Edition. The Lowa State University Press.

BPBD, 2012. Tanah Longsor. http://bpbd.kepriprov.go.id/ . Di akses pada Mei 2015.

BSN. 2005. Penyusunan Peta Zona Kerentanan Gerakan Tanah. 2005.

Dariah, A., Subagyo, H., Tafakresnanto dan S. Marwan. 2003. Kepekaan Tanah Terhadap Erosi. Jurnal Akta Agrosia Vol.8 (2).

Efendi, A. Daniel. 2008. Identifikasi Kejadian Longsor Dan Penentuan Faktor-Faktor Utama Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor. IPB. Bogor.

Harloff, C. E., 1933, Toelichting bij Blad 67 (Bandjarnegara) : Geol. Kaart van Java , 1 : 100.000.

Hung L.Q., Batelaan O., and De Smedt F., 2005, Lineament Extraction and Analysis, Comparison of LANDSAT ETM and ASTER Imagery. Case Study: Suoimuoi Tropical Karst Catchment, Vietnam, Remote Sensing for Environmental Monitoring, GIS Applications and Geology V, Proc. of SPIE Vol. 5983 59830T-1, Manfred Ehlers, Ulrich Michel.

Indrasmoro, G. P., 2013, Geographic Information System (GIS) Untuk Deteksi Daerah Rawan Longsor Studi Kasus Di Kelurahan Karang Anyar Gunung Semarang, Jurnal GIS Deteksi Rawan Longsor, Semarang.

Jaya, I.N.S. 2005. Tehnik Mendeteksi Lahan Longsor Menggunakan Citra SPOT Multiwaktu, Studi Kasus di Teradomari, Tochio dan Shidata Mura, Niigata, Jepang, Jurnal Manajemen Hutan Tropika. Vol. X No. 1, hal : 31 – 48. Bogor.

Karnawati, D. 2001. Bencana Alam Gerakan Tanah Indonesia Tahun 2000 (Evaluasi dan Rekomendasi). Jurusan Teknik Geologi. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Kementriaan Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. Panduan Teknis:Analisis Gerakan Tanah Dengan Metode Statistik Bivariate Menggunakan ArcGIS 10.x. Badan Geologi. Bandung.

Lestari, F. 2008. Penerapan Sistem Informasi Geografis dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor Di Kabupaten Bogor. [skripsi] . Departemen Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Mancini, F., Ceppi, C., and Ritrovato, G. 2010. GIS and Statistical Analysis for Landslide Susceptibility Mapping in The Daunia Area, Italy. Department of Architecture and Urban Planning, Technical University of Bari, Bari, Italy.

Naranjo, J.L., Van Westen, C.J., and Soeters, R. 1994. Evaluating The Use of Training Areas in Bivariate Statistical Landslide Hazard Analysis ; A Case Study from Chinchiná - Santa Rosa de Cabal, Colombia. Facultad de Geologia , Universidad de Caldas. Colombia.

Naryanto, H.S. (2011). Potensi dan Mitigasi Bencana Tanah Longsor di Jawa Barat. Permasalahan, Kebijakan dan Penanggulangan Bencana Tanah Longsor di Indonesia. Bandung.

Nugroho J.A, B.M Sukojo, I.L Sari. 2009. Pemetaan Daerah Rawan Longsor dengan Penginderaan Jarak Jauh dan Sistem Informasi Geografis. Prog. Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS, Sukolilo. Surabaya.

Prahasta, E. 2001. Konsep-konsep Dasar SIG. Informatika. Bandung.

Pusat Studi Bencana Alam UGM dan Bappeda Kabupaten Kulon Progo. (2001). Penyusunan Sistem Informasi Penanggulangan Bencana Alam Tanah Longsor di Kabupaten Kulon Progo. Yogyakarta: PSBA UGM.

Rayes, Luthfi. 2006. Metode Inventarisasi Sumber Daya Lahan. Penerbit ANDI. Yogyakarta.

Rusli, Salim ST. 2007. Waspada Hujan dan Longsor. Jakarta

Sarief, 1985. Ilmu Tanah Pertanian. Pustaka Buana. Bandung.

Sitorus, Santun R. P. 2006. Pengembangan Lahan Berpenutupan Tetap Sebagai Kontrol Terhadap Faktor Resiko Erosi dan Bencana Longsor. Direktorat Jenderal Penataan Ruang Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Subowo, E. 2003. Pengenalan Gerakan Tanah. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Bandung.

Sumaryono, Arifianti. Y, Triana. Y.D, Ika.W, Irawan.W, Suantika. G. 2014. The Aplication of Landslide Inventory Data Base of Indonesia (LIDIA) For Supporting Landslide Susceptibility Mapping in Cianjur Regency, West Java, Indonesia. GSTF International Journal of Geological Sciences (JGS)Vol.1 No.2.

Sutedjo M, M.G. Kartasapoetra, A.G.Kartasapoetra, 1985. Teknologi Konservasi Tanah dan Air edisi Kedua. PT. Abdi Mahasatay. Jakarta.

Sutikno. 1994. Pendekatan Geomorfologi untuk Mitigasi Bencana Alam Akibat Gerakan Massa Tanah atau Batuan. *Proceeding* di UGM, 16-17 September. Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta

Sutikno.1997. Pendekatan Geomorfologi untuk Mitigasi Bencana Alam Akibat Gerakan Massa Tanah/Batuan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Todingan, M.P. Sinolingan, M. Kamagi, Y.E.B. Legkong, J. 2013. Pemetaan daerah Rawan Longsor Di Wilayah Sub DAS Tondano dengan Sistem Informasi Geografis. Universitas Sam Ratulangi. Manado.

USGS. 2004. Landslide Types and Processes. U.S. Department of The Interior. U.S. Geological Survey. Reston, Virginia.

Wieczorek, G.F. 1944. Preparing a Detailed Landslide Inventory Map for Hazard Evaluation and Reduction. Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Vol. 21, No. 3.

Yunarto. 2012. Teknik Pengineraan Jauh dan Sistem Informasi Geografi untuk Pemetaan Zona Kerentanan Gerakan Tanah dengan Metode Tidak Langsung di Kabupaten Kuningan. Buletin Geologi Tata Lingkungan. Vol 22 N0. 2 , hal : 75-86. Pusat Penelitian Geologi. Bandung

VOA Indonesia. 2015. Satu Desa Tertimbun Longsor. http://www.voaindonesia.com/content/satu-dusun-tertimbun-di-banjarnegara-jawa-tengah/2557623.html. Di akses pada Mei 2015.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Panduan Kerja Pengambilan Sampel Tanah

Adapun langkah-langkah pengambilan sampel tanah yang dilakukan di lapang adalah sebagai berikut:

a) Ratakan dan bersihkan permukaan tanah dari rumput dan seresah,
b) Gali tanah sampai kedalaman tertentu di sekitar tempat pengambilan contoh tanah,
c) Letakkan tabung paralon di atas permukan tanah secara tegak lurus dengan permukaan tanah, kemudian dengan menggunakan balok kecil yang diletakkan di atas permukaan tabung, tabung ditekan sampai seluruh bagian masuk kedalam tanah,
d) Pisahkan tabung palaron yang telah tertanam dengan tanah yang lainnya, dan
e) Lakukan *wrapping* terhadap sample tanah agar struktur tanah dalam tabung tidak berubah.

Lampiran 2. Panduan Pengoperasian GPS *Geodetic*

GPS *Geodetic* dioperasikan melalui dua tahapan yaitu pemasangan dan pengukuran.

a) Pemasangan
    1) Pastikan alat yang akan digunakan lengkap,
    2) Cari lokasi titik pengukuran secara acak, bisa dengan menggunakan titik GCP alami yang ada pada daerah penelitian (misalnya Gubuk, Jembatan dan lain sebagainya) ataupun GCP buatan dengan menggunakan alat bantu,
    3) Pasang tripod pada permukaan yang datar dan lalukan levelling,
    4) Pasang Tribach dan epoch GPS, lalu kunci,
    5) Pasang Recon data Collector dibawah epoch receiver dengan menggunakan pengunci recon agar terlindung dari sinar matari,
    6) Pasang kabel penghubung recon dengan epoch, pastikan agar level water tidak berubah,
    7) Ukur ketinggian dari dasar tanah ke epoch GPS Receiver lalu catat.

b) Pengukuran

1) Nyalakan epoch GPS dengan menekan tombol power pada Recon,
2) Atur waktu pada home,
3) Jalankan program *Field Surveyor*,
4) Untuk mengatur satuan pilih device >> menu >> setting, unit,
5) Untuk mengatur koordinat pilih setting *coordinat system*,
6) Untuk memulai pengukuran statik maka pilih pada *static* menu maka akan muncul tampilan menu *static*,
7) Isi data, meliputi:
    a. *Point*: file name pengukuran
    b. *Code*: kode pengukuran
    c. *Height*: ketinggian dasar tanah dengan *epoch receiver*
    d. Ganti *default name* pada kolom file,
    e. Pastikan satelit telah mencukupi (minimal 4) untuk proses pengambilan data,
8) Klik MSR untuk memulai perekaman data, kecepatan mengunduh data dipengaruhi oleh satelit,
9) Setelah selesai klik tombol REC secara bersama-sama dari ketiga *receiver*. Maka data secara otomatis akan tersimpan,
10) Apabila telah selesai matikan Racon dengan cara klok tombol off.

Lampiran 3. Panduan Analisis Data Spasial Menggunakan Metode Statistik *Bivariate*

Tahapan analisis data spasial menggunakan metode statistik *Bivariate* dilakukan melaui dua tahap yaitu (a) Persiapan data dan (b) Analisis data parameter.

a) Persiapan Data

1) Seluruh data parameter yang ada harus berformat raster, seluruh data parameter harus memiliki cakupan, resolusi (ukuran) dan jumlah pixel yang sama. Ketentuan ini dapat dipenuhi dengan menggunakan acuan cakupan yang sama yaitu dengan menggunakan data batas administrasi wilayah penelitian.

2) Data parameter memiliki sistem koordinat terproyeksi yang sama dan untuk Kabupaten Banjarnegara digunakan sistem koordinat UTM Zona 49S.
3) Membagi kejadian longsor yang ada menjadi 2 yang kurang lebih sebanding yaitu 50%:50% , 45%:55% , atau 40%:60%. Masing-masing digunakan untuk mengetes validitas keberpengaruhan parameter terhadap kejadian tanah longsor dan untuk melakukan validasi model kerentanan gerakan tanah.
4) Agar supaya pelaksaan analisis data lebih teratur maka dilakukan organisasi data dengan membuat personal geodatabase dan memasukkannya kedalam *feature dataset*.

b) Analisis data parameter

1) Data parameter yang akan dianalisis pada penelitian ini yaitu kelerengan, tata guna dan tutupan lahan, geologi, jenis tanah, *stream* serta curah hujan.
2) Data parameter kelerengan diperoleh dari pengolahan data DEM yang dapat diunduh dari http://gdem.ersdac.jspacesystems.or.jp/ , data tutupan dan tataguna lahan diperoleh dari interpretasi foto udara yang telah diambil.
3) Menghitung nilai WoE (*Weight of Evident*) masing-masing data parameter. Hal yang pertama kali dilakukan yaitu mengalikan data kejadian longsor dengan masing-masing kelas data parameter dengan menggunakan tool "*Raster Calculator*" pada ArcToolbox.
4) Menghitung nilai WoE secara tabulasi dengan EXCEL. Dilakukan dengan mengkonversi tabel atribut data parameter ke dalam Ms.Excel seperti Tabel 2.

Tabel 1. Tabel Tabulasi Perhitungan WoE

Class_ID	Ket.	Factor	Landslide	Tot_LS	Class_dens	Maps_dens	FR	IVM	W+	W-	C	WeightWOE	X1000

Dimana:

Class_ID	: Klasifikasi ID
Keterangan	: Keterangan klasifikasi data parameter
Factor	: Nilai kecil yang digunakan untuk memanipulasi agar tidak terdapat nilai 0 pada kejadian *landslide* disuatu class. Nillai kejadian *landslide* 0 akan meyebabkan nilai natural log Ln(0) menjadi tak berhingga. Diambil dari nilai area class/total area.
Landslide	: Jumlah kejadian *landslide* di tiap kelas
Tot_LS	: Faktor + Landslide
Class_dens	: Jumlah kejadian *landslide* / Class
Map_dens	: Total kejadian/total luas area
FR	: *Frequency Ratio*, Nilai *weight factor* untuk metode statistik *Frequency Ratio*. Nilai digunakan bila diinginkan untuk membandingkan hasil yang diperoleh untuk metode FR, IVM (*Information Value Ratio* Method)
IVM	: LN(FR) ; (LN = *Natural Log*)
W+	: Keboleh-jadian ditiap kelas
W-	: Ketidakboleh-jadian ditiap kelas
C	: Konstanta mempermudah perhitungan
WeightWOE	: Total WoE
X1000	: Dikarenakan di ArcGIS raste tidak menyimpan nilai decimal, maka nilai WeightWOE dikalikan dengan 1000 dan diambil intergernya.

5) Memetakan nilai WoE. Nilai WoE yang telah didapat (x1000) diimport kedalam tabel atribut data parameter pada ArcGIS. Hasilnya berupa gradasi warna hijau-merah, dimana merah memiliki nilai WoE yang tinggi dan berindikasi memiliki kecenderungan terjadi longsor yang tinggi pula.
6) Validasi data parameter, dilakukan dengan mengalikan nilai WoE yang didapat dengan kejadian longsor. Kemudian data atributnya disusun ke dalam Ms.Excel dan dilakukan perhitungan sebagai berikut.

Tabel 2. Tabel Tabulasi Perhitungan AUC

Woe_value	area	Tot_area	Tot_area_%	LS	Total LS	Tot_LS	AUC

Dimana:

Woe_value : Nilai woe didapat dari tabel atribut, diurut dari besar ke kecil.

Area : Jumlah pixel per woe_value

Tot_area : Akumulasi penjumlahan kolom area

Tot_area_% : Percentase luasan

LS : Jumlah kejadian landslide

Total LS : Akumulasi jumlah kejadian tanah longsor

AUC : Area Under Curve merupakan luasan grafik yang dibuat antara total_area_% dan total_ls_%

7) Menghitung WoE total, dengan menjumlahkan nilai WoE data parameter terpilih, data parameter terpilih yaitu data parameter yang memiliki nilai AUC > 0,6. Penjumlahan dilakukan dengan menggunakan tool "Raster Calculator" yang terdapat pada ArcToolBox.
8) Validasi, dilakukan untuk memastikan model kerentanan gerakan tanah. Pelaksanaan validasi model sama dengan pelaksaan verifikasi parameter yaitu dengan menghitung nilai AUC.
9) Zonasi, yaitu melakukan klasifikasi nilai WoE menjadi tingkat kerentanan tanah yang diklasifikasikan menjadi tingkat kerentanan gerakan tanah tinggi, sedang, rendah dan sangat rendah.

Lampiran 4. Dokumentasi Penelitian

Gambar a.Kondisi Lokasi Penelitian

Gambar b.Kondisi di Lokasi Penelitian

Gambar c. Pengguaan Lahan di Lokasi

Gambar d.Penggunaan Lahan di Lokasi

Gambar e. Batuan Pengikat Longsor

Gambar g.Bekas Longsoran Sijemblug

Gambar h.Pengambilan Sample Tanah

Gambar i. Pemasangan GPS Geodetic

Gambar j.Titik GCP (*Ground Control Point*) Buatan

Gambar k. Pemasangan Pesawat

Gambar l. Penerbangan Pesawat

Gambar m. Pengukuran Hasil GPS

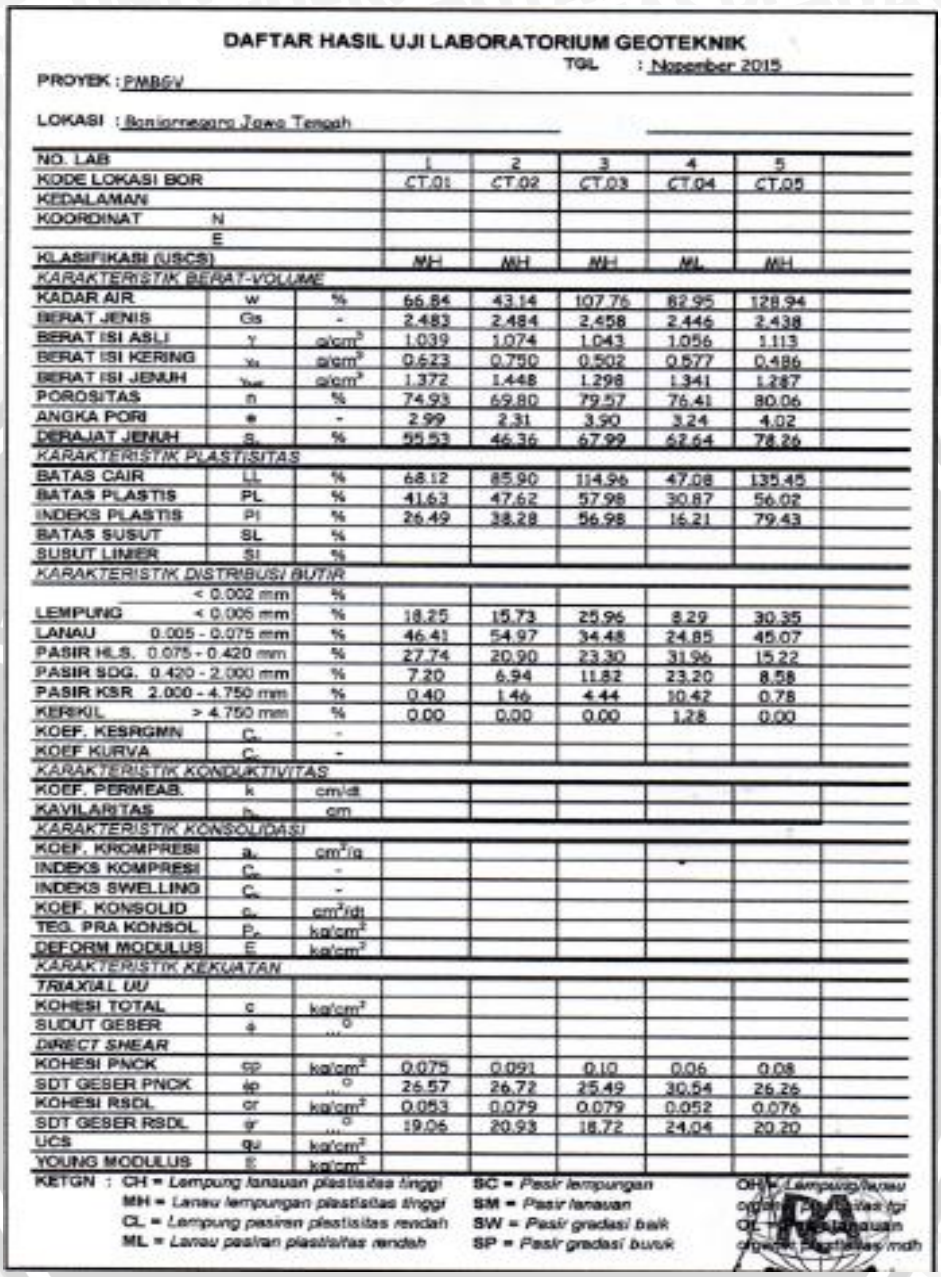
Gambar n. GPS Geodetic

Gambar o. Tim Gerakan Tanah PVMBG

Gambar p. Laboratorium Geoteknik

Gambar q. Laboratorium Geoteknik

Lampiran 5. Hasil Analisis Mekanika Tanah



DAFTAR HASIL UJI LABORATORIUM GEOTEKNIK

TGL : November 2015

PROYEK : PMBGV

LOKASI : Banjarnegara Jawa Tengah

NO. LAB			1	2	3	4	5
KODE LOKASI BOR			CT.01	CT.02	CT.03	CT.04	CT.05
KEDALAMAN							
KOORDINAT	N						
	E						
KLASIFIKASI (USCS)			MH	MH	MH	ML	MH
KARAKTERISTIK BERAT-VOLUME							
KADAR AIR	w	%	66.84	43.14	107.76	82.95	128.94
BERAT JENIS	Gs	-	2.483	2.484	2.458	2.446	2.438
BERAT ISI ASLI	γ	gr/cm^3	1.039	1.074	1.043	1.056	1.113
BERAT ISI KERING	γ_k	gr/cm^3	0.623	0.750	0.502	0.577	0.486
BERAT ISI JENUH	γ_{sat}	gr/cm^3	1.372	1.448	1.298	1.341	1.287
POROSITAS	n	%	74.93	69.80	79.57	76.41	80.06
ANGKA PORI	e	-	2.99	2.31	3.90	3.24	4.02
DERAJAT JENUH	S	%	55.53	46.36	67.99	62.64	78.26
KARAKTERISTIK PLASTISITAS							
BATAS CAIR	LL	%	68.12	85.90	114.96	47.08	135.45
BATAS PLASTIS	PL	%	41.63	47.62	57.98	30.87	56.02
INDEKS PLASTIS	PI	%	26.49	38.28	56.98	16.21	79.43
BATAS SUSUT	SL	%					
SUSUT LINIER	SI	%					
KARAKTERISTIK DISTRIBUSI BUTIR							
	< 0.002 mm	%					
LEMPUNG	< 0.005 mm	%	18.25	15.73	25.96	8.29	30.35
LANAU	0.005 - 0.075 mm	%	46.41	54.97	34.48	24.85	45.07
PASIR HLS.	0.075 - 0.420 mm	%	27.74	20.90	23.30	31.96	15.22
PASIR SDG.	0.420 - 2.000 mm	%	7.20	6.94	11.82	23.20	8.58
PASIR KSR	2.000 - 4.750 mm	%	0.40	1.46	4.44	10.42	0.78
KERIKIL	> 4.750 mm	%	0.00	0.00	0.00	1.28	0.00
KOEF. KESRGMN	C_c	-					
KOEF KURVA	C_c	-					
KARAKTERISTIK KONDUKTIVITAS							
KOEF. PERMEAB.	k	cm/dt					
KAVILARITAS	h_c	cm					
KARAKTERISTIK KONSOLIDASI							
KOEF. KROMPRESI	a_v	cm^2/g					
INDEKS KOMPRESI	C_c	-					
INDEKS SWELLING	C_s	-					
KOEF. KONSOLID	c_v	cm^2/dt					
TEG. PRA KONSOL	P_c	kg/cm^2					
DEFORM MODULUS	E	kg/cm^2					
KARAKTERISTIK KEKUATAN							
TRIAXIAL UU							
KOHESI TOTAL	c	kg/cm^2					
SUDUT GESER	ϕ	° ...					
DIRECT SHEAR							
KOHESI PNCK	cp	kg/cm^2	0.075	0.091	0.10	0.06	0.08
SDT GESER PNCK	ϕp	° ...	26.57	26.72	25.49	30.54	26.26
KOHESI RSDL	cr	kg/cm^2	0.053	0.079	0.079	0.052	0.076
SDT GESER RSDL	ϕr	° ...	19.06	20.93	18.72	24.04	20.20
UCS	qu	kg/cm^2					
YOUNG MODULUS	E	kg/cm^2					

KETGN : CH = *Lempung tanauan plastisitas tinggi* SC = *Pasir lempungan* OH = *Lempung/lanau*
MH = *Lanau lempungan plastisitas tinggi* SM = *Pasir lanauan* *plastisitas tg*
CL = *Lempung pasiran plastisitas rendah* SW = *Pasir gradasi baik* OL = *Lanau/lanauan*
ML = *Lanau pasiran plastisitas rendah* SP = *Pasir gradasi buruk* *plastisitas rdh*