

**SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PREDIKSI TINGKAT
KERAWANAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS***

SKRIPSI

Oleh:
MIFTACHUL CHOIROH
NIM. 13650115



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PENGAJUAN

**SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PREDIKSI TINGKAT
KERAWANAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS***

SKRIPSI

**Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN)
Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :
MIFTACHUL CHOIROH
NIM.13650115**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN

**SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PREDIKSI TINGKAT
KERAWANAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS***

SKRIPSI

Oleh:
MIFTACHUL CHOIROH
NIM. 13650115

Telah disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I



Dr. M. Amin Hariyadi, MT
NIP. 19670118 200501 1 001

Dosen Pembimbing II



Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

Tanggal, Juni 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Cahyo Crysdian
NIP. 19740424 200901 1 008

LEMBAR PENGESAHAN
SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PREDIKSI TINGKAT
KERAWANAN TANAH LONGSOR MENGGUNAKAN
METODE *DOUBLE EXPONENTIAL SMOOTHING*
DAN *ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS*

SKRIPSI

Oleh :

MIFTACHUL CHOIROH
NIM. 13650115

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi Dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)

Tanggal : Juni 2018

Susunan Dewan Penguji :

Tanda Tangan

- | | | |
|------------------------------|---|---|
| 1. Penguji Utama | : <u>Fatchurrochman, M.Kom</u>
NIP. 19700731 200501 1 002 | () |
| 2. Ketua Penguji | : <u>Irwan Budi Santoso, M.Kom</u>
NIP. 19770103 201101 1 004 | () |
| 3. Sekretaris Penguji | : <u>Dr. Ir. M. Amin Hariyadi, M.T</u>
NIP. 19670118 200501 1 001 | () |
| 4. Anggota Penguji | : <u>Dr. Cahyo Crysdiان</u>
NIP. 19740424 200901 1 008 | () |

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Cahyo Crysdiان

NIP. 19740424 200901 1 008

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Miftachul Choiroh

NIM : 13650115

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Penelitian : Sistem Pendukung Keputusan Prediksi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dan Analytical Hierarchy Process

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur – unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur – unsur jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 10 Mei 2018

Yang membuat pernyataan



Miftachul Choiroh

NIM. 13650115

MOTTO

*Success is simple. Do what's right,
the right way, at the right time.*

~ Arnold H. Glasow ~



HALAMAN PERSEMBAHAN

Kupersembahkan karya sederhana ini untuk:

Kedua orang tuaku, terima kasih tiada terhingga atas kasih sayang, dukungan, biaya serta kekuatan doa yang telah kalian berikan. Terima kasih atas jasa-jasa yang begitu besar yang tak mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan.

Kedua adikku dan kakakku yang telah mensupport dan memberikan semangat yang luar biasa sehingga aku dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Teman setiaku yang telah banyak membantu, mensupport dan memberikan banyak masukan. Terima kasih atas kasih sayang, perhatian serta kesabaran yang telah diberikan.

Teman-teman seperjuangan Fortinity'13 yang sudah membantu dan memberikan support.



KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah SWT yang masih melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang menjadi salah satu syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Informatika jenjang Strata-1 Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan skripsi ini tidak lepas dari peran berbagai pihak yang telah memberi bantuan, dorongan dan semangat. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tak terhingga khususnya kepada:

1. Dr. Cahyo Crysdiان, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
2. Dr. M. Amin Hariyadi, MT dan Dr. Cahyo Crysdiان, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan arahan, waktu, dan kontribusi dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Segenap sivitas academia Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
4. Bapak, ibu, kakak dan kedua adik tercinta yang senantiasa memberikan do'a restu serta semangat kepada penulis untuk menuntut ilmu.
5. Teman-teman fortinity'13 yang telah membantu dan memberikan semangat sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Semua pihak yang turut membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan dan penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca dan khususnya penulis sendiri. *Aamiin.*

Malang, 16 Mei 2018

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	Error! Bookmark not defined.
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiv
ABSTRAK	xvii
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
1.6 Sistematika Penulisan	7
KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Tanah Longsor	8
2.2 Kota Batu	10
2.3 Metode <i>Double Exponential Smoothing</i> (DES)	11
2.4 Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	13
2.5 Penelitian Terkait	19
2.5.1 Penelitian Terkait Tanah Longsor	19

2.5.2 Penelitian Terkait Metode <i>Double Exponential Smoothing</i> (DES) .	21
2.5.3 Penelitian Terkait Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	22
2.5.4 Perbedaan Peneliti Sekarang Dengan Peneliti Terdahulu.....	23
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM.....	24
3.1 Perancangan Sistem	24
3.1.1 Prosedur Penelitian.....	24
3.2 Struktur Program.....	86
3.3 Perancangan Basis Data	89
UJI COBA DAN PEMBAHASAN.....	93
4.1 Langkah-langkah Uji Coba	93
4.2 Pembahasan	96
KESIMPULAN DAN SARAN	105
5.1 Kesimpulan	105
5.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Hirarki AHP	16
Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian.....	24
Gambar 3. 2 Proses Pengumpulan Data	25
Gambar 3. 3 Blok Diagram Analisis Spasial	27
Gambar 3. 4 Peta Administrasi Kota Batu	28
Gambar 3. 5 Peta Kerapatan Vegetasi.....	30
Gambar 3. 6 Peta Kelerengan.....	33
Gambar 3. 7 Peta Jenis Tanah	36
Gambar 3. 8 Peta Geologi	39
Gambar 3. 9 Flowchart Metode Double Exponential Smoothing.....	45
Gambar 3. 10 Flowchart Perhitungan Pemulusan Awal	46
Gambar 3. 11 Flowchart Perhitungan Pemulusan Tunggal	46
Gambar 3. 12 Flowchart Perhitungan Pemulusan Trend	47
Gambar 3. 13 Flowchart Perhitungan Nilai Peramalan	47
Gambar 3. 14 Flowchart Perhitungan Nilai Error.....	48
Gambar 3. 15 Flowchart Perhitungan Nilai Absolute Percent Error (Abs PE).....	48
Gambar 3. 16 Flowchart Perhitungan Nilai MAPE	49
Gambar 3. 17 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Ngaglik.....	54
Gambar 3. 18 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Temas.....	54
Gambar 3. 19 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Sidomulyo.....	55
Gambar 3. 20 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Ngujung	55
Gambar 3. 21 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Junggo	55
Gambar 3. 22 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Pendem.....	56
Gambar 3. 23 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Tlekung	56
Gambar 3. 24 Flowchart Tahapan Metode AHP.....	58
Gambar 3. 25 Struktur Hirarki SPK Kerawanan Tanah Longsor	59
Gambar 3. 26 Struktur Program SPK Tingkat Kerawanan Tanah Longsor.....	87
Gambar 4. 1 Input Bobot Kriteria AHP	93
Gambar 4. 2 Nilai Prioritas Kriteria.....	94
Gambar 4. 3 Nilai Prioritas Subkriteria Kejadian Masa Lalu	94

Gambar 4. 4 Form Penilaian Subkriteria Kelurahan Dan Desa 95
Gambar 4. 5 Hasil Prediksi Kerawanan Tanah Longsor 96



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Contoh matriks perbandingan berpasangan	17
Tabel 2. 2 Skala preferensi untuk perbandingan berpasangan	17
Tabel 2. 3 Nilai indeks random	19
Tabel 3. 1 Data kejadian tanah longsor tahun 2013-2017	26
Tabel 3. 2 Data atribut peta administrasi	29
Tabel 3. 3 Data atribut peta kerapatan vegetasi	30
Tabel 3. 4 Data atribut peta kelerengan	33
Tabel 3. 5 Data atribut peta jenis tanah	36
Tabel 3. 6 Data atribut peta geologi	40
Tabel 3. 7 Hasil perhitungan DES pada stasiun hujan Temas bulan Januari	42
Tabel 3. 8 Data curah hujan stasiun Ngaglik	50
Tabel 3. 9 Hasil perhitungan pemulusan tunggal (S_t)	50
Tabel 3. 10 Hasil perhitungan pemulusan trend (T_t)	51
Tabel 3. 11 Hasil peramalan (F_{t+m})	52
Tabel 3. 12 Hasil nilai MAPE	52
Tabel 3. 13 Pembobotan kriteria (BAPPEDA, 2017)	56
Tabel 3. 14 Skala kuantitatif tingkat kepentingan (Saaty, 2008)	60
Tabel 3. 15 Nilai Matrik Skala Range	61
Tabel 3. 16 Matriks perbandingan berpasangan kriteria	62
Tabel 3. 17 Menghitung jumlah kolom tiap matriks	64
Tabel 3. 18 Normalisasi matriks perbandingan berpasangan	64
Tabel 3. 19 Menghitung rasio konsistensi kriteria	65
Tabel 3. 20 Matriks perbandingan berpasangan sub-kejadian masa lalu	66
Tabel 3. 21 Pembobotan subkriteria kejadian masa lalu (BAPPEDA, 2017)	66
Tabel 3. 22 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-kejadian masa lalu	67
Tabel 3. 23 Normalisasi matriks sub-kejadian masa lalu	67
Tabel 3. 24 Menghitung rasio konsistensi sub-kejadian masa lalu	68
Tabel 3. 25 Matriks perbandingan berpasangan sub-kerapatan vegetasi	69
Tabel 3. 26 Pembobotan subkriteria kerapatan vegetasi (BAPPEDA, 2017)	69
Tabel 3. 27 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-kerapatan vegetasi	69

Tabel 3. 28 Normalisasi matriks sub-kepadatan vegetasi.....	70
Tabel 3. 29 Menghitung rasio konsistensi sub-kepadatan vegetasi	70
Tabel 3. 30 Matriks perbandingan berpasangan sub-kelerengan	71
Tabel 3. 31 Pembobotan subkriteria kelerengan (BAPPEDA, 2017)	71
Tabel 3. 32 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-kelerengan	72
Tabel 3. 33 Normalisasi matriks sub-kelerengan.....	72
Tabel 3. 34 Menghitung rasio konsistensi sub-kelerengan	73
Tabel 3. 35 Matriks perbandingan berpasangan sub-curah hujan.....	74
Tabel 3. 36 Pembobotan subkriteria curah hujan (BAPPEDA, 2017).....	74
Tabel 3. 37 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-curah hujan	74
Tabel 3. 38 Normalisasi matriks sub-curah hujan.....	75
Tabel 3. 39 Menghitung rasio konsistensi sub-curah hujan.....	75
Tabel 3. 40 Matriks perbandingan berpasangan sub-jenis tanah	76
Tabel 3. 41 Pembobotan subkriteria jenis tanah (BAPPEDA, 2017)	76
Tabel 3. 42 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-jenis tanah.....	77
Tabel 3. 43 Normalisasi matriks sub-jenis tanah	77
Tabel 3. 44 Menghitung rasio konsistensi sub-jenis tanah	78
Tabel 3. 45 Matriks perbandingan berpasangan sub-geologi.....	79
Tabel 3. 46 Pembobotan subkriteria geologi (BAPPEDA, 2017).....	79
Tabel 3. 47 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-geologi.....	79
Tabel 3. 48 Normalisasi matriks sub-geologi	80
Tabel 3. 49 Menghitung rasio konsistensi sub-geologi.....	80
Tabel 3. 50 Contoh penilaian kejadian tanah longsor masa lalu.....	82
Tabel 3. 51 Contoh penilaian kepadatan vegetasi tiap kelurahan dan desa	83
Tabel 3. 52 Contoh penilaian kelerengan tiap kelurahan dan desa	83
Tabel 3. 53 Contoh penilaian jenis tanah tiap kelurahan dan desa	84
Tabel 3. 54 Contoh penilaian geologi tiap kelurahan dan desa.....	84
Tabel 3. 55 Contoh hasil prediksi curah hujan.....	85
Tabel 3. 56 Klasifikasi curah hujan.....	85
Tabel 3. 57 Hasil skor kerawanan	86
Tabel 3. 58 Tabel admin.....	89
Tabel 3. 59 Tabel kriteria	90

Tabel 3. 60 Tabel subkriteria	90
Tabel 3. 61 Tabel kecamatan	90
Tabel 3. 62 Tabel kelurahan.....	90
Tabel 3. 63 Tabel curah hujan real.....	91
Tabel 3. 64 Tabel stasiun hujan.....	91
Tabel 3. 65 Tabel penilaian.....	91
Tabel 3. 66 Tabel prediksi curah hujan.....	91
Tabel 3. 67 Tabel prediksi tanah longsor.....	92
Tabel 3. 68 Tabel kegiatan.....	92
Tabel 3. 69 Tabel berita	92
Tabel 4. 1 Nilai MAPE pada Stasiun Ngaglik, Temas, Sidomulyo dan Ngujung	97
Tabel 4. 2 Nilai MAPE pada Stasiun Junggo, Pendem dan Tlekung.....	98
Tabel 4. 3 Nilai skala kerawanan AHP	99
Tabel 4. 4 Kerawanan tanah longsor berdasarkan data kriteria tahun 2010	100
Tabel 4. 5 Hasil prediksi tanah longsor berdasarkan data kriteria tahun 2017 ..	101

ABSTRAK

Choiroh, Miftachul. 2018. **Sistem Pendukung Keputusan Prediksi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* dan *Analytical Hierarchy Process***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing : (I) Ir. Dr. M. Amin Hariyadi, MT (II) Dr. Cahyo Crysdiان

Kata Kunci : Prediksi, *Double Exponential Smoothing*, Tanah Longsor, *Analytical Hierarchy Process*, *Back Prediction*.

Bencana alam merupakan peristiwa alam yang dapat terjadi setiap saat di mana saja dan kapan saja, yang menimbulkan berbagai kerugian material maupun imaterial bagi kehidupan masyarakat. Selain dipicu oleh aktifitas alam, bencana juga dapat terjadi karena ulah manusia itu sendiri. Bencana longsor yang melanda wilayah Indonesia merupakan suatu fenomena yang sering terjadi karena negara ini terletak dijalur tiga lempeng tektonik serta memiliki curah hujan yang sangat tinggi. Upaya yang dapat dilakukan dalam meminimalisir kerugian akibat tanah longsor yaitu salah satunya dengan melakukan prediksi kerawanan tanah longsor pada masing-masing daerah. Prediksi kerawanan tanah longsor tersebut sebagai upayaantisipasi dini dalam mengurangi jumlah kerugian yang ditimbulkan.

Data kriteria yang menjadi faktor terjadinya tanah longsor ada enam diantaranya yaitu: kejadian tanah longsor dimasa lalu, kerapatan vegetasi, kelerengan, curah hujan, jenis tanah dan formasi batuan. Penelitian ini menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* dalam memprediksi curah hujan bulanan. Nilai akurasi dari hasil prediksi curah hujan pada tujuh stasiun pantau hujan yaitu mempunyai rata-rata MAPE sebesar 10%. Sedangkan untuk pemetaan kerawanan tanah longornya menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process*. Untuk mengukur akurasi dari hasil prediksi yang diperoleh yaitu dilakukan perbandingan hasil prediksi dengan hasil kerawanan tanah longsor di masa lalu, di mana hasil prediksi menggunakan data kriteria tahun 2017 sedangkan data pembanding atau hasil kerawanan tanah longsor di masalalu menggunakan data kriteria tahun 2010. Perbandingan hasil tersebut dinamakan *back prediction*. Dari hasil perbandingan tersebut diperoleh 5 desa dari 24 desa yang memiliki tingkat kerawanan tanah longsor yang berbeda, oleh karena itu nilai akurasi yang diperoleh sebesar 79,2%.

ABSTRACT

Choiroh, Miftachul. 2018. **Decision Support System Prediction of Vulnerability to landslides Level Using Method Double Exponential Smoothing and Analytical Hierarchy Process.** Thesis. Informatics Engineering. Faculty of Science and Technology. Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang

Advisor : (I) Ir. Dr. M. Amin Hariyadi, MT (II) Dr. Cahyo Crys dian

keywords: Prediction, Double Exponential Smoothing, Landslide, Analytical Hierarchy Process, Back Prediction.

Natural disasters are natural events that can happen any time anywhere and anytime, which creates various material and immaterial losses for people's lives. In addition to being triggered by natural activity, disaster can also occur because of human activity itself. The landslide that hit Indonesia is a phenomenon that often occurs because the country is located on three tectonic plates and has a very high rainfall. Efforts that can be done in minimizing losses due to landslides is one of them by predicting landslide vulnerability in each region. Prediction of landslide vulnerability is an attempt to anticipate early in reducing the amount of losses incurred.

Data criteria that become the factor of the occurrence of landslide there are six of them are: past landslide events, vegetation density, slopes, rainfall, soil types and rock formations. This research uses Double Exponential Smoothing method in predicting monthly rainfall. The accuracy value of the rainfall prediction result in seven rain-monitoring stations that have MAPE average of 10%. As for mapping of landslide vulnerability using Analytical Hierarchy Process method. To measure the accuracy of the predicted results obtained is done comparison of predicted results with the results of landslide vulnerability in the past, in which the prediction results using the data criteria of 2017 while the comparison data or landslide vulnerability results in the past used the data criteria in 2010. The comparison of these results is called back prediction. From the comparison result, there are 5 villages from 24 villages which have different landslide vulnerability, therefore the accuracy value obtained is 79.2%.

ملخص

الخيرة، مفتاح. ٢٠١٨. نظام دعم القرار التنبؤ لمستوى الخطر الانهيار الارضى باستخدام طريقة عملية التنعيم الأسّي المزدوج (*Double Exponential Smoothing*) وعملية التسلسل الهرمي التحليلي (*Analytical Hierarchy Process*). البحث الجامعي. قسم المعلوماتية. كلية العلوم والتكنولوجيا. جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج.

الإشراف: الدكتور محمد امين هريادي ، الماجستير، والدكتور جهيو كريسيديان، الماجستير
الكلمات الرئيسية: التنبؤ ، التنعيم الأسّي المزدوج ، الانهيارات الارضية ، عملية التسلسل الهرمي التحليلي، رجوع التنبؤ

الكوارث الطبيعية هي واحدة من أحداث طبيعية التي تمكن أن تحدث في أي وقت وفي أي مكان، مما يتسبب في خسائر مادية وغير مادية مختلفة لحياة الناس. بالإضافة إلى كونها ناجمة عن الأنشطة الطبيعية ، تمكن أن تحدث الكوارث أيضًا بسبب الأنشطة البشرية. الانهيار الأرضي الذي ضرب إندونيسيا هو ظاهرة التي تحدث غالبًا لأن البلاد تقع على ثلاث صفائح تكتونية ولها أمطار عالية جدًا. والجهود التي تمكن أن تقوم بها لتقليل الخسائر الناجمة عن الانهيارات الأرضية هي عن طريق التنبؤ الخطر الانهيار الارضى في كل منطقة. التنبؤ الخطر الانهيار الارضى هو محاولة للتنبؤ مبكرًا لتقليل حجم الخسائر المتكبدة.

البيانات المعايير هي ستة من عوامل من الانهيارات الارضية ، فهي: حدوث انهيارات أرضية في الماضي، وكثافة الغطاء النباتي، والانحدار، وهطول الأمطار والتربة والتكوينات الصخرية. استخدم هذا البحث طريقة التنعيم الأسّي المزدوج في تنبؤ بهطول الأمطار شهريًا. وتنتج قيمة الدقة للتنبؤ بتساقطات الأمطار في سبع محطات لرصد الأمطار بلغت متوسط معدل MAPE بقدر ١٠%. لرسم خريطة الانهيار الارضى هو باستخدام طريقة عملية التسلسل الهرمي التحليلي. لقياس دقة النتائج التنبؤ التي حصل عليها هو بالمقارنة مع نتائج التنبؤ الخطر الانهيار الارضى في الماضي، حيث نتائج توقع هي باستخدام بيانات المعايير في عام ٢٠١٧، في حين أن بيانات المقارنة أو نتائج الخطر الانهيار الارضى هي باستخدام بيانات المعايير في عام ٢٠١٠. ومقارنة هذه النتائج تسمى رجوع التنبؤ. من نتائج هذه المقارنة حصلت ٥ قريات من ٢٤ قريات التي هي لها مستوى الخطر الانهيار الارضى المختلفة، لذلك، فحصلت قيمة دقة على ٧٩,٢٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bencana alam merupakan peristiwa alam yang dapat terjadi setiap saat di mana saja dan kapan saja, yang menimbulkan berbagai kerugian material maupun imaterial bagi kehidupan masyarakat. Selain dipicu oleh aktifitas alam, bencana juga dapat terjadi karena ulah manusia itu sendiri. Berikut adalah ayat alqur'an yang menjelaskan mengenai bencana alam dalam surat Al-Hadid ayat 2:

مَا أَصَابَ مِنْ مُصِيبَةٍ فِي الْأَرْضِ وَلَا فِي أَنْفُسِكُمْ إِلَّا فِي كِتَابٍ مِنْ قَبْلِ أَنْ نَبْرَأَهَا ۚ إِنَّ ذَلِكَ عَلَى اللَّهِ يَسِيرٌ

“Tiada suatu bencanapun yang menimpa di bumi dan (tidak pula) pada dirimu sendiri melainkan telah tertulis dalam kitab (Lauhul Mahfuzh) sebelum Kami menciptakannya. Sesungguhnya yang demikian itu adalah mudah bagi Allah”

(QS. Al-Hadid : 22).

Dijelaskan dalam Tafsir Quraish Shihab bahwa semua musibah yang terjadi di muka bumi seperti kekeringan, kurangnya buah-buahan dan lain-lain, atau yang terjadi pada diri kalian seperti sakit, miskin, mati dan lain-lain, telah tercatat dalam al-Lawh al-Mahfuzh dan telah ada dalam Ilmu Allah sejak sebelum semuanya terjadi. Hal itu sangat mudah bagi Allah, karena ilmu-Nya meliputi segala sesuatu (www. tafsirq.com diakses pada tanggal 2 Agustus 2017 jam 13.00).

Bencana longsor yang melanda wilayah Indonesia merupakan suatu fenomena yang sering terjadi karena negara ini terletak dijalur tiga lempeng tektonik serta memiliki curah hujan yang sangat tinggi. Indonesia merupakan negara yang sangat rawan terjadi bencana alam seperti tanah longsor, banjir, kekeringan, letusan gunung berapi, gempa bumi, tsunami dan lain sebagainya.

Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan, ataupun percampuran keduanya menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Terdapat 6 (enam) jenis tanah longsor, yakni longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi merupakan kejadian tanah longsor yang paling sering terjadi di wilayah Indonesia. Sementara itu longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan (BAPPEDA, 2014).

Secara geografis, wilayah Kota Batu berada di wilayah pegunungan, dengan ketinggian 700 – 3000 meter dpl. Berdasarkan kondisi tersebut di atas, maka wilayah Kota Batu rawan terhadap bencana alam, khususnya bencana tanah longsor, tanah gerak, dan banjir bandang, khususnya di DAS Brantas Hulu. Adapun beberapa penyebab terjadinya bencana alam di Kota Batu yaitu perubahan iklim (global warming), meningkatnya jumlah penduduk, kurangnya pemahaman masyarakat tentang bagaimana karakteristik wilayah yang rawan bencana, kurangnya kesadaran masyarakat tentang dampak pembuangan sampah di sungai serta menjaga lingkungan (BAPPEDA, 2014).

Bencana tanah longsor merupakan bencana yang paling sering terjadi di Kota Batu mengingat wilayah tersebut banyak memiliki kemiringan lahan sebesar 25 – 40% dan kemiringan > 40%. Berdasarkan data kejadian bencana dari BPBD Kota Batu tahun 2016 pada bulan Februari sedikitnya terdapat 30 bencana tanah longsor yang tersebar di beberapa daerah. Dari kejadian bencana longsor tersebut mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan

kerusakan sarana dan prasarana yang bisa berdampak pada kondisi ekonomi dan social masyarakat sekitar (BPBD, 2016).

Pada sisi lain, wilayah Kota Batu selama ini masih belum dilakukan pemetaan kawasan rawan tanah longsor, sehingga upaya-upaya pengendalian dan pemantauan terhadap lokasi-lokasi yang rawan tanah longsor secara komprehensif, holistic, terkoordinasi, terpadu, efektif, dan efisien dengan berbasiskan mitigasi bencana belum dapat dilakukan secara optimal. Oleh sebab itu untuk mengatasi permasalahan tersebut peneliti membangun sebuah sistem informasi geografis untuk memprediksi tingkat kerawanan daerah tanah longsor sehingga masyarakat dapat mengetahui informasi kerawanan tanah longsor pada tiap kelurahan dan desa agar masyarakat lebih mewaspadaai dan mengantisipasi bencana tanah longsor terlebih saat musim hujan tiba. Pemetaan daerah rawan tanah longsor dapat dilakukan dengan menggunakan satuan medan sebagai satuan pemetaan. Medan meliputi unsur-unsur fisik yang mencakup curah hujan, jenis tanah, jenis geologi, penggunaan lahan dan kemiringan lereng.

Prediksi tingkat kerawanan tanah longsor ini merupakan salah satu upaya untuk melestarikan lingkungan alam agar bencana tanah longsor dapat dicegah salah satunya dengan melakukan mitigasi bencana. Untuk itu perlu adanya upaya terpadu dari berbagai pihak untuk melaksanakannya. Telah dijelaskan dalam alqur'an bahwa manusia sebagai Khalifah fil Ardh (subjek atau pengelola) bumi untuk menjaga lingkungan dan tidak berbuat kerusakan dalam Surat Al-A'raf ayat 56, Allah berfirman:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ

“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik” (QS. Al-A’raf: 56).

Dijelaskan dalam tafsir Ibnu Katsir bahwa Allah Swt. melarang perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya sesudah diperbaiki. Karena sesungguhnya apabila segala sesuatunya berjalan sesuai dengan kelestariannya, kemudian terjadilah pengerusakan kepadanya, hal tersebut akan membayakan semua hamba Allah. Maka Allah Swt. melarang hal tersebut, dan memerintahkan kepada mereka untuk menyembah-Nya dan berdoa kepada-Nya serta berendah diri dan memohon belas kasihan-Nya. Yakni dengan perasaan takut terhadap siksaan yang ada di sisi-Nya dan penuh harap kepada pahala berlimpah yang ada di sisi-Nya. Sesungguhnya rahmat Allah selalu mengincar orang-orang yang berbuat kebaikan, yaitu mereka yang mengikuti perintah-Nya dan menjauhi larangan-Nya (www.ibnukatsironline.com diakses pada tanggal 2 Agustus 2017 jam 13.15).

Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan teknologi yang mempunyai kemampuan untuk memasukkan, mengelola, manipulasi dan melakukan analisis data ruang spasial misalnya kemiringan lereng, kondisi tanah ataupun geologi. Teknik SIG merupakan salah satu alternatif yang tepat untuk dijadikan sebagai teknik analisis yang menghasilkan informasi tentang berbagai parameter faktor penyebab kemungkinan terjadinya bahaya tanah longsor di suatu daerah. Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (GIS) dalam pemetaan bencana tanah longsor sangat bermanfaat karena dapat menggabungkan beragam data, baik data

spasial maupun non spasial (misalkan data statistik) sehingga dapat mempercepat proses pengambilan keputusan sebelum bencana longsor terjadi. Pada bidang sistem informasi geografis, untuk menyelesaikan analisis spasial yang melibatkan data atribut non spasial seringkali dijumpai permasalahan dalam penentuan bobot dan pemilihan prioritas atribut. Permasalahan ini dapat diselesaikan dengan spasial multi kriteria evaluation atau evaluasi multikriteria. Salah satu metode yang dipakai untuk melakukan evaluasi multikriteria adalah dengan menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP merupakan sebuah metode untuk membandingkan daftar alternatif atau daftar kriteria. Artinya sebuah pilihan tindakan ditentukan berdasarkan pendekatan bahwa sebuah keputusan terutama dalam prediksi bencana tanah longsor dapat dicapai dengan mempertimbangkan secara terstruktur adanya kriteria-kriteria yang dianggap penting dalam menghasilkan suatu keputusan. Kriteria-kriteria ini dapat dispesifikkan lagi menjadi sub-sub kriteria atau indikator-indikator. Penilaian dan asumsi urgensi kriteria dan sub kriteria dikonversi menjadi nilai matematis yang secara kumulatif membentuk suatu keputusan. Untuk memudahkan analisis, sebuah keputusan dilihat sebagai pohon keputusan yang memiliki cabang-cabang ke bawah dan membentuk hirarki keputusan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Seberapa akurat metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dalam memprediksi curah hujan?
2. Seberapa akurat metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dalam memprediksi tingkat kerawanan tanah longsor?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengukur tingkat akurasi metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dalam memprediksi curah hujan.
2. Mengukur tingkat akurasi metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dalam memprediksi tingkat kerawanan tanah longsor.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan tidak meluas dan untuk memfokuskan sasaran penelitian diperlukan adanya batasan masalah dalam penelitian ini. Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Lingkup penelitian adalah Kota Batu.
2. Daerah penelitian mencakup 5 (lima) kelurahan dan 19 (sembilasan) desa dari 3 (tiga) kecamatan di Kota Batu. Yakni meliputi Kecamatan Batu, Kecamatan Bumiaji dan Kecamatan Junrejo.
3. Aplikasi menyajikan informasi hasil penilaian berupa peta wilayah rawan tanah longsor berdasarkan tingkat kerawanannya pada 5 (lima) kelurahan dan 19 (sembilasan) desa.
4. Data curah hujan diperoleh dari Badan Meteorologi Klimatologi Dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Karangploso Malang.
5. Kriteria yang digunakan dalam sistem pendukung keputusan merujuk pada buku Rencana Pengembangan Kawasan Strategis Kota Batu tahun 2017

1.5 Manfaat Penelitian

Memberikan informasi kepada masyarakat dan pemerintah sekitar mengenai prediksi tingkat kerawanan tanah longsor di Kota Batu sehingga

bencana tanah longsor dapat diantisipasi sedini mungkin guna mengurangi jumlah kerugian yang akan ditimbulkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan ini tersusun dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori dasar yang mendukung dan hasil penelitian yang relevan.

BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

Bab ini berisi mengenai analisis dan perancangan sistem SPK Prediksi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor (Studi Kasus: Kota Batu) dengan metode *Double Exponential Smoothing* dan *Analytical Hierarchy Process* secara jelas dan terperinci.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi mengenai hasil dan pengujian aplikasi yang telah di bangun.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dan saran terhadap keseluruhan aplikasi yang telah dibangun.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanah Longsor

Tanah longsor merupakan salah satu jenis gerakan massa tanah atau batuan ataupun percampuran keduanya, menuruni atau keluar lereng akibat terganggunya kestabilan tanah atau batuan penyusun lereng. Terdapat 6 (enam) jenis tanah longsor, yakni longsor translasi, longsor rotasi, pergerakan blok, runtuh batu, rayapan tanah dan aliran bahan rombakan. Jenis longsor translasi dan rotasi merupakan kejadian tanah longsor yang paling sering terjadi di wilayah Indonesia. Sementara itu longsor yang paling banyak memakan korban jiwa manusia adalah aliran bahan rombakan. Tanah longsor terjadi karena ada gangguan kestabilan pada tanah/batuan penyusun lereng. Penyebab longsor dapat dibedakan menjadi 2 (dua) yaitu:

1. Faktor pengontrol gangguan kestabilan lereng
2. Proses pemicu longsor.

Gangguan kestabilan lereng ini dikontrol oleh kondisi morfologi (terutama kemiringan lereng), kondisi batuan ataupun tanah penyusun lereng dan kondisi hidrologi atau tata air pada lereng. Meskipun suatu lereng rentan atau berpotensi longsor karena kondisi kemiringan lereng, batuan/tanah dan tata airnya, namun lereng tersebut belum akan longsor atau terganggu kestabilannya tanpa dipicu oleh suatu proses pemicu. Faktor pengontrol gangguan kestabilan lereng meliputi:

1. Penggundulan hutan, tanah longsor umumnya banyak terjadi di daerah yang relative gundul dimana pengikat air tanahnya sangat berkurang.

2. Batuan endapan gunung api dan batuan sedimen berukuran pasir dan campuran antara kerikil, pasir dan lempung umumnya kurang kuat. Batuan tersebut akan mudah menjadi tanah bila mengalami proses pelapukan dan umumnya rentan terhadap tanah longsor apabila terdapat lereng yang terjal.
3. Jenis tanah yang kurang padat yang terdiri dari tanah lempung atau tanah liat dengan ketebalan lebih dari 2,5 meter dan sudut lereng cukup tinggi memiliki potensi untuk terjadinya tanah longsor terutama apabila terjadi hujan. Selain itu jenis tanah tersebut sangat rentan terhadap pergerakan tanah dikarenakan lembek apabila terkena air dan pecah ketika suhu udara terlalu panas.
4. Ancaman tanah longsor biasanya dimulai pada bulan November karena meningkatnya intensitas curah hujan. Musim kering yang panjang akan menyebabkan terjadinya penguapan air pada permukaan tanah dalam jumlah yang besar. Hal tersebut mengakibatkan munculnya pori-pori atau rongga tanah sehingga terjadi retakan dan merekahnya tanah permukaan.
5. Lereng atau tebing yang terjal akan memperbesar gaya pendorong. Lereng yang terjal terbentuk karena pengikisan air sungai, mata air, air laut dan angin.

Proses pemicu longsoran dapat berupa:

1. Peningkatan kandungan air dalam lereng, sehingga terjadi akumulasi air yang merenggangkan ikatan antar butir tanah dan akhirnya mendorong butir-butir tanah untuk longsor. Peningkatan kandungan air ini sering disebabkan oleh meresapnya air hujan, air kolam/selokan yang bocor atau air sawah ke dalam lereng.
2. Getaran pada lereng akibat gempa bumi ataupun ledakan, penggalian, getaran alat atau kendaraan. Gempa bumi pada tanah pasir dengan kandungan air sering

mengakibatkan *liquefaction* (tanah kehilangan kekuatan geser dan daya dukung, yang diiringi dengan penggenangan tanah oleh air dari bawah tanah).

3. Peningkatan beban yang melampaui daya dukung tanah atau kuat geser tanah. Beban yang berlebihan ini dapat berupa beban bangunan ataupun pohon yang terlalu rimbun dan rapat yang ditanam pada lereng dengan kemiringan lebih dari 40 derajat.
4. Pemotongan kaki lereng secara sembarangan yang mengakibatkan lereng kehilangan gaya penyangga.

Proses terjadinya tanah longsor dapat diterangkan sebagai berikut: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan ke luar lereng (BAPPEDA, 2014).

2.2 Kota Batu

Ditinjau dari letak astronomi, Kota Batu terletak diantara $122^{\circ} 17'$ - $122^{\circ} 57'$ Bujur Timur dan $7^{\circ} 44'$ - $8^{\circ} 26'$ Lintang Selatan. Kota Batu merupakan bagian dari wilayah Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Kota ini terletak 15 km sebelah barat Kota Malang, berada di jalur Malang-Kediri dan Malang-Jombang. Luas wilayah Kota Batu adalah 19.908,7 Ha. Kota Batu terdiri dari 3 (tiga) wilayah kecamatan (Batu, Junrejo dan Bumiaji), 5 (lima) kelurahan dan 19 (sembilas) desa. Batas administrasi wilayahnya sebagai berikut:

- Sebelah Utara: Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Pasuruan
- Sebelah Selatan: Kecamatan Wagir dan Kabupaten Malang
- Sebelah Barat: Kecamatan Pujon dan Kabupaten Malang

- Sebelah Timur: Kecamatan Karangploso, Kecamatan Dau dan Kabupaten Malang

Kota Batu terletak 800 meter diatas permukaan air laut dan dikarunia keindahan alam yang memikat. Potensi ini tercermin dari kekayaan produksi pertanian, buah dan sayuran, serta panorama pegunungan dan perbukitan. Sehingga dijuluki *the real tourism city of Indonesia* oleh Bappenas. Kota Batu memiliki 3 (tiga) buah gunung yang telah dikenal dan telah diakui secara nasional. Gunung-gunung tersebut adalah Gunung Panderman (2010 m), Gunung Welirang (3156 m), Gunung Arjuno (3339 m) dan masih banyak lagi lainnya (BAPPEDA, 2014).

2.3 Metode *Double Exponential Smoothing* (DES)

Metode ini digunakan ketika data menunjukkan adanya trend. Exponential smoothing dengan adanya trend seperti pemulusan sederhana kecuali bahwa dua komponen harus diupdate setiap periode - level dan trendnya. Level adalah estimasi yang dimuluskan dari nilai data pada akhir masing-masing periode. Trend adalah estimasi yang dihaluskan dari pertumbuhan rata-rata pada akhir masing-masing periode (Perdana dkk, 2008).

Ada dua metode dalam *Double Exponential Smoothing* yaitu:

a. Metode Linier Satu Parameter dari Brown's

Metode ini dikembangkan oleh Brown's untuk mengatasi perbedaan yang muncul antara data aktual dan nilai peramalan apabila ada trend pada plotnya. Dasar pemikiran dari pemulusan eksponensial linier dari Brown's adalah serupa dengan rata-rata bergerak linier (*Linier Moving Average*), karena kedua nilai pemulusan tunggal dan ganda ketinggalan dari data yang sebenarnya bilamana terdapat unsur trend, perbedaan antara nilai pemulusan tunggal dan ganda ditambahkan kepada

nilai pemulusan dan disesuaikan untuk trend. Persamaan yang digunakan pada metode ini adalah :

$$\bullet S'_t = \alpha_p X_t + (1 - \alpha_p) S'_{t-1} \quad (2.1)$$

$$\bullet S''_t = \alpha_p S'_t + (1 - \alpha_p) S''_{t-1} \quad (2.2)$$

$$\bullet a_t = S'_t + (S'_t - S''_t) = 2S'_t - S''_{t-1} \quad (2.3)$$

$$\bullet b_t = \frac{\alpha_p}{1 - \alpha_p} (S'_t - S''_t) \quad (2.4)$$

$$\bullet F_{t+m} = a_t + b_t m \quad (2.5)$$

Dimana,

S'_t = Nilai pemulusan eksponensial tunggal

S''_t = Nilai pemulusan eksponensial ganda

α_p = Parameter pemulusan eksponensia; yang besarnya $0 < \alpha_p < 1$

a_t, b_t = Konstanta pemulusan

F_{t+m} = Nilai ramalan

Agar dapat menggunakan persamaan di atas, nilai S'_{t-1} dan S''_{t-1} harus tersedia. Tetapi pada saat $T=1$, nilai tersebut tidak tersedia. Jadi nilai-nilai ini harus tersedia di awal.

b. Metode Dua Parameter dari Holt

Metode ini nilai trend tidak dimuluskan dengan pemulusan ganda secara langsung, tetapi proses pemulusan trend dilakukan dengan parameter berbeda dengan parameter pada pemulusan data asli. Secara matematis metode ini ditulis pada tiga persamaan:

$$\bullet \text{Pemulusan Awal : } T_1 = \frac{(y_2 - y_1) + (y_4 - y_3)}{2} \quad (2.6)$$

$$\bullet \text{Pemulusan Tunggal : } S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1}) \quad (2.7)$$

- Pemulusan Trend : $T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$ (2.8)

- Peramalan metode Holt : $F_{t+m} = S_t + T_t \times m$ (2.9)

Dimana,

T_1 = Nilai pemulusan awal

$y_1 \dots y_4$ = Data sebenarnya / data awal

S_t = Nilai pemulusan eksponensial tunggal

X_t = Data sebenarnya pada waktu ke-t

T_t = Pemulusan trend

F_{t+m} = Nilai ramalan

m = Jumlah periode ke muka yang akan diramalkan

α, β = Konstanta dengan nilai antara 0 dan 1

2.4 Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Metode AHP dikembangkan oleh Thomas L. Saaty pada tahun 70-an ketika di Warston school. Metode AHP merupakan salah satu metode yang dapat digunakan dalam sistem pengambilan keputusan dengan memperhatikan faktor-faktor persepsi, preferensi, pengalaman dan intuisi. AHP menggabungkan penilaian-penilaian dan nilai-nilai pribadi ke dalam satu cara yang logis. AHP dapat menyelesaikan masalah multikriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki. Masalah yang kompleks dapat diartikan bahwa kriteria dari suatu masalah yang begitu banyak (multikriteria), struktur masalah yang belum jelas, ketidakpastian pendapat dari pengambil keputusan, pengambil keputusan lebih dari satu orang, serta ketidakakuratan data yang tersedia. Menurut Saaty, hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor,

kriteria, sub kriteria, dan seterusnya ke bawah hingga level terakhir dari alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok-kelompoknya yang kemudian diatur menjadi suatu bentuk hirarki sehingga permasalahan akan tampak lebih terstruktur dan sistematis.

Kelebihan AHP dibandingkan dengan metode pengambilan keputusan lainnya adalah:

- a. Struktur yang berhirarki sebagai konsekuensi dari kriteria yang dipilih pada sub-sub kriteria yang paling dalam.
- b. Memperhitungkan validitas sampai dengan batas toleransi konsistensi berbagai kriteria dan alternative yang dipilih oleh para pengambil keputusan.
- c. Memperhitungkan daya tahan atau ketahanan keluaran analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

Dalam menyelesaikan persoalan dengan metode AHP ada beberapa prinsip dasar yang harus dipahami antara lain :

a. Decomposition

Memecahkan atau membagi problema yang utuh menjadi unsur-unsurnya ke bentuk hirarki proses pengambilan keputusan, dimana setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Bentuk struktur dekomposisi yakni :

Tingkat pertama : Tujuan keputusan (Goal)

Tingkat kedua : Kriteria – kriteria

Tingkat ketiga : Alternatif – alternative

b. Comparative Judgement

Membuat penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP karena akan berpengaruh terhadap urutan prioritas dari elemen-elemennya. Hasil dari penilaian ini lebih mudah disajikan dalam bentuk matriks *pairwise comparisons* yaitu matriks perbandingan berpasangan memuat tingkat preferensi beberapa alternatif untuk tiap kriteria. Skala preferensi yang digunakan yaitu skala 1 yang menunjukkan tingkat yang paling rendah (*equal importance*) sampai dengan skala 9 yang menunjukkan tingkatan paling tinggi (*extreme importance*).

c. *Synthesis of Priority*

Dari setiap matriks *pairwise comparison* kemudian dicari eigen vektornya untuk mendapatkan local priority, karena matriks *pairwise comparison* terdapat pada setiap tingkat, maka untuk mendapatkan global priority harus dilakukan sintesa diantara local priority. Prosedur melakukan sintesa berbeda menurut bentuk hirarki.

d. *Logical Consistency*

Logical consistency merupakan karakteristik penting AHP. Hal ini dicapai dengan mengagresikan seluruh eigen vector yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki dan selanjutnya diperoleh suatu *vektor composite* tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan.

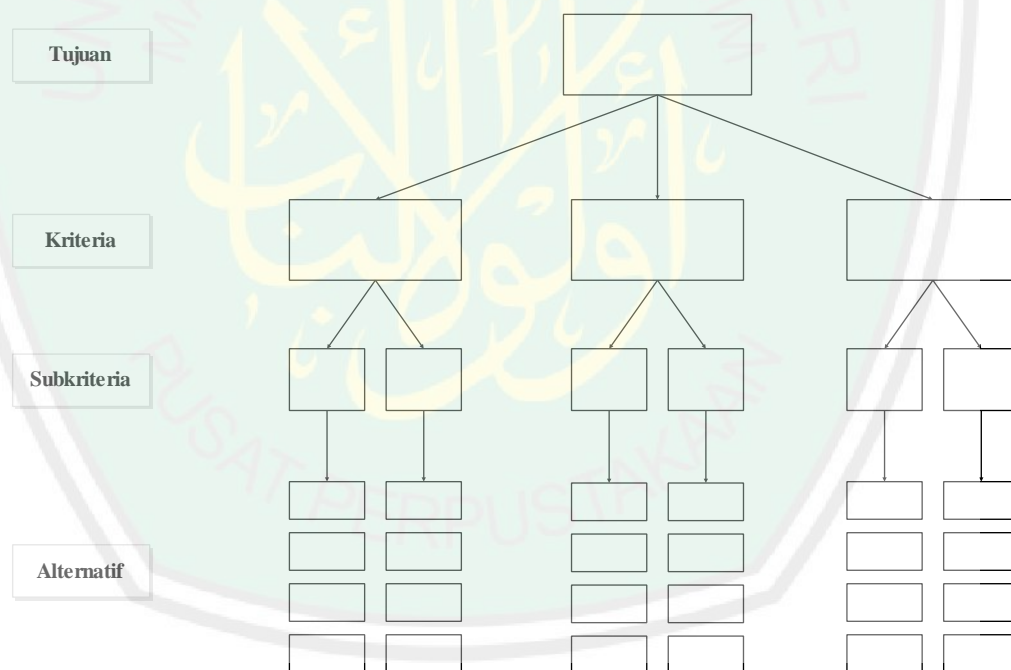
2.4.1 Prosedur Metode Analytical Hierarchy Process

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan.

Dalam tahap ini dilakukan penentuan masalah yang akan dipecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada ditentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu.

2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum.

Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas, akan disusun level hirarki yang berada dibawahnya yaitu menentukan kriteria-kriteria yang cocok serta menentukan alternative solusi yang tepat terhadap masalah. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hirarki dilanjutkan dengan subkriteria (jika mungkin diperlukan). Contoh struktur hirarki dapat dilihat pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Struktur Hirarki AHP

3. Membentuk matriks perbandingan berpasangan.

Perbandingan matriks berpasangan dilakukan berdasarkan kebijakan pembuat keputusan dengan menilai tingkat kepentingan satu elemen terhadap

elemen lainnya. Proses perbandingan berpasangan dimulai dari level hirarki paling atas yang ditujukan untuk memilih kriteria, misalnya A, kemudian diambil elemen yang akan dibandingkan, misal A1, A2, dan A3. Maka susunan elemen-elemen yang dibandingkan tersebut akan tampak pada tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Contoh matriks perbandingan berpasangan

	A1	A2	A3
A1	1		
A2		1	
A3			1

Untuk menentukan nilai kepentingan relatif antar elemen digunakan skala bilangan dari 1 sampai 9. Standar skala preferensi yang digunakan AHP diperlihatkan pada tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2. 2 Skala preferensi untuk perbandingan berpasangan

Intensitas kepentingan	Keterangan
1	Kedua kriteria sama penting
3	Kriteria yang satu sedikit lebih penting daripada kriteria lainnya
5	Kriteria yang satu lebih penting daripada kriteria lainnya.
7	Kriteria yang satu jelas lebih mutlak penting daripada kriteria lainnya
9	Kriteria yang satu mutlak penting daripada kriteria lainnya.
2,4,6,8	Nilai-nilai di antara dua nilai pertimbangan kriteria yang berdekatan
Kebalikan	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka j memiliki nilai kebalikan dari i.

Penilaian ini dilakukan oleh seorang pembuat keputusan yang ahli dalam bidang persoalan yang sedang dianalisa dan mempunyai kepentingan terhadapnya. Apabila suatu elemen dibandingkan dengan dirinya sendiri maka diberi nilai 1. Jika elemen i dibandingkan dengan elemen j mendapatkan nilai tertentu, maka elemen j dibandingkan dengan elemen i merupakan kebalikannya.

4. Normalisasi Matriks Keputusan

Setiap kolom matriks dijumlahkan, kemudian setiap elemen pada matriks dibagi dengan nilai total kolomnya. Nilai total tiap kolom matriks setelah dinormalisasi harus berjumlah 1.

5. Rasio Konsistensi

Penghitungan rasio konsistensi dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Menghitung jumlah nilai baris kriteria setelah di normalisasi pada tiap elemen.
- b. Mencari prioritas dengan cara hasil a dibagi jumlah kriteria (n).
- c. Mengalikan matriks dengan prioritas yang bersesuaian.
- d. Mencari nilai eigen dengan cara hasil c dibagi hasil b pada tiap elemen kemudian dibagi banyaknya kriteria (n).
- e. Menghitung λ_{\max} , dimana λ_{\max} adalah nilai eigen dari matriks perbandingan berpasangan.
- f. Indeks Konsistensi (CI) = $(\lambda_{\max} - n) / (n - 1)$
- g. Rasio Konsistensi (CR) = CI / RI , di mana RI adalah indeks random konsistensi.

Jika rasio konsistensi $\leq 0,1$, hasil perhitungan data dapat dibenarkan.

Daftar nilai Random Indeks (RI) dapat dilihat pada tabel 2.3

Tabel 2. 3 Nilai indeks random

Ukuran Matriks	Nilai RI
1	0,00
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45
10	1,49
11	1,51
12	1,48
13	1,56
14	1,57
15	1,59

Setelah kriteria dan subkriteria mempunyai bobot baru kemudian dilakukan perankingan alternatif, yaitu dengan cara hasil dari perkalian bobot kriteria dan bobot subkriteria yang bersesuaian (Amborowati, 2007).

2.5 Penelitian Terkait

2.5.1 Penelitian Terkait Tanah Longsor

Anwar (2012) dalam jurnal yang berjudul Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Lahan Pertanian Kecamatan Sinjai Barat Kabupaten Sinjai, melakukan penelitian untuk memetakan daerah rawan longsor berdasarkan beberapa kriteria yang meliputi curah hujan, jenis tanah, penutupan lahan, kemiringan lereng, kedalaman regolik tanah, verifikasi peta rawan longsor, memplot nilai skor dan faktor aman

lereng. Daerah rawan longsor terbagi menjadi tiga kelas yaitu sangat rawan, rawan dan agak rawan. Setelah menentukan kriterianya kemudian melakukan pembobotan atau pemberian skor pada tiap kriteria dan diproses menggunakan metode tumpang tindih atau *overlay*. Selanjutnya dilakukan proses analisa data atau clustering untuk mengelompokkan daerah rawan longsor berdasarkan kelas-kelas yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah itu melakukan validasi dengan membandingkan hubungan antara nilai skor yang diperoleh dari peta kerawanan longsor dengan nilai faktor aman lereng berdasarkan titik koordinat masing-masing sampel tanah yang diambil dilapangan dengan titik koordinat pada peta kerawanan longsor. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu bahwa sistem mampu memberikan informasi berupa peta kerawanan longsor yang didominasi daerah rawan longsor sebesar 74.13%, sisanya berupa agak rawan sebesar 1.23% dan sangat rawan sebesar 24.64%.

Lestari (2008) dalam jurnalnya yang berjudul Penerapan Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Kabupaten Bogor, melakukan sebuah penelitian mengenai daerah rawan longsor berdasarkan 5 parameter yaitu curah hujan, penutupan lahan, geologi, kemiringan lereng dan jenis tanah. Masing-masing parameter tersebut dilakukan pembobotan atau pemberian nilai yang mempunyai pengaruh terhadap terjadinya tanah longsor. Semakin besar nilai bobot yang diberikan artinya semakin memiliki kepekaan terhadap terjadinya tanah longsor. Kelima peta tersebut di *overlay* dan dilakukan penghitungan skor kumulatif dengan menggunakan model pendugaan yang berasal dari Direktorat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi tahun 2004, sehingga didapatkan peta penyebaran daerah rawan longsor.

2.5.2 Penelitian Terkait Metode *Double Exponential Smoothing* (DES)

Perdana, dkk (2008) dalam jurnalnya yang berjudul Perbandingan Metode DES (*Double Exponential Smoothing*) Dengan TES (*Triple Exponential Smoothing*) Pada Peramalan Penjualan Rokok (Studi Kasus Toko Utama Lumajang). Peramalan penjualan rokok dilakukan pada bulan Februari sampai bulan Desember. Tahap awal yaitu melakukan perhitungan peramalan dengan menggunakan metode Double Exponential Smoothing dari Brown's dengan $\alpha = 0,1$ sampai $0,9$, dimana nilai parameter α besarnya antara $0 < \alpha < 1$ dengan trial dan error (sesuai dengan langkah yang ditempuh dalam pemecahan metode linier satu parameter dari brown's). Setelah memperoleh hasil peramalan dari metode DES, selanjutnya menghitung peramalan penjualan dengan metode TES (*Triple Exponential Smoothing*). Metode TES dilakukan tiga kali penghalusan dibandingkan dengan metode DES yang hanya dua kali penghalusan. Jika parameter pemulusan tidak mendekati nol, pengaruh dari proses inisialisasi ini dengan cepat menjadi kurang berarti dengan berjalannya waktu. Tetapi jika mendekati nol proses inisialisasi tersebut dapat memainkan peranan yang nyata selama periode waktu yang panjang. Hasil peramalan antara Double Exponential Smoothing dengan Triple Exponential Smoothing akan dihitung nilai kesalahannya menggunakan ukuran kesalahan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*) lalu hasil perhitungan MAPE akan dibandingkan nilai mana yang terbaik (yang lebih akurat).

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa metode Double Exponential Smoothing lebih akurat dibandingkan metode Triple Exponential Smoothing karena memiliki error terkecil yaitu $MAPE = 15.262\%$.

2.5.3 Penelitian Terkait Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Phukon, dkk (2012) dalam jurnalnya yang berjudul Sistem Informasi Geografis Penilaian Kerentanan Tanah Longsor Menggunakan *Analytical Hierarchy Process* di Kota Guwahati, Assam India. Bencana tanah longsor selama dua dekade terakhir menyebabkan banyak kerugian di Guwahati, serta masih kurangnya informasi mengenai peta zonasi kerentanan tanah longsor untuk public. Oleh karena itu dilakukan penilaian terhadap kerentanan tanah longsor agar dapat membantu perencanaan mitigasi resiko yang tepat serta perencanaan pengembangan berkelanjutan di daerah Guwahati. Metode *Analytical Hierarchy Process* digunakan dalam melakukan penilaian kerentanan tanah longsor. Ada 5 kriteria dalam melakukan penilaian kerentanan meliputi kemiringan lereng, geologi, penggunaan lahan, jarak ke drainase dan kenampakan topografi. Hasil menunjukkan bahwa metode AHP dapat digunakan dalam melakukan penilaian kerentanan tanah longsor di Kota Guwahati.

Imanda dan Andono (2016) dalam jurnalnya yang berjudul Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) untuk Prediksi Daerah Rawan Banjir di Kota Semarang. Kriteria yang digunakan meliputi curah hujan, hidrologi, kemiringan lereng, penggunaan lahan dan jenis tanah. Setelah data penentu banjir didapatkan kemudian melakukan perhitungan kriteria-kriteria tersebut dengan metode AHP. Proses perhitungannya meliputi perbandingan berpasangan, sintesa prioritas dan uji konsistensi. Langkah selanjutnya pemberian skor dan pembobotan terhadap parameter pengaruh banjir. Penentuan daerah rawan banjir dengan cara menjumlahkan hasil perkalian skor dan bobot dari AHP. Untuk mengukur akurasi prediksi dengan cara membandingkan

daerah banjir dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Semarang dengan daerah banjir hasil penerapan metode AHP.

2.5.4 Perbedaan Peneliti Sekarang Dengan Peneliti Terdahulu

Pada penelitian ini peneliti menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* dalam penentuan daerah rawan tanah longsor, sedangkan peneliti terdahulu (Lestari, 2008) menggunakan metode overlay/tumpang tindih dalam menentukan kerawanan tanah longsor. Metode overlay tersebut di rasa kurang efektif karena tidak terdapat kajian ilmiah didalam pengimplementasiannya dan hasilnya tidak dapat dimanipulasi seperti metode AHP, serta ketidakmampuannya dalam kuantifikasi. Hasil akhir dari peneliti terdahulu hanyalah berupa informasi peta yang hanya dapat diakses melalui software arcmap, hal tersebut dirasa kurang efektif dalam penyajian informasi karena tidak semua orang bisa mengakses informasi tersebut. Lain halnya dengan peneliti sekarang yang menggunakan webgis dalam penyajian informasi kawasan tanah longsor, sehingga informasi tersebut dapat diakses oleh semua lapisan masyarakat secara online melalui internet.

BAB III

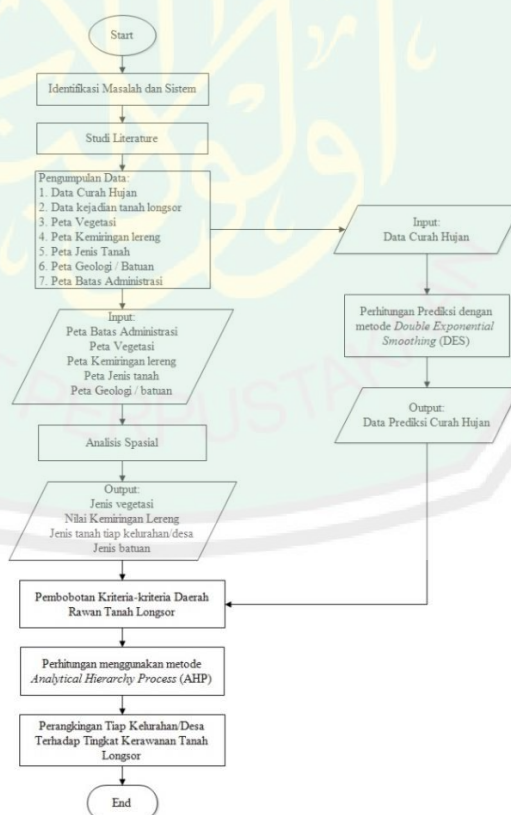
ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM

3.1 Perancangan Sistem

Sistem yang dibangun berbasis webGIS dan mempunyai kemampuan untuk memberikan informasi kepada user mengenai prediksi tingkat kerawanan tanah longsor di Kota Batu.

3.1.1 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian adalah langkah-langkah yang untuk mengumpulkan data dan menjawab pertanyaan-pertanyaan dalam penelitian. Adapun cara kerja atau prosedur mengenai sejumlah kegiatan yang akan dilakukan dalam penelitian ini akan direpresentasikan ke dalam flowchart yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Prosedur Penelitian

3.1.1.1 Identifikasi Masalah dan Sistem

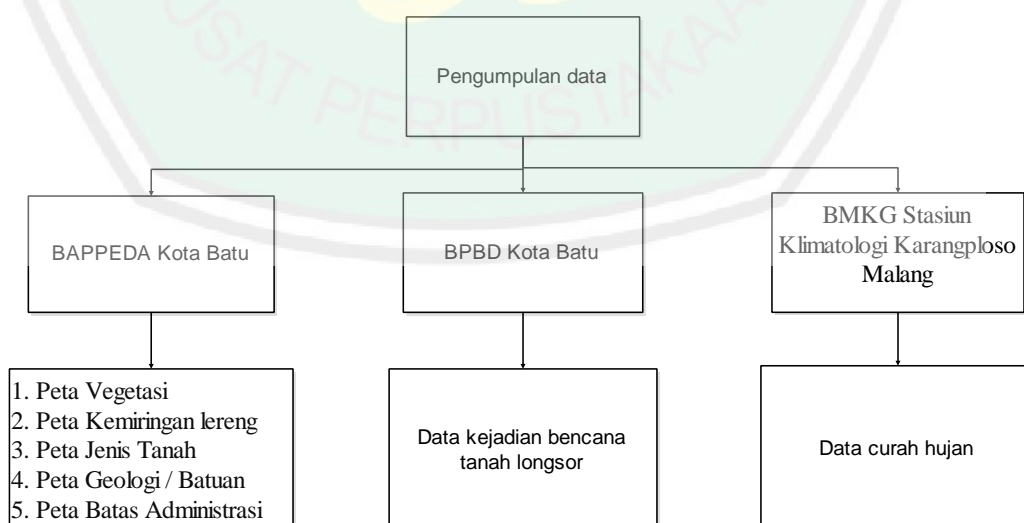
Tahap awal untuk menemukan berbagai masalah yang diperoleh dari latar belakang penelitian kemudian merumuskan masalah tersebut untuk dicarikan solusi penyelesaiannya. Serta mengidentifikasi kebutuhan dan ruang lingkup di dalamnya mulai dari software, hardware dan data. Misalkan bagaimana alur sistem, bagaimana sistem dibangun, dengan apasaja sistem dibangun, seperti apa kebutuhan hardware dan software serta datanya, dll.

3.1.1.2 Studi Literatur

Mempelajari dan memahami teori-teori yang berkaitan dengan metode *Double Exponential Smoothing*, metode *Analytical Hierarchy Process*, kriteria wilayah rawan tanah longsor, proses analysis spasial, proses digitasi peta dan mengolah peta ke dalam web. Studi literature tersebut dapat diperoleh melalui jurnal-jurnal nasional maupun internasional, buku dan bacaan dari internet.

3.1.1.3 Pengumpulan Data

Tahapan dalam pengumpulan data dijelaskan dalam Gambar 3.2 sebagai berikut,



Gambar 3. 2 Proses Pengumpulan Data

Pada tahap ini data-data yang dibutuhkan dalam penentu terjadinya tanah longsor diperoleh. Data yang dibutuhkan yaitu berupa data batas administrasi, kerapatan vegetasi, kelerengan, jenis tanah dan geologi/batuan yang diperoleh dari BAPPEDA Kota Batu, data kejadian bencana tanah longsor diperoleh dari BPBD Kota Batu serta data curah hujan diperoleh dari BMKG Klimatologi Karangploso Malang.

Ancaman/kerawanan suatu bencana sangat erat kaitannya dengan kejadian bencana sebelumnya. Oleh karena itu, kejadian masa lalu perlu dipertimbangkan untuk menentukan besarnya ancaman yang akan timbul. Dalam kasus tanah longsor di Kota Batu, potensi ancaman longsor ditentukan berdasar data yang dicatat oleh BPBD Kota Batu dari tahun 2013 hingga 2017. Tabel 3.1 menunjukkan bahwa berdasar kejadian masa lalu terdapat tiga desa/kelurahan yang tergolong dalam klasifikasi berpotensi tinggi terjadi tanah longsor, yaitu di Kelurahan Songgokerto Kecamatan Batu, Desa Gunungsari Kecamatan Bumiaji dan Desa Tulungrejo kecamatan Bumiaji.

Berikut adalah data-data kejadian tanah longsor dimasa lalu yang disajikan pada Tabel 3.1

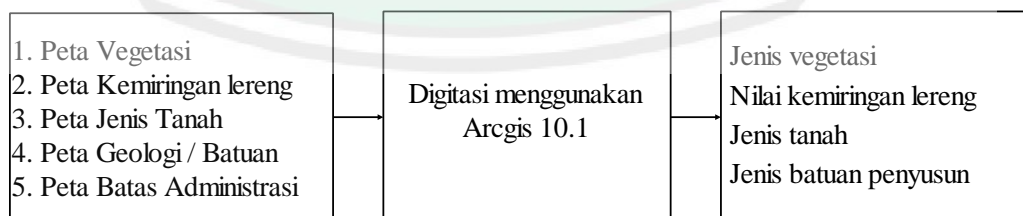
Tabel 3. 1 Data kejadian tanah longsor tahun 2013-2017

No	Nama Kecamatan	Nama Kelurahan	Total Kejadian
1.	Oro-Oro Ombo	Batu	2
2.	Pesanggrahan	Batu	3
3.	Sidomulyo	Batu	0
4.	Sumberejo	Batu	4
5.	Ngaglik	Batu	1
6.	Sisir	Batu	4
7.	Songgokerto	Batu	26
8.	Temas	Batu	16

No	Nama Kecamatan	Nama Kelurahan	Total Kejadian
9.	Bulukerto	Bumiaji	0
10.	Bumiaji	Bumiaji	1
11.	Giripurno	Bumiaji	5
12.	Gunungsari	Bumiaji	24
13.	Pandanrejo	Bumiaji	0
14.	Punten	Bumiaji	2
15.	Sumbergondo	Bumiaji	4
16.	Tulungrejo	Bumiaji	19
17.	Sumber Brantas	Bumiaji	11
18.	Beji	Junrejo	2
19.	Dadaprejo	Junrejo	0
20.	Junrejo	Junrejo	3
21.	Mojorejo	Junrejo	2
22.	Pendem	Junrejo	0
23.	Tlekung	Junrejo	5
24.	Torongrejo	Junrejo	3

3.1.1.4 Analisis spasial

Analisis spasial merupakan sekumpulan metode untuk menemukan dan menggambarkan tingkatan atau pola dari fenomena spasial, sehingga dapat dimengerti dengan baik. Dengan melakukan analisis spasial diharapkan muncul informasi baru yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan suatu keputusan dibidang yang dikaji. Berikut adalah blok diagram analisis spasial yang ditunjukkan pada Gambar 3.3

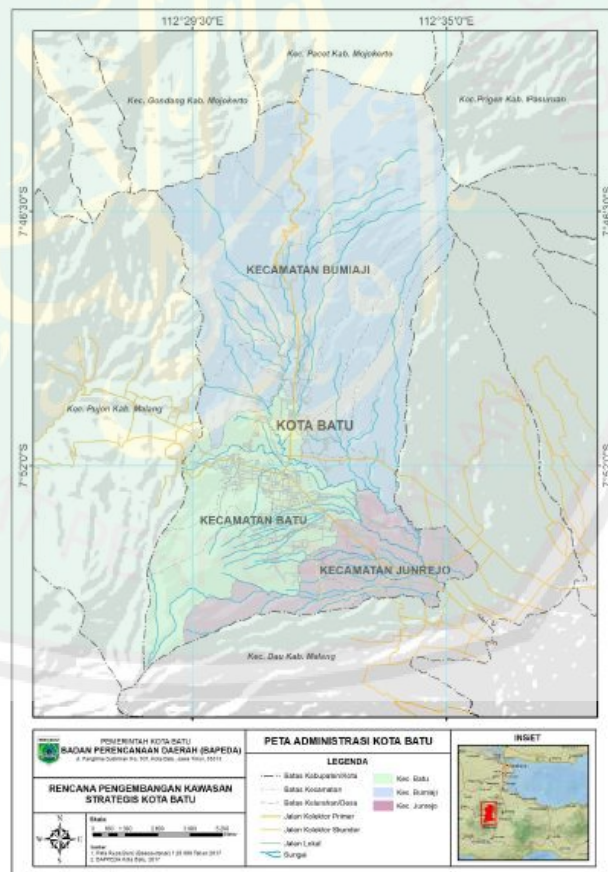


Gambar 3. 3 Blok Diagram Analisis Spasial

Peta-peta yang menentukan kerawanan tanah longsor yang telah disebutkan sebelumnya dilakukan proses digitasi menggunakan software arcgis untuk memperoleh data non spasial yang nantinya akan diolah ke dalam sistem. Berikut adalah peta-peta yang akan didigitasi beserta hasilnya:

a. Peta Administrasi

Peta yang pertama didigitasi adalah peta administrasi karena peta ini nantinya sebagai acuan dalam proses digitasi peta lainnya dimana peta administrasi ini memiliki batas-batas wilayah, kecamatan, kelurahan dan desa serta luas wilayah tiap kelurahan dan desa. Berikut adalah tampilan dari peta administrasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.4



Gambar 3. 4 Peta Administrasi Kota Batu

Setelah peta administrasi didigitasi maka akan diperoleh nilai atribut peta tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 3.2 di bawah ini:

Tabel 3. 2 Data atribut peta administrasi

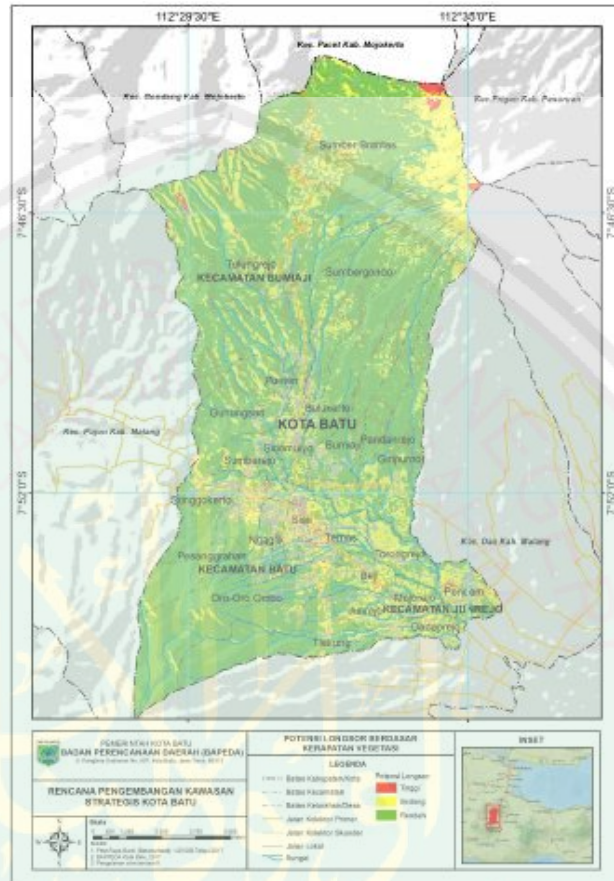
No	Nama Kecamatan	Nama Kelurahan	Luas (Hectares)
1.	Sumberejo	Batu	291,06
2.	Songgokerto	Batu	567,79
3.	Pesanggrahan	Batu	700,50
4.	Sisir	Batu	254,77
5.	Ngaglik	Batu	318,89
6.	Temas	Batu	457,85
7.	Oro-Oro Ombo	Batu	1692,63
8.	Torongrejo	Junrejo	335,65
9.	Beji	Junrejo	249,98
10.	Pendem	Junrejo	352,55
11.	Mojorejo	Junrejo	200,77
12.	Junrejo	Junrejo	343,26
13.	Dadaprejo	Junrejo	209,06
14.	Tlekung	Junrejo	874,31
15.	Tulungrejo	Bumiaji	3625,20
16.	Sumbergondo	Bumiaji	1370,92
17.	Bumiaji	Bumiaji	847,73
18.	Giripurno	Bumiaji	990,53
19.	Pandanrejo	Bumiaji	624,00
20.	Punten	Bumiaji	250,00
21.	Gunungsari	Bumiaji	683,90
22.	Sidomulyo	Batu	257,61
23.	Bulukerto	Bumiaji	1006,44
24.	Sumber Brantas	Bumiaji	3411,25

b. Peta Kerapatan Vegetasi

Perakaran tanaman terutama tanaman tegakan dapat menyokong tanah sehingga daya ikatnya semakin kuat. Semakin tinggi kerapatan vegetasi menunjukkan tingginya intensitas tanaman termasuk perakarannya. Semakin tinggi kerapatan vegetasi suatu area berarti daya ikat antar molekul tanahnya semakin

kuat, sehingga dapat dikatakan area tersebut sangat kecil potensi longsornya, sebaliknya jika kerapatan vegetasi rendah maka semakin tinggi potensi longsornya.

Berikut adalah peta kerapatan vegetasi yang ditunjukkan Gambar 3.5



Gambar 3. 5 Peta Kerapatan Vegetasi

Setelah peta kerapatan vegetasi didigitasi maka akan diperoleh nilai atribut peta tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 3.3 di bawah ini:

Tabel 3. 3 Data atribut peta kerapatan vegetasi

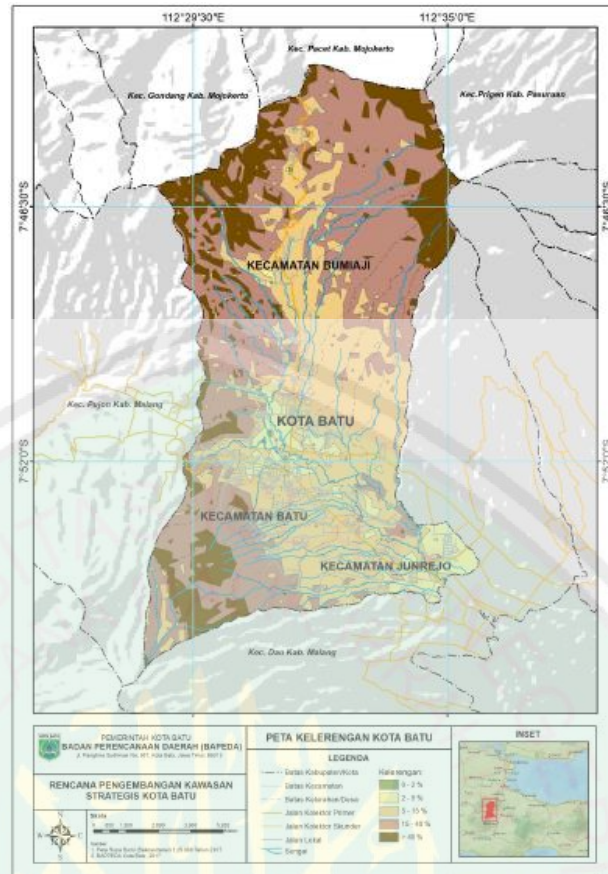
No	Nama Kelurahan	Jenis Vegetasi	Luas (Hectares)
1.	Oro-Oro Ombo	Batuan dan lahan kosong	5,71
		Padang rumput dan semak belukar	153,75
		Hutan	1533,17
2.	Pesanggrahan	Batuan dan lahan kosong	14,4
		Padang rumput dan semak belukar	150,06
		Hutan	536,05

No	Nama Kelurahan	Jenis Vegetasi	Luas (Hectares)
3.	Sidomulyo	Batuan dan lahan kosong	7,36
		Padang rumput dan semak belukar	123,88
		Hutan	126,37
4.	Sumberejo	Batuan dan lahan kosong	3,5
		Padang rumput dan semak belukar	100,93
		Hutan	186,64
5.	Ngaglik	Batuan dan lahan kosong	14,03
		Padang rumput dan semak belukar	125,44
		Hutan	179,42
6.	Sisir	Batuan dan lahan kosong	32,97
		Padang rumput dan semak belukar	149,46
		Hutan	72,34
7.	Songgokerto	Batuan dan lahan kosong	2,22
		Padang rumput dan semak belukar	113,20
		Hutan	452,38
8.	Temas	Batuan dan lahan kosong	28,71
		Padang rumput dan semak belukar	222,37
		Hutan	206,77
9.	Bulukerto	Batuan dan lahan kosong	1,22
		Padang rumput dan semak belukar	827,32
		Hutan	177,89
10.	Bumiaji	Batuan dan lahan kosong	2,20
		Padang rumput dan semak belukar	177,28
		Hutan	668,26
11.	Giripurno	Batuan dan lahan kosong	4,38
		Padang rumput dan semak belukar	215,99
		Hutan	770,17
12.	Gunungsari	Batuan dan lahan kosong	0,79
		Padang rumput dan semak belukar	130,06
		Hutan	553,06
13.	Pandanrejo	Batuan dan lahan kosong	3,34
		Padang rumput dan semak belukar	112,68
		Hutan	497,97
14.	Punten	Batuan dan lahan kosong	4,18
		Padang rumput dan semak belukar	94,95
		Hutan	150,88
15.	Sumbergondo	Batuan dan lahan kosong	14,75
		Padang rumput dan semak belukar	345,82
		Hutan	1010,35
16.	Tulungrejo	Batuan dan lahan kosong	40,38
		Padang rumput dan semak belukar	809,83
		Hutan	2775,11

No	Nama Kelurahan	Jenis Vegetasi	Luas (Hectares)
17.	Sumber Brantas	Batuan dan lahan kosong	65,29
		Padang rumput dan semak belukar	918,02
		Hutan	2427,94
18.	Beji	Batuan dan lahan kosong	7,21
		Padang rumput dan semak belukar	116,40
		Hutan	126,37
19.	Dadaprejo	Batuan dan lahan kosong	3,20
		Padang rumput dan semak belukar	121,71
		Hutan	83,95
20.	Junrejo	Batuan dan lahan kosong	3,64
		Padang rumput dan semak belukar	148,34
		Hutan	191,28
21.	Mojorejo	Batuan dan lahan kosong	2,26
		Padang rumput dan semak belukar	102,29
		Hutan	96,22
22.	Pendem	Batuan dan lahan kosong	14,02
		Padang rumput dan semak belukar	193,29
		Hutan	145,24
23.	Tlekung	Batuan dan lahan kosong	1,24
		Padang rumput dan semak belukar	74,08
		Hutan	798,99
24.	Torongrejo	Batuan dan lahan kosong	2,24
		Padang rumput dan semak belukar	190,58
		Hutan	142,83

c. Peta Kelerengan

Kelerengan sangat menentukan potensi gerakan tanah atau tanah longsor. Semakin curam (semakin tinggi kelerengannya) maka suatu area akan semakin berpotensi longsor. Berdasar kelerengannya, Kota Batu memiliki kelerengan terendahnya sebesar 2.1%. Wilayah yang berpotensi tinggi terjadi longsor sebagian besar berada pada puncak pegunungan Arjuno-Welirang, Gunung Panderman, Gunung Banyak, dan Gunung Anjasmara. Hal itu dikarenakan wilayah pegunungan tersebut memiliki kemiringan lahan lebih dari 40%. Berikut adalah peta kelerengan yang ditunjukkan pada Gambar 3.6



Gambar 3. 6 Peta Kelerengan

Setelah peta kelerengan didigitasi maka akan diperoleh nilai atribut peta tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 3.4 di bawah ini:

Tabel 3. 4 Data atribut peta kelerengan

No	Nama Kelurahan	Klasifikasi Kelerengan	Luas (Hectares)
1.	Oro-Oro Ombo	Tinggi (0% - 15%)	676,52
		Sedang (16% - 40%)	314,61
		Rendah (>40%)	701,17
2.	Pesanggrahan	Tinggi (0% - 15%)	262,02
		Sedang (16% - 40%)	113,45
		Rendah (>40%)	325,03
3.	Sidomulyo	Tinggi (0% - 15%)	0,46
		Sedang (16% - 40%)	4,62
		Rendah (>40%)	252,53
4.	Sumberejo	Tinggi (0% - 15%)	76,73
		Sedang (16% - 40%)	29,89
		Rendah (>40%)	184,44

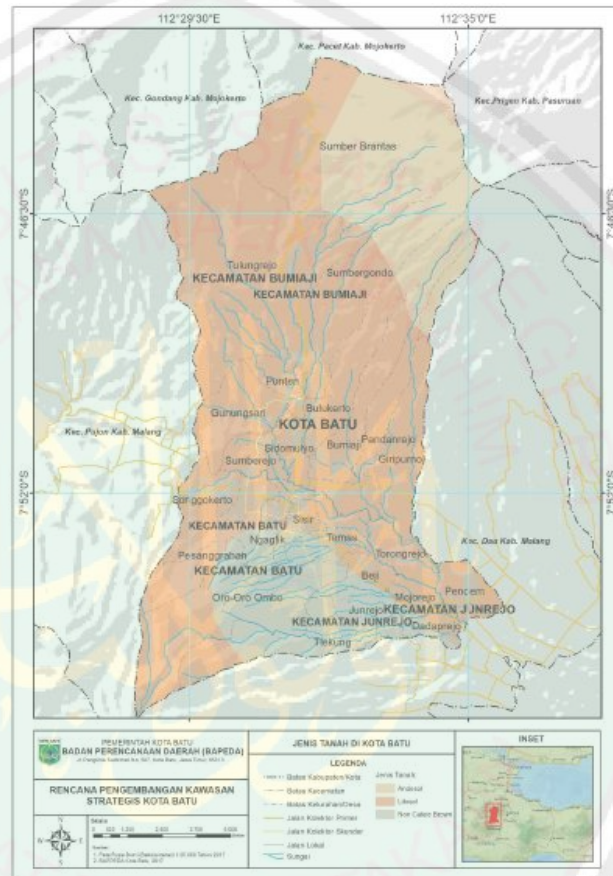
No	Nama Kelurahan	Klasifikasi Kelerengan	Luas (Hectares)
5.	Ngaglik	Tinggi (0% - 15%)	8,62
		Sedang (16% - 40%)	26,50
		Rendah (>40%)	283,77
6.	Sisir	Tinggi (0% - 15%)	0,43
		Sedang (16% - 40%)	3,71
		Rendah (>40%)	250,63
7.	Songgokerto	Tinggi (0% - 15%)	230,61
		Sedang (16% - 40%)	94,80
		Rendah (>40%)	242,39
8.	Temas	Tinggi (0% - 15%)	10,52
		Sedang (16% - 40%)	32,24
		Rendah (>40%)	415,09
9.	Bulukerto	Tinggi (0% - 15%)	352,29
		Sedang (16% - 40%)	178,59
		Rendah (>40%)	475,56
10.	Bumiaji	Tinggi (0% - 15%)	214,10
		Sedang (16% - 40%)	171,73
		Rendah (>40%)	461,91
11.	Giripurno	Tinggi (0% - 15%)	243,69
		Sedang (16% - 40%)	154,58
		Rendah (>40%)	592,26
12.	Gunungsari	Tinggi (0% - 15%)	343,72
		Sedang (16% - 40%)	125,84
		Rendah (>40%)	214,34
13.	Pandanrejo	Tinggi (0% - 15%)	71,71
		Sedang (16% - 40%)	117,32
		Rendah (>40%)	434,97
14.	Punten	Tinggi (0% - 15%)	70,20
		Sedang (16% - 40%)	49,24
		Rendah (>40%)	130,56
15.	Sumbergondo	Tinggi (0% - 15%)	661,47
		Sedang (16% - 40%)	276,52
		Rendah (>40%)	432,93
16.	Tulungrejo	Tinggi (0% - 15%)	1995,40
		Sedang (16% - 40%)	540,61
		Rendah (>40%)	1089,19
17.	Sumber Brantas	Tinggi (0% - 15%)	1542,66
		Sedang (16% - 40%)	822,99
		Rendah (>40%)	1045,49

No	Nama Kelurahan	Klasifikasi Kelerengan	Luas (Hectares)
18.	Beji	Tinggi (0% - 15%)	2,31
		Sedang (16% - 40%)	20,79
		Rendah (>40%)	226,87
19.	Dadaprejo	Tinggi (0% - 15%)	1,58
		Sedang (16% - 40%)	5,27
		Rendah (>40%)	202,21
20.	Junrejo	Tinggi (0% - 15%)	4,43
		Sedang (16% - 40%)	23,75
		Rendah (>40%)	315,09
21.	Mojorejo	Tinggi (0% - 15%)	7,37
		Sedang (16% - 40%)	7,46
		Rendah (>40%)	185,94
22.	Pendem	Tinggi (0% - 15%)	0,92
		Sedang (16% - 40%)	5,21
		Rendah (>40%)	346,41
23.	Tlekung	Tinggi (0% - 15%)	418,02
		Sedang (16% - 40%)	146,51
		Rendah (>40%)	309,78
24.	Torongrejo	Tinggi (0% - 15%)	47,02
		Sedang (16% - 40%)	54,33
		Rendah (>40%)	234,30

d. Peta Jenis Tanah

Secara geografis, Kota Batu tersusun dari 3 jenis tanah yaitu Andosol, Litosol, dan Non Cleic Brown dimana jenis tanah ini memiliki karakteristik lahan tanah yang paling subur. Jenis tanah andosol memiliki karakteristik responsif terhadap pemupukan sangat baik, pada kondisi eksisting dimanfaatkan sebagai kegiatan pertanian irigasi. Sedangkan untuk kegiatan perkebunan dimanfaatkan pada jenis kambisol dan aluvial, yang terdapat di lereng gunung, dengan struktur tanah dan daya olah baik, sedangkan pada kawasan perkotaan yang mengandung tanah litosol, memiliki struktur tanah rendah, tetapi dapat diolah.

Dilihat dari formasi geologinya, menunjukkan bahwa Kota Batu merupakan wilayah yang subur untuk pertanian karena jenis tanahnya merupakan endapan dari sederetan gunung yang mengelilingi Kota Batu, sehingga di Kota Batu mata pencaharian penduduk didominasi oleh sektor pertanian. Peta jenis tanah kota Batu dapat dilihat pada Gambar 3.7



Gambar 3. 7 Peta Jenis Tanah

Setelah peta jenis tanah didigitasi maka akan diperoleh nilai atribut peta tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 3.5 di bawah ini:

Tabel 3. 5 Data atribut peta jenis tanah

No	Nama Kelurahan	Jenis Tanah	Luas (Hectares)
1.	Oro-Oro Ombo	Litosol	855,24
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	834,15

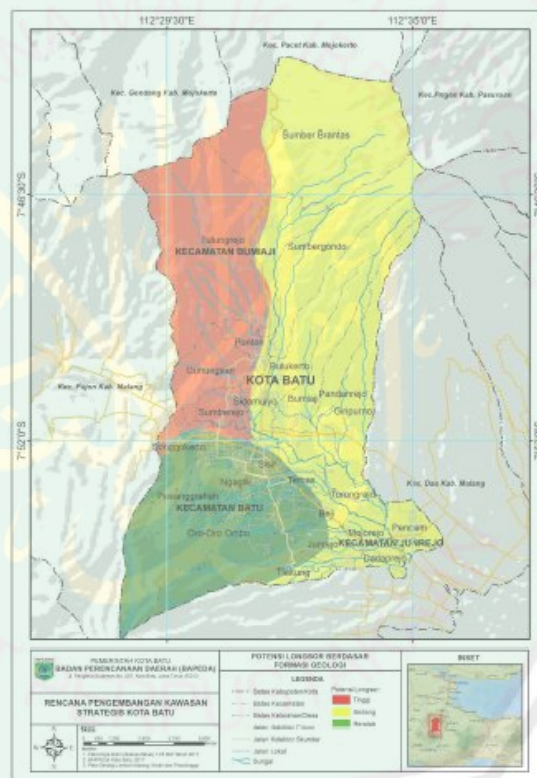
No	Nama Kelurahan	Jenis Tanah	Luas (Hectares)
2.	Pesanggrahan	Litosol	624,55
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	74,95
3.	Sidomulyo	Litosol	257,61
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0
4.	Sumberejo	Litosol	291,06
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0
5.	Ngaglik	Litosol	95,40
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	223,48
6.	Sisir	Litosol	145,48
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	109,29
7.	Songgokerto	Litosol	565,68
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0
8.	Temas	Litosol	235,77
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	222,08
9.	Bulukerto	Litosol	806,64
		Andosol	198,96
		Non Cleic Brown	0
10.	Bumiaji	Litosol	743,53
		Andosol	103,81
		Non Cleic Brown	0
11.	Giripurno	Litosol	876,60
		Andosol	96,77
		Non Cleic Brown	0
12.	Gunungsari	Litosol	683,57
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0
13.	Pandanrejo	Litosol	624,00
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0
14.	Punten	Litosol	250,00
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0

No	Nama Kelurahan	Jenis Tanah	Luas (Hectares)
15.	Sumbergondo	Litosol	947,03
		Andosol	422,68
		Non Cleic Brown	0
16.	Tulungrejo	Litosol	3620,45
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0
17.	Sumber Brantas	Litosol	1359,20
		Andosol	1460,14
		Non Cleic Brown	0
18.	Beji	Litosol	31,89
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	218,09
19.	Dadaprejo	Litosol	15,30
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	188,73
20.	Junrejo	Litosol	0
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	343,15
21.	Mojorejo	Litosol	65,15
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	135,62
22.	Pendem	Litosol	352,17
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0,36
23.	Tlekung	Litosol	269,27
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	604,31
24.	Torongrejo	Litosol	335,47
		Andosol	0
		Non Cleic Brown	0

e. Peta Geologi

Formasi geologi Kota Batu terdiri dipengaruhi oleh aktivitas vulkanisme gunungapi. Berdasar Peta Geologi lembar Malang, Kediri dan Probolinggo, wilayah Kota Batu dipengaruhi material vulkanik hasil aktivitas Gunung Anjasmara Tua (Qpat), Batuan Gunungapi Kawi-Butak (Qpkb), Batuan Gunungapi Anjasmara

Muda (Qpva), Batuan Gunungapi Arjuna Welirang (Qvaw) dan Qvp. Kondisi geologi tersebut menunjukkan terdapat tanah dengan solum dangkal dengan hamparan batuan di bawah tanah yang banyak dijumpai di lereng Gunung Anjasmara, Gunung Welirang dan Gunung Arjuna. Kondisi tersebut mengakibatkan area tersebut tidak dapat ditumbuhi tanaman, hanya semak dan rumput yang dapat tumbuh. Selain itu, kondisi geologi tersebut mengakibatkan daya ikat antar tanah rendah ditambah kelerengannya yang curam sangat berpotensi menimbulkan longsor. Peta geologi kota Batu dapat dilihat pada Gambar 3.8



Gambar 3. 8 Peta Geologi

Setelah peta geologi didigitasi maka akan diperoleh nilai atribut peta tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 3.6 di bawah ini:

Tabel 3. 6 Data atribut peta geologi

No	Nama Kelurahan	Jenis Geologi/Batuan	Luas (Hectares)
1.	Oro-Oro Ombo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	0
		QPKB, QVP	1692,63
2.	Pesanggrahan	QPAT, QPVA	59,16
		QVAW	0
		QPKB, QVP	641,34
3.	Sidomulyo	QPAT, QPVA	59,82
		QVAW	197,79
		QPKB, QVP	0
4.	Sumberejo	QPAT, QPVA	284,13
		QVAW	6,94
		QPKB, QVP	0
5.	Ngaglik	QPAT, QPVA	15,76
		QVAW	2,58
		QPKB, QVP	300,55
6.	Sisir	QPAT, QPVA	3,51
		QVAW	61,75
		QPKB, QVP	189,51
7.	Songgokerto	QPAT, QPVA	155,48
		QVAW	0
		QPKB, QVP	412,17
8.	Temas	QPAT, QPVA	0
		QVAW	211,25
		QPKB, QVP	246,61
9.	Bulukerto	QPAT, QPVA	0
		QVAW	1006,44
		QPKB, QVP	0
10.	Bumiaji	QPAT, QPVA	0
		QVAW	847,73
		QPKB, QVP	0
11.	Giripurno	QPAT, QPVA	0
		QVAW	990,53
		QPKB, QVP	0
12.	Gunungsari	QPAT, QPVA	683,90
		QVAW	0
		QPKB, QVP	0
13.	Pandanrejo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	624,00
		QPKB, QVP	0
14.	Punten	QPAT, QPVA	185,28
		QVAW	64,73
		QPKB, QVP	0

No	Nama Kelurahan	Jenis Geologi/Batuan	Luas (Hectares)
15.	Sumbergondo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	1370,92
		QPKB, QVP	0
16.	Tulungrejo	QPAT, QPVA	3042,61
		QVAW	582,59
		QPKB, QVP	0
17.	Sumber Brantas	QPAT, QPVA	633,00
		QVAW	2778,24
		QPKB, QVP	0
18.	Beji	QPAT, QPVA	0
		QVAW	112,30
		QPKB, QVP	137,69
19.	Dadaprejo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	202,25
		QPKB, QVP	0
20.	Junrejo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	198,24
		QPKB, QVP	144,45
21.	Mojorejo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	200,77
		QPKB, QVP	0
22.	Pendem	QPAT, QPVA	0
		QVAW	352,55
		QPKB, QVP	0
23.	Tlekung	QPAT, QPVA	0
		QVAW	139,08
		QPKB, QVP	735,23
24.	Torongrejo	QPAT, QPVA	0
		QVAW	335,65
		QPKB, QVP	0

3.1.1.5 Perhitungan Metode Double Exponential Smoothing

Dalam menentukan tingkat kerawanan tanah longsor salah satu parameter yang mempengaruhi adalah curah hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan di suatu daerah maka semakin tinggi pula kejadian longsor yang mungkin akan terjadi, hal tersebut dikarenakan infiltrasi air hujan ke dalam lapisan tanah akan menjenuhi tanah dan melemahkan material pembentuk lereng sehingga memicu terjadinya longsor. Sebelum melakukan perhitungan curah hujan dengan metode *Analytical*

Hierarchy Process, terlebih dahulu sistem akan memprediksi curah hujan dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*. Data curah hujan tersebut di *forecast* karena output dari sistem ini adalah sebuah prediksi serta data curah hujan tiap tahun bahkan tiap bulannya memiliki intensitas yang berbeda-beda. Oleh karena itu diperlukan suatu prediksi untuk mengetahui prakiraan intensitas curah hujan dimasa yang akan datang. Dalam curah hujan yang digunakan yaitu mulai dari tahun 2008-2017 pada 7 (tujuh) stasiun pantau hujan di Kota Batu. Pada metode *Double Exponential Smoothing* digunakan nilai alpha dan beta dalam proses perhitungan berdasarkan rumus pada persamaan (2.6), (2.7), (2.8) dan (2.9). Nilai alpha dan beta yang dapat digunakan yaitu dari angka 0,1-0,9. Jika nilai alpha dan beta yang digunakan memiliki MAPE terkecil maka hasil prediksi tersebut mempunyai nilai akurasi yang baik. Berikut adalah hasil perhitungan prediksi curah hujan disertai hasil MAPE dengan nilai alpha dan beta 0,1 – 0,9 pada salah satu stasiun pantau hujan di Kota Batu yang ditunjukkan pada tabel 3.7 sebagai berikut:

Tabel 3. 7 Hasil perhitungan DES pada stasiun hujan Temas bulan Januari

Nilai Alpha (α)	Nilai Beta (β)	Hasil prediksi CH	Nilai MAPE
0,1	0,1	463	6,0%
	0,2	408	5,8%
	0,3	366	5,8%
	0,4	354	6,6%
	0,5	330	5,6%
	0,6	333	5,5%
	0,7	345	5,5%
	0,8	365	5,4%
	0,9	390	5,4%

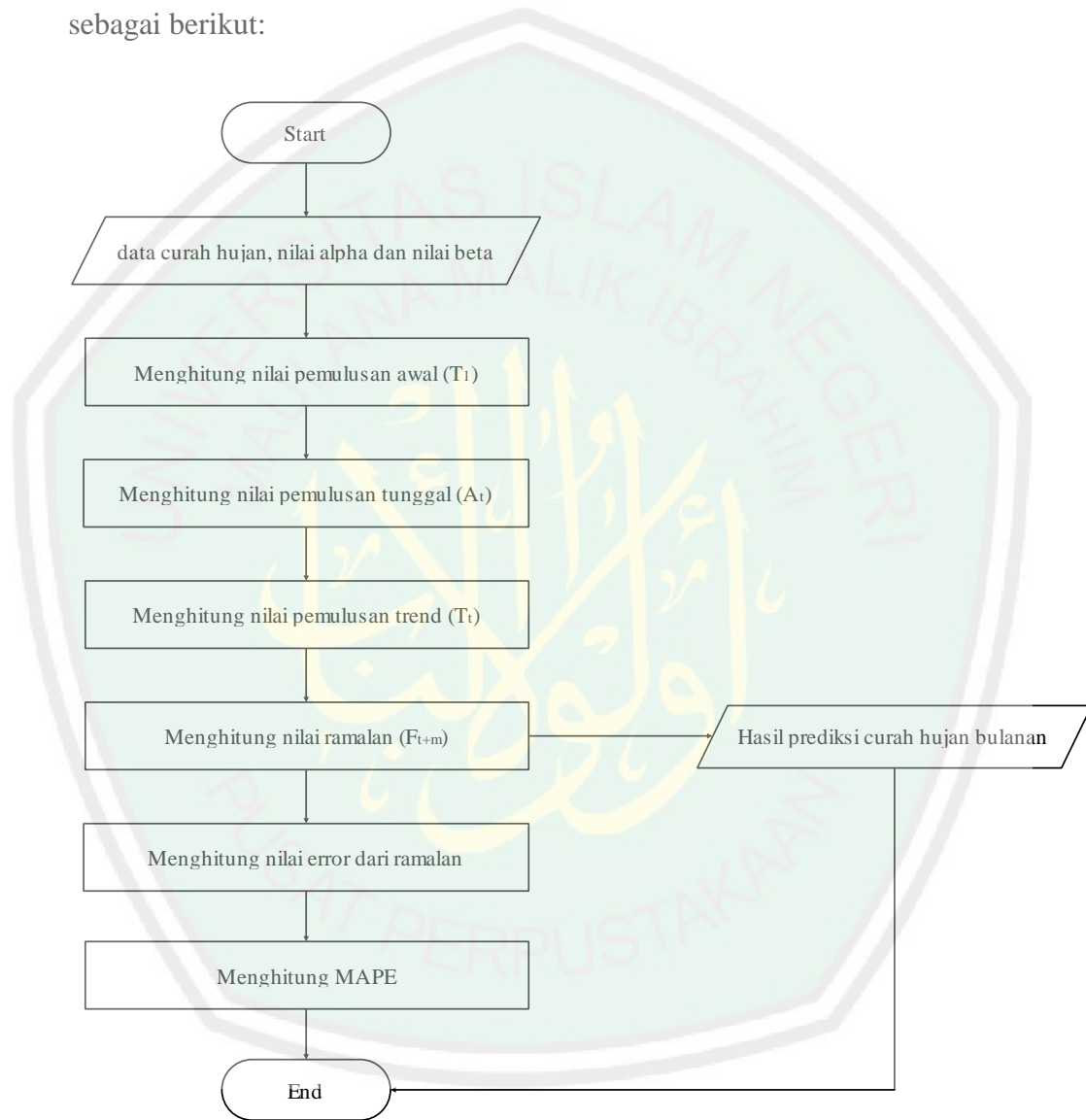
Nilai Alpha (α)	Nilai Beta (β)	Hasil prediksi CH	Nilai MAPE
0,2	0,1	456	6,1%
	0,2	388	6,0%
	0,3	337	5,9%
	0,4	318	6,8%
	0,5	303	5,6%
	0,6	310	5,5%
	0,7	329	5,5%
	0,8	356	5,5%
	0,9	388	5,4%
0,3	0,1	448	6,2%
	0,2	365	6,0%
	0,3	308	5,9%
	0,4	279	7,0%
	0,5	280	5,7%
	0,6	294	5,6%
	0,7	321	5,6%
	0,8	355	5,6%
	0,9	396	5,4%
0,4	0,1	437	6,3%
	0,2	340	6,1%
	0,3	281	5,9%
	0,4	241	7,1%
	0,5	264	5,7%
	0,6	286	5,6%
	0,7	320	5,7%
	0,8	363	5,6%
	0,9	411	5,5%
0,5	0,1	425	6,3%
	0,2	315	6,1%
	0,3	256	5,9%
	0,4	207	7,1%
	0,5	254	5,7%
	0,6	283	5,7%
	0,7	325	5,8%
	0,8	377	5,7%
	0,9	433	5,9%

Nilai Alpha (α)	Nilai Beta (β)	Hasil prediksi CH	Nilai MAPE
0,6	0,1	412	6,3%
	0,2	291	6,1%
	0,3	234	5,8%
	0,4	179	7,0%
	0,5	249	5,7%
	0,6	285	5,8%
	0,7	336	5,9%
	0,8	396	5,9%
	0,9	460	6,2%
0,7	0,1	398	6,3%
	0,2	267	6,1%
	0,3	217	5,8%
	0,4	158	7,0%
	0,5	248	5,7%
	0,6	291	5,9%
	0,7	351	6,0%
	0,8	421	6,3%
	0,9	492	6,6%
0,8	0,1	383	6,3%
	0,2	246	6,1%
	0,3	203	5,7%
	0,4	143	6,8%
	0,5	250	5,8%
	0,6	300	6,1%
	0,7	369	6,1%
	0,8	450	6,7%
	0,9	526	6,8%
0,9	0,1	367	6,3%
	0,2	226	6,0%
	0,3	194	5,7%
	0,4	135	6,7%
	0,5	254	5,9%
	0,6	312	6,2%
	0,7	392	6,5%
	0,8	482	7,0%
	0,9	563	7,0%

Dari hasil MAPE diatas beserta perhitungan bulan-bulan lainnya diambil suatu kesimpulan bahwa nilai alpha 0,6 dan beta 0,4 yang baik digunakan dalam proses

prediksi menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* karena memiliki nilai MAPE terkecil.

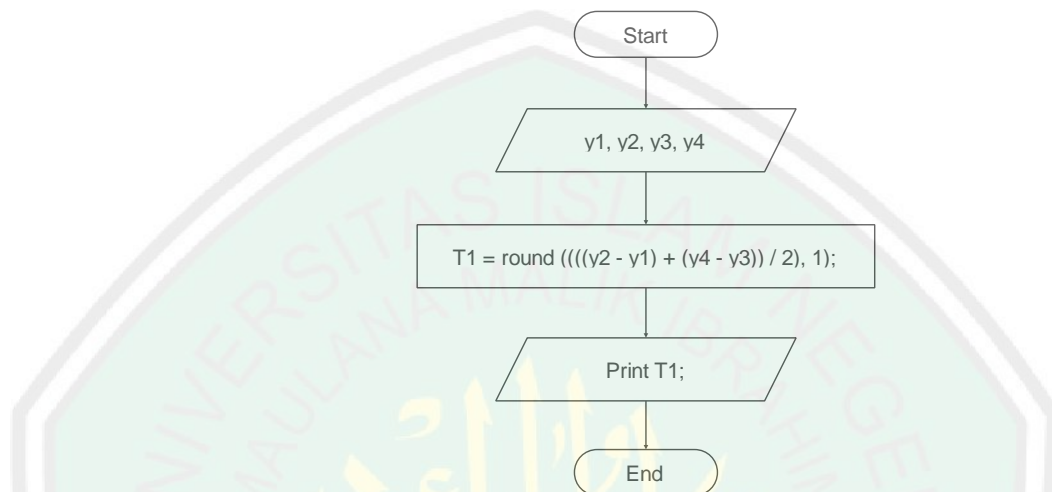
Berikut adalah algoritma dalam bentuk flowchart metode *double exponential smoothing* dalam memprediksi curah hujan yang ditunjukkan pada Gambar 3.9 sebagai berikut:



Gambar 3. 9 Flowchart Metode Double Exponential Smoothing

Flowchart di atas merupakan gambaran umum dari metode *double exponential smoothing*, untuk lebih mudah dalam memahami flowchart tersebut akan disajikan algoritma dari setiap prosesnya sebagai berikut:

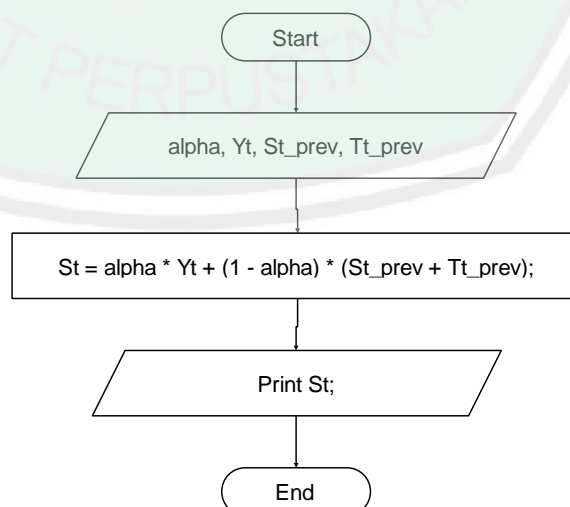
a. Menghitung nilai pemulusan awal (T_1)



Gambar 3. 10 Flowchart Perhitungan Pemulusan Awal

Inputan dalam menghitung nilai pemulusan awal yaitu $y_1...y_4$ di mana variabel tersebut merupakan inisialisasi dari curah hujan. Setelah itu dilakukan proses perhitungan berdasarkan rumus persamaan (2.6) pada sub-bab sebelumnya.

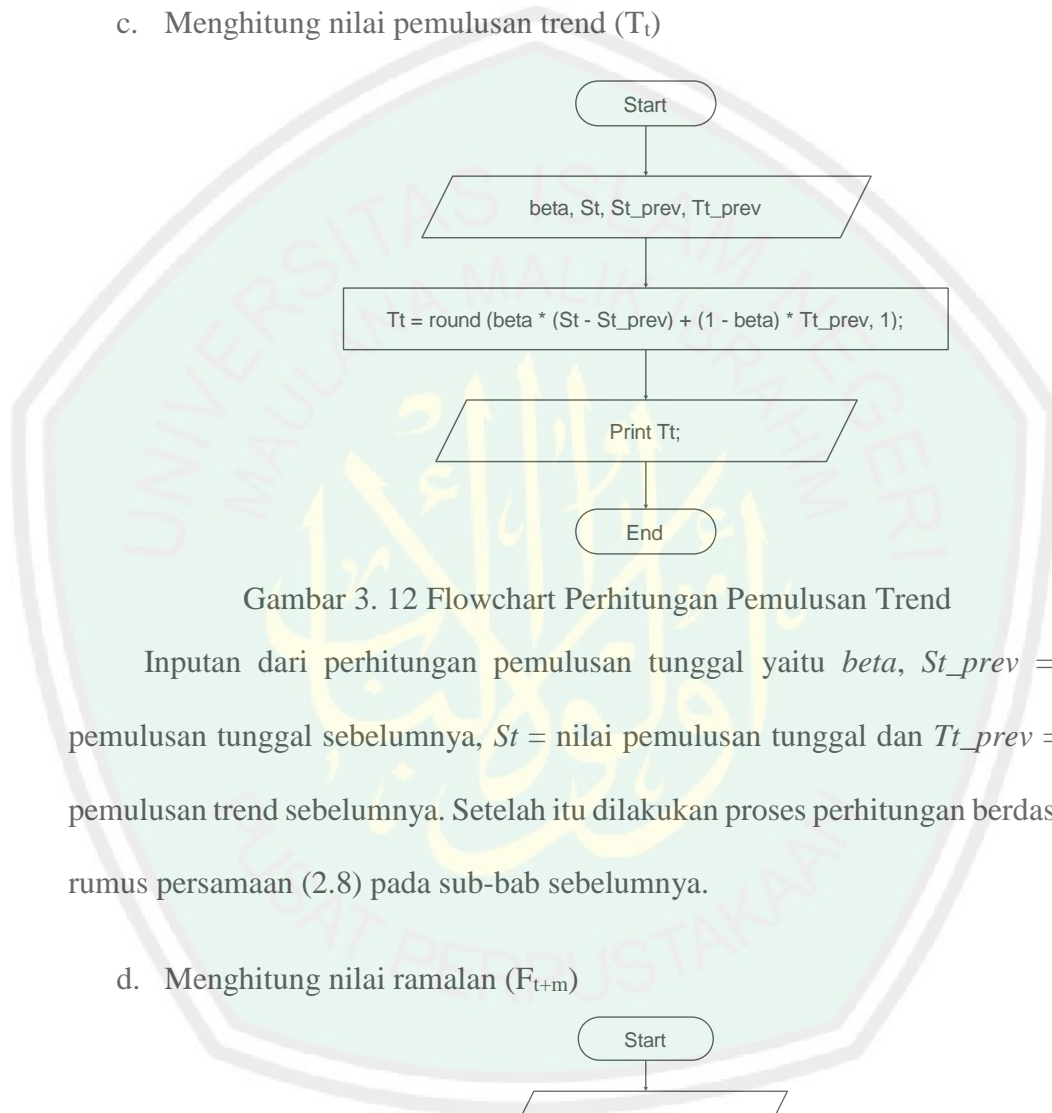
b. Menghitung nilai pemulusan tunggal (S_t)



Gambar 3. 11 Flowchart Perhitungan Pemulusan Tunggal

Inputan dari perhitungan pemulusan tunggal yaitu α , Y_t = data sebenarnya, St_{prev} = nilai pemulusan tunggal sebelumnya dan Tt_{prev} = nilai pemulusan trend sebelumnya. Setelah itu dilakukan proses perhitungan berdasarkan rumus persamaan (2.7) pada sub-bab sebelumnya.

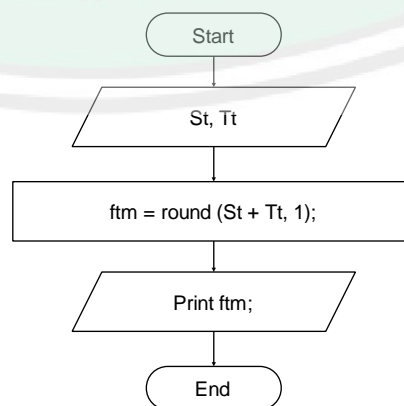
c. Menghitung nilai pemulusan trend (T_t)



Gambar 3. 12 Flowchart Perhitungan Pemulusan Trend

Inputan dari perhitungan pemulusan tunggal yaitu β , St_{prev} = nilai pemulusan tunggal sebelumnya, St = nilai pemulusan tunggal dan Tt_{prev} = nilai pemulusan trend sebelumnya. Setelah itu dilakukan proses perhitungan berdasarkan rumus persamaan (2.8) pada sub-bab sebelumnya.

d. Menghitung nilai ramalan (F_{t+m})

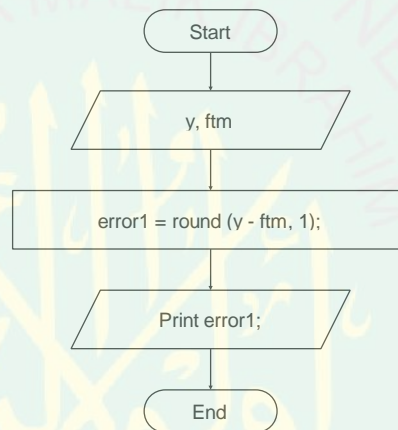


Gambar 3. 13 Flowchart Perhitungan Nilai Peramalan

Setelah mendapatkan nilai pemulusan tunggal dan pemulusan trend, selanjutnya yaitu menghitung nilai peramalan dengan menggunakan rumus persamaan (2.9). Variabel inputan yang digunakan yaitu St dan Tt , dimana St merupakan nilai pemulusan tunggal sedangkan Tt merupakan nilai pemulusan trend.

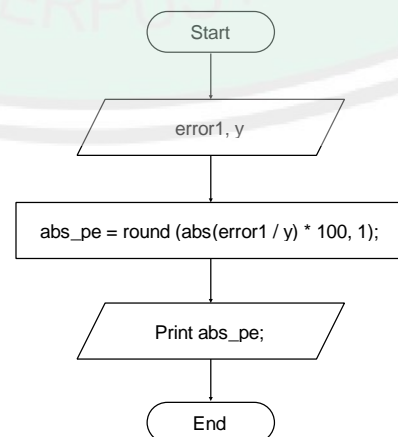
e. Menghitung nilai Mean Absolute Percent Error (MAPE)

Sebelum menentukan nilai MAPE terlebih dahulu menghitung nilai error dan nilai persentase error seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.14 dan Gambar 3.15



Gambar 3. 14 Flowchart Perhitungan Nilai Error

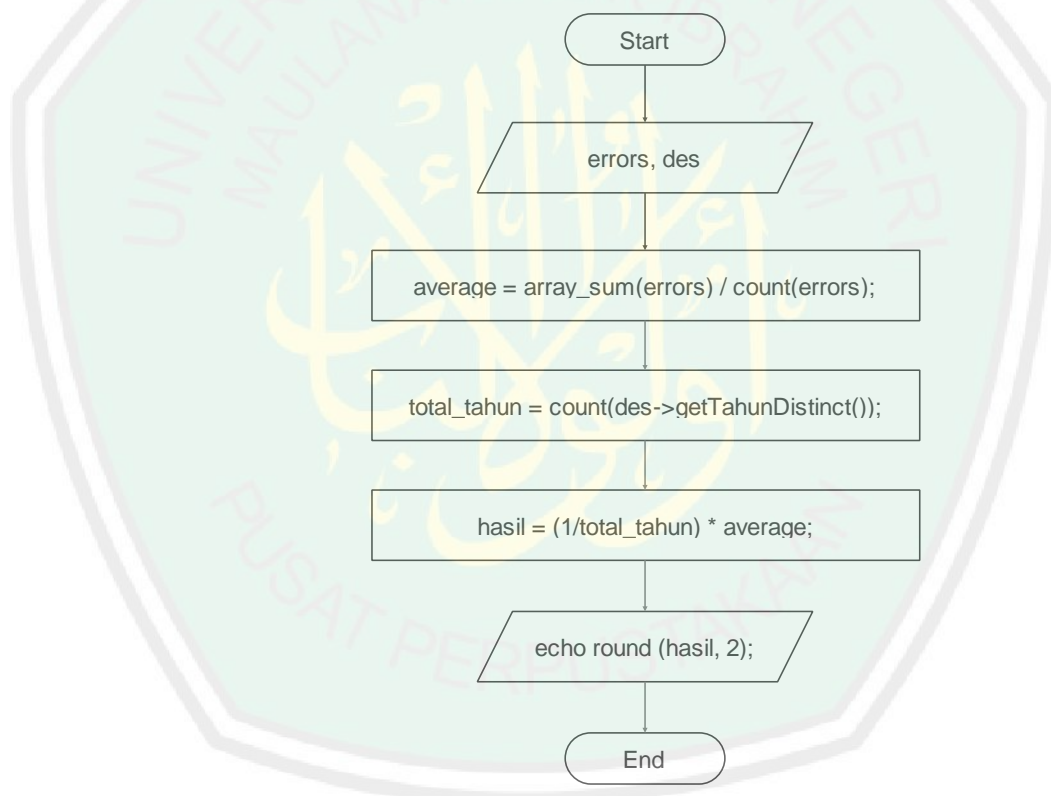
Variabel inputan dalam perhitungan nilai error yaitu y dan ftm , dimana y adalah data sebenarnya sedangkan ftm adalah data hasil prediksi.



Gambar 3. 15 Flowchart Perhitungan Nilai Absolute Percent Error (Abs PE)

Variabel inputan yang digunakan untuk menghitung presentase error yaitu *error1* dan *y*, di mana *error1* merupakan nilai error yang dihasilkan dari Gambar 3.14 sedangkan *y* merupakan data sebenarnya pada waktu tertentu.

Setelah nilai error dan nilai presentase error diperoleh, langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *mean absolute percent error* (MAPE) untuk mengetahui nilai rata-rata error yang diperoleh dalam bentuk persentase. Dalam menghitung nilai MAPE algoritmanya dapat dilihat pada Gambar 3.16. Variabel inputan yang digunakan yaitu *errors* dan *des*.



Gambar 3. 16 Flowchart Perhitungan Nilai MAPE

Setelah membuat flowchart metode *double exponential smoothing*, selanjutnya akan dijelaskan perhitungan manual dalam memprediksi tingkat kerawanan tanah longsor berdasarkan blok diagram di atas.

a. Menyiapkan data curah hujan real pada salah satu stasiun seperti pada Tabel 3.8

Tabel 3. 8 Data curah hujan stasiun Ngaglik

Thn / bln	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
2008	245	339	479	97	32	33	0	17	0	0	219	314
2009	358	358	191	74	141	30	0	0	0	18	141	155
2010	359	414	219	581	190	20	77	96	168	151	267	271
2011	243	148	267	162	122	20	9	0	0	13	212	142
2012	202	273	163	46	53	25	0	0	0	43	148	352
2013	406	202	150	307	171	71	93	8	0	10	128	677
2014	298	110	115	109	68	10	20	0	0	0	111	412
2015	105	229	211	133	118	6	0	0	0	0	59	315
2016	176	667	146	66	146	160	33	49	81	204	296	271
2017	379	239	235	225	75	6	12	0	56	23	307	111

b. Proses perhitungan metode *Double Exponential Smoothing* dari *Holt* menggunakan persamaan (2.6), (2.7), (2.8) dan (2.9) yang telah dijelaskan pada sub- Perhitungan menggunakan nilai $\alpha=0,6$ dan nilai $\beta=0,4$ pada bulan Januari.

Berikut adalah proses perhitungan metode *double exponential smoothing*:

- Menghitung nilai pemulusan tunggal (S_t), dapat dilihat pada Tabel 3.9

Tabel 3. 9 Hasil perhitungan pemulusan tunggal (S_t)

Tahun	Curah Hujan	Pemulusan Tunggal (S_t)
2008	245	245
2009	358	312
2010	359	351
2011	243	298
2012	202	240
2013	406	330
2014	298	319
2015	105	194
2016	176	165
2017	379	278

$$S_t = \alpha X_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + T_{t-1})$$

$$S_t = 0,6 \times 358 + (1 - 0,6)(245 + (-1,5))$$

$$S_t = 312$$

Perhitungan di atas adalah contoh perhitungan pemulusan tunggal pada tahun 2009, proses perhitungan tersebut diulang untuk tahun-tahun selanjutnya.

- Menghitung nilai pemulusan trend (T_t), dapat dilihat pada Tabel 3.10

Tabel 3. 10 Hasil perhitungan pemulusan trend (T_t)

Tahun	Curah Hujan	Pemulusan Trend (T_t)
2008	245	-1,5
2009	358	26,0
2010	359	31,0
2011	243	-2,3
2012	202	-24,9
2013	406	21,0
2014	298	8,4
2015	105	-45,0
2016	176	-38,5
2017	379	22,1

$$T_1 = \frac{(y_2 - y_1) + (y_4 - y_3)}{2}$$

$$T_1 = \frac{(358 - 245) + (243 - 359)}{2}$$

$$T_1 = -1,5$$

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1}$$

$$T_t = 0,4(312 - 245) + (1 - 0,4) \times (-1,5)$$

$$T_t = 26,0$$

Sebelum menghitung pemulusan trend, terlebih dahulu menghitung nilai T_1 berdasarkan rumus yang telah di tentukan sebelumnya.

Setelah itu menghitung nilai pemulusan trend pada tahun 2009 dan tahun-tahun berikutnya berdasarkan rumus T_t

- Menghitung nilai peramalan (F_{t+m}), dapat di lihat pada Tabel 3.11

Tabel 3. 11 Hasil peramalan (F_{t+m})

Tahun	Curah Hujan	Hasil peramalan
2008	245	-
2009	358	243,5
2010	359	338,2
2011	243	381,6
2012	202	296,2
2013	406	214,8
2014	298	350,5
2015	105	327,4
2016	176	149,0
2017	379	126,7
2018		300,1

$$F_{t+m} = S_t + T_t \times m$$

$$F_{t+m} = 278 + 22,1 \times (2017 - 2016)$$

$$F_{t+m} = 300,1$$

Hasil ramalan di atas adalah pada bulan Januari dan dibulatkan menjadi 300.

- Menghitung nilai MAPE, dapat di lihat pada Tabel 3.12

Tabel 3. 12 Hasil nilai MAPE

Tahun	Curah Hujan	Nilai error	PE
2008	245	-	-
2009	358	114,5	32,0
2010	359	20,8	5,8
2011	243	-138,6	57,1
2012	202	-94,2	46,6
2013	406	191,2	47,1
2014	298	-52,5	17,6
2015	105	-222,4	211,8
2016	176	27,0	15,4
2017	379	252,3	66,6
		Rata-rata PE	55,6
		MAPE	5,6 %

Setelah mendapatkan hasil peramalan, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai presentase errornya yang bertujuan untuk melihat seberapa akurat

metode tersebut digunakan. Semakin kecil nilai persentase yang dihasilkan maka semakin baik metode tersebut digunakan dan sebaliknya. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk menghitung MAPE:

$$\text{Error } (e) = X_t - F_{t+m}$$

$$\text{Error } (e) = 358 - 243,5$$

$$\text{Error } (e) = 114,5$$

$$PE = ABS \left(\frac{e}{x_t} \right) * 100$$

$$PE = ABS \left(\frac{114,5}{358} \right) * 100$$

$$PE = 32,0$$

Langkah perhitungan di atas adalah perhitungan percentage error pada tahun 2009, untuk perhitungan tahun-tahun berikutnya menggunakan cara yang sama. Setelah diketahui nilai PE, langkah selanjutnya adalah menentukan nilai MAPE dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |PE_i|$$

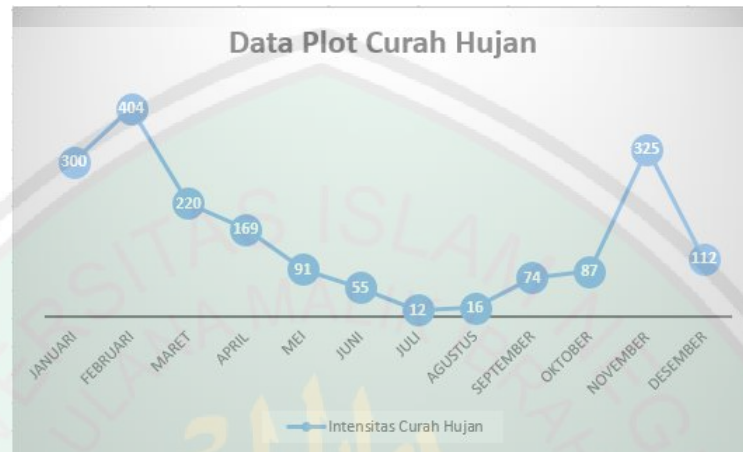
Nilai PE dari tahun 2009 – 2017 dirata-rata sehingga menghasilkan nilai 55,6 kemudian dihitung menggunakan rumus diatas, dan hasilnya sebagai berikut

$$MAPE = \frac{1}{10} \times 55,6 = 5,6 \%$$

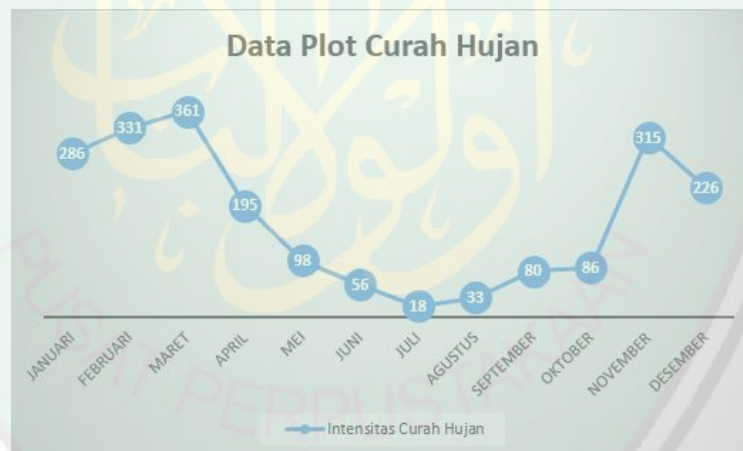
Langkah-langkah perhitungan peramalan tersebut diulang pada bulan berikutnya serta diulang kembali pada stasiun pantau hujan yang lainnya.

Berikut akan ditampilkan hasil dari prediksi curah hujan pada tujuh stasiun pantau hujan di Kota Batu dalam bentuk plot data agar mudah dimengerti dan dipahami yang akan tunjukkan pada Gambar 3.17 untuk data plot stasiun Ngaglik, Gambar

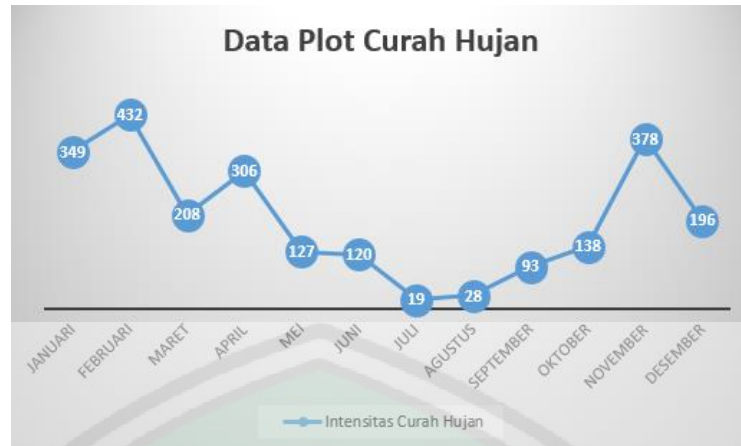
3.18 untuk data plot stasiun Temas, Gambar 3.19 untuk data plot stasiun Sidomulyo, Gambar 3.20 untuk data plot stasiun Ngujung, Gambar 3.21 untuk data plot stasiun Junggo, Gambar 3.22 untuk data plot stasiun Pendem dan Gambar 3.23 untuk data plot stasiun Tlekung sebagai berikut:



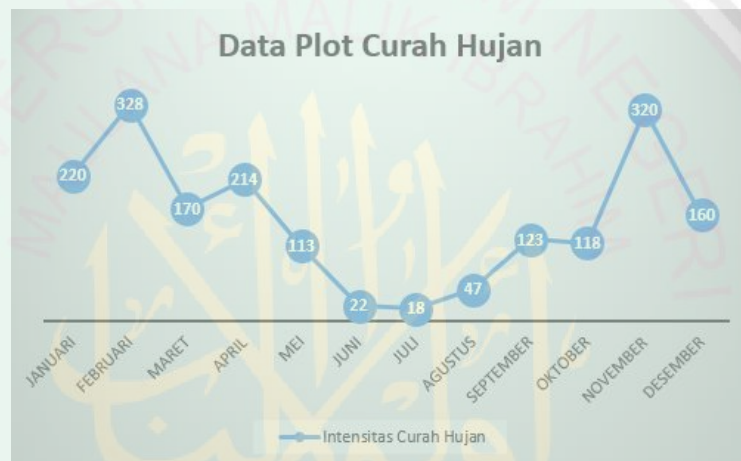
Gambar 3. 17 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Ngaglik



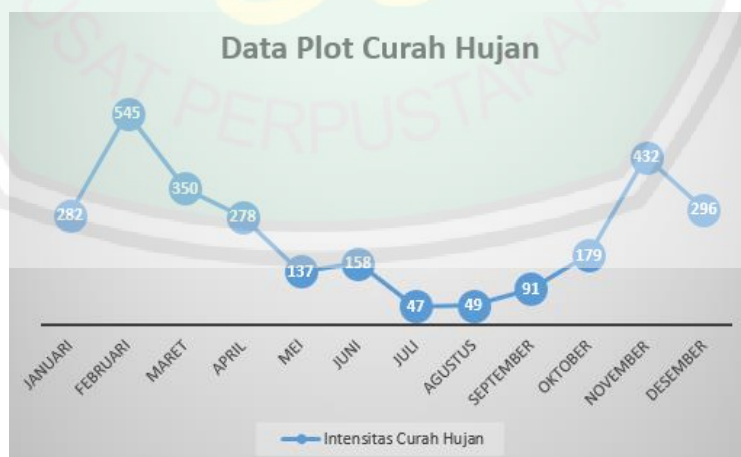
Gambar 3. 18 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Temas



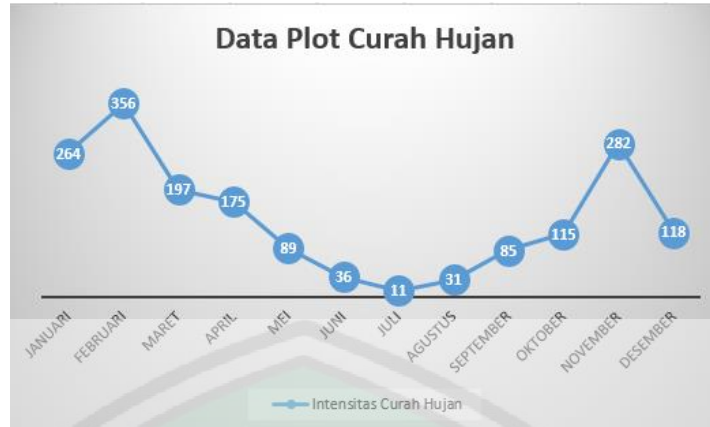
Gambar 3. 19 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Sidomulyo



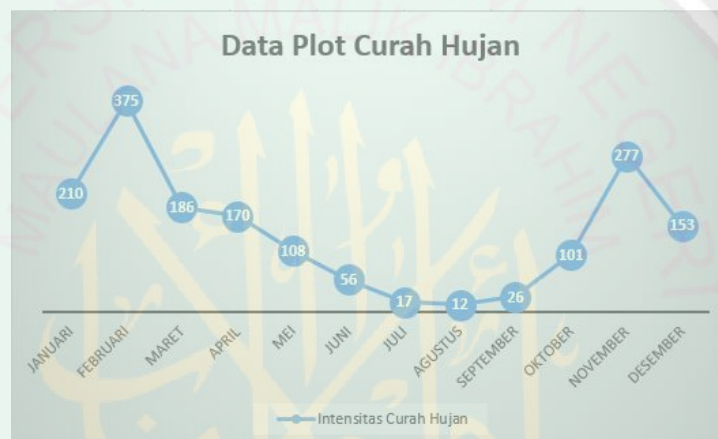
Gambar 3. 20 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Ngujung



Gambar 3. 21 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Junggo



Gambar 3. 22 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Pendem



Gambar 3. 23 Data Plot Prediksi Curah Hujan Stasiun Tlekung

3.1.1.6 Pembobotan Kriteria Rawan Tanah Longsor

Memberikan nilai bobot pada tiap kriteria yang mempengaruhi tanah longsor.

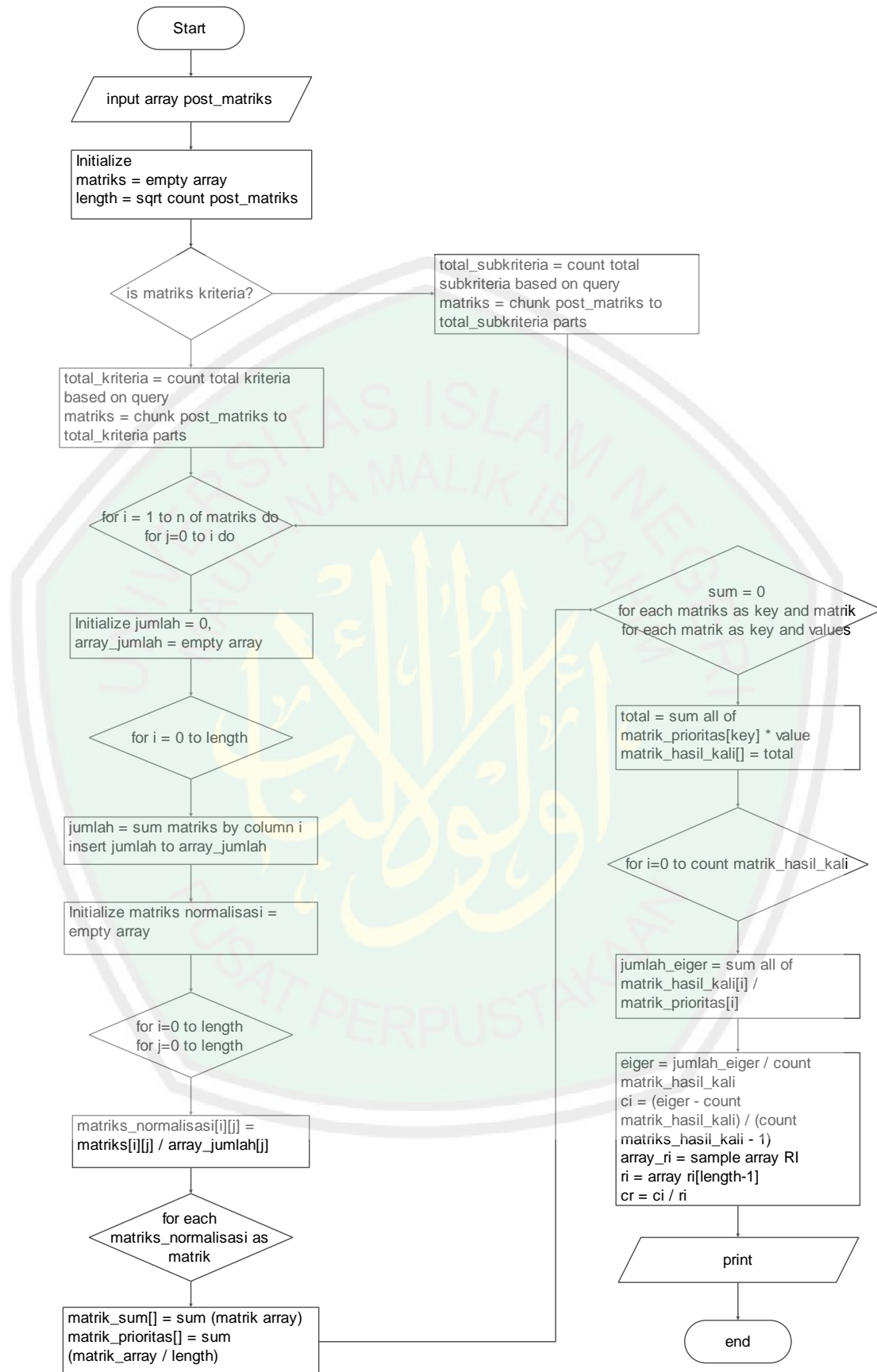
Pembobotan kriteria rawan tanah longsor ditunjukkan pada Tabel 3.13.

Tabel 3. 13 Pembobotan kriteria (BAPPEDA, 2017)

No	Kriteria	Bobot
1.	Kejadian Longsor Masa Lalu	25%
2.	Kerapatan Vegetasi	20%
3.	Kelerengan	20%
4.	Curah Hujan	15%
5.	Jenis Tanah	10%
6.	Formasi geologi	10%

3.1.1.7 Perhitungan Metode Analytical Hierarchy Process

Kriteria yang menentukan daerah rawan tanah longsor diambil dalam buku Rencana Pengembangan Kawasan Strategis Kota Batu 2017. Kriteria yang ditetapkan meliputi kejadian longsor masa lalu, curah hujan, jenis tanah, jenis geologi, kerapatan vegetasi dan kelerengan. Setelah ditentukan kriterianya kemudian membentuknya menjadi susunan hirarki. Kemudian melakukan matriks perbandingan berpasangan untuk menentukan bobot kriteria dan bobot subkriteria. Dalam menentukan penilaian pada matriks perbandingan berpasangan didasarkan pada preferensi subjektif dari pengambil keputusan. Setelah bobot kriteria didapatkan kemudian melakukan uji konsistensi untuk matriks perbandingan berpasangan. Jika nilai yang diperoleh tidak memenuhi $CR \leq 0,100$ maka proses perhitungan diulang kembali dari membentuk matriks perbandingan berpasangan. Setelah bobot kriteria dan bobot subkriteria didapatkan maka dihitung total dari perkalian antara bobot kriteria dengan bobot subkriteria yang bersesuaian. Dari hasil perhitungan tersebut menghasilkan tingkat kerawanan tanah longsor pada tiap kelurahan/desa. Berikut adalah tahapan metode AHP dalam menentukan tingkat kerawanan tanah longsor yang digambarkan dalam bentuk flowchart pada Gambar 3.24 sebagai berikut:

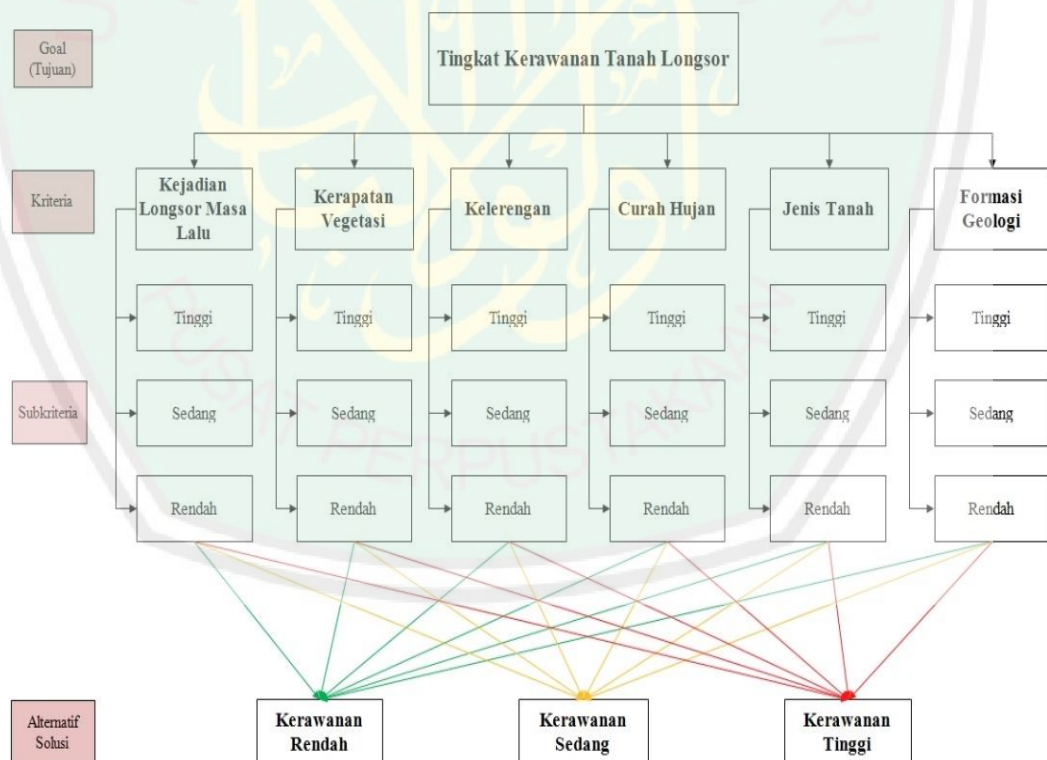


Gambar 3. 24 Flowchart Tahapan Metode AHP

Variabel inputannya berupa array post_matriks, maksudnya yaitu menangkap variabel matriks pada form. Jika matriks kriteria yang ditemukan maka akan menchunk atau mencacah matriks dan jika tidak maka yang akan dichunk/ dicacah adalah matriks subkriteria. Setelah itu membentuk matriks perbandingan berpasangan sampai dengan menghitung nilai rasio konsistensi berdasarkan algoritma yang ditunjukkan pada Gambar 3.24

3.1.1.7.1 Membuat Struktur Hirarki

Struktur hirarki terdiri dari goal (tujuan yang diinginkan), kriteria dalam mencapai tujuan dan alternative sebagai hasil rekomendasi keputusan dari tujuan tersebut. Struktur hirarki sistem pendukung keputusan prediksi tingkat kerawanan tanah longsor dapat dilihat pada gambar 3.25



Gambar 3. 25 Struktur Hirarki SPK Kerawanan Tanah Longsor

3.1.1.7.2 Memberikan Skala Prioritas Terhadap Kriteria Dan Subkriteria

AHP membuat para pembuat keputusan untuk mendapatkan skala prioritas atau pertimbangan dari pengalaman, pandangan, intuisi dan data asli. Dalam menjalankannya, AHP tidak hanya mendukung pembuat keputusan untuk menyusun kerumitan dan melatih penilaian, tetapi membuat pertimbangan subjektif dan objektif dalam menganalisa keputusan. Skala prioritas AHP dapat dilihat pada Tabel 3.14 sebagai berikut:

Tabel 3. 14 Skala kuantitatif tingkat kepentingan (Saaty, 2008)

Kepentingan	Keterangan	Definisi
1	Kedua kriteria sama penting	Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan.
3	Kriteria yang satu sedikit lebih penting daripada kriteria lainnya	Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya.
5	Kriteria yang satu lebih penting daripada kriteria lainnya.	Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya.
7	Kriteria yang satu jelas lebih mutlak penting daripada kriteria lainnya	Satu elemen yang kuat disokong dan dominan terlihat dalam praktek.
9	Kriteria yang satu mutlak penting daripada kriteria lainnya.	Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap elemen memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan.
2,4,6,8	Nilai-nilai di antara dua nilai pertimbangan kriteria yang berdekatan	Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi diantara dua pilihan.
Kebalikan	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	Jika aktivitas i mendapat satu angka dibandingkan dengan aktivitas j, maka j memiliki nilai kebalikan dari i.

Secara naluri, manusia dapat mengestimasi besaran sederhana melalui inderanya. Proses yang paling mudah adalah membandingkan dua hal dengan keakuratan perbandingan tersebut dapat dipertanggung jawabkan. Untuk itu Saaty (Saaty, 2008) menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen terhadap elemen lain seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.14.

1. Menentukan Prioritas Kriteria

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Setelah menyusun hirarki yang dibutuhkan, langkah selanjutnya yaitu membentuk matriks perbandingan berpasangan dengan menggunakan skala saaty untuk mendapatkan bobot kriteria. Nilai matriks yang diinputkan didasarkan pada skala range yang ditunjukkan pada tabel 3.15 dibawah ini:

Tabel 3. 15 Nilai Matrik Skala Range

Skala Preferensi	Range Skor Bobot
1	21% - 25%
3	16% - 20%
5	11% - 15%
7	10%

Penentuan nilai range skor bobot diatas dilakukan dengan cara normalisasi (PERMEN PU NO.22/PRT/M/2007). Rumus formula yang digunakan yaitu :

$$R = \frac{(Sa-Sb)}{n} \quad (3.1)$$

Dimana,

Sa = Skala atas

S_b = Skala bawah

n = Banyaknya range

Nilai skala atas dan bawah diperoleh dari pembobotan pada Tabel 3.13, di mana skala atas nilainya 25, skala bawah nilainya 10 dan banyaknya range yaitu 4. Nilai tersebut dihitung menggunakan rumus formula pada persamaan (3.1) di atas sehingga menghasilkan nilai normalisasi atau nilai rentang 3,75, nilai rentang tersebut dibulatkan menjadi 4. Nilai rentang 4 inilah yang digunakan untuk menghitung selisih antara range bobot satu dengan yang lainnya. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.15

Selanjutnya membentuk matriks perbandingan berpasangan kriteria yang digambarkan pada table 3.16

Tabel 3. 16 Matriks perbandingan berpasangan kriteria

Kriteria / Kriteria	Kejadian Masa Lalu	Vegetasi	Kelerengan	Curah Hujan	Jenis Tanah	Geologi
Kejadian Masa Lalu	1	3	3	5	7	7
Vegetasi	0,33	1	1	3	5	5
Kelerengan	0,33	1	1	3	5	5
Curah Hujan	0,20	0,33	0,33	1	3	3
Jenis Tanah	0,14	0,20	0,20	0,33	1	1
Geologi	0,14	0,20	0,20	0,33	1	1

Penilaian prioritas kriteria diatas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Pembobotan kriteria tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.13.

Bobot kejadian masa lalu lebih penting daripada kriteria lainnya. Sedangkan kerapatan vegetasi dan kelerengan adalah sama pentingnya. Bobot curah hujan lebih penting daripada jenis tanah dan geologi, serta bobot jenis tanah dan geologi sama pentingnya.

Angka 1 pada baris *Kejadian Masa Lalu* dan kolom *Kejadian Masa Lalu* menggambarkan tingkat kepentingan yang sama antara kriteria kejadian masa lalu dengan kriteria kejadian masa lalu di mana bobot kriterianya yaitu sebesar 25%. Pada baris *Kejadian Masa Lalu* dan kolom *Vegetasi* serta kolom *Kelerengan* diperoleh angka 3 pada masing-masing kolom karena kriteria vegetasi sama penting dengan kriteria kelerengan, di mana kedua kriteria tersebut memiliki masing-masing bobot sebesar 20% namun kriteria kejadian masa lalu sedikit lebih penting dari keduanya yang memiliki bobot kriteria sebesar 25%. Angka 5 pada baris *Kejadian Masa Lalu* dan kolom *Curah Hujan* menunjukkan kriteria kejadian masa lalu adalah lebih penting dari kriteria curah hujan karena kriteria kejadian masa lalu memiliki bobot 25% lebih besar dibandingkan dengan bobot kriteria curah hujan yang hanya sebesar 15%. Angka 7 pada baris *Kejadian Masa Lalu* pada kolom *Jenis Tanah* dan kolom *Geologi* menunjukkan bahwa kedua kolom tersebut mempunyai tingkat kepentingan yang sama di mana masing-masing kriteria tersebut mempunyai bobot sebesar 10% namun kriteria kejadian masa lalu mutlak lebih penting dari keduanya yang memiliki bobot lebih besar yaitu 25%. Sedangkan angka 0,33 pada baris *Vegetasi* dan kolom *Kejadian Masa Lalu* merupakan hasil perhitungan $1/\text{nilai}$ pada baris *Kejadian Masa Lalu* dan kolom *Vegetasi*. Angka-angka yang lainnya diperoleh dengan cara yang sama.

b. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Berikut adalah hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan yang diperlihatkan pada Tabel 3.17

Tabel 3. 17 Menghitung jumlah kolom tiap matriks

Kriteria / Kriteria	Kejadian Masa Lalu	Vegetasi	Kelerengan	Curah Hujan	Jenis Tanah	Geologi
Kejadian masa lalu	1	3	3	5	7	7
Vegetasi	0,33	1	1	3	5	5
Kelerengan	0,33	1	1	3	5	5
Curah Hujan	0,20	0,33	0,33	1	3	3
Jenis Tanah	0,14	0,20	0,20	0,33	1	1
Geologi	0,14	0,20	0,20	0,33	1	1
Jumlah	2,15	5,73	5,73	12,67	22,00	22,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Hasil normalisasi dapat dilihat pada Tabel 3.18

Tabel 3. 18 Normalisasi matriks perbandingan berpasangan

Kriteria / Kriteria	Kejadian Masa Lalu	Vegetasi	Kelerengan	Curah Hujan	Jenis Tanah	Geologi
Kejadian masa lalu	0,46	0,52	0,52	0,39	0,32	0,32
Vegetasi	0,15	0,17	0,17	0,24	0,23	0,23
Kelerengan	0,15	0,17	0,17	0,24	0,23	0,23
Curah Hujan	0,09	0,06	0,06	0,08	0,14	0,14
Jenis Tanah	0,07	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05
Geologi	0,07	0,03	0,03	0,03	0,05	0,05

c. Menghitung Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai CR \leq 0,1, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan berpasangan harus diulang kembali. Perhitungan nilai rasio konsistensi disajikan pada Tabel 3.19

Tabel 3. 19 Menghitung rasio konsistensi kriteria

	Jumlah	Prioritas	Hasil
Kejadian masa lalu	2,54	0,42	2,68
Vegetasi	1,20	0,20	1,24
Kelerengan	1,20	0,20	1,24
Curah Hujan	0,56	0,09	0,56
Jenis Tanah	0,25	0,04	0,26
Geologi	0,25	0,04	0,26

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 6,16$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,032$$

$$\text{RI5} = 1,24$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,025$$

Karena CR \leq 0,1 maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

2. Menentukan Prioritas Subkriteria

Perhitungan subkriteria dilakukan pada semua kriteria penentu tanah longsor. Terdapat 6 (enam) subkriteria dari masing-masing kriteria yang akan dihitung untuk menentukan nilai prioritasnya.

2.1 Menghitung Prioritas Subkriteria dari Kriteria Kejadian Masa Lalu

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Langkah ini sama seperti yang telah dilakukan pada Tabel 3.16, hasil dari matriks perbandingan berpasangan subkriteria kejadian masa lalu disajikan dalam Tabel 3.20 sebagai berikut:

Tabel 3. 20 Matriks perbandingan berpasangan sub-kejadian masa lalu

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1

Penilaian prioritas subkriteria di atas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Pembobotan subkriteria kejadian masa lalu dapat dilihat pada Tabel 3.21

Tabel 3. 21 Pembobotan subkriteria kejadian masa lalu (BAPPEDA, 2017)

Total Kejadian Tanah Longsor	Keterangan	Skor
≥ 19	Tinggi	3
$\geq 10 - \leq 18$	Sedang	2
≤ 9	Rendah	1

b. Normalisasi Matriks perbandingan berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan subkriteria kejadian masa lalu dapat dilihat pada Tabel 3.22

Tabel 3. 22 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-kejadian masa lalu

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Hasil normalisasi matriks subkriteria kejadian masa lalu dapat dilihat pada Tabel 3.23

Tabel 3. 23 Normalisasi matriks sub-kejadian masa lalu

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	0,65	0,69	0,56
Sedang	0,22	0,23	0,33
Rendah	0,13	0,08	0,11

c. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai CR \leq 0,1, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan berpasangan harus diulang kembali. Perhitungan nilai rasio konsistensi subkriteria kejadian masa lalu dapat dilihat pada table 3.24

Tabel 3. 24 Menghitung rasio konsistensi sub-kejadian masa lalu

Subkriteria	Jumlah	Prioritas	Hasil
Tinggi	1,90	0,63	1,95
Sedang	0,78	0,26	0,79
Rendah	0,32	0,11	0,32

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 3,04$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,019$$

$$\text{RI5} = 0,58$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,033$$

Karena $\text{CR} \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima

2.2 Menghitung Prioritas Subkriteria dari Kriteria Kerapatan Vegetasi

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Langkah ini sama seperti yang telah dilakukan pada Tabel 3.16, hasil dari matriks perbandingan berpasangan subkriteria kerapatan vegetasi dapat dilihat pada Tabel 3.25

Tabel 3. 25 Matriks perbandingan berpasangan sub-kerapatan vegetasi

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1

Penilaian prioritas subkriteria diatas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor.

Pembobotan subkriteria vegetasi dapat dilihat pada Tabel 3.26

Tabel 3. 26 Pembobotan subkriteria kerapatan vegetasi (BAPPEDA, 2017)

Klasifikasi Lahan	Keterangan	Skor
Batuan dan lahan kosong	Tinggi	3
Padang rumput dan semak belukar	Sedang	2
Hutan	Rendah	1

b. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan subkriteria vegetasi dapat dilihat pada Tabel 3.27

Tabel 3. 27 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-kerapatan vegetasi

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Berikut adalah hasil dari normalisasi matriks subkriteria vegetasi diperlihatkan pada Tabel 3.28

Tabel 3. 28 Normalisasi matriks sub-kepadatan vegetasi

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	0,65	0,69	0,56
Sedang	0,22	0,23	0,33
Rendah	0,13	0,08	0,11

c. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai $CR \leq 0,1$, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan berpasangan harus diulang kembali. Rasio konsistensi kepadatan vegetasi dapat dilihat pada Tabel 3.29

Tabel 3. 29 Menghitung rasio konsistensi sub-kepadatan vegetasi

Subkriteria	Jumlah	Prioritas	Hasil
Tinggi	1,90	0,63	1,95
Sedang	0,78	0,26	0,79
Rendah	0,32	0,11	0,32

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 3,04$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,019$$

$$\text{RI5} = 0,58$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,033$$

Karena $\text{CR} \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

2.3 Menghitung Prioritas Subkriteria dari Kriteria Kelerengan

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Langkah ini sama seperti yang telah dilakukan pada Tabel 3.16, Hasil dari matriks perbandingan berpasangan subkriteria kelerengan dapat dilihat pada Tabel 3.30 sebagai berikut:

Tabel 3. 30 Matriks perbandingan berpasangan sub-kelerengan

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1

Penilaian prioritas subkriteria diatas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Pembobotan subkriteria kelerengan dapat dilihat pada Tabel 3.31

Tabel 3. 31 Pembobotan subkriteria kelerengan (BAPPEDA, 2017)

Kelerengan (%)	Keterangan	Skor
> 40	Tinggi	3
$\geq 26 - \leq 40$	Sedang	2
≤ 25	Rendah	1

b. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan subkriteria kelerengan dapat dilihat pada Tabel 3.32

Tabel 3. 32 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-kelerengan

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Hasil dari normalisasi matriks subkriteria kelerengan dapat dilihat pada Tabel 3.33

Tabel 3. 33 Normalisasi matriks sub-kelerengan

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	0,65	0,69	0,56
Sedang	0,22	0,23	0,33
Rendah	0,13	0,08	0,11

c. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai CR \leq 0,1, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan

berpasangan harus diulang kembali. Hasil perhitungan rasio konsistensi subkriteria kelerengan dapat dilihat pada Tabel 3.34

Tabel 3. 34 Menghitung rasio konsistensi sub-kelerengan

Subkriteria	Jumlah	Prioritas	Hasil
Tinggi	1,90	0,63	1,95
Sedang	0,78	0,26	0,79
Rendah	0,32	0,11	0,32

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 3,04$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,019$$

$$\text{RI5} = 0,58$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,033$$

Karena $\text{CR} \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

2.4 Menghitung Prioritas Subkriteria dari Kriteria Curah Hujan

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Langkah ini sama seperti yang telah dilakukan pada Tabel 3.16, hasil dari matriks perbandingan berpasangan subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.35 sebagai berikut:

Tabel 3. 35 Matriks perbandingan berpasangan sub-curah hujan

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1

Penilaian prioritas subkriteria diatas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Pembobotan subkriteria curah hujan tersebut dapat dilihat pada Tabel 3.36

Tabel 3. 36 Pembobotan subkriteria curah hujan (BAPPEDA, 2017)

Curah Hujan (mm/tahun)	Keterangan	Skor
> 2250	Tinggi	3
2001 – 2250	Sedang	2
1750 – 2000	Rendah	1

b. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.37

Tabel 3. 37 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-curah hujan

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Hasil normalisasi subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.38 sebagai berikut:

Tabel 3. 38 Normalisasi matriks sub-curah hujan

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	0,65	0,69	0,56
Sedang	0,22	0,23	0,33
Rendah	0,13	0,08	0,11

c. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai $CR \leq 0,1$, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan berpasangan harus diulang kembali. Hasil perhitungan rasio konsistensi subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.39

Tabel 3. 39 Menghitung rasio konsistensi sub-curah hujan

Subkriteria	Jumlah	Prioritas	Hasil
Tinggi	1,90	0,63	1,95
Sedang	0,78	0,26	0,79
Rendah	0,32	0,11	0,32

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 3,04$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,019$$

$$\text{RI5} = 0,58$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,033$$

Karena $\text{CR} \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

2.5 Menghitung Prioritas Subkriteria dari Kriteria Jenis Tanah

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Langkah ini sama seperti yang telah dilakukan pada Tabel 3.16, hasil dari matriks perbandingan berpasangan subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.40 sebagai berikut:

Tabel 3. 40 Matriks perbandingan berpasangan sub-jenis tanah

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1

Penilaian prioritas subkriteria diatas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Pembobotan subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.41 sebagai berikut:

Tabel 3. 41 Pembobotan subkriteria jenis tanah (BAPPEDA, 2017)

Jenis tanah	Kepekaan	Keterangan	Skor
Litosol	Sangat Peka	Tinggi	3
Andosol	Peka	Sedang	2
Non Calcic Brown	Agak Peka	Rendah	1

b. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.42

Tabel 3. 42 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-jenis tanah

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Hasil dari normalisasi matriks subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.43 sebagai berikut:

Tabel 3. 43 Normalisasi matriks sub-jenis tanah

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	0,65	0,69	0,56
Sedang	0,22	0,23	0,33
Rendah	0,13	0,08	0,11

c. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai CR \leq 0,1, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan

berpasangan harus diulang kembali. Hasil perhitungan nilai rasio konsistensi subkriteria curah hujan dapat dilihat pada Tabel 3.44

Tabel 3. 44 Menghitung rasio konsistensi sub-jenis tanah

Subkriteria	Jumlah	Prioritas	Hasil
Tinggi	1,90	0,63	1,95
Sedang	0,78	0,26	0,79
Rendah	0,32	0,11	0,32

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 3,04$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,019$$

$$\text{RI5} = 0,58$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,033$$

Karena $\text{CR} \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

2.6 Menghitung Prioritas Subkriteria dari Kriteria Formasi Geologi

a. Membuat Matriks Perbandingan Berpasangan

Langkah ini sama seperti yang telah dilakukan pada Tabel 3.16, hasil dari matriks perbandingan berpasangan subkriteria geologi dapat dilihat pada Tabel 3.45 sebagai berikut:

Tabel 3. 45 Matriks perbandingan berpasangan sub-geologi

Subkriteria/ Subkriteria	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1

Penilaian prioritas subkriteria diatas merujuk pada pembobotan yang telah dilakukan oleh BAPPEDA Kota Batu terhadap tingkat kerawanan tanah longsor. Pembobotan subkriteria subkriteria geologi dapat dilihat pada Tabel 3.46 sebagai berikut:

Tabel 3. 46 Pembobotan subkriteria geologi (BAPPEDA, 2017)

Jenis geologi	Keterangan	Skor
QPAT (Batuan Gunung Api Anjasmara Tua), QPVA (Batuan Gunung Api Anjasmara Muda)	Tinggi	3
QVAW (Batuan Gunung Api Arjuna – Welirang)	Sedang	2
QPKB (Batuan Gunung Api Kawi – Butak) QVP (Batuan Gunung Api Kwarter Atas atau Panderman)	Rendah	1

b. Normalisasi Matriks Perbandingan Berpasangan

Normalisasi dilakukan dengan cara membagi setiap nilai pada kolom matrik dengan hasil penjumlahan kolom yang bersesuaian. Hasil jumlah masing-masing kolom pada matriks perbandingan berpasangan subkriteria geologi dapat dilihat pada table 3.47

Tabel 3. 47 Menghitung jumlah kolom tiap matriks sub-geologi

Sub / Sub	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	1	3	5
Sedang	0,33	1	3
Rendah	0,20	0,33	1
Jumlah	1,53	4,33	9,00

Setelah mengetahui hasil jumlah dari masing-masing kolom tiap matriks, langkah selanjutnya yaitu melakukan normalisasi matriks dengan cara membagi masing-masing elemen matriks dengan hasil jumlah. Hasil dari normalisasi matriks subkriteria geologi dapat dilihat pada table 3.48

Tabel 3. 48 Normalisasi matriks sub-geologi

Sub / Sub	Tinggi	Sedang	Rendah
Tinggi	0,65	0,69	0,56
Sedang	0,22	0,23	0,33
Rendah	0,13	0,08	0,11

c. Perhitungan Rasio Konsistensi

Rasio konsistensi ini digunakan untuk memastikan apakah nilai CR $\leq 0,1$, jika ternyata lebih besar dari 0,1 maka matriks perbandingan perbandingan berpasangan harus diulang kembali. Hasil perhitungan nilai rasio konsistensi subkriteria geologi dapat dilihat pada table 3.49

Tabel 3. 49 Menghitung rasio konsistensi sub-geologi

Subkriteria	Jumlah	Prioritas	Hasil
Tinggi	1,90	0,63	1,95
Sedang	0,78	0,26	0,79
Rendah	0,32	0,11	0,32

Nilai pada kolom jumlah diperoleh dari total baris pada matriks yang telah dinormalisasi, sedangkan nilai pada kolom prioritas diperoleh dari nilai matriks tiap baris pada kolom jumlah dibagi dengan banyaknya kriteria serta pada kolom hasil

didapatkan dari hasil perkalian dari prioritas dengan matriks perbandingan berpasangan yang bersesuaian.

$$\text{Eigen/ } \lambda_{\text{maks}} = (\text{hasil/prioritas})/n = 3,04$$

$$\text{CI} = (\lambda_{\text{maks}} - n) / n - 1 = 0,019$$

$$\text{RI5} = 0,58$$

$$\text{CR} = \text{CI}/\text{RI} = 0,033$$

Karena $\text{CR} \leq 0,1$ maka rasio konsistensi dari perhitungan tersebut bisa diterima.

3. Menghitung Hasil Tingkat Kerawanan Tanah Longsor

Untuk menghitung nilai kerawanan tanah longsor menggunakan metode AHP yaitu dengan cara mengalikan bobot kriteria dengan bobot subkriteria.

Tahap awal yang dilakukan yaitu menyiapkan data yang dibutuhkan, dalam hal ini yaitu data kriteria, subkriteria, kecamatan dan kelurahan. Data curah hujan terlebih dahulu diprediksi untuk mendapatkan prakiraan intensitas curah hujan yang akan terjadi dimasa mendatang menggunakan metode *double exponential smoothing*. Setelah itu menginputkan nama kriteria, nama subkriteria, kecamatan dan kelurahan. Data kriteria dan subkriteria serta hasil dari prediksi curah hujan diproses menggunakan metode *analytical hierarchy process* untuk mendapatkan nilai bobot prioritas pada masing-masing kriteria maupun subkriteria. Selanjutnya melakukan proses penilaian subkriteria pada masing-masing kelurahan dan desa. Menemukan nilai mayoritas subkriteria dari masing-masing kelurahan dan desa. Nilai mayoritas tersebut sebagai acuan dalam melakukan perkalian bobot kriteria dan subkriterianya. Setelah itu menentukan tingkat kerawanan tanah longsor

dengan cara hasil kali bobot kriteria dengan bobot subkriteria yang bersesuaian berdasarkan nilai mayoritas yang diperoleh.

Untuk memudahkan pemahaman mengenai proses prediksi tanah longsor, berikut disajikan contoh study kasus proses perhitungan kerawanan tanah longsor pada kelurahan A, B dan C yang diperlihatkan pada Tabel 3.50

Tabel 3. 50 Contoh penilaian kejadian tanah longsor masa lalu

Kel / Desa	Total Kejadian Longsor
A	5
B	24
C	0

Setelah mengetahui nilai total kejadian tanah longsor masa lalu pada tiap kelurahan, kemudian mengalikan bobot kriteria dengan bobot subkriteria sebagai berikut:

$$\text{Hasil Kali Kel. A} = 0,42 \times 0,11 = 0,0462$$

$$\text{Hasil Kali Kel. B} = 0,42 \times 0,63 = 0,2646$$

$$\text{Hasil Kali Kel. C} = 0,42 \times 0,11 = 0,0462$$

Nilai bobot kriteria 0,42 diperoleh dari nilai prioritas kejadian masa lalu pada perhitungan AHP (Tabel 3.18), sedangkan nilai 0,11, 0,63 dan 0,11 diperoleh dari nilai prioritas subkriteria kejadian masa lalu (Tabel. 3.23).

Langkah tersebut diulang untuk subkriteria kerapatan vegetasi dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.51, subkriteria kelerengan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.52, subkriteria jenis tanah dapat dilihat pada Tabel 3.53 dan subkriteria geologi dapat dilihat pada Tabel 3.54

Tabel 3. 51 Contoh penilaian kerapatan vegetasi tiap kelurahan dan desa

Kel / Sub	Kerapatan Vegetasi (Hectare)		
	Batuan dan lahan kosong	Padang rumput dan semak belukar	Hutan
A	4,38	215,99	770,17
B	0,79	130,06	553,06
C	3,34	122,68	497,97

Setelah diketahui nilai vegetasi tiap kelurahan, kemudian menentukan kerapatan vegetasi yang memiliki nilai mayoritas pada masing-masing kelurahan. Selanjutnya melakukan perkalian bobot kriteria dengan bobot subkriteria kerapatan vegetasi sebagai berikut:

$$\text{Hasil Kali Kel. A} = 0,20 \times 0,11 = 0,022$$

$$\text{Hasil Kali Kel. B} = 0,20 \times 0,11 = 0,022$$

$$\text{Hasil Kali Kel. C} = 0,20 \times 0,11 = 0,022$$

Tabel 3. 52 Contoh penilaian kelerengan tiap kelurahan dan desa

Kel / Sub	Kelerengan (Hectare)		
	Sangat Curam (> 40)	Curam (16 – 40)	Datar-Landai (0 – 15)
A	243,69	154,58	592,26
B	343,72	125,84	214,34
C	71,71	117,32	434,97

Langkah penilaian subkriteria kelerengan sama seperti yang telah dijelaskan pada

Tabel 3.49. Hasil penilaian subkriteria kelerengan sebagai berikut:

Hasil Kali Kel. A = $0,20 \times 0,11 = 0,022$

Hasil Kali Kel. B = $0,20 \times 0,26 = 0,126$

Hasil Kali Kel. C = $0,20 \times 0,11 = 0,022$

Tabel 3. 53 Contoh penilaian jenis tanah tiap kelurahan dan desa

Kel / Sub	Jenis Tanah (Hectare)		
	Litosol	Andosol	Non Calcic Brown
A	876,60	96,77	0
B	683,57	0	0
C	624,00	0	0

Langkah penilaian subkriteria jenis tanah sama seperti yang telah dijelaskan pada

Tabel 3.50. Hasil penilaian subkriteria jenis tanah sebagai berikut:

Hasil Kali Kel. A = $0,04 \times 0,63 = 0,0252$

Hasil Kali Kel. B = $0,04 \times 0,63 = 0,0252$

Hasil Kali Kel. C = $0,04 \times 0,63 = 0,0252$

Tabel 3. 54 Contoh penilaian geologi tiap kelurahan dan desa

Kel / Sub	Geologi (Hectare)		
	QPAT, QPVA	QVAW	QPKB, QVP
A	0	990,53	0
B	683,90	0	0
C	0	624,00	0

Langkah penilaian subkriteria geologi sama seperti yang telah dijelaskan pada

Tabel 3.50. Hasil penilaian subkriteria geologi sebagai berikut:

Hasil Kali Kel. A = $0,04 \times 0,26 = 0,0104$

Hasil Kali Kel. B = $0,04 \times 0,63 = 0,0252$

Hasil Kali Kel. C = $0,04 \times 0,26 = 0,0104$

Perhitungan pada kriteria curah hujan sama saja dengan perhitungan sebelumnya, yaitu data hasil prediksi curah hujan pada tiap stasiun pantau hujan diproses menggunakan metode AHP sebagai inputan. Data curah hujan pada masing-masing kelurahan dapat dilihat pada Tabel 3.55

Tabel 3. 55 Contoh hasil prediksi curah hujan

No.	Kelurahan	Curah Hujan
1.	A	1853
2.	B	2394
3.	C	1853

Untuk pengklasifikasian jumlah curah hujan menjadi bobot subkriteria yang ada, maka perlu diubah menjadi rentang yang diperlihatkan pada Tabel 3.56 sebagai berikut:

Tabel 3. 56 Klasifikasi curah hujan

Intensitas Curah Hujan (mm/tahun)	Keterangan
≥ 2250	Tinggi
2001 – 2250	Sedang
1750 -2000	Rendah

Setelah diketahui jumlah intensitas curah hujan pada tiap kelurahan, selanjutnya mengalikan bobot kriteria dengan bobot subkriteria sebagai berikut:

Hasil kali Kel. A = $0,09 \times 0,11 = 0,0099$

Hasil kali Kel. B = $0,09 \times 0,63 = 0,0567$

Hasil kali Kel. C = $0,09 \times 0,11 = 0,0099$

Nilai bobot kriteria 0,09 diperoleh dari nilai prioritas curah hujan pada perhitungan AHP (Tabel 3.19), sedangkan nilai 0,11, 0,63 dan 0,11 diperoleh dari nilai prioritas subkriteria curah hujan (Tabel 3.39).

Setelah diketahui hasil penilaian subkriteria pada masing-masing kelurahan, selanjutnya hasil tersebut dijumlahkan dengan subkriteria lain pada masing-masing kelurahan. Hasil dari penjumlahan subkriteria penilaian kelurahan / desa ditunjukkan pada Tabel 3.57 sebagai berikut:

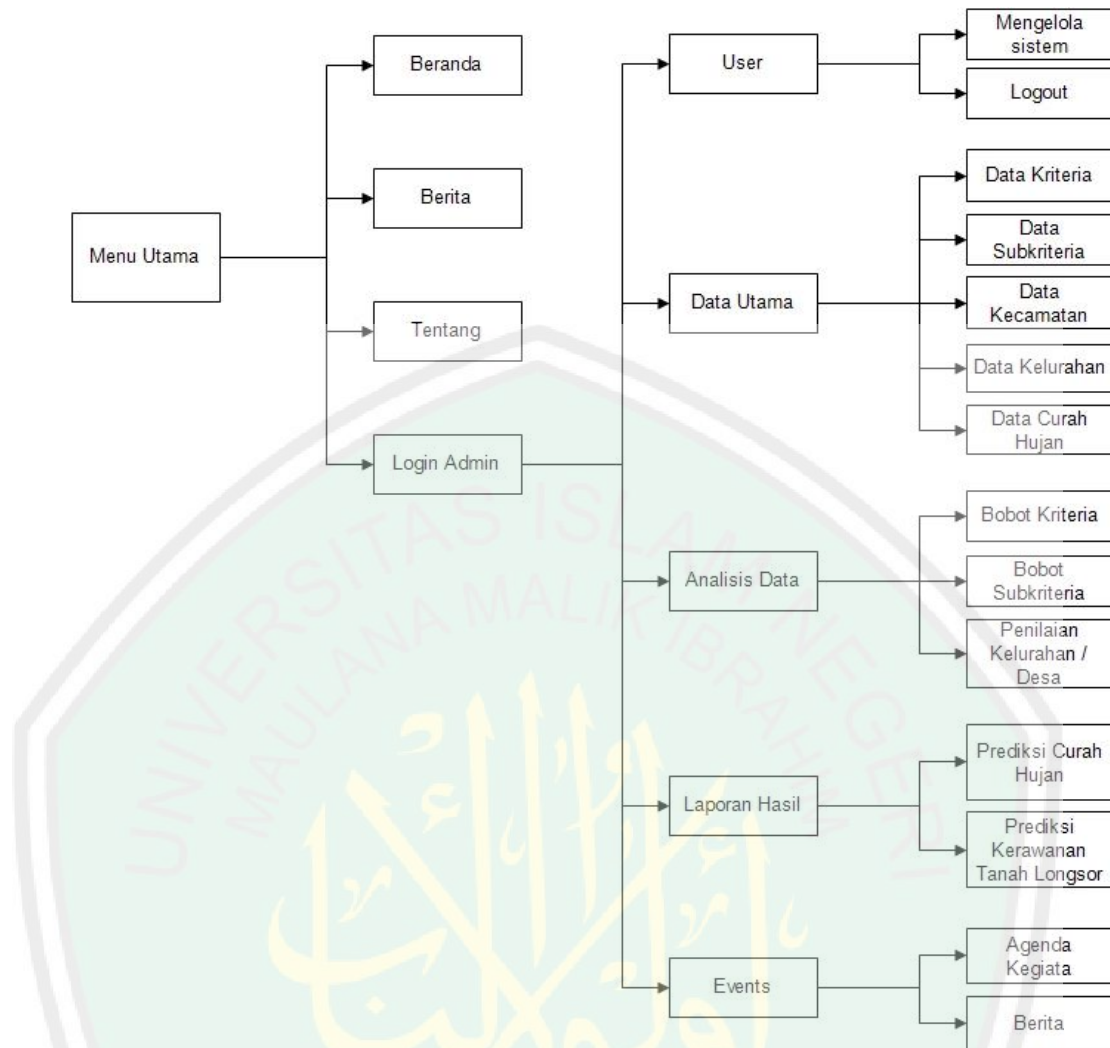
Tabel 3. 57 Hasil skor kerawanan

Kel. / Kri	Kejadian masa lalu	Vegetasi	Kelerengannya	Curah Hujan	Jenis Tanah	Geologi	Total
A	0,046	0,022	0,022	0,010	0,025	0,010	0,14
B	0,265	0,022	0,126	0,057	0,025	0,025	0,52
C	0,046	0,022	0,022	0,010	0,025	0,010	0,14

Pada kolom total jika nilai yang diperoleh semakin besar maka tingkat kerawanan tanah longsornya juga semakin tinggi, begitupun sebaliknya.

3.2 Struktur Program

Struktur program spk prediksi tingkat kerawanan tanah longsor dapat dilihat pada Gambar 3.26



Gambar 3. 26 Struktur Program SPK Tingkat Kerawanan Tanah Longsor

Berikut ini adalah penjelasan mengenai komponen-komponen dari struktur program di atas, yaitu:

1. Menu Utama

Menu utama berfungsi untuk mengaktifkan komponen-komponen yang ada di menu utama antara lain beranda, berita, tentang dan login.

2. Beranda

Merupakan menu yang pertama kali ditampilkan saat guest atau pengunjung membuka aplikasi ini. Pada menu ini akan ditampilkan sebuah peta kota batu yang berisi informasi mengenai tingkat kerawanan tanah longsor, di mana pengunjung dapat melihat tingkat kerawanannya berdasarkan pilihan yg telah disediakan oleh sistem.

3. Berita

Pada menu ini akan ditampilkan berita-berita bencana alam yang terjadi di Kota Batu dan sekitarnya secara *up to date* sehingga pengunjung tidak hanya dapat melihat peta kerawanan tanah longsor tetapi juga bisa memperoleh informasi seputar berita bencana alam.

4. Tentang

Halaman ini menampilkan informasi mengenai fungsi aplikasi bagi pengunjung serta informasi kontak penghubung.

5. Login Admin

Halaman yang digunakan oleh admin untuk dapat masuk ke dalam sistem melalui hak akses yang telah tersedia.

6. Halaman Admin

Merupakan halaman paling penting dalam aplikasi ini karena halaman inilah yang digunakan oleh admin untuk mengelola sistem. Pengelolaan aplikasi yang dilakukan admin diantaranya melakukan proses perhitungan dengan metode *double exponential smoothing* untuk memprediksi curah hujan, proses perhitungan metode *analytical hierarchy process* untuk pemetaan kerawanan tanah longsor, mengatur

agenda kegiatan serta mengolah berita yang akan di tampilkan di halaman pengunjung.

3.3 Perancangan Basis Data

Perancangan basis data merupakan salah satu komponen yang penting dalam sistem informasi karena merupakan basis dalam menyediakan informasi bagi para pemakai. Penerapan basis data dalam sistem informasi disebut juga dengan sistem basis data (*database system*).

Dalam pembuatan aplikasi SPK Prediksi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor dibutuhkan sebuah basis data untuk pengelolaan data informasi yang berkaitan dengan sistem yang dibangun. Disini peneliti menggunakan MYSQL sebagai system manajemen basis data (DBMS). Nama basis data dalam tugas akhir ini yaitu prediksi_longsor yang mempunyai 12 Tabel diantaranya yaitu : tb_admin, tb_kriteria, tb_subkriteria, tb_kecamatan, tb_kelurahan, tb_ch_real, tb_stasiun_hujan, tb_penilaian, tb_prediksi_ch, tb_prediksi_tl, tb_event dan tb_berita. Berikut adalah masing-masing struktur Tabel yang ada di database prediksi_longsor.

a. Tabel Admin

Tabel 3. 58 Tabel admin

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_admin	Int (11)	Primary Key
2.	Username	Varchar (50)	
3.	Password	Varchar (50)	

b. Tabel Kriteria

Tabel 3. 59 Tabel kriteria

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_kriteria	Int (11)	Primary Key
2.	Nama_kriteria	Varchar (225)	
3.	Jumlah_kriteria	Double	
4.	Bobot_kriteria	Double	
5.	Posisi	Int (11)	

c. Tabel Subkriteria

Tabel 3. 60 Tabel subkriteria

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_subkriteria	Int (11)	Primary Key
2.	Id_kriteria	Int (11)	Foreign Key
3.	Nama_subkriteria	Varchar (225)	
4.	Jumlah_subkriteria	Double	
5.	Bobot_subkriteria	Double	

d. Tabel Kecamatan

Tabel 3. 61 Tabel kecamatan

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_kecamatan	Int (11)	Primary Key
2.	Nama_kecamatan	Varchar (225)	

e. Tabel Kelurahan

Tabel 3. 62 Tabel kelurahan

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_kelurahan	Int (11)	Primary Key
2.	Id_kecamatan	Int (11)	Foreign Key
3.	Id_stasiun	Int (11)	Foreign Key
4.	Nama_kelurahan	Varchar (225)	

f. Tabel Curah Hujan Real

Tabel 3. 63 Tabel curah hujan real

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_ch_real	Int (11)	Primary Key
2.	Id_stasiun	Int (11)	Foreign Key
3.	Jumlah_ch	Int (11)	
4.	Bulan	Int (11)	
5.	Tahun	Varchar (5)	

g. Tabel Stasiun Hujan

Tabel 3. 64 Tabel stasiun hujan

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_stasiun	Int (11)	Primary Key
2.	Nama_stasiun	Varchar (225)	

h. Tabel Penilaian

Tabel 3. 65 Tabel penilaian

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_penilaian	Int (11)	Primary Key
2.	Id_kelurahan	Int (11)	Foreign Key
3.	Id_kriteria	Int (11)	Foreign Key
4.	Id_subkriteria	Int (11)	Foreign Key
5.	Nilai	Double	

i. Tabel Prediksi Curah Hujan

Tabel 3. 66 Tabel prediksi curah hujan

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_prediksi_ch	Int (11)	Primary Key
2.	Id_stasiun	Int (11)	Foreign Key
3.	Jumlah_ch	Int (11)	
4.	Bulan	Int (11)	
5.	Tahun	Varchar (5)	

j. Tabel Prediksi Tanah Longsor

Tabel 3. 67 Tabel prediksi tanah longsor

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_prediksi_tl	Int (11)	Primary Key
2.	Id_kelurahan	Int (11)	Foreign Key
3.	Skor_bobot	Double	
4.	Keterangan	Varchar (225)	

k. Tabel Kegiatan / Event

Tabel 3. 68 Tabel kegiatan

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id	Int (11)	Primary Key
2.	Title	Varchar (225)	
3.	Content	Text	
4.	Start	Datetime	
5.	End	Datetime	
6.	Created_at	Datetime	
7.	Updated_at	Datetime	

l. Tabel Berita

Tabel 3. 69 Tabel berita

No	Nama	Nilai	Keterangan
1.	Id_berita	Int (11)	Primary Key
2.	Judul_berita	Varchar (225)	
3.	Isi_berita	Text	
4.	Tanggal_terbit	Date	
5.	Gambar_berita	Text	

BAB IV

UJI COBA DAN PEMBAHASAN

4.1 Langkah-langkah Uji Coba

Ujicoba merupakan tahapan evaluasi terhadap aplikasi yang telah dibangun, adapun langkah-langkah dalam uji coba sistem sebagai berikut:

a. Menentukan nilai prioritas kriteria AHP

Input bobot kriteria AHP yaitu membentuk matriks perbandingan berpasangan berdasarkan skala preferensi yang telah dijelaskan pada Tabel 2.2.

Halaman input bobot kriteria AHP ditunjukkan pada Gambar 4.1

	KEJADIAN MASA LALU	VEGETASI	KELETERANGAN	CURAH HUJAN	JENIS TANAH	GEOLOGI
Kejadian Masa Lalu	1	3	3	5	7	7
Vegetasi		1	1	3	5	5
Kelerengan			1	3	5	5
Curah Hujan				1	3	3
Jenis Tanah					1	1
Geologi						1

Gambar 4. 1 Input Bobot Kriteria AHP

Setelah selesai membentuk matriks perbandingan berpasangan, selanjutnya sistem akan menghitung nilai rasio konsistensi. Proses perhitungan AHP ini telah dijelaskan pada blok diagram Gambar 3.17. Jika nilai rasio konsistensi $\leq 0,1$ maka hasil tersebut dapat dibenarkan dan sebaliknya. Hasil dari perhitungan AHP ini yang akan disimpan ke database adalah nilai prioritasnya, di mana nilai tersebut

nantinya akan digunakan untuk menghitung kerawanan tanah longsor. Adapun tampilan hasil dari nilai rasio konsistensi dapat dilihat pada Gambar 4.2

JUMLAH	PRIORITAS(DH/L/N)	HASIL KALI
2.54	0.42	2.68
1.2	0.2	1.24
1.2	0.2	1.24
0.56	0.09	0.56
0.25	0.04	0.26
0.25	0.04	0.26

HASIL	
Nilai Eigen	6.157
CI = (maks-n)/n-1	0.031
RI	1.24
CR = CI/RI	0.025

Perhitungan AHP dapat dibenarkan / KONSISTEN

Gambar 4. 2 Nilai Prioritas Kriteria

b. Menentukan nilai prioritas subkriteria AHP

Dalam menentukan nilai prioritas subkriteria langkah yang dilakukan sama halnya dengan menentukan nilai prioritas kriteria. Berikut adalah hasil dari nilai prioritas subkriteria kejadian masalalu yang ditunjukkan pada Gambar 4.3

JUMLAH	PRIORITAS(DH/L/N)	HASIL KALI
1.9	0.63	1.95
0.78	0.26	0.79
0.32	0.11	0.32

HASIL	
Nilai Eigen	3.038
CI = (maks-n)/n-1	0.019
RI	0.58
CR = CI/RI	0.033

Perhitungan AHP dapat dibenarkan / KONSISTEN

Gambar 4. 3 Nilai Prioritas Subkriteria Kejadian Masa Lalu

Hasil nilai prioritas untuk subkriteria kelerengan, vegetasi, curah hujan, geologi dan jenis tanah sama seperti subkriteria kejadian masa lalu karena keenam kriteria tersebut memiliki jumlah subkriteria yang sama.

c. Melakukan penilaian subkriteria pada kelurahan dan desa

Setelah diketahui nilai prioritas kriteria dan subkriteria, langkah selanjutnya yaitu melakukan penilaian subkriteria kelurahan dan desa. Penilaian ini dilakukan berdasarkan data real yang berada di BAPPEDA. Penilaian ini berupa kejadian tanah longsor pada masing-masing kelurahan dan desa, luas jumlah kerapatan vegetasi, luas wilayah berdasarkan klasifikasi kelerengan, luas jenis tanah yang berada pada tiap kelurahan dan desa serta luas daerah berdasarkan jenis batuan penyusunnya. Tampilan form penilaian subkriteria kelurahan dan desa ditunjukkan pada Gambar 4.4

Kriteria	Subkriteria	Luas
Jenis Tanah	Litosol	0,34
	Andosol	5,56
	Non Calcic Brown	67,23
Geologi	QPA1, QPA	0
	QPAW	96,96
	QPKL, QPK	1594,53
Vegetasi	Batuhan dan Lahan Kosong	0
	Padang Rumput dan Semak Belukar	10,43

Gambar 4. 4 Form Penilaian Subkriteria Kelurahan Dan Desa

Setelah selesai melakukan penilaian, sistem akan menentukan nilai mayoritas subkriteria pada masing-masing kelurahan dan desa. Nilai mayoritas tersebut dijadikan acuan dalam perkalian bobot bobot kriteria dengan bobot subkriteria yang sebelumnya telah dijelaskan pada Tabel 3.50

d. Hasil Prediksi Kerawanan Tanah longsor

Setelah langkah-langkah sebelumnya selesai dijalankan, maka sistem akan memberikan hasil prediksi kerawanan tanah longsor pada masing-masing kelurahan

dan desa. Terdapat tiga tingkat kerawanan tanah longsor yaitu rendah, sedang dan tinggi. Penentuan tingkat kerawanan dihitung berdasarkan nilai skala kerawanan ahp yang perlihatkan pada Tabel 4.3. Adapun tampilan halaman hasil prediksi tingkat kerawanan tanah longsor ditunjukkan pada Gambar 4.5 sebagai berikut:

NAMA KECERAWANAN	TOTAL NILAI	KETERANGAN
Oro oro Ombo	0.13	Kerawanan Rendah
Pesanggrahan	0.13	Kerawanan Rendah
Sidomulyo	0.18	Kerawanan Rendah
Sumberejo	0.2	Kerawanan Rendah
Ngaglik	0.11	Kerawanan Rendah
Sisir	0.16	Kerawanan Rendah
Songgokerto	0.35	Kerawanan Sedang
Temas	0.24	Kerawanan Rendah
Kabupaten	0.31	Kerawanan Rendah

Gambar 4. 5 Hasil Prediksi Kerawanan Tanah Longsor

4.2 Pembahasan

Pengujian aplikasi SPK Prediksi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor ini diuji coba pada semua kelurahan dan desa yang ada di Kota Batu. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur tingkat akurasi dalam memprediksi terjadinya tanah longsor.

Dalam proses peramalan tentunya mengandung unsur ketidakpastian atau biasa disebut dengan unsur kesalahan (*error*), dari unsur kesalahan tersebutlah dapat diketahui apakah suatu metode yang digunakan mampu menghasilkan akurasi yang baik atau tidak. MAPE merupakan ukuran ketepatan relatif yang digunakan untuk mengetahui persentase penyimpangan hasil ramalan dengan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |PE_i|$$

Galat persentase (percentage error):

$$PE_t = \left(\frac{X_t - F_t}{X_t} \right) \times 100\%$$

Berikut adalah hasil perhitungan MAPE pada metode *double exponential smoothing* untuk meramalkan data curah hujan bulanan pada 7 (tujuh) stasiun di Kota Batu yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2

Tabel 4. 1 Nilai MAPE pada Stasiun Ngaglik, Temas, Sidomulyo dan Ngujung

No	Bulan	MAPE			
		Ngaglik	Temas	Sidomulyo	Ngujung
1.	Januari	5,55%	5,61%	4,61%	3,35%
2.	Februari	6,38%	6,78%	10,20%	8,28%
3.	Maret	5,12%	7,58%	9,73%	3,51%
4.	April	12,41%	9,71%	11,69%	7,34%
5.	Mei	8,07%	15,83%	10,43%	7,86%
6.	Juni	35,40%	22,05%	19,76%	32,11%
7.	Juli	10,24%	11,59%	6,41%	6,18%
8.	Agustus	6,37%	6,63%	4,86%	6,62%
9.	September	3,13%	21,97%	23,47%	6,18%
10.	Oktober	22,48%	8,82%	8,94%	7,22%
11.	November	3,28%	6,23%	8,81%	7,70%
12.	Desember	7,16%	5,47%	3,47%	5,11%
	Kalkulasi Error	10,47%	10,70%	10,20%	8,50%

Tabel 4. 2 Nilai MAPE pada Stasiun Junggo, Pendem dan Tlekung

No	Bulan	MAPE		
		Junggo	Pendem	Tlekung
1.	Januari	6,20%	5,10%	5,24%
2.	Februari	6,77%	6,71%	5,76%
3.	Maret	6,30%	6,20%	8,05%
4.	April	10,80%	5,97%	18,54%
5.	Mei	12,97%	17,11%	4,28%
6.	Juni	16,33%	27,15%	26,47%
7.	Juli	4,16%	4,11%	4,38%
8.	Agustus	12,08%	7,66%	5,20%
9.	September	20,07%	12,02%	12,04%
10.	Oktober	10,15%	15,45%	8,59%
11.	November	3,71%	5,25%	6,16%
12.	Desember	4,60%	5,87%	4,72%
	Kalkulasi Error	9,50%	9,88%	9,11%

Peramalan curah hujan pada stasiun Ngaglik mempunyai rata-rata MAPE sebesar 10,47%, stasiun Temas sebesar 10,70%, stasiun Sidomulyo sebesar 10,20%, stasiun Ngujung sebesar 8,50%, stasiun Junggo sebesar 9,50%, stasiun Pendem sebesar 9,88% dan stasiun Tlekung sebesar 9,11%. Rata-rata MAPE pada 7 (tujuh) stasiun yaitu 9,77% atau dapat disimpulkan bahwa rata-rata MAPE tiap stasiun yaitu sebesar 10%. Nilai MAPE rata-rata terbesar yaitu pada bulan Juni karena pada bulan tersebut terjadi pergantian musim hujan ke kemarau, sehingga intensitas curah hujan semakin sedikit. Selisih jumlah curah hujan dari pergantian musim tersebutlah yang mengakibatkan nilai error yang dihasilkan cukup tinggi pula. Selain itu juga dipengaruhi oleh penentuan nilai α dan β dalam metode *Double Exponential Smoothing*.

Pengujian yang kedua adalah mengukur akurasi dari metode *analytical hierarchy process* dengan cara membandingkan hasil prediksi tanah longsor yang menggunakan data kriteria tahun 2017 dengan hasil kerawanan tanah longsor yang menggunakan data kriteria tahun 2010. Perbandingan hasil prediksi dengan hasil kerawanan dimasalalu inilah yang dinamakan *back prediction*.

Dalam menentukan tingkat kerawanan tanah longsor tiap kelurahan dan desa digunakan skala kerawanan AHP, di mana penentuan nilai skala tersebut mengacu pada rumus formula yang ditetapkan oleh PERMEN PU No.22/PRT/M/2007 sehingga diperoleh nilai skala kerawanannya pada Tabel 4.3

Tabel 4. 3 Nilai skala kerawanan AHP

No.	Tingkat Kerawanan	Skor
1.	Tinggi	$\leq 0,28$
2.	Sedang	$\geq 0,29 - \leq 0,46$
3.	Rendah	$\geq 0,47$

Berikut adalah hasil kerawanan tanah longsor berdasarkan perbandingan data kriteria yang digunakan pada 24 kelurahan dan desa di Kota Batu, di mana hasil kerawanan tanah longsor yang menggunakan data tahun 2010 ditunjukkan pada Tabel 4.4 sedangkan hasil prediksi kerawanan tanah longsor yang menggunakan data tahun 2017 ditunjukkan pada tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Kerawanan tanah longsor berdasarkan data kriteria tahun 2010

No.	Nama Kelurahan	Skor Kerawanan	Keterangan
1.	Oro-oro ombo	0,16	Rendah
2.	Pesanggrahan	0,15	Rendah
3.	Sidomulyo	0,23	Rendah
4.	Sumberejo	0,20	Rendah
5.	Ngaglik	0,13	Rendah
6.	Sisir	0,17	Rendah
7.	Songgokerto	0,37	Sedang
8.	Temas	0,32	Sedang
9.	Bulukerto	0,18	Rendah
10.	Bumiaji	0,14	Rendah
11.	Giripurno	0,14	Rendah
12.	Gunungsari	0,45	Sedang
13.	Pandanrejo	0,14	Rendah
14.	Punten	0,20	Rendah
15.	Sumbergondo	0,21	Rendah
16.	Tulungrejo	0,45	Sedang
17.	Sumber Brantas	0,23	Rendah
18.	Beji	0,22	Rendah
19.	Dadaprejo	0,22	Rendah
20.	Junrejo	0,22	Rendah
21.	Mojorejo	0,14	Rendah
22.	Pendem	0,24	Rendah
23.	Tlekung	0,14	Rendah
24.	Torongrejo	0,25	Rendah

Tabel 4. 5 Hasil prediksi tanah longsor berdasarkan data kriteria tahun 2017

No.	Nama Kelurahan	Skor Kerawanan	Keterangan
1.	Oro-oro ombo	0,13	Rendah
2.	Pesanggrahan	0,13	Rendah
3.	Sidomulyo	0,18	Rendah
4.	Sumberejo	0,20	Rendah
5.	Ngaglik	0,11	Rendah
6.	Sisir	0,16	Rendah
7.	Songgokerto	0,35	Sedang
8.	Temas	0,24	Rendah
9.	Bulukerto	0,21	Rendah
10.	Bumiaji	0,14	Rendah
11.	Giripurno	0,14	Rendah
12.	Gunungsari	0,52	Tinggi
13.	Pandanrejo	0,14	Rendah
14.	Punten	0,20	Rendah
15.	Sumbergondo	0,29	Sedang
16.	Tulungrejo	0,52	Tinggi
17.	Sumber Brantas	0,33	Sedang
18.	Beji	0,11	Rendah
19.	Dadaprejo	0,14	Rendah
20.	Junrejo	0,11	Rendah
21.	Mojorejo	0,14	Rendah
22.	Pendem	0,17	Rendah
23.	Tlekung	0,21	Rendah
24.	Torongrejo	0,18	Rendah

Dari hasil perbandingan kerawanan tanah longsor yang ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan Tabel 4.5 di atas diperoleh 5 kelurahan dan desa diantaranya yaitu Temas, Gunungsari, Sumbergondo, Tulungrejo dan Sumber Brantas yang memiliki tingkat kerawanan tanah longsor yang berbeda. Sehingga nilai akurasi yang diperoleh dalam penggunaan metode untuk memprediksi kerawanan tanah longsor yaitu sebesar 79,2%.

Tingkat akurasi dalam prediksi tanah longsor sangat penting karena akurasi tersebut yang menentukan apakah suatu metode yang digunakan baik atau tidak. Oleh karena itu dalam melakukan suatu prediksi hendaknya dilakukan berdasarkan sumber data yang jelas serta acuan referensi yang dapat dipertanggungjawabkan. Agama islam memerintahkan kita untuk *tabayyun*, yaitu selektif dan kritis dalam mencari kejelasan dan kebenaran informasi. Dengan demikian, *tabayyun* adalah usaha untuk memastikan dan mencari kebenaran dari sebuah fakta dan informasi sehingga isinya dapat dipertanggungjawabkan. Berikut ini adalah surat al-Hujurat ayat 6 yang berisi tentang *tabayyun*.

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا إِن جَاءكُمْ فَاسِقٌ بِنَبَأٍ فَتَبَيَّنُوا أَن تُصِيبُوا قَوْمًا بِجَهَالَةٍ فَتُصْبِحُوا عَلَىٰ مَا فَعَلْتُمْ نَادِمِينَ

Artinya : *“Hai orang-orang yang beriman, jika datang kepadamu orang fasik membawa suatu berita, maka periksalah dengan teliti agar kamu tidak menimpakan suatu musibah kepada suatu kaum tanpa mengetahui keadaannya yang menyebabkan kamu menyesal atas perbuatanmu itu”* (Q.S Al-Hujurat: 6).

Kata *fatabayyanu* berarti maka telitilah dahulu. Ada dua *qira'ah* pada kalimat ini. *Jumhur al-Qurra* membacanya *“fatabayyanu”*, sedangkan *al-Kissa’i* dan para *qurra* Madinah membacanya *“fatatsabbatu”*. Keduanya benar dan

memiliki makna yang sama seperti dijelaskan pada *Jami'ul-Bayan fi Ta'wilil-Qur'an*. Syaikh Muhammad Ali Ash-Shabuni dalam *Tafsir Ayat al Ahkam min Al Qur'an* menjelaskan bahwa ayat di atas adalah suatu keharusan akan pengecekan suatu berita, dan juga keharaman akan berpegang kepada berita orang-orang yang fasik yang banyak menimbulkan bahaya. *Al Hafiz Imam Ibnu Katsir* berkata, fasik itu yakni menyimpang dari jalan ketaatan kepada Allah dan Rasul-Nya. Ayat ini mengajarkan bahwa mencari kebenaran berita serta tidak mempercayai berita yang dibawa oleh orang yang fasik yang menentang Allah adalah suatu keharusan.

Selanjutnya terdapat hadist yang menjelaskan tentang kebohongan dalam memberikan suatu informasi yaitu: *"Maukah kalian aku beritahukan tentang dosa besar yang paling besar, lalu beliau menjelaskan, kata-kata dusta atau kesaksian dusta"* (HR al-Bukhari dan Muslim).

Tingkat akurasi dalam prediksi tanah longsor yaitu sebesar 79%. Hasil prediksi tersebut dapat dijadikan sebagai pendukung keputusan dalam penanganan bencana tanah longsor, khususnya di Kota Batu. Upaya dalam pencegahan bencana alam termasuk perbuatan tolong menolong antar sesama makhluk Allah. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan cara saling mengingatkan dalam hal kebaikan untuk menjaga dan melestarikan alam. Perintah tolong menolong tersebut telah dijelaskan dalam QS. Al-Maidah ayat 2 sebagai berikut:

وَتَعَاوَنُوا عَلَى الْبِرِّ وَالتَّقْوَىٰ ۖ وَلَا تَعَاوَنُوا عَلَى الْإِثْمِ وَالْعُدْوَانِ ۗ وَاتَّقُوا اللَّهَ ۖ إِنَّ اللَّهَ شَدِيدُ الْعِقَابِ

Artinya : *"Dan tolong-menolonglah kamu dalam (mengerjakan) kebajikan dan takwa, dan jangan tolong-menolong dalam berbuat dosa dan pelanggaran. Dan bertakwalah kamu kepada Allah, sesungguhnya Allah amat berat siksa-Nya"*

(QS. Al-Maidah : 2).

Menurut Zaid bin Aslam menuturkan, bahwa ayat ini diturunkan berkenaan dengan Rasulullah dan para sahabat saat berada di Hudaibiyyah yang dihalangi orang-orang musyrikin untuk memasuki Baitullah, keadaan ini membuat sahabat marah. Suatu ketika dari arah timur, beberapa orang musyrikin yang akan umrah berjalan melintasi mereka. Para sahabat pun berkata, bagaimana jika kita juga menghalangi mereka, sebagaimana kita pernah dihalang-halangi. Kemudian Allah swt. menurunkan ayat, “Janganlah sekali-kali mendorongmu berbuat aniaya kepada mereka” (QS. Al-Maidah : 2).

Allah SWT. mengajak untuk saling tolong-menolong dalam kebaikan dengan beriringan ketakwaan kepada-Nya. Sebab dalam ketakwaan terkandung ridha Allah. Sementara saat berbuat baik, orang-orang akan menyukai. Barang siapa memadukan antara ridha Allah dan ridha manusia, sungguh kebahagiaannya telah sempurna dan kenikmatan baginya sudah melimpah.

Allah SWT. memerintahkan hamba-hamba-Nya yang mukmin agar saling berta'awun di dalam aktivitas kebaikan yang mana hal ini merupakan al-Birr (kebajikan) dan agar meninggalkan kemungkaran yang mana hal ini merupakan at-Taqwa. Allah melarang mereka saling bahu membahu di dalam kebatilan dan tolong menolong di dalam perbuatan dosa dan keharaman.

(Al-Hafizh Ibnu Katsir dalam Tafsir Al-Qur'anil Azhim)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan penelitian mengenai penerapan metode *Double Exponential Smoothing* dan *Analytical Hierarchy Process* pada SPK Prediksi Tingkat Kerawanan Tanah Longsor Kota Batu, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berhasil menerapkan metode *Double Exponential Smoothing* dalam memprediksi curah hujan bulanan pada 7 (tujuh) stasiun pantau hujan di Kota Batu. Stasiun Ngaglik menunjukkan rata-rata MAPE sebesar 10,47% yang berarti ketepatan peramalan sebesar 89,53%, stasiun Temas rata-rata MAPE sebesar 10,70% ketepatan peramalan sebesar 89,30%, stasiun Sidomulyo rata-rata MAPE sebesar 10,20% ketepatan peramalan sebesar 89,80%, stasiun Ngujung rata-rata MAPE sebesar 8,50% ketepatan peramalan sebesar 91,50%, stasiun Junggo rata-rata MAPE sebesar 9,50% ketepatan peramalan sebesar 90,50%, stasiun Pendem rata-rata MAPE sebesar 9,88% ketepatan peramalan sebesar 90,12%, dan stasiun Tlekung rata-rata MAPE sebesar 9,11% memiliki ketepatan peramalan sebesar 90,89%. Hasil ketepatan peramalan pada masing-masing stasiun menunjukkan persentase yang baik dengan akurasi rata-rata 90%.
2. Penelitian ini juga berhasil menerapkan metode *Analytical Hierarchy Process* dalam penentuan tingkat kerawanan tanah longsor di Kota Batu. Sistem mengklasifikasi tingkat kerawanan tanah longsor pada 24 kelurahan dan desa

di Kota Batu. Setelah dilakukan perbandingan hasil tingkat kerawanan, diperoleh akurasi sebesar 79,2%.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, saran untuk penelitian selanjutnya yaitu mengembangkan sistem prediksi tanah longsor agar menjadi lebih baik lagi. Berikut adalah pengembangan yang dapat dilakukan sebagai berikut

1. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan detail informasi kerawanan sehingga user dapat mengetahui titik lokasi terjadinya tanah longsor.
2. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menambahkan informasi mitigasi serta rute evakuasi yang tepat dalam penanganan bencana tanah longsor.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menentukan nilai skala kerawanan AHP yang tepat berdasarkan sumber referensi terpercaya sehingga nilai akurasi kerawanan bisa lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Anjas. 2012. *Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Lahan Pertanian Kecamatan Sinjai Barat Kabupaten Sinjai*. Skripsi. Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar.
- Amborowati, Armadyah. 2007. *Sistem Pendukung Keputusan Pemilihan Karyawan Berprestasi Berdasarkan Kinerja (Studi Kasus Pada Stmik Amikom Yogyakarta)*. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2007 (SNATI 2007) Yogyakarta. ISSN: 1907-5022.
- BAPPEDA. 2014. *Kajian Pemetaan Daerah Rawan Bencana Kota Batu*. Kota Batu: BAPPEDA.
- BAPPEDA. 2017. *Rencana Pengembangan Kawasan Strategis Kota Batu*. Kota Batu: BAPPEDA.
- BPBD. 2017. *Data Kejadian Bencana Kota Batu Tahun 2017*. Kota Batu: BPBD.
- Imanda, Abdhika Resqy dan Andono, Pulung Nurtantio. 2016. *Pemanfaatan Sistem Informasi Geografis Dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Untuk Prediksi Daerah Rawan Banjir Di Kota Semarang*. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian Nuswantoro Semarang.
- Lestari, Fheny Fuzy. 2008. *Penerapan Sistem Informasi Geografi Dalam Pemetaan Daerah Rawan Longsor di Kabupaten Bogor*. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Universitas Institut Pertanian Bogor.

Perdana, Fajar Riska., Daryanto., dan Wahyu, Henny. 2008. *Perbandingan Metode DES (Double Exponential Smoothing) Dengan TES (Triple Exponential Smoothing) Pada Peramalan Penjualan Rokok (Studi Kasus Toko Utama Lumajang)*. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jember.

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

Phukon, P., Chetia, D., Das P. 2012. *Landslide Susceptibility Assessment in the Guwahati City, Assam Using Analytic Hierarchy Process (AHP) and Geographic Information System (GIS)*. International Journal of Computer Applications in Engineering Sciences. VOL II, ISSUE I, MARCH 2012. ISSN: 2231-4946.

Saaty, T. L., 2008. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *Inderscience Enterprises*, p. Vol 1 No 1.

Suryadi, K. dan Ramdhani, MA.1998. *Sistem Pendukung Keputusan*. PT Remaja Rosdakarya: Bandung.

www.ibnukatsironline.com

<https://tafsirq.com>