

# Pembuatan Peta Daerah Rawan Bencana Tanah Longsor dengan Menggunakan Metode *Fuzzy logic*

## (Studi Kasus: Kabupaten Probolinggo)

Arief Yusuf Effendi, dan Teguh Hariyanto

Jurusan Teknik Geomatika, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*e-mail*: teguh\_hr@geodesy.its.ac.id

**Abstrak**—Tanah longsor merupakan suatu aktivitas dari proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan bergerak massa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Penyebab terjadinya tanah longsor dikarenakan gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahannya. Adapun beberapa faktor-faktor penyebab terjadinya tanah longsor seperti curah hujan, lereng terjal, kepadatan tanah, jenis batuan, jenis tata lahan, dan adanya getaran. Kabupaten Probolinggo merupakan salah satu dari 38 Kota/Kabupaten yang memiliki tingkat kerawanan tinggi terhadap terjadinya tanah longsor. Daerah rawan akan timbulnya bencana tanah longsor dapat diidentifikasi dengan memanfaatkan data penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan peta daerah rawan bencana tanah longsor dengan menggunakan parameter-parameter penyebab tanah longsor diantaranya curah hujan, jenis tanah, ketinggian, kemiringan lereng, dan tutupan lahan. Dari parameter tersebut akan diolah dan dilakukan analisa dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, dimana *fuzzy logic* merupakan sistem cerdas yang dapat digunakan sebagai sistem kontrol dan pemecahan masalah yang dapat digunakan untuk mendeteksi daerah tanah longsor yang ada di Kabupaten Probolinggo. Dalam proses analisa tersebut dilakukan dengan cara menggunakan fitur *spatial analysis tools* berupa *Overlay Fuzzy* yang terdapat pada *software* ArcGIS. Kemudian akan didapatkan hasil berupa peta tingkat kerawanan tanah longsor yang memiliki 4 kelas kerawanan, diantaranya kelas kerawanan tidak rawan, kelas kerawanan rendah, kelas kerawanan sedang, dan kelas kerawanan tinggi.

**Kata Kunci**— *Fuzzy logic*, *Overlay*, SIG, Tanah Longsor

### I. PENDAHULUAN

**R**ENCANA ALAM sebagai salah satu fenomena alam yang dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun, sehingga dapat menimbulkan kerugian material dan imaterial bagi kehidupan masyarakat. Salah satunya adalah bencana tanah longsor yang sering mengakibatkan kerugian harta benda maupun korban jiwa dan menimbulkan kerusakan sarana dan prasarana lainnya yang bisa berdampak pada kondisi ekonomi dan sosial.

Tanah longsor merupakan suatu aktivitas dari proses gangguan keseimbangan yang menyebabkan bergerak massa tanah dan batuan dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang

lebih rendah. Kondisi topografi yang berbukit dan bergunung, tingginya tingkat kepadatan penduduk di wilayah perbukitan serta pemanfaatan lahan dan ruang yang kurang baik menimbulkan tekanan terhadap ekosistem. Untuk menghindari jatuhnya korban yang lebih besar dan banyak akibat bahaya tanah longsor, diperlukan upaya-upaya yang mengarah kepada tindakan meminimalisir akibat yang akan ditimbulkan. Untuk dapat memantau dan mengamati fenomena tanah longsor di suatu kawasan diperlukan adanya suatu identifikasi dan pemetaan daerah rawan tanah longsor yang mampu memberikan gambaran kondisi kawasan yang ada berdasarkan faktor penyebab terjadinya tanah longsor [1].

Provinsi Jawa Timur termasuk salah satu daerah yang sangat potensial akan terjadinya bencana tanah longsor. Hal ini disebabkan topografi sebagian besar wilayahnya yang berbukit dan bergunung. Disamping itu, juga disebabkan tingginya tingkat kepadatan penduduk di wilayah perbukitan sehingga menimbulkan tekanan terhadap ekosistem.

Berdasarkan data Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Jawa Timur menyebutkan, dari 38 kabupaten/kota, sebanyak 20 daerah masuk kategori rawan terjadinya tanah longsor, kategori tinggi, sedang, maupun ringan. 20 daerah tersebut yakni Pacitan, Kabupaten Blitar, Trenggalek, Ponorogo, Batu, Lumajang, Jombang, Kabupaten Malang, Kabupaten Probolinggo, Jember, Bojonegoro, Kabupaten Madiun, Kabupaten Mojokerto, Kabupaten Pasuruan, Nganjuk, Situbondo, Bondowoso, Tulungagung, Magetan, dan Kediri. Kabupaten Probolinggo merupakan salah daerah yang termasuk dalam kategori tinggi terjadinya tanah longsor.

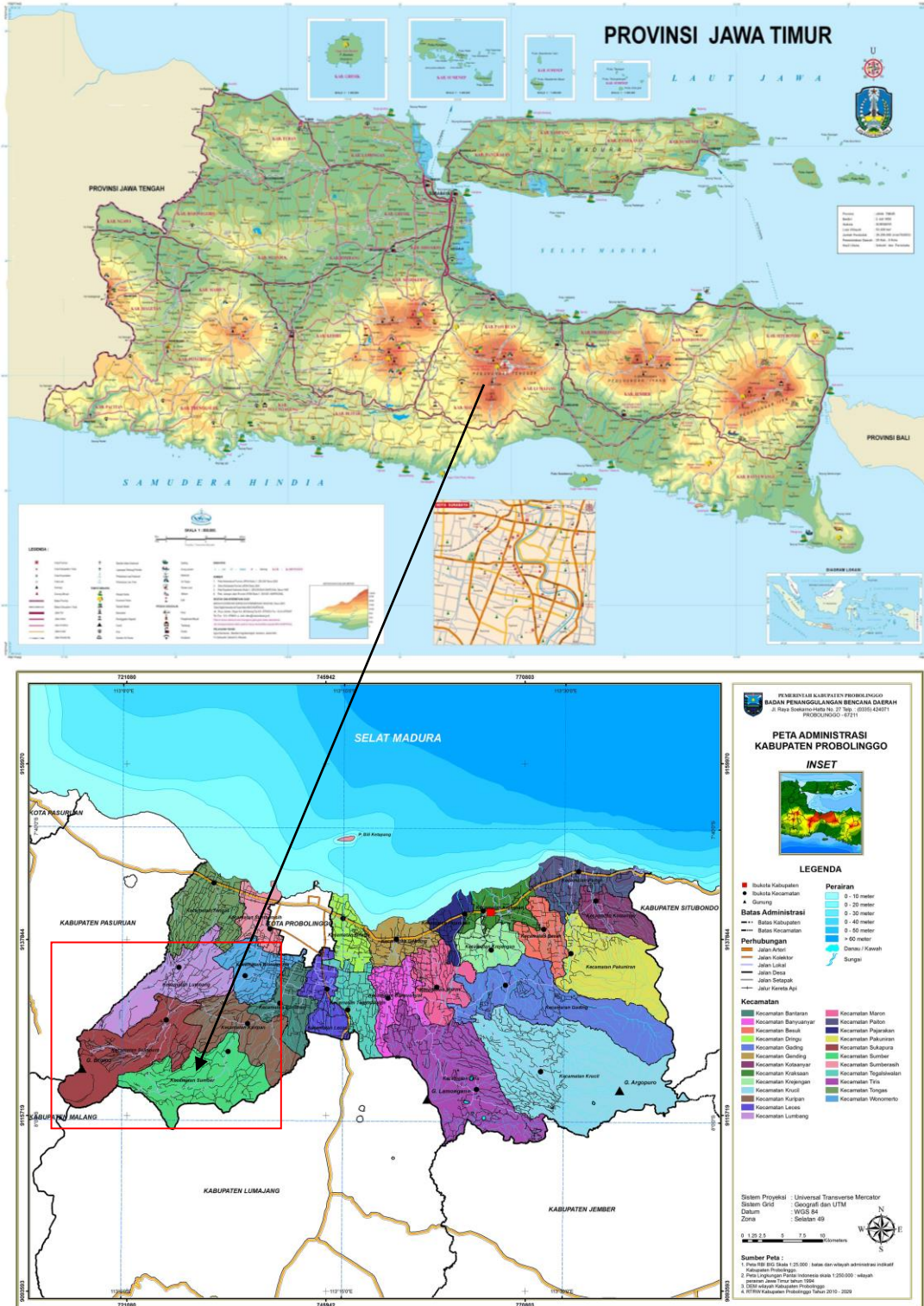
Pembuatan peta potensi bahaya tanah longsor dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu memberikan solusi dan kemudahan dalam analisis spasial secara berulang, kontinu, cepat dan akurat. Bahaya tanah longsor dapat diidentifikasi secara cepat melalui sistem informasi geografis dengan menggunakan metode tumpang susun atau *overlay* terhadap parameter-parameter penyebab tanah longsor seperti: curah hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, ketinggian, dan tutupan lahan [2]. Dari kelima parameter tersebut akan dilakukan proses analisa dengan menggunakan metode *Fuzzy logic* untuk menentukan tingkat kerawanan tanah longsor. Melalui sistem informasi geografis diharapkan akan mempermudah penyajian informasi spasial khususnya yang terkait dengan penentuan tingkat kerawanan tanah longsor

serta dapat menganalisis dan memperoleh informasi baru dalam mengidentifikasi daerah-daerah yang menjadi sasaran tanah longsor.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Kabupaten Probolinggo dengan kondisi geografis 7°40'36.16"-8°01'38.42" LS dan 112°55'42.50"-113°38'34.38" BT.



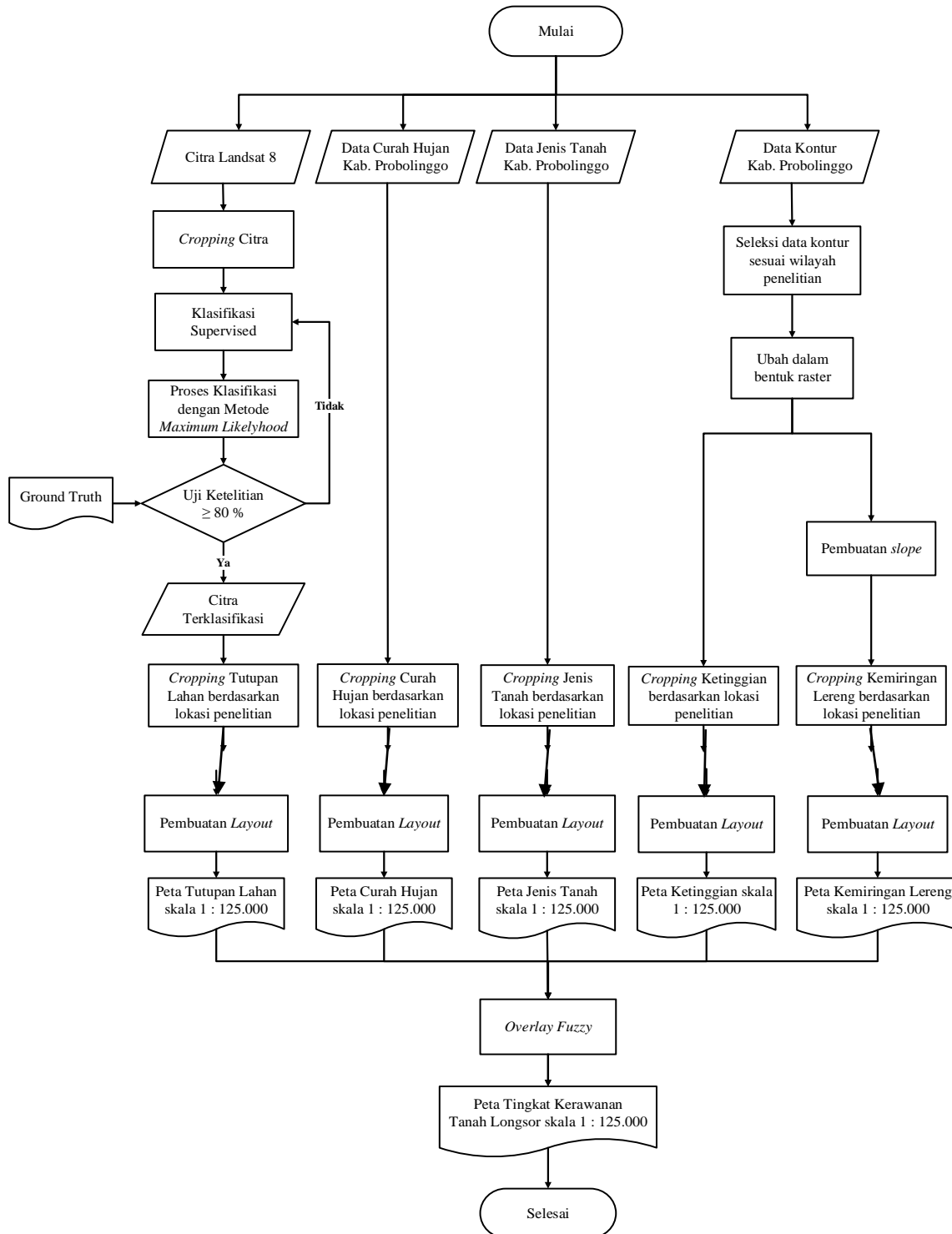
Gambar 1. Lokasi Penelitian (Sumber : BPBD, 2014)

Dalam penelitian ini studi kasus yang digunakan terdiri dari empat kecamatan yang memiliki potensi terjadinya tanah

longsor. Yaitu, kecamatan sukapura, kecamatan lumbang, kecamatan sumber, dan kecamatan kuripan.

**B. Diagram Alir Pengolahan Data**

Secara garis besar pengolahan data untuk pembuatan peta daerah rawan tanah longsor digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Tahap Pengolahan Data

**1. Tahap Pembuatan Peta Parameter**

Gejala umum tanah longsor ditandai dengan munculnya retakan-retakan dilereng yang sejajar dengan arah tebing, biasanya terjadi setelah hujan, munculnya mata air baru secara tiba-tiba dan tebing rapuh serta kerikil mulai berjatuhan.

Terdapat beberapa faktor penyebab terjadinya tanah longsor antara lain: lereng terjal, ketinggian, curah hujan, jenis tanah dan tutupan lahan [2].

Pada penelitian ini digunakan 5 parameter penyebab tanah longsor untuk menentukan daerah rawan tanah longsor. Berikut ini merupakan tabel-tabel dari setiap parameter

penyebab daerah rawan tanah longsor yang digunakan sebagai acuan dan referensi dalam penentuan daerah rawan tanah longsor. Pembagian tiap kelas dari masing-masing parameter disesuaikan dengan kondisi daerah yang diamati.

Tabel 1.  
Parameter Kemiringan Lereng

No	Kelas	Tingkat Kemiringan Lereng	Nilai Linguistik
1	Datar	0-8%	$x \leq 8$
2	Landai	8-15%	$8 < x \leq 15$
3	Agak Curam	15-25%	$15 < x \leq 25$
4	Curam	25-40%	$25 < x \leq 40$
5	Sangat Curam	>40%	$x > 40$

Sumber: SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80

Tabel 2.  
Parameter Ketinggian

No	Kelas	Ketinggian	Nilai linguistik
1	Sangat Rendah	< 1000m	$x < 1000$
2	Rendah	1000-1500m	$1000 < x \leq 1500$
3	Sedang	1500-2000m	$1500 < x \leq 2000$
4	Tinggi	2000-2500m	$2000 < x \leq 2500$
5	Sangat Tinggi	>2500m	$x > 2500$

Sumber: BPBD, 2014

Tabel 3.  
Parameter Curah Hujan

No	Kelas	Curah Hujan	Nilai Linguistik
1	Rendah	1500-1750mm/tahun	$1500 \leq x \leq 1750$
2	Sedang	1750-2000mm/tahun	$1750 < x \leq 2000$
3	Tinggi	2000-2500mm/tahun	$2000 < x \leq 2500$

Sumber: BPBD, 2014

Tabel 4.  
Parameter Jenis Tanah

No	Kepekaan terhadap erosi	Jenis Tanah	Nilai Linguistik
1	Kurang Peka	Mediteran	$45 < x \leq 60$
2	Peka	Andosol, Grumosol	$60 < x \leq 75$
3	Sangat Peka	Regosol	$x > 75$

Sumber: SK Mentan No. 837/Kpts/Um/11/80

Tabel 5.  
Parameter Tutupan Lahan

No	Kepekaan terhadap erosi	Tutupan Lahan	Nilai Linguistik
1	Kurang Peka	Pasir, Hutan	$x < 10$
2	Agak Peka	Perkebunan, Semak Belukar	$10 < x \leq 30$
3	Peka	Sawah, Pemukiman	$30 < x \leq 50$
4	Sangat Peka	Tegalan	$x > 50$

Sumber: Karnawati, 2003

Dari masing-masing parameter tersebut data yang didapat berupa data yang mencakup seluruh Kabupaten Probolinggo yang kemudian akan di klasifikasi berdasarkan studi kasus penelitian. Sehingga akan diperoleh peta parameter yang telah memiliki kelas masing-masing.

## 2. Tahap Overlay Fuzzy

Pada tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan peta tingkat kerawanan daerah tanah longsor. Dengan cara melakukan proses *overlay* terhadap kelima parameter yang telah dilakukan klasifikasi sebelumnya. Proses pembuatan *overlay* peta menggunakan *toolbox Overlay Fuzzy* yang terdapat pada ArcGIS. Sebelum dilakukan proses *overlay* terlebih dahulu

ditentukan derajat keanggotaannya dengan cara pilih *Fuzzy Membership*.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Hasil Peta Parameter Tanah Longsor

#### a. Peta Tutupan Lahan

Berdasarkan hasil klasifikasi tutupan lahan terhadap lokasi penelitian didapatkan 7 kelas tutupan lahan yang ada di Kabupaten Probolinggo (Gambar 3). Diantaranya hutan, pasir, perkebunan, permukiman, sawah, semak belukar, dan tegalan.

Dari hasil pengolahan tersebut didapatkan luasan pada masing-masing kelas tutupan lahan.

Tabel 6.

Luas Parameter Tutupan Lahan			
No	Tutupan Lahan	Luas (ha)	%
1	Hutan	781.46	2.03
2	Pasir	1157.71	3.01
3	Perkebunan	6798.77	17.69
4	Permukiman	1056.99	2.75
5	Sawah	2760.58	7.18
6	Semak Belukar	6450.57	16.79
7	Tegalan	19417.00	50.53
<b>Total</b>		<b>38423.09</b>	<b>100</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

#### b. Peta Curah Hujan

Dari hasil klasifikasi terhadap lokasi penelitian didapatkan 3 tipe kelas curah hujan (Gambar 4). Diantaranya kelas dengan intensitas hujan 1500-1750 mm/tahun, 1750-2000 mm/tahun, dan 2000-2500 mm/tahun.

Didapatkan hasil luasan dan persentase pada masing-masing kelas curah hujan.

Tabel 7.

Luas Parameter Curah Hujan			
No	Curah Hujan	Luas (ha)	%
1	1500-1750 mm/tahun	3008.39	7.83
2	1750-2000 mm/tahun	35139.19	91.45
3	2000-2500 mm/tahun	275.50	0.72
<b>Total</b>		<b>38423.09</b>	<b>100</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

#### c. Peta Jenis Tanah

Dari hasil pengolahan didapatkan hasil klasifikasi jenis tanah pada daerah penelitian dengan 3 kelas jenis tanah (Gambar 5). Yaitu jenis tanah *andosol*, *grumosol*, mediteran, dan *regosol*.

Didapatkan hasil luasan dan persentase pada tiap kelas jenis tanah.

Tabel 8.

Luas Parameter Jenis Tanah			
No	Jenis Tanah	Luas (ha)	%
1	Andosol	21087.20	54.88
2	Grumosol	11073.86	28.82
3	Regosol	1978.28	5.15
4	Mediteran	4283.76	11.15
<b>Total</b>		<b>38423.09</b>	<b>100</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

d. Peta Ketinggian dan Kemiringan Lereng

Dalam pembuatan peta ketinggian dan kemiringan lereng data yang digunakan adalah data kontur. Dari data kontur yang telah diolah didapatkan hasil peta ketinggian dan peta kemiringan lereng yang masing-masing memiliki 5 tipe kelas (Gambar 6 dan 7).

Untuk parameter ketinggian terdapat kelas sangat rendah (<1000 m), rendah (1000-1500 m), sedang (1500-2000 m), tinggi (2000-2500 m), dan sangat tinggi (>2500 m).

Untuk parameter kemiringan lereng didapatkan kelas datar (0-8%), landai (8-15%), agak curam (15-25%), curam (25-40%), dan sangat curam (>40%).

Dari kedua parameter tersebut juga didapat hasil luasan dan persentase masing-masing.

Tabel 9.

No	Ketinggian	Luas (ha)	%
1	< 1000 m	17515.96	45.59
2	1000 - 1500 m	8711.97	22.67
3	1500 - 2000 m	6253.47	16.28
4	2000 - 2500 m	5632.63	14.66
5	> 2500 m	309.06	0.80
<b>Total</b>		<b>38423.09</b>	<b>100</b>

Tabel 10.

No	Kemiringan	Luas (ha)	%
1	0-8%	11474.28	29.86
2	8-15%	9268.24	24.12
3	15-25%	11207.87	29.17
4	25-40%	4430.03	11.53
5	>40%	2042.66	5.32
<b>Total</b>		<b>38423.09</b>	<b>100</b>

B. Hasil Peta Tingkat Kerawanan Daerah Tanah Longsor

Dari hasil pengolahan *overlay* terhadap kelima parameter tanah longsor dengan sistem *fuzzy logic* pada ArcGIS didapatkan hasil peta tingkat kerawanan daerah tanah longsor (Gambar 8). Dari hasil tersebut didapatkan 4 kelas tingkat kerawanan longsor diantaranya kelas dengan tingkat kerawanan tidak rawan, kelas dengan tingkat kerawanan rendah, kelas dengan tingkat kerawanan sedang dan kelas dengan tingkat kerawanan tinggi.

Didapatkan juga hasil luas dan persentase pada tiap kelas kerawanan serta tingkat kerawanan pada tiap desa.

Tabel 11.

Tingkat Kerawanan Tanah Longsor	Luas (ha)	%
Tidak Rawan	22376,63	58,24
Rendah	8657,29	22,53
Sedang	3159,90	8,22
Tinggi	4229,26	11,01
<b>Total</b>	<b>38423,09</b>	<b>100</b>

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari hasil tersebut juga didapatkan analisa berdasarkan tingkat kerawanan pada desa. Berikut hasilnya yang didapat:

Tabel 12  
Tingkat Kerawanan Tidak Rawan

Tidak Rawan			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Kuripan	Jatisari	1581.38
2	Kuripan	Karangrejo	810.96
3	Kuripan	Kedawung	1313.15
4	Kuripan	Menyono	314.45
5	Kuripan	Resongo	1173.47
6	Kuripan	Wonoasri	1511.02
7	Kuripan	Wringinanom	731.94
8	Lumbang	Boto	632.70
9	Lumbang	Branggah	659.06
10	Lumbang	Lambangkuning	306.10
11	Lumbang	Lumbang	586.90
12	Lumbang	Negororejo	552.53
13	Lumbang	Palangbesi	1012.92
14	Lumbang	Purut	975.03
15	Lumbang	Sapuh	406.69
16	Lumbang	Tandonsentul	1100.74
17	Lumbang	Wonogoro	261.66
18	Sukapura	Jetak	9.96
19	Sukapura	Kedasih	294.87
20	Sukapura	Kepung	687.55
21	Sukapura	Ngadas	241.63
22	Sukapura	Ngadirejo	412.72
23	Sukapura	Ngadisari	424.15
24	Sukapura	Pakel	209.04
25	Sukapura	Sapikerep	68.80
26	Sukapura	Sariwani	700.02
27	Sukapura	Sukapura	700.48
28	Sukapura	Wonokerto	57.10
29	Sukapura	Wonotero	765.71
30	Sumber	Cepoko	661.49
31	Sumber	Gemito	181.80
32	Sumber	Ledokombo	430.88
33	Sumber	Pandansari	375.03
34	Sumber	Rambaan	579.43
35	Sumber	Sumber	1066.40
36	Sumber	Sumberanom	106.58
37	Sumber	Tukul	577.90
38	Sumber	Wonokerso	309.47

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 13  
Tingkat Kerawanan Rendah

Rawan Rendah			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Lumbang	Pandansari	378.86
2	Lumbang	Sapuh	944.65
3	Sukapura	Jetak	82.30
4	Sukapura	Kedasih	635.68
5	Sukapura	Ledokombo	198.20
6	Sukapura	Ngadas	153.99
7	Sukapura	Ngadirejo	220.95
8	Sukapura	Ngadisari	56.80
9	Sukapura	Pakel	393.83
10	Sukapura	Sapikerep	662.61
11	Sukapura	Sariwani	542.04
12	Sukapura	Sukapura	566.89
13	Sukapura	Wonokerto	229.21
14	Sukapura	Wonotero	36.62
15	Sumber	Cepoko	835.88
16	Sumber	Gemito	789.91
17	Sumber	Rambaan	511.94
18	Sumber	Sumber	824.17
19	Sumber	Sumberanom	173.52
20	Sumber	Tukul	418.55

21	Sumber	Wonokerso	116.71
----	--------	-----------	--------

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 14  
Tingkat Kerawanan Sedang

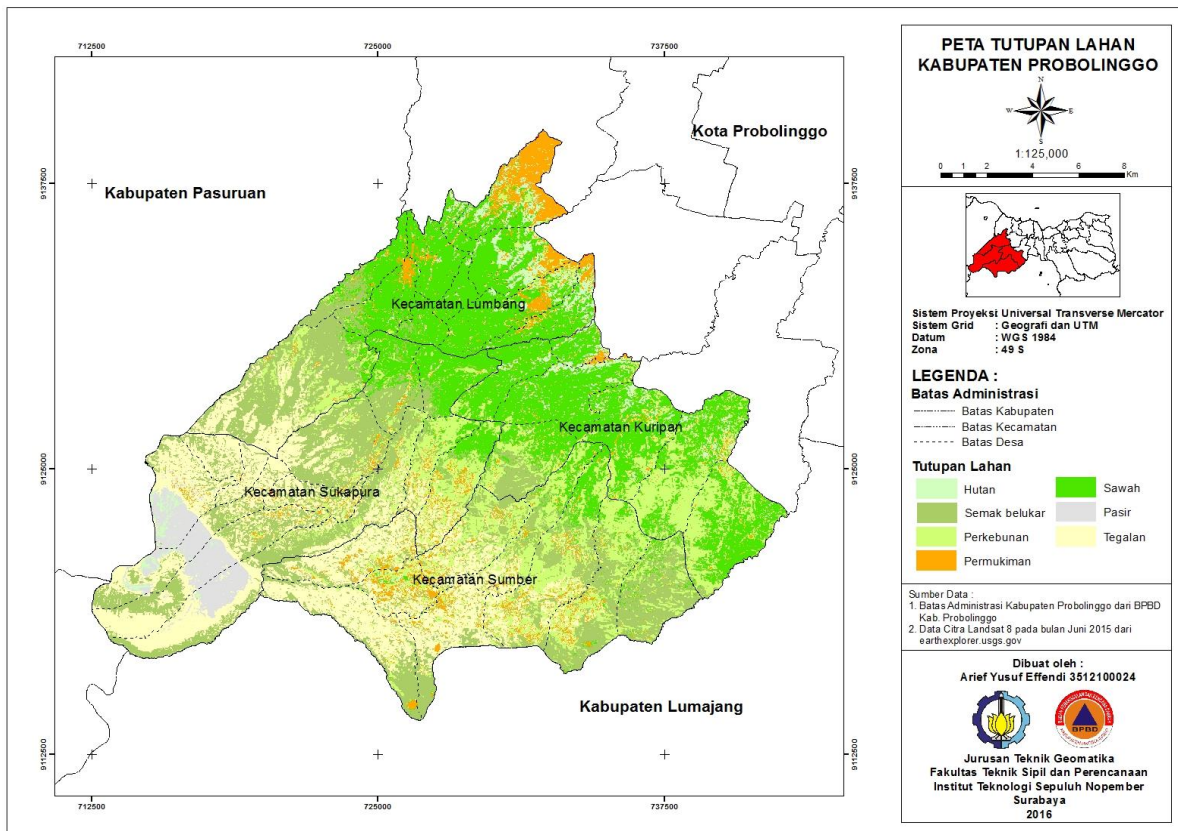
Rawan Sedang			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Lumbang	Sapuh	470.13
2	Sukapura	Jetak	34.83
3	Sukapura	Ngadas	496.96
4	Sukapura	Ngadirejo	497.42
5	Sukapura	Ngadisari	193.79
6	Sukapura	Sapikerep	315.76
7	Sukapura	Sariwani	791.51
8	Sukapura	Wonokerto	106.57
9	Sukapura	Wonotoro	193.56
10	Sumber	Ledokombo	36.49
11	Sumber	Pandansari	18.63
12	Sumber	Wonokerso	2.08

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 15  
Tingkat Kerawanan Tinggi

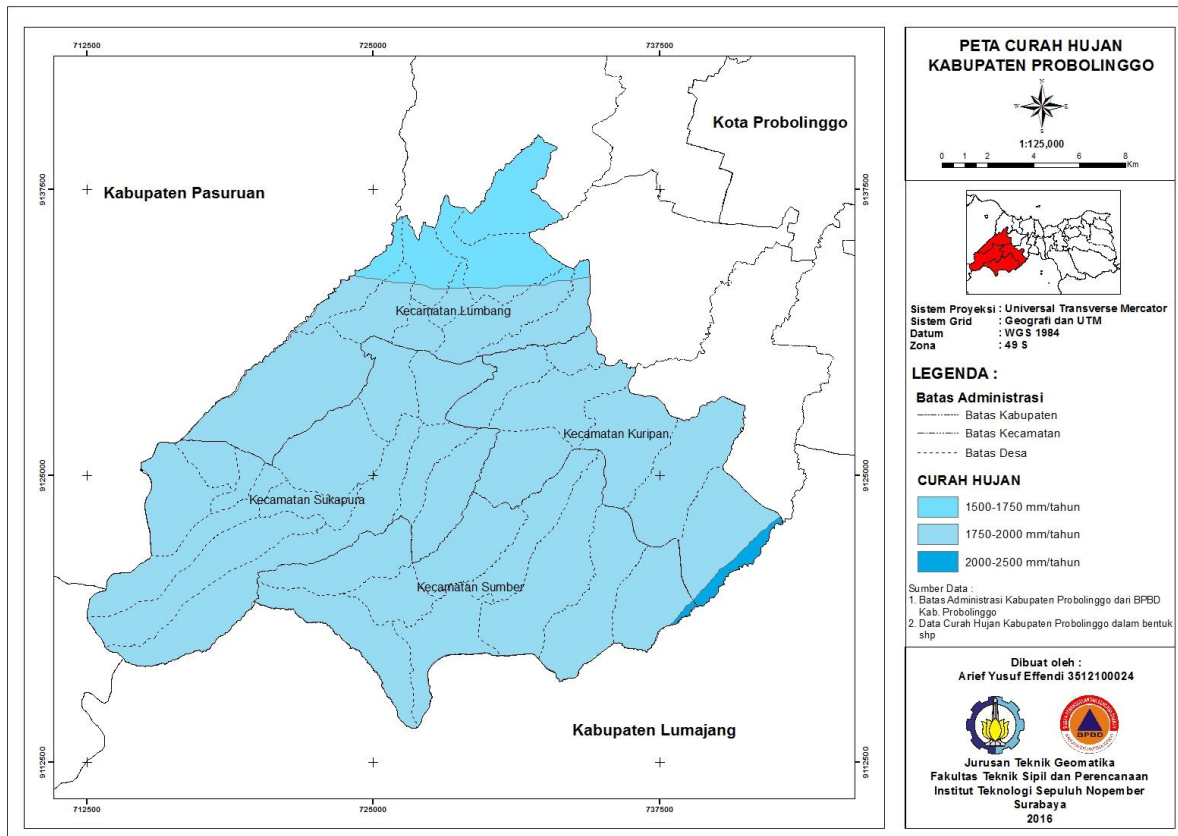
Rawan Tinggi			
No	Kecamatan	Desa	Luas
1	Lumbang	Pandansari	267.62
2	Lumbang	Sapuh	612.78
3	Sukapura	Jetak	131.11
4	Sukapura	Kedasih	46.72
5	Sukapura	Ledokombo	568.37
6	Sukapura	Ngadas	202.92
7	Sukapura	Ngadirejo	354.22
8	Sukapura	Ngadisari	156.13
9	Sukapura	Pakel	7.15
10	Sukapura	Sapikerep	275.60
11	Sukapura	Sariwani	302.46
12	Sukapura	Wonokerto	95.16
13	Sukapura	Wonotoro	126.13
14	Sumber	Gemito	104.04
15	Sumber	Sumber	25.13
16	Sumber	Sumberanom	319.54
17	Sumber	Wonokerso	633.23

Sumber: Hasil Perhitungan

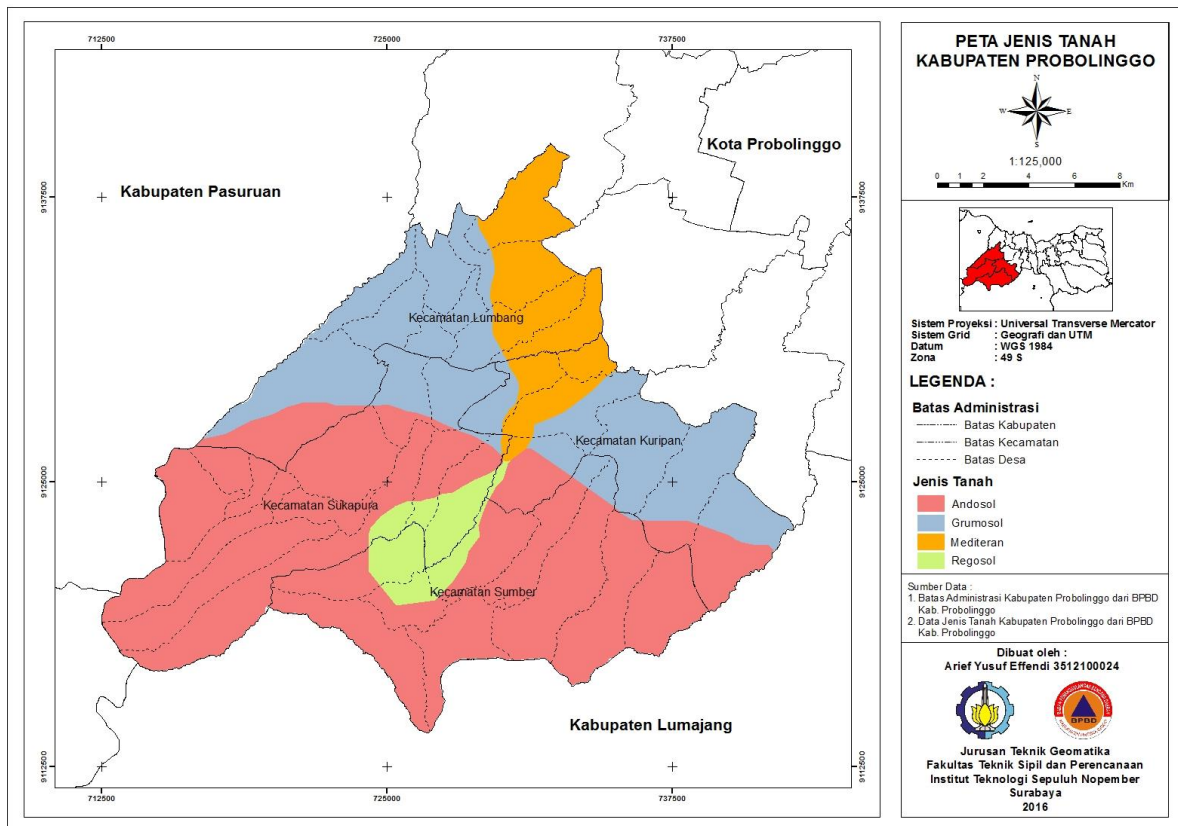


Gambar 3. Peta Tutupan Lahan (Sumber: Hasil Pengolahan)

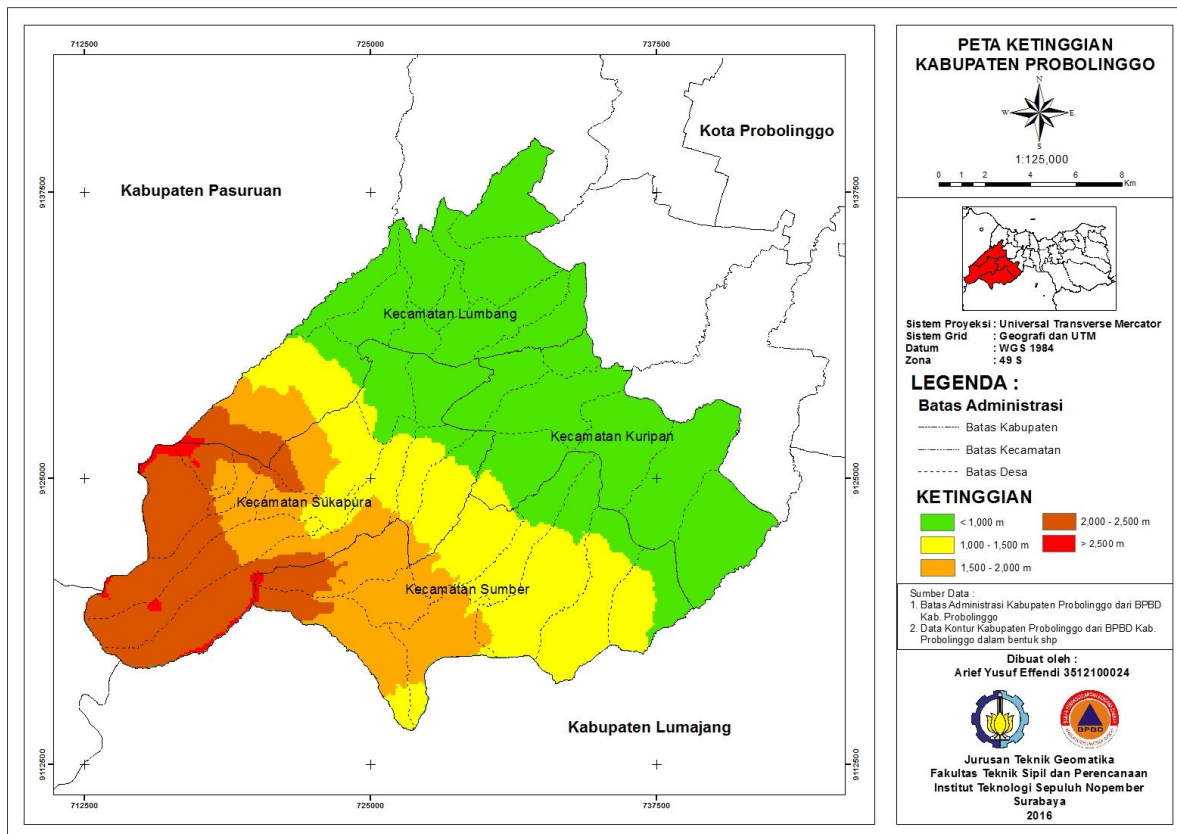




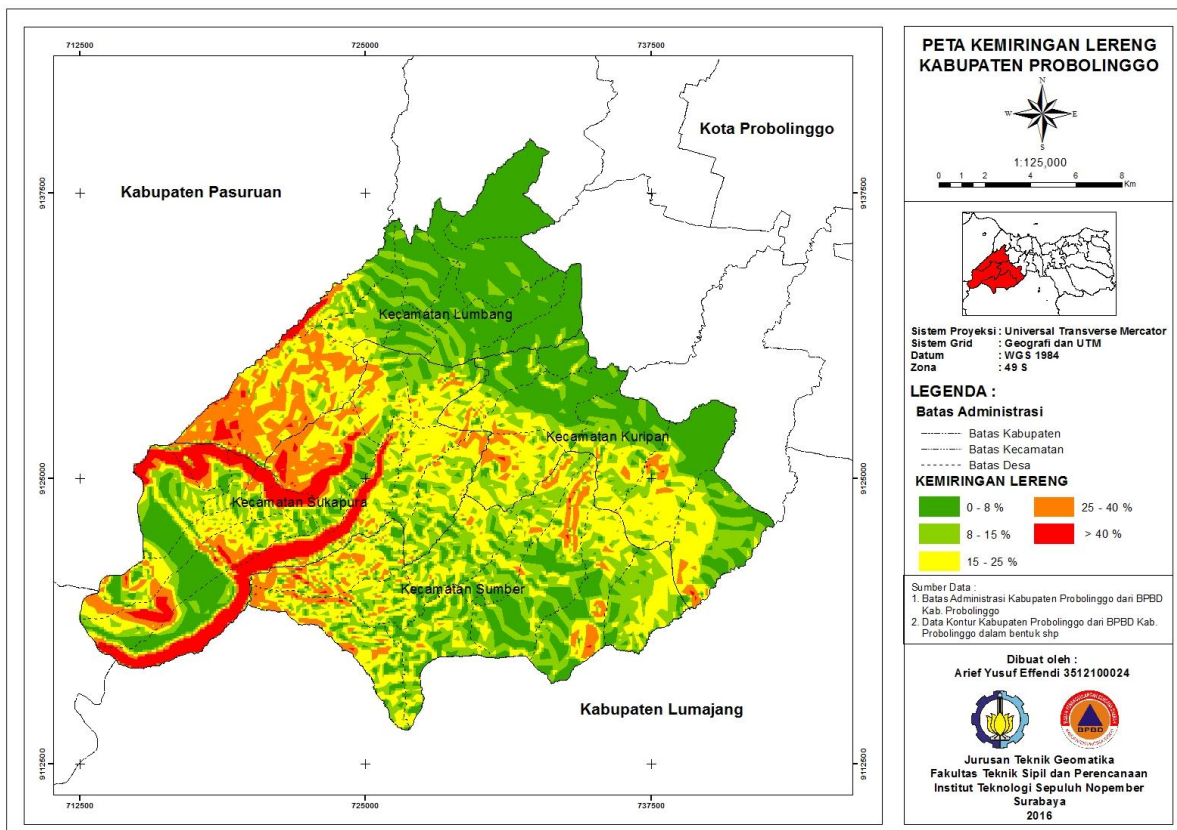
Gambar 4. Peta Curah Hujan  
(Sumber: Hasil Pengolahan)



Gambar 5. Peta Jenis Tanah  
(Sumber: Hasil Pengolahan)

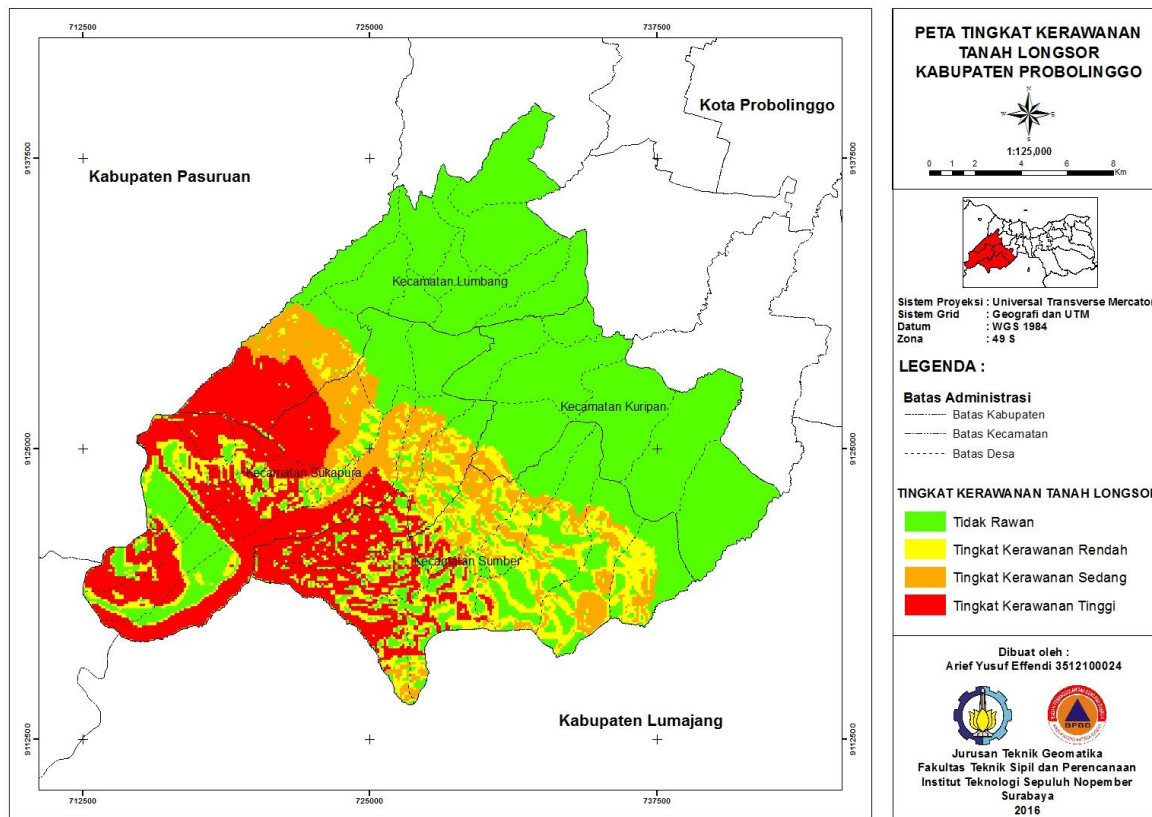


Gambar 6. Peta Ketinggian  
(Sumber: Hasil Pengolahan)



Gambar 7. Peta Kemiringan Lereng  
(Sumber: Hasil Pengolahan)





Gambar 8. Peta Tingkat Kerawanan Tanah Longsor  
(Sumber: Hasil Pengolahan)

#### IV. KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan tersebut dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan peta tingkat kerawanan tanah longsor yang terdiri dari 4 kelas kerawanan, diantaranya tidak rawan, rawan rendah, rawan sedang, rawan tinggi.
2. Dari hasil pengolahan data dan hasil *overlay* terhadap kelima parameter didapatkan sebagai berikut:
  - Peta curah hujan memiliki 3 kelas. Luas daerah curah hujan tertinggi pada kelas sedang dengan luas sebesar 35139,19 ha dengan persentase 91,45%.
  - Peta jenis tanah memiliki 3 kelas. Luas daerah jenis tanah tertinggi pada jenis tanah *andosol* dengan luas sebesar 21087,20 ha dengan persentase 54,88%.
  - Peta ketinggian memiliki 5 kelas. Luas tertinggi terdapat pada kelas sangat rendah sebesar 17515,96 ha dengan persentase 45,59%.
  - Peta kemiringan lereng memiliki 5 kelas. Luas terbesar dari kemiringan lereng pada kelas datar sebesar 11474,28 ha dengan persentase 29,86%.
  - Dari hasil peta tingkat kerawanan tanah longsor tersebut didapatkan luasan pada masing-masing kelas untuk kelas tidak rawan memiliki luas sebesar 22376,63 ha, kelas rendah sebesar 8657,29 ha, kelas sedang sebesar 3159,9 ha, dan kelas tinggi sebesar 4229,26 ha.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Karnawati, D., 2003. "Bencana Alam Gerakan Massa Tanah di Indonesia dan Upaya Penanggulangannya." Jurusan Teknik Geologi, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [2] Badan Geologi. 2010. "Gerakan Tanah". Bandung. Pusat Vulkanologi dan Mitigasi Bencana Geologi.