

IDENTIFIKASI DAERAH RAWAN LONGSOR MENGGUNAKAN METODE SMORPH - SLOPE MORPHOLOGY DI KOTA MANADO

LANDSLIDE HAZARD AREA IDENTIFICATION USING SMORPH-SLOPE MORPHOLOGY METHOD IN MANADO CITY

Erwin Hardika Putra¹

¹Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Tondano; Jl. Tololiu Supit No II/10 Tingkulu Manado
email : erwinhardika@yahoo.com

Diterima: 17 Pebruari 2014; direvisi: 21 April 2014; disetujui: 05 Mei 2014

ABSTRAK

Longsor merupakan salah satu proses alami pembentukan muka bumi untuk mencapai kestabilan lereng dan akan menjadi bahaya apabila merugikan manusia. Studi ini dilakukan untuk mengidentifikasi wilayah yang berpotensi terjadi tanah longsor di Kota Manado. Hasil analisis menunjukkan bahwa data ASTER GDEM memberikan informasi longsor yang lebih detil jika dibandingkan dengan data SRTM karena resolusi spasial yang lebih tinggi. Selanjutnya, hasil identifikasi menunjukkan bahwa luas daerah rawan longsor dengan kategori kerawanan tingi seluas 716 ha dan ±1.176 ha kategori kerawanan sedang.

Kata kunci: longsor, DEM, Manado

ABSTRACT

Landslide is one of the natural processes that shape the earth's surface to achieve slope stability and it will be hazard if they threat human life. This study was conducted to identify potential landslide hazard in Manado region using SMORPH method with digital elevation model (DEM) data. ASTER GDEM data provide more detail landslide information than SRTM data because of the higher spatial resolution. Result shows that 716 ha approximately of land have high landslide vulnerability and 1,176 ha approximately of land have medium landslide vulnerability.

Keywords: landslide, DEM, Manado

PENDAHULUAN

Bencana longsor yang seringkali menimpa penduduk Kota Manado menyebabkan kerugian material dan korban jiwa. Curah hujan yang sangat tinggi menjadi pemicu terjadinya lahan-lahan longsor yang dilaporkan. Longsor terjadi karena proses alami berupa perubahan struktur muka bumi sebagai gejala fisik untuk membentuk kestabilan lereng. Peristiwa tersebut dianggap sebagai bencana jika proses tersebut mengancam kehidupan manusia. Faktor aktivitas manusia yang dapat menjadi pemicu terjadinya bencana longsor seperti : membangun permukiman di lereng-lereng rawan longsor, pemotongan lereng untuk infrastruktur jalan maupun perumahan, dan lain-lain.

Berkenaan dengan tanah longsor, ada dua hal yang perlu diperhatikan yakni informasi daerah rawan longsor dan teknik pengendaliannya. Identifikasi lahan longsor diharapkan dapat memberikan informasi dan memprediksi kejadian longsor di masa mendatang serta menentukan cara pengendaliannya.

Sistem Informasi Geografis (SIG) dapat digunakan untuk menganalisa sebaran spasial lokasi-lokasi yang rentan terhadap longsor. Identifikasi longsor secara detil membutuhkan data rinci seperti : kondisi tanah (kedalaman, tekstur, permeabilitas dan lain-lain), batuan penyusun lereng, keberadaan batuan kecap, curah hujan harian yang diukur oleh beberapa stasiun hujan secara kontinyu, dan lain-lain. Keterbatasan data yang detail sering menjadi kendala dalam pemetaan daerah rawan longsor. Salah satu metode yang dikembangkan dengan memanfaatkan data yang terbatas namun mampu mengidentifikasi daerah rawan longsor adalah SMORPH dengan menggunakan data raster. Menurut Borrough dan McDonnel (1997), format data raster sesuai untuk digunakan karena menggambarkan sebaran spasial kontinyu kondisi topografi sebagai elemen penting dalam membentuk perilaku hidrologi dan sifat tanah.

Studi ini menggunakan metode SMOPRH yang dikembangkan oleh Shaw dan Johnson (1995). SMORPH membutuhkan parameter input yang terdiri dari morfologi lereng dan gradien atau sudut lereng.

Dengan menggabungkan parameter ini, SMORPH mengidentifikasi kelas kelerenghan dan kelas morfologi lereng yang terdiri dari bentuk cekung (*concave*), cembung (*convex*) dan datar (*planar*). Data DEM yang digunakan dalam studi ini adalah ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) Versi 2, dengan resolusi spasial 30 m x 30 m dan SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) dengan resolusi spasial ± 90 m x 90 m, yang diunduh melalui <http://www.earthexplorer.usgs.gov>.

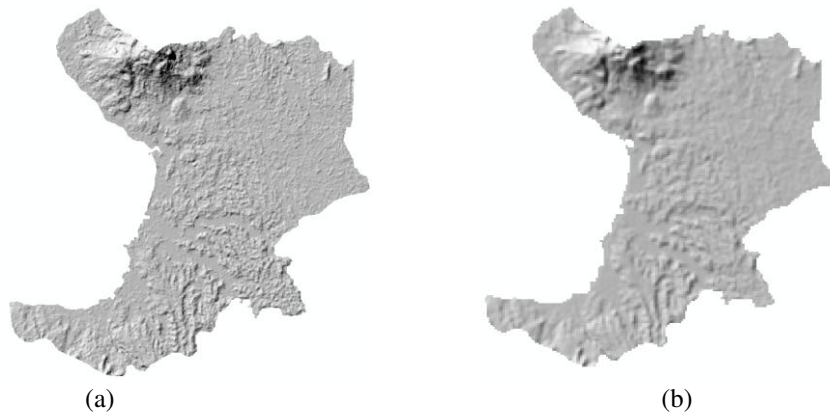
Penelitian ini bertujuan melakukan identifikasi daerah rawan longsor menggunakan metode SMORPH, membandingkan hasil pemetaan menggunakan data ASTER GDEM dan SRTM, dan menghasilkan peta dan data daerah rawan longsor di Kota Manado.

METODE PENELITIAN

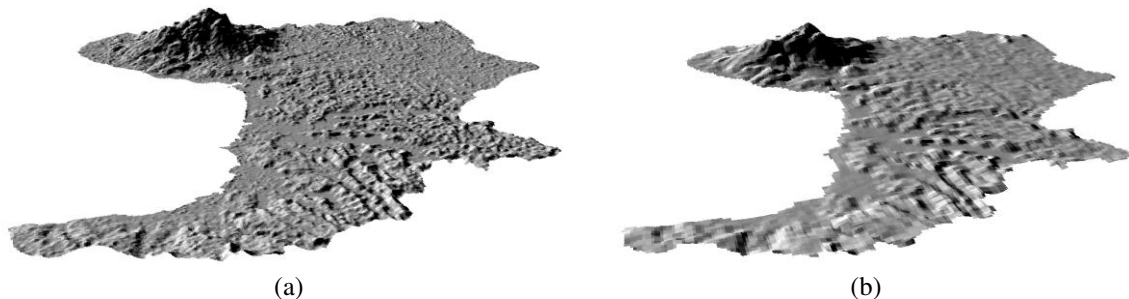
Studi dilakukan di Kota Manado, Propinsi Sulawesi Utara, kecuali pada daerah kepulauan (Pulau Manado Tua, Pulau Bunaken dan Pulau

Siladen) yang terletak pada koordinat 124°47'10.32" hingga 124°55'30" Bujur Timur dan 1°35'8.88" hingga 1°25'40.44" Lintang Utara dengan luasan sekitar 14.607 ha.

Data yang digunakan dalam studi ini adalah Data DEM yang bersumber dari data ASTER GDEM (*Advanced Spaceborne Thermal Emission And Reflection Radiometer Global Digital Elevation Model*) Versi 2 dan data SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*). Data ASTER GDEM dihasilkan dari analisis stereo antara 2 data ASTER yang saling bertampalan yang dirilis oleh NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) dan METI (*Ministry of Economy, Trade, and Industry*) Jepang pada tahun 2011. Data SRTM merupakan data Radar yang bertujuan untuk memperoleh data elevasi permukaan bumi yang diluncurkan oleh *National Geospatial Intelligence Agency* (NGA) dan NASA pada tahun 2000. Data DEM menggunakan sistem koordinat proyeksi UTM (*Universal Traverse Mercator*) Zone 51 N dalam satuan meter (m).



Gambar 1. (a) *Hillshade* Data ASTERGDEM resolusi spasial ± 30 m x 30 m
(b) *Hillshade* Data SRTM resolusi spasial ± 90 m x 90 m



Gambar 2.(a) Tampilan 3 Dimensi Data ASTERGDEM
(b) Tampilan 3 Dimensi Data SRTM

Tabel 1. Matriks SMORPH

Bentuk lereng	Sudut kelerengan (%)				
	A (0-15 %)	B (15-25 %)	C (25-45 %)	D (45-65 %)	E (>65 %)
Cembung	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang
Datar	Rendah	Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi
Cekung	Rendah	Sedang	Tinggi	Tinggi	Tinggi

Keterangan :

Kerentanan Longsor Rendah = *Stable* (stabil)

Kerentanan Longsor Sedang = *Caution* (waspada)

Kerentanan Longsor Tinggi = *Unstable* (tidak stabil)

Metode yang digunakan untuk identifikasi daerah rawan longsor adalah metode SMORPH atau *slope morphology* yang dikembangkan oleh Shaw dan Johnson (1995) dalam bentuk matriks identifikasi. Matriks SMORPH dibentuk dengan penggabungan antara sudut kelerengan (dalam satuan %) dan bentuk lereng (cekung, cembung dan datar).

Klasifikasi longsor menggunakan metode SMORPH berdasarkan matriks yang disajikan pada Tabel 1. Distribusi kelas kelerengan dari A hingga E dapat dimodifikasi. Dalam studi ini digunakan pengkelasan lereng berdasarkan metode Sidik Cepat Degradasi DAS yang dikembangkan oleh Paimin, Sukresno, dan Purwanto (2006) untuk mengestimasi daerah rawan longsor, yakni : 0-15 % , 15-25 % , 25-45 % , 45-65 % dan >65 % . Perhitungan bentuk lereng (*curvature*) menggunakan algoritma yang dikembangkan oleh Zevenbergen dan Thorne (1987). Nilai bentuk lereng (*curvature value*/CV) minus (-) menunjukkan bentuk lereng yang cekung, plus (+) menunjukkan bentuk lereng yang cembung, dan 0 menunjukkan bentuk lereng yang datar. Studi ini menggunakan batasan CV antara -0,01 hingga 0,01. Bentuk lereng dikatakan cekung apabila nilai CV kurang dari -0,01 dan dikatakan cembung apabila nilai CV lebih dari 0,01. Sedangkan bentuk lereng yang datar/planar memiliki nilai diantaranya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

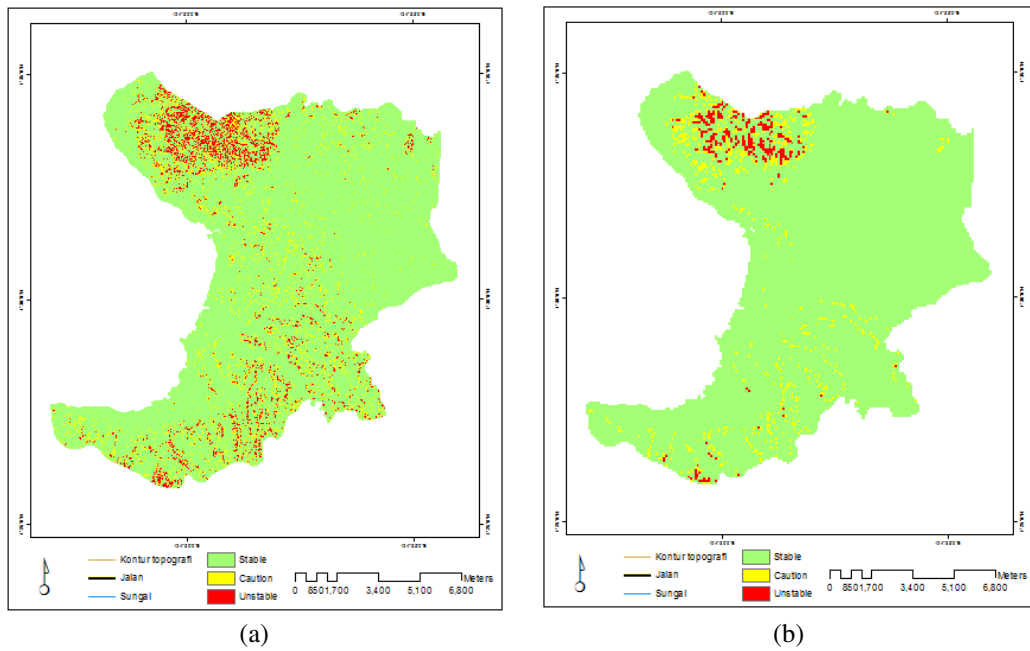
Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan menggunakan data ASTER GDEM teridentifikasi seluas ± 716 ha lahan memiliki kelerengan yang tidak stabil (*unstable*) atau kerentanan longsor tinggi. Sedangkan, apabila menggunakan data SRTM teridentifikasi seluas ± 279 ha lahan. Selanjutnya, lahan yang dikategorikan sebagai waspada (*caution*) atau kerentanan longsor sedang, diidentifikasi seluas ± 1.197 ha apabila menggunakan data ASTER

GDEM dan seluas ± 594 ha jika menggunakan SRTM. Hal ini menunjukkan bahwa data ASTER GDEM mampu mengidentifikasi daerah rawan longsor yang lebih luas jika dibandingkan dengan data SRTM. Kecamatan Bunaken memiliki daerah rawan longsor dengan kategori kerentanan longsor tinggi yang terluas di antara kecamatan lainnya di Manado, yakni seluas ± 315 ha jika menggunakan ASTER GDEM dan seluas ± 197 ha jika menggunakan SRTM. Hal ini disebabkan karena keberadaan Gunung Tumpa di wilayah ini yang banyak memiliki lereng-lereng yang tidak stabil.

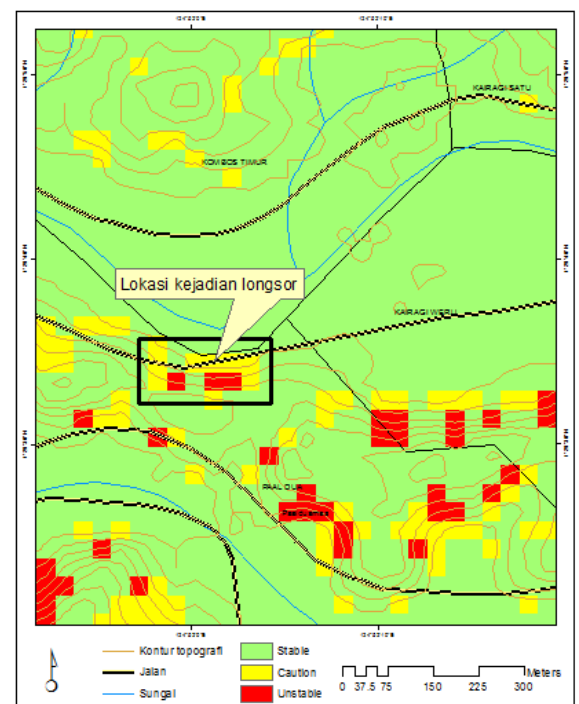
Kecamatan Tuminting, Wenang, Singkil dan Sario memiliki lahan berkelerengan tidak stabil yang relatif sedikit di Kota Manado, karena pada umumnya memiliki kelerengan yang datar. Namun, karena wilayah tersebut merupakan wilayah pusat perkotaan maka sekecil apapun daerah yang memiliki lahan rawan longsor harus diperhatikan.

Kecamatan Malalayang memiliki lahan rawan longsor terutama pada Kelurahan Batu Kota, Malalayang I, Malalayang I Barat, Malalayang I Timur, Malalayang II dan Winangun I. Di Kecamatan Mapanget, daerah yang memiliki lahan rawan longsor terbesar adalah di Kelurahan Pandu. Kecamatan Wanea dan Tikala memiliki lahan rawan longsor yang cukup besar dan harus diwaspadai mengingat banyaknya permukiman di wilayah ini.

Pada umumnya sebaran daerah rawan longsor berada pada daerah perbukitan, namun pada titik – titik tertentu, daerah yang perlu diwaspadai longsor adalah jika terdapat infrastruktur jalan dan permukiman. Daerah rawan longsor yang bukan berada pada wilayah permukiman maupun infrastruktur jalan dapat menjadi perhatian apabila ingin merencanakan pembangunan di wilayah ini.



Gambar 3. (a) Hasil identifikasi daerah rawan longsor menggunakan data ASTER GDEM
 (b) Hasil identifikasi daerah rawan longsor menggunakan data SRTM



Gambar 4. (a) Foto lokasi longsor di Kelurahan Paal Dua, Manado
 (b) Hasil analisa SMORPH menggunakan data ASTER GDEM di lokasi longsor

Distribusi spasial daerah rawan longsor menggunakan data ASTER GDEM memberikan hasil yang lebih detil daripada SRTM. Hal ini dapat

dibuktikan dari hasil analisis SMORPH pada lokasi dimana longsor terjadi. Pada lokasi longsor di Paal Dua, analisis SMORPH menggunakan SRTM

menunjukkan bahwa lokasi tersebut termasuk dalam kategori lereng yang stabil (*stable*) sedangkan jika menggunakan ASTER GDEM, lokasi tersebut masuk dalam kategori waspada (*caution*) dan tidak stabil (*unstable*). Dengan adanya faktor pemicu berupa curah hujan dengan intensitas yang tinggi, lokasi ini dapat menjadi berbahaya bagi manusia.

Menurut Shaw dan Johnson (1995), kelemahan penggunaan SMORPH adalah ketidakmampuannya dalam mendeteksi tipe kelongsoran dalam (kedalaman lebih dari 10 m) melainkan hanya mampu mendeteksi tipe kelongsoran dangkal yang melibatkan lapisan tanah dan regolith (yakni material yang terakumulasi karena erosi dan cuaca dari lapisan batuan induk). Selain itu, metode ini tidak dapat mensimulasikan terjadinya longsor secara dinamis menggunakan input curah hujan. Namun, untuk sebuah metode tanpa penggunaan data detil, SMORPH dapat dimanfaatkan mengingat hasil analisisnya yang menunjukkan akurasi yang relatif tepat dengan kondisi di lapangan.

KESIMPULAN

Dari hasil kajian disimpulkan bahwa ;

- a. Diidentifikasi seluas ± 716 ha lahan yang memiliki tingkat kerawanan longsor tinggi, seluas ± 1.197 ha lahan dengan tingkat kerawanan longsor sedang dan seluas ± 12.638 ha lahan dengan tingkat kerawanan longsor rendah di Kota Manado. Sebaran terbesar daerah rawan longsor di Kota Manado adalah pada daerah perbukitan. Daerah rawan longsor pada wilayah permukiman dan berada pada infrastruktur jalan perlu mendapatkan perhatian.

- b. Data ASTERGDEM memberikan hasil identifikasi longsor yang lebih detil jika dibandingkan dengan data SRTM. Hal ini disebabkan karena faktor resolusi spasial ASTERGDEM lebih tinggi daripada SRTM.

Dari kajian ini direkomendasikan :

- a. Wilayah yang memiliki kerentanan longsor tinggi perlu dikaji untuk menentukan langkah-langkah pengendaliannya.
- b. Perlu dilakukan kajian daerah rawan longsor menggunakan metode yang berbeda maupun dengan data *digital elevation model* yang memiliki resolusi spasial tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Borrough, P.A., and R.A. McDonnel. 1997. Principles of Geographical Information System. Oxford University Press. New York
- Paimin, Sukresno, dan Purwanto. 2006. Sidik Cepat Degradasi Sub DAS. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Bogor
- Shaw, S.C., and D.H. Johnson. 1995. Slope Morphology Model Derived from Digital Elevation Data. Washington Department of Natural Resources. Washington
- Shaw, S.C., and L.C. Vaugeois. 1999. Comparison of GIS based Models of Shallow Landsliding for Application to Watershed Management. Timber Fish and Wildfire. Washington
- Zevenbergen, L.W., and C.R. Thorne. 1987. Quantitative Analysis of Land Surface Topography. Earth Surface Processes And Landforms 12:47-56.

Lampiran 1. Hasil identifikasi daerah rawan longsor menggunakan data ASTERGDEM dan SRTM (satuan ha)

Kecamatan	Kelurahan	Stable		Caution		Unstable		Luas Total	
		ASTER GDEM	SRTM	ASTER GDEM	SRTM	ASTER GDEM	SRTM	ASTER GDEM	SRTM
Bunaken	Bailang	408,88	452,07	42,43	13,70	11,13	2,57	462,44	468,34
	Meras	296,05	320,21	53,94	56,51	67,73	38,53	417,73	415,25
	Molas	675,82	746,60	105,88	83,05	132,80	90,76	914,51	920,40
	Tongkeina	602,95	625,87	80,67	87,33	103,88	65,93	787,50	779,13
Bunaken Total		1983,70	2144,75	282,92	240,59	315,55	197,78	2582,17	2583,12
Malalayang	Bahu	84,67	87,33	2,95		0,48		88,09	87,33
	Batu Kota	39,38	41,95	5,23	7,71	5,80	0,86	50,42	50,52
	Kleak	66,12	69,35	5,23		0,95		72,30	69,35
	Malalayang I	276,17	292,82	27,49	15,41	15,51	3,42	319,17	311,65
	Malalayang I Barat	259,71	268,84	23,88	11,99	5,61		289,20	280,83
	Malalayang I	201,39	219,18	24,92	17,12	26,07	17,12	252,39	253,43
	Malalayang II	209,29	224,32	25,69	6,85	4,47		239,45	231,17
	Winangun I	175,52	199,49	28,35	16,27	13,79	1,71	217,66	217,47
	Winangun II	38,24	44,52	7,04	1,71	1,14		46,42	46,23
Malalayang		1350,50	1447,82	150,78	77,06	73,82	23,12	1575,10	1547,99
Mapanget	Bengkol	882,45	937,53	53,37	0,86	7,80	0,86	943,62	939,24
	Buha	705,31	756,02	53,08	3,42	4,47		762,86	759,44
	Kairagi Dua	580,02	639,57	52,80		7,42		640,24	639,57
	Kairagi Satu	240,49	262,85	27,97	15,41	9,23		277,69	278,26
	Kima Atas	831,74	862,18	34,91	0,86	3,52		870,17	863,04
	Lapangan	203,11	206,34	8,85		0,76		212,72	206,34
	Mapanget Barat	321,74	321,07	9,99	9,42	8,18		339,91	330,49
	Pandu	631,30	678,10	84,10	78,77	102,74	51,37	818,14	808,24
	Paniki Bawah	943,52	951,23	11,13		0,29		954,94	951,23
	Paniki Dua	246,39	244,01	2,09				248,49	244,01
	Paniki Satu	69,45	70,21	1,24				70,68	70,21
Mapanget Total		5655,51	5929,11	339,53	108,74	144,41	52,23	6139,45	6090,07
Sario	Ranotana	32,15	35,10	0,29				32,44	35,10
	Sario	19,50	19,69					19,50	19,69
	Sario Kota Baru	24,26	25,69					24,26	25,69
	Sario Tumpaan	34,72	32,54	0,38				35,10	32,54
	Sario Utara	36,53	34,25					36,53	34,25
	Titiwungen Selatan	20,45	22,26	1,24				21,69	22,26
	Titiwungen Utara	17,41	18,84	0,76		0,10		18,27	18,84
	Sario Total		185,03	188,36	2,66		0,10		187,79
Singkil	Karame	15,79	17,12					15,79	17,12
	Ketang Baru	9,70	11,99					9,70	11,99
	Kombos Barat	73,16	78,77	7,90		1,14		82,19	78,77
	Kombos Timur	131,09	145,55	14,94	1,71	2,38		148,41	147,26
	Singkil Dua	112,07	121,58	8,75		0,38		121,20	121,58
	Singkil Satu	60,98	66,78	7,13	1,71	0,48		68,59	68,50
	Ternate Baru	14,84	15,41	0,29				15,13	15,41
	Ternate Tanjung	11,80	13,70	0,57	0,86			12,37	14,56
	Wawonasa	16,55	15,41					16,55	15,41
Singkil Total		445,98	486,32	39,57	4,28	4,38		489,93	490,60
Tikala	Banjer	56,13	64,21	9,51	5,14	3,62		69,26	69,35
	Dendengan Dalam	70,59	72,78	4,76	6,85	3,52		78,86	79,63
	Dendengan Luar	38,34	42,81	3,81	0,86	1,62		43,76	43,67
	Kairagi Weru	201,58	221,75	29,40	15,41	14,75		245,73	237,16
	Malendeng	463,20	553,10	75,06	8,56	28,92	0,86	567,18	562,52
	Paal Dua	166,86	191,79	23,97	11,99	11,80		202,63	203,77
	Paal Iv	171,43	202,92	33,39	17,98	18,27	0,86	223,08	221,75
	Perkamil	207,01	236,31	27,68	8,56	10,75		245,44	244,87
	Ranomuut	46,71	48,80	6,37	1,71	0,86		53,94	50,52
	Taas	163,82	191,79	30,06	21,40	19,79		213,67	213,19
	Tikala Ares	29,02	30,82	0,48				29,49	30,82
	Tikala Baru	93,23	107,88	13,13	4,28	7,80		114,16	112,16
Tikala Total		1707,91	1964,95	257,62	102,74	121,67	1,71	2087,20	2069,41

Kecamatan	Kelurahan	Stable		Caution		Unstable		Luas Total	
		ASTER GDEM	SRTM	ASTER GDEM	SRTM	ASTER GDEM	SRTM	ASTER GDEM	SRTM
Tuminting	Bitung Karang Ria	22,45	21,40					22,45	21,40
	Kampung Islam	29,68	29,97	0,10				29,78	29,97
	Maasing	32,44	35,96	0,29				32,73	35,96
	Mahawu	46,23	53,08	7,13	0,86	0,67		54,04	53,94
	Sindulang Dua	12,84	13,70	0,48				13,32	13,70
	Sindulang Satu	39,67	42,81	2,28				41,95	42,81
	Tuminting	92,37	100,17	5,90		0,48		98,75	100,17
	Tumumpa Dua	33,20	35,10	0,95				34,15	35,10
	Tumumpa Satu	13,32	12,84					13,32	12,84
Tuminting Total		322,21	345,04	17,12	0,86	1,14		340,48	345,90
Wanea	Bumi Nyiur	106,45	119,87	18,84	21,40	15,89		141,18	141,27
	Karombasan	27,02	27,40	3,62	3,42	2,47		33,11	30,82
	Karombasan Utara	74,49	82,19	8,47	5,14	4,76		87,71	87,33
	Pakowa	30,16	34,25	2,76		0,29		33,20	34,25
	Ranotana Weru	43,95	50,52	7,99	4,28	4,47	0,86	56,41	55,65
	Tanjung Batu	53,46	55,65	6,56	4,28	2,95	1,71	62,98	61,65
	Teling Atas	97,51	103,60	8,37	2,57	1,62		107,50	106,17
	Tingkulu	172,00	204,63	28,44	15,41	21,69	1,71	222,13	221,75
	Wanea	54,23	56,51	4,85		0,29		59,36	56,51
Wanea Total		659,27	734,61	89,90	56,51	54,42	4,28	803,58	795,40
Wenang	Bumi Beringin	37,01	43,67	4,95	0,86	0,29		42,24	44,52
	Calaca	20,17	19,69					20,17	19,69
	Istiqlal	8,66	7,71					8,66	7,71
	Komo Luar	9,42	7,71					9,42	7,71
	Lawangirung	26,35	28,25	0,86				27,21	28,25
	Mahakeret Barat	19,79	21,40	1,81				21,59	21,40
	Mahakeret Timur	18,46	20,55	1,81				20,26	20,55
	Pinaesaan	39,29	39,38					39,29	39,38
	Teling Bawah	60,41	64,21	5,33	2,57	0,29		66,02	66,78
	Tikala Kumaraka	10,65	10,27	0,10				10,75	10,27
	Wenang Selatan	37,58	37,67	0,86				38,43	37,67
Wenang Utara	40,15	39,38	1,52				41,67	39,38	
Wenang Total		327,92	339,91	17,22	3,42	0,57		345,71	343,33
Total		12638,02	13580,8	1197,3	594,20	716,06	279,12	14551,4	14454,1

Keterangan:

Hasil analisis berbasis data raster menggunakan data ASTERGDEM dan SRTM, dapat menghasilkan luas total yang berbeda karena perbedaan resolusi spasial.