

# Kajian perubahan tingkat kekritisian lahan sebagai akibat proses eliminasi unit lahan: Studi kasus di kawasan pertambangan Danau Mas Hitam, Provinsi Bengkulu

## Study on the degree of critical land as a result of land unit elimination: The case study of Danau Mas Hitam Mining Area, Bengkulu Province

BAMBANG SULISTYO

Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Jl. W.R. Supratman Kandang Limun, Bengkulu 38371, Indonesia. Tel./Fax. +62-736-21290, \*email: bambangsulistyounib@gmail.com

Manuskrip diterima: 6 Februari 2015. Revisi disetujui: 19 Februari 2015.

**Abstrak.** Sulisty B. 2015. Kajian perubahan tingkat kekritisian lahan sebagai akibat proses eliminasi unit lahan: Studi kasus di kawasan pertambangan Danau Mas Hitam, Provinsi Bengkulu. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 828-833*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh eliminasi unit lahan pada tingkat kekritisian lahan pada kawasan pertambangan Danau Mas Hitam di Provinsi Bengkulu. Eliminasi unit lahan merupakan salah satu langkah dalam penyusunan Rencana Rehabilitasi Lahan yang dikerjakan Balai Pengelola DAS. Metode penelitian yang dilakukan yaitu melakukan analisis menggunakan Program SIG dalam rangka menghitung besarnya erosi permukaan dan tingkat kekritisian lahan menggunakan rumus *Universal Soil Loss Equation*. Analisis perbandingan dilakukan antara erosi permukaan hasil perhitungan sebelum dan setelah eliminasi unit lahan. Perubahan kategori tingkat kekritisian lahan sebagai akibat eliminasi unit lahan juga dievaluasi. Eliminasi unit lahan yaitu suatu proses penghilangan suatu unit lahan yang luasnya kurang dari 1 cm<sup>2</sup> di peta. Hasil penelitian menunjukkan bahwa secara keseluruhan besarnya erosi total permukaan di lokasi penelitian adalah sebesar 187,12 ton/ha/tahun sebelum dilakukan eliminasi dan 61,34 ton/ha/tahun setelah dilakukan eliminasi. Hal ini menunjukkan ada bias sebesar 125,78 ton/ha/tahun. Penurunan jumlah erosi tersebut merupakan akibat dari proses eliminasi unit lahan. Konsekuensi dari adanya pengaruh eliminasi unit lahan tersebut yaitu pada tingkat kekritisian lahan, karena tingkat kekritisian lahan merupakan fungsi dari erosi permukaan. Secara lebih nyata, ada unit lahan yang berubah kategori tingkat kekritisannya. Terdapat 80,84% dari luas total kawasan kajian yang tidak mengalami perubahan kategori, sedangkan sebesar 19,02% mengalami perubahan kategori. Perubahan tersebut tentunya akan berdampak pada perencanaan yang akan menentukan jenis arahan atau rekomendasi rehabilitasi dan konservasi yang harus dilakukan, demikian juga terjadi perubahan lokasi dan biaya.

**Kata kunci:** Eliminasi, erosi, tingkat kekritisian

**Abstract.** Sulisty B. 2015. *Study on the degree of critical land as a result of land unit elimination: The case study of Danau Mas Hitam Mining Area, Bengkulu Province. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 828-833*. The aim of this research was to determine the effect of land unit elimination on the degree of critical land in Danau Mas Hitam Mining Area in Bengkulu Province. Land unit elimination is one step in arranging field planning for soil rehabilitation usually conducted by Balai Pengelola Daerah Aliran Sungai. The method applied was by doing a digital analysis using GIS program to calculate erosion of the catchment area using *Universal Soil Loss Equation* formula. A comparison analysis was done between the result of erosion before and after land unit elimination. Their degree of critical land was also evaluated. Land unit elimination is a process to eliminate a land unit that has area <1 cm<sup>2</sup> on map. The result showed that the overall erosion in the study area was 187.12 ton/ha/year before land unit elimination and 61.34 ton/ha/year after land unit elimination. It had a meaning that there was a refraction as much as 125.78 ton/ha/year. The decrease in erosion was as consequences of land unit elimination. Its consequences also affected the degree of critical land. There was a change in category of the degree of critical land. There was about 80.84% of the total area was unchanged in the degree of critical land, while the rest was changed, i.e. 19.02%. Those changes would effect on the planning to determine recommendations that should be taken to rehabilitate and to conserve the catchment area, also changed in the location as well as the budget to run the project.

**Keywords:** Degree of critical land, elimination, erosion

### PENDAHULUAN

Lahan kritis merupakan permasalahan global (Bohre dan Chaubey 2014). Jumlah lahan kritis selalu meningkat dari waktu ke waktu, sementara laju perbaikannya tidak dapat mengatasi laju kerusakannya. Rusaknya sumber daya

alam di Indonesia terjadi akibat seluruh komoditas dari sumber daya alam dieksploitasi tanpa mengindahkan daya dukungnya (Kartodihardjo 2008). Indikasinya adalah semakin banyaknya kejadian banjir, longsor, kekeringan, serta berkurangnya atau hilangnya berbagai spesies dari sumber daya alam seperti kayu, rotan, tanaman obat-

obatan, ikan, berbagai jenis satwa, serta kemiskinan hara (Hardjowigeno 2007; Arsyad 2010).

Pada tahun 2002, Departemen Kehutanan mengeluarkan data bahwa Indonesia memiliki lahan hutan terdegradasi seluas 96,3 juta ha, 54,6 juta ha mencakup kawasan hutan produksi, hutan konservasi, dan hutan lindung, sedangkan 41,7 juta ha di luar kawasan hutan (Nawir et al. 2008). Data tersebut tentunya saat ini sudah berubah dan cenderung meningkat.

Upaya perbaikan kondisi lahan kritis akan dapat terlaksana dengan baik apabila informasi objektif kondisinya dapat teridentifikasi secara menyeluruh (Tarigan 2012; Gibbs dan Salmon 2015). Penyediaan data dan informasi tersebut sangat diperlukan, terutama dalam menunjang formula strategi yang berdaya guna, sehingga diharapkan dapat diperoleh acuan dalam pengalokasian sumber daya secara proporsional. Artinya, untuk mengatasi permasalahan lahan kritis diperlukan peta sebaran tingkat kekritisan lahan sedemikian rupa sehingga dapat diketahui kawasan yang secara prioritas harus ditangani, tindakan apa saja yang harus dilakukan, dan berapa jumlah dana yang diperlukan.

Namun demikian, penyusunan peta sebaran tingkat kekritisan lahan yang menggambarkan kondisi sebenarnya akan memerlukan waktu lama serta sumber daya dan dana yang tidak sedikit sehingga dibuat suatu model untuk dapat memetakan penyebaran lahan kritis. Departemen Kehutanan telah mengembangkan model pemetaan lahan kritis dan sudah diterapkan di Indonesia, khususnya melalui Balai Pengelolaan DAS. Panduan untuk melakukan analisis lahan kritis sudah diterbitkan pada tahun 1998 dan

diperbaharui pada tahun 2009 (Departemen Kehutanan 1998; Kementerian Kehutanan 2009). Model tersebut banyak diadopsi oleh berbagai instansi pemerintah, LSM, maupun kalangan perguruan tinggi (Prasetya dan Gunawan 2012). Sulisty (2011) telah melakukan kajian menggunakan data berbasis *raster* yang didukung data penginderaan jauh dan SIG yang menyimpulkan bahwa model yang sudah dibangun tersebut perlu dilakukan revisi.

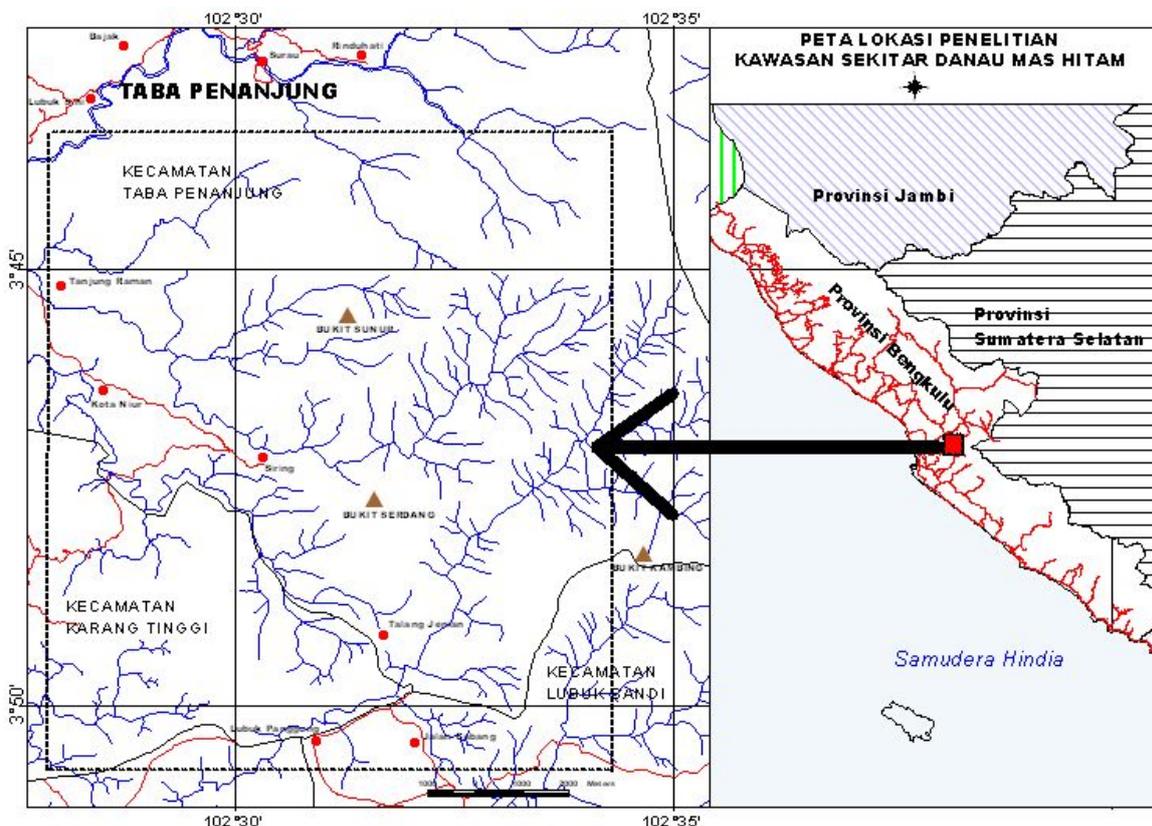
Salah satu tahapan dalam analisis lahan kritis adalah adanya eliminasi unit lahan, yaitu suatu proses penghilangan suatu unit lahan yang luasnya kurang dari 1 cm<sup>2</sup> di peta. Sulisty (2008) melakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh eliminasi unit lahan terhadap besarnya erosi permukaan yang terjadi pada DAS Air Nelas di Provinsi Bengkulu. Namun demikian, penelitian tersebut belum mengkaji bagaimana pengaruhnya terhadap tingkat kekritisan lahan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh eliminasi unit lahan pada tingkat kekritisan lahan di kawasan pertambangan Danau Mas Hitam di Provinsi Bengkulu.

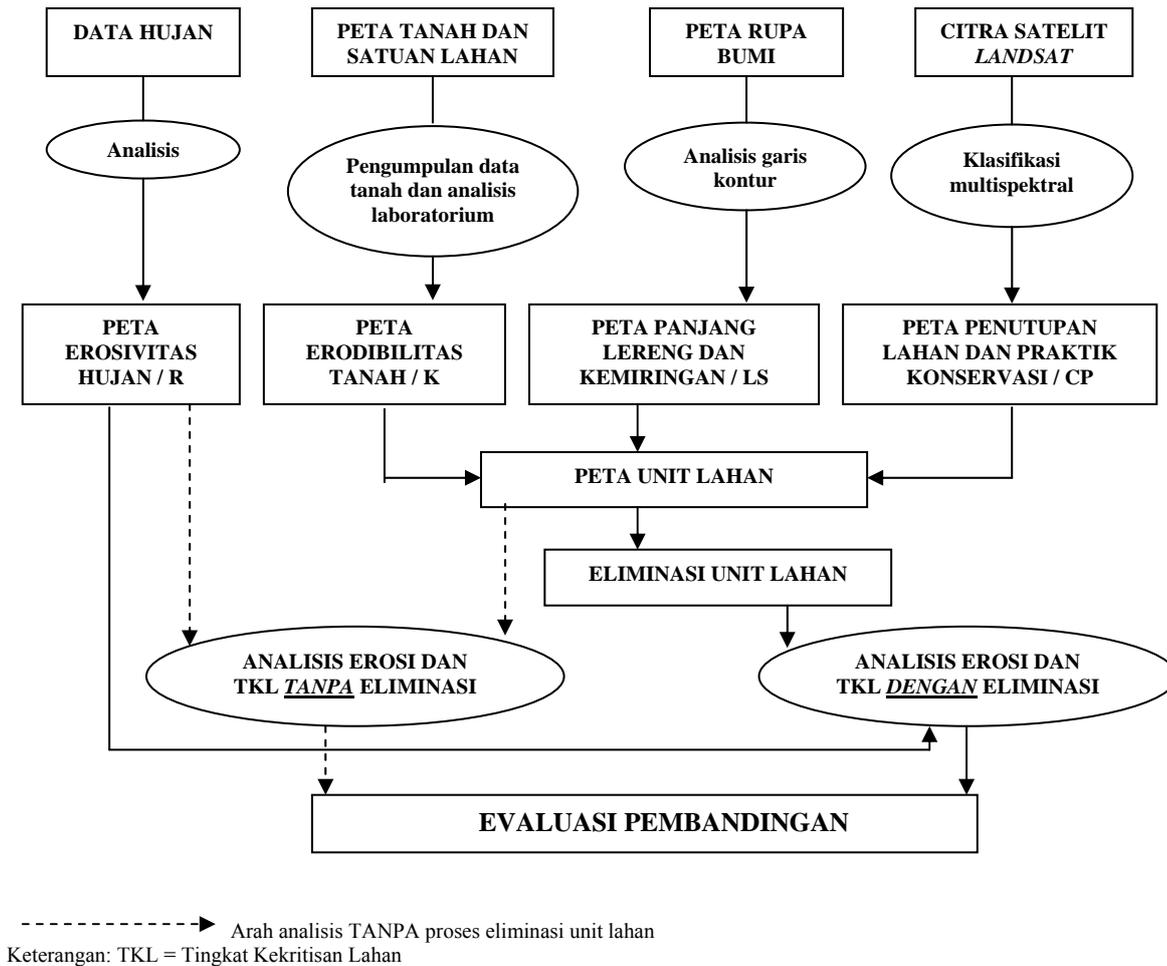
## BAHAN DAN METODE

### Lokasi penelitian

Lokasi penelitian secara administratif berada di perbatasan Kabupaten Bengkulu Tengah dan Kabupaten Seluma, Provinsi Bengkulu. Secara geografis terletak pada 102,46-102,57° BT dan 3,72-3,80° LS (Gambar 1).



Gambar 1. Lokasi penelitian di sekitar Danau Mas Hitam, Provinsi Bengkulu



Gambar 2. Diagram alir penelitian

**Analisis data**

Data yang diperlukan meliputi peta topografi, peta tanah/satuan lahan, citra satelit landat *Thematic Mapper*, dan data curah hujan bulanan selama 10 tahun. Piranti lunak dan alat yang digunakan meliputi Program ILWIS versi 3.3 untuk mengolah data berbasis raster, ARC/INFO versi 3.4.2 dan ARC/VIEW versi 3.3 untuk analisis data berbasis vektor dan untuk *layout* peta, teropong, kompas, ring tanah, bor tanah, dan GPS untuk perlengkapan lapangan.

**Tahapan penelitian**

Tahapan penelitian meliputi: (i) persiapan, (ii) interpretasi digital, (iii) analisis data, (iv) digitasi, (v) kerja lapangan, (vi) reinterpretasi dan analisis, dan (vii) penulisan dan pembuatan peta. Diagram alir penelitian disajikan pada Gambar 2.

**Analisis erosi dan tingkat kekritisian lahan**

Tingkat Kekritisian Lahan (TKL) dirumuskan:

$$TKL = w_1 Slope + w_2 TBE + w_3 Tajuk + w_4 Manajemen \dots (1)$$

Dalam rumus tersebut,  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$ , dan  $w_4$  adalah bobot yang sudah ditentukan. TBE merupakan Tingkat Bahaya Erosi yang dihasilkan dengan cara menumpangsusunkan hasil erosi dengan peta kedalaman tanah. Besarnya erosi dihitung menggunakan rumus USLE (*Universal Soil Loss Equation*) (Wischmeier dan Smith 1978) yaitu:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \dots (2)$$

Keterangan:

- A = banyaknya tanah tererosi (ton/ha/tahun)
- R = erosivitas curah hujan tahunan rata-rata (MJ/ha)(mm/jam)
- K = indeks erodibilitas tanah (ton x ha x jam)/(ha x mega joule x mm)
- LS = indeks panjang dan kemiringan lereng
- C = indeks pengelolaan tanaman
- P = indeks upaya konservasi tanah

Semua parameter dilakukan pengumpulan datanya kemudian dilakukan analisis yang akhirnya hasilnya disajikan sebagai peta tematik. Sebelum dilakukan penghitungan erosi dibuat terlebih dahulu *peta unit lahan*

yang merupakan hasil analisis tumpang susun (*overlay*) antara peta erodibilitas tanah, peta *slope*, dan peta penutupan lahan. Setiap unit lahan yang diperoleh akan mempunyai luas yang berbeda-beda.

Pada tahap pertama dilakukan perhitungan erosi dan tingkat kekritisan lahan tanpa eliminasi unit lahan, sedangkan pada tahap kedua dilakukan perhitungan dengan eliminasi unit lahan. Hasil dari kedua analisis kemudian dilakukan perbandingan untuk mengetahui pengaruh eliminasi unit lahan terhadap peta tingkat kekritisan lahan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil analisis parameter tingkat kekritisan lahan

Hasil interpretasi citra *Landsat Thematic Mapper* menunjukkan bahwa kawasan penelitian didominasi oleh kebun karet/belukar tua, diikuti tanaman tahunan/belukar muda, hutan lebat, dan seterusnya sampai tanaman semusim/semak belukar. Dari data penutupan lahan tersebut kemudian dapat diketahui faktor C, kerapatan tajuk, dan faktor P seperti yang disajikan pada Tabel 1.

Data curah hujan selama 10 tahun yang diamati pada 4 stasiun pengamatan yang terletak di sekitar kawasan penelitian dianalisis menggunakan bantuan poligon

Thiesen dan diperoleh hanya satu nilai erosivitas hujan sebesar 5.418,7 (MJ/ha) (mm/jam).

Hasil analisis kemiringan lahan (*slope*) menunjukkan bahwa kawasan pertambangan Danau Mas Hitam didominasi kemiringan 8-15%. Data selengkapnya disajikan pada Tabel 2.

Dari peta tanah dan satuan lahan serta analisis laboratorium seperti disajikan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa kawasan penelitian didominasi oleh jenis tanah yang merupakan asosiasi antara *Dystrandepts*, *Haplohumults*, dan *Dystropepts*, dan yang paling sempit yaitu asosiasi antara *Dystropepts*. Nilai erodibilitas tanah bervariasi dari 0,13 sampai dengan 0,35, sedangkan kedalaman tanahnya adalah 60-90 cm dan >90 cm. Sementara itu, keberadaan batu-batuan pada lokasi penelitian adalah seragam, yaitu pada tingkat sedikit.

**Tabel 2.** Slope kawasan pertambangan Danau Mas Hitam, Bengkulu

| Kode   | Faktor S | Luas (ha) | Luas (%) |
|--------|----------|-----------|----------|
| 1      | 0-8%     | 194,40    | 1,21     |
| 2      | 8-15%    | 7.462,31  | 46,41    |
| 3      | 15-25%   | 5.180,33  | 32,22    |
| 4      | 25-40%   | 2.606,18  | 16,21    |
| 5      | 40-60%   | 635,12    | 3,95     |
| Jumlah |          | 16.078,35 | 100,00   |

**Tabel 1.** Penutupan lahan kawasan pertambangan Danau Mas Hitam, Bengkulu

| No. | Penutupan lahan               | Faktor C | Faktor P | Skor Tajuk | Luas (ha) | Luas (%) |
|-----|-------------------------------|----------|----------|------------|-----------|----------|
| 1   | Kebun karet/belukar tua       | 0,500    | 0,40     | 3          | 5.390,75  | 33,53    |
| 2   | Tanaman tahunan/belukar muda  | 0,100    | 1,00     | 5          | 4.513,00  | 28,07    |
| 3   | Hutan lebat                   | 0,001    | 1,00     | 5          | 3.564,88  | 22,17    |
| 4   | Lahan terbuka berumput/TS     | 0,950    | 1,00     | 0          | 697,59    | 4,34     |
| 5   | Kebun kelapa sawit masyarakat | 0,500    | 0,40     | 2          | 676,94    | 4,21     |
| 6   | Batu bara                     | 0,950    | 0,40     | 0          | 449,18    | 2,79     |
| 7   | Sawah                         | 0,010    | 0,04     | 4          | 263,76    | 1,64     |
| 8   | Permukiman                    | 0,950    | 1,00     | 0          | 214,06    | 1,33     |
| 9   | Kebun sawit muda/semak rumput | 0,750    | 0,40     | 2          | 167,58    | 1,04     |
| 10  | Kebun campur                  | 0,100    | 1,00     | 5          | 88,68     | 0,55     |
| 11  | Kebun karet muda/semak rumput | 0,750    | 0,40     | 3          | 21,97     | 0,14     |
| 12  | Perkebunan karet              | 0,500    | 0,40     | 3          | 10,39     | 0,06     |
| 13  | Tanaman semusim/semak belukar | 0,400    | 0,90     | 5          | 19,56     | 0,12     |
|     | Jumlah                        |          |          |            | 16.078,36 | 100,00   |

**Tabel 3.** Keadaan tanah kawasan pertambangan Danau Mas Hitam, Bengkulu

| No | Kode      | Jenis Tanah                                  | Faktor K | Kedalaman | Luas (ha) | Luas (%) |
|----|-----------|--|----------|-----------|-----------|----------|
| 1  | Ma 2.1.2  | <i>Dystrandepts/Haplohumults/Dystropepts</i> | 0,2600   | 60-90     | 6.311,77  | 39,26    |
| 2  | Mab 2.2.3 | <i>Dystropepts/Hapludults/Humitropepts</i>   | 0,2500   | 60-90     | 4.875,18  | 30,32    |
| 3  | Hab 1.1.7 | <i>Dystropepts/Humitropepts</i>              | 0,2700   | > 90      | 1.817,28  | 11,30    |
| 4  | Mab 2.2.2 | <i>Hupludults/Haplohumults/Humitropepts</i>  | 0,2600   | > 90      | 1.144,80  | 7,12     |
| 5  | Mq 2.2.2  | <i>Dystropepts/Hapludults/Hapludoxs</i>      | 0,2600   | > 90      | 827,89    | 5,15     |
| 6  | Hq 1.2.1  | <i>Dystropepts/Kandiudoxs/Humitropepts</i>   | 0,3500   | > 90      | 528,52    | 3,29     |
| 7  | X.1       | <i>Hapludult</i>                             | 0,1900   | < 30      | 394,00    | 2,45     |
| 8  | Af 1.2.1  | <i>Tropoquepts/Tropofluvents/Dystropepts</i> | 0,1300   | > 90      | 94,86     | 0,59     |
| 9  | Ma 2.3.3  | <i>Dystropepts/Eutrandepts/Humitropepts</i>  | 0,2700   | > 90      | 79,78     | 0,50     |
| 10 | Hq 1.1.1  | <i>Dystropepts/Kandiudoxs/Humitropepts</i>   | 0,2500   | > 90      | 4,26      | 0,03     |
|    | Jumlah    |  |          |           | 16.078,35 | 100,00   |

**Tabel 4.** Besarnya perubahan erosi total permukaan yang dihitung antara sebelum dan sesudah eliminasi

| Item  | Sebelum eliminasi   | Setelah eliminasi   |
|---|---------------------|---------------------|
| Jumlah unit lahan                           | 816                 | 240                 |
| Rata-rata erosi total permukaan/luas kajian | 187,12 ton/ha/tahun | 61,34 ton/ha/tahun  |
| Selisih erosi total permukaan               |                     | 125,78 ton/ha/tahun |

**Tabel 5.** Luas perubahan kategori tingkat kekritisian lahan

| Perubahan kategori | Luas (Ha) | Luas (%) |
|--------------------|-----------|----------|
| Tetap              | 12.998,30 | 80,84    |
| K menjadi AK       | 957,56    | 5,96     |
| AK menjadi K       | 669,47    | 4,16     |
| PK menjadi AK      | 376,10    | 2,34     |
| PK menjadi K       | 226,63    | 1,41     |
| K menjadi PK       | 197,19    | 1,23     |
| AK menjadi PK      | 196,36    | 1,22     |
| SK menjadi K       | 154,87    | 0,96     |
| SK menjadi AK      | 122,77    | 0,76     |
| SK menjadi PK      | 90,81     | 0,56     |
| PK menjadi SK      | 38,54     | 0,24     |
| TK menjadi AK      | 20,67     | 0,13     |
| AK menjadi SK      | 19,93     | 0,12     |
| K menjadi SK       | 7,25      | 0,05     |
| K menjadi TK       | 1,92      | 0,01     |
| Jumlah             | 16.078,36 | 100,00   |

Keterangan: K = kritis, AK = agak kritis, PK = potensial kritis, SK = sangat kritis, TK = tidak kritis

### Hasil analisis tingkat kekritisian lahan

Dengan melakukan analisis tumpang susun antara peta penutupan lahan, peta erodibilitas tanah, dan peta *slope*, diperoleh peta unit lahan (selanjutnya diberi kode UNITnol) dengan jumlah unit 816 poligon. Setelah dilakukan eliminasi, jumlah unitnya menjadi 240 (selanjutnya diberi kode UNIT25). Setiap unit lahan tersebut kemudian ditentukan nilai L untuk menghitung besarnya LS. Erosi (A) dapat dihitung dengan terlebih dahulu melakukan analisis tumpang susun antara peta unit lahan dengan peta erosivitas hujan. Ringkasan hasilnya disajikan pada Tabel 4.

### Pembahasan

Tabel 4 menunjukkan bahwa besarnya erosi total permukaan di kawasan penelitian adalah 187,12 ton/ha/tahun *sebelum dilakukan eliminasi* dan 61,34 ton/ha/tahun *setelah dilakukan eliminasi*. Hal ini menunjukkan ada penurunan sebesar 125,78 ton/ha/tahun sebagai akibat dari proses eliminasi unit lahan. Dengan proses eliminasi maka unit lahan yang kecil akan bergabung dengan unit lahan di dekatnya. Dengan bergabungnya beberapa unit lahan menjadi satu maka nilai L juga berubah, demikian juga faktor LS. Hasil ini senada dengan penelitian Sulistyono (2008) yang dilakukan di DAS Air Nelas yang menyimpulkan bahwa eliminasi unit lahan cenderung menghasilkan erosi yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil erosi yang sesungguhnya.

Jika diamati dari rumus, terlihat bahwa nilai CP terbesar terjadi pada lahan lokasi batu bara dan permukiman (CP =

0,95). Namun demikian, kedua penutupan lahan tersebut mempunyai unit lahan yang kecil sehingga menjadi *hilang* karena bergabung dengan unit lahan yang lain di dekatnya, dalam hal ini kebun karet (CP = 0,20) yang mendominasi kawasan penelitian. Jika hanya mengamati faktor CP, secara logika jumlah erosi dalam kawasan penelitian akan berkurang dengan melakukan proses eliminasi karena nilai CP mengecil.

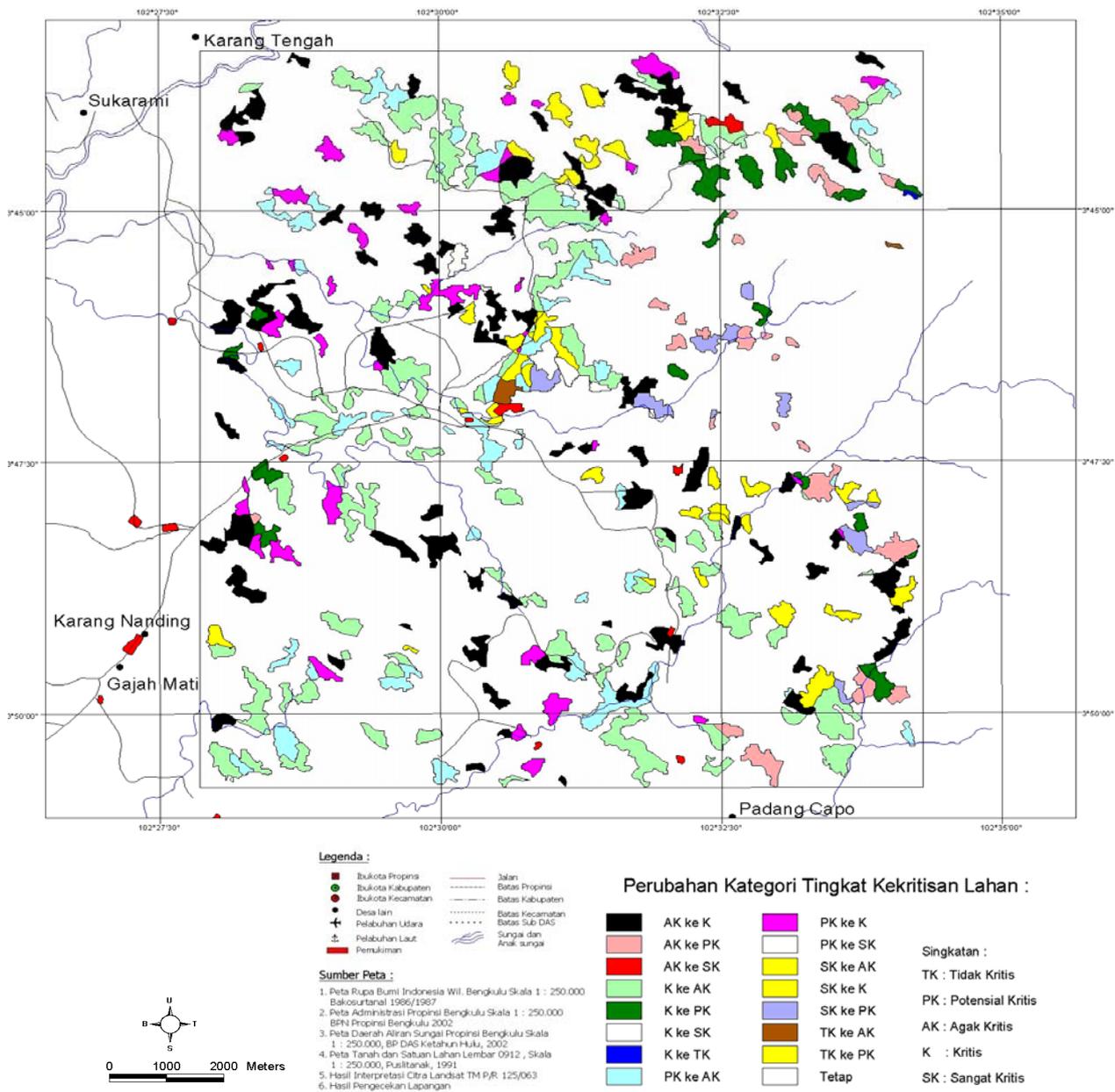
Dari tabel-tabel yang disajikan menunjukkan bahwa kebun karet tidak hanya mendominasi kawasan penelitian, tetapi secara keruangan juga banyak menempati kawasan yang mempunyai kemiringan lahan yang peka terhadap erosi serta menempati bagian hulu yang mempunyai erosivitas hujan tinggi, yaitu 5.418,7. Faktor-faktor inilah yang diduga merupakan penyebab menurunnya jumlah erosi setelah dilakukan eliminasi unit lahan. Sementara itu, faktor K tampaknya kurang berpengaruh karena nilainya yang hampir seragam antara 0,13 sampai dengan 0,35.

Konsekuensinya, terjadi perubahan pada tingkat kekritisian lahan karena tingkat kekritisian lahan merupakan fungsi dari erosi. Secara lebih nyata yaitu ada unit lahan yang berubah kategori tingkat kekritisannya. Perubahan kategori tingkat kekritisian lahan, khususnya luasnya, disajikan pada Tabel 5 yang berurutan dari luas yang terbesar menuju luas yang terkecil, sedangkan penyebarannya disajikan pada Gambar 3.

Dari Tabel 5 dapat disimpulkan bahwa sebesar 80,84% tidak mengalami perubahan kategori, sedangkan sisanya sebesar 19,02% mengalami perubahan kategori. Sebenarnya, proses eliminasi hanya diperlukan apabila analisis dilakukan secara manual dimana analisis tumpang susun (*overlay*) peta hanya mungkin dilakukan menggunakan peta yang digambar pada kertas transparan (kalkir). Namun demikian, apabila analisis dilakukan secara digital, menggunakan teknologi SIG, maka semestinya tidak perlu dilakukan eliminasi unit lahan, karena berapapun kecilnya luas unit lahan yang terbentuk sebagai hasil analisis tumpang susun (*overlay*) akan tetap dapat dilakukan penghitungan erosi sehingga hasilnya akan lebih mencerminkan kondisi sesungguhnya di lapangan. Dengan melakukan eliminasi unit lahan, maka akan terjadi penyimpangan terhadap hasilnya. Hal ini akan berakibat terjadinya kesalahan dalam perencanaan yang berkaitan dengan kegiatan rehabilitasi lahan.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Ketua Jurusan Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu yang telah memberikan dana penelitian melalui Hibah Penelitian Program PHK A2.



**Gambar 3.** Peta perubahan kategori tingkat kekritisan lahan di kawasan pertambangan Danau Mas Hitam sebagai akibat proses eliminasi unit lahan

**DAFTAR PUSTAKA**

Arsyad S 2010. Konservasi Tanah dan Air. Edisi kedua. IPB Press, Bogor.

Bohre P, Chaubey OP. 2014. Restoration of degraded lands through plantation forests. *Global J Sci Frontier Res* 14: 18-27.

Departemen Kehutanan. 1998. Pedoman Penyusunan Rencana Teknik Lapangan Rehabilitasi Lahan dan Konservasi Tanah Daerah Aliran Sungai. Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, Departemen Kehutanan, Jakarta.

Gibbs HK, Salmon JM. 2015. Mapping the world's degraded lands. *J Appl Geogr* 57: 12-21.

Hardjowigeno S. 2007. Ilmu Tanah. Akademika Pressindo, Jakarta.

Kartodihardjo H. 2008. Pengelolaan sumber daya alam dan lingkungan hidup. Seminar Lingkungan Hidup dan Sumberdaya Alam. Universitas Bengkulu, Bengkulu.

Kementerian Kehutanan. 2009. Peraturan Menteri Kehutanan RI Nomor P. 32/Menhut-II/2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan DAS, Jakarta.

Prasetya, Gunawan T. 2012. Pemanfaatan citra penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk pemetaan lahan kritis di daerah Kokap dan Pengasih Kabupaten Kulonprogo. *Jurnal Bumi Indonesia* 1: 281-290.

Sulistyo B. 2008. Pengaruh generalisasi unit lahan pada besarnya erosi. *Jurnal Ilmu Kehutanan* 1: 1-11.

Sulistyo B. 2011. Pemodelan Spasial Lahan Kritis Berbasis Raster di DAS Merawu Kabupaten Banjarnegara melalui Integrasi Citra Landsat 7 ETM+ dan SSIG. [Disertasi]. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Tarigan SD. 2012. Methods for delineating degraded land at Citarum Watershed, West Java, Indonesia. *J Trop Soils* 17: 267-274.

Wischmeier WH, Smith DD. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. USDA Agriculture Handbook No. 37, USA.