



Implementasi Instrumen Zoning Regulation dalam Penanganan Lahan Kritis di DTA Kaskade Mahakam

Implementation of Zoning Regulation Instruments in Handling Critical Land in The Water Catchment Area of Mahakam Cascade

Luhur Bintang Taufan

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

Rahmat Aris Pratomo¹

Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia

Artikel Masuk : 1 Februari 2022

Artikel Diterima : 26 Agustus 2022

Tersedia Online : 31 Agustus 2022

Abstrak: Laju pertumbuhan lahan kritis yang pesat di kawasan Daerah Tangkapan Air (DTA) Kaskade Mahakam menyebabkan kerusakan lingkungan dan degradasi lahan. Dalam kurun waktu 2013-2018 luas lahan kritis meningkat hingga 15,54% atau 67.586,53 Ha. Kondisi degradasi lahan terus meningkat seiring kompleksitas pemanfaatan lahan dan ketidaksesuaiannya dengan karakteristik lahan sehingga mengurangi daya dukung lahan. Metode perencanaan dan pengendalian penataan ruang penanganan perlu memperhatikan bentuk perubahan lahan dan tingkat kekritisannya. Penelitian ini menawarkan alternatif instrumen yang berbeda dalam penanganan lahan kritis. Secara detail penelitian ini bertujuan merumuskan arahan penanganan lahan kritis di DTA Kaskade Mahakam berdasarkan arahan zonasi lahan kritis. Metode analisis yang digunakan adalah deksriptif-evaluatif yang terbagi dalam dua tahapan. Tahap pertama menentukan zonasi lahan kritis berdasar klasifikasi tingkat kerawanan sesuai kriteria penentuan lahan kritis dengan metode *weighted overlay*. Tahap selanjutnya adalah merumuskan arahan terhadap penanganan dan penggunaan lahan dengan *zoning regulation* dengan metode analisis *delphi* pada para *stakeholders* kunci. Temuan utama menunjukkan terdapat enam klasifikasi zonasi lahan kritis yang terbagi masing-masing tiga di kawasan lindung dan kawasan budidaya. Dari temuan tersebut, kemudian disusun arahan penanganan lahan kritis dengan konsep *zoning regulation* meliputi fungsi penggunaan lahan (diizinkan, diizinkan terbatas, diizinkan bersyarat, dan dilarang). Arahan *zoning regulation* menyesuaikan dengan tingkat kekritisannya dan fungsi pemanfaatannya serta teknik konservasi dan rehabilitasi, yaitu pendekatan teknis sipil dan pengairan, vegetatif, sumur resapan, dan drainase yang memiliki pengaturan berbeda pada tiap zonasi tingkat kekritisannya lahan kritis.

Kata Kunci: daya dukung; Kaskade Mahakam; lahan kritis; perubahan lahan; *zoning regulation*

Abstract: *The rapid growth of critical land in the Mahakam Cascade catchment area has caused environmental damage and land degradation. There was an increase in this critical*

¹ Korespondensi Penulis: Program Studi Perencanaan Wilayah dan Kota, Institut Teknologi Kalimantan, Balikpapan, Indonesia
Email: r.a.pratomo@lecturer.itk.ac.id

land during the last ten years in this area. It was recorded that about 15.54% of the critical land area increased from 2013 to 2018. The condition of land degradation continuously occurs due to increased land use complexity, which does not match the characteristics of the land. As a result, the carrying capacity of the land is getting worst. In responding to this condition, it is necessary to have a different instrument to handle these critical lands. This study aims to formulate directions for handling critical land in the Mahakam Cascade DTA based on the direction of critical land zoning. The first stage was to determine the zoning of critical land vulnerability levels to determine critical land zoning using the weighted overlay method. The following stage was to formulate directives on land management and use with zoning regulations using the Delphi analysis method for key stakeholders. The main findings show that six zoning classifications of critical land are divided into three protected and cultivated areas. From these findings, directions are then drawn up for critical handling of land with the concept of zoning regulation covering land use functions (permitted, limited permitted, conditionally permitted, and prohibited). The zoning regulation directive adjusts to the criticality level of the land and its use function as well as conservation and rehabilitation techniques, i.e., civil engineering approach and irrigation, vegetative, infiltration and drainage wells, which have different settings in each zoning criticality level of critical land.

Keywords: *carrying capacity; critical land; Kaskade Mahakam; land use change; zoning regulation*

Pendahuluan

Perubahan bentuk ekosistem perairan pada kawasan resapan air di daerah sekitar danau merupakan suatu bentuk konversi lahan. Kebutuhan akan ruang dari laju pertumbuhan penduduk menyebabkan penurunan kualitas lingkungan daerah aliran sungai (DAS) dan kawasan hutan sebagai resapan air (Enriquez-de-Salamanca, 2019; Pratomo, Jetten, & Alkema, 2016). Penggunaan lahan merupakan salah satu variabel penting pada daerah aliran sungai (DAS) yang memengaruhi kemampuan fungsi tata air suatu kawasan (Seng et al., 2015). Wujud penggunaan lahan pada suatu wilayah yang bersifat keberlanjutan dan lingkungan merupakan pencerminan usaha manusia dalam mengelola sumber daya lahan dan memanfaatkannya dengan baik. Bentuk pemanfaatan lahan yang kurang memperhatikan lingkungan sebagai penyebab terjadinya degradasi lahan. Penggunaan lahan yang kurang memperhatikan lingkungan seperti sistem pertanian yang tidak memperhatikan usaha konservasi tanah, lahan bekas tambang serta *illegal logging* merupakan beberapa penyebab terjadinya degradasi lahan (Suandy et al., 2014; Tambunan, 2014). Degradasi lahan yang terus terjadi akhirnya mengakibatkan kondisi yang disebut lahan kritis (Dariah et al., 2004). Lahan kritis sebagai suatu proses interaksi yang bersifat dinamis dan kompleks dari perubahan lahan yang terjadi pada manusia dan lahan yang terus dibutuhkan karena terus timpangnya antara kebutuhan dan ketersediaan sumber daya lahan sehingga menyebabkan rusaknya dan berkurangnya daya dukung lahan (Rustiadi et al., 2011). Jumlah kawasan hutan yang terus terjadi aktivitas eksploitasi mengalami pembukaan dan terus meningkatkan luasan lahan kritis. Pembukaan tersebut terjadi sebagai usaha penyiapan lahan untuk pemanfaatan perkebunan dan penambangan batu bara, serta akibat dari kebakaran hutan dan konversi lahan yang tidak menerapkan prinsip kelestarian lingkungan dan keberlanjutan menjadi faktor eksternal lainnya.

Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (BPDAS) Mahakam Berau tahun 2018 melaporkan dalam kurun waktu 2013-2018 di mana pada tahun 2013 luasan lahan kritis pada kawasan DAS Mahakam memiliki luasan 434.773,62 Ha. Luasan lahan kritis terus meningkat hingga mencapai angka seluas \pm 502.360,15 pada tahun 2018, artinya dalam kurun waktu 2013-2018 terjadinya penambahan luasan lahan kritis sebesar 67.586,53 Ha, sehingga terjadi peningkatan luasan lahan kritis sebanyak 15,54%. Meningkatnya luasan

lahan kritis ini didorong karena besarnya laju perubahan luas dan teknik pengelolaan lahan yang tidak mampu menampung perluasan lahan kritis dari penanganan teknis pelaksanaan dalam pengelolaan (Pamungkas & Karmadi, 2015; Sersermudi et al., 2022). Upaya dalam mengatasi masalah kritis perlu perencanaan dan pengendalian penataan ruang yang sesuai dan sistematis, sehingga pengelolaan dan pelaksanaannya sesuai dengan indikator lingkungan hidup dan capaian daerah dalam mewujudkan sasaran dan tujuannya. Tahapan awal dalam pengelolaan sumber daya yang baik adalah perencanaan, termasuk dalam pengelolaan sumber daya daerah aliran sungai, sebagai instrumen pengendalian pemanfaatan ruang dalam mencapai tujuan melalui otonomi daerah. Pengelolaan DAS menjadi kewenangan pemerintah daerah kabupaten/kota, serta pemerintah pusat. Rencana pengelolaan ataupun pemanfaatan ruang kawasan yang bersifat regulasi/kebijakan kurang memperhatikan perubahan lahan dan tingkat kekritisannya di masing-masing kawasan zonasi lahan kritis. Degradasi lahan dan perubahan fungsi yang mendorong munculnya lahan kritis mengindikasikan bahwa perlu adanya suatu instrumen pengendalian pemanfaatan ruang atau kegiatan pada masing-masing zonasi lahan kritis.

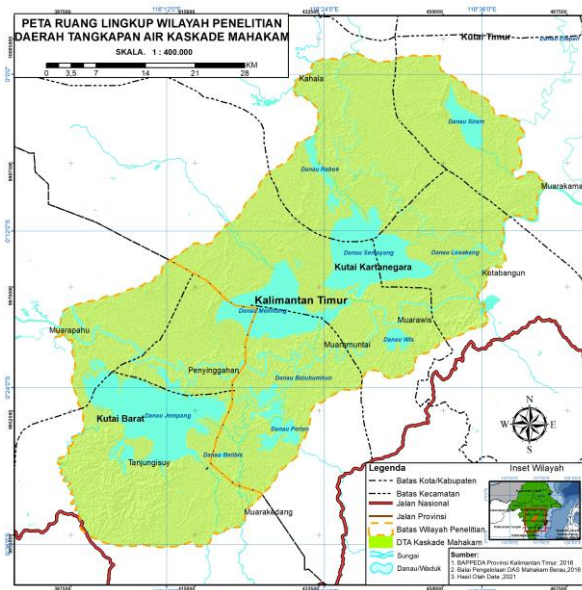
Adapun penelitian ini bertujuan untuk merumuskan arahan penanganan lahan kritis di DTA Kaskade Mahakam berdasarkan arahan zonasi lahan kritis. Penentuan tingkat kerawanan lahan kritis berdasarkan variabel dan bobot penentu lahan kritis dengan metode *overlay* untuk melihat kemampuan daya dukung lahan seperti yang dilakukan oleh peneliti-peneliti terhadap lokasi lain (Nurhakim, 2017; Ruhama et al., 2020; Widyatmanti et al., 2018). Sementara itu, penentuan arahan penanganan lahan kritis pada fungsi penggunaan lahan dan teknik konservasi yang dilakukan berdasarkan zona dan tingkat kekritisannya pada kawasan DAS dan kawasan danau juga dilakukan beberapa peneliti lain (Melo et al., 2018; Nugroho, 2000; Sule et al., 2021). Hingga saat ini perhatian para peneliti terhadap DTA Kaskade Mahakam, terutama terhadap kawasan inti tiga danau masih sangat terbatas. Tercatat hanya terdapat kajian pengembangan ekowisata terhadap kawasan hulu sungai oleh Adikusuma et al. (2014). Oleh karena itu, penelitian ini selain memberi kontribusi dalam memberikan fakta terbaru kondisi lahan kritis di kawasan inti tiga danau di DTA Mahakam, juga memberikan alternatif arahan pengendalian dan pemanfaatan ruang di DTA Kaskade Mahakam berdasarkan karakteristik lahan kritis yang belum pernah dilakukan sebelumnya.

Metode Penelitian

Wilayah Penelitian

Daerah Tangkapan Air (DTA) Kaskade Mahakam merupakan sekumpulan danau di bagian tengah pada DAS Mahakam dengan jumlah danau hingga 20, dengan penyusun utama tiga danau besar yaitu Danau Jempang (15.000 Ha), Danau Semayang (13.000 Ha), dan Danau Melintang (11.000 Ha). Danau lainnya berukuran antara 100-2000 Ha adalah Loa Kang, Balikpapan, Kedang Murung, Kahoyponkol, Melinau, Rabok, Berambai, Katung, Perian, Wis, Batubumbun, Tempatung, Tawar, Klanyongan, Belibis, Bongan, dan Tanah Liat. Kaskade Mahakam yang merupakan bagian dari 15 prioritas danau nasional dalam RPJMN (Julzarika et al., 2019; Julzarika et al., 2018), merupakan salah satu kawasan lingkungan lahan basah terbesar pada Kabupaten Kutai Kertanegara (Setiawan et al., 2013). Sebagai daerah aliran sungai prioritas dalam DAS prioritas Mahakam 2015-2019, hal ini berpotensi menyebabkan eksistensi kawasan ini terganggu akibat pengembangan aktivitas perkotaan di Kutai Kertanegara. Pengembangan tersebut sebaiknya selaras dengan karakteristik lahan kritis kawasan DTA baik yang termasuk dalam kawasan lindung maupun budidaya. Dengan status sebagai Kawasan Strategis Provinsi (KSP) dan menjadi

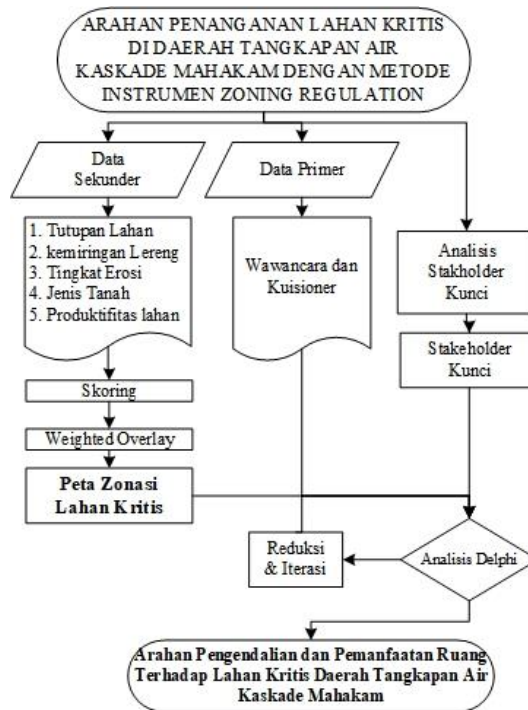
danau prioritas nasional, maka Danau Kaskade Mahakam menjadi perhatian dan membutuhkan upaya dari seluruh pemangku kepentingan agar daya dukung lingkungannya tetap terjaga dan mampu memberikan dukungan kehidupan bagi masyarakat Provinsi Kalimantan Timur. Wilayah DTA Kaskade Mahakam terdiri dari Danau Melintang, Danau Semayang, dan Danau Jempang dengan luasan 250.170,5 Ha. Luas ini merupakan $\pm 3,5\%$ dari luas daerah aliran Sungai Mahakam (7.214.970,012 Ha). DTA Kaskade Mahakam terletak di Provinsi Kalimantan Timur yang meliputi dua kabupaten yaitu Kabupaten Kutai Kertanegara dan Kabupaten Kutai Barat. Peta lokasi DTA Kaskade Mahakam dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Ruang Lingkup Penelitian

Metode penelitian menggunakan pendekatan deduktif yaitu prosedur ilmiah dalam rangka memperoleh data bertujuan khusus. Jenis penelitian yang dilakukan berupa penelitian deskriptif dan evaluatif. Jenis penelitian deskriptif menggunakan model penelitian berdasarkan studi kasus dengan menggambarkan dan juga meringkas berbagai konsep, kondisi, dan berbagai variabel (Pratomo et al., 2021; Sugiyono, 2015). Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan pada instansi yang memiliki relevansi terhadap kasus penelitian di DTA Kaskade Mahakam seperti Bappeda Kabupaten Kutai Kertanegara, Badan Pengelola DAS Mahakam-Berau, dan Dinas Lingkungan Hidup. Dalam analisis penetapan zonasi lahan kritis, dilakukan pengumpulan data sekunder dan data pelengkap yang digunakan untuk telaah dokumen dan analisis dengan teknik *weighted overlay*. Penetapan zonasi lahan kritis didasari pada tingkat kekritisian lahan pada kawasan lindung maupun kawasan budidaya. Adanya perbedaan karakteristik dan pembobotan menjadi dasar kriteria pembentuk lahan kritis berdasarkan Peraturan No.4/V-SET/2013 tentang Tata Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis. Setelah itu dilakukan analisis lanjutan untuk merumuskan arahan penanganan lahan kritis DTA Kaskade Mahakam dengan teknik analisis yang bersifat evaluatif. Teknik *Delphi* kepada para *stakeholders* kunci melalui tahap pengisian kuesioner dan wawancara, untuk kemudian direduksi dan iterasi hingga didapatkan kesepakatan dalam pemecahan terhadap permasalahan. Perumusan arahan penanganan menggunakan instrumen *zoning regulation* dengan fungsi pengaturan lahan dan teknik konservasi yang didasarkan pada yang diatur dalam *zoning regulation* dalam Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan

Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota pada masing-masing zonasi tingkat kerawanan lahan kritis. Kerangka analisis penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kerangka Analisis Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Zonasi Berdasarkan Klasifikasi Tingkat Kerawanan Lahan Kritis

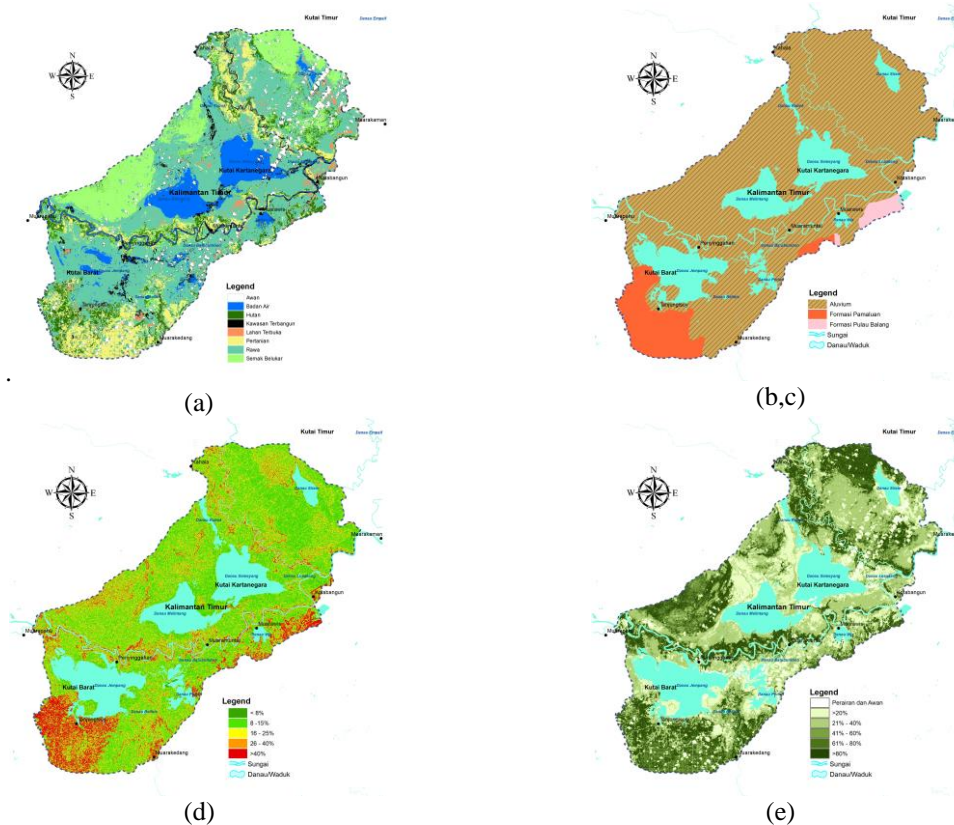
Dalam menentukan zonasi lahan kritis menggunakan proses *overlay* dengan bantuan *software GIS* yaitu *Arcmap 10.5*. Zonasi disusun berdasarkan klasifikasi kawasan lindung dan budidaya sesuai dokumen perencanaan tata ruang wilayah. Pada penelitian ini menggunakan penetapan kawasan lindung dan budidaya Provinsi Kalimantan Timur. Kemudian parameter yang digunakan dalam penentuan kelas kriteria menggunakan Peraturan Kementerian Kehutanan P.4/V-SET/2013 tentang Tata Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan sebagai bahan *overlay* dalam penentuan tingkat lahan kritis. Adapun variabel yang menjadi bahan *overlay* sebagai pembentuk zonasi lahan kritis berdasarkan tingkat bobot variabel kekritisan merupakan yaitu tutupan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah, erosi, dan kriteria tambahan pada penentuan lahan kritis pada kawasan budidaya produktifitas (Tabel 1).

Dalam analisis penetapan zonasi lahan kritis menggunakan teknik *weighted overlay*. Penetapan ini didasarkan pada tingkat kekritisan lahan pada kawasan lindung maupun kawasan budidaya. Adanya perbedaan karakteristik dan pembobotan menjadi dasar kriteria pembentuk lahan kritis yang digunakan dalam proses analisis. Peta variabel tingkat kekritisan lahan dapat dilihat pada Gambar 3

Tabel 1. Kriteria Pembentuk Zonasi Lahan Kritis

No	Kriteria Pembentuk Lahan Kritis	Bobot	
		Kawasan Lindung	Kawasan Budidaya
1.	Tutupan Lahan	50%	20%
2.	Kelerengan	20%	20%
3.	Tingkat Bahaya Erosi	20%	15%
4.	Jenis tanah	10%	15%
5.	Produktifitas Lahan	-	30%
Total			100%

Sumber: P.4/V-SET/2013 tentang Tata Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis

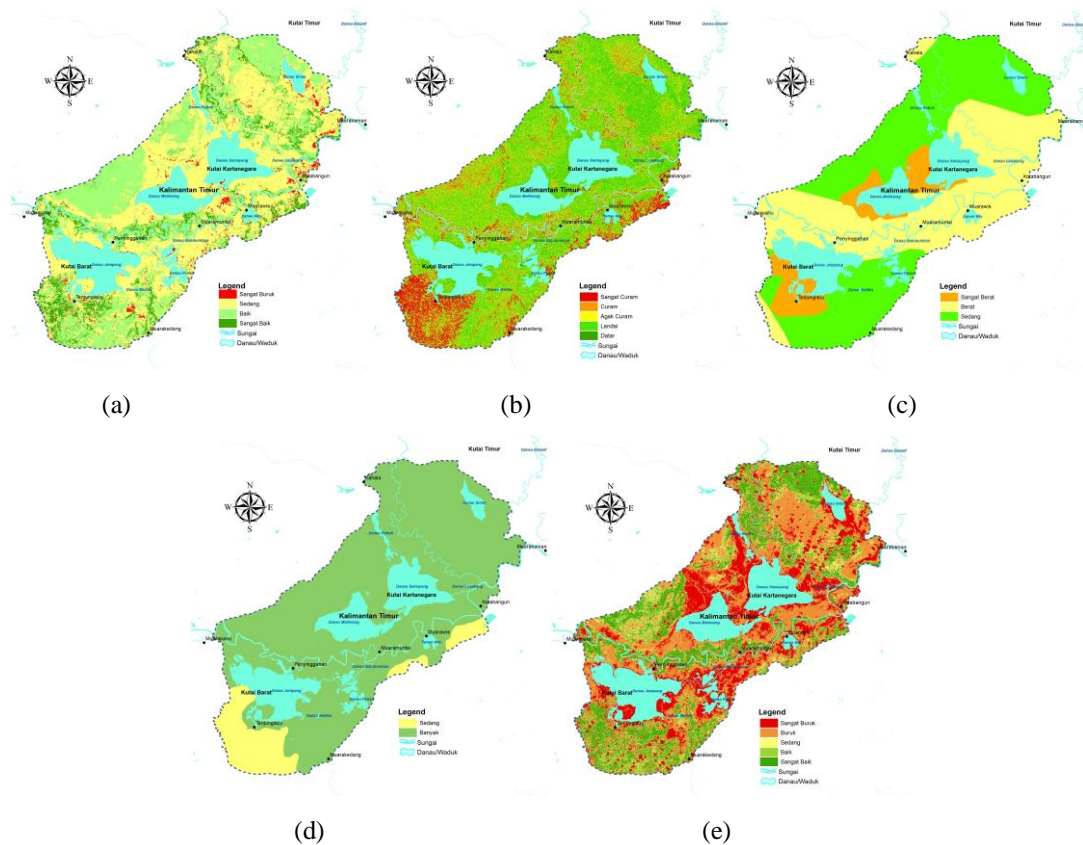


Sumber: Bappeda Provinsi Kalimantan Timur, 2016

Gambar 3. Peta Variabel Tingkat Kekritisan Lahan (a) Produktifitas Lahan; (b,c) Jenis Tanah dan Tingkat Erosi; (d) Kelerengan; dan (e) Tutupan Vegetasi

Selanjutnya, nilai dan skor pada tiap-tiap variabel kriteria beserta indikator penentu lahan kritis diberikan berdasarkan karakteristik dan kondisi DTA Kaskade Mahakam. Nilai kriteria yang diberikan mengacu pada Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Perhutanan Sosial Kementerian Kehutanan Republik Indonesia Nomor: P. 4/V-SET/2013 tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis. Selanjutnya kondisi tutupan lahan juga merupakan hal penting dalam analisis penentuan lahan kritis. Berdasarkan hasil analisis peta tutupan lahan dan identifikasi di lapangan memperlihatkan bahwa tutupan lahan semak belukar dan rawa sebagai tutupan lahan yang mendominasi kawasan DTA Kaskade Mahakam. Jenis tutupan lahan ini dipengaruhi sifat

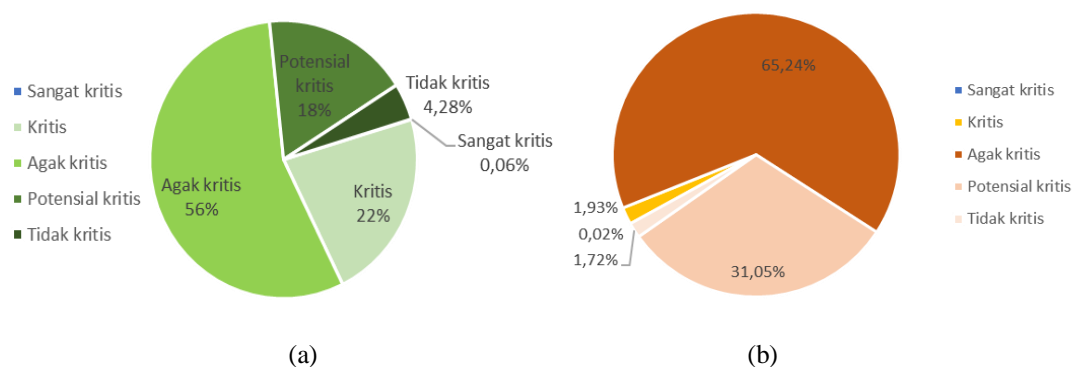
lahan yang merupakan perubahan luasan lahan basah akibat besarnya debit hujan ataupun musim kemarau yang panjang. Hasil *ground check* di lapangan juga memperlihatkan bahwa tingkat kerapatan tajuk vegetasi dengan hasil analisis kerapatan tajuk menunjukkan tingkat kerapatan buruk dan sangat buruk. Hal ini dipengaruhi pemanfaatan lahan perkebunan dan jenis tutupan lahan rawa dan semak yang tidak memiliki kerapatan vegetasi tinggi. Faktor internal dari kawasan berupa jenis tanah dan tingkat bahaya erosi yang berasal kawasan cekungan lahan basah DTA Kaskade Mahakam terbentuk setelah adanya endapan aluvial dari jenis aluvium. Endapan ini terhampar di sekitar tiga danau hingga Kotabangun dan Rantaupendamaran. Endapan aluvium terjadi dari endapan Sungai Mahakam dan endapan dari tiga danau.



Gambar 4. Peta Penilaian Variabel Tingkat Kekritisn Lahan (a) Produktifitas Lahan; (b) Kelerengn; (c) Tingkat Erosi; (d) Jenis Tanah; dan (e) Tutupan Vegetasi

Penilaian tingkat kriteria tiap variabel penentu lahan kritis divisualisasikan pada Gambar 4. Penilaian kerapatan vegetasi pada tutupan lahan dengan indeks vegetasi dengan kelas buruk dengan persentase luasan yaitu sebesar 37.06% dari total luasan kawasan DTA Kaskade Mahakam yang juga didominasi oleh tutupan rawa dan semak belukar dapat memengaruhi besaran hasil dan juga kegiatan pembukaan lahan dan konversi lahan menjadi perkebunan menjadi hal yang memengaruhi. Kelerengn DTA Kaskade Mahakam adalah kelas curam dengan kemiringan $>40\%$ yaitu sebesar 40,82% yang tersebar pada daerah selatan yang cenderung memiliki kontur tinggi. Bentuk kontur permukaan serta faktor buatan seperti pembukaan lahan yang membutuhkan lahan dengan daerah yang

lebih datar untuk menampung dan mengolah fungsi dan penggunaan yang lebih di atasnya. Tebal lapisan atas jenis tanah dan kedalamannya sehingga memengaruhi kemampuan dalam menghadapi air hujan dan air yang masuk. DTA Kaskade Mahakam terbagi menjadi tiga adapun penilaian kondisi dan jenis tanah yang terdapat pada kawasan DTA Kaskade Mahakam sangat menentukan jenis dari bahaya erosi yang ada. Kondisi jenis tanah yang ada permukaan lapisan atas didominasi dengan kelas sedang yaitu 90,46% dari total luas DTA Kaskade Mahakam, sehingga pengaruh tingkat lahan kritis pada kriteria jenis tanah adalah dari kelas sedang. Semakin besar jumlah batuan yang menutupi permukaan tanah maka kemampuan tanah lapisan atas untuk diolah dan tumbuh vegetasi. Produktifitas lahan dengan luasan wilayah terbesar yaitu kelas produktifitas sedang kelas ini didominasi tutupan dan penggunaan lahan rawa dan semak belukar yang memiliki produktifitas lahan cukup rendah dan tidak dimanfaatkan dengan baik tingkat produktifitasnya. Klasifikasi tingkat lahan kritis di DTA Kaskade Mahakam menggunakan metode *weighted overlay* dengan pembobotan yang ditentukan berdasarkan tingkat kriteria yang dominan dari pengaruh dan kepentingan yang membentuk membentuk lahan kritis pada kawasan lindung dan kawasan budidaya. Adapun klasifikasi tingkat lahan kritis di DTA Kaskade Mahakam dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan (a) Kawasan Lindung; (b) Kawasan Budidaya

Adapun dari hasil analisis dengan metode *overlay* menunjukkan bahwa hasil penilaian kriteria dari indikator tiap variabel/kriteria dan bobot yang ada saling memengaruhi pembentukan zonasi lahan kritis (Widyatmanti et al., 2018). Zonasi lahan kritis dengan kelas agak kritis menjadi salah satu kelas zonasi yang dominan baik pada kawasan lindung dan kawasan budidaya dan pada kawasan lindung yaitu diatas 50% dengan masing-masing persentase 55,59% dan 65,24% dari total luas kawasan DTA Kaskade Mahakam. Gambaran yang serupa mengenai bagaimana rentannya kawasan DTA ditinjau dari tingkat kekritisannya juga ditemukan oleh banyak peneliti. Misalnya oleh Suparwata & Budi (2020) di DAS Limboto, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Selain itu juga temuan Putra (2017) di DTA Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah dan Sismanto (2009) pada Sub DAS Riam Kanan DAS Barito Kabupaten Banjar, Kalimantan Tengah.

Tingkat kekritisannya pada kawasan didominasi pada area kawasan sekitar danau, pengaruh ini disebabkan tingkatan erosi yang cukup tinggi mengelilingi kawasan area danau berdasarkan tebal lapisan atas jenis tanah dan kedalamannya, sehingga memengaruhi kemampuan dalam menghadapi air hujan dan air yang masuk ke badan air. Hal ini juga memengaruhi jenis tutupan lahan pada sekitar badan air berupa tutupan rawa dan bila intensitas hujan tinggi dan air mengalir deras dari hulu maka luasan badan air akan

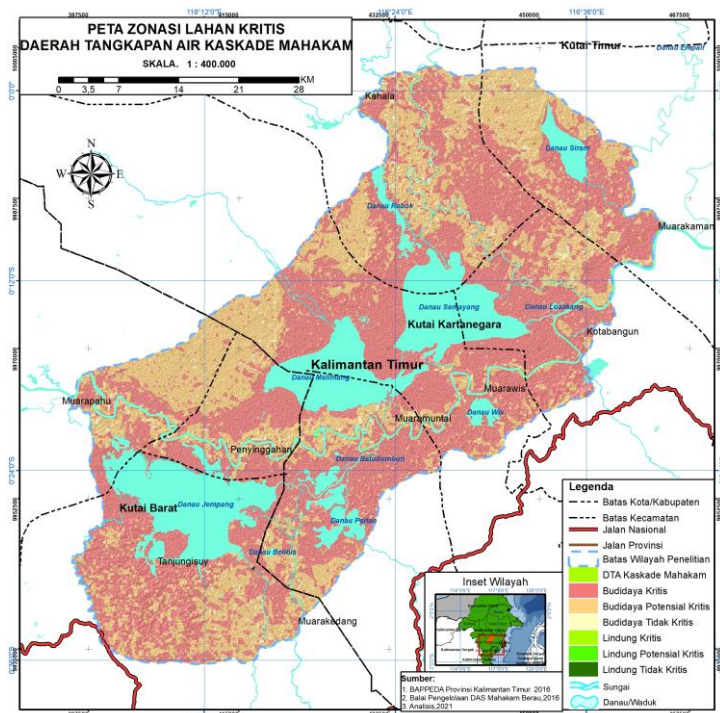
melebar karena besarnya debit air. Pembobotan kriteria yang telah ditetapkan masih menjadi faktor penentu yang paling memengaruhi pembentuk zonasi lahan kritis. Adapun hasil analisis penentuan zonasi lahan kritis dapat dilihat pada Peta Zonasi Lahan Kritis Kawasan Budidaya dan Lindung (lihat Gambar 6) pada rawa dan bila intensitas hujan tinggi dan air mengalir deras dari hulu maka luasan badan air akan melebar karena besarnya debit air. Hasil akhir dari penentuan tingkat kerawanan lahan kritis kemudian disesuaikan dengan pola ruang kawasan pada DTA Kaskade Mahakam untuk mendapat kesesuaian sesuai dengan pola ruang dengan nilai kekritisannya. Hasil proses ini menghasilkan 6 (enam) zonasi berdasarkan tingkat kerawanan lahan kritis, yang terdiri dari: (1) zona lindung kritis; (2) zona lindung potensial kritis; (3) zona lindung tidak kritis; (4) zona budidaya kritis; (5) zona budidaya potensial kritis; dan (6) zona budidaya tidak kritis. Adapun luasan zona dan lokasi masing-masing zonasi dapat dilihat pada Tabel 2.

DTA Kaskade Mahakam adalah zona budidaya kritis yang tersebar pada merata pada kawasan budidaya yaitu dengan luasan 128.105,70 Ha atau 51,39% luas kawasan sedangkan luasan kawasan terkecil pada zona budidaya adalah dan zona budidaya tidak kritis dengan luasan 4.235,75 Ha. Tingkat kekritisannya pada zona budidaya khususnya pada area sekitar danau dipengaruhi tingkat erosi dari aktifitas pengembangan lahan manusia terbangun dan pertanian serta curah hujan sehingga mendorong pada zona budidaya didominasi oleh tingkat kekritisannya lahan menuju kritis (Hartawan, 2017; Idjudin, 2011).

Pada kawasan lindung yang memberikan fungsi perlindungan setempat dan konservasi air pada luasan zona lindung kritis mencakup 41.312,36 Ha atau 16,57% dari luasan DTA Kaskade Mahakam. Fungsi perlindungan dan keberlanjutan lingkungan yang terus menurun pada kawasan lindung terjadi seiring dengan tutupan lahan kawasan lindung terus mengalami perubahan menuju semak belukar dan rawa. Hal ini mengakibatkan kemampuan lahan sebagai area resapan air dan meningkatkan daya tampung ekosistem kurang maksimal dibanding dengan tutupan lahan hutan primer atau sekunder. Selain itu, hal ini juga dapat dilihat dari kerapatan tajuk vegetasi pada DTA Kaskade Mahakam, sehingga luasan zona lindung potensial kritis hanya sebesar 637,96 Ha atau 0,26%, sedangkan 75,15 Ha atau 0,03% merupakan luasan zona lindung tidak kritis. Perlunya peningkatan kualitas daya tampung dan dukung lahan perlu ditingkatkan melalui teknik konservasi dan pemanfaatan penggunaan lahan yang sesuai untuk mencegah meningkatnya angka kekritisannya lahan pada DTA Kaskade Mahakam.

Tabel 2. Luas Zonasi Lahan Kritis DTA Kaskade Mahakam

No	Zonasi Lahan Kritis	Luas Ha	Persentase	Lokasi	Persentase
1	Budidaya Kritis	128.105,70	51,39%	Kabupaten Kutai Barat	15,52%
				Kabupaten Kutai Kartanegara	35,87%
2	Budidaya Potensial Kritis	74.903,65	30,05%	Kabupaten Kutai Barat	11,00%
				Kabupaten Kutai Kartanegara	19,05%
3	Budidaya Tidak Kritis	4.235,75	1,70%	Kabupaten Kutai Barat	0,49%
				Kabupaten Kutai Kartanegara	1,21%
4	Lindung Kritis	41.312,36	16,57%	Kabupaten Kutai Barat	6,24%
				Kabupaten Kutai Kartanegara	10,33%
5	Lindung Potensial Kritis	637,96	0,26%	Kabupaten Kutai Barat	0,08%
				Kabupaten Kutai Kartanegara	0,18%
6	Lindung Tidak Kritis	75,15	0,03%	Kabupaten Kutai Barat	0,01%
				Kabupaten Kutai Kartanegara	0,02%
DTA Kaskade Mahakam		249.270,59	100,00%	Total	100,00%



Gambar 6. Zonasi Lahan Kritis DTA Kaskade Mahakam

Arahan Penanganan Lahan Kritis pada Masing Masing Zonasi Lahan Kritis dengan Konsep Zoning Regulation

Perumusan prinsip penanganan kritis menggunakan instrumen peraturan zonasi (*zoning regulation*) berupa pembentukan matriks penanganan lahan kritis untuk membuat *zoning text* penanganan dan teknik *delphi*. Penentuan jenis penggunaan lahan ini diperoleh dari telaah dokumen RTRW provinsi dan RTRW kabupaten, laporan karakteristik Kaskade Mahakam, dan studi literatur lainnya. Tabel 3 menunjukkan karakteristik jenis penggunaan lahan DTA Kaskade Mahakam.

Prinsip *zoning regulation* pada DTA Kaskade Mahakam merupakan pengaturan zonasi yang digunakan untuk pengendalian pemanfaatan ruang pada masa yang akan datang. Hal tersebut menjadi indikasi bahwa tidak semua jenis penggunaan lahan yang dirumuskan (lihat Tabel 3) ada pada kondisi *existing*. Di wilayah penelitian, prinsip *zoning regulation* digunakan sebagai usaha untuk mengendalikan pemanfaatan ruang atau kegiatan. Arahan penanganan yang dilakukan berdasarkan zonasi lahan kritis dengan peraturan atau prinsip sebagai panduan yang telah ditentukan pada bab sebelumnya yaitu terkait: (1) fungsi penggunaan lahan dan (2) teknik konservasi dan rehabilitasi.

Pengaturan fungsi sebagai pengaturan untuk menentukan jenis penggunaan lahan meliputi jenis penggunaan lahan yang diizinkan (I), diizinkan terbatas (T), diizinkan bersyarat (B), dan yang dilarang (X) di mana penentuan didasarkan pertimbangan pemangku kepentingan dengan melihat potensi kerusakan atau degradasi yang muncul. Sementara itu, bentuk konservasi dan rehabilitasi tanah sebagai upaya perlindungan tanah dari bahaya erosi longsor dan banjir. Teknik konservasi dan rehabilitasi lahan di DTA Kaskade Mahakam diterapkan pada kawasan lindung dan kawasan budidaya. Teknik konservasi tanah dipilih dengan memperhatikan jenis penggunaan lahan serta kemampuan dan kesesuaian lahan yang ada agar dapat disesuaikan terhadap kegiatan terbangun yang berbeda-beda yang sesuai dengan karakteristiknya. Teknik konservasi dan rehabilitasi

merupakan teknik yang digunakan baik untuk mencegah maupun mengendalikan terjadinya kerusakan lahan. Teknik konservasi yang dilakukan tidak harus tunggal tapi dapat merupakan kombinasi dari berbagai perlakuan, seperti: (1) teknis sipil dan pengairan (pembangunan teras pembangunan dan pengendali DAM, penahan dan sengkedan); (2) vegetatif (kebun campuran hutan rakyat dan masyarakat reboisasi reforestasi perkebunan tertutup hutan produksi terbatas); (3) dan lain-lain (pembangunan sistem irigasi sistem drainase sumur resapan).

Pada tahap awal dilakukan penggalian/eksplorasi untuk mencari pendapat dari responden yang berasal dari *stakeholder* dan sektor terkait prinsip peraturan zonasi (*zoning regulation*) penanganan lahan kritis pada DTA Kaskade Mahakam untuk mengendalikan pemanfaatan ruang. Metode yang dilakukan untuk mendapatkan komponen melalui penyebaran kuesioner dan wawancara kepada para *stakeholder* kunci pada DTA Kaskade Mahakam, yaitu: (1) Kepala Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Mahakam Berau; (2) Kasubbid SDA dan LH, Bappeda Provinsi Kalimantan Timur; (3) Kepala Seksi Pengendalian Tata Ruang, Bidang Penataan Tata Ruang Dinas PUPR Provinsi Kalimantan Timur; (4) Kepala Seksi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai, Rehabilitasi Hutan Dan Lahan, Dinas Kehutanan Provinsi Kalimantan Timur; (5) Kepala Kesatuan Pengelolaan Hutan Produksi SubDAS Belayan; (6) Dosen Universitas Mulawarman dan Ketua Forum DAS Kalimantan Timur; dan (7) Fasilitator LSM Mahakam *River and Lakes Society*.

Responden memberikan pendapat yang berbeda-beda sesuai dengan kepentingannya dalam menentukan prinsip *zoning regulation* yang kemudian dirangkum menjadi satu kesimpulan pada hasil pengolahan tahap 1 eksplorasi. Mengacu pada hasil tahap eksplorasi, maka dilakukan tahap iterasi dan reduksi hingga mencapai kesepakatan untuk semua pengaturan baik pada jenis penggunaan lahan maupun teknik konservasi dan rehabilitasi lahan di masing-masing zonasi lahan kritis. Dari tahapan iterasi dan eksplorasi masing-masing *stakeholder* memberikan respon sesuai wewenang dan tanggung jawab pengelolaannya masing-masing.

Tabel 3. Karakteristik Jenis Penggunaan Lahan DTA Kaskade Mahakam

Jenis Penggunaan Lahan	Karakteristik
Hutan Lindung	Bentuk arahan penggunaan lahan yang mempunyai fungsi perlindungan ekosistem dan keanekaragaman hayati, sebagai daerah resapan pengatur tata air dalam pencegahan bencana alam
Hutan Produksi	Bentuk fungsi penggunaan lahan yang ikut memanfaatkan hasil produksi hutan khususnya jenis tanaman tahunan/kayu keras seperti bengkirai, ulin mahoni dan lain-lain.
Hutan Konservasi	Bentuk fungsi penggunaan lahan perlindungan dengan ciri khas dan fungsi pembinaan kawasan, satwa dan lingkungan di dalamnya
Hutan Rakyat	Lahan hutan dengan hak ulayat warga setempat sesuai dengan penetapan undang-undang dengan penggunaan sebagai fungsi hidrologis ekosistem dan berisi tanaman musiman atau cepat tumbuh
Pertanian Lahan Basah	Pemanfaatan lahan yang bersifat gambut atau basah baik permanen ataupun musiman, mampu menampung banyak air dan menjaga pasokan air di atasnya dimanfaatkan sebagai area bertani sawah dan perikanan
Pertanian Lahan Kering	Pemanfaatan lahan sebagai kawasan produktif pertanian yang mudah mengalami erosi dan penyerapan air cenderung terbatas
Perkebunan	Lahan dengan kemampuan teknis untuk menampung usaha perkebunan atau jenis tanaman dengan siklus panjang atau tahunan seperti sawit

Lanjutan Tabel 3 ...

Jenis Penggunaan Lahan	Karakteristik
Pertambangan	Pemanfaatan lahan dalam usaha eksplorasi dan mengambil sumber daya mineral dan air di dalamnya
Pemukiman	Lahan yang dipergunakan oleh masyarakat sebagai kawasan bermukim dan menampung fasilitas pendukung lainnya
Pariwisata	Pemanfaatan lahan yang digunakan sebagai kawasan rekreasi dan fasilitas pendukung lainnya
Industri	Kawasan industri pengolahan dan penyimpanan barang olahan dari perkebunan pertanian dan pertambangan

Tabel 4. Kesimpulan Hasil Arahan Pengaturan Jenis Penggunaan Lahan

No	Jenis Penggunaan Lahan	Kawasan Lindung												Kawasan Budidaya															
		Kritis				Potensial Kritis				Tidak Kritis				Kritis				Potensial Kritis				Tidak Kritis							
		I	T	B	X	I	T	B	X	I	T	B	X	I	T	B	X	I	T	B	X	I	T	B	X				
1	Hutan Lindung	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-
2	Hutan Produksi	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-
3	Hutan Konservasi	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-
4	Hutan Rakyat	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-
5	Pertanian Lahan Basah	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-
6	Pertanian Lahan Kering	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-
7	Perkebunan	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-
8	Pertambangan	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-
9	Pemukiman	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓
10	Pariwisata	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-
11	Industri	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓

Keterangan:

Pengaturan fungsi penggunaan lahan; meliputi: I= kegiatan yang diizinkan; T= kegiatan yang diizinkan namun terbatas jumlah dan ukuran; B= kegiatan yang diizinkan namun bersyarat; X= kegiatan yang dilarang

Tabel 5. Kesimpulan Hasil Arahan Pengaturan Teknik konservasi dan Rehabilitasi Lahan

Jenis Penggunaan Lahan	Kawasan Lindung												Kawasan Budidaya								
	Kritis			Potensial Kritis			Tidak Kritis			Kritis			Potensial Kritis			Tidak Kritis					
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C			
Hutan Lindung	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hutan Produksi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hutan Konservasi	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hutan Rakyat	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pertanian Lahan Basah	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pertanian Lahan Kering	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-

Lanjutan Tabel 5 . . .

Jenis Penggunaan Lahan	Kawasan Lindung									Kawasan Budidaya								
	Kritis			Potensial Kritis			Tidak Kritis			Kritis			Potensial Kritis			Tidak Kritis		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Perkebunan	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-	✓	✓	-
Pertambangan	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pemukiman	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pariwisata	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
Industri	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	✓	✓

Keterangan:

Pengaturan fungsi penggunaan lahan; meliputi: A= teknis sipil dan pengairan (pembangunan teras pembangunan dan pengendali DAM penahan dan sengkedan); B= vegetatif (kebun campuran hutan rakyat dan masyarakat reboisasi reforestasi perkebunan tertutup hutan produksi terbatas); C= dan lain-lain (pembangunan sistem irigasi sistem drainase sumur resapan)

Pada hasil arahan Pengaturan Teknik konservasi dan Rehabilitasi Lahan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5, untuk kawasan lindung dengan semua tingkat zona kekritisitas dapat diaplikasikan segala bentuk teknik konservasi dan rehabilitasi lahan. Sementara untuk kegiatan lainnya, sebagian besar hanya diperbolehkan di tipologi kawasan lindung yang termasuk zona tidak kritis, namun dengan syarat mengaplikasikan pengaturan dengan pendekatan vegetatif. Hal ini diharapkan untuk mencegah terjadinya pengelolaan tanah yang bersifat merusak secara terus menerus agar tidak meningkatkan degradasi lahan dan lingkungan serta mempercepat pemulihan lingkungan yang kondisi saat ini sudah cenderung mengalami penurunan kualitas. Tabel 5 juga menjelaskan bahwa tidak ada teknik konservasi dan rehabilitasi lahan yang dilakukan pada kegiatan yang dilarang. Sementara itu, kawasan budidaya yang dipandang menjadi kawasan mayoritas terjadinya aktivitas sosial ekonomi sebagai pemicu utama meningkatnya erosi longsor dan banjir sebagai salah satu faktor yang paling membahayakan seluruh kesatuan DTA (Dariah et al., 2004; Hartawan, 2017), didorong untuk mempertimbangkan manfaat produktif dan potensial dalam kegiatannya. Untuk mencegah penurunan kualitas lingkungan, pada kawasan budidaya ini fokus untuk pendekatan teknik konservasi vegetatif untuk mencegah terjadinya pengelolaan tanah yang intensif.

Kesimpulan

Dari seluruh temuan utama penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan lima variabel penentu tingkat kekritisitas, kombinasi antara kawasan lindung dan budidaya dengan zona tingkat kekritisitas di DTA Kaskade Mahakam dapat diklasifikasikan dalam enam tipologi, yaitu (1) zonasi lindung kritis; (2) zonasi lindung potensial kritis; (3) zonasi lindung tidak kritis; (4) zonasi budidaya kritis; (5) zonasi budidaya potensial kritis; dan (6) zonasi budidaya tidak kritis. Luasan terbesar terdapat pada kategori kawasan budidaya kritis dan kawasan lindung kritis, masing-masing sebesar 128105,70 Ha atau 51,39% dan sebesar 41312,37 Ha atau 16,57% dari total keseluruhan wilayah DTA Kaskade Mahakam.

Alternatif upaya penanganan lahan kritis dengan *zoning regulation* yang sesuai dengan zonasi lahan kritis secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu pengaturan jenis penggunaan lahan dan teknik konservasi dan rehabilitasi. Adapun prinsip tersebut disusun dari matriks Tabel ITBX pada masing-masing zonasi tingkat kekritisitas lahan terhadap

penggunaan lahan (Tabel 4). Hasil temuan merekomendasikan bahwa arahan penanganan berbeda pada masing-masing penggunaan lahan. Pada kawasan lindung sebagai kawasan konservatif lebih memberikan izin pada kawasan yang memberikan perlindungan, khususnya pada kawasan kritis dan potensial kritis. Sementara itu, pada kawasan budidaya yang bersifat memberikan tekanan pada lahan, masuk pada kategori diizinkan bersyarat atau dilarang agar tidak mengurangi kemampuan lahan. Dengan demikian, penggunaan lahan yang dilarang adalah jenis penggunaan lahan yang memerlukan pembukaan dan pengolahan lahan secara intensif. Arahan pada teknik konservasi lebih didorong pada teknik konservasi vegetatif sehingga tidak terjadi pengolahan lahan secara berlebihan. Sebagai catatan, tidak ada teknik konservasi dan rehabilitasi lahan yang dilakukan pada penggunaan lahan yang dilarang. Penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam pengendalian terkait pemanfaatan lahan, rencana pengelolaan Danau Kaskade Mahakam khususnya dalam penanganan lahan kritis daerah tangkapan air agar mampu menyesuaikan arahan pemanfaatan berdasarkan *zoning regulation* dengan memperhatikan kelestarian lingkungan.

Daftar Pustaka

- Adikusuma, D., Rusadi, E. Y., & Hayuni, N. (2014). Dampak degradasi lingkungan terhadap potensi pengembangan ekowisata berkelanjutan di Delta Mahakam: Suatu tinjauan. *Jurnal Wilayah Dan Lingkungan*, 2(1), 11–24. doi:10.14710/jwl.2.1.11-24.
- Dariah, A; Rachman, A; Kurnia, U. (2004). *Erosi dan degradasi lahan kering di Indonesia*. Bogor.
- Enriquez-de-Salamanca, Á. (2019). Vulnerability reduction and adaptation to climate change through watershed management in St. Vincent and the Grenadines. *GeoJournal*, 84(4), 1107–1119. doi:10.1007/s10708-018-9914-z.
- Hartawan, R. (2017). Identifikasi permasalahan biofisik dan sosial ekonomi di Model Daerah Aliran Sungai Mikro (MDM) Batang Tegan. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 14(3), 84–90. doi:10.33087/jjubj.v14i3.263.
- Ijudin, A. A. (2011). Peranan konservasi lahan dalam pengelolaan perkebunan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 5(2).
- Julzarika, A.; Dewi, E. K. . S. L. (2019). Penentuan batas tepi danau paparan banjir secara hitung perataan kuadrat terkecil dengan multidata pengindraan jauh. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 26(2), 103–117. doi:10.14203/limnotek.v26i2.243.
- Julzarika, A., Laksono, D. P., Subehi, L., Dewi, E. K., Kayat, K., Sofiyuddin, H. A., & Nugraha, M. F. I. (2018). Comprehensive integration system of saltwater environment on Rote Island using a multidisciplinary approach. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 6(1), 1553–1567. doi:10.15243/jdmlm.2018.061.1553.
- Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. (2018). *Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2018 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota*.
- Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. (2013). *Peraturan Direktur Jenderal Bina Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Dan Perhutanan Sosial Nomor : P. 4/V-SET/2013 Tentang Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*.
- Melo, G. I.; Sela, R. L.; Suryono, S. (2018). Analisis faktor penyebab perubahan luas lahan kritis di Tateli, Kecamatan Mandolang. *SPASIAL*, 5(3), 347–356. doi:10.35793/sp.v5i3.21972
- Nugroho, S. P. (2000). Minimalisasi lahan kritis melalui pengelolaan sumberdaya lahan dan konservasi tanah dan air secara terpadu. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 1(1), 73–82. doi:10.29122/jtl.v1i1.165.
- Nurhakim, K. (2017). *Studi perubahan tingkat lahan kritis lingkungan DAS dengan metode pengindraan jauh (Studi kasus: Kabupaten Sampang, P. Madura)*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pamungkas, H. S. R.; Karmadi, M. A. (2015). Analisis lahan kritis Kecamatan Bogor Timur, Kota Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Teknik/ Majalah Ilmiah Fakultas Teknik UNPAK*, 16(1).

- Pratomo, R. A.; Ayuni, S. I.; Fitriyaningsih, D. (2021). Implikasi pembangunan kota baru terhadap perubahan fisik kawasan dan sosial-ekonomi masyarakat lokal: Studi kasus pembangunan Kota Harapan Indah, Bekasi. *Jurnal Pengembangan Kota*, 9(2), 204–214. doi:10.14710/jpk.9.2.204-214.
- Pratomo, R. A., Jetten, V., & Alkema, D. (2016). A comparison of flash flood response at two different watersheds in Grenada, Caribbean Islands. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 29(1), 12004. doi:10.1088/1755-1315/29/1/012004.
- Putra, I. S.; Sugianto, S.; Basri, H. (2017). Analisis perubahan tutupan dan lahan kritis pada Daerah Tangkapan Air Danau Laut Tawar Kabupaten Aceh Tengah. *Prosiding Seminar Nasional Pascasarjana Unsyiah*. Banda Aceh, Indonesia.
- Ruhama, Anita; Numba, Sudirman; Saida, S. (2020). Analisis lahan kritis dan arahan penggunaan lahan pada Sub Daerah Aliran Sungai Binanga Lantang di Sulawesi Selatan. *AGROTEK: Jurnal Ilmiah Ilmu Pertanian*, 4(1), 37–52. doi:10.33096/agrotek.v4i1.89.
- Rustiadi, Ernan; Saefulhakim, S; Panuju, D. R. (2011). *Perencanaan dan pengembangan wilayah*. Jakarta: Crestpent Press dan Yayasan Pusataka Obor Indonesia.
- Seng, A. A.; Kumurur, V. A.; Moniaga, I. L. (2015). Analisis perubahan luas kawasan resapan air di Kota Manado. *Sabua: Jurnal Lingkungan Binaan dan Arsitektur*, 7(1), 423–430. doi:10.35793/sabua.v7i1.8277.
- Sersermudi, H. L.; Tungka, A. E.; Tarore, R. C. (2022). Analisis persebaran lahan kritis di Kecamatan Lolak Kabupaten Bolaang Mongondow. *SPASIAL*, 9(1), 32–39. doi:10.35793/sp.v9i1.41847.
- Setiawan, F.; Handoko, U.; Setiawana, F.; Hoekman, D. H.; Vissers, M. A. M.; Hoitink, A. J. F. (2013). Inundation dynamics of the Mahakam Cascade Lakes from on-ground and satellite radar observations. *Limnotek: Perairan Darat Tropis di Indonesia*, 20(1), 1–9.
- Sismanto, S. (2009). Analisa lahan kritis Sub DAS Riam Kanan DAS Barito Kabupaten Banjar Kalimantan Tengah. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 6(1), 1–11. doi:10.12962/j12345678.v6i1.2749.
- Suandy, I.; Mulyadi, A.; Moersidik, S. S.; Suganda, E. (2014). Degradasi lingkungan di kawasan penyangga Suaka Margasatwa Bukit Rimbang Bukit Baling Propinsi Riau. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 8(2), J. Ilmu Lingkungan. doi:10.31258/jil.8.2.p.214-225.
- Sugiyono, S. (2015). *Metode penelitian dan pengembangan untuk bidang pendidikan, manajemen, sosial, teknik*. Bandung: Alfabeta.
- Sule, M., Siswanto, S., & Astriani, N. (2021). Penanganan lahan kritis dengan metode konservasi lahan di Citarum Hulu. *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 6(1 SE-Articles). doi:10.30653/002.202161.714.
- Suparwata, D. O.; Budi, D. P. (2020). Model partisipasi masyarakat dalam pengelolaan lahan kritis di DAS Limboto. *Jurnal Envisoil*, 1(2), 27–37.
- Tambunan, E. (2014). Dampak degradasi lingkungan terhadap transportasi Sungai Mahakam. *Prosiding Forum Studi Transportasi Antar Perguruan Tinggi*, (Vol 2 No 1 (2014): The 17th FSTPT of International Symposium).
- Widyatmanti, W.; Murti, S. H.; Syam, P. D. (2018). Pemetaan lahan kritis untuk analisis kesesuaian pemanfaatan lahan di Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Pengabdian dan Pengembangan Masyarakat*, 1(1), 25–36. doi:10.22146/jp2m.41024.