

PENENTUAN DAYA DUKUNG LAHAN SEBAGAI ARAHAN PEMANFAATAN RUANG LERENG GUNUNG MERAPI DAN MERBABU KECAMATAN SELO KABUPATEN BOYOLALI (DETERMINATION LAND CARRYING CAPACITY AS THE GUIDANCE OF SPACE UTILIZATION ON THE SLOPES OF MOUNT MERAPI AND MERBABU DISTRIC OF SELO, BOYOLALI REGENCY)

¹Endah Setyowatie, ²Purwanto dan ³Dwi P. Sasongko

¹Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang

²Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang

³Jurusan Fisika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang

Abstrak

Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali yang berada di Lereng Gunung Merapi dan Merbabu memiliki kondisi ekologi yang sangat mendukung kegiatan budidaya pertanian hortikultura sayuran dan tembakau, tetapi di sisi lain memiliki tingkat kelerengan dan sifat tanah yang rawan terhadap erosi. Dalam rangka pengendalian pemanfaatan kawasan budidaya tersebut perlu adanya regulasi penataan ruang yang disusun berdasarkan kajian daya dukung lahan untuk budidaya pertanian. Tujuan penelitian adalah menentukan kelas kemampuan lahan serta memberikan arahan pemanfaatan ruang kawasan budidaya pertanian di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali. Metode analisis menggunakan *Weight Factor Matching* (WFM) sesuai kriteria klasifikasi kemampuan lahan yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA). Hasil penelitian menyatakan : (1). Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali memiliki lahan budidaya pertanian dengan kelas kemampuan III, IV, VI, VII, dan VIII berturut-turut seluas 111.94 ha, 223.40 ha, 1629.08 ha, 1573.69 ha, dan 229.31 ha; (2). Arahan pemanfaatan untuk lahan dengan kelas kemampuan III dan IV adalah lahan pertanian tanaman semusim dengan memperhatikan kaidah konservasi. Lahan dengan kelas kemampuan VI, VII, dan VIII yang masih berupa lahan rerumputan dan tegakan permanen dipertahankan keberadaannya, sedangkan lahan yang sudah menjadi lahan pertanian tanaman semusim diarahkan menjadi lahan pertanian dengan sistem wanatani.

Kata-kunci : lereng gunung, kemampuan lahan, tata ruang

Pendahuluan

Pegunungan merupakan salah satu ekosistem daratan yang memiliki karakteristik khas yaitu suhu yang sejuk, curah hujan tinggi, dan lereng curam yang berimplikasi pada pola pemanfaatannya

sebagai perlindungan tata air (KLH, 2003). Meskipun luas pegunungan hanya 24% dari keseluruhan luas daratan di bumi tetapi menjadi tempat bergantung setengah populasi manusia dunia terhadap kebutuhan air (Sumedi, 2013). Karakteristiknya yang

khas ini juga yang menyebabkan pegunungan menjadi kawasan budidaya pertanian holtikultura dataran tinggi yang memberi manfaat ekonomi bagi masyarakat setempat. Peran pegunungan sebagai penyangga tata air daerah aliran sungai sekaligus sebagai tempat menggantungkan kehidupan ekonomi petani ternyata sulit untuk berjalan seiring.

Kecamatan Selo sebagai salah satu wilayah pegunungan di Kabupaten Boyolali 34% luas lahannya dipergunakan sebagai lahan budidaya pertanian dan 66% penduduknya bermatapencaharian sebagai petani (BPS Kabupaten Boyolali, 2014) tetapi sangat disayangkan perilaku petani dalam mengusahakan lahannya ternyata masih jauh dari aspek konservasi. Pada umumnya petani di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali mengolah lahannya tanpa menerapkan sistem terasering, pola tanam searah lereng, tetap mengolah lahan dengan kemiringan melebihi 40 %, dan misikin tegakan tanaman keras (Putra, 2013). Kondisi fisik lahan dan praktek olah lahan petani menjadi penyebab luasnya lahan kritis di Kecamatan Selo. Pada tahun 2013 tercatat luas kawasan budidaya Kecamatan Selo 4461.5 Ha, 90.8 % nya merupakan lahan kritis (BPDAS Pemali Jratun, 2013). Kondisi yang demikian mengancam keberadaan ekosistem pegunungan sebagai perlindungan tata-air sekaligus mengancam kelestarian lahan pertanian itu sendiri.

Dalam rangka pengendalian kerusakan lahan perlu disusun kebijakan penataan ruang kawasan pegunungan berdasarkan kajian daya dukung lahan untuk aktivitas pertanian yang nantinya akan menjadi arahan dalam pengelolaan dan pemanfaatan lahan di wilayah pegunungan. Dengan adanya kajian daya dukung lahan diharapkan kerusakan lingkungan terkendali dan fungsi ekologis pegunungan berjalan sebagaimana mestinya.

Tujuan penelitian adalah menge-

tahui kelas kemampuan lahan sekaligus memberikan arahan pemanfaatan lahan pada kawasan budidaya pertanian di lereng Gunung Merapi dan Merbabu Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali.

Bahan Dan Metode

Penelitian di laksanakan di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali pada bulan Mei –Juli 2014. Metode penelitian adalah penelitian kuantitatif. Data Primer yang digunakan yaitu data hasil uji laboratorium sampel tanah dan data pengamatan kondisi lapangan (observasi). Data sekunder yaitu data curah hujan harian tahun 2004 s.d.2013 dari 4 stasiun pencatat hujan di wilayah penelitian dan sekitarnya, Peta Administrasi Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali, Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25000, Peta Tanah Tinjau Kab. Boyolali.

Penentuan kelas kemampuan menggunakan metode *weight factor matching (WFM)* berdasarkan kriteria klasifikasi kemampuan lahan yang dikembangkan oleh Departemen Pertanian Amerika Serikat (USDA) dengan memodifikasi klasifikasi tingkat erosi menggunakan Keputusan Ditjen Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan Dephut No. 041/Kpts/V/1998. Modifikasi klasifikasi tingkat erosi dilakukan karena belum tersedia data erosi aktual di lokasi penelitian. Prediksi erosi menggunakan model *The Universal Soil Loss Equation (USLE)* dengan pertimbangan ketersediaan data masukan. Tahapan penelitian yaitu (1). penentuan unit lahan melalui tumpang susun peta-peta tematik (jenis tanah, kelerengan, penggunaan lahan), (2). pengambilan sampel tanah dan pengamatan lapangan terhadap tindakan konservasi petani; kemiringan dan panjang lereng; kondisi batuan dan kerikil di permukaan lahan; kedalaman, tekstur, dan warna tanah; (3). uji laboratorium tiap sampel tanah terhadap parameter bahan organik tanah (metode pipet) , tekstur tanah (metode

Walkley Black), dan permeabilitas tanah (permeameter), (4). mengelompokkan lahan ke dalam sejumlah kategori yang diurutkan berdasarkan faktor penghambat permanen meliputi kelerengan, kepekaan erosi, tingkat erosi, kedalaman tanah, tekstur tanah lapisan atas, permeabilitas, drainase, dan kondisi kerikil/batuan, (5). menentukan kelas kemampuan lahan masing-masing unit lahan sekaligus arahan pemanfaatan lahan sesuai dengan kelas kemampuan lahan dan penggunaan lahan eksisting.

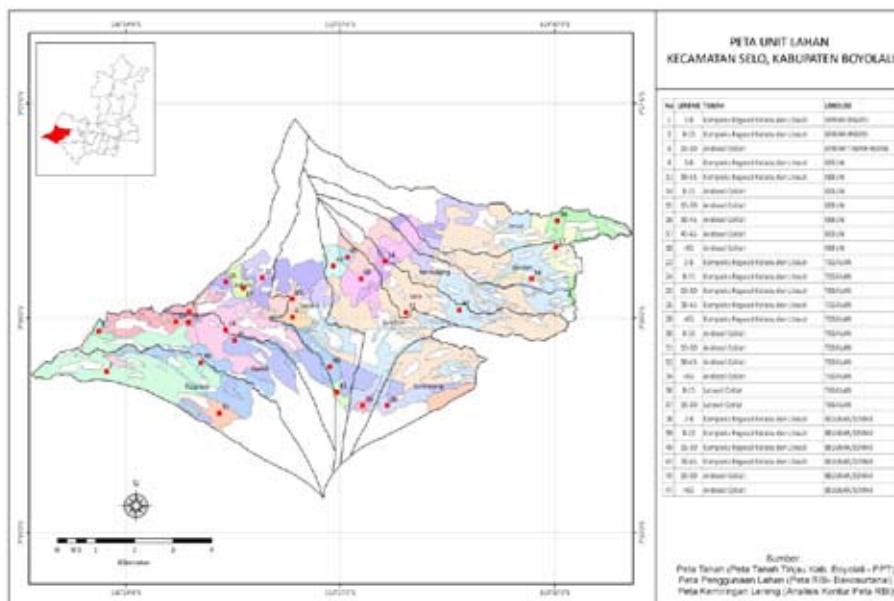
Hasil Dan Pembahasan

Kecamatan Selo berada di pegunungan dengan kelerengan yang terjal, jenis tanah didominasi oleh andisol coklat, kompleks regosol kelabu dan litosol. Penggunaan lahan budidaya pertanian berdasarkan peta RBI yaitu berupa tegalan, kebun, semak belukar, dan sawah. Guna memudahkan penilaian sifat tanah maka lahan dibagi menjadi unit-unit lahan dimana satu unit

lahan diasumsikan memiliki karakteristik lahan yang sama (Yang, 2014). Pembagian lahan menjadi unit-unit lahan dilakukan melalui tumpang susun peta tematik yang terdiri dari peta kelerengan, penggunaan lahan, dan jenis tanah. Peta tematik kelerengan dan penggunaan lahan dibuat berdasarkan analisis peta RBI sedangkan peta jenis tanah didapatkan dari Peta Tanah Tinjau Kabupaten Boyolali. Proses pembuatan peta-peta tematik dan tumpang susun peta dilakukan dengan bantuan perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG). Dengan asumsi satu unit lahan memiliki karakteristik yang sama maka pada satu unit lahan diambil satu titik lokasi pengambilan sampel tanah dan pengamatan lapangan. Hasil tumpang susun peta tematik menghasilkan 27 unit lahan sehingga akan terdapat 27 titik lokasi pengambilan sampel tanah serta lokasi pengamatan lapangan sebagaimana gambar dibawah.

Dalam penelitian ini pemukiman, Kawasan Konservasi Taman Nasional Gu-

Gambar 1. Peta Unit Lahan dan Titik Lokasi Pengambilan Sampel Tanah dan Pengamatan Lapangan.



nung Merapi dan Taman Nasional Gunung Merbabu tidak menjadi wilayah penelitian mengingat tujuan penelitian spesifik untuk menilai daya dukung lahan budidaya pertanian saja.

Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan didapatkan bahwa budidaya pertanian dilakukan masyarakat pada lahan dengan berbagai tingkat kemiringan mulai dari lahan landai dengan kemiringan 4% hingga sangat curam hingga kemiringan 70%. Tindakan petani mengolah lahan dengan kemiringan > 40 % sangat tidak dianjurkan karena rawan erosi dan longsor terutama disebabkan karena pengaruh gaya grafitasi (Idjudin, 2011).

Kedalaman tanah di lokasi penelitian termasuk kategori dalam, semua titik pengamatan memiliki kedalaman efektif tanah > 90 cm. Kedalaman efektif tanah menunjukkan kedalaman tanah yang masih dapat ditembus oleh akar tanaman.

Warna tanah ditentukan secara visual dengan mata telanjang. Warna tanah di titik pengamatan terlihat seragam, berwarna coklat, coklat kekuningan, atau coklat kemerahan. Warna tanah yang demikian menandakan bahwa senyawa Fe di tanah berada dalam keadaan teroksidasi (bentuk Fe³⁺). Tanah yang terlihat seragam dan tidak terdapat bercak kuning, coklat, atau abu-abu menandakan tanah memiliki drainase yang baik (Arsyad, 2012).

Volume bebatuan atau kerikil dengan diameter 12 mm – 7.5cm berkisar antara 5 hingga 30%. Saat observasi diketahui lahan di lereng Merapi biasanya mengandung batuan dan kerikil lebih banyak dibandingkan lahan di lereng Merbabu hal ini karena batu dan kerikil tersebut berasal dari material vulkanik Gunung Merapi.

Hasil uji laboratorium terhadap sampel tanah di 27 titik pengambilan sampel menunjukkan nilai kandungan bahan organik tanah relatif rendah yaitu berkisar antara 1,33-3,56%. Menurut Sutedjo (2010) bahan organik pada tanah mineral biasanya

berkisar antara 3-5%. Bahan organik yang rendah ini disebabkan oleh tingginya aktifitas olah lahan di wilayah penelitian.

Tekstur tanah di lokasi penelitian mayoritas adalah lempung berpasir dimana komposisi debu berkisar antara 19.18-47.8% , liat 9.87-27.77%, pasir kasar 4.13-28.02%, dan pasir halus 25.45-58.47%. Komposisi fraksi tanah tersebut berkaitan dengan nilai permeabilitas tanahnya, tanah yang banyak mengandung pasir atau bertekstur kasar kaya akan pori-pori besar, mudah untuk melewatkan air maupun gas sehingga nilai permeabilitasnya tinggi. Demikian adanya permeabilitas tanah di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali termasuk kategori sedang hingga sangat cepat dengan nilai 3.06-92.92 cm/jam. Hal ini dipengaruhi oleh komposisi fraksi pasir yang juga relatif tinggi di wilayah tersebut. Tanah-tanah di lereng gunung yang masih dipengaruhi aktivitas vulkanik wajar jika mengandung fraksi pasir lebih banyak. Sebagai pembanding, permeabilitas tanah di wilayah pegunungan lain disampaikan oleh Hendrayanto (2007) yaitu tanah di pegunungan Halimun Jawa Barat dengan jenis andosol dan latosol memiliki nilai permeabilitas antara 20 – 100 cm/jam.

Kepekaan erosi atau erodibilitas (K) menunjukkan resistensi partikel tanah terhadap pengelupasan dan transportasi partikel tanah karena energy kinetik hujan (Asdak, 2007). Kepekaan erosi menunjukkan mudah tidaknya tanah tererosi, nilainya tergantung pada kandungan bahan organik tanah, permeabilitas tanah, struktur dan tekstur tanah sehingga:

$$K = [1.292(2.1 M^{1.44} (10^{-4})(12 - a)) + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3)]/100$$

dengan M = % pasir sangat halus dan debu (% debu + pasir sangat halus) x (100-% liat), a= % bahan organik, b=kode struktur tanah, c= kode permeabilitas tanah (Banuwa, 2013).

Nilai K sampel tanah berkisar antara 0.43 hingga 0.70. Kepekaan erosi di lokasi penelitian tergolong agak tinggi

hingga sangat tinggi, hal ini dipengaruhi oleh persentase bahan organik yang rendah. Bahan organik berperan dalam proses pembentukan, pengikatan, dan penstabilan agregat tanah baik secara fisika maupun kimia (Dariah, et al, 2004). Tanah dengan agregat tidak stabil, mudah terdispersi sehingga lebih mudah mengalami erosi. Berdasarkan penelitian Wischmeier & Manerring (1969) dan Morgan (1979) tanah dengan persentase debu 40-60% dan persen bahan organik rendah sangat peka terhadap erosi (Dariah et al., 2004).

Tingkat erosi ditentukan dengan model prediksi erosi *The Universal Soil Loss Equation (USLE)*, dengan pertimbangan bahwa model ini cukup sederhana dengan input data yang tidak terlalu banyak selain itu menurut Rachman & Dariah (2007) model ini cukup komprehensif dan memiliki kemampuan mengikuti perubahan tata guna lahan. Model prediksi erosi USLE dirumuskan $A=RKL_sCP$ dimana A = banyaknya tanah tererosi (ton/ha/th), R =erosivitas hujan, K =kepekaan erosi tanah, L_s = faktor panjang dan kecuraman lereng, CP =faktor vegetasi penutup tanah dan tindakan konservasi tanah.

Untuk kepentingan penentuan tingkat erosi tanah, kemampuan hujan untuk menimbulkan erosi (erosivitas hujan) ditentukan berdasarkan data curah hujan harian selama 10 tahun mulai tahun 2004 s.d. 2013 dari 4 stasiun pengukuran hujan yaitu Pos Pengamatan Gunung Api (UGA) Selo, UGA Jrakah, UGA Babadan, dan Kantor Balai Penyuluh Pertanian Kecamatan Ampel. Persamaan yang digunakan dimana $EI_{30} = 6,119CH^{1,211}HH^{-0,474}H_{24}^{0,526}$
 EI_{30} = Indeks erosi hujan, CH = curah hujan

bulanan (cm), HH = jumlah hari hujan per bulan, H_{24} = hujan maksimum harian dalam bulan bersangkutan (Banuwa, 2013). Hasil perhitungan erosivitas hujan di 4 stasiun pengukur hujan pada tabel 1.

Nilai erosivitas hujan di 4 stasiun tersebut kemudian di interpolasi untuk mendapatkan nilai erosivitas hujan di 27 titik pengamatan. Metode interpolasi menggunakan *inverse distance weighting (IDW)* dengan bantuan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (Martinez, et al, 2009). Hasil interpolasi dipetakan sebagai peta isoeroden.

Panjang dan kemiringan lereng ditentukan melalui hasil observasi dan pengukuran dilapangan, dimulai dari lokasi mulai terjadinya aliran air hingga lokasi dimana aliran air terkonsentrasi pada saluran dilapangan. Panjang lereng berkisar antara 2-40 m. Sebenarnya hal ini dapat dilakukan berdasarkan peta topografi tetapi menurut Harsoyo (2010) karena keterbatasan skala peta topografi pengukuran menggunakan peta akan menghasilkan data yang bias dan kurang akurat. Pengukuran hanya dilakukan di titik pengamatan tetapi diasumsikan berlaku untuk satu unit lahan yang bersangkutan karena keterbatasan peneliti, sebagaimana pendapat As-syukur (2008) bahwa tidak mudah untuk menentukan setiap panjang bentukan lereng dilapangan. Panjang dan kemiringan lereng selanjutnya digunakan untuk menentukan faktor lereng (L_s) menggunakan persamaan

$$L_s = \left(\frac{L}{22}\right)^2 (0,0065415^2 + 0,04565 + 0,065)$$

, dimana L =panjang lereng (m), S =kemiringan (%) untuk lereng landai. Jika kemiringan > 20% menggunakan per-

Tabel 1. Nilai Erosivitas hujan di Stasiun Pengukuran Hujan

Stasiun	Letak Geografis	Erosivitas	Stasiun	Letak Geografis	Erosivitas
UGA Selo	7° 29' 52.2"	2355	UGA Babadan	7° 31' 29.7"	2753
	110° 27' 22.2"			110° 24' 37.5"	
UGA Jrakah	7° 29' 52.2"	2853	Kantor BPP Ampel	7° 27' 27"	2103
	110° 25' 15.7"			110° 32' 50"	

samaan

$$Ls = \frac{l}{22} mC (\cos \alpha)^{1.50} [0.5 (\sin \alpha)^{1.25} + (\sin \alpha)^{2.25}]$$

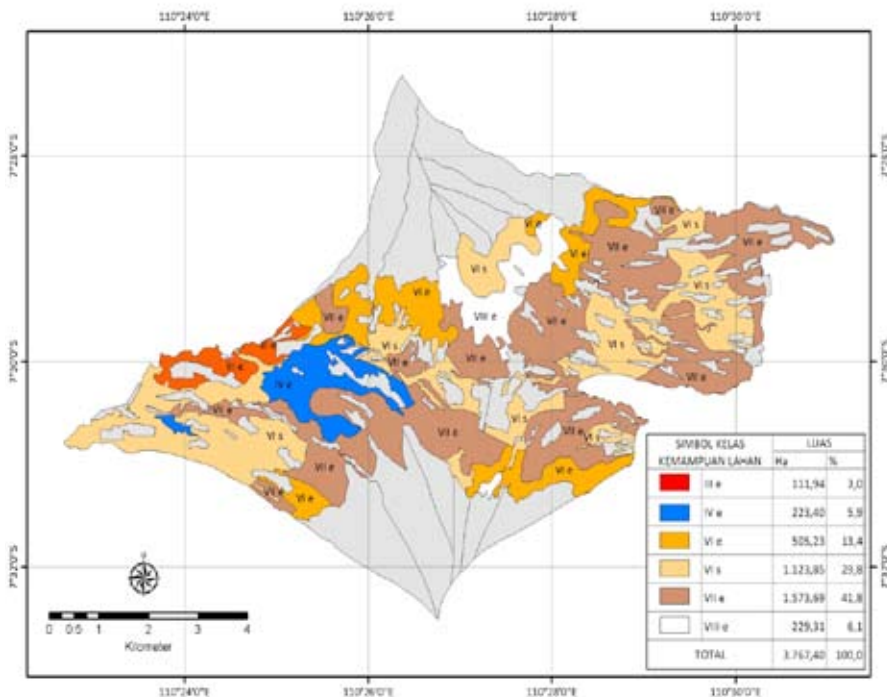
dimana $m = 0.5$, $C = 34.71$, dan $\alpha =$ sudut lereng.

Penentuan faktor vegetasi penutup tanah (C) dan tindakan konservasi (P) dilakukan bersama sehingga dalam perhitungan erosi hanya ada satu nilai yaitu faktor CP. Hal ini dilakukan karena faktor C dan faktor P hasil penelitian terdahulu terlalu spesik dan tidak sesuai dengan praktek usaha tani petani setempat yaitu pola tumpang gilir. Pada umumnya tumpang gilir dimulai dengan menanam tanaman sayuran dua kali tanam sejak awal musim hujan kemudian dilanjutkan menanam tembakau hingga awal musim kemarau, setelah itu lahan dibiarkan kosong hingga musim hujan berikutnya datang. Faktor CP untuk semak belukar, penanaman holtikultura dengan teras, kebun, dan penanaman

holtikultura sejajar lereng berturut-turut sebesar 0.01, 0.04, 0.2, 0.43.

Hasil perhitungan perkiraan erosi menyatakan bahwa sebagian besar lahan mengalami erosi berat hingga sangat berat, faktor yang paling berpengaruh yaitu kemiringan lereng dan model pengolahan tanah. Lokasi pengamatan dengan nilai prediksi erosi tertinggi (2056.66 ton/ha/th) pada kenyataannya memiliki kemiringan lahan hingga 70%, lahan diolah tanpa teras dan bedeng dibuat searah lereng.

Tahap terakhir dalam penentuan kelas kemampuan lahan adalah kategorisasi masing –masing faktor penghambat kedalam kriteria klasifikasi kemampuan lahan (*weight factor matching*). Hasil kategorisasi adalah kelas kemampuan lahan tiap unit lahan yang kemudian dipetakan dalam Peta Kelas Kemampuan Lahan sebagaimana gambar dibawah ini.



Gambar 2. Peta Kelas Kemampuan Lahan Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali

Berdasarkan hasil analisis kelas kemampuan lahan, lahan budidaya pertanian di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali termasuk lahan dengan kelas kemampuan III, IV, VI, VII, dan VIII, faktor penghambatnya adalah bahaya erosi (e) dan penghambat tanah di daerah perakaran (s). Penghambat tanah di daerah perakaran yaitu permeabilitas tanah yang terlalu tinggi yang berdampak pada terhambatnya penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman.

Lahan dengan kelas kemampuan III dan IV seluas 335.34 ha mampu dimanfaatkan sebagai lahan budidaya tanaman semusim, sedangkan lahan dengan kelas kemampuan VI dan VII seluas 3202.75 ha tidak layak untuk budidaya tanaman semusim tetapi hanya layak dimanfaatkan sebagai lahan tanaman vegetasi permanen seperti padang rumput atau hutan. Lahan dengan kelas kemampuan terendah yaitu kelas VIII seluas 229.31 ha tidak layak untuk lahan usaha produksi pertanian, lahan ini sebaiknya dibiarkan pada keadaan alami. Dengan demikian diketahui bahwa sebagian besar aktivitas budidaya pertanian tanaman semusim di Kecamatan Selo telah dilaksanakan melebihi daya dukung lahannya, selain kerusakan lahan dampak yang lebih luas yaitu krisis cadangan air tanah, bahaya sedimentasi, hingga pemanasan global. Meskipun dampak yang ditimbulkan demikian besar, pengaturan pemanfaatan lahan tidak dapat dilaksanakan mutlak seperti daya dukungnya. Petani di lereng Gunung Merapi Merbabu Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali mayoritas masih menggantungkan kehidupan ekonominya hanya kepada lahan pertanian saja sehingga nilai ekonomis lahan menjadi faktor pertimbangan penting lainnya dalam pemanfaatan lahan.

Dalam pemanfaatan lahan diperlukan pendekatan yang dapat mengakomodasi kepentingan ekonomi petani dan kepentingan ekologi kawasan yaitu

lahan dengan kelas kemampuan III dan IV dapat dipertahankan keberadaannya sebagai kawasan budidaya pertanian tanaman semusim tetapi pengelolaannya harus memperhatikan aspek konservasi untuk mengendalikan erosi dan mempertahankan kualitas tanah. Lahan dengan kelas kemampuan VI, VII, dan VIII yang sudah dan atau masih berupa lahan rumput dan tegakan permanen dipertahankan keberadaannya, sedangkan yang sudah dan atau masih berupa lahan pertanian tanaman semusim diupayakan menjadi lahan pertanian dengan sistem wanatani. Dengan demikian diharapkan fungsi ekologi dan ekonomi dapat tercapai untuk mendukung pembangunan berkelanjutan

Kesimpulan

Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali memiliki lahan budidaya pertanian dengan kelas kemampuan III, IV, VI, VII, dan VIII berturut-turut seluas 111.94 ha, 223.40 ha, 1629.08 ha, 1573.69 ha, dan 229.31 ha.

Lahan dengan kelas kemampuan III dan IV diarahkan sebagai kawasan budidaya pertanian dengan menerapkan kaidah konservasi, sedangkan lahan dengan kelas kemampuan VI, VII, dan VIII yang sudah dan atau masih berupa lahan rumput dan tegakan permanen dipertahankan keberadaannya, sedangkan yang sudah dan atau masih berupa lahan pertanian tanaman semusim diupayakan menjadi lahan pertanian dengan sistem wanatani.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala PUSBINDIKLATREN BAPPENAS atas pemberian beasiswa program magister dan Bupati Boyolali atas ijin melanjutkan studi bagi penulis

Daftar Pustaka

Jurnal:
Harsoyo, B. 2010. Review modeling

-
- hidrologi DAS di Indonesia. *Jurnal Sains Dan Teknologi Modifikasi Cuaca*, XI, 41–47.
- Idjudin, A. A. 2011. Peranan konservasi lahan dalam pengelolaan perkebunan. *Jurnal Sumber Daya Lahan*, 5(2), 103–116.
- Martinez, M. A., Vicente, M. L., Serrano, S. M. V., & Begueria, S. 2009. Mapping Rainfall Erosivity at a Regional Scale : a Comparison of Interpolation Methods in the Ebro Basin (NE Spain). *Hydrology and Earth System Sciences*, 1907–1920.
- Yang, Z. 2014. Geochemical Evaluation of Land Quality in China and Its Applications. *Journal of Geochemical Exploration*, 139, 122–135.
- Penelitian:
- As-syakur, A. R. 2008. Prediksi Erosi Dengan Menggunakan Metode USLE Dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Berbasis Pikel Di Daerah Tangkapan Air Danau Buyan. Bali: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Universitas Udayana.
- Dariah, A., Subagyo, H., Tafakresnanto, C., & Marwanto, S. 2004. Kepekaan Tanah Terhadap Erosi. In *Teknologi Konservasi Tanah Pada Lahan Kering Berlereng* (pp. 7–30). Bogor.
- Putra, S. 2013. *Strategi Pertanian Berkelanjutan di Kecamatan Selo Kabupaten Boyolali*. Semarang: Tesis UNDIP.
- Rachman, A., & Dariah, A. 2007. Permodelan Dalam Perencanaan Konservasi Tanah dan Air. In *Bunga Rampai Konservasi Tanah dan Air* (pp. 28–34). Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Sumedi, N. 2013. *Strategi Pengelolaan Ekosistem Gunung, Menjaga dan Merawat Kehidupan*. Balikpapan: Balai Penelitian Teknologi Konservasi Sumber Daya Alam.
- Buku:
- Arsyad, S. 2012. *Konservasi Tanah dan Air* (Kedua.). Bogor: IPB Press.
- Asdak, C. 2007. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Banuwa, I. S. 2013. *Erosi*. Jakarta: Kenca Prenada Media Group.
- Hendrayanto. 2007. Kawasan Halimun Dalam Perspektif Hidrologi. (*Menepis Kabut Halimun*), ed. Latipah Hendarti. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia, P. 24–32.
- KLH. 2003. *Strategi Nasional Pengelolaan Ekosistem Pegunungan*. Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup.
- Sutedjo, Mul Mulyani, and A.G. Kartasapoetra. 2010. *Pengantar Ilmu Tanah*. Jakarta: Rineka Cipta.