**EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN TEBU
PADA LAHAN KARST FORMASI WONOSARI (TMWL)
KECAMATAN GEDANGAN KABUPATEN MALANG**

**Evaluation of Land Suitability for Sugarcane in Wonosari Formation
Karst Land (TMWL), Gedangan District, Malang Regency**

Pramudito Kartiko Dumipto, Mochtar Lutfi Rayes, Christanti Agustina*

Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran 1 Malang, 65145

*Penulis korespondensi: christanti.ag@ub.ac.id

Abstract

Karst landform has different soil properties than the others land which are high clay content, low water holding capacity, relatively low nutrient availability, and in some areas it has a shallow soil that can impact the suitability of sugarcane productivity. It is necessary to analyze the suitability classes of sugarcane on karst landform based on productivity and make the criteria of sugarcane on karst landform. Research was conducted in Gedangan District, Malang Regency, East Java Province, Indonesia with survey method (13 land map unit) with 38 minipits and 8 soil profil as typical pedon. The modification using boundary line method by multiple regression with stepwise method which has a value of $R^2 \geq 0,5$ and percentage production class. Land suitability at study area before modification has class S3 (Marginally Suitable) and N (Not Suitable). Boundary line method results land characteristics that significantly correlate with production (organic carbon, total N, available P, exchangeable K, soil depth and slope). The boundary line method results class S2 (Moderately Suitable), S3 and N with accuration 75%. The modification with percentage production class was done (organic carbon, total N, exchangeable K, and slope) and results class S1(Highly Suitable), S2, S3, and N with accuration 91%.

Keywords : *boundary line method, karst landform, land suitability, sugarcane productivity*

Pendahuluan

Kebutuhan gula Indonesia setiap tahunnya cenderung meningkat seiring dengan berkembangnya zaman dan makin bertambahnya jumlah penduduk Indonesia. Menurut Kementerian Perindustrian (2017), selama 5 tahun terakhir (2013 - 2017) kebutuhan gula (konsumsi rumah tangga dan industri) meningkat sebesar 0,2 juta ton. Berdasarkan kondisi tersebut, pemerintah mengeluarkan program swasembada gula dengan menargetkan Indonesia untuk memenuhi kebutuhan gula sendiri tanpa impor dari negara lain. Program swasembada gula dapat dicapai dengan melakukan perluasan lahan tebu di Indonesia. Perluasan lahan tebu dilakukan dengan menambah luasan / areal

lahan untuk ditanami tanaman tebu di Indonesia. Di Jawa, lahan tebu sudah banyak tersebar di berbagai provinsi salah satunya Provinsi Jawa Timur.

Lahan tebu di Jawa Timur saat ini tercatat seluas 203.566 ha, yang terdiri dari perkebunan tebu rakyat 184.211 ha, perkebunan tebu negara 18.950 ha dan perkebunan swasta 656 ha. Kabupaten Malang merupakan salah satu sentra penghasil tebu di Provinsi Jawa Timur. Menurut Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Malang (2016) selama 5 tahun terakhir (2012 - 2016) tebu Kabupaten Malang memiliki rata - rata produktivitas mencapai 90 ton/ha. Salah satu daerah sentra produksi tebu di Kabupaten Malang adalah Kecamatan Gedangan. Tanaman tebu di Kecamatan

Gedangan Kabupaten Malang banyak dibudidayakan pada lahan dengan *landform* karst yang termasuk kedalam Formasi batuan Wonosari (Tmwl). Formasi Wonosari merupakan salah satu formasi di zona fisiografi regional pegunungan selatan Jawa yang berumur miosen-pliosen dengan komposisi batuan berupa batu gamping, batu gamping napal tufaan, batu gamping konglomerat, batupasir tufaan dan batu lanau (Suroño *et al.*, 1992). Karst Kecamatan Gedangan masuk kedalam sub zona Gunung Sewu dengan bukit batu gamping membentuk kerucut dengan ketinggian puluhan meter (Van Bemmelen, 1949).

Lahan tebu di Kecamatan Gedangan selama 5 tahun terakhir memiliki rata - rata produktivitas tebu sebesar 85,16 t ha⁻¹ (2012 - 2016) (Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Malang, 2016). Varietas yang ditanam sebagian besar merupakan varietas BL atau Bululawang dengan potensi produksi yaitu 94,3 ton/ha (secara nasional). Varietas BL dipilih dikarenakan memiliki kadar gula yang tinggi dibanding varietas yang lain (Rukmana, 2015). Menurut wawancara petani, produksi tebu BL pada Kecamatan Gedangan memiliki variasi produksi 23 - 80 t ha⁻¹ dan sebagian besar masih tergolong lahan dengan produktivitas tebu rendah. Hal ini mungkin disebabkan karena *landform* karst yang terdapat pada lokasi penelitian. *Landform* karst memiliki sifat tanah yang berbeda dengan lahan lain dimana memiliki kandungan liat tinggi dan kapasitas menyimpan air rendah (kehilangan air), ketersediaan hara yang relatif rendah. Di beberapa daerah memiliki solum tanah dangkal, dan kesesuaiannya juga berbeda dengan lahan lain, untuk itu diperlukan adanya penelitian tentang evaluasi kesesuaian lahan pada daerah karst dan juga menyusun kriteria kesesuaian lahan tanaman tebu khusus untuk daerah karst. Penyusunan kriteria kesesuaian lahan dilakukan karena selama ini kriteria kesesuaian lahan yang ada kadang tidak sesuai dengan produksi/produktivitas tanaman di lapangan.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang, Jawa Timur, Indonesia, dengan batasan daerah representas bentuk

lahan karst. Bentuk lahan karst terdapat di bagian selatan Kecamatan Gedangan, seperti tersaji dalam Gambar 1. Alat dan bahan untuk penelitian ini terdiri dari seperangkat laptop dengan beberapa software pemetaan dan pengolahan data, survei set untuk identifikasi morfologi tanah, seperangkat alat untuk analisis laboratorium untuk sifat fisika dan kimia tanah, dan buku kunci taksonomi tanah (Soil Survey Staff, 2014) untuk menentukan klasifikasi tanah. Penelitian dilakukan dengan metode survei fisiografi dengan dasar satuan peta lahan yang terdiri dari 13 satuan peta lahan. Identifikasi morfologi tanah dilakukan dengan pembuatan minipit pada 38 titik pengamatan dan 8 profil tanah sebagai pedon tipikal. 8 profil ini mewakili setiap *landform* daerah penelitian yang terdiri dari punthuk karst pada perbukitan karst, punggung karst pada perbukitan karst, pelembahan karst pada dataran karst, dan pelembahan karst pada perbukitan karst.

Contoh tanah diambil di setiap horizon ,mulai dari horizon bawah sampai dengan horizon atas secara komposit. Analisis sifat fisik tanah terdiri dari tekstur tanah (metode pipet). Analisis sifat kimia terdiri dari pH (pelarut H₂O), C-Organik (Walkley-Black), Basa-basa tertukar (ekstraksi NH₄OAc 1N pH7), kapasitas tukar kation (KTK, ekstraksi NH₄OAc 1N pH7), dan kejenuhan basa (KB, Σ (Ca, Mg, K, Na)/KTK×100%), P tersedia, salinitas, dan alkalinitas.

Analisis kesesuaian lahan dilakukan dengan *matching* kriteria kesesuaian lahan menggunakan program SPKL versi 2.1, dan dilakukan modifikasi kriteria menggunakan metode *boundary line*. Sebelumnya dilakukan analisis data terlebih dahulu menggunakan regresi berganda dengan metode *stepwise* untuk mengetahui karakteristik lahan yang berpengaruh signifikan terhadap produktivitas tebu di lapangan (nilai R² ≥ 0,5). Validasi kelas kesesuaian lahan hasil modifikasi dilakukan menggunakan *accuracy assessment* dengan rumus :

$$\frac{\sum \text{KKL cocok dengan KKL persentase produksi}}{\sum \text{KKL persentase produksi}} \times 100\%$$

Gambar 1. Peta lokasi dan titik pengamatan.

Hasil dan Pembahasan

Kelas kesesuaian lahan aktual lahan karst per SPL berdasarkan Djaenuddin et al. (2003 & 2011), Charrupat et al. (2002) dan Siswanto (2006)

Kelas kesesuaian lahan ditentukan berdasarkan hasil *matching* karakteristik lahan dengan kriteria kesesuaian lahan dengan menggunakan program SPKL versi 2.1 (Bachri et al., 2016). Pada penelitian ini, evaluasi lahan hanya dilakukan terhadap 10 SPL dan ketiga SPL berikutnya tidak dilakukan proses evaluasi

lahan. Alasan tidak dilakukan evaluasi lahan untuk ketiga SPL yaitu SPL 11, SPL 12 dan SPL 13 dikarenakan pada ketiga SPL ini tidak ditanami komoditas tebu. Berikut merupakan hasil *matching* KKL tebu.

Karakteristik lahan yang berpengaruh terhadap produktivitas tanaman tebu

Hubungan C - organik dengan produktivitas tanaman tebu

Gambar 2 menunjukkan adanya korelasi yang kuat antara C-organik dengan produktivitas tanaman tebu, dengan nilai determinasi $R^2 =$

0,6646 dan $r = 0,85$. Tanaman tebu akan menghasilkan produktivitas yang tinggi ketika c-organik berada pada angka $\geq 1,20\%$, dan akan berada pada kelas S2, sedangkan tanaman

tebu akan rendah produktivitasnya jika C-organik $\leq 0,60\%$, dan akan berada pada kelas N.

Tabel 1. Hasil kelas kesesuaian lahan versi Djaenuddin *et al.* (2003 & 2011), Charrupat *et al.* (2002) dan Siswanto (2006).

SPL	Subgroup Tanah	Sub Kelas Kesesuaian Lahan	Faktor Pembatas
1	Eutric Humudept	S3-na	P tersedia
2	Typic Humudept	S3-na	P tersedia
3	Typic Humudept	S3-na/eh	N-total, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi
4	Typic Humudept	S3-na/eh	N-total, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi
5	Typic Humudept	S3-na/eh	P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi
5	Lithik Hapludoll	S3-rc/na/eh	Kedalaman tanah, N-total, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi
6	Typic Hapludoll	N-eh	Lereng
7	Lithik Hapludoll	N-eh	Lereng, Bahaya Erosi
8	Typic Humudept	S3-oa/na	Drainase, P tersedia
9	Typic Calciudoll	S3-rc/nr/na	Kedalaman tanah, C-organik, N-total, P tersedia,
10	Typic Humudept	S3-na	P tersedia
10	Typic Hapludoll	S3-rc/na	Kedalaman tanah, N-total, P tersedia
11	Typic Humudept	-	-
12	Typic Humudept	-	-
13	Typic Humudept	-	-

Keterangan : - : tidak dilakukan proses evaluasi lahan dikarenakan tidak terdapat komoditas tanaman tebu.

Gambar 2. Hubungan C-organik dan produktivitas tebu.

Menurut Chen dan Yung (1990), kandungan bahan organik mempunyai peran penting dalam usaha budidaya pertanian, hal ini disebabkan karena bahan organik dapat meningkatkan dan memelihara kesuburan kimia, fisika, maupun biologi tanah. Dalam

memelihara kesuburan kimia bahan organik dapat meningkatkan KTK tanah, berfungsi sebagai cadangan sekaligus sumber hara makro dan mikro, mengikat kation yang mudah tersedia bagi tanaman tetapi menahan kehilangan hara akibat pencucian, juga

berfungsi dalam pembentukan ikatan organik terhadap unsure mikro Fe, Zn, Mn sehingga tetap tersedia bagi tanaman (Tisdal *et al.*, 1993). Selain itu bahan organik juga dapat meningkatkan ketersediaan beberapa unsur hara dan efisiensi penyerapan P (Chen dan Yung, 1990). Perannya dalam fisika tanah, bahan organik dapat meningkatkan daya menahan air, memperbaiki struktur tanah menjadi gembur, mencegah pengerasan tanah serta menyangga reaksi tanah dari kemasaman, kebasahan dan salinitas (Tisdale *et al.*, 1993). Chen dan Yung (1990) juga menambahkan bahan organik tinggi dapat memudahkan pengolahan tanah serta dapat menahan butiran tanah dari proses erosi permukaan. Aspek biologi tanah, kandungan bahan organik tinggi dalam tanah dapat mendorong pertumbuhan

mikroba secara cepat sehingga dapat memperbaiki aerasi tanah, menyediakan energi bagi kehidupan mikroba tanah, meningkatkan aktivitas jasad renik (mikroba tanah), dan meningkatkan kesehatan biologis tanah (Tisdal *et al.*, 1993; Zaini *et al.*, 2004).

Hubungan N total dengan produktivitas tanaman tebu

Gambar 3 menunjukkan bahwa N-total dengan produktivitas tanaman tebu memiliki hubungan yang positif dengan nilai koefisien determinasi atau R^2 sebesar 0,5688 dan $r = 0,75$. Hubungan N-total dengan produktivitas tanaman tebu berbanding lurus dimana ketika nilai N-total bertambah maka akan diikuti pula kenaikan Produktivitas tanaman tebu, begitu pula sebaliknya.

Gambar 3. Hubungan N total dengan produktivitas tebu.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tanaman tebu akan berproduksi dengan baik dan berada pada kelas S1 pada kadar N-total sebesar lebih dari 0,12% dan pada kadar N-total kurang dari 0,12% performa tanaman tebu akan mulai menurun (berada pada kelas S3 sampai N) dan semakin buruk jika menyentuh nilai $< 0,04\%$ dilihat dari produktivitas yang dihasilkan. Menurut Hardjowigeni (2005), sifat kimia tanah N-total yang sesuai untuk tanaman tebu yaitu mempunyai nilai N-total mulai dari 0,07 sampai 2,5%. Tisdale *et al.* (1994) berpendapat jika suplai N dibawah optimal akan membentuk daun - daun berukuran kecil sehingga organ tidak mampu secara optimal melakukan fotosintesis untuk dapat menghasilkan gula.

Hubungan P tersedia dengan produktivitas tanaman tebu

Gambar 4 menunjukkan persamaan hubungan positif antara P tersedia dengan produktivitas tanaman tebu di lapangan dengan koefisien determinasi mencapai (R^2) 0,4952 dan r mencapai 0,70. Tanaman tebu akan dapat menghasilkan produktivitas yang tinggi apabila P tersedia memiliki nilai $> 3,80$ ppm (berada pada kelas S1) sedangkan produktivitas tebu akan rendah jika nilai P tersedia berada pada angka $< 2,00$ ppm (berada pada kelas S3). Menurut Halliday dan Trenkel (1992), serapan hara P pada bagian batang tanaman tebu yaitu $26,9 \text{ kg ha}^{-1}$. Sedangkan Hunsigi (1993) dan Halliday dan Trenkel (1992) dalam 1 ton hasil

panen tebu terdapat 0,82 kg P yang berasal dari dalam tanah, yang menyebabkan pengurasan hara P yang cukup besar dari dalam tanah pada saat panen. Hardjowigeno (2015) juga menambahkan penyebab rendahnya unsur P dalam tanah dikarenakan jumlah P dalam tanah sedikit, sebagian besar terdapat dalam bentuk

yang tidak dapat diambil tanaman dan terjadi pengikatan (fiksasi) oleh Al pada tanah masam atau Ca pada tanah alkalis. Hara P dalam tanaman berfungsi sebagai penyedia dan penyimpan energi kimia untuk proses metabolisme dan katabolisme (McCray *et al*, 2010).

Gambar 4. Hubungan P tersedia dengan produktivitas.

Hubungan K dapat ditukar dengan produktivitas tanaman tebu

Gambar 5 menunjukkan garis persamaan linear hubungan positif antara Kdd dengan produktivitas tanaman tebu di lapangan dengan nilai R^2 atau koefisien determinasi 0,4764 dan $r = 0,69$. Berdasarkan gambar diatas, tebu akan berproduksi dengan bagus jika kadar Kdd memiliki nilai $> 0,37 \text{ cmol kg}^{-1}$ sedangkan produktivitas tebu akan rendah jika nilai kadar

$\text{Kdd} < 0,23 \text{ cmol kg}^{-1}$. Unsur K berperan penting untuk tanaman tebu dalam proses metabolisme karbohidrat, pembentukan dan translokasi gula, pembentukan protein serta aktivitas sel - sel tanaman (Daryono, 2009). Kekurangan K dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat dengan batang tipis, perakaran terhambat, dan kadar gula dan kualitas nira menurun (Daryono, 2009).

Gambar 5. Hubungan Kdd dengan produktivitas tebu.

Hubungan kemiringan lereng, kedalaman tanah dengan produktivitas tebu

Gambar 6 menunjukkan produktivitas tanaman tebu akan semakin menurun dan rendah jika kemiringan lereng melebihi 30% (kelas S3 sampai N) atau mendekati curam, sedangkan produktivitas tebu akan semakin naik jika daerah memiliki lereng dibawah 15% (kelas S2)

atau mendekati datar. Nilai kemiringan lereng yang besar akan mengakibatkan tanah menjadi mudah tererosi atau kehilangan, menurut Martono (2004), lereng yang semakin curam dan semakin panjang akan meningkatkan kecepatan aliran permukaan dan volume air permukaan semakin besar, sehingga benda yang bisa diangkut akan lebih banyak.

Gambar 6. Hubungan kemiringan lereng dengan produktivitas tebu.

Gambar 7. Hubungan kedalaman tanah dengan produktivitas tebu.

Gambar 7 menunjukkan diagram hubungan kedalaman tanah dengan produktivitas tanaman tebu. Tanaman tebu akan menghasilkan produktivitas tanaman yang tinggi dan bagus jika kedalaman tanah ≥ 110 cm dan akan berada pada kelas S1, sedangkan produktivitas tanaman akan rendah dan buruk (berada pada kelas N) jika kedalaman tanah < 50 cm. Menurut Nugroho (2006), tanah dengan

kedalaman perakaran dan solum tanah yang rendah memiliki kecenderungan persebaran akar menyebar secara horizontal dan akar yang tumbuh secara vertikal untuk penguat tanaman dan menjangkau lebih dalam lapisan tanah yang lebih sedikit. Sedangkan akar yang memiliki kedalaman tanah (solum tanah) yang lebih dalam akar cenderung menyebar seimbang antara vertikal dan horizontal, selain itu

persebaran akar menyebar ke segala bidang tanah. Hal ini akan membuat jangkauan nutrisi akar menjadi lebih luas, kekuatan tanaman lebih kuat karena pertumbuhan akar yang mengarah vertikal lebih banyak sehingga pertumbuhan tanaman lebih cepat dan kuat. Nilai R^2 dan r berturut-turut sebesar 0,6049 dan 0,775 untuk kemiringan lereng, 0,8286 dan 0,746 untuk kedalaman tanah.

Penyusunan kriteria kesesuaian lahan dengan metode *boundary line*

Penyusunan kriteria kesesuaian lahan dengan metode *boundary line* dilakukan setelah membuat grafik persamaan linear yang menunjukkan hubungan antara karakteristik lahan (variabel x) yang meliputi c-organik, N total, P tersedia, Kdd, kemiringan lereng dan kedalaman tanah dengan produktivitas tanaman tebu (variabel y)

di lapangan (Gambar 2 - 7) berdasarkan batas kelas produktivitas tebu yang telah ditetapkan (penarikan garis batas setiap kelasnya). Modifikasi dilakukan atas dasar hasil kesesuaian lahan aktual yang masih terdapat kelas yang masih belum sesuai dengan persentase produksi. Setelah dibuat grafik hubungan antara variabel x dan y, sebelum ditarik garis batas, batas minimum dari kelas S1, S2, S3 dan N harus ditentukan terlebih dahulu dengan mengalikan batas minimum dari kelas produksi (S1 80%, S2 60%, S3 40%, dan N dibawah 40%) dengan potensi produksi (94,3 ton/ha), maka didapat kelas S1 memiliki batas minimum 75,44 t ha⁻¹, S2 56,58 t ha⁻¹, S3 37,72 t ha⁻¹ sedangkan N dibawah 37,72 t ha⁻¹. Berikut merupakan hasil modifikasi berdasarkan metode *boundary line*.

Tabel 2. Karakteristik lahan modifikasi berdasarkan metode *boundary line*.

Kualitas lahan / Karakteristik lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Media Perakaran (rc)				
*Kedalaman Tanah (cm)	> 110	85 - 110	50-85	< 50
Retensi Hara (nr)				
*C-Organik (%)	-	> 1,16	0,60- 1,16	< 0,60
Hara Tersedia (na)				
*N total (%)	> 0,18	0,12-0,18	0,04-0,12	< 0,04
*P tersedia (ppm)	> 3,80	2-3,80	< 2	-
*Kdd (cmol kg ⁻¹)	> 0,37	0,23-0,37	< 0,23	-
Bahaya Erosi (eh)				
*Lereng (%)	-	< 12	12-32	> 32

Ket : - : tidak dapat diasumsikan; *: modifikasi *boundary line*.

Validasi kelas kesesuaian lahan tanaman tebu berdasarkan metode *boundary line*

Hasil *matching* yang dilakukan dengan kriteria kesesuaian lahan hasil modifikasi *boundary line*, kelas kesesuaian lahan (KKL) menunjukkan hasil yang berbeda dengan KKL sebelum di modifikasi, dimana pada KKL hasil modifikasi, SPL 1 yang semula memiliki KKL S3 (Sesuai Marginal) berubah menjadi KKL S2 (Cukup Sesuai), sementara SPL yang lain masih sama berupa KKL S3 (Sesuai Marginal) dan N (Tidak Sesuai). Hasil uji tingkat keakuratan

KKL dibandingkan dengan KKL persentase produksi didapatkan tingkat akurasi KKL berdasarkan metode *boundary line* sebesar 75%, dengan total SPL yang cocok dengan KKL persentase produksi sebanyak 9 SPL. Menurut National Park Service Vegetation Inventory (2010), hasil dikatakan akurat apabila nilai *accuracy assessment* yang dihasilkan lebih dari 80%. Jika hasil yang dihasilkan kurang dari 80% maka masih belum dikatakan akurat. Berikut hasil kelas kesesuaian lahan dengan menggunakan metode *boundary line*

Tabel 3. Hasil kelas kesesuaian lahan metode *boundary line*.

SPL	Jenis Tanah	Sub Kelas Kesesuaian Lahan	Faktor Pembatas	KKL	Persentase Produksi
1	Eutric Humudept	S2-na	N total	S1	84,83%
2	Typic Humudept	S3-na	Kdd	S2	63,62%
3	Typic Humudept	S3-nr/na/eh	C-Organik, N total, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi	S3	57,13%
4	Typic Humudept	S3-nr/na/eh	C-Organik, N total, P tersedia, Kdd, Lereng, Bahaya Erosi	S3	50,28%
5	Typic Humudept	S3-na/eh	Kdd, Lereng, Bahaya Erosi	S3	59,28%
5	Lithik Hapludoll	S3-rc/nr/na/eh	Kedalaman Tanah, C-Organik, N total, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi	S3	47,92%
6	Typic Hapludoll	N-eh	Lereng	N	30,93%
7	Lithik Hapludoll	N-nr/na/eh	C-Organik, N total, Lereng, Bahaya Erosi	N	24,39%
8	Typic Humudept	S3-oa/na/eh	Drainase, P tersedia, Kdd, Lereng	S3	57,43%
9	Typic Calciudoll	S3-rc/nr/na	Kedalaman Tanah, C-Organik, N total, P tersedia, Kdd	S3	47,43%
10	Typic Humudept	S3-nr/na/eh	C-Organik, N total, P tersedia, Kdd, Lereng	S3	74,51%
10	Typic Hapludoll	S3-rc/na	Kedalaman Tanah, N total, P tersedia, Kdd	S3	53,50%
11	Typic Humudept	-	-	-	-
12	Typic Humudept	-	-	-	-
13	Typic Humudept	-	-	-	-

Keterangan : - : tidak dilakukan proses evaluasi lahan dikarenakan tidak terdapat komoditas tanaman tebu.

Penyusunan kriteria kesesuaian lahan dengan metode kelas persentase produksi

Penyusunan kriteria kesesuaian lahan dengan metode kelas persentase produksi dilakukan karena berdasarkan hasil kelas kesesuaian lahan metode *boundary line*, jika dilihat dari tingkat keakuratannya, nilai akurasi hasil kelas kesesuaian lahan metode *boundary line* masih dibawah 80% (nilai akurasi hanya 75%). Untuk itu perlu dilakukan penyesuaian kembali kriteria kesesuaian lahan untuk tanaman tebu menggunakan modifikasi kelas persentase produksi dengan melihat faktor pembatas yang

paling membatasi daerah tersebut sehingga tidak dapat dinaikkan kelas kesesuaian lahannya. Berdasarkan hasil *matching* kriteria kesesuaian lahan modifikasi *boundary line* didapat bahwa yang paling banyak membatasi SPL pada daerah penelitian adalah karakteristik lahan c-organik, N total, P tersedia, Kdd, dan kemiringan lereng.

Penyusunan kriteria kesesuaian lahan dengan metode kelas persentase produksi dilakukan melalui Pendekatan modifikasi dengan melihat persentasi produksi dilihat berdasarkan persentase minimum dari masing - masing kelas kesesuaian lahan berdasarkan

produksi dengan kriteria untuk S1 memiliki persentase produksi minimum yaitu 80%, S2 memiliki persentase produksi minimum 60%, S3 memiliki persentase produksi minimum 40% dan $N < 40\%$ (Khrisnohadi, 2008).

Persentase produksi tersebut, kemudian dikalikan (korelasi positif) atau dibagi (korelasi negatif) dengan nilai minimum dari kelas kesesuaian lahan tanaman tebu.

Tabel 4. Karakteristik lahan modifikasi berdasarkan metode kelas persentase produksi.

Kualitas lahan / Karakteristik lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Media Perakaran (rc)				
***Kedalaman Tanah (cm)	> 110	85 - 110	50-85	< 50
Retensi Hara (nr)				
**C-Organik (%)	-	* > 0,70	*0,60- 0,70	< 0,60
Hara Tersedia (na)				
**N total (%)	* > 0,14	*0,07-0,14	*0,04-0,07	< 0,04
**P tersedia (ppm)	> 3,80	*1,2-3,80	* < 1,2	-
**Kdd (cmol kg ⁻¹)	> 0,37	*0,14-0,37	* < 0,14	-
Bahaya Erosi (eh)				
**Lereng (%)	-	* < 20	*20-32	> 32

Keterangan : *** : tetap; ** : Karakteristik lahan yang diubah; * : Kelas Kesesuaian Lahan yang diubah.

Validasi kelas kesesuaian lahan tanaman tebu berdasarkan metode kelas persentase produksi

Tabel di bawah ini merupakan tabel hasil kelas kesesuaian lahan berdasarkan modifikasi kelas persentase produksi. Kelas Kesesuaian Lahan (KKL) untuk tanaman tebu modifikasi berdasarkan metode kelas persentase produksi dilakukan setelah memodifikasi ulang kriteria kesesuaian lahan yang berasal dari metode *boundary line* kemudian dimodifikasi kembali dengan menyesuaikan kelas persentase produksi. Dilakukan proses *matching* kembali.

Hasil *matching* didapatkan kelas kesesuaian lahan tanaman tebu di daerah penelitian yang mendekati kelas persentase produksi tanaman tebu di lapangan. SPL 1 yang semula, jika

dilakukan proses evaluasi dengan kriteria hasil metode *boundary line* didapatkan kelas S2, namun setelah dilakukan modifikasi penyesuaian kelas produksi KKL SPL 1 berubah menjadi S1. Begitu juga SPL 2 yang semula termasuk kedalam KKL S3, setelah dimodifikasi kembali, dapat naik KKLnya menjadi S2. Sementara SPL 10 (Typic Humudept) masih tetap menunjukkan kelas S3.

Hasil uji tingkat keakuratan KKL dibandingkan dengan KKL persentase produksi didapatkan tingkat akurasi KKL berdasarkan metode kelas persentase produksi sebesar 91%, dengan total SPL yang cocok dengan KKL persentase produksi sebanyak 11 SPL. Hasil ini menghasilkan nilai yang akurat dikarenakan nilai akurasi > 80%.

Tabel 5. Hasil kelas kesesuaian lahan metode kelas persentase produksi.

SPL	Jenis Tanah	Sub Kelas Kesesuaian Lahan	Faktor Pembatas	KKL	Persentase Produksi
1	Eutric Humudept	S1	-	S1	84,83%
2	Typic Humudept	S2-oa/rc/nr/na/lp	Drainase, Kedalaman Tanah, Kejenuhan Basa, N total, P tersedia, Kdd, Batuan Permukaan, Singkapan Batuan	S2	63,62%
3	Typic Humudept	S3-na/eh	Lereng, Bahaya	S3	57,13%

SPL	Jenis Tanah	Sub Kelas Kesesuaian Lahan	Faktor Pembatas	KKL	Persentase Produksi
4	Typic Humudept	S3-na/eh	Erosi, P tersedia N total, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi	S3	50,28%
5	Typic Humudept	S3-eh	Bahaya Erosi	S3	59,28%
5	Lithik Hapludoll	S3-rc/na/eh	Kedalaman Tanah, P tersedia, Lereng, Bahaya Erosi	S3	47,92%
6	Typic Hapludoll	N-eh	Lereng	N	30,93%
7	Lithik Hapludoll	N-nr/na/eh	C-Organik, N total, Lereng, Bahaya Erosi	N	24,39%
8	Typic Humudept	S3-oa	Drainase	S3	57,43%
9	Typic Calciudoll	S3-rc/nr/na	Kedalaman Tanah, C-Organik, P tersedia, Kdd	S3	47,43%
10	Typic Humudept	S3-na	P tersedia	S3	74,51%
10	Typic Hapludoll	S3-rc/na	Kedalaman Tanah, N total, P tersedia	S3	53,50%
11	Typic Humudept	-	-	-	-
12	Typic Humudept	-	-	-	-
13	Typic Humudept	-	-	-	-

Gambar 8. Peta kesesuaian lahan tanaman tebu hasil modifikasi pada daerah penelitian
Keterangan : - tidak dilakukan proses evaluasi lahan dikarenakan tidak terdapat komoditas tanaman tebu.

Kriteria kesesuaian lahan tanaman tebu varietas BL (Bululawang) lahan karst formasi Wonosari

Kualitas Lahan/ Karakteristik Lahan	Kelas S1	Kesesu S2	aian S3	Lahan N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (°C)	24 - 30	30 - 32 22 - 24	32 - 34 21 - 22	> 34
Ketersediaan Air (wa)				
Curah Hujan (mm)	> 1.600	1.100 - 1.600	800 - 1.100	< 800
Lamanya masa kering (Bln)	1 - 4	< 1 4 - 5	5 - 6	> 6
Ketersediaan Oksigen(oa)				
Drainase	Baik, Sedang	Agak Lambat	Lambat, Agak cepat	Sangat Lambat, Cepat
Media Perakaran (rc)				
Tekstur	Halus, Sedang	Agak Halus	Agak Kasar	Kasar
Kedalaman tanah (cm)	> 100 >110	75 - 100 85 - 110	50 - 75 50 - 85	< 50
Bahan Kasar%	< 15	15 - 35	35 - 55	> 55
Retensi Hara (nr)				
KTK total (cmol)	> 16	5 - 16	< 5	-
Kejenuhan Basa (KB)%	> 50	35 - 50	< 35	-
pH H ₂ O	5,5 - 7,5	5,0 - 5,5 7,5 - 8,0	< 5,0 > 8,0	-
C-Organik (%)	> 1,20	0,80 - 1,20 > 0,70	< 0,80 0,60 - 0,70	- < 0,60
Hara Tersedia (na)				
N total (%)	> 0,20 > 0,14	0,10 - 0,20 0,07 - 0,14	< 0,10 0,04 - 0,07	- < 0,04
P tersedia (ppm)	> 25 > 3,80	6 - 25 1,20 - 3,80	< 6 < 1,20	- -
Kdd (cmol kg ⁻¹)	> 0,37	0,14 - 0,37	< 0,14	-
Toksistasitas (xc)				
Salinitas (dS m ⁻¹)	< 3	3 - 4	4 - 5	> 6
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas /ESP%	< 10	10 - 15	15 - 20	> 20
Bahaya Erosi (eh)				
Lereng%	< 8	8 - 16 < 20	16 - 30 20 - 32	> 30 > 32
Bahaya Erosi	-	Sangat Ringan	Ringan - Sedang	Berat - Sangat Berat
Bahaya Banjir (fh)				
Tinggi (cm)	-	-	25	> 25
Lama (hari)	-	-	< 7	≥ 7
Penyiapan Lahan (lp)				
Batuan Permukaan (%)	< 5	5 - 15	15 - 40	> 40
Singkapan Batuan (%)	< 5	5 - 15	15 - 25	> 25

Keterangan: Tekstur : Halus : Liat Berpasir, Liat, Liat Berdebu, Agak Kasar : Lempung berpasir, Agak Halus : Lempung berliat, Lempung liat berpasir, Lempung liat berdebu Kasar : Pasir, Pasir berlempung, Sedang : Lempung berpasir sangat halus, Lempung, Lempung berdebu, Debu, Sangat Halus : Liat (tipe liat 2 : 1).

Keterangan: Tulisan cetak tebal dengan font miring merupakan hasil modifikasi kriteria (Sumber : Kriteria Kesesuaian Lahan menurut Djaenuddin *et al.* (2003 dan 2011); Kriteria Kesesuaian Lahan menurut Charrupat *et al.* (2002); Kriteria Kesesuaian Lahan menurut Siswanto (2006); modifikasi kriteria kesesuaian lahan berdasarkan metode *boundary line* dan kelas persentase produksi).

Kesimpulan

1. Kelas Kesesuaian Lahan tanaman tebu pada lahan karst formasi wonosari menghasilkan 3 versi, yaitu Kelas kesesuaian lahan sebelum di modifikasi dengan KKL S3 (Sesuai Marginal) dan N (Tidak Sesuai), Kelas kesesuaian lahan setelah di modifikasi metode *boundary line* dengan KKL S2 (Cukup Sesuai), S3 (Sesuai Marginal) dan N (Tidak Sesuai) dan kelas kesesuaian lahan setelah modifikasi kelas persentase produksi dengan KKL S1 (Sangat Sesuai), S2 (Cukup Sesuai), S3 (Sesuai Marginal) dan N (Tidak Sesuai)
2. Terdapat 6 karakteristik lahan yang paling berpengaruh terhadap produktivitas tanaman tebu di lapangan, 6 karakteristik lahan tersebut yaitu C-organik, N-total, P tersedia, Kdd, kedalaman tanah dan kemiringan lereng, yang masing - masing memiliki nilai korelasi dan nilai koefisien determinasi atau r dan $R^2 \geq 0,5$.
3. Modifikasi metode *boundary line* menghasilkan kelas S2, S3 dan N dengan tingkat keakuratan hasil sebesar 75% lalu dilanjutkan dengan modifikasi metode kelas persentase produksi dengan keakuratan hasil kelas kesesuaian lahan sebesar 91%. Penyusunan kriteria kesesuaian lahan menghasilkan kriteria kedalaman tanah dengan kelas S1 (>110 cm), S2 (85-110 cm), S3 (50-85 cm), N (< 50 cm). C-organik S2 ($> 0,70\%$), S3 (0,60-0,70%), N ($< 0,60\%$). N total S1 ($> 0,14\%$), S2 (0,07-0,14%), S3 (0,04-0,07%) dan N ($< 0,04\%$). P tersedia kelas S1 ($> 3,80$ ppm) S2 (1,20-3,80 ppm), S3 ($< 1,20$ ppm). Kdd kelas S1 ($> 0,37$ cmol kg^{-1}) S2 (0,14-0,37 cmol kg^{-1}), S3 ($< 0,14$ cmol kg^{-1}).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih saya ucapkan kepada masyarakat dan pemerintah daerah khususnya Desa Tumpakrejo, Sindurejo, Gajahrejo dan Desa Sidodadi Kecamatan Gedangan Kabupaten Malang yang telah mengizinkan dan membantu berjalannya penelitian ini dan juga saya mengucapkan terima kasih kepada Pabrik Gula Rajawali I Kribet Baru yang telah membantu saya dalam mengumpulkan data produksi tebu. Tak lupa juga saya sampaikan terima kasih kepada rekan penelitian saya Andre dan Arum

serta teman-teman saya Iman, Mualif, Eman, Yogi dan Halyta yang telah membantu saya dalam penelitian ini sehingga dapat selesai sesuai waktu yang telah ditentukan.

Daftar Pustaka

- Charrupat, T. and Mongkolsawat, C. 2002. Land evaluation for economic crops of Lam Phra Phloeng Watershed in Thailand using GIS modeling. *Asian Journal of Geoinformatics*. 3(3) : 89-100.
- Chen, S.S. and Yung, T.C. 1990. The effects of organic matter on soil properties. Paper presented at Seminar on the Use of Organic Fertilizers in Crop Production, Suweon, South Korea. 18-24 Jun. 1990. Suweon. South Korea.
- Daryono, H. 2009. Potensi, permasalahan dan kebijakan yang diperlukan dalam pengelolaan hutan dan lahan rawa gambut secara lestari. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan* 6 (20) : 71 – 101.
- Dinas Pertanian dan Perkebunan. 2017. Produksi Perkebunan Rakyat di Jawa Timur. Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten Malang. Kepanjen.
- Djaenuddin, D., Marwan, H., Subagyo, H. dan Hidayat, A. 2003. Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Petanian. Edisi IV, BPT, PPTA. Bogor.
- Halliday, D.J. and Trenkel, M.E. 1992. Word Fertilizer Use Manual. International Fertilizer Industry Association. Paris.
- Hardjowigeno, S. 2015. Ilmu Tanah. Edisi Baru. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hunsigi, G. 1993. Production of Sugarcane Theory and Practices. Springer-Verlag. Berlin.
- Krisnohadi, A. 2008. Pembangunan Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Jambu Mete (*Anacardium occidentale* L.) dan Optimalisasi Manajemen Spesifik Lokasi Usaha Tani Jambu Mete di Kabupaten Dompu. M.S. thesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia.
- Martono. 2004. Pengaruh Intensitas Hujan dan Kemiringan Lereng terhadap Laju Kehilangan Tanah pada Tanah Regosol Kelabu. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- McCray, J.M., Rice, R.W., Luo, Y. And J, S. 2010. sugarcane response to phosphorus fertilizer on Everglades Histosols. *Agronomy Journal*. 102 (1) : 1468 – 1477.
- National Park Service Vegetation Inventory (NPSVI). 2010. Thematic Accuracy Assessment Procedures. U.S. Department of the Interior National Park Service. Colorado, USA.

- Nugroho, Y. 2006. Sistem Perakaran Sengon Laut Nielsen pada Lahan Bekas Penambangan Tipe C di Kecamatan Cangkringan Kabupaten Sleman. Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Rukmana, R.H. 2015. Untung Selangit dari Agribisnis Tebu. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Siswanto. 2006. Evaluasi Sumber daya Lahan. UPN Press. UPN Veteran Jawa Timur. Surabaya.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 8 th edition. Natural Resources Conservation Service. USDA. p 326.
- Surono, B.T. dan Sudarno. 1992. Peta Geologi Lembar Turen Skala 1: 100.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. and Havlin, J.L. 1993. Soil fertility and fertilizers. Fifth Edition. Macmillan Pub. Co. New York, Canada, Toronto, Singapore, pp. 462-607.
- Van Bemmelen, R.W. 1949. The Geology of Indonesia. Martinus Nyhoff. The Hague. Nederland.
- Zaini, Z., Diah, W.S. dan Syam, M. 2004. Petunjuk Lapang Pengelolaan Tanaman Terpadu Padi Sawah. Meningkatkan Hasil dan Pendapatan, Menjaga Kelestarian Lingkungan. BPTP Sumatera Utara, BPTP Nusa Tenggara Barat, Balai Penelitian Tanaman Padi, dan IRRI. 57 hlm.