

Arahan Pengelolaan Kesuburan Sumber Daya Lahan Tanaman Hortikultura Di Tarakan

Mansyur N.I.,^{1,2)} Rasdi¹⁾

¹⁾Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian, Univeritas Borneo Tarakan

²⁾email : nurindah.mansyur@gmail.com

Abstrak

Kesuburan tanah merupakan salah satu faktor menyebabkan rendahnya produktivitas tanaman hortikultura di Tarakan. Tingkat kesuburan suatu tanah sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah, seperti kandungan C-organik, unsur hara P dan K, kapasitas pertukaran kation (KPK) dan kejenuhan Al. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah pada lahan tanaman hortikultura di Tarakan. Penelitian menggunakan metode *purposive sampling* dengan lokasi fokus penelitian di kecamatan Tarakan Timur, Tarakan Barat dan Tarakan Utara dengan. Analisis dilakukan pada sifat tanah yang mejadi indikator kesuburan tanah yaitu P-*tsd* (metode bray I), K-*tsd* (metode ekstrak HCl 25%), C-organik (metode Walkley and Black), KPK (metode Penjenuhan NH₄Cl), dan Al-dd (metode ekstraksi KCl 1 M). Hasil penelitian menunjukan bahwa status keharaan P-*tsd* sangat rendah sekitar 1,7- 9,3 mg/kg, K-*tsd* rendah hingga tinggi sekitar 9,0-46,1 mg/kg, karbon organik dan (KPK) rendah sampai sangat rendah berturut-turut 0,60-1,24% dan 4,7-12 Cmol(+)/kg, dan (Al-dd) tinggi yaitu sekitar 40-68 %. Status kesuburan tanah lokasi penelitian tergolong rendah dan sangat rendah. Arahan pengolahan lahan dengan cara mengelola dan melindungi bahan organik tanah melalui pemulsaan, dan aplikasi bahan organik dan biochar sebagai amilioran organik untuk memperbaiki sifat tanah, serta pemupukan berimbang untuk meningkatkan unsur hara.

Kata Kunci : Kesuburan tanah, biochar, pupuk organik, lahan marginal

1. Pendahuluan

Tarakan merupakan salah satu wilayah di Kalimantan Utara yang sebagaian besar petaninya mangusahakan tanaman hortikultura terutama sayur-sayuran. Upaya tersebut giat dilakukan oleh petani untuk memenuhi kebutuhan masyarakat, namun masih dalam jumlah yang terbatas. Berdasarkan data produktivitas beberapa produk sayuran di Tarakan tahun 2019 diperoleh antara lain sawi 2,5 t/ha, bawang daun 0,16 t/ha, cabai 0,05 t/ha, bayam 0,6 t/ha, kangkung 1,13 t/ha, tomat 0,15 t/ha dan ketimun 0,47 t/ha. (Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Kota Tarakan, 2020), sedangkan berdasarkan produktivitas perprovinsi tahun 2019 adalah sawi 10,72 t/ha, bawang daun 9,78 t/ha, cabai 8,23 t/ha, bayam 4,07 ton/ha, kangkung 6,02 t/ha, tomat 18,63 t/ha dan ketimun 11,14 t/ha (Kementerian Pertanian Republik Indonesia, 2020). Dari data tersebut menunjukkan bahwa produktivitas tanaman sayuran di Tarakan masih sangat rendah.

Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya produktivitas tanaman hortikultura di Tarakan adalah tingkat kesuburan tanah dan pengelolaannya. Tingkat kesuburan suatu tanah sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat tanah. Pada tanah-tanah yang tergolong marginal seperti yang ada di Tarakan memiliki tingkat kesuburan yang

rendah. Beberapa sifat tanah yang dapat menjadi indikator kesuburan tanah antara lain pH, KPK, C-Organik dan Al-dd tanah. Mansyur dkk. (2019) menyatakan bahwa tanah-tanah yang tersebar di Tarakan Kalimantan Utara tergolong marginal. Tanah-tanah tersebut memiliki tingkat kesuburan yang rendah, yaitu kemasaman tanah (pH) tergolong masam (4,1-4,9), kandungan C-Organik sangat rendah (0,08-0,11%), KPK rendah ($12,5 \text{ cmol.kg}^{-1}$), Al-dd sangat tinggi (43%), kandungan P total tinggi (0,81%), N total sangat rendah (0,06%) dan K total sangat rendah (0,06%). Rendahnya kesuburan tanah di Tarakan Kalimantan Utara disebabkan oleh tanah-tanah tersebut terbentuk dari bahan induk batuan sedimen masam.

Selama kurun waktu 10-15 tahun terakhir belum ada informasi atau data tentang kesuburan tanah yang digunakan oleh petani baik sebagai lahan hortikultura maupun kebun campuran. Informasi tentang kesuburan tanah sangat penting sebagai arahan dalam rangka pengelolaan lahan jangka panjang, seperti aplikasi pupuk, penggunaan amilioran dan teknik konservasi lahan. Untuk menentukan arahan pengelolaan lahan tersebut dilakukan evaluasi tingkat kesuburan tanah, dengan tujuan untuk mengetahui kondisi aktual lahan dan arahan seperti apa yang disampaikan pada petani agar dapat meningkatkan produktivitas lahan dan tanaman.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Tarakan pada tahun 2020, dengan lokasi fokus penelitian di Kecamatan Tarakan Timur, Kecamatan Tarakan Barat dan Kecamatan Tarakan Utara. Kegiatan survey lapangan dilakukan untuk mengambil sampel tanah dan deskripsi lokasi dan wawancara dengan petani dalam hal pengelolaan tanaman dan pemupukan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *purposive sampling* yaitu pengambilan sampel secara random pada lahan pertanian di masing Kecamatan.

Pengambilan sampel tanah dilakukan berdasarkan jenis penggunaan lahan pertanian di lokasi penelitian, yaitu lahan tanaman hortikultura intensif dan lahan kebun campuran. Sampel tanah menggunakan alat bor tanah dengan kedalaman 0 – 30 cm, kemudian diuji di laboratorium. Adapun parameter yang dianalisis antara lain pH tanah (metode pH meter), P-tds (metode bray I), K-tds (metode ekstrak HCl 25%), C-organik (metode Walkley and Black), KPK (metode Penjenuhan NH_4Cl), dan Al-dd (metode ekstraksi KCl 1 M).

2.1 Penggolongan status sifat kimia tanah

Data sifat kimia tanah hasil analisis laboratorium yang telah diperoleh akan dicocokkan dengan kriteria penilaian status sifat kimia tanah (sangat tinggi, tinggi sedang, rendah dan sangat rendah) berdasarkan panduan kriteria penilaian status sifat kimia tanah menurut pengharkatan kesuburan tanah Pusat Penelitian Tanah Bogor (1995).

Tabel 1. Kriteria penilaian status kimia tanah, Pusat Penelitian Tanah Bogor (1995)

Parameter	Sangat Rendah	Rendah	Sedang	Tinggi	Sangat Tinggi
KPK (Cmol.kg^{-1})	<5	5-15	15-25	25-40	>40

Al-dd (Cmol.100gr)		<5	5-10	11-20	21-40	>40
C-Organik (%)		<1,00	1,00-2,00	2,10-4,20	4,30-6,00	>6,00
N (%)		<0,10	0,10-0,20	0,21-0,50	0,50-1,00	>1,00
P (%)		<3	3-7	7-20	>20	
K (%)		<0,1	0,1-0,3	0,3-0,6	0,6-1,2	>1,2
pH	Sangat masam	Masam	Agak masam	Netral	Agak Alkalin	Alkalin
	<4,5	4,5-5,5	5,6-6,5	6,5-7,5	7,5-8,5	>8,5

2.2 Penentuan status kesuburan tanah

Pentuan status kesuburan tanah setelah penentuan atau penilaian harkat sifat kimia tanah. Adapun penentuan status kesuburan tanah akan mengacu pada kriteria penilaian status kesuburan tanah (Pusat Penelitian Tanah Bogor, 1995) (Tabel 2).

Tabel 2. Kriteia penilaian status kesuburan tanah

No	KPK	KB/Al-dd	P ₂ O ₅ ,K ₂ O, C-org organik	Status Kesuburan
1	T	T\R	2 T tanpa R	Tinggi
2	T	T\R	2 T dengan R	Sedang
3	T	T\R	2 S tanpa R	Tinggi
4	T	T\R	2 S dengan R	Sedang
5	T	T\R	TSR	Sedang
6	T	T\R	2 R dengan T	Sedang
7	T	S	2 R dengan S	Rendah
8	T	S	2 T tanpa R	Tinggi
9	T	S	2 T dengan R	Sedang
10	T	S	2 S Tanpa R	Sedang
11	T	S	Kombinasi lain	Rendah
12	T	R\T	2 T tanpa R	Sedang
13	T	R\T	2 T dengan R	Rendah
14	T	R\T	Kombinasi Lain	Rendah
15	S	T\R	2 T tanpa R	Sedang
16	S	T\R	2 T dengan R	Sedang
17	S	T\R	Kombinasi lain	Rendah
18	S	S	2 T tanpa R	Sedang
19	S	S	2 T dengan R	Sedang
20	S	S	Kombinasi lain	Rendah
21	S	R\T	3 T	Sedang
22	S	R\T	Kombinasi lain	Rendah
23	R	T\R	2 T tanpa R	Sedang
24	R	T\R	2 T dengan R	Rendah
25	R	T\R	2 S tanpa R	Sedang
26	R	T\R	Kombinasi lain	Rendah
27	R	S	2 T tanpa R	Sedang
28	R	S	Kombinasi lain	Rendah

29	R	R\T	Semua kombinasi	Rendah
30	SR	TSR	Semua kombinasi	Sangat Rendah

Keterangan: SR/R/S/T/SR/TSR= Sangat Rendah / Rendah / Sedang / Tinggi / Tinggi / Sedang Rendah, Sumber: PPT Bogor (1995)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Jenis tanaman berdasarkan penggunaan lahan pertanian

Hasil survey dan pengamatan lapangan dilapangan menunjukkan bahwa secara umum pada semua kecamatan lahan pertanian horikultura dan kebun campuran peruntukannya didominasi oleh tanaman sayuran, data disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Jenis tanaman berdasarkan jenis penggunaan lahan di Tarakan

Lokasi	Jenis Penggunaan Lahan	Jenis Tanaman	Jenis Pemupukan
Tarakan Timur			
Kampung Enam	Tanaman sayuran dan buah	Sawi, selidri dan kemangi	Pupuk kandang ayam
		Bawang daun, bayam, pisang	Pupuk limbah udang
Mamburungan	Tanaman sayuran dan tahunan	Cabai, jagung	Pupuk kandang ayam
		Cabai, kelapa	Ponska
Tarakan Barat			
Karang Harapan 1	Tanaman sayuran	Bayam, pare	Pupuk kandang ayam
		jagung, bayam, kemangi dan kangkung	Phonska, Urea
Karang Harapan 2	Tanaman sayuran	Terung	Pupuk kandang ayam
		Cabai, kemangi dan jahe	Phonska
Tarakan Utara			
Juata Laut	Tanaman sayuran	Ketimun, cabai dan kangkung	Pupuk kandang ayam, Ponska
		Cabai, tomat dan ketimun	Kapur dolomit, TSP
Juata Permai	Tanaman sayuran	Jagung	Pupuk kandang ayam Phonska
		Papaya, cabai dan jahe	Pupuk kandang sapi, NPK

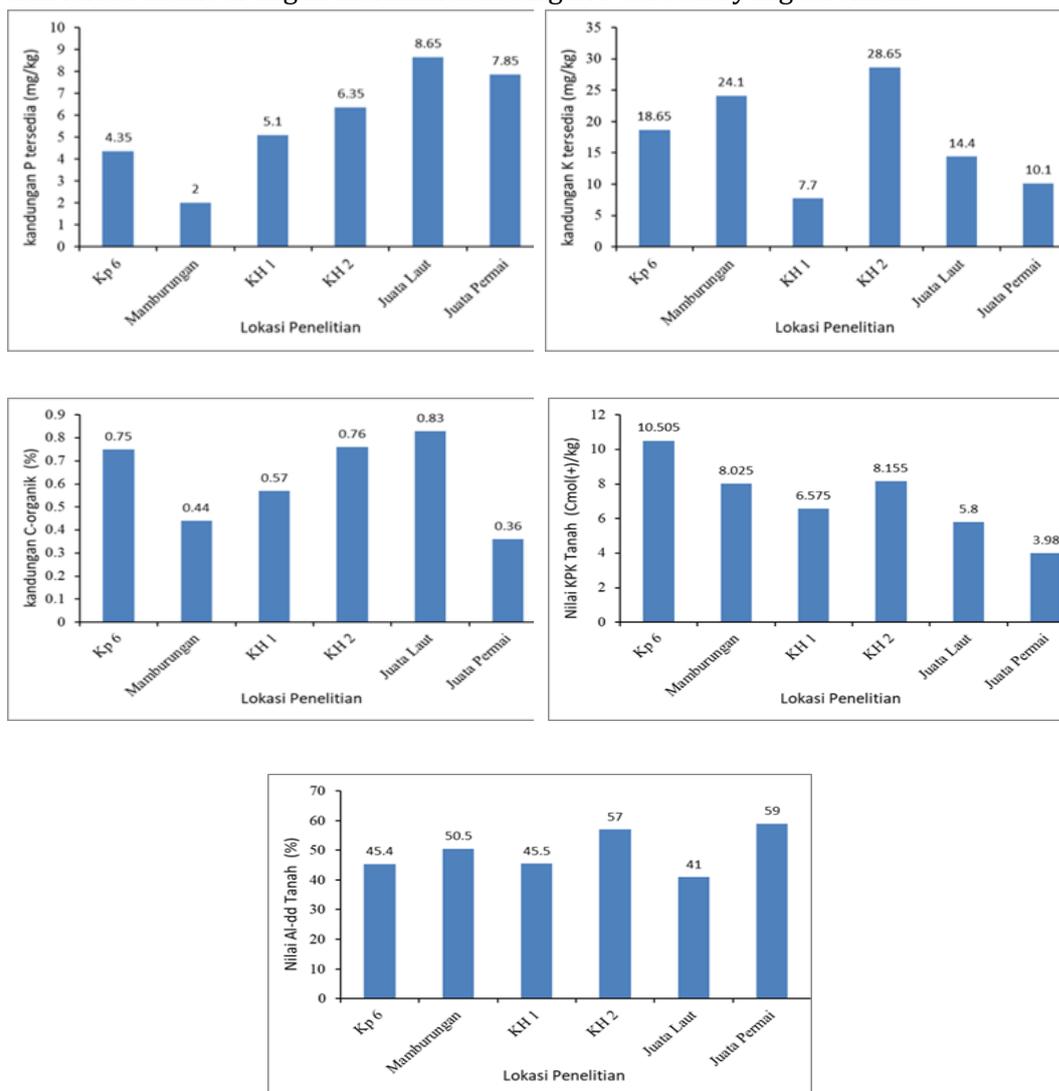
Sumber : Data penelitian dan hasil survey (2020)

Hasil pengamatan dan wawancara dengan petani menjelaskan bahwa pengelolaan tanaman di wilayah kecamatan Tarakan Timur ada dua yaitu 1) tanaman bergilir dan, 2) monokultur, dengan pupuk yang digunakan adalah pupuk organik (pupuk kandang ayam dan limbah udang) dan pupuk anorganik jenis Ponska. Pada wilayah kecamatan Tarakan Barat, terdapat tiga jenis pengelolaan tanaman yaitu : 1) tanaman bergilir; 2) tanaman monokultur; dan 3) tanaman tumpang sari. Pupuk yang digunakan adalah pupuk organik jenis pupuk kandang ayam dan pupuk anorganik (Ponska dan Urea).

Pada wilayah kecamatan Tarakan Utara terdapat tiga jenis pengelolaan tanaman yaitu; 1) tanaman bergilir; 2) tanaman monokultur; dan 3) tanaman tumpang sari. Pupuk yang digunakan adalah pupuk organik (pupuk kandang ayam dan limbah udang), amelioran berupa kapur dolomit dan pupuk anorganik jenis TSP, Ponska, NPK.

3.2 Nilai parameter kesuburan tanah lokasi penelitian

Hasil analisis beberapa parameter kesuburan tanah yang disajikan pada Gambar 1, bahwa kandungan P tersedia tanah pada semua lokasi penelitian tergolong sangat rendah (2,0-8,65 mg/kg). Pada semua lokasi penelitian tampak bahwa pada lokasi Juata laut memiliki kandungan P tersedia yang lebih tinggi dari lokasi lainnya dan lokasi mamburungan memiliki kandungan P tersedia yang terendah.



Gambar 1. Nilai keheraan tanah lokasi penelitian

Kandungan K tersedia tanah pada semua lokasi penelitian tergolong tinggi (7,7-28,65 mg/kg), namun dari semua lokasi penelitian tampak bahwa pada lokasi Karang Harapan 2 memiliki kandungan K tersedia yang lebih tinggi dari lokasi lainnya. Kandungan C-organik tanah pada semua lokasi penelitian tergolong sangat rendah (0,36-0,83%). Dari semua lokasi penelitian tampak bahwa pada lokasi Juata Laut

memiliki kandungan C-organik yang lebih tinggi dari lokasi lainnya. Nilai KPK tanah pada semua lokasi penelitian tergolong sangat rendah hingga rendah (3,98-10,505 Cmol(+)/kg). Dari semua lokasi penelitian tampak bahwa pada lokasi Kampung Enam memiliki nilai KPK tanah yang lebih tinggi dari lokasi lainnya dan lokasi Juata Permai memiliki nilai KPK tanah yang terendah. Nilai Al-dd tanah pada semua lokasi penelitian tergolong sangat tinggi (41-59%). Lokasi Juata permai memiliki nilai Al-dd tanah yang lebih tinggi dari lokasi lainnya dan lokasi Juata Laut memiliki nilai Al-dd tanah yang terendah.

Status kekharaan di lokasi penelitian tergolong rendah sampai sangat rendah. Diperoleh bahwa rendahnya kesuburan tanah di Tarakan disebabkan oleh beberapa faktor yaitu:

- 1) Terbatasnya sumber unsur hara dalam tanah. Unsur hara dalam tanah bersumber dari mineral tanah, bahan organik, aktivitas mikroorganisme dalam menfiksasi nitrogen di udara, dan dari pemupukan yang diberikan. Unsur hara tersedia yang berasal dari mineral pembentuk tanah sangat rendah (kecuali P dan K) karena tanahnya merupakan tanah masam, yang ditunjukkan dengan pH tanah yang diperoleh dibawah 5, tergolong masam sampai sangat masam. Mansyur *et al.* (2019) mengatakan bahwa tanah di Kalimantan Utara memiliki kandungan hara yang rendah karena tanah terbentuk dari batuan sedimen masam mamiliki kandungan cadangan unsur hara yang rendah, dan justru menghasilkan tanah yang masam. Kandungan unsur hara P dan K serta karbon organik dalam tanah sangat rendah menjadi parameter tanah tersebut sebagai tanah marginal.
- 2) Terjadinya pelapukan mineral dan pencucian unsur hara yang intensif, Tarakan termasuk daerah subtropik basah yang memiliki curah hujan tinggi, atau sering disebut tidak mengenal musim atau terjadi musim hujan sepanjang tahun.

3.3 Penilaian status kesuburan tanah

Hasil penilaian tingkat kesuburan tanah di Tarakan menunjukkan, maka terdapat dua status kesuburan tanah yaitu sangat rendah dan rendah. Pada semua kecamatan, tingkat kesuburan tanah sangat rendah diperoleh pada lahan yang ditanami tanaman hortikultura, sedangkan tingkat kesuburan rendah diperoleh pada lokasi lahan pertanian kecuali di lahan pertanian kelurahan Juata Permai, kecamatan Tarakan Utara (Tabel 4).

Secara umum, semua parameter kesuburan tanah menjadi faktor pembatas pengelolaan lahan pertanian. Parameter kapasitas pertukaran kation merupakan penentu status kesuburan tanah, walaupun demikian parameter yang menjadi kunci keberhasilan sekaligus penyokong fungsi parameter lainnya adalah kandungan karbon organik tanah. Keberadaan bahan organik dalam tanah akan mempengaruhi sifat-sifat tanah, terutama kapasitas pertukaran kation, kandungan P dan K serta kation-kation basa seperti Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} dan Na^+ . Rendahnya kandungan C-organik tanah sangat berpengaruh terhadap kemampuan tanah dalam mempertahankan kesuburan dan produktivitas tanah. Untuk meningkatkan kesuburan tanah perlu penambahan bahan organik, yang berperan juga meningkatkan KPK dan menambah hara fosfor (Widyantari *et al.*, 2015). Menurut Prasetyo *et al.* (2001) terdapat

hubungan positif antara kandungan karbon organik tanah dengan kesuburan tanah dan meningkatnya KPK tanah. Hal ini berarti penambahan bahan organik ke dalam tanah akan dapat meningkatkan kesuburan tanah dan KPK tanah.

Tabel 4. Penilaian kesuburan tanah

Lokasi	KPK	P ₂ O ₅	K ₂ O	C-org	Al-dd	Status Kesuburan Tanah
T.1a	r	sr	s	sr	st	Rendah
	r	sr	sr	sr	st	Rendah
T.1b	sr	s	r	sr	st	Sangat rendah
	r	sr	s	sr	st	Rendah
T.2c	sr	sr	sr	sr	st	Sangat rendah
	r	sr	sr	sr	st	Rendah
T.2d	sr	sr	sr	sr	st	Sangat rendah
	r	sr	t	sr	st	Rendah
T.3e	sr	sr	r	sr	st	Sangat rendah
	r	sr	r	r	st	Rendah
T.3f	sr	sr	sr	sr	st	Sangat rendah
	sr	sr	r	sr	st	Sangat rendah

Sumber : Hasil olahan data penelitian (2020)

Keterangan: SR = Sangat Rendah, dan R = Rendah

3.4 Arahkan perbaikan

Tanah pada lokasi penelitian termasuk tanah marginal karena sifat kimia tanah yang secara alamiah tidak mampu mendukung pertumbuhan tanaman secara maksimal dan memiliki cadangan unsur hara yang sangat rendah (Suharta, 2010), namun demikian sangat potensi untuk pengembangan wilayah pertanian. Beberapa upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keberhasilan dalam budidaya pertanian pada lahan tersebut adalah sebagai berikut:

- 1) Penggunaan pembenah tanah. Pembenah tanah (*soil ameliorant*) mampu memperbaiki sifat-sifat tanah dan meningkatkan kesuburan tanah, serta untuk menetralkan unsur atau senyawa beracun (Arsyad, 2010). Aplikasi pembenah tanah dapat dilakukan sebelum tanam atau bersamaan dengan pengolahan lahan, dengan takaran 30 t/ha (Nurida, 2009; Tolaka, 2013). Efektivitas pupuk kandang dan biomassa tanaman dalam memperbaiki sifat tanah cukup tinggi bila diberikan dengan dosis yang tinggi (Siregar dan Supriadi, 2017). Pembenah tanah lain adalah biochar, yang diaplikasikan pada tanah marginal sebanyak 6 t/ha dikombinasi dengan limbah udang mampu meningkatkan kesuburan tanah (Mansyur, 2019). Aplikasi biochar bertujuan untuk meningkatkan karbon organik tanah yang berperan dalam meretensi hara, meningkatkan pH sesuai kondisi pH tanah, meningkatkan KPK (Sujana, 2014), meningkat KPK tanah (Salawati *et al.*, 2016). Aplikasi jenis dan jumlah biochar yang dapat direkomendasikan untuk memperbaiki sifat tanah adalah : a) biochar sekam padi dengan dosis 2,5-7,5 t/ha (Dariah *at al.*, 2015); b) biochar tempurung kelapa 6 t/ha dikombinasikan dengan kompos limbah sagu (Latuponu, 2013).

- 2) Optimalisasi penggunaan pupuk organik sebagai alternative dalam meningkatkan fungsi dan kemampuan lahan. Pada tanah dengan kesuburan sangat rendah, pola pemupukan yang tepat adalah pola pemupukan terpadu dan teknologi *slow release fertilizers* (pupuk lepas lambat). Prinsip pemupukan terpadu yaitu memadukan pupuk anorganik, organik dan mikroorganisme, contoh penggunaan pupuk 100% dosis NPK yang direkomendasi pada setiap tanman dengan 25 % bioamelioran (biochar dan mikroorganisme). Prinsip *slow release fertilizers* (pupuk lepas lambat) adalah teknologi pupuk yang memiliki senyawa aromatik dan lainnya (seperti chitosan, fenol, karboksil aromatik) yang mampu berperan sabagai pengendali unsur hara.
- 3) Pemupukan untuk meningkatkan unsur hara tanah. Penggunaan pupuk yang dapat direkomendasikan untuk lahan yang memiliki tingkat kesuburan rendah yaitu: 1) pupuk kandang 10 t/ha + pupuk kompos 5 t/ha (Pasang *et al.*, 2019); 2) Kompos pelet 10 t/ha (Pasang *et al.*, 2019); dan 3) pupuk kandang ayam 10 t/ha (Hidayah *et al.*, 2016).

4. Kesimpulan

Jenis tanah di Tarakan tergolong marginal dengan tingkat kesuburan rendah dan sangat rendah. Status keharaan tanah tergolong rendah, status P sangat rendah (1,7-9,3 mg/kg), status N rendah sampai sangat rendah (0,04-0,34%), status K rendah hingga tinggi sekitar 9,0-46,1 mg/kg, pH tergolong masam-sangan masam, status C-organik dan KPK rendah sampai sangat rendah (0,60-1,24% dan 4,7-12 Cmol(+)/kg), dan status Al-dd tinggi (40-68%). Arahan pengolahan lahan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kesuburan tanah yaitu mengelola dan melindungi bahan organik tanah dengan pemberian mulsa, bahan pembenah tanah (bahan organik dan biochar), serta rekayasa pemupukan terpadu dan lepas lambat.

DAFTAR PUSTARA

- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. Bogor: IPB Press
- Balai Penelitian Tanah. 2009. *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk* Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Tarakan dalam angkat (luas tanam dan panen tanaman hortikultura di Kota Tarakan)*. Kota Tarakan.
- Dariah. A., S. Sutono, Neneng L. Nurida, Wiwik Hartatik, dan Ety Pratiwi. 2015. *Pembenah Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian*. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol. 9 No. 2, Desember 2015; 67-84. ISSN 1907-0799
- Hidayah, Umur, Palupi Puspitorini, Agung Setya. 2016. *Pengaruh Pemberian Pupuk Urea dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (Zea mays Saccharata Sturt. L) Varietas Gendis*. *Jurnal Viabel Pertanian* Vol. 10 No. 1.

- Mansyur N.I., 2019. Perbaikan Sifat Kimia Tanah Suboptimal dan Efisiensi Serapan N Oleh Jagung Yang di beri Pupuk N Bermatrik Biochar. Disertasi Tidak diterbitkan. Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta
- Mansyur, N.I., E. Hanudin, B.H. Purwanto, S.N.H. Utami. 2019. Morphological characteristics and classification of soils formed from acidic sedimentary rocks in North Kalimantan. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 393 (2019) 012083. doi:10.1088/1755-1315/393/1/012083
- Nurida, N. L. 2009. Efisiensi formula pembenah tanah biochar dalam berbagai bentuk (serbuk, granular dan pelet) dalam meningkatkan kualitas lahan kering masam terdegradasi. Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Pasang, Y.H., M. Jayadi, dan Rismaneswati. 2019. Peningkatan unsur hara fosfor tanah ultisol melalui pemberian pupuk kandang, kompos dan pelet. Jurnal Ecosolum Volume 8 (2) : 86-96. ISSN ONLINE: 2654-430X, ISSN: 2252-7923
- Prasetyo. 2001. Chemical and Mineralogical Properties Of Ultisol Of Sasamba Area, East Kalimantan. Indones. J. Agric. Sci. 2(2): 37-47
- Salawati, M. Basir, I. Kadeco. 2016. Potensi Biochar Sekam Padi Terhadap Perubahan PH, KTK, C Organik dan P Tersedia Pada Tanah Sawah Inceptisol. Universitas Tadulako Palu
- Siregar P., dan F. Supriadi. 2017. Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi Terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. Jurnal Agroekoteknologi FP USU, Vol.5.No.2, April 2017 (34): 256- 264. E- ISSN No. 2337- 6597.
- Suharta N. 2010. Karakteristik dan permasalahan tanah marginal dari bantuan sedimen masam di Kalimantan. Jurnal Litbang pertanian. 29 (4), 139-146
- Sujana.I.P., 2014 Rehabilitasi Lahan Tercemar Limbah Garmen Dengan Permemberian Biochar. Disertasi. Universitas Udayana. Bali
- Tolaka, W. 2013. Sifat Fisik Tanah Pada Hutan Primer, Agroforesti dan Kebun Kakao di Subdas Wera Saluopa, Dea Leboni, Kecamatan Pamona, Paselemba Kabupaten Poso. Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan. Universitas Tadulako.
- Widyantari. D.A.G., K.D. Susila, dan T. Kusmawati. 2015. Evaluasi Status Kesuburan Tanah untuk Lahan Pertanian di Kecamatan Denpasar Timur. Jurnal Agroekoteknologi Tropika Vol. 4 (4) : 293-303. E-ISSN: 2301-6515.