

Muhammad Rendana Wan Mohd Razi Idris Sahibin Abdul Rahim Zulfahmi Ali Rahman Tukimat Lihan	Pengaruh Hasil Tani Organic Compound (HTOC) Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah di Lahan Sawah yang Bertanah Asam Sulfat
--	---

Pengaruh Hasil Tani Organic Compound (HTOC) Terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah di Lahan Sawah yang Bertanah Asam Sulfat

**Muhammad Rendana¹⁾, Wan Mohd Razi Idris²⁾, Sahibin Abdul Rahim³⁾,
Zulfahmi Ali Rahman²⁾ dan Tukimat Lihan²⁾**

¹*Chemical Engineering Program, Faculty of Engineering, Universitas Sriwijaya, Indralaya 30662
Sumatera Selatan, Indonesia*

²*Environmental Sciences Program, Faculty of Science and Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600
Bangi, Selangor, Malaysia*

³*Environmental Science Program, Faculty of Science and Natural Resources, Universiti Malaysia Sabah, 88400
Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia*

^{a)}Corresponding/ Main Contributor: muhrendana@ft.unsri.ac.id

ABSTRAK

Tanah asam sulfat umumnya tidak sesuai untuk produksi tanaman, kecuali tanah itu telah diamandemen. Riset ini dilakukan untuk meneliti pengaruh material amandemen tanah, Hasil Tani Organic Compound (HTOC) terhadap sifat fisik dan kimia tanah asam sulfat di lahan sawah, Kedah Malaysia. HTOC dibuat dari beberapa komponen utama yaitu zeolite, kieserite, asam humat dan serbuk kayu karet dengan rasio spesifik. Nilai pH pada tanah asam sulfat adalah sangat rendah yang dapat mengurangi produktifitas tanaman padi. Aplikasi HTOC dapat meningkatkan nilai pH dan kapasitas pertukaran kation (KPK) tanah. Dalam penelitian ini, sampel tanah asam sulfat diperlakukan dengan lima jenis perlakuan variasi dosis HTOC yaitu Plot T0 kontrol (0 t/ha HTOC), T1 (0.25 t/ha HTOC), T2 (0.5 t/ha HTOC), T3 (0.75 t/ha HTOC) dan T4 (1 t/ha HTOC). Dosis HTOC yang paling optimum untuk meningkatkan kualitas tanah asam sulfat adalah 1 t/ha HTOC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai sifat fisik dan kimia tanah meningkat sejajar dengan bertambahnya dosis HTOC yang diperlakukan terhadap tanah. Nilai pH dan KPK tanah dilaporkan paling tinggi pada Plot T4 (5.47 dan 12.75 cmolc/kg) dan paling rendah pada Plot kontrol (3.62 dan 8.55 cmolc/kg). Secara kesimpulannya, aplikasi HTOC ini dapat meningkatkan kualitas tanah asam sulfat untuk penanaman padi secara signifikan dengan cara meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah tersebut.

Kata Kunci: Amandemen tanah, hasil tani organic compound, sifat fisik, sifat kimia, tanah asam sulfat

Abstract

Acid sulfate soil is commonly not applicable for the crop production unless it is accurately ameliorated. A research was conducted to investigate the effect of soil amendment material, Hasil Tani Organic Compound (HTOC) on the physical and chemical properties of acid sulfate soil in the rice cultivation area, Kedah Malaysia. The HTOC was manufactured from some primary constituents such as zeolite, kieserite, humic acid and rubber wood dust in a specific ratio. The pH value of acid sulfate soil was very low that could decrease the rice plant productivity. The application of HTOC could increase the pH and cation exchange capacity (CEC) values in the soil. In this research, acid sulfate soil samples were treated with five treatments of HTOC rate namely T0 control plot (0 t/ha HTOC), T1 (0.25 t/ha HTOC), T2 (0.5 t/ha HTOC), T3 (0.75 t/ha HTOC) and T4 (1 t/ha HTOC). An optimum rate of HTOC to improve the quality of acid sulfate soil was 1 t/ha HTOC. The result revealed that the value of physical and chemical

properties raised consistently with the increase of HTOC rate which applied in the soil. The highest of pH and CEC values of the soil was reported in T4 plot (5.47 and 12.75 cmolc/kg) and the lowest in the control plot (3.62 and 8.55 cmolc/kg). As a whole, the HTOC application could enhance the quality of acid sulfate soil for rice cultivation significantly in a way increasing the physical and chemical properties of the soil.

PENDAHULUAN

Produksi beras dapat ditingkatkan dengan memperluas lahan penanaman padi. Tanpa adanya usaha ekspansi perluasan lahan, pertumbuhan produksi beras akan jatuh di bawah permintaan pasar. Petani hanya bergantung pada produktivitas tanah marginal untuk pasokan beras mereka. Salah satu usaha perluasan lahan untuk penanaman padi masa depan adalah pada tanah asam sulfat. Tanah asam sulfat telah menduduki hampir 50 juta hektar lahan di seluruh dunia, termasuk di Asia Tenggara, Australia, Afrika Barat dan Skandinavia [1]. Di Malaysia, tanah ini diperkirakan berjumlah sekitar 0,5 juta hektar dengan 110,000 hektar terletak di Semenanjung Malaysia [2] dan sekitar 20,000 hektar telah digunakan untuk penanaman padi. Tanah ini umumnya terbentuk secara eksklusif di dataran pantai [3]. Tanah asam sulfat dicirikan dengan adanya keberadaan pirit (FeS_2) dalam tanah, yang menghasilkan keasaman tinggi ketika tanah dibuka untuk aktifitas pembangunan. Tanah ini mempunyai nilai pH yang rendah sehingga menyebabkan unsur hara berada dalam keadaan yang tidak tersedia untuk tanaman. Di samping itu, pada keadaan pH yang asam, konsentrasi unsur Al, Mn dan Fe dapat meracuni tanaman karena unsur-unsur tersebut dalam keadaan tersedia dan dapat diserap oleh tanaman [4]. Nilai pH yang sesuai untuk pertumbuhan padi yang optimum adalah berkisar 5.5-6.5 dan nilai kapasitas pertukaran kation (KPK) lebih tinggi dari 16 cmolc/kg [5]. Oleh sebab itu, tanah asam sulfat haruslah diamandemen supaya dapat diusahakan untuk aktifitas pertanian. Kaedah umum yang sering digunakan untuk memperbaiki tanah asam adalah melalui teknik pengapuran. Menurut MARDI [5], jumlah kapur yang dibutuhkan untuk satu hektar lahan sawah adalah sekitar 3 ton. Jenis kapur yang biasa digunakan untuk meningkatkan nilai pH tanah adalah dolomite dan limestone. Usaha peningkatan kualitas asam sulfat juga pernah dilakukan oleh Shamshuddin et al. [6] yang menggunakan material dari GML, basalt dan pupuk organik untuk meningkatkan kualitas tanah asam sulfat. Hasil penelitian menyatakan bahwa keasaman tanah dan toksisitas Al dapat dikurangi dengan pemakaian dosis GML atau basalt masing-masing sebanyak 4 t/ha. Sebuah produk alternatif yang dapat bertindak sebagai kapur untuk meningkatkan nilai pH tanah yaitu Hasil Tani Organic Compound (HTOC). HTOC dibuat dari beberapa komponen utama seperti mineral zeolite, kieserite, asam humat dan serbuk kayu karet dengan rasio yang spesifik. HTOC mempunyai komposisi kimia yang terdiri dari beberapa senyawa kimia, dari yang paling tinggi secara berurutan yaitu SiO_2 (21,56%), diikuti oleh SO_3 (16,82%), MgO (6,79%), Al_2O_3 (5,86%), CaO (3,92%) K_2O (1,95%), Fe_2O_3 (1,91%) dan Na_2O (1,05%) dan senyawa-senyawa lainnya dengan kandungan kurang daripada 1%. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisa pengaruh HTOC terhadap sifat fisiko kimia tanah asam sulfat di lahan penanaman sawah. Penelitian ini telah mengambil sampel tanah asam sulfat di lapangan untuk kemudian dilakukan ujian di rumah kaca. Karya ilmiah ini melaporkan hasil penelitian yang telah dilakukan.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat

Bahan HTOC yang terdiri dari campuran zeolite, kieserite, asam humat dan serbuk kayu karet. Peralatan dan instrumen di laboratorium untuk analisa karakteristik bahan dan tanah asam sulfat. Sekop dan tong untuk pengambilan sampel tanah asam sulfat di lapangan. Ember percobaan (Vol. ± 4 L) yang digunakan sebagai plot untuk meletakkan sampel tanah asam sulfat dari lapangan.

Prosedur Penelitian Karakterisasi Bahan

Karakterisasi bahan HTOC berguna untuk menilai sifat fisik dan kimia bahan yang digunakan sebelum dapat diaplikasikan ke atas tanah. Dalam penelitian ini telah menganalisa beberapa sifat-sifat dasar bahan HTOC yaitu pH, konduktivitas listrik, bahan organik, total K, total Ca, total Mg, kation bes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Na^+), kation asam (H^+ dan Al^{3+}), kapasitas pertukaran kation (KPK) dan saturasi bes. Prosedur karakterisasi bahan dilakukan menggunakan metode ilmiah dan standar di laboratorium.

Persampelan

Sampel tanah asam sulfat untuk penelitian ini diambil dari lahan sawah Alor Senibong, Kedah, Malaysia ($6^{\circ}6'15.19''U$, $100^{\circ}27'55.74''T$). Sebanyak tiga tong sampel tanah (Vol. 45L) telah diambil dari lapangan secara acak dan dibawa ke laboratorium. Di laboratorium, sampel tanah asam sulfat tersebut dipindahkan ke ember atau plot percobaan dalam rumah kaca.

Percobaan dalam Rumah Kaca

Sampel tanah asam sulfat dalam ember atau plot percobaan dicampur dengan bahan HTOC. Perlakuannya adalah seperti berikut: Plot T0 kontrol = 0 t/ha HTOC, T1 = 0.25 t/ha HTOC, T2 = 0.5 t/ha HTOC, T3 = 0.75 t/ha HTOC dan T4 = 1 t/ha HTOC dibuat sebanyak tiga kali ulangan untuk masing-masing plot (Tabel 1). Perhitungan dosis HTOC untuk skala laboratorium dilakukan menggunakan rumus pada persamaan 1 [7]. Sampel tanah dibiarkan selama 105 hari atau satu musim penanaman padi sebelum dilakukan analisa sifat fisiko-kimia tanahnya

$$W = A \text{ (cm}^2\text{)} \times \text{Kedalaman tanah (cm)} \times \text{Bulk density (g/cm}^3\text{)}$$

$$W_{HTOC} \text{ (Dosis HTOC yang dibutuhkan)} = \frac{D1 \text{ (kg)} \times W1 \text{ (kg)}}{W \text{ (kg)}} \quad \text{(Persamaan 1)}$$

Keterangan:

- D1 = Dosis HTOC untuk 1 ha (250 kg atau 0.25 t).
- W1 = Berat tanah yang digunakan untuk percobaan amandemen tanah di rumah kaca (8 kg).
- W = Berat tanah untuk 1 ha (1,000,000 kg).
- A = Keluasan 1 ha dalam unit cm^2 ($10,000 \times 10,000 \text{ cm}^2$)

Tabel 1. Variasi dosis HTOC untuk percobaan amandemen tanah asam sulfat.

Plot	Dosis HTOC di lapangan (t/ha)	Dosis HTOC di rumah kaca (g)
T0/kontrol	0	0
T1	0.25	2
T2	0.50	4
T3	0.75	6
T4	1	8

Analisa Tanah

Nilai pH tanah diukur menggunakan pH meter *Mettler Toledo FE-20* dengan rasio tanah dan air 1;2,5 [8]. Kandungan bahan organik tanah ditentukan menggunakan metode gravimetric [9]. Konduktivitas listrik tanah diekstrak dengan gipsum tepu kemudian diukur menggunakan meter *Conductivity Device Model H 18819 Hanna* [10]. Kation bes (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan Na^+) diekstrak dengan 1 M NH_4OAc kemudian dianalisa menggunakan instrumen *atomic absorption spectrometry* (AAS). Kation asam (H^+ dan Al^{3+}) diekstrak dengan 1 M KCl dan ditentukan secara metode titrasi. Kapasitas pertukaran kation ditentukan dengan menjumlahkan kation asam dan kation bes [11]. Total C dan N ditentukan menggunakan metode pembakaran kering dan dianalisa menggunakan instrumen *LECO CR-412 Carbon Analyzer* [12]. Unsur hara tersedia (K, Ca dan Mg) diekstrak dengan asam ammonium asetat-asam asetik dan ditentukan kandungannya menggunakan instrumen AAS. Unsur P tersedia ditentukan menggunakan metode molibdenum biru dan ditentukan kandungannya menggunakan instrumen *Spectrophotometer Vis UV 1201* dengan jarak gelombang 660 nm [13].

Analisa Statistik

Analisa perbandingan nilai rata-rata paramater tanah untuk setiap plot penelitian dilakukan menggunakan ujian statistik Tukey (HSD) dari perangkat lunak SAS 9.4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Asas Hasil Tani Organic Compound (HTOC)

Hasil analisa laboratorium pada Tabel 2 dan Tabel 3 yang dilakukan sebanyak tiga kali ulangan menunjukkan HTOC memiliki kandungan bahan organik yang tinggi yaitu 41,69% dengan nilai pH yaitu 8,05. Kapasitas pertukaran kation yaitu 20,17 cmol/kg dan kandungan unsur Mg dan K yang tinggi dengan nilai masing-masing yaitu 4,523 mg/kg dan 714 mg/kg serta konduktivitas listrik tanah yang rendah yaitu 3,50 mS/cm. Tapak pertukaran kation didominasi oleh kation basa dengan nilai saturasi basa sekitar 97%. Tingginya nilai pH HTOC menyebabkan konsentrasi kation asam H^+ dan Al^{3+} menjadi sangat rendah.

Tabel 2. Karakterisasi dasar dari sifat kimia dan kandungan unsur hara dalam HTOC.

	BO (%)	pH	KL (mS/cm)	KPK (cmol/kg)	Total Mg (mg/kg)	Total K (mg/kg)	Total Ca (mg/kg)
HTOC	41,69	8,05	3.50	20.17	4,523	714	1,845

BO = Bahan Organik, KL = Konduktivitas Listrik, KPK = Kapasitas Pertukaran Kation

Tabel 3. Karakterisasi dasar dari konsentrasi kation basa dan asam dalam HTOC.

	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	H^+	Al^{3+}	KPK	SB (%)
	(cmol/kg)							(%)
HTOC	5,29	3,96	3,36	6,98	0,57	BDL	20,17	97

KPK = Kapasitas Pertukaran Kation, SB = Saturasi Basa, BDL = Below Detection Limit

Pengaruh HTOC Terhadap Sifat Fisiko-Kimia Tanah

Tabel 4 menunjukkan sifat fisiko-kimia tanah asam sulfat yang telah diamandemen dengan HTOC di rumah kaca. Secara umumnya, tanah sawah mempunyai tekstur tanah dari famili liat (clay, clay loam dan silty clay), hasil yang sama juga ditemukan dalam penelitian ini yaitu tanah bertekstur clay loam dan clay. Tekstur liat ini merupakan tekstur tanah yang paling sesuai untuk aktifitas penanaman padi. Nilai pH tanah yang paling rendah (3,62) ditunjukkan pada Plot tanpa penggunaan HTOC atau T0. Berdasarkan hasil dari aplikasi HTOC, nilai pH tanah pada setiap Plot meningkat secara konsisten dan mencapai puncaknya pada nilai 5,47 (Plot T4). Nilai optimum untuk pH tanah sawah adalah berkisar 5,5-6,5. Pada keadaan tanah asam sulfat, biasanya nilai pH optimum hanya dapat dicapai dengan penambahan kapur dengan dosis tinggi yaitu lebih daripada 4 t/ha. Shamshuddin et al. [6] menyatakan bahwa penambahan kapur 4 t/ha, hanya dapat menaikkan nilai pH tanah sehingga 4,5. Mereka juga menjelaskan bahwa penambahan kapur sendiri tidak akan menyelesaikan masalah keasaman dalam tanah. Oleh sebab itu, dibutuhkan bahan atau komponen organik untuk membantu dalam pengikatan ion Al^{3+} . Dengan meningkatnya nilai pH tanah lebih dari 5, Al^{3+} terlarut akan diendapkan ke dalam bentuk gibbsite ($Al(OH)_3$), yang kemudian dapat membantu mengurangi toksisitas Al^{3+} dalam tanah [14]. HTOC yang terdiri dari komponen mineral dan organik menjadi salah satu metode amandemen tanah yang sesuai digunakan untuk mengatasi masalah keasaman tanah [15-18]. Walaupun, nilai pH tanah setelah amandemen HTOC masih berada di bawah kisaran nilai pH yang optimum, tetapi berdasarkan nilai pH pada Plot T4 yang hampir mendekati nilai optimum, maka dapat diperkirakan melalui penggunaan yang berterusan, peneliti berasumsi bahwa nilai optimum pH tanah tersebut akan dapat dicapai.

Kandungan bahan organik pada Plot T0 adalah rendah (2,10%), tapi pada Plot yang diamandemen HTOC, kandungan bahan organiknya didapatkan pada tingkat yang optimum (4-10%). Konduktivitas listrik tanah dalam penelitian ini adalah rendah dan bebas garam dengan nilai kurang daripada 4 mS/cm. Nilai kapasitاس pertukaran kation (KPK) yang paling tinggi adalah dengan nilai 13,78 cmol/kg (Plot T4). Nilai KPK tanah pada penelitian ini masih berada di bawah nilai KPK yang optimum. Memang tidak mudah untuk meningkatkan nilai KPK tanah asam sulfat secara drastis, dibutuhkan durasi waktu dan penggunaan bahan amandemen secara berterusan untuk memperbaiki kualitas tanah tersebut secara alami. Persentase saturasi bes didapatkan melebihi 84% dengan tapak tukar ganti kation banyak didominasi oleh Mg^{2+} , diikuti oleh Ca^{2+} , K^+ dan Na^+ . Konsentrasi kation asam dalam tanah ditemukan rendah pada Plot yang diamandemen HTOC. Kandungan Ca dan Mg tersedia adalah tinggi yang ditunjukkan dengan nilai kation tukar ganti Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang juga tinggi. Hal ini menunjukkan kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} mendominasi tapak permukaan pertukaran kation dalam tanah. Tingginya kandungan Mg dan K tersedia disebabkan penambahan kation ini dari aplikasi pemupukan dan kapur yang rutin dilakukan di lahan sawah. Tetapi, untuk kandungan Ca adalah rendah dan kandungan P adalah sangat rendah. Kandungan C dan N pada Plot T0 juga dilaporkan rendah yaitu masing-masing 1,22% dan 0,10%, tapi untuk tanah yang diamandemen HTOC menunjukkan nilai kandungan C dan N yang optimum untuk penanaman padi. Kandungan nilai C dan N tertinggi ditunjukkan oleh Plot T4 yaitu masing-masing 3,91% dan 0,33%.

Tabel 4. Sifat fisiko-kimia tanah pada percobaan di rumah kaca.

Plot	BO (%)	pH	KL (mS/cm)	Tekstur Tanah	Mg Tersedia (mg/kg)	K Tersedia (mg/kg)	Ca Tersedia (mg/kg)	P Tersedia (mg/kg)	Tot. C (%)	Tot. N (%)
T0	2,10 ^b	3,62 ^c	2,54 ^a	CL	67,36 ^c	136,27 ^c	141,44 ^c	0,24 ^b	1,22 ^b	0,10 ^c
T1	6,27 ^a	4,77 ^b	2,07 ^b	CL	67,37 ^c	137,21 ^c	145,24 ^b	0,25 ^b	3,67 ^a	0,25 ^b
T2	6,48 ^a	4,94 ^b	2,15 ^b	C	69,27 ^c	139,44 ^c	146,31 ^b	0,31 ^a	3,72 ^a	0,26 ^b
T3	6,60 ^a	5,07 ^b	2,16 ^b	C	74,22 ^b	145,46 ^b	148,19 ^b	0,33 ^a	3,83 ^a	0,28 ^b
T4	6,74 ^a	5,47 ^a	2,21 ^b	C	88,41 ^a	150,54 ^a	161,32 ^a	0,35 ^a	3,91 ^a	0,33 ^a
Kadar optimum	4-10 [*]	5,5-6,5 ^{**}	0-4 ^{***}	C, SiC, CL	36-54 [*]	9,6-16,8 [*]	270-380 [*]	15-25 [*]	2-3 ^{**}	>0.2 ^{**}

* Acres et al. (1975), ** MARDI (2008), *** Landon (1991)

BO = Bahan Organik, KL = Konduktivitas Listrik, C = Clay, SiC = Silty Clay, CL = Clay Loam
 Nilai parameter tanah ditandai dengan huruf yang sama dalam suatu kolom adalah tidak berbeda secara signifikan (HSD $p > 0,05$)

Tabel 5. Konsentrasi kation basa dan asam dalam tanah pada percobaan di rumah kaca.

Plot	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	H ⁺	Al ³⁺	KPK	SB
	(cmol _e /kg)							%
T ₀	1,07 ^c	1,29 ^c	2,57 ^a	0,49 ^b	0,70 ^d	2,73 ^a	8,85 ^c	61 ^b
T ₁	3,04 ^b	4,62 ^b	1,11 ^b	1,67 ^a	0,67 ^{ab}	1,37 ^b	12,48 ^b	84 ^a
T ₂	4,06 ^{ab}	4,68 ^b	0,89 ^{bc}	1,74 ^a	0,60 ^{ab}	1,30 ^b	13,27 ^a	86 ^a
T ₃	4,39 ^{ab}	4,80 ^{ab}	0,65 ^{bc}	1,78 ^a	0,50 ^{bc}	1,30 ^b	13,42 ^a	87 ^a
T ₄	4,51 ^a	5,34 ^a	0,54 ^c	1,82 ^a	0,40 ^c	1,17 ^b	13,78 ^a	89 ^a
Kadar optimum	5-20 [*]	1-8 [*]	0,3-2 [*]	0,3-1,2 [*]	N.A	N.A	>16 ^{**}	N.A

* Acres et al. (1975), ** MARDI (2008)

KPK = Kapasitas Pertukaran Kation, SB = Saturasi Bes

Nilai parameter tanah ditandai dengan huruf yang sama dalam suatu kolom adalah tidak berbeda secara signifikan (HSD $p > 0,05$)

KESIMPULAN

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa penggunaan Hasil Tani Organic Compound (HTOC) mempunyai potensi untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia tanah asam sulfat. Ini dapat dilihat dari nilai pH dan kandungan bahan organik tanah yang dirawat dengan HTOC menunjukkan nilai yang lebih tinggi (5,47 dan 6,74%) dibandingkan dengan tanpa HTOC atau plot kontrol (3,62 dan 2,10%). Kandungan Mg, K, Ca dan P tersedia pada plot HTOC didapatkan telah meningkat yaitu 88,41 mg/kg, 150,54 mg/kg dan 161,32 mg/kg. Selanjutnya, konsentrasi kation tukar ganti Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ dan KPK telah meningkat kepada nilai masing-masing; 4,51 cmol_e/kg, 5,34 cmol_e/kg, 1,82 cmol_e/kg dan 13,78 cmol_e/kg. Total C dan N juga meningkat yaitu 3,91% dan 0,33%. Secara keseluruhannya, dosis HTOC yang terbaik untuk merawat tanah asam sulfat berdasarkan hasil penelitian ini adalah 1 t/ha. HTOC ini juga berpotensi untuk digunakan pada tanah-tanah di Wilayah Indonesia yang bermasalah pada keasaman tanah seperti yang banyak ditemukan pada jenis tanah Ultisol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) dan Fakultas Sains dan Teknologi karena telah menyediakan infrastruktur dan fasilitas untuk keberhasilan penelitian ini. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan dana penelitian UKM (No ETP-2015-003). Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada lembaga MADA karena telah menyediakan lahan sawah sebagai tempat riset ini dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ljung, K., Maley, F., Cook, A. and P. Weinstein, *Acid sulfate soils and human health-a millennium ecosystem assessment*. Environ. Inter., 2009. **35**: p. 1234-1242.
- [2] Poon, Y.C. and C. Bloomfield, *The amelioration of acid sulfate soils with respect to oil palm*. Tropic. Agric. (Trinidad), 1977. **54**: p. 289-305.
- [3] Enio, M.S.K., Shamsuddin, J., Fauziah, C.I. and M.H.A. Husni, *Pyritization of the coastal sediments in the Kelantan Plains in the Malay Peninsula during the Holocene*. Am. J. Agri. Biol. Sci., 2011. **6**: p. 393-402.
- [4] Sahibin, A.R., I. Wan Mohd Razi, T. Lihan, H. Jamil, I. Muhammad Rendana, I. Asmadi, and Z. Ali Rahman, *Effects of Hasil Tani Organic Compound Product (HTOC) on the Physico-Chemical Properties of Paddy Soils in MADA*. Proceeding of the Soil Science Conference of Malaysia, 2016. pp. 339-344.
- [5] MARDI (Malaysian Agricultural Research and Development Institute), *Manual teknologi penanaman padi lestari*. Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Serdang, 2008.
- [6] Shamsuddin, J., Panhwar, Q.A., Shazana, M.A.R.S., Elisa, A.A., Fauziah, C.I. and U.A. Naher, *Improving the productivity of acid sulfate soils for rice cultivation using limestone, basalt, organic fertilizer and/or their combinations*. Sains Malaysiana, 2016. **45**(3): p. 383-392.
- [7] BARC (Bangladesh Agricultural Research Council), *Fertilizer Recommendation Guide*. Dhaka: Bangladesh Agricultural Research Council (BARC), Farmgate, 1215, 2012. p. 274.
- [8] A.J. Metson, *Methods of chemical analysis for soil survey samples*. Department of Scientific and Industrial Research, New Zealand, 1956.
- [9] Avery, B.W. and C.L. Bascomb, *Soil Survey Laboratory Methods, Soil Survey Technical Monograph*. Soil Survey of England and Wales, London, 1982.
- [10] Massey, D.M. and G.W. Windsor, *Report*. UK: Glasshouse Crops Res. Inst, 1967.
- [11] E.O. McLean, *In Methods of Soil Analysis*. America Science Agronomy, Wisconsin, 1965.
- [12] K. Fujine, *Flash EA 1112 elemental analyzer (CHNS): User guide*. Int. Ocean Discov. Program, 2014. **1**: p. 1-12.
- [13] Murphy, J. and J.P. Riley, *A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters*. Anal. Chem. Acta, 1962. **27**: p. 31-36.
- [14] Elisa, A.A., Shamsuddin, J., Che, F.I. and I. Roslan, *Increasing rice production using different lime sources on an acid sulphate soil in Merbok*. J. Trop. Agric. Sci., 2014. **37**: p. 223-247.
- [15] M. Rendana, W.M.R. Idris, A.R. Sahibin, A.R. Zulfahmi, Tukimat, L. and J. Habibah, *Effects of Organic Amendment on Soil Organic Carbon in Treated Soft Clay in Paddy Cultivation Area*. Sains Malaysiana, 2019. **48**(1): p. 61-68.
- [16] M. Rendana, W.M.R. Idris, A.R. Sahibin, A.R. Zulfahmi, Tukimat, L. and J. Habibah, *Reclamation of acid sulphate soils in paddy cultivation area with organic amendments*. AIMS Agriculture and Food, 2018. **3**(3): p. 358-371.
- [17] M. Rendana, W.M.R. Idris, A.R. Sahibin, A.R. Zulfahmi, Tukimat, L. and J. Habibah, *Field investigation of soil organic carbon and soil respiration rate from paddy cultivation area of Alor Senibong Kedah, Malaysia*. AIP Conference Proceedings, 2019. **2111**: p. 1-7.
- [18] M. Rendana, W.M.R. Idris, A.R. Sahibin, A.R. Zulfahmi, Tukimat, L. and J. Habibah, *Effect of Hasil Tani Organic Compound Product (HTOC) on The Recovery of Soft Soil in Rice Field MADA Alor Senibong, Kedah, Malaysia*. Asian Journal Of Environment, History and Heritage, 2018. **1**(2): p. 13-20.