

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
INTISARI	xvi
ABSTRACT	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1.Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	4
1.3 Tujuan	5
1.4 Manfaat	5
1.5 Keaslian Penelitian	6
II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.1.1 Tanah Mineral Masam	7
2.1.2 Biochar	12
2.1.3 Unsur Hara Nitrogen	23
2.1.4 Limbah Udang	31
2.1.5 Jagung	34
2.2 Landasan Teori	38
2.3 Hipotesis	39
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Karakterisasi Tanah Lokasi Penelitian	40
3.2 Karakterisasi Sifat Kimia, Fisika dan Spektrogram Biochar dari Bahan Baku dan Suhu Pirolisis yang Berbeda	43
3.3 Pelepasan N Tersedia dari Formulasi <i>Slow Release Fertilizer</i> (SRF) Pupuk BCU di Tanah Hapludults dan Endoaquults.....	46
3.4 Pengaruh Dosis Pupuk BCU dan Limbah udang terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan N dan Efisiensi Serapan N Jagung, serta Pertumbuhan Jagung di Tanah Hapludults dan Endoaquults	49

3.5 Pengaruh pupuk BCU dan Limbah Udang terhadap Perbaikan Sifat Kimia Tanah, Efisiensi Serapan N, Pertumbuhan serta Hasil Jagung di Tanah Hapludults dan Endoaquults	52
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Sifat dan Morfologi Tanah Inceptisol	
4.1.1 Sifat kimia dan tekstur tanah	56
4.1.2 Morfologi tanah.....	59
4.2 Sifat Kimia, Fisika dan Spektrogram Biochar	
4.2.1 Komposisi lignoselulotik dan sifat kimia bahan baku.....	63
4.2.2 Sifat kimia biochar.....	65
4.2.3 Identifikasi komposisi mineral dalam biochar dengan X- RD	72
4.2.4 dentifikasi komponen gugus fungsional dengan IR Spektral	77
4.2.5 Morfologi dan porositas biochar	83
4.2.6 Implikasi sifat kimia dan fisik biochar terhadap kesuburan tanah dan fungsinya sebagai bahan pelapis pupuk urea	90
4.3 Pelepasan N tersedia dari Formulasi <i>Slow Release Fertilizer</i> (SRF) Pupuk <i>Biochar Coated Urea</i> (BCU) di Tanah Hapludults dan Endoaquults	
4.3.1 Pengaruh BCU terhadap sifat kimia tanah Hapludults dan Endoaquults	93
4.3.2 Pelepasan nitrogen dari pupuk BCU di tanah Hapludults dan Endoaquults	103
4.4 Pengaruh Dosis Pupuk BCU dan Limbah Udang terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan N dan Efisiensi Serapan N Jagung, serta Pertumbuhan Jagung di Tanah Hapludults dan Endoaquults	
4.4.1 Sifat kima limbah udang	118
4.4.2 Pengaruh dosis pupuk BCU dan limbah udang terhadap sifat kimia tanah Hapludults dan Endoaquults	119
4.4.3 Pengaruh dosis pupuk BCU dan limbah udang terhadap pertumbuhan jagung di tanah Hapludults dan Endoaquults...	129
4.4.4 Pengaruh dosis pupuk BCU dan limbah udang terhadap serapan nitrogen dan efisiensi serapan nitrogen oleh jagung di tanah Hapludults dan Endoaquults	138
4.5 Aplikasi Pupuk BCU dan Limbah Udang Untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah dan Meningkatkan Efisiensi Serapan N serta Hasil Jagung Pada Tanah Hapludults dan Endoaquults	
4.5.1 Pengaruh pupuk BCU dan limbah udang terhadap sifat kimia tanah Hapludults dan Endoaquults	145



4.5.2 Pengaruh pupuk BCU dan limbah terhadap pertumbuhan jagung di tanah Hapludults dan Endoaquults	154
4.5.3 Pengaruh pupuk BCU dan limbah udang terhadap serapan dan efisiensi serapan N oleh jagung di tanah Hapludults dan Endoaquults	158
4.5.4 Pengaruh pupuk BCU dan limbah udang terhadap produksi jagung di tanah Hapludults dan Endoaquults.....	161
4.6 Pembahasan umum	169
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	179
5.2 Saran	180
DAFTAR PUSTAKA	181
LAMPIRAN-LAMPIRAN	201

DAFTAR TABEL

Tabel	Hal
1 Sifat kimia tanah mineral masam di Kalimantan pada Horison A dan B	9
2 Gugus fungsional yang terdapat pada beberapa biochar dan bahan bakunya (berdasarkan FTIR-PAS) (Yuan <i>et al.</i> , 2011).....	18
3 Sifat kimia limbah kepala udang	32
4 Morfologi dan sifat tanah yang dianalisis	42
5 Komponen bahan baku dan biochar yang dianalisis.....	44
6 Komponen limbah udang yang dianalisis	50
7 Sifat kimia tanah pada kedua lokasi	56
8 Kandungan basa-basa dapat tukar, kapasitas pertukaran kation dan kejenuhan basa tanah pada lokasi penelitian	57
9 Kelas tekstur tanah penelitian	58
10 Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin bahan baku biochar..	63
11 Sifat kimia bahan baku biochar	64
12 Pengaruh macam bahan baku dan suhu pirolisis terhadap pH biochar.....	65
13 Pengaruh macam bahan baku dan suhu pirolisis terhadap kandungan N total biochar	66
14 Pengaruh macam bahan baku pada berbagai suhu pirolisis terhadap kandungan P total biochar	67
15 Pengaruh macam bahan baku pada berbagai suhu pirolisis terhadap kandungan K total, Na total, Ca total, Mg total dan KPK biochar	68
16 Pengaruh macam biochar pada suhu pirolisis yang berbeda terhadap kandungan kadar air, abu, bahan volatil dan C-terikat biochar.....	70
17 Jenis dan intensitas gugus fungsional yang terdapat dalam bahan baku dan biochar tempurung kelapa yang dipirolisis pada suhu yang berbeda	82
18 Nilai luas permukaan, volume pori total dan ukuran pori biochar Metode Brunauer-Emmett-Teller (BET).....	88
19 Distribusi ukuran dan volume pori Metode Brunauer-Emmett-Teller (BET)	89
20 Pengaruh perbandingan urea dan biochar dalam pupuk BCU terhadap pH tanah Hapludults dan Endoaquults selama masa inkubasi	94



21	Pengaruh perbandingan urea dan biochar dalam pupuk BCU terhadap Al-dd ($\text{Cmol}^{(+)} \text{kg}^{-1}$) tanah selama masa inkubasi	96
22	Pengaruh perbandingan urea dan biochar dalam pupuk BCU terhadap C-organik tanah pada lama inkubasi 0, 21 dan 42	98
23	Pengaruh perbandingan urea dan biochar dalam pupuk BCU terhadap N total pada lama inkubasi 0, 21 dan 42 hari	100
24	Pengaruh perbandingan urea dan biochar dalam pupuk BCU terhadap KPK tanah Hapludults dan Endoaquults pada lama inkubasi 0, 21 dan 42 hari	102
25	Total N-tersedia ($\text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^-$, mg kg^{-1}) yang dilepaskan selama inkubasi BCU di tanah Hapludults dan Endoaquults	103
26	Total N-NH_4^+ dan N-NO_3^- (mg N kg^{-1}) yang dilepaskan dari pupuk BCU selama masa inkubasi di tanah Hapludults dan Endoaquults.....	106
27	Nilai parameter bentuk linear persamaan kinetika pelepasan N tersedia di Hapludults dan Endoaquults	112
28	Rerata nilai parameter bentuk linear persamaan kinetika <i>Zero Order</i> pelepasan N tersedia (N-NH_4^+ dan N-NO_3^-) di tanah Hapludults dan Endoaquults	114
29	Sifat kimia dan kandungan unsur hara limbah udang	118
30	Tinggi tanaman jagung sampai pertumbuhan vegetatif maksimum (56 HST) di tanah Hapludults dan Endoaquults setelah pemberian BCU dan limbah udang	130
31	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap pH, P dan K tersedia, serta Al-dd tanah Hapludults dan Endoaquults	147
32	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap kandungan N total, C-organik dan KPK tanah Hapludults dan Endoaquults	151
33	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap tinggi tanaman dan jumlah daun umur 56 hari setelah tanam (HST) pada tanah Hapludults dan Endoaquults	156
34	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap serapan nitrogen dan efisiensi serapan N oleh jagung	159
35	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap bobot, dan panjang buah jagung pada Hapludults dan Endoaquults	163
36	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap bobot jagung perpetak (4,9 x 3,5 m)	164
37	Pengaruh pemberian pupuk BCU dan limbah udang terhadap produksi pipilan jagung	167

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Hal
1 Heteroatom dan gugus fungsional yang umumnya ditemukan pada biochar (Amonette dan Joseph dalam Lehmann dan Joseph, 2009. hal 47)	14
2 X-Ray Difraksi Spektra biochar yang dihasilkan dari jerami kanola, batang jagung, seresah kedelai dan seresah kacang tanah pada suhu pirolisis yang berbeda (Yuan <i>et al.</i> , 2011).....	16
3 FTIR bahan baku dan biochar kayu yang dibuat pada suhu 200°C, 400°C dan 600°C (Zhang <i>et al.</i> , 2015).....	17
4 SEM (1000x) dari (a) bahan baku, (b) biochar pirolisis 250°C, (c) biochar pirolisis 290°C, (d) biochar pirolisis 330°C (Dutta <i>et al.</i> , 2015)	20
5 Skema pengaruh biochar terhadap pelindian hara	21
6 Mekanisme khelasi antara senyawa organik (R-COOH) dengan logam (M)	33
7 Diagram alir pelaksanaan penelitian	41
8 Alur analisis proximate kandungan air, bahan volatil dan fixed carbon serta kadar abu (ASTM standard 1762-84(2007) (Sudarmadji <i>et al.</i> , 1989; Laird <i>et al.</i> , 2010))	45
9 Profil tanah Hapludults	60
10 Profil tanah Endoaquults	61
11 X-ray diffraction biochar tempurung kelapa yang dipirolisis pada suhu 400, 500 dan 600°C, selama 4 jam	74
12 X-ray diffraction biochar cangkang sawit yang dipirolisis pada suhu 400, 500 dan 600°C, selama 4 jam	75
13 X-ray diffraction biochar batang jagung yang dipirolisis pada suhu 400, 500 dan 600°C, selama 4 jam	76
14 Infrared Spektrogram dari bahan baku dan biochar tempurung kelapa yang dipirolisis pada suhu 400, 500 dan 600°C, selama 4 jam	79
15 Infrared Spektrogram dari bahan baku dan biochar cangkang sawit yang dipirolisis pada suhu 400, 500 dan 600°C, selama 4 jam	80
16 Infrared Spektrogram dari bahan baku dan biochar batang jagung yang dipirolisis pada suhu 400, 500 dan 600°C, selama 4 jam	81
17 <i>Scanning elektron mikroskop</i> (SEM) biochar tempurung kelapa yang dipirolisis pada suhu 400 (a), 500 (b) dan 600°C (c), selama 4 jam, dengan pembesaran 1 (2000x) dan 2 (10000x)	84



18	<i>Scanning elektron mikrograf</i> (SEM) biochar cangkang sawit yang dipirolisis pada suhu 400 (a), 500 (b) dan 600°C (c), selama 4 jam, dengan pembesaran 1 (2000x) dan 2 (10000x)	85
19	<i>Scanning elektron mikrograf</i> (SEM) biochar batang jagung yang dipirolisis pada suhu 400 (a), 500 (b) dan 600°C (c) selama 4 jam, dengan pembesaran 1 (2000x) dan 2 (10000x)	86
20	Jumlah kumulatif N tersedia yang dilepaskan dari BCU selama masa inkubasi di tanah (A) Hapludults dan (B) Endoaquults	104
21	Kurva pelepasan N tersedia dari BCU berdasarkan persamaan kinetika <i>Zero order</i> di tanah (A) Hapludults dan (B) Endoaquults	109
22	Kurva pelepasan N tersedia dari BCU berdasarkan persamaan kinetika <i>First Order</i> di tanah (A) Hapludults dan (B) Endoaquults ...	110
23	Kurva pelepasan N tersedia dari BCU berdasarkan persamaan kinetika <i>Second order</i> di tanah (A) Hapludults dan (B) Endoaquults	111
24	Kurva pelepasan N-NH ₄ ⁺ dari pupuk BCU berdasarkan persamaan kinetika <i>Zero Order</i> di tanah (A) Hapludults dan (B) Endoaquults ...	115
25	Kurva pelepasan N-NO ₃ ⁻ dari pupuk BCU berdasarkan persamaan kinetika <i>Zero Order</i> di tanah (A) Hapludults dan (B) Endoaquults ...	116
26	Perubahan pH tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	120
27	Perubahan P tersedia tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	122
28	Perubahan Al-dd tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹).....	123
29	Perubahan N total tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	125
30	Perubahan C-Organik tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	127
31	Perubahan KPK tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	128



32	Tinggi tanaman jagung umur 56 HST pada tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹).....	131
33	Bobot kering trubus di tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	133
34	Bobot kering akar di tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	133
35	Rasion bobot biomassa kering di tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	136
36	Serapan N jagung per tanaman di tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	138
37	Serapan N total jagung per hektar di tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	138
38	Efisiensi serapan N jagung di tanah Hapludults (A) dan Endoaquults (B) setelah aplikasi BCU dan limbah udang (U0: tanpa limbah udang; U1: dengan limbah udang, 50 g polibag ⁻¹). K adalah kontrol (urea dosis 3,30 g polibag ⁻¹)	141

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Hal
1 Peta lokasi penelitian	201
2 Desain tata letak percobaan rumah kaca	202
3 Disain tata letak percobaan lapangan	203
4 Populasi tanaman dan tanaman sampel	204
5 Spesifikasi varietas jagung manis hibrida	205
6 Kriteria penilaian sifat kimia dan fisika biochar	206
7 Jenis bahan baku biochar yang digunakan	207
8 Jenis biochar yang digunakan	208
9 Biochar cangkang sawit, BCU dan limbah udang	209
10 Pelaksanaan penelitian Tahap 2	210
11 Pertumbuhan tanaman dan hasil jagung di rumah kaca	211
12 Hasil panen vegetatif jagung lokasi Tarakan Timur, tanah Hapludults	212
13 Hasil produksi jagung pada lokasi Tarakan Timur, tanah Hapludults	213
14 Hasil panen vegetatif jagung lokasi Tarakan Barat, tanah Endoaquults	214
15 Hasil produksi jagung pada lokasi Tarakan Barat, tanah Endoaquults	215
16 Bobot 100 biji jagung di lokasi Tarakan Timur tanah Hapludults (a) dan di lokasi Tarakan Barat tanah Endoaquults (b)	216
17 Analisis Of Variance (ANOVA) data penelitian tahap 1	217
18 Analisis X-Ray Diffraction Spectral Biochar Tempurung Kelapa suhu 400 (a), 500 (b) dan 600°C (c)	220
19 Analisis X-Ray Diffraction Spectral Biochar Cangkang sawit suhu 400 (a), 500 (b) dan 600°C (c)	221
20 Analisis X-Ray Diffraction Spectral Biochar Batang jagung suhu 400 (a), 500 (b) dan 600°C (c)	222
21 Analisis FTIR Bahan Baku (a) dan Biochar Tempurung Kelapa suhu 400 (b), 500 (c) dan 600°C (d)	223
22 Analisis FTIR Bahan Baku (a) dan Biochar Cangkang sawit suhu 400 (b), 500 (c) dan 600°C (d)	227
23 Analisis FTIR Bahan Baku (a) dan Biochar Batang jagung suhu 400 (b), 500 (c) dan 600°C (d)	231
24 Analisa of Variance (ANOVA) Penelitian Tahap 2	235



25	Analisis Of Variance (ANOVA) Penelitian Tahap 3	242
26	Hasil uji lanjut HSD-Tukey pada taraf signifikansi 5%, Penelitian tahap 3	251
27	Analisis Of Variance (Contrast Orthogonal) data penelitian Tahap 4, Lokasi Tarakan Timur, tanah Hapludults	255
28	Analisis Of Variance (Contrast Orthogonal) data penelitian Tahap 4, Lokasi Tarakan Barat, tanah Endoaquults	260