



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS MATARAM
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
Jl. Pendidikan No.37 Mataram NTB,Tlp.(0370) 641552, 638265
Fax.(0370) 638265, e-mail: lppm_unram@yahoo.com

KONTRAK PENELITIAN
SUMBER DANA DIPA BLU UNIVERSITAS MATARAM
Tahun Anggaran 2018
Nomor: 1380.E/UN18.L1/PP/2018

Pada hari ini **Rabu tanggal Dua bulan Mei tahun Dua Ribu Delapan Belas**, kami yang bertandatangan dibawah ini :

1. Muhamad Ali, Ph.D. : Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Mataram, dalam hal ini bertindak untuk dan atas nama Universitas Mataram,berkedudukan di Jl. Pendidikan No. 37 Mataram, untuk selanjutnya disebut **PIHAK PERTAMA**;
2. Dr. Ir. Sukartono, M.Agr : Dosen Fakultas Pertanian Universitas Mataram, dalam hal ini bertindak sebagai Ketua dan anggota Tim Peneliti sesuai Proposal dan SK Rektor **Nomor : 3512/UN18/HK/2018**, untuk selanjutnya disebut **PIHAK KEDUA**.

PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA, selanjutnya disebut PARA PIHAK secara bersama-sama telah sepakat untuk mengikatkan diri dalam suatu Kontrak Penelitian DIPA BLU (PNBP) Tahun Anggaran 2018 dengan ketentuan dan syarat-syarat sebagai berikut:

Pasal 1
RUANG LINGKUP KONTRAK DAN TIM PENELITI

- (1) PIHAK PERTAMA memberi pekerjaan kepada PIHAK KEDUA dan PIHAK KEDUA menerima pekerjaan dimaksud dari PIHAK PERTAMA, untuk melaksanakan dan menyelesaikan penelitian dengan judul **“Potensi biochar dari limbah pertanian sebagai pembenah kualitas tanah: 2. percobaan rumah kaca uji empat macam biochar terhadap serapan N,P,K dan pertumbuhan padi gogo”**.
- (2) Berdasarkan Proposal yang diajukan, nama-nama Tim Peneliti dari PIHAK KEDUA adalah sebagai Berikut:
 1. Dr. Ir. Sukartono, M.Agr
 2. Prof. Suwardji, M.App.Sc., Ph.D
 3. Ir. Bambang Hari Kusumo, M.Agr.St., Ph.D
 4. Dini Rizka Yunidiya, ST., M.Sc
- (3) PIHAK KEDUA bertanggungjawab penuh atas seluruh pelaksanaan, pengadministrasian dan pengelolaan keuangan serta pelaksanaan Program Pengabdian Masyarakat sebagaimana dimaksud pada ayat (1).

Pasal 2

DANA PENELITIAN

- (1) Besarnya dana untuk melaksanakan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 adalah sebesar Rp. 19.000.000 (sembilan belas juta rupiah) sudah termasuk pajak.
- (2) Dana Penelitian sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dibebankan pada DIPA BLU Universitas Mataram Tahun Anggaran 2018.

Pasal 3

TATA CARA PEMBAYARAN DANA PENELITIAN

PIHAK PERTAMA akan membayarkan Dana Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) kepada PIHAK KEDUA secara bertahap dengan ketentuan sebagai berikut:

- (1) Pembayaran Tahap Pertama sebesar 80% dari total dana penelitian yaitu $80\% \times \text{Rp } 19.000.000 = \text{Rp. } 15.200.000$ (lima belas juta dua ratus ribu rupiah), dibayarkan setelah Kontrak di tandatangani PARA PIHAK.
- (2) Pembayaran Tahap Kedua sebesar 20% dari total dana penelitian yaitu $20\% \times \text{Rp } 19.000.000 = \text{Rp. } 3.800.000$ (tiga juta delapan ratus ribu rupiah), dibayarkan setelah PIHAK KEDUA menyerahkan laporan akhir Pelaksanaan Penelitian beserta kelengkapan yang ditetapkan.

Pasal 4

JANGKA WAKTU

Jangka waktu pelaksanaan penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 adalah terhitung sejak Tanggal 2 Mei 2018 dan berakhir pada Tanggal 30 November 2018.

Pasal 5

TARGET LUARAN

- (1) PIHAK KEDUA wajib mencapai target luaran wajib penelitian berupa:

No.	Jenis Luaran Penelitian	Bukti Fisik
Luaran Wajib:		
a	Publikasi Ilmiah, Atau	1. Artikel ilmiah yang dimuat dalam jurnal (Accepted pada jurnal nasional ber-ISSN, pengumpulan paling lambat 1 tahun setelah kontrak berakhir) atau, 2. Proceeding seminar nasional/Internasional.
b	Buku	Ber-ISBN
Luaran Tambahan:		
a	HAKI	Hak Cipta, Paten, Paten Sederhana
b	Luaran lain	Prototype/Model/Desain/Produk/TTG

- (2) PIHAK KEDUA wajib melaporkan perkembangan pencapaian target luaran sebagaimana dimaksud pada ayat (1) kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 6

HAK DAN KEWAJIBAN PARA PIHAK

- (1) Hak dan Kewajiban PIHAK PERTAMA:
 - a. PIHAK PERTAMA berhak mendapatkan luaran penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 5 dari PIHAK KEDUA;

- b. PIHAK PERTAMA wajib memberikan dana penelitian kepada PIHAK KEDUA dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) dengan tata cara pembayaran sebagaimana dimaksud dalam Pasal 3.
- (2) Hak dan Kewajiban PIHAK KEDUA:
- a. PIHAK KEDUA berhak menerima dana penelitian dari PIHAK PERTAMA dengan jumlah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1);
 - b. PIHAK KEDUA wajib menyerahkan Luaran Penelitian dan Buku Catatan Harian Penelitian kepada PIHAK PERTAMA;
 - c. PIHAK KEDUA wajib bertanggungjawab dalam penggunaan dana penelitian yang diterimanya sesuai dengan proposal kegiatan yang telah disetujui;
 - d. PIHAK KEDUA wajib menyampaikan laporan penggunaan dana sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) kepada PIHAK PERTAMA.

Pasal 7

LAPORAN PELAKSANAAN PENELITIAN

- (1) PIHAK KEDUA wajib menyampaikan kepada PIHAK PERTAMA laporan kemajuan dan laporan akhir mengenai luaran penelitian dan rekapitulasi penggunaan anggaran sesuai dengan jumlah dana yang diberikan oleh PIHAK PERTAMA yang tersusun secara sistematis sesuai pedoman yang ditentukan oleh PIHAK PERTAMA;
- (2) PIHAK KEDUA wajib menyampaikan Laporan Akhir sebanyak 4 (empat) eksemplar paling lambat 30 November 2018, disertai dokumen-dokumen sebagai berikut:
 - a. Bukti fisik luaran penelitian.
 - b. Laporan penggunaan keuangan penelitian 100% 2 (dua) eksemplar (dijilid);
 - c. Buku Catatan Harian Penelitian (*BCHP*) sebanyak 2 (dua) eksemplar (fotocopy) (dijilid); dan
 - d. file elektronik (format “pdf” dan “doc”) Laporan Tahunan/Akhir dan (butir a, b, dan c) di atas.

Pasal 8

MONITORING DAN EVALUASI

PIHAK PERTAMA dalam rangka pengawasan akan melakukan Monitoring dan Evaluasi terhadap kemajuan pelaksanaan Penelitian Tahun Anggaran 2018.

Pasal 9

SANKSI

- (1) Apabila batas waktu berakhirnya masa penelitian ini PIHAK KEDUA belum menyerahkan hasil pekerjaan seluruhnya kepada PIHAK PERTAMA, maka PIHAK KEDUA dikenakan denda sebesar 1/1000 (satu permil) setiap hari keterlambatan sampai setinggi-tingginya 5% (lima persen) dari nilai Surat Perjanjian initerhitung dari tanggal jatuh tempo yang telah ditetapkan (tanggal 30 November 2018).
- (2) Apabila PIHAK KEDUA tidak menyerahkan laporan hasil penelitian dalam akhir tahun anggaran yang sedang berjalan dan waktu proses pencairan biayanya telah berakhir, maka sisa biaya yang bersangkutan, yang belum sempat dicairkan dinyatakan hangus dan dikembalikan ke BLU Universitas Mataram.
- (3) Dalam hal PIHAK KEDUA tidak dapat memenuhi Surat Perjanjian ini hingga tanggal 31 Desember 2018, maka PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterimanya kepada PIHAK PERTAMA untuk selanjutnya disetorkan kembali dan PIHAK

KEDUA dikenakan sanksi administratif berupa penghentian pembayaran dan tidak dapat mengajukan proposal penelitian baik sebagai ketua maupun sebagai anggota dalam kurun waktu 2 (dua) tahun berturut-turut.

Pasal 10 **PEMBATALAN PERJANJIAN**

Apabila dikemudian hari terhadap judul Penelitian sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 ditemukan adanya duplikasi dengan Penelitian lain dan/atau ditemukan adanya ketidakjujuran, itikad tidak baik, dan/atau perbuatan yang tidak sesuai dengan kaidah ilmiah dari atau dilakukan oleh PIHAK KEDUA, maka perjanjian Penelitian ini dinyatakan batal dan PIHAK KEDUA wajib mengembalikan dana penelitian yang telah diterima kepada PIHAK PERTAMA yang selanjutnya akan disetor ke BLU Universitas Mataram.

Pasal 11 **PAJAK-PAJAK**

Segala sesuatu yang berkenaan dengan kewajiban pajak berupa PPN dan/atau PPh menjadi tanggungjawab PIHAK KEDUA dan harus dibayarkan oleh PIHAK KEDUA ke kantor pelayanan pajak setempat sesuai ketentuan yang berlaku.

Pasal 12 **PERALATAN DAN/ALAT HASIL PENELITIAN**

Hasil Pelaksanaan Penelitian ini yang berupa peralatan dan/atau alat yang dibeli dari pelaksanaan Penelitian ini adalah milik Negara yang dapat dihibahkan kepada Universitas Mataram sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Pasal 13 **PENYELESAIAN SENGKETA**

Apabila terjadi perselisihan antara PIHAK PERTAMA dan PIHAK KEDUA dalam pelaksanaan perjanjian ini akan dilakukan penyelesaian secara musyawarah dan mufakat, dan apabila penyelesaian secara musyawarah dan mufakat tidak tercapai, maka penyelesaian dilakukan melalui jalur hukum, dengan memilih domisili hukum di Pengadilan Negeri Mataram.

Pasal 14 **LAIN-LAIN**

- (1) PIHAK KEDUA menjamin bahwa penelitian dengan judul sebagaimana dimaksud dalam Pasal 1 belum pernah dibiayai dan/atau diikutsertakan pada Pendanaan Penelitian lainnya, baik yang diselenggarakan oleh instansi, lembaga, perusahaan atau yayasan, baik di dalam maupun di luar negeri.
- (2) Segala sesuatu yang belum diatur dalam Perjanjian ini dan jika dipandang perlu untuk diatur lebih lanjut, akan dilakukan perubahan oleh PARA PIHAK dalam bentuk perjanjian tambahan (adendum) yang akan menjadi satu kesatuan dan merupakan bagian tidak terpisahkan dari Perjanjian ini.

Perjanjian ini dibuat dan ditandatangani oleh PARA PIHAK pada hari dan tanggal tersebut di atas, dibuat dalam rangkap 2 (dua) dan bermaterai cukup sesuai dengan ketentuan yang berlaku, yang masing-masing mempunyai kekuatan hukum yang sama.

PIHAK PERTAMA

LPPM Universitas Mataram
Ketua,



Muhamad Ali, Ph.D.
NIP. 19720727 199903 1 002

PIHAK KEDUA

Tim Pelaksana Penelitian
Ketua,



Dr. Ir. Sukartono, M.Agr
NIP. 19621212 198902 1 001

Anggota 1,

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Prof. Suwardji.

1 **Prof. Suwardji, M.App.Sc., Ph.D**
NIP. 19580403 198603 1 004

Anggota 2,

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Ir. Bambang Hari Kusumo.

2 **Ir. Bambang Hari Kusumo, M.Agr.St.,
Ph.D**
NIP. 19650825 199403 1 001

Anggota 3,

A handwritten signature in black ink, likely belonging to Dini Rizka Yunidiya.

3 **Dini Rizka Yunidiya, ST., M.Sc**
NIP.

LAPORAN PENELITIAN



POTENSI BIOCHAR DARI LIMBAH PERTANIAN SEBAGAI PEMBENAH KUALITAS TANAH: 2. Percobaan Rumah Kaca Uji Empat Macam Biochar Terhadap Serapan N,P,K Dan Pertumbuhan Padi Gogo

Dr. Ir. H. Sukartono, M.Agr
NIDN 0012126210

Anggota

Prof. Ir. Suwardji, M.App.Sc., Ph.D
NIDN 0003045806

Ir. Bambang Hari Kusumo, M.Agr.St., Ph.D
NIDN 0025086506

Dini Rizk Yunidiya, ST., M.Sc

Dibiayai dari Sumber Dana DIPA BLU Universitas Mataram
Tahun Anggaran 2018 Kontrak Penelitian Nomor: 1380.F/UN18.L1/PP/2018

KELOMPOK PENELITI BIDANG ILMU
MANAGEMEN KARBON DAN PRECISION AGRICULTURE

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MATARAM
TAHUN 2018**

LAPORAN PENELITIAN



POTENSI BIOCHAR DARI LIMBAH PERTANIAN SEBAGAI PEMBENAH KUALITAS TANAH: 2. Percobaan Rumah Kaca Uji Empat Macam Biochar Terhadap Serapan N,P,K Dan Pertumbuhan Padi Gogo

Dr. Ir. H. Sukartono, M.Agr

NIDN 0012126210

Anggota

Prof. Ir. Suwardji, M.App.Sc., Ph.D

NIDN 0003045806

Ir. Bambang Hari Kusumo, M.Agr.St., Ph.D

NIDN 0025086506

Dini Rizk Yunidiya, ST., M.Sc

Dibiayai dari Sumber Dana DIPA BLU Universitas Mataram
Tahun Anggaran 2018 Kontrak Penelitian Nomor: 1380.F/UN18.L1/PP/2018

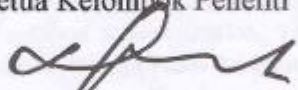
KELOMPOK PENELITI BIDANG ILMU
MANAGEMEN KARBON DAN PRECESION AGRICULTURE

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MATARAM
TAHUN 2018**

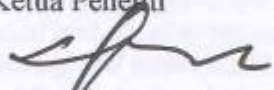
HALAMAN PENGESAHAN

1.	Judul Penelitian	:	Potensi Biochar dari Limbah Pertanian Sebagai Pembenh Kualitas Tanah: 2. Percobaan Rumah Kaca- Uji Empat Macam Biochar Terhadap Serapan N,P,K dan Pertumbuhan Padi Gogo
2.	Topik Unggulan	:	Pengelolaan kesuburan tanah
3.	Kelompok Peneliti Bidang Ilmu	:	Managemen Karbon
3.	Ketua Peneliti	:	
	a. Nama Lengkap dan Gelar	:	Dr. Ir. Sukartono, M.Agr
	b. NIP	:	196212121989021001
	c. NIDN	:	0012126210
	d. Jabatan Fungsional	:	Lektor Kepala
	e. Fakultas/Program Studi	:	Pertanian/Ilmu Tanah
	f. Alamat	:	Jalan Pendidikan 37 Mataram
	g. Telp/Faxs/Email	:	0370 621435/faperta@unram.ac.id
4.	Jangka Waktu penelitian	:	8 Bulan
5.	Pembiayaan	:	
	a. PNBPN Unram	:	Rp. 19.000.000 (Sembilan belas juta rupiah)
	b. Biaya Instansi lain	:	-


Mengetahui
Ketua Kelompok Peneliti


Dr. Ir. Sukartono, M.Agr
NIP 196212121989021001

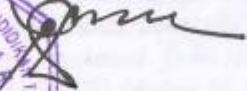
Mataram, 31 Oktober 2018
Ketua Peneliti


Dr. Ir. Sukartono, M.Agr
NIP 196212121989021001

Mengetahui
Dekan Fakultas Pertanian UNRAM


Dr. Ir. Sukartono, M.Agr
NIP 196212121989021001

Ketua
BP3F Fakultas Pertanian UNRAM


Dr. Ir. Lolita Endang, S.MP
NIP 196003151985032003

Mengetahui
Ketua LPPM Universitas Mataram


Muhammad Ali, S.Pt, M.Sc., Ph.D
NIP 19720727199903 1002



ABSTRAK

Keampuhan biochar sebagai pembenah kualitas tanah dan sequestrasi karbon sangat ditentukan oleh sifat fisikokimia biochar dan proses pyrolysis. Oleh karena itu maka pemahaman tentang karakteristik biochar sangat penting untuk dapat mengidentifikasi kesesuaian penggunaan biochar sebagai pembenah tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi retensi hara (NH_4^+ , K^+ , Ca^{++} , dan Mg^{++}) beberapa jenis biochar dan pengaruhnya terhadap serapan hara NPK dan pertumbuhan padi Gogo. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Tanah dan Rumah kaca fakultas Pertanian UNRAM. Biochar dibuat dari pemansan beberapa macam sumber limbah pertanian : jerami padi (BPJ), sekam padi (BPS), tongkol jagung (BJT), brangkas kacang tanah (BKC) dan brangkas kedelai (BKE) menggunakan muffle furnace pada suhu 400°C . Karakteristik fisikokimia biochar yang dihasilkan dari penelitian ini bervariasi dipengaruhi oleh perbedaan macam dan sifat bahan baku biomassa organik. Tiga jenis biochar yakni brangkas kedelai (BKE), kacang tanah (BKC) dan tongkol jagung (BJT) memiliki kandungan hara (C, N, K, Ca dan Mg) yang relatif lebih tinggi daripada biochar dari bahan jerami (BJP) dan sekam padi (BPS). Nilai total-C dari BKE, BKC dan BJT masing-masing 51,73; 57,36 dan 53,53%. Perbedaan fisikokimia biochar dari berbagai bahan biomassa organik menentukan tingkat retensi hara di dalam tanah. Biochar dari biomassa kedelai (BKE) dan kacang tanah (BKC) menunjukkan retensi tertinggi kemudian diikuti oleh biochar tongkol jagung dan sekam padi. Aplikasi biochar ke dalam tanah memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan serapan hara (N,P,K) dan berat berangkas kering tanaman. Secara umum, tiga jenis biochar yaitu BPS, BJT, dan BKE memberikan pengaruh yang sama terhadap serapan hara N, P, dan K

Kata kunci biochar, retensi hara tanah

ABSTRACT

Application of biochar to agriculture soils has been considered as means to improve soil quality and carbon sequestration. Therefore, the understanding of chemical and physical properties of biochars is important to identify suitable use of biochar for improving soil fertility and carbon sequestration. Biochars were produced from pyrolyzing five different feedstock from crops residues (rice straw- BPJ, rice husk- BPS, maize cobs- BJT, peanuts shell- BKC and soybean residues-BKE). Using muffle furnace heating under 400°C . The potential nutrients retention of those biochars in particular for NH_4^+ , K^+ , Ca^{++} , dan Mg^{++} was tested . through a leaching experiment established in Soil Physic laboratory at Faculty of Agriculture, University of Mataram . The physicochemical properties of biochars were likely varied among five feedstocks. The biochars derived from soybean residues (BKE), peanut biomass (BKC) and maize cobs (BJT) contained higher nutrients (i.e. C, N, K, Ca and Mg) compared to biochars produced from rice straw (BJP) and rice husks (BPS). Total-C of BKE, BKC dan BJT were 51,73; 57,36 dan 53,53 % respectively. The variation of physicochemical properties from different biomass strongly related to different nutrient retention whenever the biochars are applied in soils. Biochars produced from legume crops biomass such as soybean and dan peanuts were the highest nutrients retention, followed by maize cobs and rice straw biochars. Under glass house test, the tree biochars namely BPS, BJT and BKE have similar effect on N,P, K uptake as well as to dry weight biomass.

Key words: biochar, soil nutrients retention

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Daftar Gambar	v
Daftar Tabel	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan	3
1.3. Keutamaan Penelitian	3
II STUDI PUSTAKA	4
2.1. Pyrolysis sebagai proses produksi biochar	4
2.2. Potensi Residu Biomassa Tanaman	6
2.3. Komposisi dan Karakteristik Biochar	7
2.4. Aplikasi biochar pada sistem lingkungan pertanian	9
III METODE PENELITIAN	11
3.1. Produksi dan Karakterisasi Biochar (dilakukan Tahun 2017)	11
3.2. Uji biochar terhadap retensi hara (Dilakukan Tahun 2017)	12
3.3. Percobaan Rumah Kaca : Uji potensi biochar terhadap serapan hara, pertumbuhan dan hasil padi gogo.	13
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	14
4.1. Karakteristik biochar	14
4.2. Potensi retensi biochar terhadap hara.	16
4.3. Uji potensi biochar terhadap serapan hara dan pertumbuhan padi gogo	17
V KESIMPULAN DAN SARAN	19
5.1. Kesimpulan	19
5.2. Saran	19
DAFTAR PUSTAKA	19

DAFTAR GAMBAR	Hal
Gambar 1. Proses pembuatan biochar dengan pirolisis (Lehmann,2007)	5
Gambar 2. Kandungan kation tertukar (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} dan NH^+) tanah setelah aplikasi biochar pada percobaan inkubasi.	16
Gambar 3. Kandungan K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} dan NH_4^+ leachate hasil pencucian kolom tanah yang diberi berbagai biochar jerami padi (BPJ), sekam padi (BPS), tongkol jagung (BJT), brangkas kacang tanah (BKC) dan brangkas kedelai (BKE)	17
Gambar 4. Berat berangkas kering (BKT) dan serapan hara N,P,K tanaman padi gogo yang pada berbagai perlakuan biochar (sekam padi, BPS, tongkol jagung, BJT, brangkas kacang tanah, BKC dan brangkas kedelai, BKE) dan tanpa biochar (B0)	18

DAFTAR TABEL	Hal
Table 1 Karakteristik kimia dan fisika biochar dari bahan <i>Eucalyptus deglupta</i> Rondon, et.al., 2007)	8
Table 2. Karakteristik kimia dan fisika biochar dari bahan rapeseed (Ozcimen and Karaosmanoglu, (2004)	8
Tabel 3. Karakteristik Fisika dan kimia dari biochar yang dibuat dari limbah tanaman pertanian : Jermai padi (BPJ), sekam padi (BPS), tongkol jagung (BJT), brangkas kacang tanah (BKC) dan brangkas kedelai (BKE)	14

BAB I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Produktivitas lahan pertanian di daerah tropis, seperti di Indonesia relatif lebih rentan mengalami penurunan kualitas kesuburan tanahnya dibandingkan dengan lahan pertanian di daerah beriklim sedang. Hal ini berkaitan erat dengan kondisi iklim tropis dengan rata-rata suhu dan kelembaban yang relatif tinggi sehingga memacu tercapainya kondisi optimum bagi aktivitas organisme tanah dalam melakukan proses dekomposisi, oksidasi dan mineralisasi bahan organik. Faktor curah hujan (intensitas tinggi) mempercepat laju pelindihan (*leaching*) unsur hara (Tiessen et al. 1994; Glasser, et.al., 2002). Tingginya laju mineralisasi bahan organik dibarengi dengan olah tanah yang intensif menyebabkan kandungan bahan organik tanah (BOT) menjadi rendah, karena sebagian besar dilepaskan tanah dalam bentuk emisi CO₂ yang berpotensi sebagai penyebab pemanasan global.

Fenomena makin rendahnya kandungan BOT menyebabkan menurunnya kesuburan tanah (fisika, kimia dan biologi) sehingga kemampuan tanah sebagai penyangga hara semakin terbatas, demikian pula kapasitas tukar kation (KTK) tanah berpotensi makin rendah. Fenomena seperti ini kerap kali menjadi persoalan terpacunya degradasi tanah pada tipologi lahan kering, terlebih ketika dibarengi dengan erosi. Implikasi lebih lanjut pada lahan terdegradasi, efisiensi pemupukan menjadi sedemikian rendah akibat banyaknya hara yang hilang melalui proses mekanisme pelindihan hara (*leaching*) bersama aliran limpasan.

Lahan pertanian di daerah tropis dengan tipe tanah berpasir dan struktur tanah yang tidak mantap termasuk tanah yang lebih rentan terhadap penurunan produktivitas. Tanah seperti ini cukup mendominasi lahan-lahan pertanian di Pulau Lombok. Upaya peningkatan produktivitas tanah berpasir relatif lebih kompleks sebagai konsekwensi logis dari sifat tanah yang porous dan struktur lemah, kemampuan menahan air rendah, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, dan tahanan BOT umumnya berharkat rendah sampai sangat rendah (Suzuki dan Noble, 2007).

Lahan bertekstur pasiran dengan karakteristik sebagaimana disebutkan di atas juga terdapat di daerah kering semi arid tropis di wilayah Nusa Tenggara Barat. Potensi lahan kering di NTB, sekitar 1.807.463 ha atau 84% dari total luas wilayah provinsi (Suwardji, dkk., 2003). Lahan kering tersebut merupakan andalan bagi pengembangan pertanian tanaman pangan termasuk padi dan palawija. Dari sumberdaya lahan kering yang telah disebutkan, wilayah Lombok Utara telah menetapkan sekitar 38.000 hektar

lahan kering yang perlu dibenahi fungsinya menjadi lahan pertanian produktif. Lahan-lahan tersebut sebelumnya merupakan kawasan penambangan batu apung oleh rakyat secara masal, dan sekarang telah dihentikan aktivitasnya oleh Pemda, akibat dari dampaknya yang sangat buruk terhadap mutu lingkungan. Namun sampai saat ini target tersebut baru terealisasi sebesar 30% sebagai lahan pengembangan tanaman pangan dan hortikultura. Sentuhan teknologi tepat guna berbasis penelitian ilmiah, masih sangat diperlukan agar sisa target lahan yang 70% dapat dipulihkan dan ditingkatkan produktivitasnya agar mampu sebagai basis penopang kebutuhan pangan lokal serta perbaikan kesejahteraan masyarakat (Suwardji, 2006).

Penyelesaian kesulitan pemulihan produktivitas lahan pertanian telah diupayakan melalui berbagai pendekatan, terutama yang berbasis pada pemanfaatan sumberdaya lokal. Penelitian ini menggagas penggunaan biochar sebagai agen pemulih kesuburan tanah. Biochar adalah bahan padatan berupa karbon hitam sebagai produk samping proses pirolisis biomas bahan organik. Hasil samping selain karbon adalah biogas dan bio-oil (Lehmann, 2007). Bahan arang (biochar) hasil proses pemanasan ternyata merupakan bahan yang bermanfaat sebagai pembenah tanah pertanian karena potensinya meningkatkan efisiensi pemupukan dan serapan hara tanaman.

Beberapa hasil penelitian melaporkan bahwa aplikasi biochar pada sistem pertanian mampu meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah (Lehman *et al.*, 2003). Inspirasi penggunaan biochar sebagai input produksi pertanian bermula dari hasil pengamatan ilmiah pada tanah hitam di Amazon yang berkembang dari penambahan bahan arang, disebut juga “terra preta “ mampu berproduksi tinggi berkesinambungan (Glaser *et al.*, 2001). Sifat karbon yang stabil pada biochar diyakini merupakan penyimpan karbon yang sangat baik bila diaplikasikan kedalam tanah (Badlock & Smernik, 2002), selain maknanya secara ekologis, terutama pengurangan emisi gas metan (Druffel, 2004).

Penelitian di tanah masam tropis menunjukkan bahwa penambahan biochar mampu memberikan sumbangan positif terhadap perbaikan sifat kimia tanah (Liang *et al.*, 2006; Masulili *et al.*, 2010) dan juga perbaikan sifat fisika tanah seperti retensi air dan aggregate tanah (Glaser *et al.*, 2002; Chan *et al.*, 2007 dan biologis tanah (Randon *et al.*, 2006). Penelitian biochar di daerah semi arid tropis meskipun masih sangat terbatas (Sukartono *et al.*, 2011; Suwardji dan Sukartono, 2012) menunjukkan bahwa penambahan biochar konvensional (dari bahan tempurung kelapa dan kotoran sapi) meningkatkan

kandungan C-tanah, perbaikan retensi air dan aggregate tanah serta direspon secara positif oleh tanaman jagung.

Kelimpahan limbah pertanian tanaman pangan (i.e tongkol dan kelobot jagung, sekam dan jerami padi, bungkil kacang, limbah kedelai) ketika musim panen di Pulau Lombok dan sampai saat ini belum banyak dimanfaatkan untuk pembuatan bahan pembenah organik seperti kompos dan biochar. Potensi dan karakteristik biochar bervariasi tergantung dari kandungan dan jenis bahan baku biomassa organik (*feedstock*) yang pada gilirannya efektifitasnya penggunaannya sebagai pembenah tanah akan bervariasi pula. Dengan demikian maka gagasan percobaan laboratorium (Tahun pertama untuk PNBP 2017) tentang karakterisasi dan uji potensi biochar dari limbah pertanian berbeda khususnya sifat retensinya terhadap hara berbasis kation sebagai langkah awal untuk mengetahui potensi biochar sebagai pembenah tanah perlu dilakukan. Percobaan selanjutnya (Tahun kedua) akan diusulkan lagi untuk melihat uji efektifitasnya pada sistem pertanaman di Rumah kaca dan lapangan.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian untuk usulan pembiayaan PNBP tahun 2018 adalah sebagai berikut:

1. Menguji potensi biochar dari beberapa macam bahan baku dalam skala percobaan Rumah terhadap respon pertumbuhan tanaman padi gogo
2. Mengevaluasi serapan hara N,P, dan K tanaman akibat penambahan biochar.

1.3. Keutamaan Penelitian

Salah satu produk dari proses pemanasan biomassa tanaman adalah bahan padatan berupa arang hitam (*black carbon*) yang disebut biochar. Bahan ini tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan bakar tetapi juga dapat digunakan sebagai bahan pembenah tanah pertanian yang tingkat kesuburannya rendah ataupun tanah terdegradasi. Rendahnya produktivitas tanaman di lahan kering berkaitan erat faktor pembatas rendahnya kualitas kesuburan tanah khususnya sifat tanah yang mengendalikan kemampuan tanah menyediakan air dan hara tanaman. Kondisi biofisik tanah seperti ini (i.e. lahan kering Lombok Utara) menjadi salah satu tantangan dalam peningkatan produktivitas tanaman panganyang diusahakan di lahan kering. Oleh karena itu upaya untuk memperbaiki kualitas kesuburan tanah berbasis bahan organik dengan tujuan meningkatkan efisiensi hara dan air menjadi praktik cerdas (*best practices*) pengelolaan tanah berkelanjutan pada sistem pertanian di lahan kering.

Penggunaan sumber biomassa organik untuk tujuan pemanfaatan sebagai pembenah tanah paling tidak harus mempertimbangkan secara cermat beberapa aspek yakni: (1) kelimpahan sumber produksi biomassa secara lokal (2) penggunaan bahan tersebut tidak memiliki resiko lingkungan dan (3) efektifitasnya harus teruji melalui percobaan.

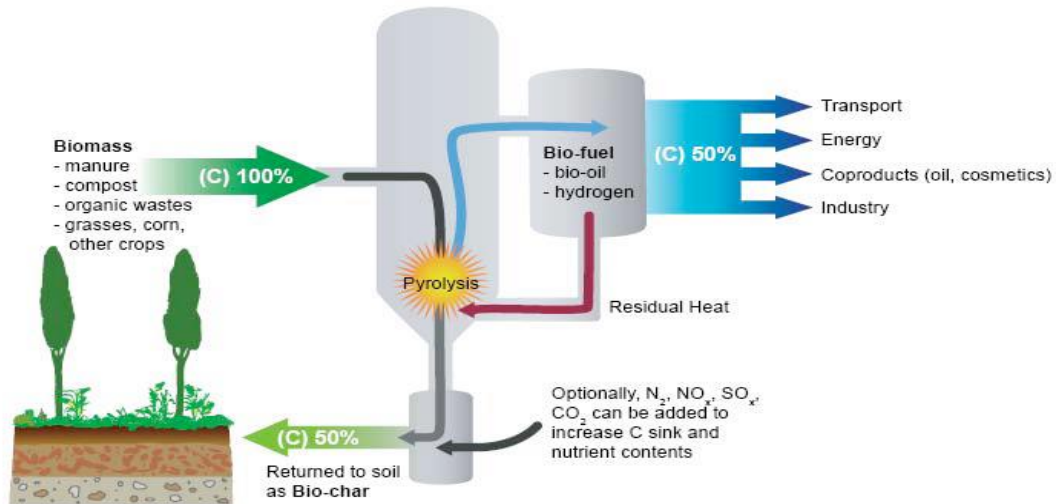
Di Indonesia, limbah pertanian tersedia melimpah setiap akhir musim tanam, sering menimbulkan masalah lingkungan dan masih belum dimanfaatkan secara maksimal sebagai sumber energi untuk sistem produksi tanaman kita. Dengan demikian maka teknologi produksi biochar akan sangat membantu dalam menyelesaikan masalah pencemaran lingkungan. Keunggulan penggunaan biochar adalah merupakan bahan arang yang stabil, sehingga merupakan penyimpan karbon yang baik, dan selanjutnya dapat mengurangi laju pemanasan global.

Penelitian di beberapa negara menunjukkan bahwa biochar mempunyai potensi sebagai bahan amandemen tanah untuk memperbaiki sifat tanah dan meningkatkan produksi beberapa tanaman. Hasil tersebut terbukti pada tanah-tanah terdegradasi atau tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah. Sementara penelitian tentang penggunaan biochar dibidang pertanian di Indonesia masih sangat terbatas. Dengan mengacu pada teknologi produksi biochar dari proses pyrolisis yang sangat prospektif dalam konteks bioenergi dan pemanfaatannya sebagai pembenah tanah maka penelitian tentang produksi dan karakterisasi biochar dari bahan baku limbah pertanian dan penggunaannya sebagai pembenah tanah untuk penguatan produksi padi gogo di lahan kering Pulau Lombok perlu dilakukan.

BAB II. STUDI PUSTAKA

2.1. Pyrolisis sebagai proses produksi biochar

Biochars merupakan bahan mengandung karbon yang tinggi atau merupakan salah satu tipe arang yang dihasilkan dari perlakuan pemanasan pada lingkungan oksigen terbatas (pyrolisis) dari biomassa bahan organik (Lehman, 2007; Gaunt and Lehmann, 2008). Berbagai bahan organik seperti residu tanaman, serbuk dan potongan kayu, limbah kota, kotoran ternak, limbah hijau dari tanaman, dapat digunakan sebagai bahan baku (*feed stocks*) dalam proses pyrolisis untuk pembuatan biochar. Skema proses pembuatan biochar dengan proses pyrolisis ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses pembuatan biochar dengan pirolisis (Lehmann,2007)

Pyrolysis merupakan proses termokimia yang mengubah biomassa organik padat menjadi bahan cair (*bio-oil*), gas dan biochar (Lehman, 2007; Brown, 2009). Produksi biochar melalui proses pirolisis menghasilkan bio-energi dalam bentuk synthesis gas yang disebut syn-gas. Syn-gas terdiri dari berbagai macam gas yang dapat digunakan untuk menghasilkan panas dan tenaga.

Hasil produk dari pirolisis bervariasi dengan suhu. Suhu yang lebih rendah akan menghasilkan biochar yang lebih besar per unit biomassa, sedangkan suhu pirolisis yang tinggi dikenal juga sebagai gasifikasi dan menghasilkan syngas sebagai produk utama (Winsley, 2007). Secara garis besar ada dua metode pirolisis yaitu pirolisis cepat (*fast pyrolysis*) dan pirolisis lambat (*slow pyrolysis*). Proses pirolisis cepat dapat menghasilkan sekitar 60% biooil, 20% biochar, dan 20% syngas, dan proses tersebut dapat dilakukan dalam beberapa detik sedangkan pirolisis lambat dapat dioptimasi untuk menghasilkan biochar yang banyak (50%), tetapi membutuhkan waktu beberapa jam untuk hasil yang sempurna.

Metode kuno untuk memproduksi biochar sebagai bahan pembenah tanah adalah metode lubang (*“pit or trench method*), yang menghasilkan terra preta (tanah hitam) (Lehmann, 2007). Metode ini masih potensial untuk pembuatan biochar di pedesaan, tanpa menghiraukan bio-oil atau syngas yang hilang ke udara. Perusahaan modern memproduksi system skala komersial untuk mengolah limbah pertanian, limbah kertas, dan bahkan limbah-buangan sampah kota.

Disebabkan karena struktur aromatikanya, biochar secara kimia dan biologis lebih stabil dan lebih sulit dirombak dalam tanah dibandingkan dengan karbon atau arang biasa. Hal ini berarti, biochar dapat bertahan dalam tanah dalam jangka waktu yang lama yakni ratusan bahkan sampai ribuan tahun (Woolf, 2008).

Biochar memiliki struktur aromatik, sehingga secara kimia dan biologi lebih stabil dari jenis karbon yang lain dan dapat bertahan ratusan sampai ribuan tahun (Krull, et.al., 2006; Kimber, 2008). Biochar mempunyai rumus kimia $C_{12.91}H_{6.05}NO_{3.53}$ dengan kepadatan sekitar 467 kg/m^3 , rasio H/C 0,47 serta O/C $< 0,0,30$, dan nilai pemaasan $25,3 \text{ MJ/kg}$ (O'zcimen & Karaosmanog˘lu, 2004). Penggunaan biochar atau char-coal dalam bidang pertanian diinspirasi oleh kesuburan tanah yang tinggi yang diasosiasikan dengan tanah antropogenik yang disebut "terra preta, di Amazon yang memiliki kandungan C-organik yang tinggi dalam bentuk char dan juga praktik 'slash and char' oleh penduduk asli Amazon (Glaser *et al.* 2001). Pada proses pyrolosisis, selain bahan padat berupa biochar juga dihasilkan bahan cair yang disebut minyak bio dan juga berbagai macam gas antara lain berupa: H_2 , CH_4 , CO, CO_2 dan berbagai gas lainnya tergantung dari masukan macam biomasa (Yaman, 2004). Hasil proses pirolisis yang berupa arang ternyata merupakan bahan yang sangat bermanfaat, bukan saja sebagai energi bahan bakar, tetapi juga sebagai energi untuk produksi pangan.

Proses produksi bio-char dapat dilakukan dalam skala kecil dengan teknologi yang sederhana, maupun skala besar sehingga dapat memberi keuntungan secara komersial. Bahan yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biochar tersedia cukup berlimpah di lingkungan hidup kita, baik dari bahan yang masih mempunyai nilai ekonomis, seperti kayu, sampai bahan yang tidak ada nilai ekonominya, bahkan sering kali menjadi masalah, seperti halnya sampah dan limbah industri yang menggunakan hasil pertanian sebagai bahan bakunya.

2.2. Potensi Residu Biomassa Tanaman

Residu biomassa tanaman memiliki potensi yang cukup besar untuk dijadikan sumber energy termasuk untuk bahan baku pembuatan biochar. Beberapa tanaman seperti padi, jagung, ubi kayu, kacang tanah, misalnya, menghasilkan biomassa masing-masing tidak kurang dari 5 Mg/ha , 4 Mg/ha , 8 Mg/ha , dan 3 Mg/ha . Dengan menggunakan data FAO tahun 1991 dan 2001, Lal (2005) membuat estimasi kenaikan residu biomassa yang dihasilkan oleh berbagai tanaman pertanian total yang diproduksi diseluruh dunia. Untuk padi, jagung, sorghum, kacang tanah, kedele, kentang, ubijalar, dan tebu misalnya pada

tahun 1991 berturut-turut: 780×10^6 Mg, 479×10^6 Mg, 87×10^6 Mg, 23×10^6 Mg, 103×10^6 Mg, 67×10^6 Mg, 31×10^6 Mg, dan 264×10^6 Mg. Pada tahun 2001 produksi residu biomassa tanaman tersebut menjadi berturut-turut : 890×10^6 Mg, 609×10^6 Mg, 87×10^6 Mg, 35×10^6 Mg, 177×10^6 Mg, 77×10^6 Mg, 34×10^6 Mg, dan 314×10^6 Mg. Lal (2005) membuat estimasi jumlah residu tanaman yang diproduksi dunia diperkirakan sekitar 2802×10^6 Mg/tahun untuk tanaman serealia, 3107×10^6 Mg/tahun untuk 17 jenis tanaman serealia dan legume, dan 3758×10^6 Mg/tahun untuk 27 tanaman pangan. Nilai bahan bakar dari total residu tahunan dunia tersebut setara dengan 7560×10^6 Mg minyak bakar/tahun atau setara dengan besaran energi sebesar $11,3 \times 10^{15}$ kcal.

Di Indonesia selain residu dari biomassa tanaman juga tersedia bahan masukan dari sampah kota yang potensinya sangat besar juga dapat dijadikan bahan baku pembuatan biochar. Dengan pemanfaatan sampah kota sebagai bahan masukan biochar, akan diperoleh manfaat sebagai penghasil energi dan juga dapat berkontribusi mengatasi masalah pencemaran lingkungan.

2.3. Komposisi dan Karakteristik Biochar

Komposisi dan karakteristik (kimia dan fisika) dari produk biochar dipengaruhi oleh variasi kondisi pyrolisis termasuk suhu, laju pemanasan, tekanan dan tipe atau jenis bahan yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan biochar (Yaman, 2004; Brown *et al.* 2006; Chan and Xu 2009; Hammes *et al.* 2006; Kimber, 2008; Woolf, *et al.*, 2008).

Selama proses pyrolisis dengan peningkatan suhu, maka kehilangan unsur seperti N, P dan kation-kation akan terjadi melalui volatilisasi, yang diiringi dengan adanya perubahan bentuk struktur karbon dan mikroporositas dari bahan biochar (Chun *et al.* 2004; Shinogi 2004). Shinogi (2004) melaporkan adanya reduksi total N biochar dari limbah (sewage sludge) dari 5.0 % pada suhu 400°C menjadi 2.26 % pada 800°C . Biochar yang diproses pada suhu 700°C memiliki kapasitas adsorpsi lebih besar dari pada biochar yang sama yang dibuat pada suhu 400°C (Yu, *et al.*, 2006). Semakin tinggi suhu, maka biochar yang dihasilkan akan memiliki kemampuan yang lebih tinggi terhadap adsorpsi senyawa beracun dan rehabilitasi lingkungan tercemar.

Biochar dapat diproduksi dari berbagai sumber bahan organik dan pada beberapa kondisi menghasilkan produk dengan berbagai variasi karakteristik (Baldock and Smernik 2002; Nguyen *et al.* 2004; Guerrero *et al.* 2005; Chan, *et al.*, 2008), karena itu akan menghasilkan perbedaan nilai bahan pembenah. Sebagai contoh biochar yang dibuat dari kotoran ternak memiliki kandungan hara yang lebih tinggi dari pada potongan kayu (Chan,

et.al. , 2008). Meskipun demikian, biochar dari potongan kayu memiliki tingkat aromatik yang lebih besar sehingga ia lebih stabil dalam waktu yang lebih lama (Singh and Cowie, 2008). Jadi sangat penting untuk memahami karakteristik dari biochar yang dihasilkan sehingga memudahkan dalam penyesuaian penggunaannya sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan (Cheng, 2006).

Natarajan, et al. (2009) melakukan percobaan pyrolisis menggunakan bahan sekam padi dengan perbedaan suhu, ukuran partikel, laju pemanasan dan panjang reactor. Hasil percobaan menunjukkan bahwa hasil optimum bahan cair (31,78%) pyrolisis diperoleh pada suhu 500°C, ukuran partikel 1.18-1.80 mm, laju pemanasan (heating rate) 60°C/min dan panjang reactor 300 mm. Hasil pyrolisis berupa bahan cair, gas dan padat pada percobaan tersebut masing-masing berkisar antara 22.57-31.78%, 27.75-42.26% dan 34.17-42.52 %.. Pengaruh suhu dan ukuran partikel bahan sekam terhadap hasil pyrolisis lebih nyata dari pada pengaruh laju pemanasan dan panjang reactor pemanasan.

Karakteristik biochar yang dihasilkan juga berhubungan dengan jenis bahan baku yang digunakan pada proses pyrolisis. Sebagai contoh, Rondon *et al.*, (2007) menggunakan limbah kayu *Eucalyptus deglupta* pada temperatur 350°C dan Ozcimen and Karaosmanoglu, (2004) menggunakan limbah rapeseed menghasilkan biochar dengan masing-masing karakteristik seperti pada Tabel 1 dan Table 2.

Table 1 Karakteristik kimia dan fisika biochar dari bahan *Eucalyptus deglupta* Rondon, et.al., 2007)

Karakteristik biochar	Nilai
Total C	823,7 g/kg
Total N	5,73 g/kg
pH (H ₂ O)	7,00
Kandungan air	1,91%
Abu	0,23%
P-Bray-2	49,5 mg/kg
Total P	580 mg/kg
Total S	290 mg/kg
Total Mg	1.31 mg/kg
Total B	9,35 mg/kg
Total Mo	1,36 mg/kg
CEC	46,9 mg/kg

Table 2. Karakteristik kimia dan fisika biochar dari bahan rapeseed (Ozcimen and Karaosmanoglu, (2004)

Karakteristik biochar	Nilai
Bulk density, at 15 °C, kg/m ³	467
Proximate analysis, wt %	
Volatile matter	18,70
Fixed carbon	63,70
Ash	17,60
Komposisi unsur (% w)	
Carbon	54,90
Hydrogen	2,14
Oxygen	20,04
Sulphur	0,35
Nitrogen	4,97
Ash	17,60
Rumus empiris	C _{12.91} H _{6.05} NO _{3.53}
H/C molar ratio	0,47
O/C molar ratio	0,27
Heating value, MJ/kg	25,3

2. 4. Aplikasi biochar pada sistem lingkungan pertanian

Secara kimia dan biologis, biochar dalam tanah lebih stabil dan lebih sulit dirombak dibandingkan dengan karbon atau arang biasa. Hal ini berarti, biochar dapat bertahan dalam tanah dalam jangka waktu yang lama yakni ratusan bahkan sampai ribuan tahun (Woolf, 2008). Penggunaan biochar atau char-coal dalam bidang pertanian diinspirasi oleh kesuburan tanah yang tinggi yang diasosiasikan dengan tanah antropogenik yang disebut “*Terra Preta*”, di Amazon yang memiliki kandungan C-organik yang tinggi dalam bentuk char dan juga praktik ‘slash and char’ oleh penduduk asli Amazon (Glaser *et al.* 2001; Glaser, 2007).

Biochar memiliki potensi sebagai bahan pembenah tanah (Chan, *et.al.*, 2008; Glasser *et al.*, 2002; Woolf, 2008) untuk memperbaiki sifat tanah pada sistem pertanian. Banyak peneliti telah melaporkan adanya perbaikan sifat tanah akibat penggunaan biochar (Asai *et.al.*, 2009; Lehman *et al.*, 2003; Liang *et al.*, 2006; Chan *et al.*, 2007; Chan, *et.al.*, 2008) dan meningkatkan hasil tanaman (Yamato *et al.*, 2006; Chan *et al.*, 2008). Perbaikan terhadap beberapa sifat fisika dan kimia tanah akibat penambahan bahan pembenah biochar antara lain: meningkatkan agregasi tanah, kapasitas pegang air tanah (*water holding capacity*), dan menurunkan keteguhan tanah (*soil strength*) serta meningkatkan karbon organik tanah, KTK, N, pH, P-tersedia tanah (Chan, *et al.*, 2007;

Chan, et.al., 2008). Hasil yang sama dalam hal pengaruh biochar terhadap peningkatan KTK tanah telah ditemukan sebelumnya oleh Liang et.al. (2006). Menurut Chan, et.al. (2008), perbedaan pengaruh biochar pada sistem pertanaman dapat dihubungkan dengan adanya perbedaan karakteristik biochar yang digunakan.

Penelitian yang satu-satunya telah dilakukan di Indonesia oleh Yamato *et al.* (2006) menunjukkan bahwa biochar yang dibuat dari *Acacia magnum* dapat meningkatkan pH tanah masam, kejenuhan basa, KTK dan menurunkan kejenuhan Al. Pada sistem pertanaman padi gogo (*upland rice cropping system, Oryza sativa L.*) di Laos, Asai, et.al (2009) melaporkan bahwa aplikasi biochar mampu memperbaiki konduktivitas hidraulik jenuh (*saturated hydraulic conductivity*) dan memperbaiki respon tanaman terhadap pemupukan N dan P. Aplikasi biochar juga dapat meningkatkan ketersediaan hara (Chan, et.al., 2008; Lehmann et al., 2002; Glaser et al., 2002; Yamato et al., 2006).

Novak *et al.* (2009) menunjukkan bahwa aplikasi biochar pada tanah masam di lahan Amerika selatan dapat meningkatkan pH, bahan organik tanah, Mn, Ca, menurunkan S dan Zn. Meningkatnya aktivitas biologi tanah telah dilaporkan oleh Rondon *et al.* (2007) yakni nitrogen fixation pada *Phaseolus vulgaris L.* and oleh Chan *et al.* (2008) pada cacing tanah dan biomassa mikrobial tanah.

Potensi biochar dalam bidang pertanian telah banyak dibuktikan oleh para peneliti di berbagai tempat di dunia kecuali di Indonesia hal ini masih sangat baru. Penggunaan biochar ternyata mampu memperbaiki produktivitas tanah melalui perbaikan kualitas tanah baik fisik, kimia dan biologi (Glaser *et al.*, 2002; Lehmann *et al.*, 2003; Chan *et al.*, 2007; Chan, et.al., 2008). Pengujian pada *hardsetting soils* (Alfisol) di Australia, Chan, et.al., (2007) melaporkan adanya peningkatan hasil tanaman, efisiensi pemupukan nitrogen dan perbaikan kualitas tanah (pH, C-organik, kation tertukar, kandungan lengas kapasitas lapang, menurunkan keteguhan tanah). Peningkatan hasil tanaman yang diperoleh lebih disebabkan oleh kemampuan biochar untuk meningkatkan ketersediaan hara tanaman khususnya N. Akan tetapi respon tanaman dan perubahan kualitas tanah sangat dipengaruhi oleh karakteristik bahan biochar yang digunakan (Chan, et.al., 2008).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa biochar mampu meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah (Asai, et.al., 2009; Chan, et.al, 2009; Glaser *et al.* 2002a, 2002b; Lehmann *et al.* 2003; Lehmann and Rondon, 2006). Ide penggunaan biochar untuk masukan energi dalam produksi bahan pangan didasarkan pada kenyataan bahwa tanaman yang berada pada tanah hitam di Amazon yang berkembang dari batu arang, disebut "terra preta" mampu berproduksi tinggi secara berkesinambungan (Glaser

et al., 2001; Glaser, 2007). Bio-char merupakan bahan yang sangat stabil sehingga merupakan penyimpan karbon di daratan yang sangat baik (Badlock & Smernik, 2002), sehingga dapat mengurangi emisi karbon ke atmosfer yang pada gilirannya mengurangi laju pemanasan global (Druffel, 2004).

BAB III. METODE PENELITIAN.

Penelitian yang diusulkan untuk pendanaan tahun 2018 ini merupakan lanjutan dari penelitian tahun sebelumnya yang didanai oleh Dana PNBP Pasca Sarjana Tahun 2017. Penelitian tahun 2017 merupakan penelitian pendahuluan dengan tiga kegiatan yakni: (1) pengumpulan limbah/biomassa pertanian (2) proses pembuatan/produksi dan karakterisasi biochar (3) percobaan inkubasi biochar sebagai bahan amandemen untuk uji retensi tanpa tanaman pada skala laboratorium.

3.1. Produksi dan Karakterisasi Biochar (dilakukan Tahun 2017)

Pembuatan biochar dari lima jenis limbah tanaman pertanian yaitu : (1) jerami padi (2) sekam padi (3) tongkol jagung (4) brangkas kedelai dan (5) bungkil kacang

Pembuatan biochar dilakukan dengan metode pemanasan pada suhu 400°C menggunakan alat furnace di Laboratorium Fisika Tanah Fakultas Pertanian UNRAM. Bahan baku berupa limbah pertanian dimasukkan ke dalam piring porselin dipanaskan dengan peningkatan temperatur 15°C per menit, sampai temperatur yang diinginkan (400 °C). Proses pemanasan dihentikan sampai bahan biomassa berubah menjadi arang berwarna hitam. Waktu pembuatan untuk masing-masing bahan dicatat. l.

Biochar yang dihasilkan didinginkan pada suhu kamar selama 4 jam dan ditimbang dan dihaluskan kemudian di masukkan kedalam “vaccum desicator“ untuk ditentukan kepadatannya dengan “mercury porosimeter”. Selanjutnya porositas, ϵ , dihitung dengan persamaan :

$$\epsilon = (1 - \rho_a/\rho_s) \times 100\% ;$$

Dimana ρ_a adalah berat jenis volume, ρ_s adalah berat jenis partikel

Karakterisasi biochar dilakukan terhadap beberapa analisis laboratorium sampel masing-masing biochar terhadap: kandungan abu, pH, EC, kandungan C, N, K, Ca, Mg, Na, KTK, dan berat volume. Analisis kualitatif gugus fungsional atau ikatan kimia organik yang terkandung dalam masing-masing biochar akan dilakukan menggunakan Fourier

transformation infrared (*FTIR analysis*) menggunakan Shimadzu Model 5020 FTIR Spectrometer (absorbance spectra wave number 400 to 4,000 cm^{-1}) di Lab. MIPA Universitas Brawijaya Malang.

Kandungan air biochar (% w/w), dilakukan menurut cara yang digunakan oleh Novak *et al.* (2009). Sejumlah sampel biochar (10 gram) dikeringkan dalam oven selama 24 jam pada suhu 80°C kemudian didinginkan dalam eksikator dan selanjutnya ditimbang untuk penetapan kandungan air biochar. Pengukuran pH menggunakan pH meter dengan air bebas ion (*deionized water*) yang dilakukan terhadap suspensi biochar dengan rasio 1:1. Suspensi tersebut dipanaskan pada suhu 90°C dan diaduk selama 20 menit. Suspensi biochar didinginkan pada suhu kamar, selanjutnya pH suspensi tersebut diukur. Pengukuran daya hantar listrik (EC) menggunakan EC-meter dilakukan terhadap ekstrak sampel biochar yang digunakan pada penetapan pH.

Total kandungan C (%) ditetapkan menurut ASTM 3176 (ASTM, 2006), kandungan N (%) dengan metode Kjeldhal, P dengan pengukuran spectrometer. KTK (cmol kg^{-1}) ditetapkan dengan pengeksrak 1 M NH_4OAc pH 7,0 sedangkan kandungan K, Ca, Mg dan Na dengan pengukuran menggunakan atomic absorption spectrophotometry (AAS, model SHIMADZU AA-6800).

Berat jenis volume (*bulk density, g cm⁻³*): berat jenis biochar ditetapkan menurut cara Masulili *et al.* (2010) yakni dengan mengisi tabung/wadah bervolume 20 ml dengan serbuk biochar dan dipadatkan sedemikian rupa pada volume konstan, selanjutnya ditimbang. Berat jenis dihitung dengan membagi berat kering sampel biochar dengan volume tabung/wadah.

3.2. Uji biochar terhadap retensi hara (Dilakukan Tahun 2017)

Tahapan percobaan ini bertujuan untuk mengevaluasi potensi masing-masing macam biochar dari lima bahan limbah pertanian terhadap retensi hara (kation) menggunakan tanah berpasir (*sandy loam*). Percobaan inkubasi dilakukan di laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Uram, pada suhu kamar (30°C) menggunakan tabung PVC diameter 5 cm berisi tanah kering angin yang diambil dari lahan kering padi gogo di Lombok Utara. Perlakuan yang diuji adalah lima (5) macam biochar yaitu:

- (1) biochar jerami padi (BP_J)
- (2) biochar sekam padi (BP_S)
- (3) biochar tongkol jagung (BJ_T)
- (4) biochar brangkas kacang tanah (BK_C)

(5) biochar brangkas kedelai (BK_E).

Tanah tanpa biochar juga diikutsertakan sebagai kontrol. Perlakuan inkubasi ditata menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) diulang 3 kali. Biochar dicampurkan secara merata dengan tanah dalam tabung. Kadar air tanah dipertahankan pada tingkat 80% kapasitas lapang selama inkubasi 10 hari, selanjutnya kolom tanah dicuci dengan sejumlah air hingga leachate dapat ditampung menggunakan Erlenmeyer. Pencucian (leaching) dilakukan tiga kali (tiga hari) dan cairan leachat dicatat pada masing-masing pencucian. Analisis kation terhadap leachate dilakukan terhadap , K, Ca, Na dan Mg (Amonium Acetat pH 7,0). Sedangkan terhadap tanah dilakukan analisis terhadap beberapa sifat kimia yaitu meliputi :pH- H₂O, C-organik tanah (Walkey & Black), N (Kjedahl), KTK, K, Ca, dan Mg (Amonium Acetat pH 7,0).

3.3. Percobaan Rumah Kaca : Uji potensi biochar terhadap serapan hara, pertumbuhan dan hasil padi gogo.

Tahapan penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh beberapa macam biochar terhadap serapan hara (N,P, K), perubahan sifat kimia tanah serta pertumbuhan dan hasil padi gogo. Percobaan skala rumah kaca menggunakan polybag berisi 10 kg tanah kering angin yang diambil dari lahan kering padi gogo di Lombok Utara. Perlakuan yang diuji adalah 4 macam biochar dari hasil proses produksi tahun pertama yakni: (1) biochar sekam padi (BP_S), (2) biochar tongkol jagung (BJ_T) (3) biochar brangkas kacang tanah (BK_C) dan (4) biochar brangkas kedelai (BK_E) dan (5) tanpa penambahan biochar sebagai control. Biochar yang digunakan berdiameter 1 mm dengan takaran 5 ton/ha.

Perlakuan ditata menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) diulang 4 kali. Biochar dicampurkan secara merata pada kedalaman 10 cm. Kadar air tanah dipertahankan pada tingkat kapasitas lapang selama inkubasi 30 hari pertama, kemudian selanjutnya penambahan air dilakukan ketika kadar air tanah mencapai 40% dari kapasitas lapang.

Percobaan pot akan dilakukan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Mataram selama 8 bulan. Pot yang berisi tanah yang telah diperlakukan dan diinkubasi 30 hari kemudian ditanami benih padi gogo varitas Invago-Unram 1 dengan pemupukan 135 kg N/ha, 50 kg P₂O₅/ha dan 50 kg K₂O/ha. Pemupukan N diberikan dua kali yakni umur 30 hari sesudah tanam dan 55 hari sesudah tanam. Pada akhir panen, contoh tanah pada setiap pot perlakuan diambil pada kedalaman 0-10cm untuk keperluan analisis N (Kjedahl), P tersedia (Bray), KTK, K, Ca, Mg tertukar (Amonium Acetat pH 7,0), C-organik tanah (Walkey & Black). Selama periode pertumbuhan juga diukur variabel

agronomis yang meliputi: produksi biomassa total, hasil tanaman, dan serapan hara N, P dan K. Serapan hara tanaman N,P,K ditetapkan berdasarkan hasil analisis jaringan tanaman pada fase vegetative maksimum (55 HST).

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik biochar

Karakteristik biochar yang diproduksi dari beberapa limbah pertanian melalui proses pyrolysis (suhu 400°C) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 3. Karakteristik Fisika dan kimia dari biochar yang dibuat dari limbah tanaman pertanian : Jerami padi (BPJ), sekam padi (BPS), tongkol jagung (BJT), brangkasan kacang tanah (BKC) dan brangkasan kedelai (BKE)

Karakteristik	Jenis Biochar				
	BPJ	BPS	BJT	BKC	BKE
Hasil biochar (%)	32.20	25.03	47.78	46.76	35.00
Kadar air (% w/w)	5.02 ± 0.03	5.81 ± 0.02	7.63 ± 0.05	6.97 ± 0.24	10.52 ± 0.13
pH	10.20 ± 0.08	6.92 ± 0.13	10.20 ± 0.01	8.91 ± 0.05	10.41 ± 0.14
C-org (%)	47.04 ± 0.78	43.43 ± 0.54	53.53 ± 0.22	51.73 ± 0.29	57.36 ± 0.02
N (%)	0.10 ± 0.04	0.45 ± 0.02	0.63 ± 0.06	1.32 ± 0.02	1.06 ± 0.05
K (me%)	40.07 ± 0.03	3.36 ± 0.23	38.97 ± 0.50	18.17 ± 0.09	49.12 ± 0.18
Ca (me%)	1.25 ± 0.02	1.34 ± 0.02	2.44 ± 0.16	1.89 ± 0.23	4.51 ± 0.07
Mg (me%)	0.68 ± 0.03	1.06 ± 0.04	1.08 ± 0.02	3.50 ± 0.22	17.58 ± 0.06
KTK (me%)	9.35 ± 0.03	16.77 ± 0.05	38.68 ± 0.23	27.59 ± 0.30	48.29 ± 0.16
Abu (%)	32	41	26	33	35

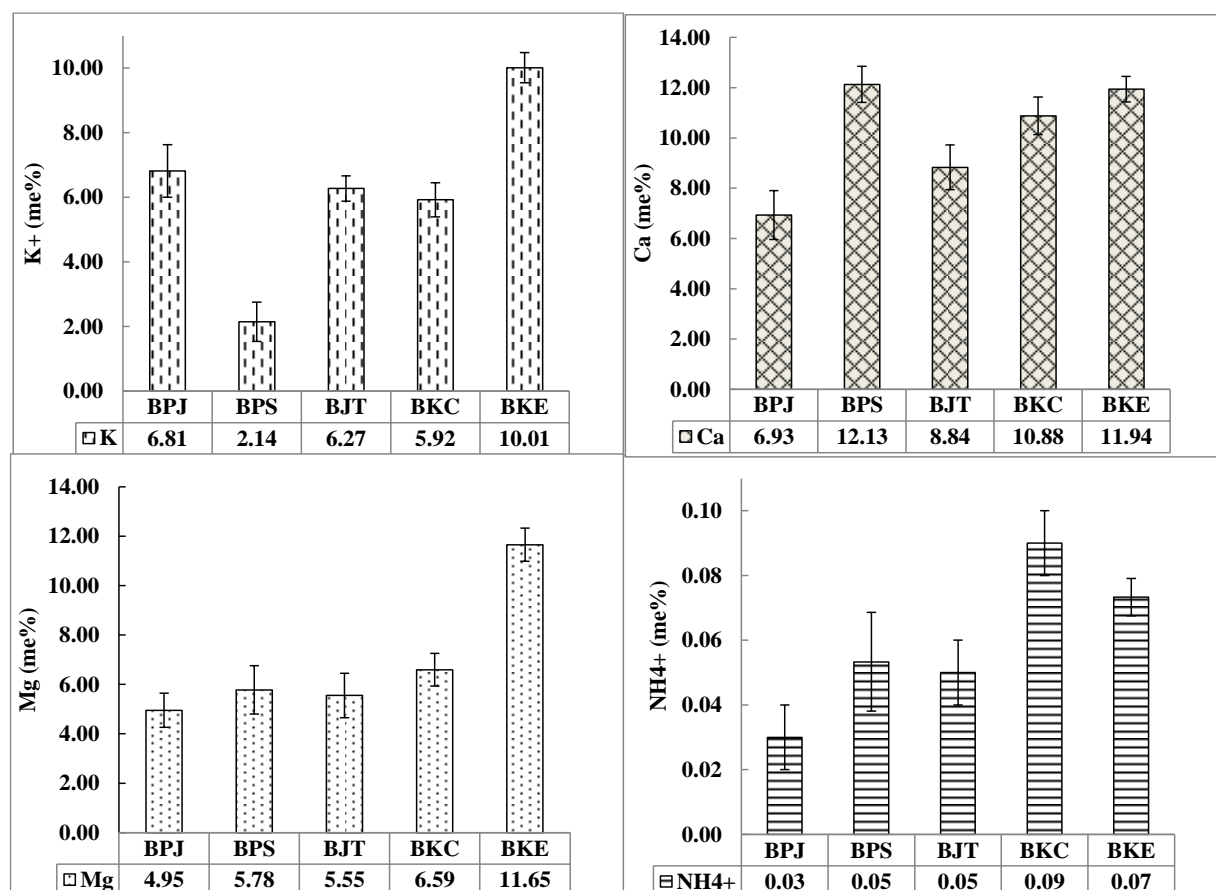
Hasil biochar (rendemen) tertinggi diperoleh dari limbah tongkol jagung (BJT) dan kacang tanah (BKC) masing-masing mencapai 48% dan 47%, selanjutnya secara berurutan diikuti oleh limbah kacang kedelai (BKE), jerami padi (BPJ) dan sekam padi (BPS) masing-masing sebesar 35%, 32% dan 25%. Pada kondisi pemanasan yang sama maka perbedaan hasil biochar sangat ditentukan oleh perbedaan komposisi dan karakteristik jenis bahan terhadap proses pemanasan. Karakteristik biochar yang dihasilkan berhubungan erat dengan perbedaan karakteristik dari jenis bahan baku yang digunakan pada proses pyrolysis dan secara tidak langsung berhubungan erat dengan sejarah agronomis biomassa tanaman tersebut. Biochar dari biomassa tanaman legume seperti kacang tanah dan kedelai mengandung N dan C yang tinggi dibandingkan tanaman jagung dan padi.

Bahan yang mengandung kayu atau selulosa tinggi cenderung menghasilkan rendemen biochar yang lebih tinggi. Dalam proses pyrolysis dengan peningkatan suhu, terjadi reaksi termokimia yang menyebabkan kehilangan unsur dan atau senyawa tertentu melalui volatilisasi yang dibarengi dengan adanya perubahan struktur karbon dan mikroporositas dari bahan biochar (Chun *et al.* 2004). Reaksi termokimia yang terjadi pada pemanasan biomassa organik dengan sifat dan karakteristik yang bahan berbeda menyebabkan adanya variasi sifat fisikokimia dari biochar yang dihasilkan maupun produk lain yang berupa gas atau cair. Chan, et.al. (2008) menunjukkan bahwa biochar yang dibuat dari kotoran ternak memiliki kandungan hara yang lebih tinggi dari pada potongan kayu tetapi biochar dari potongan kayu memiliki tingkat aromatik yang lebih besar sehingga ia lebih stabil dalam waktu yang lebih lama dalam tanah. Sayangnya dalam percobaan ini tidak dihitung berapa besar bahan volatile yang hilang dari masing-masing bahan pada proses pemanasan. Jindo et al (2014) menunjukkan bahwa biochar dari bahan berkayu (*woody biochars*) khususnya pada proses pemanasan suhu rendah menghasilkan kandungan bahan volatile yang relatif tinggi disebabkan karena kandungan lignin pada bahan berkayu yang lebih tahan terhadap proses dekomposisi pyrolitik pada suhu 400°C. Data kandungan abu menunjukkan bahwa sekam padi (BPS) dan jerami padi (BPJ) menunjukkan kandungan abu lebih tinggi dari biomassa kacang tanah, kedele dan tongkol jagung. Biomassa padi (sekam dan jerami) diketahui kaya dengan Si dengan demikian pada proses pemanasan terbentuk ikatan SI-C sebagai sumber komponen aromatic (Guo and Chen, 2014). dan bahan rekalsitran biochar, sementara pada bahan-bahan berkayu, lignin merupakan komponen utama carbon rekalsitran biochar (Jindo, et al., 2014).

Dalam kaitannya dengan potensi retensi hara, maka data KTK yang ditunjukkan Tabel 1 secara memberikan gambaran adanya potensi retensi hara yang berbeda diantara ke lima jenis biochar tersebut. Tiga biochar masing-masing biochar yang diproduksi dari biomassa brangkas kedelai, kacang tanah, dan tongkol jagung menunjukkan nilai KTK yang cukup tinggi yakni masing-masing mencapai 48,29 me%, 27,59me% dan 38,68me% sementara biochar dari jerami dan sekam padi relative lebih kecil masing-masing 9,35 dan 16,77 me%. Dengan demikian maka sangatlah penting untuk memahami karakteristik dari biochar yang dihasilkan sehingga memudahkan dalam penyesuaian penggunaannya sebagai bahan pembenah sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

4.2. Potensi retensi biochar terhadap hara.

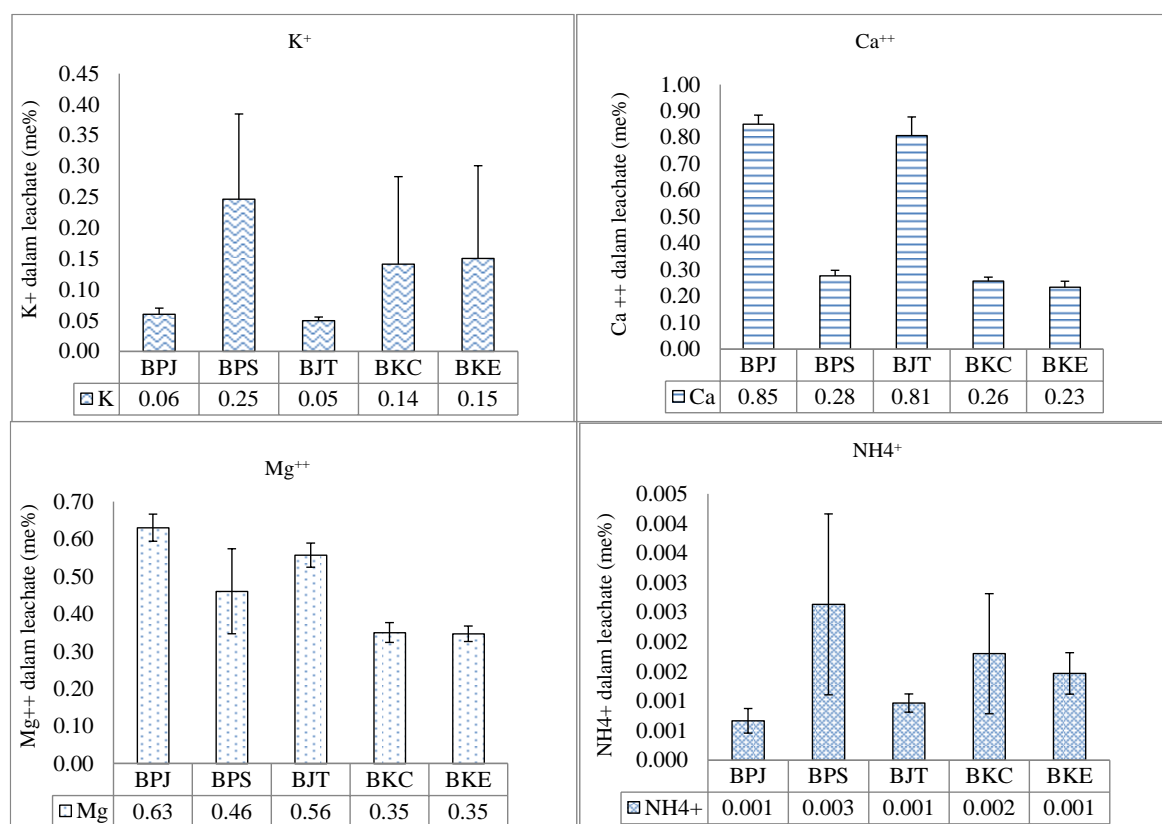
Adanya potensi retensi biochar terhadap hara tanah digambarkan oleh konsentrasi kandungan kation tanah (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} dan NH_4^+) yang diberi biochar dalam percobaan inkubasi selama 1 bulan dan proses pencucian kolom (kolom leaching) di laboratorium. Data konsentrasi kation tertukar (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} dan NH_4^+) tanah dengan pengestrak NH_4OAc setelah aplikasi biochar dan konsentrasi kation air cucian kolom tanah (*leachate*) ditunjukkan masing-masing pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 2. Kandungan kation tertukar (K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} dan NH_4^+) tanah setelah aplikasi biochar pada percobaan inkubasi.

Secara umum data pada Gambar 1 menunjukkan bahwa kolom tanah dengan tambahan biochar dari legume yakni kacang tanah (BKC) dan kedelai (BKE) menunjukkan retensi nitrogen dalam bentuk ammonium lebih tinggi dari kolom tanah lainnya yang mendapatkan pasokan biochar dari biomassa sekam padi, jerami dan tongkol jagung. Sementara untuk retensi terhadap ion K^+ , Ca^{++} , dan Mg^{++} , kolom tanah yang diberi barangkasan kedelai (BKE) menunjukkan nilai tertinggi. Tingginya retensi hara pada kolom BKE berkorelasi positif dengan nilai KTK dari BKE yang paling tinggi

(Tabel 1). Tingginya nilai KTK biochar menggambarkan potensinya dalam meretensi unsur-unsur hara dalam bentuk kation.

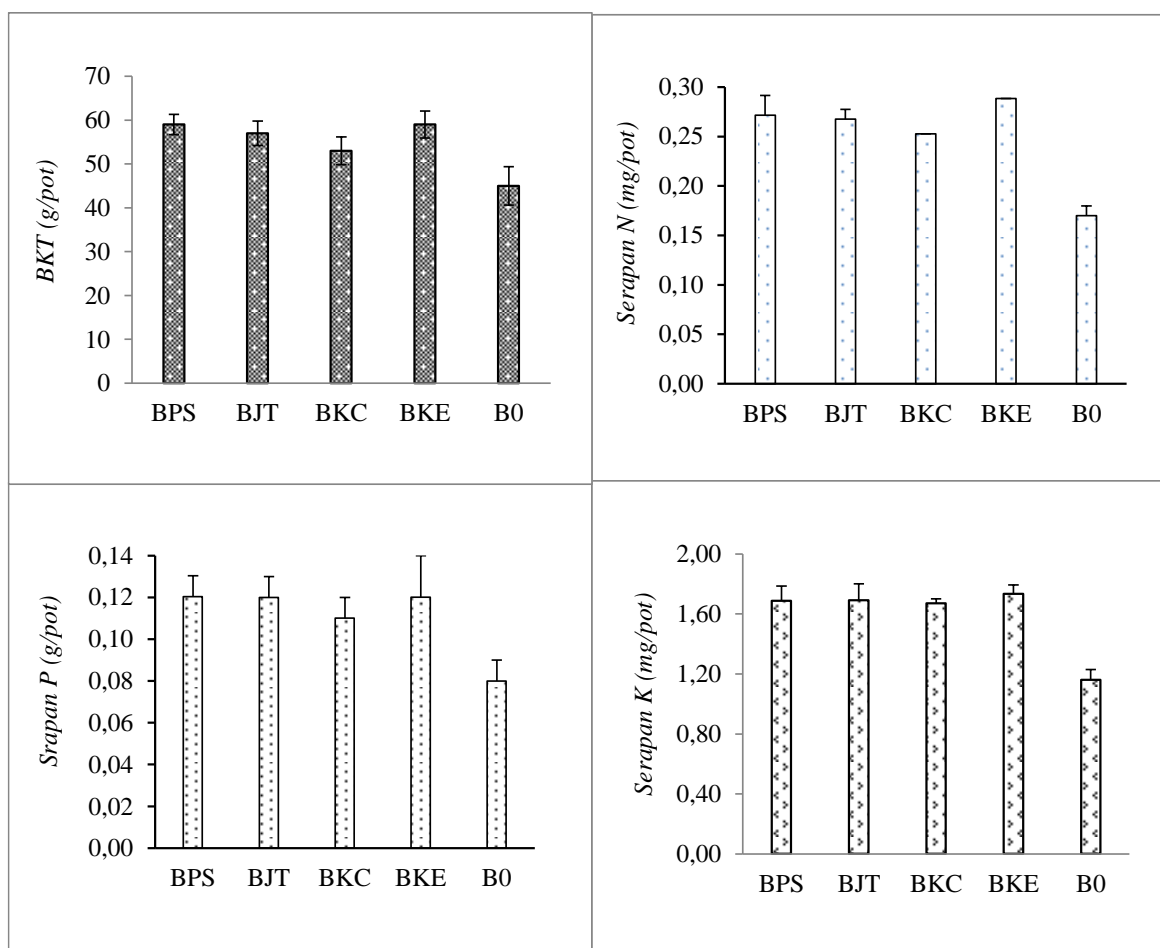


Gambar 3. Kandungan K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺ dan NH₄⁺ leachate hasil pencucian kolom tanah yang diberi berbagai biochar jerami padi (BPJ), sekam padi (BPS), tongkol jagung (BJT), brangkas kacang tanah (BKC) dan brangkas kedelai (BKE)

4.3. Uji potensi biochar terhadap serapan hara dan pertumbuhan padi gogo.

Pada percobaan pot ini telah dilakukan uji empat macam biochar yakni: (1) biochar sekam padi (BPS), (2) biochar tongkol jagung (BJT) (3) biochar brangkas kacang tanah (BKC) dan (4) biochar brangkas kedelai (BKE). Biochar jerami tidak digunakan karena dengan pertimbangan ketersediaan jerami dilapangan banyak digunakan untuk mulsa untuk pertanaman hortikultura musim kemarau. Aplikasi biochar ke dalam tanah memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan serapan hara (N,P,K) dan berat brangkas kering tanaman. Berat brangkas tanaman meningkat pada kisaran 25 sampai 38% dibandingkan tanpa pemberian biochar. Secara umum, tiga jenis biochar yaitu BPS, BJT, dan BKE memberikan pengaruh yang sama terhadap serapan hara N, P, dan K (Gambar 3).

Keberadaan biochar dalam tanah dapat memperbaiki sifat tanah khususnya retensi hara dan air melalui meningkatnya jumlah muatan negatif permukaan (*negative surface charge*) sebagai kontribusi struktur karbon aromatik biochar yang kaya gugus fungsional. Kehadiran biochar dalam jangka panjang akan memberikan peluang terbentuknya formasi antara biochar dengan fraksi liat tanah dan bahan organik (B-CI-OM)_x yang bermakna positif terhadap kemampuan tanah menahan air dan hara. Halusnya bahan biochar juga menjadi faktor pendukung meningkatnya kemampuan tanah meretensi air dan hara khususnya pada tanah bertekstur kasar. Penelitian pada tanah berpasir masam (Novak et al., 2010; Gaskin et al., 2010), lebih mempertegas adanya pengaruh signifikan dari penambahan biochar terhadap peningkatan kualitas tanah antara lain meningkatkan kandungan C-organik, kation tertukar (K, Ca, Mg) dan nilai KTK tanah.



Gambar 4. Berat berangkas kering (BKT) dan serapan hara N,P,K tanaman padi gogo yang pada berbagai perlakuan biochar (sekam padi, BPS, tongkol jagung, BJT, brangkas kacang tanah, BKC dan brangkas kedelai, BKE) dan tanpa biochar (B0)

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

- a) Karakteristik kimia biochar bervariasi dipengaruhi oleh perbedaan macam dan sifat bahan baku biomassa organik.
- b) Retensi hara biochar bervariasi diantara lima macam biochar yang ditunjukkan oleh nilai KTK. KTK, Nilai KTK dari biochar sekam padi (BPS), biochar tongkol jagung (BJT), biochar brangkas kacang tanah (BKC) dan biochar brangkas kedelai (BKE) masing-masing 17,0; 38,68; 27,59 dan 48,0 me%.
- c) Aplikasi biochar memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tanaman padi gogo ditunjukkan oleh meningkat berat brangkas kering tanaman. Berat brangkas tanaman meningkat pada kisaran 25 sampai 38% dibandingkan tanpa pemberian biochar.
- d) Aplikasi biochar berkontribusi meningkatkan serapan N,P, K. Tidak ada perbedaan signifikan serapan hara pada semua perlakuan aplikasi biochar.

5.2. Saran

Hasil percobaan rumah kaca selanjutnya perlu diuji di lapangan pada berbagai rentang takaran. Dalam menentukan pilihan dalam penggunaan biochar maka pertimbangan selain karakteristik fisikokimia biochar yang perlu diperhatikan adalah kelimpahan sumber bahan di areal petani. Dengan demikian maka untuk kondisi pertanian di Nusa Tenggara barat tiga biomassa organik yakni limbah sekam padi, tongkol jagung dan limbah kedelai dapat dipertimbangkan sebagai sumber pembuatan biochar.

Aknowledgement

Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Universitas Mataram atas pembiayaan penelitian ini melalui skema PNPB Tahun anggaran 2018. Hasil penelitian ini akan digunakan untuk memperkaya bahan ajar pada mata kuliah kesuburan tanah, Pengelolaan tanah dan Konservasi tanah dan air.

DAFTAR PUSTAKA

- Asai H., Benjamin K.S., Haefele M. S., Khamdok Amonette, J.E. Joseph, S. 2009. Characteristics of Biochar: Microchemical Properties. In: J. Lehmann, Joseph, S. (Editor). *Biochar for Environmental Management Science and Technology*. Earthscan. London
- Baldock J.A and Smernik R.J. 2002. Chemical composition and bioavailability of thermally altered *Pinus resinosa* (Red pine) wood. *Organic Geochemistry* 33. 1093–1109. doi: 10.1016/S0146-6380(02)00062-1

- Brown. R. 2009. Biochar Production Technology. In: Biochar for Environmental Management: Science and Technology (Eds. Lehmann. J.& Joseph. S.). Earthscan.
- Bruno O. Dias. Carlos A. Silva. Fabio S Higashikawa. Asuncion Roig. Miguel A. Sanchez Monedero. 2010. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: Effect on organic matter degradation and humification . *Biosource Technology* 101 (2010) 1239-1246
- Chan KY. Dorahy C. Tyler S (2007). Determining the agronomic value of composts produced from green waste from metropolitan areas of New South Wales. Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 47. 1377–1382. doi: 10.1071/EA06128
- Chan. K.Y. Van Zwieten. L.. Meszaros. I.. Downie. A and Joseph. S.. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*. 2008.46. 437–444
- Druffel Ellen R.M (2004). Comments on the importance of black carbon in the global carbon cycle. *Marine Chemistry* 92 (2004) 197– 200
- Gaunt J.L and Lehmann J. 2008. Energy Balance and Emissions Associated with Biochar Sequestration and Pyrolysis Bioenergy Production *Environ. Sci. Technol.* 42.4152–4158
- Glaser B., 2007. Prehistorically modified soils of central Amazonia: a model for sustainable agriculture in the twenty-first century. *Phil. Trans. R. Soc. B* (2007) 362. 187–196
- Glaser B. Haumaier L. Guggenberger G and Zech W..2001. The Terra Preta phenomenon: A Model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Die Naturwissenschaften* 88. 37–41
- Glaser. B. Lehmann. J. Zech. W.. 2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoals A review. *Biol. Fertil. Soils* 2002.35. 219–230
- Guo, J and Chen, B., 2014. Insight on the molecular mechanism for the recalcitrance of biochar: interactive effect of carbon and silicon component. *Environ, Sci. Tech.* 48; 9101-9103.
- Jindo, K., Mizumoto, H., Sawada, Y., Sanchez-Monedero, M.A., and Sonoki, T., 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues
- Krull. E.. 2007. Biochar. CSIRO. Land and Water Division. Canberra. Australia
- Lehman, J. 2009. Biochar for environmental management. Erath scan, Oxford, UK.
- Lehmann, J., Kern. D.C. Glaser. B and Woods. W.I.. 2003. Amazonian Dark Earths: Origin. Properties and Management. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands
- Liang B. Lehmann J. Kinyangi D. Grossman J. O'Neill B. Skjemstad JO. Thies J. Luizao FJ. Peterson J. Neves EG (2006). Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70. 1719–1730
- Mahimairaja. S.. Bolan. N.S.. Hedley. M.J.. Macgregor. A.N.. 1994. Losses and transformation of nitrogen during composting of poultry manure with different amendments: an incubation experiment. *Bioresour. Technol.* 47. 265–273

- Masulili A., Utomo W.H and Syechfani.. 2010. Rice husk biochar for rice based cropping system in acid soil 1. The characteristics of rice husk biochar and its influence on the properties of acid sulfate soils and rice growth in West Kalimantan. Indonesia. *Journal of Agriculture Science*. 2 (1): 39-47.
- Natarajan. E. and Ganapathy S. E.. 2009. Pyrolysis of rice husk in a fixed bed reactor. *World Academy of Science. Engineering and Technology*. 56: 504-508
- Novak J.M., Busscher W.J., Laird D.L., Ahmedna M., Watts D.W. and Mohamed Niandou M.A.S.. 2009. Impact of Biochar Amendment on Fertility of a Southeastern Coastal Plain. *Soil Soil Science*.174: 2. 105-111
- Obemah, D., Nartey and Baowei Zhao, 2014. Biochar preparation, characterization, and adsorptive capacity and its effect on bioavailability of contaminants: An Overview. Hindawi Publishing Corporation, *Advance in Material Science and Engineering* Volume 2014. Article ID 715398. 12 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/715398>
- Pigery. A.. and Hedley. M.J. 2008. Massey Biochar Initiative. Centre for Energy Research. Massey University. Palmstown North. New Zealand.Publisher. CRC Press. Florida.
- Rondon M., Lehmann J., Ramírez J., Hurtado M. (2007). Biological nitrogen fixation by common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) increases with biochar additions. *Biol. Fertil. Soils*.43. 699–708.
- Skjemstad J.O., Clarke P., Taylor J.A., Oades J.M and McClure S.G. 1996. The chemistry and nature of protected carbon in soil. *Australian Journal of Soil Research* 34. 251–271
- Steiner C., Teixeira. W.G., Lehmann. J.. 2007. Long term effect of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant Soil* 291: 257-290
- Sukartono. W.H. Utomo. Z. Kusuma. and W.H. Nugroho. 2011. Soil fertility status, nutrient uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar and cattle manure application on sandy soils of Lombok. *Indonesia Journal of Tropical Agriculture* 49 (1-2) : 47-52. 2011
- Suwardji. 2006. Kebutuhan Teknologi untuk pengembangan pertanian lahan kering NTB. Makalah utama yang disampaikan dalam Seminar Nasional Pemanfaatan Teknologi Spesifik Lokasi. Kerjasama LIPI-Bapedda NTB di Mataram. 16 Desember 2006.
- Winsley. P.. 2007. Biochar and Bionenergy Production for Climate Change. *New Zealand Science Review* 64 (1): 1-10.
- Woolf D. (2008) Biochar as a soil amendment: A review of the environmental implications.
- Yamato. M., Okimori. Y., Wibowo. I.F., Anshiori. S., Ogawa. M.. 2006. Effects of the Application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra. Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition* 52. 489–495.