

PENGELOLAAN RESIDU JAGUNG-KEDELAI pada POLA TUMPANGSARI TERHADAP, SIMPANAN C-ORGANIK DAN BEBERAPA SIFAT KIMIA TANAH

CORN-SOYBEAN RESIDUE MANAGEMENT INTERCROPPING SYSTEM ON C-STORAGE AND SOIL CHEMICAL PROPERTIES

Salawati^{1*} dan Sjarifuddin Ende²

Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Mujahidin Toli-toli

* Corresponding Author. E-mail address: wati.stip@yahoo.com

PERKEMBANGAN ARTIKEL:

Diterima: 18 Januari 2023
Direvisi: 6 September 2023
Disetujui: 17 Desember 2023

KEYWORDS:

Biochar, bulk density, land equivalent ratio, productivity, soil quality

ABSTRACT

Corn and soybeans include that are important food after rice and wheat, but the obstacles encountered in cultivating these plant in monoculture is the increasingly limited availability of land and soil fertility. This study aimed to determine the effect of the cropping system the role of corn and soybean crop residues and their biochar on soil C-Organic, C-storage, bulk density, soil chemical properties and land equivalent ratio. The study was carried out on agricultural land park Sidondo and soil laboratory at Tadulako University, Central Sulawesi. The experimental design used was 5x5 factorial in a split plot with 3 blocks as replication. As the main plot is the cropping system namely; (T1) corn monoculture, (T2) soybean monoculture, (T3) corn/soybean intercropping (1:1), (T4) corn/soybean intercropping (2:1), (T5) and corn/soybean intercropping (2:4). Subplots were corn-soy residue labeled (R1) without residue, (R2) corn residue, (R3) soybean residue, (R4) corn+soybean residue, (R5) corn+soybean biochar. Each repetition (block) has 25 tiles, each measuring 3,5 m x 4,5 m. The results showed that the highest soil C-organic and C-storage in the 2:4 intercropping interaction with biochar, the lowest soil bulk density in the interaction of soybean monoculture treatment with biochar, the highest total N in the 2:4 intercropping treatment interaction with soybean corn residue. Total P in the 2:4 intercropping interaction with biochar, the highest total K in the 1:2 intercropping interaction with corn-soybean residue, the highest land equivalent ratio in the 2:4 intercropping interaction with soybean residue.

ABSTRAK

Tanaman Jagung dan kedelai termasuk tanaman pangan penting setelah padi dan gandum namun kendala yang dihadapi dalam budidaya tanaman tersebut secara monokultur adalah keterbatasan lahan serta kesuburan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sistem pertanaman dan peran residu tanaman jagung dan kedelai serta biocharnya terhadap simpanan C-organik tanah, bobot isi tanah, beberapa sifat kimia tanah dan nisbah kesetaraan lahan. Penelitian ini dilaksanakan di kebun sains Sidondo BPTP Sulawesi Tengah dan laboratorium tanah Universitas Tadulako Palu Sulawesi Tengah. Percobaan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok faktorial 5x5 pola petak terbagi (*Split Plot Design*) dengan tiga ulangan. Sebagai petak utama adalah sistem pertanaman yaitu; (T1) monokultur jagung, (T2) monokultur kedelai, (T3) tumpangsari jagung/kedelai (1:1), (T4) tumpangsari jagung/kedelai (2:1), (T5) dan tumpangsari jagung/kedelai (2:4). Anak Petak yaitu residu dan biochar jagung-kedelai yang diberi label (R1) tanpa residu, (R2) residu jagung, (R3) residu kedelai, (R4) residu jagung+kedelai, (R5) biochar jagung+kedelai. Setiap ulangan (blok) memiliki 25 plot, masing-masing berukuran 3,5 m x 4,5 m. Hasil penelitian menunjukkan simpanan C-organik dan C-organik tanah tertinggi pada interaksi perlakuan tumpangsari 2:4 dengan biochar, Bobot isi tanah terendah pada interaksi perlakuan monokultur kedelai dengan biochar, N Total tertinggi pada interaksi perlakuan tumpangsari 2:4 dengan residu jagung kedelai. P Total pada interaksi perlakuan tumpangsari 2:4 dengan biochar, K total tertinggi pada interaksi perlakuan tumpangsari 1:2 dengan Residu jagung kedelai, nisbah kesetaraan lahan tertinggi pada interaksi perlakuan tumpangsari 2:4 dengan residu kedelai.

KATA KUNCI:

Biochar, bobot isi tanah, kualitas tanah, nilai kesetaraan lahan, produktivitas

1. PENDAHULUAN

Dekomposisi biomassa (serasah) merupakan proses yang sangat penting dalam siklus hara pada suatu ekosistem tanah (Regina & Tarazona, 2001; Sulistiyanto *et al.*, 2005). Proses dekomposisi tersebut sangat vital, karena produksi tanaman pada ekosistem alami, tergantung pada proses daur ulang hara dalam sistem (Oladoye *et al.*, 2005). Melalui proses dekomposisi biomassa (serasah) akan terjadi proses pelepasan hara untuk memenuhi kebutuhan tanaman, juga menentukan simpanan C-organik tanah dalam suatu ekosistem. Menurut Oladoye *et al.* (2005), kecepatan dekomposisi berhubungan dengan pelepasan hara, karena dekomposisi merupakan proses kunci dalam mengendalikan siklus nutrisi dan kadar C-organik di dalam tanah.

Berbeda dengan serasah tanaman sebagai bahan organik yang dapat mensuplai hara ke tanah melalui proses dekomposisi, biochar adalah senyawa karbon yang tahan dekomposisi (Islami *et al.*, 2013; Sukartono *et al.*, 2011). Namun penelitian membuktikan bahwa pemberian biochar dapat memperbaiki kualitas tanah (Salawati *et al.*, 2016; Yamato *et al.*, 2006), meningkatkan pertumbuhan bibit cengkeh (Salawati *et al.* 2019) mampu mempertahankan N yang dibebaskan dari pupuk urea dalam bentuk N-NH_4^+ (Widowati *et al.*, 2011), menyerap NO_3^- karena berfungsinya senyawa basa pada biochar (Kameyama *et al.*, 2012) dan meningkatkan hasil jagung (Yamato *et al.*, 2006), dan kedelai (Tagoe *et al.*, 2008).

Dekomposisi residu tanaman C3 dan C4 dipengaruhi oleh sifat tanah waktu pengembalian C organik tanah, dan laju dekomposisi C organik tanah (Zehrung *et al.*, 2014), pengembalian residu tanaman, aplikasi pupuk N dan keterlibatan tanaman legume pada rotasi tanaman sangat memperbaiki N secara ekonomi pada sistem pertanaman (Matusso *et al.*, 2017). Selain bersumber dari bahan organik, N juga dapat diperoleh dari fiksasi N tanaman legum. Fiksasi N biologi oleh tanaman legum berpotensi menambahkan N pada sistem tumpangsari dan merupakan teknologi low eksternal input in agriculture (LEIA) (Adjei *et al.*, 2006). Kehadiran tanaman kedelai pada tumpangsari jagung-kedelai dapat memperbaiki mineral N dan efisiensi penggunaan N tanaman jagung (Omakanye *et al.*, 2011). Pada sistem tumpangsari N_2 berasal dari atmosfer dekomposisi bahan organik kemudian dikonversi menjadi ammonia melalui proses fiksasi N biologi, dimana ammonia dikonversi melalui proses oksidasi atau reduksi menjadi bentuk NH_4^+ dan NO_3^- yang tersedia untuk tanaman (Zehrung *et al.*, 2014).

Dibandingkan dengan monokultur, sistem tumpangsari cereal-legum lebih efisien 30-40% memanfaatkan semua sumberdaya N (Yang, *et al.*, 2016). Pada sistem tumpangsari, kemampuan bersaing tanaman cereal untuk N tanah lebih kuat dari pada legum (Xiao *et al.*, 2004), mempengaruhi serapan N tanaman jagung dan kedelai, tetapi tidak mempengaruhi C-organik tanah (Jossias *et al.*, 2014). Kandungan NO_3^- dalam tanah pada perlakuan jerami jagung lebih rendah dari pada biochar nya demikian pula pada C organik tanah (Francisco *et al.*, 2015).

Pentingnya memahami hubungan antara residu jagung-kedelai serta biocharnya pada sistem tumpangsari. Oleh karena itu penelitian ini dilaksanakan untuk mengkaji peranan residu jagung-kedelai dan biochar-nya terhadap simpanan C-organik, bobot isi tanah, kadar C-organik tanah, sifat kimia tanah, dan nisbah kesetaraan lahan pada pola tumpangsari yang berbeda.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan di kebun sains Sidondo BPTP Sulawesi Tengah dan laboratorium tanah universitas Tadulako Palu Sulawesi Tengah. Alat alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat pembajak tanah, parang, cangkul, sprayer, meter gulung, staples, kantong plastik, bor tanah, alat alat laboratorium, tugal, timbangan, alat tulis menulis. Bahan yang digunakan adalah benih jagung varietas arjuna, kedelai varietas burangrang, pupuk urea, Sp36 dan KCl, residu

berasal dari sisa panen jagung dan kedelai yang diperoleh dari hasil panen petani. Serasah tanaman hasil panen kemudian dikeringkan dibawah terik matahari, di potong dengan menggunakan alat potong mekanik dengan ukuran $\pm 2-5$ cm. Sebelum diaplikasikan dilakukan analisis kandungan N, C dan ratio C/N di laboratorium tanah Universitas Tadulako.

Percobaan disusun berdasarkan Rancangan Acak Kelompok pola petak terbagi (*Split Plot Design*) dengan tiga ulangan. Sebagai petak utama adalah system pertanaman yaitu; monokultur jagung (T1), monokultur kedelai (T2), tumpangsari jagung/kedelai (1:1) T3, tumpangsari jagung/kedelai (2:1) T4 dan tumpangsari jagung/kedelai (2:4) T5 dan residu jagung-kedelai dan anak petak yaitu; tanpa residu (R1), residu jagung (R2), residu kedelai (R3), residu jagung+kedelai (R4), biochar jagung+kedelai (R5). Total ukuran luas lahan $42.5 \text{ m} \times 14 \text{ m}$ (595.0 m^2) Setiap ulangan (blok) memiliki 25 plot, masing-masing berukuran $3.5 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$ (13.25 m^2) Jarak antara ulangan adalah 1 m dan antar plot adalah 0.5 m. Waktu aplikasi perlakuan pada anak petak, yakni 10 hari sebelum tanam. Serasah tanaman diberikan diantara baris tanaman yang ditanam 20 cm dari permukaan tanah dengan dosis 2 t.ha^{-1} atau setara dengan $3.25 \text{ kg. petak}^{-1}$, sedangkan dosis pupuk urea 50 kg.ha^{-1} , SP 36 100 kg.ha^{-1} dan KCl 75 kg.ha^{-1} , diaplikasikan bersamaan dengan pemberian serasah. Jarak tanam jagung adalah $100 \times 40 \text{ cm}$ (antar baris 80 dan dalam baris 40 cm) sedang kedelai dengan jarak $40 \times 20 \text{ cm}$), biochar serasah tanaman dibuat dengan metode gasifikasi. Pengambilan contoh tanah untuk analisis N diambil dari lima titik kemudian di bulki, pada setiap petak pada kedalaman 0-30 cm dengan menggunakan bor, selanjutnya dianalisis.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan digunakan uji analisis varians (ANOVA). Untuk menguji beda antara perlakuan digunakan uji DMRT 5%. Untuk mengetahui hubungan diantara parameter dilakukan dengan analisis korelasi dan regresi. Analisis data dilakukan dengan mengaplikasikan excel dan *software* SPSS 17,0.

2.1 Parameter Penelitian

Simpanan karbon dihitung dari kadar C organik tanah (Komatsuzaki dan Syaib 2010, dengan persamaan sebagai berikut :

$$SCS \text{ t ha}^{-1} = BD \times SOC \times DP \times 100 \quad (1)$$

Keterangan : SCS = *Soil carbon stock* (t.ha^{-1}), BD = *Bulk density* (g cm^{-3}), SOC = *Soil organic carbon* (%), DP = Kedalaman solum tanah (cm)

Sifat Fisik Tanah dilihat dari Bobot isi tanah (g cm^{-3}). Pengamatan sifat kimia tanah dilakukan pada akhir penelitian (saat panen), parameter sifat kimia tanah yang diamati meliputi: C organik (metode Walkley & Black), N (metode Kjeldahl), P Total (metode Olsen), K Total (metode absorpsi via ekstraksi *ammonium acetat*). Nisbah kesetaraan lahan (NKL) dihitung menurut persamaan berikut :

$$NKL = \frac{y_i}{y_j} + \frac{x_i}{x_j} \quad (2)$$

Keterangan : y_i = hasil tanaman y pada sistem tumpangsari, y_j = hasil tanaman y pada sistem monokultur, x_i = hasil tanaman x pada sistem tumpangsari, x_j = hasil tanaman x pada sistem monokultur,

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat tanah di lapangan sebelum pelaksanaan nampak pada Tabel 1. Kadar C, N dan CN ratio serasah jagung, kedelai dan biochar kedelai dan jagung sebelum diaplikasikan nampak pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik Tanah di Lokasi Penelitian sebelum penanaman tumpangsari dan pemberian residu jagung-kedelai

Karakteristik Tanah (sampel tanah kedalaman 15 cm)	Nilai	Satuan	Keterangan
pH H ₂ O (1:2.5)	7.21	-	Netral
pH KCl (1:2.5)	6.68	-	Netral
Tekstur tanah			
Pasir	29.8	%	Lempung berdebu
Debu	60.4	%	
Liat	9.8	%	
C-Organik	1.44	%	Rendah
N-Total	0.07	%	Sangat rendah
KTK	10.30	cmol kg ⁻¹	Rendah
P ₂ O ₅ (Olsen)	12.46	ppm	Sedang
K ₂ O (HCl 25%)	28.35	mg.100g ⁻¹	Tinggi
Calcium (Ca)	5.58	cmol.kg ⁻¹	Rendah
Kalium (K)	0.47	cmol.kg ⁻¹	Sedang
Natrium	0.42	cmol.kg ⁻¹	Sedang

Sumber : Hasil analisis Laboratorium Ilmu Tanah Untad Palu

Tabel 2. Karakteristik serasah jagung, kedelai, Jagung+kedelai dan biochar jagung+kedelai sebelum ditanamkan kelokasi pertanian

Residu	C	N	C/N
Jagung	19.6	0,29	67,59
Kedelai	14.37	0,57	25,21
Jagung+Kedelai	18.16	1,66	10.93
Biochar jagung+kedelai	15.57	0,14	111,21

Sumber : Hasil analisis Laboratorium Ilmu Tanah Untad Palu

Tabel 3. Rata-rata simpanan C-organik pada berbagai residu dan sistem tumpangsari jagung-kedelai

Sistem Pertanian	Residu Jagung-Kedelai				Biochar
	Tanpa residu	Res. J	Res. K	Res J+K	
Monokultur jagung	23,69 ^c A	32,36 ^c A	37,89 ^c A	27,17 ^a A	32,86 ^a A
Monokultur Kedelai	10,66 ^b A	17,77 ^a AB	16,91 ^a A	37,17 ^a C	25,95 ^a B
Tumpangsari. Jagung dan kedelai 1:1	9,24 ^b A	26,12 ^{bc} BC	21,04 ^b B	28,36 ^a C	31,06 ^a C
Tumpangsari jagung dan kedelai 1:2	14,78 ^b A	18,87 ^{ab} A	20,39 ^b A	32,30 ^a B	38,48 ^a B
Tumpangsari jagung dan kedelai 2:4	8,29 ^a A	34,28 ^c B	34,21 ^c B	33,23 ^a B	40,99 ^b B

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (A,B,C) yang sama pada kolom (a,b,c) yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan taraf 1%.

3.1 Simpanan C-Organik

Simpanan C-organik pada system tumpangsari jagung-kedelai yang diberi residu tanaman jagung-kedelai dan biochar seperti tertera pada Tabel 3.

Keseimbangan antara CO₂ yang keluar dan masuk ke atmosfer harus tetap terjaga agar suhu tetap stabil. Oleh karena itu perlu adanya penyimpanan karbon dalam tanah yang juga berperan sebagai pembenah tanah. Serasah jagung dan kedelai atau biochar mampu berperan menyimpan karbon dalam tanah.

Pemberian biochar jagung dan kedelai pada sistem tumpangsari jagung dan kedelai meningkatkan kandungan C-organik tanah masing-masing 236 %, 160%, dan 394% lebih tinggi (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa bahan organik tanah tetap tinggi dan cenderung meningkat walaupun sampai panen kedua setelah diberi residu. Penelitian ini sejalan dengan Widowati *et al.* (2011) yang melaporkan kandungan bahan organik tanah masih tetap tinggi sampai panen jagung ke dua, selanjutnya Islami *et al.* (2013) melaporkan bahwa pemberian biochar masih memberikan pengaruh nyata sampai panen ketiga. Pengelolaan residu serasah jagung, kedelai dan biochar jagung+kedelai yang ditanamkan pada lapisan tanah meningkatkan persentase kadar C-organik tanah dan bobot isi tanah yang secara langsung meningkatkan simpanan C-organik tanah baik pada pertanaman monokultur maupun pada sistem tumpangsari. Mateus *et al.* (2017) menyatakan bahwa simpanan C-organik tanah sangat kuat dipengaruhi oleh kadar C-organik tanah, bobot isi tanah, produk biomassa dan serapan C,N yang tertambat.

Pola tanam ini akan bersinergi baik dengan pemberian serasah tanaman dan biochar pada lahan sebelum budidaya, simpanan karbon tertinggi pada perlakuan pola tanam tumpangsari jagung kedelai 2:4 dengan pemberian biochar. Hal ini disebabkan karena biochar bersifat recalcitrant yang lama terdekomposisi dengan kandungan karbon yang tinggi sangat berperan dalam menyimpan karbon yang lama dalam tanah.

3.2 Bobot Isi Tanah

Perubahan Bobot isi tanah setelah panen jagung dan kedelai nampak pada Tabel 4. Interaksi perlakuan monokultur kedelai dengan biochar mampu menurunkan bobot isi tanah lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Penurunan ini disebabkan berubahnya partikel penyusun tanah yang disebabkan oleh penggunaan biochar pada pola tumpangsari jagung dan kedelai. Tumpang sari tanaman jagung dan kedelai mampu melembabkan tanah karena tertutupi oleh kanopi, kelembaban tanah dapat mempengaruhi berat isi tanah (Zuhdi *et al.*, 2021). Hal ini Nampak pada penelitian bahwa berat isi tanah lebih kecil pada pola tumpang sari yang diberi residu dan biochar dengan pola tanam yang tidak diberi residu dan biochar.

Serasah jagung dan kedelai serta biochar yang diberikan mampu mempengaruhi aktivitas biota tanah termasuk mikroorganisme tanah yang pada akhirnya menurunkan bobot isi tanah. Serasah jagung dan biochar menjadi sarang bagi biota tanah membantu pembentukan agregat tanah menyebabkan ruang total pori tanah meningkat yang berakibat pada penurunan bobot isi tanah.

Tabel 4. Rata-rata bobot isi tanah pada berbagai pola pertanaman dengan serasah tanaman jagung dan kedelai serta biocharnya

Perlakuan Sistem Pertanaman	Residu				
	Tanpa residu	Res. J	Res. K	Res J+K	Biochar
Bulk Density (g/cm ³)					
Monokultur jagung	1,54 ^{ab} D	1,41 ^a BC	1,38 ^a B	1,43 ^c C	1,30 ^a A
Monokultur Kedelai	1,53 ^{ab} B	1,55 ^b B	1,55 ^c B	1,27 ^a A	1,26 ^a A
Tumpangsari. Jagung dan kedelai 1:1	1,52 ^{ab} C	1,41 ^a B	1,49 ^{bc} C	1,47 ^c BC	1,31 ^{ab} A
Tumpangsari jagung dan kedelai 1:2	1,66 ⁱ C	1,33 ^a A	1,46 ^{bc} B	1,36 ^{ab} A	1,40 ^c AB
Tumpangsari jagung dan kedelai 2:4	1,50 ^a C	1,39 ^a A	1,45 ^b BC	1,40 ^{bc} AB	1,39 ^{bc} A

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (A,B,C) yang sama pada kolom (a,b,c) yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan taraf 1%.

Penelitian ini berbeda dengan hasil Saputa *et al.* (2018) melaporkan bahwa aplikasi pangkasan biomassa salak belum mampu menurunkan bobot isi tanah secara signifikan.

Gembur tidaknya suatu tanah ditentukan oleh bobot isi tanah, semakin kecil nilai bobot isi tanah maka tanah semakin gembur, semakin besar nilai bobot isi tanah maka tanah semakin padat. Untuk menurunkan bobot isi tanah diperlukan bahan organik seperti serasah dan biochar dan pola tumpang sari.

3.3 C-Organik Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar pola tumpangsari jagung dan kedelai 2:4 teruji nyata meningkatkan kadar C-organik tanah hingga 136, 60% dari 0,57% pada pola monokultur kedelai menjadi 1,36% tumpangsari jagung dan kedelai 2:4 yang diberi biochar. Meningkatnya kadar C-organik dalam tanah dapat dipahami karena pembenah biochar yang diberikan mengandung kadar C-organik yang tinggi (Tabel 2), biochar berada dalam tanah lebih lama karena sulit terdekomposisi sehingga akan menyumbang kadar C-organik pada tanah. Pada umumnya biochar mengandung setengah dari massa total (Widowati *et al.*, 2011). Dengan meningkatnya kadar karbon organik tanah akan memperbaiki kondisi fisik, kimia dan biologi tanah yang secara bersama-sama akan meningkatkan kesuburan tanah dan pada akhirnya juga akan meningkatkan hasil tanaman jagung dan kedelai.

3.4 N Total Tanah

Sumber utama N pada penelitian ini berasal dari pupuk urea yang diberikan akan langsung terhidrolisis dan menghasilkan NH_4^+ terlarut yang ternitrifikasi, dan selanjutnya pemberian serasah tanaman akan mengakibatkan hidrolisis pupuk urea terimobilisasi oleh mikroba heterotrof untuk membentuk biomassa sel mikroba yang baru. Peningkatan konsentrasi NH_4^+ berasal dari dekomposisi serasah, terutama serasah yang campuran serasah jagung/kedelai yang memiliki C/N rasio lebih rendah dari pada serasah jagung dan kedelai dan biochar. Kadar N total tanah setelah panen jagung dan kedelai nampak pada Tabel 6.

Pembenaman serasah jagung, kedelai dan biochar pada daerah sekitar perakaran tanaman dapat mengurangi kehilangan N dari dalam tanah, dan ini juga dipengaruhi oleh kualitas dari serasah tersebut. Dari hasil analisis laboratorium serasah yang dijadikan biochar dan serasah jagung memiliki

Tabel 5. Rata-rata kadar C-organik tanah pada berbagai pola pertanaman dengan serasah tanaman jagung dan kedelai serta biocharnya

Pola Pertanaman	Residu				
	Tanpa residu	Res. J	Res. K	Res J+K	Biochar
Kadar C-Organik tanah (%)					
Monokultur jagung	0,91 ^c A	1,15 ^c A	1,23 ^c C	0,95 ^a A	1,20 ^c B
Monokultur Kedelai	0,42 ^b A	0,57 ^a AB	0,67 ^a B	1,20 ^c C	0,85 ^a B
Tumpangsari. Jagung dan kedelai 1:1	0,35 ^b A	0,92 ^{bc} BC	0,69 ^a B	0,97 ^a C	1,05 ^{ab} C
Tumpangsari jagung dan kedelai 1:2	0,73 ^c A	0,71 ^{ab} A	0,51 ^a A	1,18 ^b B	1,16 ^b B
Tumpangsari jagung dan kedelai 2:4	0,11 ^a A	1,21 ^c C	1,11 ^b B	1,13 ^{ab} B	1,36 ^d D

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (A,B,C) yang sama pada kolom (a,b,c) yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan taraf 1%.

Tabel 6. Pengelolaan residu jagung-kedelai dan sistem tumpangsari terhadap rata-rata kadar N total tanah

Perlakuan Sistem Pertanaman	Residu				
	Tanpa residu	Res. J	Res. K	Res J+K	Biochar
 Kadar N total tanah (%).....				
Monokultur jagung	0,06 ^b A	0,07 ^b A	0,07 ^b A	0,09 ^{bc} B	0,09 ^b B
Monokultur Kedelai	0,05 ^{ab} A	0,05 ^a A	0,05 ^a A	0,08 ^b B	0,07 ^a B
Tumpangsari. Jagung dan kedelai 1:1	0,05 ^{ab} A	0,05 ^a A	0,05 ^a A	0,05 ^a A	0,07 ^a B
Tumpangsari jagung dan kedelai 1:2	0,04 ^a A	0,08 ^b B	0,08 ^b B	0,10 ^c C	0,16 ^c D
Tumpangsari jagung dan kedelai 2:4	0,10 ^c AB	0,12 ^c B	0,11 ^c B	0,14 ^d C	0,09 ^b A

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (A,B,C) yang sama pada kolom (a,b,c) yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan taraf 1%.

C/N yang lebih tinggi dibandingkan kedelai dan campuran serasah jagung dan kedelai sehingga menghambat proses kehilangan N melalui nitrifikasi. Disamping itu dalam perhitungan kebutuhan energi, tanaman lebih menguntungkan apabila menyerap N dalam bentuk amonium daripada dalam bentuk nitrat, karena nitrat harus direduksi dahulu menjadi amonium sebelum dapat dimanfaatkan oleh tanaman.

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pola pertanaman secara positif dapat mempengaruhi konsentrasi NO_3^- dalam tanah. Kehadiran tanaman kedelai yang ditumpangsarikan dengan tanaman jagung dapat meningkatkan konsentrasi N dalam tanah. Hal ini sejalan dengan (Bichel *et al.*, 2017) yang menyatakan bahwa banyak kandungan nitrat dalam tanah dipengaruhi oleh legume dari pada tanaman sereal atau tanaman non-legum lainnya. Selanjutnya Matusso *et al.* (2014) menyatakan bahwa tanam legum dan non legum yang ditumpangsarikan memiliki kemanfaatan fiksasi kritis N biologis serta sejumlah N yang di transfer ketanaman non legume, sehingga saling menguntungkan.

Serasah jagung dan kedelai yang terdekomposisi akan menghasilkan sejumlah protein dan asam-asam amino yang terurai menjadi ammonium (NH_4^+) atau nitrat (NO_3^-) yang dapat menyumbang N dalam tanah sejalan dengan Wahyudi, (2009) bahwa peningkatan N-total tanah diperoleh langsung dari hasil dekomposisi bahan organik yang akan menghasilkan ammonium (NH_4^+) dan atau nitrat (NO_3^-), sementara bahan organik itu sendiri merupakan sumber unsur N, P, dan S. Penurunan produktivitas tanah dan efisiensi pupuk disebabkan oleh berkurangnya daya sanggah tanah akibat penurunan kandungan bahan organik. Bahan organik dapat memperbaiki kualitas tanah. Ketersediaan bahan organik di dalam tanah berfungsi sebagai unsur hara, merangsang aktivitas mikroorganisme tanah, dan memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah (Esmaeilzadeh & Ahangar, 2014).

3.5 P Total Tanah

Pola tanam mempengaruhi kadar P total tanah setelah panen, pola tumpang sari mampu meningkatkan ketersediaan P bila dibandingkan dengan monokultur. Pemberian serasah dan biochar mampu meningkatkan P total. Biochar berpotensi meningkatkan P tersedia (Salawati *et al.*, 2016) penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian biochar mampu meningkatkan P. Perubahan P Total setelah perlakuan nampak pada Tabel 7.

Tabel. 7 Pengaruh kombinasi antara pengelolaan residu jagung-kedelai dan sistem tumpangsari terhadap rata-rata P total tanah

Pola Pertanaman	Residu				
	Tanpa residu	Res. J	Res. K	Res J+K	Biochar
 Kadar P tanah (mg/100g).....				
Monokultur jagung	55,77 ^a A	65,97 ^c C	55,46 ^a A	61,36 ^b B	61,14 ^b B
Monokultur Kedelai	61,19 ^b B	65,39 ^c C	61,39 ^{bc} B	61,39 ^b B	56,53 ^a A
Tumpangsari. Jagung dan kedelai 1:1	58,59 ^b AB	61,16 ^{ab} B	60,25 ^b A	56,91 ^a AB	65,16 ^b C
Tumpangsari jagung dan kedelai 1:2	61,07 ^b A	64,56 ^{bc} A	64,36 ^c A	69,70 ^c B	61,21 ^b A
Tumpangsari jagung dan kedelai 2:4	65,30 ^c B	60,67 ^a A	68,87 ^d	62,42 ^b AB	71,03 ^c C

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (A,B,C) yang sama pada kolom (a,b,c) yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan taraf 1%.

Tabel 8. Pengaruh kombinasi antara pengelolaan residu jagung-kedelai dan sistem tumpangsari terhadap rata-rata kadar K total tanah

Perlakuan Sistem Pertanaman	Residu				
	Tanpa residu	Res. J	Res. K	Res J+K	Biochar
 Kadar K tanah (mg/100g).....				
Monokultur jagung	55,50 ^a AB	56,55 ^a A	51,38 ^a A	54,41 ^a AB	56,44 ^a B
Monokultur Kedelai	55,75 ^a A	56,29 ^a A	63,13 ^c C	59,52 ^b B	55,76 ^a A
Tumpangsari. Jagung dan kedelai 1:1	54,92 ^a A	63,66 ^{dc} D	57,21 ^b B	62,20 ^c C	61,86 ^c C
Tumpangsari jagung dan kedelai 1:2	58,01 ^b A	59,25 ^b AB	60,93 ^c BC	62,96 ^c C	61,49 ^{bc} BC
Tumpangsari jagung dan kedelai 2:4	61,17 ^c AB	62,27 ^c B	59,46 ^{bc} A	62,13 ^c B	59,47 ^b A

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris (A,B,C) yang sama pada kolom (a,b,c) yang sama tidak berbeda nyata menurut uji jarak Duncan taraf 1%.

Biochar efektif mengikat ion Al^{3+} dan Fe^{3+} dalam tanah serta mampu menurunkan tingkat Ca_{dd} dan pH pada tanah alkalis, kemudian menyebabkan P total meningkat (Salawati *et al.*, 2016.; Naibaho *et al.*, 2018). Pemberian bahan organik tanah dapat mempengaruhi ketersediaan fosfat melalui hasil dekomposisinya (Sari *et al.*, 2017), yang menghasilkan asam-asam organik dan CO_2 (Salawati *et al.*, 2016). Anion organik memiliki sifat dapat mengikat ion Al, Fe, dan Ca dari dalam larutan tanah, kemudian membentuk senyawa kompleks yang sukar larut. Dengan demikian, konsentrasi ion – ion Al, Fe, dan Ca yang bebas dalam larutan akan berkurang dan menyebabkan P total meningkat. Penelitian ini sejalan dengan (Prasetyo *et al.*, 2022) aplikasi biochar batang singkong mampu meningkatkan ketersediaan P pada tanah Ultisol.

3.6 K Total Tanah

Bentuk kalium tanah terdiri atas kalium tidak tersedia (kalium cadangan), kalium lambat tersedia (kalium fiksasi) dan kalium tersedia. Interaksi pola tanam tumpang sari 1:2 dengan pembenaman seresah jagung+ kedelai menggambarkan K total tanah tertinggi. Perubahan K Total setelah perlakuan nampak pada tabel 8.

Peningkatan kandungan K total tanah (Tabel 8) untuk semua perlakuan, hal ini disebabkan adanya penambahan serasah dan biochar, kadar K total meningkat setelah panen bila dibandingkan sebelum percobaan (Tabel 1), hal ini dimungkinkan karena serasah dan biocar jagung dan kedelai secara langsung dan tidak langsung mampu menyumbang K. Peningkatan C-organik tanah akibat pemberian serasah akan mempengaruhi peningkatan muatan tanah yang selanjutnya akan meningkatkan kadar K total tanah. Selain itu permeabilitas tanah (kemampuan tanah mengikat air) dipengaruhi oleh tekstur tanah (debu, dan lempung). Lempung yang mempunyai daya perekat sehingga sulit untuk meloloskan air (Widowati *et al.*, 2012), pada daerah penelitian dengan tekstur tanah lempung berdebu, ditambah perlakuan serasah dan biochar mampu menahan pencucian K sehingga kadar K tetap tinggi pada akhir penelitian. Bahan organik dapat menahan pencucian K (Widowati *et al.*, 2012), seperti serasah jagung dan kedelai sehingga K total tanah tetap meningkat diakhir penelitian.

3.7 Nisbah Kesetaraan Lahan

Nisbah kesetaraan lahan (NKL) pada semua perlakuan lebih besar 1 (Tabel 9). Peningkatan NKL pada pola tumpangsari lebih tinggi pada pertanaman yang diberi residu tanaman dibandingkan yang tidak diberikan, dan residu kedelai memberikan nilai nisbah tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

NKL pada tumpangsari jagung-kedelai bervariasi berdasarkan pola tumpangsari dan penambahan residu tanaman, pada pola 2:4 dari 1,35 sampai dengan 1,74 (Tabel 9). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa persaingan interspesifik terutama sumber hara sangat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman pada sistem tumpangsari (Xiao *et al.*, 2004; Ping *et al.*, 2017).

NKL tertinggi (Tabel 9) sebesar 1,74, artinya $NKL > 1$, ini menunjukkan bahwa perlakuan pola tumpangsari 2:4 memberikan efisiensi lahan tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Nilai tersebut juga menunjukkan terdapat keuntungan sebesar 0,74 apabila dilakukan tumpangsari jagung dan kedelai pada pola 2:4 dengan pemberian residu kedelai.

Kehadiran serasah tanaman yang ditanamkan merupakan bahan yang tersedia secara cepat untuk mikroorganisme tanah, kualitas dari residu bahan organik yang mengendalikan laju dekomposisi dan pelepasan hara oleh kelompok mikroba tanah. Khususnya pada tanaman legum rotasi sering meningkatkan populasi, keanekaragaman, biomasa, respirasi dan aktivitas mikroba (Janusauskaitė *et al.*, 2013). Hasil penelitian Ende *et al.* (2019) menyatakan bahwa C/N serasah campuran kedelai-jagung 13,67% lebih rendah dibanding jagung, kedelai dan biochar sehingga mempengaruhi ketersediaan hara dari hasil dekomposisi dan mineralisasi hara yang dibutuhkan tanaman saat diberikan pada tanah dalam sistem tumpangsari. Produksi tanaman jagung pada sistem tumpangsari dengan kedelai juga dipengaruhi oleh sumbangan N yang berasal dari hasil fiksasi N pada tanaman kedelai. Kehadiran tanaman legum pada pertanaman jagung dapat memperbaiki mineral N dan efisiensi penggunaan N tanaman jagung (Omakanye *et al.*, 2011). Tanaman jagung

Tabel 9. Rataan Nisbah Kesetaraan Lahan (NKL) dengan pemberian residu tanaman pada pola tumpangsari yang berbeda

Perlakuan	Tumpangsari (1:1)	Tumpangsari (1:2)	Tumpangsari (2:4)
Tanpa residu	1,46	1,39	1,35
Residu Jagung	1,37	1,58	1,55
Residu Kedelai	1,73	1,73	1,74
Residu Jagung+Kedelai	1,49	1,55	1,63
Biochar (jagung+kedelai)	1,49	1,62	1,57

memerlukan pupuk N yang tinggi sementara tanaman kedelai mampu menyumbang sampai 56 kg N ha⁻¹ (Syafuruddin, 2015; Nurhanafi *et al.* 2017).

Perlakuan pembenaman seresah dengan setengah dosis N,P,K, dapat meningkatkan potensi hasil padi 4,05%, jika dibandingkan dengan perlakuan pemberian dosis penuh tanpa serasa (Riyanti *et al.*, 2015), tidak ada perbedaan viabilitas benih shorgum yang dibudidayakan pada sistem tumpangsari maupun monokultur pasca simpan 8 bulan (Susanto *et al.*, 2022). Tanama kedelai yang ditumpangsarikan dengan tebu pada lahan keprasan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dengan NKL lebih besar dari 1,0 (Umarie & Widiarti, 2012).

4. KESIMPULAN

Interaksi perlakuan system pertanaman dengan penggunaan residu dan biochar jagung dan kedelai nyata mempengaruhi semua parameter pengamatan. Simpanan C organik tertinggi pada interaksi perlakuan system pertanaman tumpangsari jagung kedelai 2:4 dengan biochar (40,99), C-Organik (1,36) P total (71,03mg^{100g}). Bobot isi tanah terendah pada interaksi perlakuan monokultur kedelai dengan biochar (1,26g cm³), N Total tertinggi pada interaksi perlakuan tumpangsari 1:2 dengan biochar (0,16%). K total tertinggi pada interaksi perlakuan tumpangsari 1:2 dengan residu jagung (62,96 mg^{100g}) dan nisbah kesetaraan lahan (NKL) pada interaksi perlakuan tumpangsari jagung kedelai 2:4 dengan residu kedelai (1,74).

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala BPPT Sulteng, Kepala Lab. Ilmu Tanah Untad atas dukungan dan bantuannya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Adjei, M.B., K.H. Quesenberry & C.G. Chambliss. 2006. *Nitrogen fixation and Inoculation of Forage Legumes*. S.S-AGR-56.University of Florida IFAS extention.
- Bichel A., M. Oelbermann, P. Voroney & L. Echarte. 2017. Sequestration of native soil organic carbon and residue carbon in complex agroecosystems. *J. Carbon Management*. 7 (6) : 261–270.
- Congreves, K.A., R.P. Voroney, I.P. O'Halloran, & L.L. Van Eerd. 2013. Broccoli residue-derivat nitrogen immobilization following amendments of organic carbon: an incubation. *Soil Sci*. 93: 23–31.
- Ende, S., I. Kadekoh, Fathurrahman, & S. Darman. 2019. Potential of corn, soybeans, corn, corn and soybean mixtureresidue and biochar on mineralization and : incubation studi. *Asian Journal of Science and Technology*. 10 (9) : 10139–10143.
- Esmaeilzadeh, J. & G.A. Ahangar. 2014. Influence of soil organic matter content on soil physical, chemical and biological properties. *International Journal of Plant, Animal and Plant Environmental Sciences*. 4 (4) : 244–252.
- Francisco J.C, J. Benjamin, & M.F. Vigil. 2015. A comparison of corn (*Zea mays* L) Residue and its biochar on soil C and plant growth. *Plos One*. 10 (4): 1–16.
- Islami, T. S. Kurniayan, & W.H. Utomo. 2013. Yield stability of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) planted in intercropping system after 3 years of biochar application. *American-Eurasian Jurnal of sustainable Agriculture*. 7 (4) : 306–312.
- Janusauskaite, D., A. Arlauskiene, & S. Maiksteniene. 2013. Soil mineral nitrogen and microbial parameters as influenced by catch crops and straw management. *J. Zembirbyste-Agriculture*. 100 (1): 9–18.

- Jossias, M.M.M., J.N. Mugwe & M.M. Muna. 2014. Effects of different maize (*Zea mays* L)-Soybean (*Glycyne max* (L) Merrill) intercropping patern on soil mineral N, N-uptake and soil properties. *Acd. Journals* : 9 (1): 42–45.
- Kameyama, K., T. Miyamoto, T. Shino, T. Shiono, & Y. Shinogi. 2012. Influence of sugarcane bagasse-derived biochar application on nitrate leaching in calcareous dark red. *soil. Environ. Qual.* 41:1131–1137.
- Mateus, R., L.M. Mooy, & D. Kantur. 2017. Utilization of Corn Stover and Pruned Gliricidia Sepium Biochars as Soil Conditioner to Improve Carbon Sequestration, Soil Nutrients and Maize Production at Dry Land Farming in Timor, Indonesia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*. 10 (4): 1–8.
- Matusso, J.M.M., J.N. Mugwe, & M. Mucheru-Muna. 2014. Potential role of cereal-legume intercropping systems in integrated soil fertility management in smallholder farming systems of Sub-Saharan Africa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*. 3 (3): 162–174.
- Naibaho, S., H. Hanum, & Supriadi. 2018. Pengaruh Aplikasi Biochar Sekam Padi dan Kulit Biji Kopi terhadap Hara dan Zn serta Pertumbuhan Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) di Tanah Sawah Jenuh P. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 6 (1): 100–106.
- Oladoye, A.O., B.A. Ola-Adams, M.O. Adeire, & D.A. Agboola. 2005. Nutrient dynamics and litter decomposition in *Leucena leucocephala* (Lam) de Wit plantation in the Nigerian Derived. *West African of Applied Ecology*. 13(1):1–10.
- Omokanye, A.T., F.M. Kelleher, & A. McInnes. 2013. Crop residues for mulch, feed yield and quality as influence low-input maize-based cropping system and N fertilizer. *Agricultural Journal*. 8 (5) :222–231.
- Prasetyo D., F. Fajarindo, Sarno, Supriatin & T. Syam. 2022. Aplikasi biochar batang singkong dan pemupukan fosfat pada tanah ultisol terhadap P tersedia, pertumbuhan, dan produksi jagung (*Zea Mays* L.) *Jurnal Agrotek Tropika*, 10 (2) : 329–337.
- Regina, I.S., Tarazona. 2001. Nutrient pools to the soil through organic matter and throughfall under a scot pine plantation in the Sierra de la Demada, Spain. *Europ. J. of Soil Biology*. 37:125–133.
- Riyanti S., H. Purnamawati, & Sugiyanta. 2015. Pengaruh aplikasi pupuk organik dan pupuk hayati serta reduksi pupuk NPK terhadap ketersediaan hara dan populasi mikroba tanah pada tanaman padi sawah musim tanam kedua di Karawang, Jawa Barat. *J. Bul. Agrohorti*. 3 (3) : 330–339.
- Salawati, M. Basir, I. Kadekoh, & A.R. Thaha. 2016. Potensi biochar sekam padi terhadap perubahan pH, KTK, C organik dan P tersedia pada tanah sawah Inceptisol. *J. Agroland* 23 (2) : 101–109.
- Salawati, F. Hasana, S. Ende, & T. Bustaman. 2019. Penggunaan Biochar dan pupuk kandang terhadap pertumbuhan bibit cengkeh varietas zansibar. *J. Agritrop*. 17 (2) : 171–181.
- Saputra D.D., A.R. Putranyo, & Z. Kusuma. 2018. Hubungan kandungan bahan organik tanah dengan berat isi, porositas dan laju infiltrasi pada perkebunan salak di kecamatan Purwosari, Kabupaten Pasuruan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5 (1) :647–654.
- Sari, M.N., Sudarsono, & Darmawan. 2017. Pengaruh bahan organik terhadap ketersediaan fosfor pada tanah-tanah kaya Al dan Fe. *Buletin tanah dan lahan*. 1 (1) : 65–71.
- Sukartono, W.H. Utomo, Z. Kusuma. & W.H. Nugroho. 2011. Soil fertility status, nutrient uptake, and maize (*Zea mays* L.) yield following biochar application on sandy soils of Lombok, Indonesia. *J. Tropical Agriculture* 49: 47–52.
- Sulistiyanto, Y., J.O. Rieley, & S.H. Lemin. 2005. Laju dekomposisi dan pelepasan hara dari serasah pada dua sub tipe hutan rawa gambut di Kalimantan Tengah. *Trop. For Manage. J.* XI (2) : 1–4.
- Susanto, E., E. Pramono, S.D. Utomo, & M.S. Hadi. 2022. Pengaruh sistem pertanaman dan genotipe pada produktivitas dan viabilitas benih sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) pra dan pascasimpan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10 (1): 95–102.

- Syafruddin 2015. Manajemen pemupukan nitrogen pada tanaman jagung. *J. Litbang Pertanian*. 34 (3): 105–116.
- Tagoe, S.O., T. Horiuchi, & T. Matsui. 2008. Effects of carbonized and dried chicken manure on the growth, yield, and N content of soybean. *Plant soil*. 306: 2011–220.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, & J.D. Beaton. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers*. Edisi Keempat. Macmillan Publishing Company. United States of America.
- Umarie, I. & W. Widiarti. 2012. Pengujian berbagai paket teknologi budidaya pada sistem tanaman tumpangsari Tebu dan kedelai. *J. Agritrop*. 10 (2): 126–133.
- Wahyudi, I. 2009. *Serapan N* tanaman jagung akibat pemberian guano dan pupuk hijau lamtoro pada ultisol wanga. *J. Agroland*. 16 (4) : 265–272.
- Widowati, Asnah, & Sutoyo. 2012. Pengaruh penggunaan biochar dan pupuk kalium terhadap pencucian dan serapan kalium pada tanaman jagung. *Buana Sains*: 12(1): 83–90.
- Widowati, W.H. Utomo, L.A. Soehono, & B. Guritno. 2011. Effect of biochar on the release and loss of nitrogen from urea fertilization. *Agric. Food Technol*. 1: 127–132.
- Xiao, Y., L. Li, & F.S. Zhang. 2004. Effect of root contact on interspecific competition and N transfer between wheat and faba bean using direct and indirect ^{15}N techniques. *Plant and Soil*. 262 (1): 45–54.
- Yamato, M., Y. Okimori, I.F. Wibowo, S. Anshori, & M. Ogawa. 2006. Effect of the application of charred bark of acacia mangium on the yield of maize, coapea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Journal Soil Science and Plant Nutrition*. 52: 489–495.
- Yang W., Z. Li, J. Wang, P. Wu, & Y. Zhang. 2013. Nitrogen acquisition and sugarcane quality as effected by interspecific competition and nitrogen application. *Field Crop Research*. 146: 44–50.
- Zehrun, A., T. Shiferaw, B. Taddese, & A. Adane. 2014. Evaluation of different maturity groups of soybean (*Glycine max* L Merrill) grown sole and intecopped with maize (*Zea mays* L) for yield and yield components at Bako, Ethiopia. *International Journal and Plant Studies*. 1 (1): 1–10.
- Zuhdi, AHMH., E.D. Wahjunie, & S.D. Tarigan. 2022. Retensi air pada jenis tanah dan penggunaan lahan di kabupaten Lamongan. *Jurnal tanah dan Iklim*. 46 (1) : 31–21.