

KINETIKA DEKOMPOSISI TANAMAN JAGUNG (BATANG, DAUN, DAN TONGKOL KOSONG) DI PERMUKAAN DAN DI LAPISAN OLAH TANAH)

KINETIC DECOMPOSITION OF CORN CROPS (STEMS, LEAVES, AND COBS) ON THE SURFACE AND IN THE SOIL LAYER

Jessica Amarastha Hayu Panjerratri¹, Jamalam Lumbanraja¹, Sri Yusnaini², dan Supriatin¹

¹Jurusian Ilmu Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung,

²Jurusian Agroteknologi Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: sri.yusnaini@fp.unila.ac.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 05 March 2025

Peer Review: 25 April 2025

Accepted: 29 October 2025

KATA KUNCI:

Biomassa, laju dekomposisi, nisbah C/N, tanaman jagung

ABSTRAK

Pengembalian biomassa tanaman jagung ke lahan menjadi salah satu upaya pemanfaatan limbah sebagai sumber bahan organik. Limbah biomassa tanaman yang dikembalikan ke lahan akan mengalami proses dekomposisi. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui laju dekomposisi dan nisbah C/N bagian tanaman jagung (daun, batang dan tongkol kosong) di permukaan dan di lapisan olah tanah (0-20 cm). Penelitian ini dirancang dalam petak terbagi (*split plot*) yang terdiri dari 6 perlakuan. Petak utama adalah kedalaman tanah (A) yang terdiri dari A₁ = permukaan; A₂ = lapisan olah tanah (0-20 cm), dan anak petak yang yaitu bagian tanaman jagung (B) yang terdiri dari : B₁ = daun; B₂ = batang ; B₃ = Tongkol Kosong. Tingkat dekomposisi diukur sebagai $(k) = \ln(X/X_0)/t$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara perlakuan bagian tanaman dan kedalaman inkubasi terhadap laju dekomposisi tanaman jagung. Laju dekomposisi bagian daun yang diletakkan pada lapisan olah tanah merupakan interaksi terbaik dibandingkan dengan interaksi perlakuan lainnya. Nisbah C/N bagian tanaman berkorelasi negatif dengan konstata laju dekomposisi dengan nilai r (koefisien korelasi) -0,95.

ABSTRACT

Returning corn biomass to land is an effort to utilize residues as a source of organic material. Residues of biomass that is returned to the land will undergo a decomposition process. The aims of this research to determine the decomposition rate and C/N ratio of corn plant parts (leaves, stems and cobs) on the surface and in the tillage layer (0-20 cm). This research was designed in a split plot consisting of 6 treatments. The main plot is soil depth (A) which consists of A₁ = surface; A₂ = tillage layer (0-20 cm), and subplots which are part of corn crops (B) consisting of: B₁ = leaves; B₂ = stems ; B₃ = cobs. The decomposition rate is measured as $(k) = \ln(X/X_0)/t$. The results showed that there was an interaction between plant part treatment and incubation depth on the rate of decomposition of corn plants. The leaf part placed in the tillage layer had the best interaction compared to other treatment interactions. The C/N ratio of plant parts is negatively correlated with the decomposition rate constant with an r value (correlation coefficient) of -0.95.

KEYWORDS:

Biomass, corn crops, C/N ratio, decomposition rate

1. PENDAHULUAN

Tanaman jagung merupakan salah satu sumber pangan utama di Indonesia. Produksi tanaman jagung di Indonesia mencapai 14,5 juta ton (Badan Pusat Statistik, 2023). Tingginya produksi tanaman jagung berpotensi pada limbah biomassa yang dihasilkan. Biomassa tanaman jagung mudah diperoleh di sekitar lahan pertanian terutama pada saat musim panen. Haluti (2016) menyatakan bahwa terdapat sekitar 35% limbah jagung yang dihasilkan dalam setiap panen berupa batang, daun dan tongkol kosong. Salah satu upaya pemanfaatan limbah biomassa jagung yaitu sebagai sumber bahan organik dengan cara mengembalikan biomassa tanaman tersebut ke lahan (Wijanarko *et al.*, 2017).

Limbah biomassa tanaman yang dikembalikan ke lahan akan mengalami proses dekomposisi dengan laju yang berbeda tergantung jenis dan bagian tanamannya (Murungu *et al.*, 2011). Proses dekomposisi tanaman jagung terjadi secara dinamis yaitu mengalami perubahan bentuk secara terus-menerus. Dekomposisi memiliki laju yang berbeda dari waktu ke waktu tergantung faktor bahan organiknya dan faktor lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan dekomposer. Laju dekomposisi sangat ditentukan oleh kualitas bahan yaitu kadar C, N dan nisbah C/N. Kadar C dan N pada bahan organik penting bagi mikroba selama proses dekomposisi berlangsung. Karbon digunakan mikroba sebagai sumber energi dan nitrogen digunakan untuk membentuk protein. Nisbah C/N menjadi salah satu prediktor dalam menentukan laju dekomposisi serasah (Lousier & Parkinson 1978), bahkan menjadi indikator kualitas serasah (Zhu *et al.*, 2019; Fuji *et al.*, 2020). Hairah *et al.*, (2003) menyatakan bahwa dekomposisi akan berjalan lebih cepat pada bahan organik yang memiliki nisbah C/N yang rendah yaitu <20 dibandingkan dengan bahan organik dengan nisbah C/N yang lebih tinggi (>30).

Selain faktor kualitas bahan organik, laju dekomposisi juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan (di atas atau di dalam tanah) sebagai tempat proses dekomposisi terjadi (Powers *et al.*, 2009). Faktor lingkungan yang mempengaruhi laju dekomposisi seperti kelembaban, curah hujan,, suhu, intensitas cahaya, kandungan oksigen, pH, kandungan hara organik dan lain-lain dapat mempengaruhi pertumbuhan dekomposer (Sunarto, 2003). Faktor lingkungan mempengaruhi kecepatan dekomposisi karena bahan organik yang diaplikasikan diatas permukaan tanah lebih sedikit berinteraksi dengan butir-butir tanah dibandingkan dengan aplikasi yang diletakkan di lapisan olah tanah (0-20 cm), sehingga mikroba lebih sedikit terlibat. Pada dasarnya laju dekomposisi dipengaruhi oleh aksesibilitas bahan organik terhadap mikroba pelapuk (Silva *et al.*, 2008; Brovkin *et al.*, 2012).

Metode yang paling umum dan sederhana untuk menentukan tingkat laju dekomposisi residu (bahan organik) adalah teknik *litterbag* (Karlberg *et al.*, 2008; Kriauciuniene *et al.*, 2012), yang memungkinkan dilakukannya studi dekomposisi eksperimental dalam kondisi lapangan, dan dapat menentukan laju dekomposisi serasah dan pelepasan unsur hara. Berdasarkan hubungan diatas, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kinetika dekomposisi bagian tanaman jagung (batang daun, dan tongkol kosong) di permukaan dan di lapisan olah tanah (0-20 cm).

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Tempat dan Waktu Percobaan

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung sebagai lokasi proses dekomposisi dan analisis bahan organik yaitu tanaman jagung di Laboratorium Ilmu Tanah Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Pelaksanaan penelitian ini dari bulan Mei 2022 sampai Januari 2023.

2.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang di gunakan pada penelitian adalah *litter-bag* berukuran 25 cm x 20 cm dengan mata jaring berukuran 2 mm, timbangan, oven, labu didih, alat destilasi, *beaker* glass, Erlenmeyer, seperangkat buret, pipet tetes, gelas ukur. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah serasah jagung (batang, daun, dan tongkol), NaOH 40%, indikator Conway, campuran asam sulfat-salsilat, asam borat 1%, campuran selen, HCl 0,05 N, asam fosfat pekat 85%, kalium dikromat, asam sulfat pekat 95%, amonium ferosulfat, NaF 4%, indikator difenilamin, air destilata.

2.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *litterbag* untuk mengamati proses dekomposisi sealami mungkin dan memperkirakan laju dekomposisi biomassa dan mineralisasinya (Barus *et al.*, 2019). Serasah jagung dipisahkan perbagian seperti batang, daun dan tongkol kosong kemudian dikeringanginkan. Masing-masing bagian dipotong hingga berukuran sekitar 5 cm, setelah itu ditimbang sebanyak 50 gram dan dimasukkan ke dalam *litterbag*. Sampel dengan perlakuan lapisan olah tanah diletakkan dalam galian tanah dengan kedalaman 0-20 cm dan sebagian *litterbag* yang dengan perlakuan di permukaan diletakkan di atas tutupan galian tanah tersebut.

Penelitian ini menggunakan rancangan petak terbagi (*split plot*) yang terdiri dari 6 perlakuan. Petak utama adalah kedalaman tanah (A) yang terdiri dari A₁ = permukaan; A₂ = lapisan olah tanah (0-20 cm), dan anak petak yang yaitu bagian tanaman jagung (B) yang terdiri dari : B₁ = daun; B₂ = batang ; B₃ = tongkol kosong. Setiap perlakuan di atas diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 18 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan disiapkan untuk 10 kali pengamatan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-7, 14, 21, 28, 42, 56, 70, 84, 98 dan 112. Sampel yang diambil dari lahan dibersihkan dari tanah yang menempel kemudian dioven pada suhu 70°C selama kurang lebih 48 jam sampai berat konstan. Lalu sampel ditimbang dan diperoleh berat kering biomassa yang tersisa. Kemudian sampel tersebut dikompositkan masing-masing bagian tanaman untuk dianalisa kandungan C-organik dan N-total.

Data hasil pengukuran sisa bobot tanaman selama 112 hari pengamatan ditabulasi dan dianalisis regresinya, sehingga dari persamaan regresinya diperoleh konstanta kecepatan dekomposisi (k). Analisis regresi linier dilakukan dengan persamaan $\ln [X_t] = -kt + \ln [X_0]$, mendapatkan nilai k (sebagai konstantan kecepatan dekomposisi) (Karlberg *et al.*, 2008; Rezende *et al.*, 1999; Silva *et al.*, 2008). Dilakukan analisis ragam (uji F) terhadap konstanta laju dekomposisi (k) dan sisa bobot, apabila pada uji F terdapat perbedaan dilakukan uji lanjut BNT pada taraf 5% untuk membandingkan beda nyata antar perlakuan. Hubungan antara nisbah C/N dengan konstanta (k) akan diuji dengan uji korelasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Kimia Serasah Tanaman Jagung

Berdasarkan hasil analisis awal serasah tanaman jagung sebelum inkubasi (Tabel 1) menunjukkan bahwa persentase kadar C-organik tertinggi terdapat pada bagian tongkol kosong diikuti oleh batang dan daun, Sedangkan persentase kadar N-total tertinggi terdapat pada bagian daun dan terendah terdapat pada bagian tongkol kosong. Selanjutnya, nisbah C/N tertinggi terdapat pada bagian tongkol kosong kemudian diikuti oleh batang dan daun (Burgess, *et al.*, 2002).

Tabel 1. Analisis Kimia Serasah Tanaman Jagung pada Awal (Sebelum Inkubasi)

No	Bagian Tanaman Jagung	Jenis Unsur		
		C-Organik (%)	N-Total (%)	Nisbah C/N
1	Daun	43,62	1,20	36,23
2	Batang	44,97	0,76	59,49
3	Tongkol Kosong	47,67	0,56	85,13

Tabel 2. Rekapitulasi Analisis Ragam Pengaruh Perbedaan Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Sisa Bobot

Perlakuan	F Hitung dan Signifikansi									
	Hari Ke-									
	7	14	21	28	42	56	70	84	98	112
A	173,65	318,70	348,05	205,74	734,36	201,98	69,97	603,88	113,02	34,27
	**	**	**	**	**	**	*	**	**	*
B	38,99	114,02	517,01	118,63	278,57	382,45	628,10	714,78	331,26	717,66
	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
A x B	0,03	2,97	14,62	7,85	4,63	3,42	0,05	8,61	5,12	4,31
	tn	tn	**	*	*	tn	tn	*	*	tn

Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong. ; * = berpengaruh nyata ; ** berpengaruh sangat nyata ; tn = tidak berpengaruh nyata.

Tabel 3. Uji BNT Pengaruh Bagian Tanaman dan Kedalaman Aplikasi terhadap Sisa Bobot

Perlakuan	Rata-rata Sisa Bobot (g)				
	Hari Ke-				
	7	14	56	70	112
A ₁ (Permukaan)	45,77 a	41,36 a	17,78 a	13,43 a	6,54 a
A ₂ (Lapisan Olah Tanah)	43,72 b	38,13 b	15,19 b	11,33 b	5,57 b
Uji F	**	**	**	*	*
BNT 5%	0,67	0,78	0,78	1,08	0,71
B ₁ (Daun)	42,40 c	37,12 c	12,18 c	9,24 c	3,71 c
B ₂ (Batang)	44,64 b	39,67 b	16,23 b	12,00 b	6,28 b
B ₃ (Tongkol Kosong)	47,19 a	42,45 a	21,03 a	15,90 a	8,18 a
Uji F	**	**	**	**	**
BNT 5%	1,25	0,81	0,74	0,44	0,27

Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong; ** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 5%; * = Berpengaruh nyata.

3.2 Pengaruh Bagian Tanaman dan Kedalaman Inkubasi terhadap Sisa Bobot Tanaman Selama Periode Pengamatan

Hasil analisis ragam pengaruh bagian tanaman dan kedalaman inkubasi terhadap sisa bobot tanaman selama periode pengamatan (Tabel 2) menunjukkan bahwa penempatan bahan organik pada hari ke-7, 14, dan 56 berpengaruh sangat nyata terhadap sisa bobot tanaman, sedangkan pada hari ke-70 dan 112 berpengaruh nyata terhadap sisa bobot tanaman. Perlakuan bagian tanaman daun pada hari ke-7, 14, 56, 70 dan 112 berpengaruh sangat nyata terhadap sisa bobot. Interaksi antara perlakuan kedalaman tanah (permukaan dan lapisan olah tanah) dan bagian tanaman (daun, batang dan tongkol kosong) pada hari ke-21 berpengaruh sangat nyata terhadap sisa bobot tanaman dan berpengaruh nyata pada hari ke-28, 42, 84, 98. Sedangkan pada hari ke-7, 14, 56, 70 dan 112 tidak berpengaruh nyata terhadap sisa bobot

Hasil uji BNT taraf 5% pada pengamatan hari ke-7, 14, 56, 70 dan 112 menunjukkan bahwa pada perlakuan kedalaman tanah A₂ (Lapisan olah tanah (0-20 cm)) memiliki sisa bobot yang lebih

rendah dibandingkan dengan kedalaman tanah A₁ (Permukaan) (Tabel 3). Hal ini diduga bahwa pada lapisan olah tanah 0-20 cm suhu tanah, kelembaban dan aerasi lebih sesuai untuk mikroorganisme dibandingkan dengan permukaan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Parker (1962); Summerell & Burgess (1989); Ghidley & Alberts (1993) yaitu biomassa yang dibenamkan kehilangan bobotnya lebih cepat dibandingkan di permukaan.

Hasil uji BNT 5% pada pengamatan hari ke-7, 14, 56, 70 dan 112 perlakuan bagian tanaman B₃ (Tongkol kosong) memiliki sisa bobot yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian tanaman B₁ (Daun) dan B₂ (Batang) (Tabel 3). Hal ini diduga bagian tongkol kosong lebih sulit diurai oleh mikroorganisme karena memiliki nisbah C/N yang lebih tinggi dibandingkan dengan bagian lainnya sehingga bagian tongkol akan lebih lambat terdekomposisi. Ketersediaan nitrogen yang lebih rendah untuk sementara waktu akan mengurangi aktivitas mikroba tanah, sehingga proses penguraian sisa tanaman akan berjalan lebih lambat (Barus *et al.*, 2019). Berdasarkan hasil analisis awal bagian tanaman jagung sebelum di inkubasi menunjukkan bahwa bagian daun memiliki nisbah C/N paling rendah yaitu 43,62 diikuti oleh bagian batang (44,97) dan tongkol kosong (47,67).

Hasil uji BNT taraf 5% pada pengamatan hari ke-21 (Tabel 4), terjadi penurunan bobot yang paling tinggi pada interaksi perlakuan bagian daun yang diletakkan di lapisan olah tanah, diikuti oleh bagian daun yang diletakkan di permukaan tanah, batang di lapisan olah tanah, batang di permukaan tanah, tongkol kosong di lapisan olah tanah, tongkol kosong di permukaan tanah. Hal ini diduga bagian daun lebih mudah diurai oleh mikroorganisme karena memiliki nisbah C/N yang paling rendah dibandingkan dengan bagian lainnya. Semakin rendah nilai C/N maka semakin banyak N yang tersedia bagi mikroorganisme tanah.

Huang (2021) dalam penelitiannya menyatakan bahwa kecepatan dekomposisi daun jagung lebih cepat dibandingkan dengan batang dan akar jagung berhubungan dengan sifat kimia awal setiap bagian jagung, karena nisbah C/N daun jagung paling kecil (≈ 30), sedangkan nisbah C/N batang dan akar jagung lebih besar (> 55). Hal ini disebabkan karena mikroorganisme memerlukan nitrogen untuk sintesis protein yang merupakan komponen utama sel. Bahan organik memiliki nisbah C/N rendah berarti terdapat lebih banyak nitrogen relatif terhadap karbon. Ketika mikroorganisme memiliki akses yang cukup terhadap nitrogen, mereka dapat menghasilkan lebih banyak protein dan mempercepat pertumbuhan sel mereka. Dengan ketersediaan nitrogen yang memadai, mikroorganisme dapat lebih efisien dalam menguraikan bahan organik dengan nisbah C/N rendah. Ini menyebabkan laju dekomposisi yang lebih cepat karena mikroorganisme memiliki semua nutrisi yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas mereka dengan optimal (Huang, 2021).

Selain itu penempatan daun pada lapisan olah tanah akan memudahkan mikroorganisme untuk berkontak langsung dengan bahan organik sehingga interaksi kedua perlakuan ini akan menghasilkan laju dekomposisi yang tinggi yang diindikasikan oleh banyaknya bobot yang hilang (Barus *et al.*, 2019). Lapisan olah tanah menjadi tempat utama bagi mikroorganisme karena menyediakan habitat yang optimal bagi pertumbuhan dan aktivitas mereka. Lapisan olah tanah memiliki kondisi lingkungan yang lebih stabil dibandingkan di permukaan tanah, termasuk suhu yang moderat, kelembaban yang cukup, dan perlindungan dari fluktuasi suhu yang ekstrem. Kondisi lingkungan yang stabil ini memungkinkan mikroorganisme untuk melakukan aktivitas mereka dengan optimal tanpa terganggu oleh perubahan lingkungan yang drastis.

Hasil uji BNT taraf 5% pada pengamatan hari ke-28 (Tabel 5), terjadi penurunan bobot yang paling tinggi pada interaksi perlakuan bagian daun yang diletakkan di lapisan olah tanah, diikuti oleh bagian daun yang diletakkan di permukaan tanah, batang di lapisan olah tanah, batang di permukaan tanah, tongkol kosong di lapisan olah tanah, tongkol kosong di permukaan tanah. Hal ini diduga terjadi karena adanya perbedaan jenis bahan dan kemudahan dekomposisi. Bagian daun memiliki nisbah C/N paling rendah dibandingkan dengan bagian batang dan tongkol kosong. Menurut Bot & Benites (2005), bahan berdaun lunak yang memiliki nisbah C/N rendah lebih sulit diurai

dibandingkan bahan berkayu keras dengan nisbah C/N tinggi. Bahan organik dengan nisbah C/N rendah mengandung senyawa labil, seperti gula, asam amino, dan senyawa organik sederhana lainnya. Senyawa-senyawa ini mudah diakses dan dimetabolisme oleh mikroorganisme tanah karena mereka menyediakan sumber energi dan nutrisi yang penting sehingga laju dekomposisi berjalan lebih cepat.

Selain itu, penempatan daun jagung pada lapisan olah tanah akan memberikan akses mikroorganisme untuk mengkolonisasi bahan organik lebih cepat. Hal ini disebabkan suhu yang lebih hangat dan kolonisasi mikroorganisme yang lebih cepat pada lapisan olah tanah (Burgess, 2002). Aktivitas mikroba tanah meningkat secara eksponensial seiring dengan peningkatan suhu tanah. Peningkatan suhu 10°C sering kali meningkat aktivitas mikroba sebesar dua kali lipat (Kirschbaum 1995). Suhu tanah yang meningkat dapat merangsang kegiatan metabolisme flora mikro sehingga laju dekomposisi berjalan lebih cepat. Peningkatan suhu secara langsung mempengaruhi aktivitas enzim tanah dengan mempengaruhi kinetika enzim tanah, sehingga meningkatkan dekomposisi serasah jagung (Wang *et al.*, 2012).

Tabel 4. Pengaruh Interaksi Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Sisa Bobot Dekomposisi Tanaman Jagung pada Hari Ke-21

Perlakuan	Sisa Bobot (g)		
	B ₁ (Daun)	B ₂ (Batang)	B ₃ (Tongkol Kosong)
A ₁ (Permukaan)	32,70 c	37,32 b	40,45 a
	A	A	A
A ₂ (Lapisan Olah Tanah)	29,95 c	32,14 b	36,84 a
	B	B	B
BNT 5% =	0,74		

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%, huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Tabel 5. Pengaruh Interaksi Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Sisa Bobot Dekomposisi Tanaman Jagung pada Hari Ke-28

Perlakuan	Sisa bobot (g)		
	B ₁ (Daun)	B ₂ (Batang)	B ₃ (Tongkol Kosong)
A ₁ (Permukaan)	27,1 c	33,70 b	36,16 a
	A	A	A
A ₂ (Lapisan Olah Tanah)	24,95 c	28,63 b	30,38 a
	B	B	B
BNT 5% =	1,58		

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%, huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Tabel 6. Pengaruh Interaksi Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Sisa Bobot Dekomposisi Tanaman Jagung pada Hari Ke-42

Perlakuan	Sisa bobot (g)		
	B ₁ (Daun)	B ₂ (Batang)	B ₃ (Tongkol Kosong)
A ₁ (Permukaan)	19,71 c	22,89 b	28,93 a
	A	A	A
A ₂ (Lapisan Olah Tanah)	17,11 c	20,06 b	24,37 a
	B	B	B
BNT 5% =	1,15		

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%, huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Hasil uji BNT taraf 5% pada pengamatan hari ke-42 (Tabel 6), sisa bobot yang paling tinggi terdapat pada interaksi perlakuan bagian tongkol kosong yang diletakkan di permukaan tanah. Hal ini diperkirakan karena tongkol kosong memiliki cincin kayu yang sangat keras yang akan meningkatkan ketahanannya terhadap gaya tekan yang dapat menghancurkan jaringannya. Sifat keras dan resisten dari cincin kayu membuat tongkol kosong sulit untuk terurai secara fisik, sehingga akses mikroorganisme ke bagian dalam tongkol menjadi terbatas. Ini dapat menghambat proses dekomposisi tongkol kosong oleh mikroorganisme dalam tanah (Burgess, 2002). Selain itu, penempatan di permukaan lebih lambat terdekomposisi disebabkan karena faktor lingkungan yang tidak stabil (Ghidey & Alberts, 1993). Peterjohn *et al.*, (1994) menyatakan bahwa mikroorganisme dapat dibatasi oleh kelembaban tanah. Permukaan tanah akan terpapar langsung oleh sinar matahari sehingga proses evaporasi air dari permukaan tanah ke udara lebih cepat. Hal ini menyebabkan kelembaban di permukaan tanah cenderung cepat menguap dan berfluktuasi yang dapat mengganggu pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme pendegradasi bahan organik.

Tabel 7. Pengaruh Interaksi Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Sisa Bobot Dekomposisi Tanaman Jagung pada Hari Ke-84

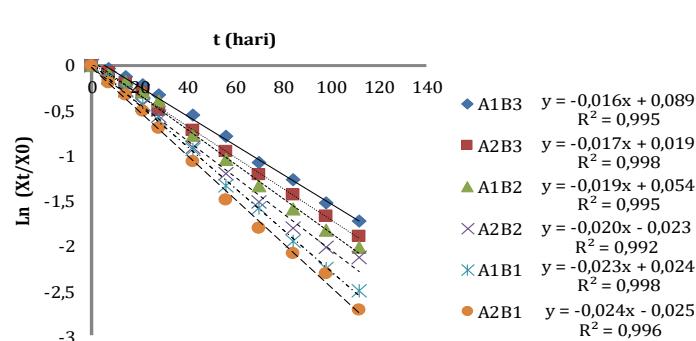
Perlakuan	Sisa Bobot (g)		
	B ₁ (Daun)	B ₂ (Batang)	B ₃ (Tongkol Kosong)
A ₁ (Permukaan)	7,06 c A	10,13 b A	14,04 a A
	6,19 c B	8,19 b B	11,86 a B
BNT 5% =	0,55		

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%, huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.

Tabel 8. Pengaruh Interaksi Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Sisa Bobot Dekomposisi Tanaman Jagung pada Hari Ke-98

Perlakuan	Sisa Bobot (g)		
	B ₁ (Daun)	B ₂ (Batang)	B ₃ (Tongkol Kosong)
A ₁ (Permukaan)	5,23 c A	7,99 b A	10,82 a A
	4,94 c B	6,61 b B	9,43 a B
BNT 5% = 0,0002			

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%, huruf kapital dibaca arah vertikal dan huruf kecil dibaca arah horizontal.



Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong.

Gambar 1. Laju dekomposisi tiga bagian tanaman jagung (batang, daun dan tongkol kosong) di permukaan dan di lapisan olah tanah (0-20 cm) yang diinkubasikan selama 112 hari.

Hasil uji BNT taraf 5% pada pengamatan hari ke-84 (Tabel 7), sisa bobot yang paling tinggi terdapat pada interaksi perlakuan bagian tongkol kosong yang diletakkan di permukaan. Burgess *et al.*, (2002) menyatakan bahwa hilangnya bobot tampaknya berhubungan dengan luas permukaan bagian tanaman dan kerapuhan fisik (yang paling besar terjadi pada daun dan batang, paling sedikit pada tongkol), dan nilai lignin terhadap N. Tongkol lebih padat dibandingkan batang dan kurangnya porositas secara fisik menghambat kolonisasi bagian dalam tongkol oleh hifa jamur. Selain itu, penempatan tongkol kosong di permukaan lebih lambat terdekomposisi. Hal ini diperkirakan karena permukaan tanah lebih terpapar langsung oleh sinar matahari, yang menyebabkan suhu permukaan tanah lebih bervariasi atau tidak stabil dibandingkan di dalam lapisan olah tanah.

Hasil uji BNT taraf 5% pada pengamatan hari ke-98 (Tabel 8), sisa bobot yang paling tinggi terdapat pada interaksi perlakuan bagian tongkol kosong yang diletakkan di permukaan. Hal ini diperkirakan karena tongkol jagung mengandung silika cukup tinggi yaitu 67,41%. Silika memiliki sifat fisik yang keras dan kokoh, yang membuatnya sulit untuk dipecah atau diubah oleh proses dekomposisi. Silika sering terdistribusi dalam bentuk lapisan pelindung di permukaan jaringan tanaman dan bertindak sebagai penghalang fisik yang melindungi sel-sel tanaman dari degradasi oleh mikroorganisme. Silika memiliki sifat hidrofobik, yang berarti ia tidak mudah berinteraksi dengan air. Ketika tongkol jagung kosong dilapisi oleh silika, lapisan silika tersebut dapat menghambat atau mengurangi kemampuan tongkol untuk menyerap air, yang dikenal sebagai proses imbibisi. Ketika air tidak dapat masuk ke dalam tongkol dengan mudah karena lapisan silika, ini juga berarti bahwa mikroorganisme yang terlibat dalam proses dekomposisi akan kesulitan untuk mendapatkan akses ke bahan organik di dalamnya. Mikroorganisme ini memerlukan air sebagai medium untuk bergerak, berkembang biak, dan melakukan aktivitas metabolisme mereka. Ketersediaan air yang terbatas di dalam tongkol jagung kosong yang dilapisi oleh silika dapat menghambat pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme pendekomposisi bahan organik tersebut (Fathurrahman *et al.*, 2022).

Selain itu penempatan bahan organik pada permukaan tanah lebih berpotensi mengalami gangguan eksternal, seperti sinar matahari langsung, hujan yang terlalu deras, angin, dan aktivitas makrofauna (Ardhana & Gede, 2012). Hujan memberikan sumber air yang penting bagi mikroorganisme di dalam dan di permukaan tanah. Namun, air hujan cenderung tergenang pada permukaan tanah, sementara didalam tanah, air lebih meresap kedalam dan tidak tergenang. Selain itu, angin dapat dianggap sebagai gangguan eksternal bagi mikroorganisme pendekomposisi karena dapat memengaruhi mempengaruhi kondisi iklim mikro di sekitar bahan organik, seperti suhu dan kelembaban. Angin yang kencang dapat meningkatkan laju penguapan dan mengurangi kelembaban relatif, yang dapat memengaruhi pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme. Oleh karena itu, lapisan olah tanah menyediakan kondisi yang lebih baik bagi mikroorganisme untuk mendapatkan air tanpa tergenang dan kelembaban yang lebih ideal untuk aktivitas mikroorganisme.

3.3 Pengaruh Bagian Tanaman dan Kedalaman Inkubasi terhadap Laju Dekomposisi Tanaman Selama Periode Pengamatan

Berdasarkan regresi logaritma dari bobot kering sisa residu biomassa dengan waktu inkubasi (hari), diperoleh persamaan regresi dan konstanta laju dekomposisi (k) dari *slope/kemiringannya* (Gambar 4). Laju dekomposisi dari tiga bagian jagung (daun, batang dan tongkol kosong) dengan dua penempatan bahan organik (permukaan dan lapisan olah tanah) berbeda satu sama lain. Bagian daun yang diletakkan di lapisan olah tanah memiliki konstanta lebih tinggi ($k = 0,024$), diikuti oleh bagian daun yang diletakkan di permukaan tanah ($k = 0,023$), batang di lapisan olah tanah ($k = 0,020$), batang di permukaan tanah ($k = 0,019$), tongkol kosong di lapisan olah tanah ($k = 0,017$) dan tongkol kosong di permukaan tanah ($k = 0,016$).

Tabel 9. Analisis Ragam Pengaruh Perbedaan Kedalaman Tanah dan Bagian Tanaman terhadap Laju Dekomposisi Tanaman Jagung

Perlakuan	Konstanta Laju Dekomposisi (k)
A ₁ B ₁	0,023
A ₁ B ₂	0,019
A ₁ B ₃	0,016
A ₂ B ₁	0,025
A ₂ B ₂	0,020
A ₂ B ₃	0,017
Sumber Keragaman	F Hitung dan Signifikansi
A	555,43**
B	7510,50**
A X B	5,17*

Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong; A x B = Interaksi antara kedalaman tanah dan bagian tanaman;

** = Berpengaruh sangat nyata pada taraf 5%; tn = tidak berpengaruh nyata pada taraf 5%.

Tabel 10. Pengaruh Interaksi Bagian Tanaman dan Kedalaman Tanah terhadap Konstanta Dekomposisi Tanaman Jagung

Perlakuan	Konstanta Dekomposisi		
	B ₁ (Daun)	B ₂ (Batang)	B ₃ (Tongkol Kosong)
A ₁ (Permukaan)	0,023 a	0,019 b	0,016 c
	B	B	B
A ₂ (Lapisan Olah Tanah)	0,025 a	0,020 b	0,017 c
	A	A	A
BNT 5% = 0,64			

Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ =

Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong; Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada taraf 5%.

Hasil analisis ragam (Tabel 9) terdapat interaksi antara perlakuan kedalaman tanah (permukaan dan lapisan olah tanah) dan perlakuan bagian tanaman (batang, daun, dan tongkol kosong) terhadap konstanta dekomposisi. Hasil uji BNT pada taraf 5% (Tabel 10) menunjukkan bahwa kombinasi antara perlakuan kedalaman lapisan olah tanah (20 cm) dan bagian daun jagung memiliki interaksi yang nyata lebih tinggi ($k=0,025$) terhadap konstanta dibandingkan dengan perlakuan daun di permukaan tanah ($k=0,023$), diikuti oleh batang di lapisan olah tanah ($k=0,020$), batang di permukaan ($k=0,019$), tongkol di lapisan olah tanah ($k=0,017$), dan tongkol di permukaan ($k=0,016$).

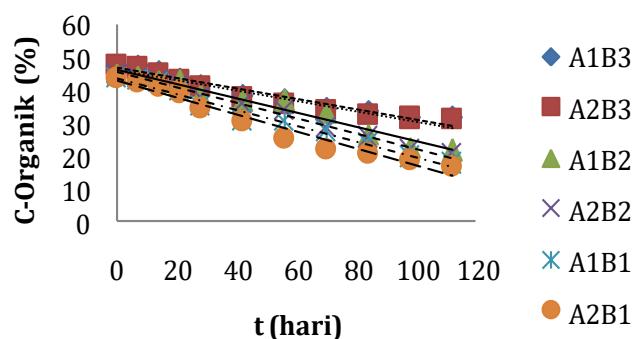
Hal ini diperkirakan terjadi bagian daun memiliki nisbah C/N dan kandungan lignin yang lebih rendah dibandingkan dengan bagian batang dan tongkol kosong. Semakin rendah nisbah C/N dan kandungan lignin, maka dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Fitriana (2023), kandungan lignin tertinggi terdapat pada bagian tongkol (13,48%) diikuti oleh batang (10,58%), dan daun (7,30%). Kandungan lignin yang tinggi akan menghambat proses dekomposisi. Lignin sulit terurai oleh mikroorganisme tanah karena lignin merupakan senyawa kompleks (Aprianis, 2021). Proses dekomposisi senyawa-senyawa ini memerlukan enzim-enzim yang lebih spesifik dan energi yang lebih besar, sehingga membutuhkan waktu lebih lama dan memperlambat laju dekomposisi.

Ketika daun jagung diletakkan di lapisan olah tanah, daun tersebut memiliki kontak yang lebih dekat dengan mikroorganisme. Selain itu, iklim mikro (temperatur dan kadar air) didalam tanah lebih stabil untuk perkembangan mesofauna/mikroba pendegradasi seperti lingkungan yang hangat dan lembab (Barus *et al.*, 2019). Linn & Doran (1984) menyatakan bahwa umumnya nilai kelembaban yang optimal yaitu 60% untuk aktivitas mikroba tanah aerobik. Temperatur tanah berpengaruh terhadap mineralisasi dan respirasi mikroorganisme tanah. Kedalaman tanah akan

mempengaruhi fluktuasi temperatur tanah karena adanya pola perambatan panas. Pada permukaan tanah fluktuasi suhu lebih tinggi dan semakin bertambahnya kedalaman fluktuasi suhu tanah akan semakin kecil (Ratriningsih, 2003).

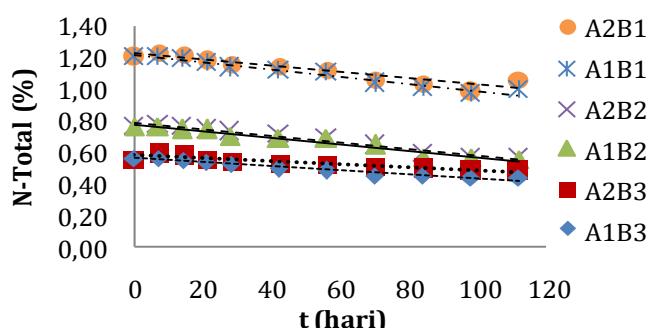
3.4 Kadar C, N dan Nisbah C/N Bagian Tanaman Jagung Selama 112 Hari Inkubasi

Kadar C-Organik bagian tanaman jagung berkurang setiap waktu pengamatan dengan persentase yang berbeda tiap waktu pengamatannya (Gambar 2). Sebagai contoh bagian daun jagung yang diletakkan di atas permukaan tanah pada hari ke 7 memiliki nilai C-organik 43,18%. Setelah 112 hari berkurang menjadi 17,77%. Hal ini didukung dengan penelitian Barus (2019) yang menyatakan bahwa terjadi penurunan kadar C biomassa limbah jagung bentuk segar yang diletakkan di atas permukaan tanah pada bulan pertama yaitu 46,6%, setelah sembilan bulan tersisa 16,59% (Gambar 2). Ketika mikroorganisme menguraikan bahan organik, mereka mengambil karbon organik dari senyawa kompleks yang ada dalam bahan organik dan menggunakan sebagai bahan bakar untuk proses metabolisme mereka. Sebagian besar karbon organik ini kemudian dilepaskan sebagai karbon dioksida (CO_2) saat energi dihasilkan, yang mengakibatkan penurunan nilai C organik dalam bahan organik. Karbon pada bahan organik digunakan mikroba pelaku dekomposisi sebagai sumber energi. Bahan organik yang disusun oleh senyawa sederhana yang terdiri dari C, O, dan H termasuk didalamnya adalah senyawa dari gula, protein, selulosa, dan pati, akan mudah terdekomposisi (Brady & Weil, 2008).



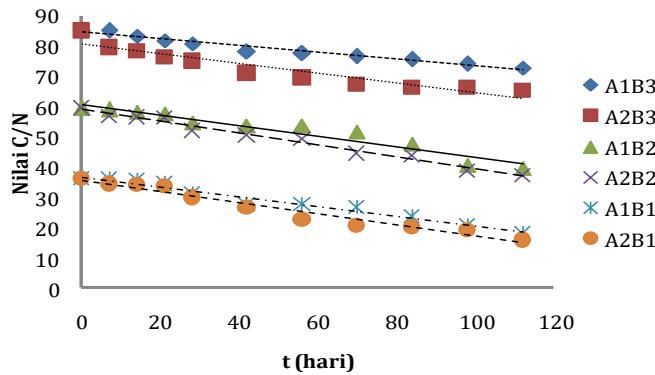
Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong.

Gambar 2. Kadar karbon (C) tiga bagian tanaman jagung (batang, daun dan tongkol kosong) pada permukaan dan lapisan olah tanah (0-20 cm) yang diinkubasikan selama 112 hari.



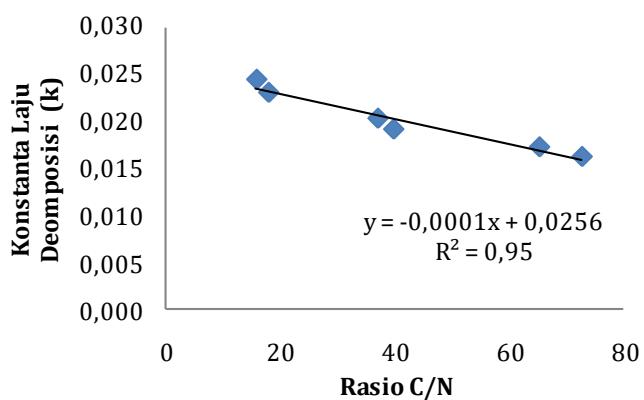
Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong.

Gambar 3. Kadar nitrogen (N) tiga bagian tanaman jagung (batang, daun dan tongkol kosong) di permukaan dan di lapisan olah tanah (0-20 cm) yang diinkubasikan selama 112 hari.



Keterangan : A = Kedalaman Tanah; B = Bagian Tanaman; A₁ = Permukaan ; A₂ = Lapisan Olah Tanah (0-20 cm); B₁ = Daun; B₂ = Batang; B₃ = Tongkol Kosong.

Gambar 4. Nisbah C/N tiga bagian tanaman jagung (batang, daun dan tongkol kosong) pada permukaan dan lapisan olah tanah (0-20 cm) yang diinkubasikan selama 112 hari.



Gambar 5. Nisbah C/N tiga bagian tanaman jagung (batang, daun dan tongkol kosong) pada permukaan dan lapisan olah tanah (0-20 cm) yang diinkubasikan selama 112 hari.

Selain karbon, mikroorganisme membutuhkan senyawa N untuk sintesis protein tubuhnya. Sebagai contoh bagian daun tanaman jagung yang diletakkan di atas permukaan tanah pada minggu pertama persentase nitrogennya yaitu 1,20%, setelah 112 hari kadar N tersisa 0,99% (Gambar 3). Hal ini sesuai dengan penelitian Barus *et al.*, (2019) yang menyatakan bahwa terjadi penurunan kadar N selama proses dekomposisi bahan organik. Pada penelitiannya, kadar N limbah biomassa jagung bentuk segar yang diletakkan di atas permukaan tanah pada bulan pertama yaitu 1,24%, setelah sembilan bulan kadar N menurun menjadi 0,87%. Mikroorganisme memecah karbon dan dimanfaatkan sebagai sumber energi sedangkan nitrogen untuk sintesis protein sehingga nilai karbon organik selama proses dekomposisi mengalami penurunan dan nilai nitrogennya relatif konstan.

Nisbah C/N ketiga bagian limbah biomassa jagung (daun, batang dan tongkol kosong) semakin menurun setiap minggu pengamatan (Tabel 3). Sebagai contoh bagian daun yang diletakkan pada permukaan tanah pada hari ke-7 memiliki nisbah C/N 35,86, setelah 112 hari nisbah C/N menurun menjadi 17,88. Nilai karbon organik dan nitrogen dalam bahan organik akan mempengaruhi besarnya nisbah C/N. Pada proses dekomposisi, mikroorganisme memecah senyawa karbon menjadi CO₂, H₂O, dan panas sehingga kandungan karbon organik akan berkurang karena terdekomposisi, sedangkan kadar nitrogen organik dapat meningkat atau stabil selama proses dekomposisi dan pada umumnya relatif tetap, hal ini menyebabkan nisbah C/N setelah proses dekomposisi menjadi turun (Sulistiyanto *et al.*, 2005).

3.5 Uji Korelasi antara Nisbah C/N dan Konstanta Laju Dekomposisi

Berdasarkan hasil analisis (Gambar 5). menunjukkan bahwa nisbah C/N berkorelasi negatif dengan konstanta laju dekomposisi dengan nilai $r = -0,95$. Hal ini menunjukkan bahwa nisbah C/N dapat mempengaruhi konstanta laju dekomposisi, sehingga semakin rendah nisbah C/N tanaman maka akan semakin tinggi konstanta laju dekomposisinya yang berarti semakin cepat laju dekomposisi terjadi. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Negash & Star (2021) yaitu konstanta dekomposisi serasah berkorelasi negatif terhadap nisbah C/N serasah.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Laju dekomposisi bagian daun lebih cepat dibandingkan dengan batang dan tongkol kosong karena bagian daun memiliki nisbah C/N paling rendah, 2) Laju dekomposisi tanaman jagung yang diletakkan di lapisan olah tanah lebih cepat terdekomposisi dibandingkan dengan yang diletakkan pada permukaan tanah, 3) Daun tanaman jagung yang diletakkan pada lapisan olah tanah memiliki interaksi terbaik terhadap laju dekomposisi, 4) Semakin tinggi nisbah C/N maka semakin rendah konstanta dekomposisinya.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Aprianis, Y. 2011. Produksi dan laju dekomposisi serasah *Acacia crassicarpa A.Cunn.* di PT. Arara Abadi. *Jurnal Tekno Hutan Tanaman*. 4(1) : 41–47.
- Ardhana, & I.P. Gede. 2012. *Ekologi Tumbuhan*. Udayana University Press. Bali. 463 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2023. *Luas Panen dan Produksi Jagung di Indonesia 2023*. Berita Resmi Statistik. Jakarta. 16 hlm.
- Barus, J., J. Lumbanraja, H. Sudarsono, & Dermiyati. 2019. A litterbag study: decomposition rate and C/N ratio of annual crop biomass residues on an ultisols in Natar Village, South Lampung, Indonesia. *Pertanika Journals. of Tropical Agricultural Science*. 42(1) : 387–403.
- Bot, A., & J. Benites. 2005. *The Importance of Soil Organic Matter : Key to Drought-Resistant Soil and Sustained Food and Production*. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome. 78 hlm.
- Brady, N.C., & R.R. Weil. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. Prentice Hall. Britania Raya. 965 hlm.
- Burgess, M.S., G.R. Mehuys, & C.A. Madramootoo. 2002. Decomposition of grain-corn residues (*Zea mays L.*): A litterbag study under three tillage systems. *Canadian Journal Soil Science*. 82(2) : 127–138.
- Brovkin, V., P.M. Van Bodegom, T. Kleinen, C. Wirth, W.K. Cornwell, J.H.C. Cornelissen, & J. Kattge. 2012. Plant-driven variation in decomposition rates improves projections of global litter stock distribution. *Biogeosciences*. 9(1) : 565–576.
- Fathurrahman, M., A. Taufiq, D. Widiastuti, & F.D.F. Hidayat. 2020. Sintesis dan karakterisasi silika gel dari abu tongkol jagung sebagai adsorben ion logam Cu(II). *J. Kartika Kimia*. 3(2) : 89–95.
- Fitriana, D. 2023. Kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam komponen jerami jagung (batang, daun, tongkol dan kelobot). *Publikasis Ilmiah*. Universitas Mataram. Mataram. 12 hlm.
- Fuji, K., Sukartiningsih, C. Hayakawa, Y. Inagaki, & T. Kosaki. 2020. Effects of land use change on turnover and storage of soil organic matter in a tropical forest. *Plant Soil*. 446(1) : 425–439.
- Ghidey, F., & E.E. Albert. 1993. Residue type and placement effects on decomposition: field study and model evaluation. *Trans. ASAE*. 36 : 1611–1617.

- Hairiah, K., M.A. Sardjono, & S. Sabarnurdin. 2003. *Pengantar Agroforestri*. Bahan Ajaran. World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor. 44 hlm.
- Haluti, S. 2016. Pemanfaatan potensi limbah tongkol jagung sebagai bioethanol melalui proses fermentasi di Wilayah Provinsi Gorontalo. *Jurnal Technopreneur*. 4(1) : 28–31.
- Huang, F., X. Ding, W. Li, H. Jia, X. Wei, & X. Zhao. 2021. The effect of temperature on the decomposition of different parts of maize residues in A Solonchak. *CATENA*. 201:105207.
- Karlberg, N. J., N.A. Scott, & C.P. Giardina. 2008. Methods for estimating litter decomposition. in: *hoover, c.m. (eds) field measurements for forest carbon monitoring*. Springer, Dordrecht. 103–111 hlm.
- Kirschbaum, M.U.F. 1995. The temperature dependence of soil oorganik matter decomposition, and the effect of global warming on soil organik C storage. *Soil Biology and Biochemistry*. 27(6) : 753–760.
- Kriauciuniene, Z., R. Velička, & S. Raudonius. 2012. The influence of crop residues type on their decomposition rate in the soil: a litterbag study. *Žemdirbystė-Agriculture*. 99(3) : 227–236.
- Linn, D.M. &, J.W. Doran. 1984. Aerobic and anaerobic microbial populations in no-till and plowed soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 48(4) : 794–799.
- Lousier, J. D & D. Parkinson. 1978. Chemical element dynamic in decomposing leaf litter. *Canad J Bot.* 56(21) : 2795–812.
- Murungu, F. S., C. Chiduza, P. Muchaonyerwa, & P.N.S. Mnkeni. 2011. Mulch effects on soil moisture and nitrogen, weed growth and irrigated maize productivity in a warm-temperate climate of South Africa. *Soil and Tillage Research*. 112(1) : 58–65.
- Negash M & M. Starr. 2021. Litter Decomposition of six tree species on indigenous agroforestry farms in southeastern ethiopia in relation to litterfall carbon inputs and modelled soil respivaluen. *Agrofor Syst*. 95(4) : 755–766.
- Parker, D. T. 1962. Decomposition in the field of buried and surface-applied cornstalk residue. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 26 : 559–562.
- Peterjohn, W.T., J.M. Melillo, P.A. Steudler, K.M. Newkirk, F.P. Bowles, & J.D. Aber. 1994. Responses of trace gas fluxes and n availability to experimentally elevated soil temperatures. *Ecological Applications*.
- Powers, J. S., R. A. Montgomery, E.C. Adair, F. Q. Brearley, S. J. Dewalt, C.T. Castanho, & Lerdau, M. T. 2009. Decomposition in tropical forests: a pan-tropical study of the effects of litter type, litter placement and mesofaunal exclusion across a precipitation gradient. *Journal of Ecology*. 97(4) : 801–811.
- Ratriningsih, R. 2003. *Petunjuk Praktikum Ekologi Tumbuhan*. JP Book. Surabaya. 39 hlm.
- Rezende, C. de P., R.B. Cantarutti, J.M. Braga, J.A. Gomide, J.M. Pereira, E. Ferreira, & R.M. Boddey. 1999. Litter deposition and disappearance in brachiaria pastures in the atlantic forest region of The South of Bahia, Brazil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 54(2) : 99–112.
- Silva, G. T. A., L.V. Matos, P.D. Nobrega, E.F.C. Campello, & A.S. de Resende. 2008. Chemical composition and decomposition rate of plants used as green manure. *Scientia Agricola*. 65(3) : 298–305.
- Summerell, B. A. & L.W. Burgess. 1989. Decomposition and chemical composition of cereal straw. *Soil Biol. Biochem*. 21(4) : 551–559.
- Sunarto. 2003. *Peranan Dekomposisi dalam Proses Produksi pada Ekosistem Laut*. Pengantar Falsafah Sains. Program Pascasarjana/S3 IPB. Bogor. 17 hlm.
- Sulistiyanto, Y., J. O., Rieley & S.H. Limin. 2005. Laju dekomposisi dan pelepasan hara dari serasah pada dua sub-tipe hutan rawa gambut di kalimantan tengah. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*. 9(2) : 1–14.

- Wang, C., G. Han, Y. Jia, X. Feng, & X. Tian. 2012. Insight into the temperature sensitivity of forest litter decomposition and soil enzymes in subtropical forest in China. *J. Plant Ecol.* 5(3): 279–286.
- Wijanarko, A. & B.H. Purwanto. 2017. Effect of land use and organic matter on nitrogen and carbon labile fractions in a typic hapludult. *Journal of Degraded and Mining Lands Management.* 4(3) : 837–843.
- Zhu, X., W. Liu, H. Chen, Y. Deng, C. Chen, & H. Zeng. 2019. Effects of forest transition on litterfall, standing litter and related nutrient returns: implications for forest management in tropical china. *Geoderma.* 333 :123–134.