

Pemanfaatan Limbah Organik Penyulingan Minyak Kayu Putih Untuk Pertumbuhan Bibit Cengkeh Hutan

(Utilization of Organic Oil Refining Waste Eucalyptus For Growing Forest Clove Seedlings)

Marwanyani Kamsurya¹, Samin Botanri^{1,*}, Kamaruddin¹

¹Fakultas Pertanian dan Kehutanan Universitas Darussalam Ambon. Jln. Waehakila Puncak Wara Ambon (97128)

*Email korespondensi: saminunidar82@gmail.com

Abstract

In the process of refining eucalyptus oil, there is organic waste from leaves that are not utilized. This waste can be mixed with soil to be used as a plant growing medium. The research aimed to explain the role of growing media in seed germination and growth of forest clove seedlings. The research was conducted in Sirimau District, Ambon City, Maluku from August 2022-March 2023. Seeds were taken from Leihitu District, Central Maluku Regency. Treatment of organic waste, namely: P0 = control; P1= BO 20 %; P2 = BO 40%; P3 = BO 60%; P4 = BO 80%. The research used a randomized block design with 3 replications. The variables observed included percent germination, seed vigor, seedling height, number of leaves, and leaf area, correction factor (cf) 0.65. Data were analyzed statistically including Analysis of Variance (Anova) and Fisher's difference test. The results showed that organic waste treatment had a significant effect on seed germination and growth of forest clove seedlings with an R² value for seed germination of 76.5%, the correlation was very strong (r = 0.87). The R² value for seedling growth is 73.83% correlation (r = 0.85). The best growth of forest clove seedlings was achieved at organic waste levels ranging from 57.9-58.12%.

Keywords: forest cloves, germination, seedling growth, organic waste.

Abstrak

Dalam proses penyulingan minyak kayu putih terdapat limbah organik sisa daun yang tidak dimanfaatkan. Limbah tersebut dapat dicampur dengan tanah untuk dijadikan sebagai media tumbuh tanaman. Penelitian bertujuan untuk menjelaskan peran media tumbuh dalam perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit cengkeh hutan. Penelitian dilakukan di Kecamatan Sirimau Kota Ambon, Maluku berlangsung sejak Agustus 2022-Maret 2023. Benih diambil dari kecamatan Leihitu Kabupaten Maluku Tengah. Perlakuan limbah organik, yaitu : P0 = kontrol; P1= BO 20 %; P2 = BO 40 %; P3 = BO 60 %; P4 = BO 80 %. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Berblok dengan 3 ulangan. Variabel yang diamati meliputi persen daya kecambah, vigor benih, tinggi bibit, jumlah daun, dan luas daun, faktor koreksi (fc) 0.65. Data dianalisis statistik meliputi Analisis Ragam (Anova) dan uji beda Fisher's. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan limbah organik berpengaruh signifikan terhadap perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit cengkeh hutan dengan nilai R² perkecambahan benih sebesar 76.5 %, korelasinya sangat kuat (r = 0.87). Nilai R² pertumbuhan bibit sebesar 73.83 % korelasinya (r = 0.85). Pertumbuhan bibit cengkeh hutan terbaik dicapai taraf limbah organik berkisar antara 57.9-58.12 %.

Kata Kunci: cengkeh hutan, limbah organik, perkecambahan, pertumbuhan bibit

I. Pendahuluan

Cengkeh merupakan salah satu jenis tanaman rempah yang termasuk dalam family Myrtaceae, merupakan tanaman asli Indonesia, terutama dari kepulauan Maluku, Maluku Utara dan beberapa daerah di Papua [1] dan [2]. Tanaman ini memiliki nilai dan arti penting bagi masyarakat karena produksinya digunakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebagai bahan baku industri rokok, bahan baku obat [3], dan pengawet makanan [4].

Jenis tanaman cengkeh yang banyak dibudidayakan di Indonesia secara umum adalah jenis cengkeh aromatik seperti, jenis ambon, sansibar, siputih, dan sikotok [5]. Di Provinsi Maluku terdapat spesies tanaman cengkeh non-aromatik yang belum banyak diusahakan dan dikembangkan oleh masyarakat. Jenis tanaman cengkeh dimaksud dikenal dengan sebutan cengkeh hutan (*Syzygium obtusifolium* L), karena pemanenan spesies tanaman cengkeh tersebut awalnya dilakukan pada tanaman yang tumbuh liar di hutan. Selain itu asal muasal benih untuk keperluan budidaya berasal dari buah cengkeh yang masih tumbuh di dalam hutan [6]. Beberapa petani telah mulai mengembangkannya dengan cara mengambil benih atau bibit yang tumbuh liar di bawah tegakan cengkeh hutan dalam habitat alami di hutan [7]. Ketertarikan petani mulai mengusahakan tanaman cengkeh hutan antara lain karena umur berbunga hanya berkisar antara 7-8 bulan setelah panen [8].

Kebutuhan bibit tanaman dalam skala usaha yang luas tidak hanya tergantung dari bibit di alam, tetapi untuk mendapatkan bibit dengan kondisi baik harus dimulai dengan memilih benih yang baik, memiliki daya kecambah dan vigor tinggi serta mampu tumbuh dan berkembang menjadi anakan yang mempunyai kemampuan tumbuh dan daya adaptasi lingkungan yang kuat. Dalam upaya untuk mendapatkan bibit yang baik perlu dipersiapkan dengan sebaik-baiknya sejak stadia pembibitan. Faktor bibit memegang peranan penting dalam menentukan keberhasilan penanaman tanaman pertanian. Kesehatan tanaman selama masa pembibitan mempengaruhi pertumbuhan dan tingginya produksi selanjutnya, setelah ditanam di lapangan [9].

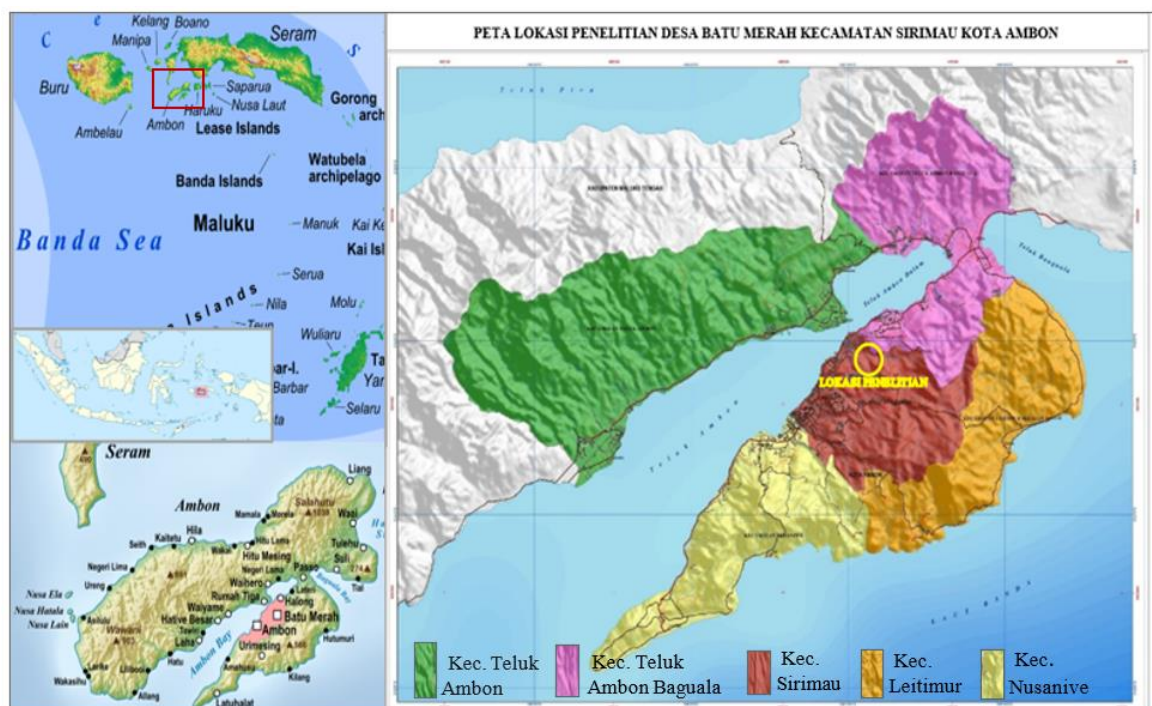
Dalam rangka mempersiapkan bibit yang baik, maka diperlukan media tumbuh yang sesuai, untuk mendapatkan media tumbuh yang baik dapat dilakukan dengan mencampur tanah dengan bahan organik. Bahan organik tanah merupakan sebagian kecil dari tanah, namun komponen ini memainkan peranan yang sangat penting dalam tanah. Tanpa bahan organik di dalam tanah, fungsi tanah dalam menopang kehidupan tanaman tidak akan mungkin tercapai [10]. Dalam kegiatan penyulingan minyak kayu putih, daun sisa penyulingan biasanya dibuang sebagai limbah ke lahan sekitar tempat usaha. Dengan perjalanan waktu limbah tertimbun dalam jumlah banyak dan selama ini tidak dimanfaatkan. Oleh karena itu limbah dalam bentuk bahan organik ini dimanfaatkan sebagai media tanam yang dicampur dengan tanah. Media tanam sangat mempengaruhi pertumbuhan tanaman dari segi ketersediaan hara, ketersediaan air, keremahan media yang mempengaruhi perkembangan serta pertumbuhan akar. Dengan demikian kekurangan salah satu faktor dapat menyebabkan terbatasnya pertumbuhan tanaman [11]. Penambahan bahan organik ke dalam media tumbuh selain dapat menambah pasokan unsur hara tanah, juga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah [12]. Perbaikan sifat fisika tanah melalui penambahan bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah karena bahan organik dapat berperan sebagai bahan pengikat partikel tanah [13]. Penggunaan kompos sebagai pupuk organik mampu memperbaiki sifat fisik tanah dan menurunkan laju pencucian hara, memperbaiki drainase tanah, menetralkan unsur aluminium yang mengikat P sehingga ketersediaan P dalam tanah lebih tersedia, dan meningkatkan kapasitas menahan air. Penambahan kompos dapat menyebabkan struktur tanah gembur dan meningkatkan pori tanah yang nantinya akan menyebabkan akar tanaman mudah berkembang [14]. Penambahan bahan organik tanah mampu memperbaiki sifat kimia tanah, terjadi

peningkatan serapan N, P, K dan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman [15]. Dalam konteks itu, maka penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan pengaruh pemanfaatan limbah organik penyulingan minyak kayu putih dicampur dengan tanah sebagai media tumbuh untuk mendorong perkecambahan benih dan pertumbuhan bibit cengkeh hutan

II. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Kecamatan Sirimau Kota Ambon, Maluku berlangsung selama tujuh bulan sejak bulan Agustus 2022 sampai Maret 2023. Lokasi penelitian sebagaimana tertera dalam gambar 1. Sumber benih sebagai bahan penelitian diambil dari tanaman cengkeh hutan milik petani di kecamatan Leihtu Kabupaten Maluku Tengah. Bahan organik diambil dari Kabupaten Seram Bagian Barat, berupa sisa daun dari limbah penyulingan minyak kayu putih. Media tanah berpasir diambil dari sungai air Batu Merah Kota Ambon. Peralatan yang dipakai meliputi polybag ukuran 20 cm, paranet, pita meteran, set laptop, alat tulis, dan data sheet.

Perlakuan bahan organik terdiri dari 5 taraf, yaitu: P0 = kontrol; P1= BO 20 %; P2 = BO 40 %; P3 = BO 60 %; dan P4 = BO 80 %. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Berblok dengan 3 ulangan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 6 bibit tanaman, sehingga jumlah populasi sebanyak $6 \times 3 \times 5 = 90$ bibit. Setiap satuan percobaan dipilih 3 bibit tanaman sampel, maka seluruhnya berjumlah 45 bibit sampel. Sesuai dengan rancangan yang dipakai, maka model matematikanya : $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$. Dimana Y_{ij} = Variabel pengamatan; μ = rata-rata umum; α_i = pengaruh perlakuan ke-i; β_j = pengaruh blok ke-j; e_{ij} = galat percobaan [16] dan [17]. Variabel yang diamati, yaitu : 1). Persen daya kecambah, 2). Vigor benih, 3). Tinggi bibit (cm), 4). Jumlah daun (helai), 5). Luas daun (cm²), factor koreksi (fc) 0.65. Data dianalisis secara statistik meliputi Analisis Sidik Ragam (Anova), uji beda Fisher's, dan analisis Regresi menggunakan software statistika.



Sumber : Peta Administrasi Kota Ambon (<http://www.google.com>), diperbaharui

Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kec. Sirimau Kota Ambon, Maluku

III. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Penelitian

3.1.1. Daya Perkecambahan dan Vigor Benih

Hasil analisis sidik ragam (Anova) setelah 15, 18 dan 21 hari setelah tanam (HST) menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan limbah organik penyulingan minyak kayu putih yang bersifat signifikan terhadap variabel daya perkecambahan dan vigor benih tanaman cengkeh hutan. Besarnya kontribusi pengaruh perlakuan terhadap daya perkecambahan mencapai 78.00, 73.73, dan 77.78 % (rata-rata 76.50 %) dengan korelasi antara kedua variabel sangat kuat, rata-ratanya sebesar 0.87 ($r = 0.87$). Besarnya kontribusi pengaruh bahan organik limbah penyulingan minyak kayu putih terhadap vigor benih sebesar 90.90% dan korelasi sangat kuat 0.95 ($r = 0.95$). Hasil anova dan uji beda Fisher's sebagaimana tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Anova pengaruh bahan organik terhadap daya perkecambahan dan vigor benih

Anova daya perkecambahan dan vigor benih											
Hari ke-15 setelah tanam					Hari ke-18 setelah tanam						
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Perlak	4	4800	1200	5.45	0.020	Perlak	4	4426.67	1106.67	5.35	0.021
Blok	2	1440	720	3.27	0.092	Blok	2	213.33	106.67	0.52	0.615
Error	8	1760	220			Error	8	1653.33	206.67		
Total	14	8000				Total	14	6293.33			
S = 14.83 R-Sq = 78.00% R-Sq(adj) = 61.50%					S = 14.38 R-Sq = 73.73% R-Sq(adj) = 54.03%						
Hari ke-21 setelah tanam					Anova vigor benih						
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Perlak	4	3360	840	5.25	0.023	Perlak	4	8.2101	2.0525	13.51	0.001
Blok	2	1120	560	3.50	0.081	Blok	2	3.9406	1.9703	12.97	0.003
Error	8	1280.160				Error	8	1.2157	0.1519		
Total	14	14.5760				Total	14	13.3664			
S = 12.65 R-Sq = 77.78% R-Sq(adj) = 61.11%					S = 0.3898 R-Sq = 90.90% R-Sq(adj) = 84.08%						

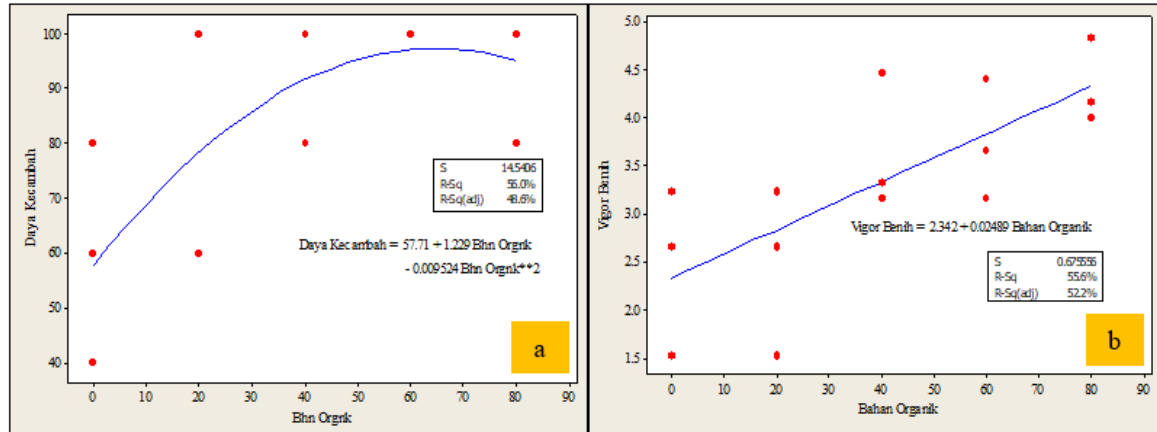
Hasil analisis uji beda Fisher's perlakuan persen limbah organik dari penyulingan minyak kayu putih terhadap daya perkecambahan tampak bahwa pada pengamatan sampai dengan hari ke-15 HST semua perlakuan berbeda signifikan dengan perlakuan 80 %, kemudian pada pengamatan 18 HST seluruh perlakuan berbeda signifikan dengan perlakuan 60 dan 80 %, diantara keduanya tidak berbeda signifikan. Sampai dengan 21 HST semua perlakuan tidak berbeda signifikan kecuali dengan kontrol, antara perlakuan 20 % dan kontrol pengaruhnya sama. Pada variabel vigor benih tanaman cengkeh hutan tampak bahwa secara keseluruhan seluruh perlakuan berbeda signifikan dengan kontrol, kecuali antara perlakuan 40-80 % dan antara 20-60 % limbah organik tidak berbeda signifikan. Pengaruh yang berbeda signifikan terjadi pula antara perlakuan 80 dan 20 % bahan organik. Hasil analisis sebagaimana tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Uji beda Fisher's daya perkecambahan dan vigor benih

Uji beda Fisher's daya perkecambahan dan vigor benih							
Hari ke-15 setelah tanam				Hari ke-18 setelah tanam			
Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping
0	3	33.33	B	80	3	86.67	A
20	3	33.33	B	60	3	80.00	A
40	3	20.00	B	40	3	53.33	B
60	3	40.00	B	20	3	46.67	B
80	3	73.33	A	0	3	46.67	B
Hari ke-21 setelah tanam				Anova vigor benih			
Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping
60	3	100.00	A	80	3	4.333	A
80	3	93.33	A	60	3	3.744	A B
40	3	93.33	A	40	3	3.656	A B
20	3	73.33	A B	20	3	2.478	B
0	3	60.00	B	0	3	1.478	C

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda signifikan

Hasil analisis hubungan limbah organik penyulingan minyak kayu putih dengan daya perkecambahan benih bersifat kuadratik sementara bentuk hubungan dengan vigor benih bersifat linier. Persamaan regresi hubungan antara persentase limbah organik (X) dengan daya perkecambahan dan vigor benih cengkeh hutan (Y) sebagaimana tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan persen bahan organik dengan daya perkecambahan dan (b) vigor benih cengkeh hutan

Persamaan regresi persen limbah organik dengan daya perkecambahan dan vigor benih cengkeh hutan secara berurutan sebagai berikut.

$$Y1 = 57.71 + 1.229X - 0.009524X^2 \dots\dots (1)$$

$$r = 0.75 \quad R\text{-Sq} = 56.0 \%$$

dimana : Y1 = daya perkecambahan (%);

X = limbah organik (%)

$$Y2 = 2.34 + 0.0249X \dots\dots\dots (2)$$

$$r = 0.75 \quad R\text{-Sq} = 55.6 \%$$

dimana : Y1 = vigor benih;

X = limbah organik (%)

3.1.2. Pertumbuhan Bibit.

Hasil analisis sidik ragam pengaruh perlakuan limbah organik penyulingan minyak kayu putih memberikan pengaruh signifikan terhadap pertumbuhan bibit tanaman cengkeh hutan. Hasil analisis uji beda Fisher's perlakuan persen limbah organik penyulingan minyak kayu putih terhadap pertumbuhan bibit tanaman cengkeh hutan pada variabel tinggi bibit 2 bulan setelah benih berkecambah tampak bahwa perlakuan 60 dan 80 % limbah organik berbeda signifikan dengan kontrol, diantara perlakuan yang lain tidak berbeda signifikan. Pada pengamatan 4 bulan, antara perlakuan 40, 60 dan 80 % limbah organik berbeda signifikan dengan perlakuan 20 % dan kontrol. Kemudian pada pengamatan 6 bulan setelah benih berkecambah terlihat bahwa seluruh perlakuan berbeda signifikan dengan kontrol.

Pada variabel jumlah daun secara umum semua perlakuan pada pengamatan 2, 4 dan 6 bulan setelah benih berkecambah berbeda signifikan dengan kontrol, kecuali pada pengamatan 4 bulan antara perlakuan 20, 40 dan 60 % pengaruhnya tidak berbeda signifikan. Pada variabel luas daun pada pengamatan 2, 4 dan 6 bulan seluruh perlakuan berbeda signifikan dengan kontrol, kecuali pada pengamatan 2 bulan setelah benih berkecambah, perlakuan 20 dan 40 % dan antara 20 % dan kontrol pengaruhnya tidak berbeda signifikan.

Besarnya kontribusi pengaruh perlakuan terhadap variabel tinggi bibit, jumlah daun, dan luas daun setelah 2, 4, dan 6 bulan benih berkecambah pengaruhnya bersifat signifikan. Besarnya kontribusi pengaruh rata-rata untuk ketiga variabel secara berurutan masing-masing tinggi bibit, jumlah daun dan luas daun sebesar 63,77 %, 90,25 %, dan 67,46 % (rata-rata 73.83 %) dengan keeratan hubungan (korelasi) termasuk kategori sangat kuat. Secara berurutan korelasi antara persen bahan organik dengan parameter pertumbuhan bibit, dengan tinggi bibit $r = 0,87$, jumlah daun $r = 0,85$, dan luas daun $r = 0,82$ (rata-rata 0.85). Hasil anova, koefisien determinasi dan korelasi antara perlakuan dengan parameter pertumbuhan bibit tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Anova pengaruh limbah organik terhadap pertumbuhan bibit cengkeh hutan

Tinggi bibit						Jumlah daun					Luas daun						
2 bulan setelah berkecambah																	
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Perlak	4	61.35	15.34	2.66	0.01	Perlak	4	10.21	2.55	9.13	0.00	Perlak	4	10.59	2.65	1.54	0.03
Blok	2	19.71	9.85	1.71	0.24	Blok	2	0.74	0.37	1.33	0.32	Blok	2	4.91	2.46	1.43	0.30
Error	8	46.05	5.76			Error	8	2.24	0.28			Error	8	13.74	1.72		
Total	14	127.104				Total	14	13.19				Total	14	29.25			
S = 2.4 R-Sq = 63.77%						S = 0.53 R-Sq = 83.04%						S = 1.31 R-Sq = 53.02%					
R-Sq(adj) = 36.60%						R-Sq(adj) = 70.33%						R-Sq(adj) = 17.78%					
4 bulan setelah berkecambah																	
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Perlak	4	148.19	37.05	17.64	0.00	Perlak	4	13.53	3.38	28.82	0.00	Perlak	4	61.14	15.29	1.22	0.04
Blok	2	11.22	5.61	2.67	0.13	Blok	2	0.48	0.24	2.03	0.19	Blok	2	162.04	81.02	6.46	0.21
Error	8	16.80	2.10			Error	8	0.94	0.12			Error	8	100.30	12.54		
Total	14	176.22				Total	14	14.95				Total	14	322.48			
S = 1.449 R-Sq = 90.46%						S = 0.34 R-Sq = 93.72%						S = 3.54 R-Sq = 68.99%					
R-Sq(adj) = 83.31%						R-Sq(adj) = 89.01%						R-Sq(adj) = 45.74%					
6 bulan setelah berkecambah																	
Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P	Source	DF	SS	MS	F	P
Perlak	4	1.58	0.40	0.12	0.04	Perlak	4	20.96	5.24	61.74	0.00	Perlak	4	120.64	30.16	0.74	0.04
Blok	2	70.96	35.48	10.37	0.01	Blok	2	0.824	0.41	4.85	0.04	Blok	2	1216.73	608.37	14.90	0.00
Error	8	27.37	3.42			Error	8	0.68	0.09			Error	8	326.62	40.83		
Total	14	99.91				Total	14	22.46				Total	14	1663.99			
S = 1.850 R-Sq = 72.61%						S = 0.29 R-Sq = 96.98%						S = 6.390 R-Sq = 80.37%					
R-Sq(adj) = 52.06%						R-Sq(adj) = 94.71%						R-Sq(adj) = 65.65%					

Keterangan : Source = sumber keragaman; SS = jumlah kuadrat; MS = kuadrat tengah.

Tabel 4. Uji beda Fisher's pertumbuhan bibit cengkeh hutan

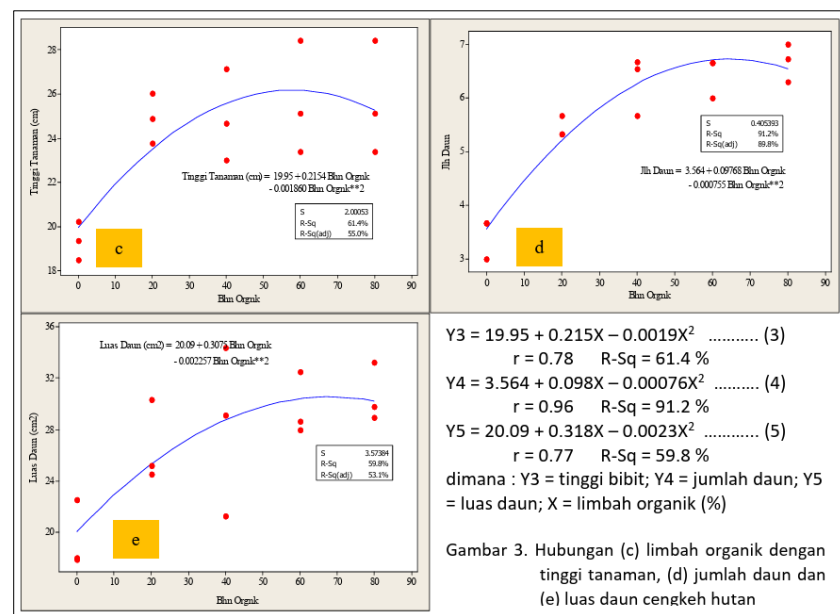
Tinggi bibit				Jumlah daun				Luas daun			
2 bulan setelah berkecambah											
Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping
80	3	18.233	A	80	3	4.556	A	60	3	7.065	A
60	3	18.167	A	60	3	4.544	A	80	3	6.560	A
40	3	15.933	A B	40	3	4.222	A	40	3	5.953	A B
20	3	14.833	A B	20	3	3.889	A	20	3	4.997	B C
0	3	12.933	B	0	3	2.333	B	0	3	3.977	C
4 bulan setelah berkecambah											
Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping
80	3	23.820	A	80	3	5.637	A	60	3	14.711	A
60	3	23.160	A	60	3	5.334	A B	80	3	13.720	A
40	3	22.840	A	40	3	5.333	A B	40	3	13.349	A
20	3	18.060	B	20	3	4.891	B	20	3	11.829	A
0	3	16.000	B	0	3	3.000	C	0	3	7.667	B
6 bulan setelah berkecambah											
Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping	Perlak	N	Mean	Grouping
80	3	25.650	A	80	3	6.673	A	80	3	30.674	A
60	3	25.650	A	60	3	6.437	A	60	3	29.730	A
40	3	24.950	A	40	3	6.292	A	40	3	28.284	A
20	3	24.900	A	20	3	5.444	B	20	3	26.686	A
0	3	19.367	B	0	3	3.444	C	0	3	19.498	B

Keterangan : Angka-angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda signifikan

Hasil analisis uji beda Fisher's perlakuan persen limbah organik penyulingan minyak kayu putih terhadap pertumbuhan bibit tanaman cengkeh hutan pada variabel tinggi bibit 2

bulan setelah benih berkecambah tampak bahwa perlakuan 60 dan 80 % limbah organik berbeda signifikan dengan kontrol, diantara perlakuan yang lain tidak berbeda signifikan. Pada pengamatan 4 bulan, antara perlakuan 40, 60 dan 80 % limbah organik berbeda signifikan dengan perlakuan 20 % dan kontrol. Kemudian pada pengamatan 6 bulan setelah benih berkecambah terlihat bahwa seluruh perlakuan berbeda signifikan dengan kontrol. Pada variabel jumlah daun secara umum semua perlakuan pada pengamatan 2, 4 dan 6 bulan setelah benih berkecambah berbeda signifikan dengan kontrol, kecuali pada pengamatan 4 bulan antara perlakuan 20, 40 dan 60 % pengaruhnya tidak berbeda signifikan. Pada variabel luas daun pada pengamatan 2, 4 dan 6 bulan seluruh perlakuan berbeda signifikan dengan kontrol, kecuali pada pengamatan 2 bulan setelah benih berkecambah, perlakuan 20 dan 40 % dan antara 20 % dan kontrol pengaruhnya tidak berbeda signifikan (Tabel 4).

Hasil analisis regresi persen limbah organik dengan tinggi bibit, jumlah daun dan luas daun tampak bahwa bentuk hubungannya bersifat kuadratik (Gambar 3).



Gambar 3. Hubungan persen bahan organik dengan tinggi tanaman, jumlah daun (d) dan (e) luas daun

3.2. Pembahasan

3.2.1. Perkecambahan Vigor Benih

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan limbah organik penyulingan minyak kayu putih memberikan pengaruh signifikan terhadap perkecambahan, vigor benih dan pertumbuhan bibit tanaman cengkeh hutan (*Syzygium obtusifolium* L). Mengacu dari persamaan-1, maka diperoleh taraf persen bahan organik optimum dari limbah organik penyulingan minyak kayu putih sebesar 66.43 % dengan daya perkecambahan maksimum sebesar 97.35 % dan vigor benih 5.6 cm. Adanya pengaruh terhadap perkecambahan dan vigor benih ini dikarenakan perlakuan limbah organik di dalam media tanam berupa limbah organik, kebutuhan air benih dapat terpenuhi untuk mendorong perkecambahan dan vigor benih. Bahan organik di dalam tanah memiliki kemampuan mengikat air melampaui bobotnya [18]. Jadi air ini memainkan peranan dalam mendorong perkecambahan dan vigor benih. Dengan persen limbah organik yang optimal di dalam tanah, maka air yang tersedia berada dalam kondisi yang tersedia yang kemudian akan berimbibisi ke dalam

benih. Air yang masuk ke dalam benih kemudian melarutkan zat-zat di dalam benih untuk dipergunakan dalam perkecambahan benih. Perkecambahan benih dipengaruhi oleh kondisi lingkungan perkecambahan, seperti air, suhu, cahaya, dan media [19]. Tanpa adanya air, tanaman tidak akan bisa melakukan berbagai macam proses kehidupan apapun. Air diperlukan untuk rehidrasi benih dalam tahap penting pada permulaan proses perkecambahan. Dalam proses fisiologis perkecambahan benih sangat tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu, kandungan air tanah, cahaya, dan nutrisi. Air merupakan faktor penentu perkecambahan benih, setelah air masuk ke dalam benih, kemudian terjadi pengaktifan zat tumbuh *Gibberelin Acid* (GA) dan selanjutnya ditranfer ke aleuron layer, suatu tempat di sekitar kulit benih. Peran GA dalam mendorong perkecambahan benih tanaman antara lain dilaporkan oleh [20] pada spesies *Veitchia merillii*. Selanjutnya GA yang telah sampai di aleuron layer disitu terjadi pengaktifan berbagai jenis enzim yang kemudian enzim-enzim tersebut ditranfer ke pusat endosperma (*Cotyle*) dan di pusat endosperm terjadi perombakan pati atau glukosa untuk menghasilkan energi. Energi tersebut kemudian diangkut ke pusat tumbuh (*Embrinoc axis*). Di embryonic axis terdapat bakal pucuk (*Plumule*) dan bakal akar (*Radicle*), energi yang dihasilkan kemudian mendorong plumule untuk tumbuh menjadi pucuk tunas dan radicle tumbuh menjadi akar benih. Pemunculan akar dan pucuk tunas ini ditandai sebagai awal berlangsungnya perkecambahan benih, biasanya dikenal dengan sebutan viabilitas benih [21]. Perkecambahan biji didorong oleh GA. Keberadaan GA mampu menginduksi ekspresi gen yang mengkode enzim yang memobilisasi cadangan makanan, termasuk pati, protein dan lipid, yang tersimpan dalam endosperm selama perkecambahan biji [22].

Perkecambahan merupakan suatu proses pengaktifan embrio yang mengakibatkan terbukanya kulit benih dan munculnya tumbuhan muda. Perkecambahan benih juga merupakan salah satu indikator yang berkaitan dengan mutu benih [23]. Perkecambahan benih merupakan proses fisiologis penting yang dimulai dengan penyerapan air oleh benih dan berakhir dengan penonjolan radikula melalui lapisan kulit benih [24]. Hasil penelitian ini hampir sejalan dengan temuan [25] yang menggunakan media tanam campuran tanah, pupuk kandang dan arang sekam yang mampu meningkatkan indeks kecepatan perkecambahan benih tanaman kopi arabika.

Di dalam benih terdapat berbagai enzim yang menghidrolisis pati dan senyawa tersimpan lain di endosperm menjadi larut dan diangkut lewat skutellum ke titik tumbuh dan memberi makan bagi bibit yang sedang tumbuh [26]. Terdapat 6 tahapan dalam proses perkecambahan benih sampai muncul daun pertama, yaitu :1). Menyerap air dari tanah hingga embrio membentuk Gibberelin (A); 2). Enzim-enzim menghidrolisir senyawa cadangan dan larut (B dan C); 4). Dalam proses tersebut terbentuk pula sitokinin dan auksin (D dan E) yang merangsang pertumbuhan embrio dengan pembelahan dan pembesaran sel; 5). Bila pucuk telah mulai tumbuh ke luar dari kulit biji ke tanah, auksin bergerak ke bagian yang lebih rendah sehingga bibit dapat tumbuh lebih cepat dan titik tumbuh mengarah ke atas menuju ke permukaan tanah (F) dan; 6). Setelah pucuk memperoleh sinar matahari, dapat melakukan kegiatan fotosintesis (G) [27] melaporkan hasil penelitiannya bahwa komponen kunci dalam perkecambahan benih adalah interaksi antara kekuatan mekanis yang mengatur pertumbuhan embrio dan jaringan endosperma di sekitarnya. Pemisahan sel endosperma dianggap memainkan peran penting dalam pengendalian transisi perkembangan ini. GA merupakan fitohormon utama pemicu pertumbuhan, juga berperan positif dalam mengendalikan perkecambahan benih [28].

Setelah penanaman benih, dalam tempo 15 HST benih tanaman cengkeh hutan telah berkecambah mencapai 36.67 % kemudian terus bertambah sampai dengan 18 HST, benih yang berkecambah meningkat menjadi 62.67 % dan pada 21 HST jumlah benih yang berkecambah mencapai 93.33 %. Persentasi perkecambahan benih yang demikian itu

merupakan standar kualitas benih yang bermutu. Benih bermutu harus memenuhi syarat antara lain memiliki daya perkecambahan di atas 85 %. Setelah benih berkecambah, maka diikuti dengan kemampuan tumbuh dari benih, biasanya dikenal dengan istilah vigor benih. Pertumbuhan benih sangat tergantung vigor benih. Keberhasilan usaha pertanian ditentukan pula oleh vigor benih yang selanjutnya dapat tumbuh menghasilkan bibit yang dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai kondisi lingkungan.

Viabilitas dan vigor benih biasanya dipengaruhi oleh faktor internal benih itu sendiri dan faktor luar. Faktor internal berkaitan dengan sifat bawaan benih seperti kemampuan berkecambah dan kemampuan untuk tumbuh, adanya zat-zat di dalam benih yang berperan dalam menunjang perkecambahan dan vigor benih. Zat-zat dalam benih merupakan cadangan nutrient yang menopang perkecambahan dan vigor benih sebelum sistem perakaran mampu menyerap nutrient dari dalam tanah dan daun belum terbentuk, sehingga benih belum mampu untuk melakukan fungsi fotosintesis dalam membuat makanan untuk menopang pertumbuhan dan perkembangannya. Suatu benih dikatakan bermutu, apabila sekurang-kurangnya memiliki daya perkecambahan benih yang tinggi, dan juga mampu untuk tumbuh atau memiliki kekuatan tumbuh yang baik (vigor yang kuat) [29]. Kemampuan untuk berkecambah saja tidak cukup, harus diikuti dengan kekuatan untuk tumbuh (vigor) agar benih tidak rebah. Kemampuan benih seperti itu sudah harus terbentuk sejak benih atau biji berada pada tanaman induknya, hal ini dianggap sebagai substansi atau aspek penting dari benih bermutu. Vigor benih merupakan kemampuan benih untuk tumbuh normal dalam keadaan lapang suboptimum [30]. Benih dengan vigoritas tinggi akan mampu berproduksi normal pada kondisi sub optimum dan di atas kondisi normal, memiliki kemampuan tumbuh serempak dan cepat. Kecepatan tumbuh mengindikasikan vigor atau kekuatan tumbuh benih karena benih yang cepat tumbuh lebih mampu menghadapi kondisi lapang yang suboptimal [31].

3.2.2. Pertumbuhan Bibit Cengkeh Hutan

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat pengaruh perlakuan limbah penyulingan minyak kayu putih yang dalam hal ini dalam bentuk bahan organik memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter pertumbuhan bibit tanaman cengkeh hutan. Pengaruh perlakuan yang signifikan ini ditunjukkan melalui pengaruhnya terhadap variabel tinggi tanaman, jumlah daun dan luas daun. Persen limbah organik yang terbaik bagi pertumbuhan bibit cengkeh hutan, masing-masing untuk tinggi bibit sebesar 57.90 %, diperoleh tinggi bibit maksimum 26.18 Cm, jumlah daun 64.69 % jumlah daun maksimum 6.7 lembar, dan luas daun 68.12 % luas daun maksimum 30.57 cm². Hal ini berarti bahwa persen bahan organik optimal bagi pertumbuhan bibit cengkeh hutan berkisar antara 57.9-58.12 %.

Adanya pengaruh ini dikarenakan limbah dalam wujud bahan organik ini mampu untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi media tanam bibit cengkeh hutan. Hal ini disebabkan karena pencampuran tanah dengan limbah bahan organik ke dalam media tanam dapat memperbaiki sifat fisika tanah [32]. Perbaikan sifat fisik tanah yang dimaksud dapat berupa perbaikan sifat struktur, bulk density, kandungan air tanah, dan warna tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat berfungsi sebagai bahan pengikat dalam pembentukan agregat tanah. Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat berfungsi sebagai regulator, yakni berperan dalam memperbaiki struktur tanah. Struktur tanah yang dimaksud berupa pembentukan agregat tanah [33]. Perubahan sifat ini selanjutnya dapat membentuk pori-pori tanah, baik makro maupun mikro yang seimbang. Keseimbangan pori dapat berperan dalam penyimpanan air dan udara (draenase dan aerase) di dalam tanah yang seimbang pula. Dengan kata lain dapat memperbaiki kondisi drainase dan aerase di dalam tanah. Apabila kandungan air dan udara di dalam tanah seimbang, maka kandungan

air tanah senantiasa dapat memenuhi kebutuhan tanaman. Selain itu kandungan oksigen dalam tanah juga dapat memenuhi kebutuhan tanaman, sehingga respirasi akar dapat berlangsung dengan baik. Dalam kaitan dengan penambahan bahan organik tanah dapat memperbaiki bulk density (kerapatan lindak) atau dikenal secara umum berupa kepadatan tanah, artinya tanah-tanah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi, maka tanah-tanah tersebut menjadi gembur atau kepadatannya rendah [34]. Tanah yang memiliki kepadatan rendah (gembur) akan mudah ditembusi oleh sistem perakaran tanaman. Apabila sistem perakaran berkembang dengan baik, maka akan melakukan fungsi penyerapan unsur hara, air, dan fungsi respirasi dengan baik. Dengan demikian, maka pertumbuhan bibit akan menjadi lebih baik, apabila dibandingkan dengan tanpa diberikan penambahan bahan organik. Tanah dengan kandungan bahan organik tinggi termasuk dalam kategori tanah yang subur, karena bahan organik tanah dapat berperan dalam memperbaiki sifat fisika tanah dan juga kimia tanah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian [35] yang diperoleh bahwa penggunaan bahan organik kompos dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah. Dari aspek fisika tanah, bahan organik berperan dalam membentuk agregat tanah sehingga dapat membentuk keseimbangan pori-pori tanah antara pori makro dan mikro. Pori makro berperan dalam menyimpan udara dan oksigen tanah, sementara pori mikro berperan dalam menyimpan air. Dengan demikian, maka tanah dengan kandungan bahan organik tinggi atau cukup, maka dapat tercipta kondisi aerasi dan drainase (tata udara dan tata air) yang baik bagi kelangsungan pertumbuhan dan perkembangan bibit tanaman.

Penambahan bahan organik ke dalam tanah dapat pula memperbaiki kandungan air di dalam tanah. Hal ini dikarenakan bahan organik memiliki kemampuan dalam menyimpan air dalam jumlah besar dibandingkan bobotnya. Kapasitas air yang tersedia dalam tanah dapat ditingkatkan dengan meningkatkan kandungan bahan organik [36]. Tanah dengan bahan organik (OM) yang tinggi dan agregat dapat menyerap dan menyimpan dan tersedia bagi tanaman selama musim kemarau. Apabila kandungan air di dalam tanah memadai, maka kebutuhan air tanaman akan terpenuhi. Dengan terpenuhinya kebutuhan air tanaman, maka adaptasi tanaman terhadap kondisi lingkungan akan semakin baik. Selain itu jika kandungan air tanah cukup, maka proses fotosintesis akan berjalan maksimal, dengan demikian fotosintat cukup untuk menopang pertumbuhan bibit tanaman. Pada sisi lain penambahan bahan organik dapat merubah warna tanah. Diketahui bahwa warna tanah antara lain dapat dijadikan petunjuk mengenai banyak sedikitnya kandungan bahan organik tanah. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik tinggi pada umumnya berwarna hitam kecoklatan. Tanah-tanah yang memiliki warna seperti ini biasanya berupa tanah pada lapisan top soil, karena lapisan ini mendapat masukan bahan organik dari serasah yang jatuh dari vegetasi yang tumbuh di atasnya. Dengan makin tinggi taraf dosis bahan organik yang diaplikasikan, maka warna tanah akan semakin mengarah ke kehitaman. Masukan bahan organik tanah dapat juga memperbaiki sifat kimia tanah. Dengan adanya penambahan bahan organik besar kemungkinan terjadi peningkatan pH tanah dan sifat-sifat kimia tanah yang lainnya. Hal ini dikarenakan bahan organik dapat memperbaiki kondisi keasaman tanah. Penggunaan bahan organik pada tanah masam dapat diperhitungkan sebagai discount factor dosis kapur, artinya bahan organik memiliki peranan yang mirip atau sama dengan pemberian kapur dalam peningkatan pH tanah pada umumnya [37]. Hal ini berarti bahwa penambahan bahan organik dapat memperbaiki pH tanah, pada umumnya pH yang baik bagi pertumbuhan yang baik berada pada kisaran pH antara 5,5 - 6,5. Hasil penelitian [38] yang dilakukan di Swedia, Jerman dan Denmark menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan bahan organik melalui pupuk kandang terjadi perbaikan sifat fisik dan kimia tanah. Pupuk kandang dalam jangka panjang dapat meningkatkan Soil Organic Carbon (SOC) dan tingkat unsur hara, mengurangi pb tanah dan meningkatkan retensi air tanah,

ketersediaan air bagi tanaman, dan agregat yang stabil terhadap air tanah apa pun tekstur tanahnya.

IV. Kesimpulan

Perlakuan limbah organik yang berasal dari penyulingan minyak kayu putih berpengaruh signifikan terhadap perkecambahan benih, vigor dan pertumbuhan bibit tanaman cengkeh hutan (*Syzygium obtusifolium* L.). Limbah organik optimum untuk perkecambahan benih dicapai pada taraf 66.43 % dengan daya perkecambahan maksimum mencapai 93.35 %. Pertumbuhan bibit cengkeh hutan maksimum dicapai pada taraf persen limbah organik yang berkisar antara 57.9 - 58.12 %. Pada kisaran itu dapat diperoleh pertumbuhan bibit cengkeh hutan terbaik, yakni tinggi bibit dapat mencapai 26.18 cm, jumlah daun 6.7 helai dan luas daun sebesar 30.57 cm².

Daftar Pustaka

- [1] Sugiarto, Y & Isnaeni, A. 2010. *Kajian Kesesuaian Lahan Tanaman Cengkeh (Eugenia aromatica L.) Berdasarkan Aspek Agroklimat dan Kelayakan Ekonomi (Studi kasus Provinsi Sulawesi Selatan)*. Journal Agromet, 24(2), 39–47. <https://www.researchgate.net/publication/277228575>.
- [2] Alfian, A., Mahulette, A. S., Zainal, M., Hardin, & Bahrin, A. H. 2019. *Morphological character of raja clove (Syzygium aromaticum L. Merr & Perry.) native from Ambon Island*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 343(1): 1-5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012150>.
- [3] Abdullah, B.H., Hatem, S.F., & Jumaa, W. 2015. *A Comparative Study of the Antibacterial Activity of Clove and Rosemary Essential Oils on Multidrug Resistant Bacteria*. Pharmaceutical and Biosciences Journal, 3(1): 18–22. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/3/i1/89220>.
- [4] Hussain, S., Rahman, R., Mushtaq, A., & El Zerey-Belaskri, A. 2017. *Clove: A review of a precious species with multiple uses*. IJCBS, Vol. 11: 129-133. <https://www.ijcsbs.org/wp-content/uploads/2019/10/15-IJCBS-17-11-15.pdf>
- [5] Bermawie, N., dan S. Wahyuni, 2007. Keragaan potensi hasil dan mutu beberapa genotipe cengkeh (*Syzygium aromaticum* (L.) Merr & Perr). Prosiding seminar Nasional rempah, 21 Agustus 2007, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Bogor.
- [6] Kamsurya, M. Y., Ala, A., Musa, Y., & Rafiuddin. 2022. *Short Communication: Correlation of flowering phenology and heat unit of forest cloves (Syzygium obtusifolium) at different elevations in Maluku Province, Indonesia*. Biodiversitas, 23(11): 5593–5599. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231107>.
- [7] Kamsurya, M.Y, Botanri, S. 2022. *Role of Organic Materials in Maintaining and Improving Agricultural Soil Fertility; A Review*. Jurnal Agrohorti, 13 (1): 25-34. <https://unidar.e-journal.id/agh/article/view/121>. DOI: <https://doi.org/10.51135/agh.v13i1.121>.
- [8] Kamsurya, M. Y., Ala, A., Musa, Y., & Rafiuddin. 2023. *Characteristic of Forest Clove Olant Organ (Syzygium obtusifolium L) endemic Maluku, Indonesia*. Eart Environ.Sci. 1134012030
- [9] Rosa, R.N and Zaman, S. 2017. *Management Oil Palm (Elaeis guineensis Jacq.) Nursery in Bangun Bandar Estate, North Sumatera*. Bul. Agrohorti 5 (3) : 325-333. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/bulagron/article/view/16470>. DOI: <https://doi.org/10.29244/agrob.v5i3.16470>.
- [10] Hatfield, J. L., Wacha, K., & Dold, C. 2018. *Why is Soil Organic Matter so important?* Crops & Soils, 51(2), 4–55. <https://doi.org/10.2134/cs2018.51.0205>.

- [11] Martin, B.A., Same, M., Indrawati, W. 2015. *Pengaruh Media Pembibitan pada Pertumbuhan Setek Lada (Piper nigrum L.)*. Jurnal Agro Industri Perkebunan Jurnal AIP, Vol. 3(2): 94-107. <https://jurnal.polinela.ac.id/AIP/article/view/22>.
- [12] Suntoro, O., & Atmojo, S.W. 2003. *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Universitas Surakarta. <https://suntoro.staff.uns.ac.id/files/2009/04/pengukuhan-prof-suntoro.pdf>.
- [13] Isroi. 2008. *Pengomposan Limbah Kakao 1. Materi disampaikan pada acara Pelatihan TOT Budidaya Kopi dan Kakao*. Staf BPTP di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, Jember, 25 – 30 Juni 2007. <https://isroi.files.wordpress.com/2008/02/komposlimbahkakao.pdf>.
- [14] Widodo, K. H., Kusuma, Z., Tanah, J., Pertanian, F., Brawijaya, U., & Korespondensi, P. 2018. *Effects of Compost on Soil Physical Properties and Growth of Maize on an Inceptisol*. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, Vol. 5(2):959-967. <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/221>.
- [15] Afandi, F. N., Siswanto, B., & Nuraini, Y. 2015. *Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah pada Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Ubi Jalar di Entisol Ngrangkah Pawon Kediri*. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan, Vol. 2(2): 237-244. <https://jtsl.ub.ac.id/index.php/jtsl/article/view/134>.
- [16] Mattjik, A.A., dan Sumartajaya, I.M. 2013. *Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan Minitab*. IPB Press Bogor.
- [17] Gaspersz, V. (n.d.). *Metode Perancangan Percobaan*. CV. ARMICO Bandung.
- [18] Syekhfani. 1997. *Hara-Air-Tanah-Tanaman*. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya Malang.
- [19] Suhartati & Rahmayanti, S. 2007. *The Effect of Various Material Type of Bokashi as Media for Gmelina (Gmelina arborea Roxb.) Seedlings*. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Vol. IV(6) : 615-626. <https://media.neliti.com/media/publications/491222-none-f293ca1c.pdf>
- [20] Alfianis, R., Hatina, S., Permanasari, I., & Handoko, J. 2019. Pengaruh Skrarifikasi dan Hormon Geibberelin (GA₃) terhadap Daya Kecambah dan Pertumbuhan Bibit Palem Putri (*Vitichia merilili*). Jurnal Agroteknologi, vol. 10(1): 41-48.
- [21] Kamil, J. 1986. *Teknologi Benih*. Angkasa Raya Padang.
- [22] Peng, J., & Harberd, N. P. 2002. *The role of GA-mediated signalling in the control of seed germination*. Current Opinion in Plant Biology, 5(5), 376-381. [https://doi.org/10.1016/S1369-5266\(02\)00279-0](https://doi.org/10.1016/S1369-5266(02)00279-0).
- [23] Rohandi, A., & Widyani, N. 2009. *The Composition of Tusam Sprouts Vigor on Several Devigoration and Seed Density Levels*. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman, 6(5): 209-217 <http://ejournal.forda-mof.org/ejournal-litbang/index.php/JPHT/article/view/4537>. DOI: <https://doi.org/10.20886/jpht>.
- [24] Utami, S., Panjaitan, S.B & Musthofofhan, Y. 2020. Pematihan Dormansi Biji Sirsak dengan Berbagai Konsentrasi Asam Sulfat dan Lama Perendaman Giberelin. Agrium, vol. 23(1): 42-45.
- [25] Taryana, Y., & Sugiarti, L. 2019. *Pengaruh Media Tanam Terhadap Perkecambahan Benih Kopi Arabika (Coffea arabica L.)*. Jurnal Agrosains dan Teknologi, 4(2):b64-69. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/ftan/article/view/4835>. DOI: <https://doi.org/10.24853/jat.4.2.64-69>.
- [26] Sumarwoto and Suryawati, A.2021. *Ilmu Dan Teknologi Benih Seri 1*. LPPM UPN Veteran. <http://eprints.upnyk.ac.id/35632/>.
- [27] Sánchez-Montesino, R., Bouza-Morcillo, L., Marquez, J., Ghita, M., Duran-Nebreda, S., Gómez, L., Holdsworth, M. J., Bassel, G., & Oñate-Sánchez, L. 2019. *A Regulatory Module Controlling GA-Mediated Endosperm Cell Expansion Is Critical for Seed Germination in*

- Arabidopsis. Molecular Plant*, 12(1), 71–85.
<https://doi.org/10.1016/j.molp.2018.10.009>.
- [28] Xiong, M., Chu, L., Li, Q., Yu, J., Yang, Y., Zhou, P., Zhou, Y., Zhang, C., Fan, X., Zhao, D., Yan, C., & Liu, Q. 2021. *Brassinosteroid and gibberellin coordinate rice seed germination and embryo growth by regulating glutelin mobilization*. *Crop Journal*, 9(5), 1039–1048. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.11.006>
- [29] Kamsurya, M.Y. 2018. *Determining The Right Harvest Time For Getting Quality Seeds: Review*. *Jurnal Agrohut*, 9(1) : 44-50. <https://unidar.e-journal.id/agh/article/view/121>. DOI: <https://doi.org/10.51135/agh.v13i1.121>.
- [30] Sadjad, S., & Murniati, E. (-), I. S. 1999. *Parameter pengujian vigor benih: dari komparatif ke simulatif*. Grasindo Jakarta.
- [31] Lesilolo, M. ., Riry, J., & Matatula, E. 2018. *Pengujian Viabilitas Dan Vigor Benih Beberapa Jenis Tanaman Yang Beredar Di Pasaran Kota Ambon*. *Agrologia*, 2(1): 1-9. <https://doi.org/10.30598/a.v2i1.272>.
- [32] Muslim, Muyassir, & Alvisyahrin, T. 2012. *Kelembaban Limbah Kakao dan Takarannya terhadap Kualitas Kompos dengan Sistem Pembenaman*. *Manajemen Sumberdaya Lahan*, 1(1), 86–93.
- [33] Wood, S. A., Bradford, M. A., & Naeem, S. 2016. *Opposing effects of different soil organic matter fractions on crop yields*. *Ecological Applications*, 26(7) : 2072-2085. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.3083557.v2>.
- [34] Tadini, A., Nicolodelli, G., Hajjoul, H., Milori, D. B. P., Mounier, S., & Hu, S. M. 2022. *Humic fractions from Amazon soils: Lifetime study and humification process by fluorescence spectroscopy*. *Applied Geochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2022.105486>
- [35] Alibasyah, M. R. (2016). *Perubahan Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Ultisol Akibat Pemberian Pupuk Kompos dan Kapur Dolomit pada Lahan Berteras*. *J. Floratek*, Vol. 11(1): 75-87. <https://jurnal.usk.ac.id/floratek/article/view/4687/0>.
- [36] Minasny, B. [and Minasny](#), A.B. (2018). *Limited effect of organic matter on soil available water capacity*. *European Journal of Soil Science*, 69(1): 39-47. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>.
- [37] Purwaningrahayu, D.R., Sebayang, H.T., Syekhfani., & Aini, N. 2015. *Resistance Level of Some Soybean (Glycine Max L. Merr) Genotypes Toward Salinity Stress*. *Journal of Biological Researches*. *Journal of Biological Researches*: 20 : 7-14. <https://www.researchgate.net/publication/283723287>.
- [38] Fu, Y., de Jonge, L. W., Moldrup, P., Paradelo, M., & Arthur, E. 2022. *Improvements in soil physical properties after long-term manure addition depend on soil and crop type*. *Geoderma*, 425. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2022.116062>.