

RESPON BIBIT GERONGGANG (*Cratoxylum arborescens*) TERHADAP PENAMBAHAN KOMPOS DARI LIMBAH PULP vs LIMBAH PULP DAN KERTAS DI TANAH GAMBUT

*A response of geronggang (*Cratoxylum arborescens*) seedlings to sludge compost vs. pulp and paper sludge compost addition in peat soil*

Siti Wahyuningsih¹ dan Syofia Rahmayanti²

¹Kontributor Utama, ^{1,2}Balai Penelitian Teknologi Serat Tanaman Hutan
Jl. Raya Bangkinang – Kuok km. 9 Po. Box 4/BKN Bangkinang, Riau, Indonesia
email penulis korespondensi: sitiwahyuningsih02@gmail.com

Tanggal diterima : 08 Oktober 2021, Tanggal direvisi : 15 Oktober 2021, Disetujui terbit : 13 Desember 2021

ABSTRACT

*Geronggang (*Cratoxylum arborescens*) is able to adapt to ex-burned peatland. However, the viability of germination seed in peat soil is low. Composted sludge of paper and/or pulp wastewater treatment can provide nutrients to plants. This study compares the vegetative growth of geronggang seedlings after the addition of a composted sludge of pulp, and pulp and paper in peat soil after six months of planting. The sludge was air-dried to gain a water content of 60-70%. Decomposers namely *Penicillium citrinum* and *P. oxalicum* with a density of 10^7 (spores.ml⁻¹) were added to the sludge. The composting was held for a month. The sludge compost was added to the seedlings with a dosage equal to 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 and 16 (ton.ha⁻¹). Height and diameter increment of the seedlings were recorded for six months and the data was analyzed using ANOVA. Application of pulp sludge compost at a dosage equal to 16 (ton.ha⁻¹) resulted in a better height increment than other treatments after six months of planting. The addition of pulp sludge compost at a dosage equal to 12 (ton.ha⁻¹) or pulp and paper sludge compost at a dosage equal to 8 (ton.ha⁻¹) resulted in seedlings with a better diameter increment. However, those dosages which result in a better height and diameter increment of the seedlings were not statistically different from some treatments. In conclusion, pulp sludge compost is better than pulp and paper sludge compost to enhance the growth of geronggang seedlings in peat soil.*

Keywords: *decomposer, seedlings growth, height, diameter*

ABSTRAK

Geronggang (*Cratoxylum arborescens*) mampu beradaptasi di lahan gambut bekas terbakar. Namun, viabilitas benih untuk berkecambah di tanah gambut tergolong rendah. Kompos dari pengolahan air limbah kertas dan/atau pulp dapat memberikan nutrisi bagi tanaman. Studi ini membandingkan pertumbuhan vegetatif bibit geronggang setelah penambahan kompos dari limbah pulp, dan pulp dan kertas di tanah gambut setelah enam bulan penanaman. Limbah dikeringkan-anginkan untuk mendapatkan kadar air 60-70%. Dekomposer terdiri dari *Penicillium citrinum* dan *P. oxalicum* dengan kerapatan 10^7 (spores.ml⁻¹) ditambahkan ke dalam limbah. Pengomposan dilakukan selama satu bulan. Kompos dari limbah pulp atau pulp dan kertas ditambahkan pada bibit dengan dosis 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 dan 16 (ton.ha⁻¹). Pertambahan tinggi dan diameter bibit dicatat selama enam bulan dan data dianalisis menggunakan ANOVA. Aplikasi kompos limbah pulp dengan dosis 16 (ton.ha⁻¹) menghasilkan pertambahan tinggi yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya setelah enam bulan tanam. Penambahan kompos limbah pulp dengan dosis 12 (ton.ha⁻¹) serta kompos limbah pulp dan kertas dengan dosis 8 (ton.ha⁻¹) menghasilkan pertambahan diameter bibit yang lebih baik. Namun, pertambahan tinggi dan diameter bibit yang lebih baik pada perlakuan tersebut di atas secara statistik tidak berbeda dari beberapa perlakuan lainnya. Kesimpulannya, kompos limbah pulp lebih baik daripada kompos limbah pulp dan kertas untuk meningkatkan pertumbuhan bibit geronggang di tanah gambut.

Kata kunci: *dekomposer, pertumbuhan bibit, tinggi, diameter*

I. PENDAHULUAN

Limbah pulp dan kertas mengandung serat kayu yang cocok untuk bahan kompos. Selain serat, bahan lain seperti kaolin, talk, dan kalsit juga ditemukan dalam limbah pulp dan

kertas (Kuokkanen et al., 2008). Limbah pulp terdiri dari serat 18% berat, lempung 24-25% berat, dan kalsit 56-58% berat (Aslanzadeh et al., 2018). Limbah pulp dan kertas umumnya dimanfaatkan sebagai bahan amandemen tanah.

Limbah pulp dan kertas pada penelitian ini memiliki rasio karbon terhadap nitrogen (CN) yang tinggi (36,7) (Wahyuningsih, 2018) berdasar Standar Nasional Indonesia (SNI) pupuk organik menurut Permentan No. 70 (2011). SNI untuk rasio CN pupuk organik menurut Permentan tersebut adalah 25 hingga 30 C organik berbanding 1 N. Aplikasi langsung pupuk organik dengan rasio CN tinggi (>30) dapat mengurangi ketersediaan nitrogen bagi tanaman. Selain itu, proses dekomposisi pupuk organik yang belum matang dapat merusak akar tanaman. Di sisi lain, kandungan lempung dalam limbah pulp dan kertas dapat mengurangi ketersediaan nutrisi bagi tanaman melalui fiksasi. Namun, Fomina & Skorochood (2020) menjelaskan *Aspergillus niger* mampu mendegradasi beberapa jenis lempung dan melepaskan mineral dari mineral lempung tersebut.

Berbeda dengan limbah pulp dan kertas, limbah pulp yang digunakan dalam penelitian ini mengandung rasio CN sebesar 62,7 (Wahyuningsih, 2018), *filler* TiO₂ sebanyak 0,073% (wt%), dan mengandung mineral lempung berupa kaolin sebanyak 5% (Sinuhaji, 2011). Kandungan C organik pada limbah pulp ini tergolong tinggi menurut Permentan No. 70 (2011) dan menjanjikan untuk bahan kompos.

Dekomposisi bahan organik seperti limbah pulp maupun limbah pulp dan kertas dapat dilakukan dengan menambahkan jamur pengurai. Jamur merupakan pengurai bahan organik yang mampu tumbuh pada lingkungan asam (Joutey et al., 2013). Menurut Šebesta et al. (2020), jamur *A. niger* dapat mengakumulasi nano-partikel TiO₂ dalam miselinya. Titanium (Ti) bermanfaat bagi kesehatan tanaman pada tingkat yang rendah tetapi beracun pada tingkat yang berlebihan (Lyu et al., 2017). Limbah pulp maupun pulp dan kertas juga mengandung kapur yang dapat bermanfaat untuk menaikkan pH tanah, terutama untuk menghindari kekurangan fosfor bagi tanaman (Rastija et al., 2014). Di tanah

masam, ketersediaan fosfor rendah karena fiksasi Fe dan Al (Ch'ng et al., 2014).

Geronggang (*Cratoxylum arborescens*) merupakan spesies asli rawa gambut dan adaptif terhadap rendahnya kesuburan rawa gambut. Menurut Tata & Pradjadinata (2013), geronggang banyak ditemukan sebagai pohon di areal bekas tebangan dan terbuka rawa gambut. Dengan demikian, geronggang menjanjikan sebagai pohon rehabilitasi lahan gambut yang terdegradasi. Persentase pertumbuhan pohon di bekas rawa gambut bekas terbakar adalah 69% (Indriani et al., 2015). Sementara itu, Mojiol et al. (2014) menyebutkan kelangsungan hidup bibit geronggang yang ditanam di lahan bekas rawa gambut bekas terbakar adalah 98%. Namun, viabilitas benih geronggang di tanah gambut tergolong rendah dengan kecepatan berkecambah sekitar 33,82 (Maimunah, 2014). Penambahan pupuk organik pada tanah gambut dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman serta meningkatkan pH tanah gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan bibit geronggang di tanah gambut setelah pemberian kompos limbah pulp, dan kompos limbah pulp dan kertas di tanah gambut selama enam bulan.

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan dan lokasi studi

Penelitian dilaksanakan di pembibitan Balai Penelitian dan Pengembangan Tanaman Hutan, Kampar, Riau, Indonesia. Limbah pulp diperoleh dari perusahaan pulp di Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Limbah pulp dan kertas berasal dari perusahaan pulp dan kertas di Provinsi Riau, Indonesia. Bibit geronggang dikumpulkan dari hutan alam di Provinsi Riau. Bibit yang digunakan memiliki tinggi 20-60 (cm) dan diameter 0,2-0,4 (cm). Umur bibit diperkirakan berkisar 2-3 bulan. Tanah gambut diperoleh dari Kecamatan Kepau Jaya, Riau, Indonesia. Pengurai kompos yang terdiri dari *Penicillium oxalicum* dan *P. citrinum* diisolasi

dari penelitian sebelumnya (Wahyuningsih, 2013).

B. Pengomposan limbah

Pengomposan limbah pulp maupun limbah pulp dan kertas dilakukan selama satu bulan. Limbah tersebut dikeringkan di bawah sinar matahari untuk mendapatkan kadar air 60-70%. Pengurai yang terdiri dari spora *P. citrinum* dan *P. oxalicum* dipanen dari medium *potato dextrose agar*. Kepadatan spora pengurai ditentukan mencapai 10^7 (spores.ml⁻¹). Spora kemudian diencerkan ke dalam 150 ml air steril dan diinokulasi ke dalam 15 kg limbah. Limbah yang telah diinokulasi kemudian ditutup dengan plastik bening untuk menghindari lalat dan menjaga suhu kompos. Selama pengomposan, limbah pulp atau pulp dan kertas disemprot dengan air steril setiap minggu untuk menjaga tingkat kelembaban sekitar 50-60%. Setelah satu bulan pengomposan, kemudian dilakukan analisis bahan kimia yang terkandung dalam kompos.

C. Aklimatisasi, penanaman dan pengukuran bibit

Bibit geronggang diaklimatisasi di persemaian selama satu bulan sebelum perlakuan. Selama aklimatisasi, bibit ditumbuhkan di kontainer plastik dengan media air sumur. Ketinggian air sebagai media tanam

ditentukan hingga pangkal perakaran. Setelah aklimatisasi, bibit ditanam di polybag yang berisi tanah gambut seberat 10 kg. Kompos limbah pulp atau pulp dan kertas ditaburkan di sekeliling bibit yang sudah ditanam di media tanah gambut. Kompos dari kedua jenis limbah ditambahkan ke tanah gambut menurut Naik (2007) (Tabel 1). Berat kompos yang ditambahkan ke bibit disesuaikan dengan kadar air limbah kompos. Kadar air untuk kompos yang berasal dari limbah pulp dan limbah pulp dan kertas masing-masing adalah 69,7% dan 50,27%.

Bibit yang sudah mendapatkan penambahan berbagai dosis kompos disusun secara acak di persemaian. Perlakuan dosis tersebut berupa penambahan kompos limbah pulp atau pulp dan kertas pada dosis setara 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 dan 16 (ton.ha⁻¹). Setiap perlakuan diulang sebanyak lima kali.

Pertumbuhan bibit geronggang diamati setiap bulan setelah penambahan kompos dari limbah pulp atau limbah pup dan kertas selama enam bulan. Pengukuran tinggi bibit dilakukan dengan menggunakan penggaris. Diameter diukur dengan menggunakan jangka sorong. Pengukuran diameter bibit dilakukan pada batang setinggi 5 cm dari permukaan tanah. Selisih pertambahan tinggi dan diameter bibit dianalisis dengan ANOVA dilanjutkan dengan DMRT.

Tabel 1. Dosis kompos limbah pulp dan limbah pulp dan kertas berdasar Naik (2007) yang ditambahkan pada tanah gambut

Naik (2007) (ton.ha ⁻¹)	Dosis dari limbah pulp/pulp dan kertas (g,10 kg ⁻¹)	
	Kompos limbah pulp (Kode perlakuan)	Kompos limbah pulp dan kertas (Kode perlakuan)
2	13,16 (P2)	9,49 (PP2)
4	26,32 (P4)	18,99 (PP4)
6	39,49 (P6)	28,44 (PP6)
8	52,51 (P8)	37,92 (PP8)
10	65,96 (P10)	47,57 (PP10)
12	79,12 (P12)	57,06 (PP12)
14	92,28 (P14)	66,56 (PP14)
16	105,44 (P16)	76,05 (PP16)

D. Analisis kimia tanah dan limbah

Analisis kimia tanah gambut, limbah pulp dan limbah pulp dan kertas terdiri dari pH; C, N, P, K, Ca, Mg (%); KTK (me/100g); Zn, Pb, Cd, S (ppm). Analisis pH dan KTK dilakukan dengan cara sentrifugasi 10 g tanah gambut atau limbah berukuran 2 mm dalam 50 ml air steril. C organik (%) dan N (%) dianalisis masing-masing menggunakan metode Walkley & Black dan metode Kjeldahl. Analisis P (%) dan S (ppm) dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer. Analisis K (%), Ca (%), Mg (%), Zn (ppm), Pb (ppm), dan Cd (ppm) dilakukan dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). Analisis kimia kultur jaringan bibit geronggang terdiri dari N, P, K, Ca dan Mg (%) (Tabel 3). N dan P (%) dianalisis menggunakan spektrofotometer. Analisis K (%) menggunakan fotometer nyala. Analisis Ca dan Mg (%) dilakukan dengan menggunakan AAS.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kimia tanah gambut, limbah pulp dan limbah pulp dan kertas sebelum dan sesudah penambahan dekomposer dilakukan

untuk membandingkan kandungan nutrisi dari masing-masing bahan yang digunakan dalam penelitian (Tabel 2). Hasil analisis memperlihatkan tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini tergolong masam, tingkat dekomposisi bahan organik yang rendah dan miskin hara (N, P, K Ca dan Mg). Sementara itu, limbah pulp atau pulp dan kertas dengan penambahan dekomposer memiliki CN rasio yang lebih rendah dibanding tanpa dekomposer. Hal ini menunjukkan penambahan dekomposer pada limbah meningkatkan dekomposisi bahan organik yang berupa selulosa, hemiselulosa dan lignin. Adanya aktivitas mineralisasi bahan organik dari limbah pulp atau pulp dan kertas oleh mikroba terlihat dari meningkatnya kadar hara (N, P, K,Ca, Mg) pada limbah dengan penambahan dekomposer. Unsur hara tersebut merupakan nutrisi bagi tanaman dan mikroba. Konsumsi unsur hara oleh mikroba terlihat pada kadar unsur hara K dan Ca pada limbah pulp dengan penambahan dekomposer yang lebih rendah dibanding tanpa dekomposer. Namun, saat mikroba tersebut terdekomposisi akan terjadi pelepasan kembali unsur hara ke dalam tanah.

Tabel 2. Analisis kimia tanah gambut dan limbah dengan dan tanpa penambahan dekomposer

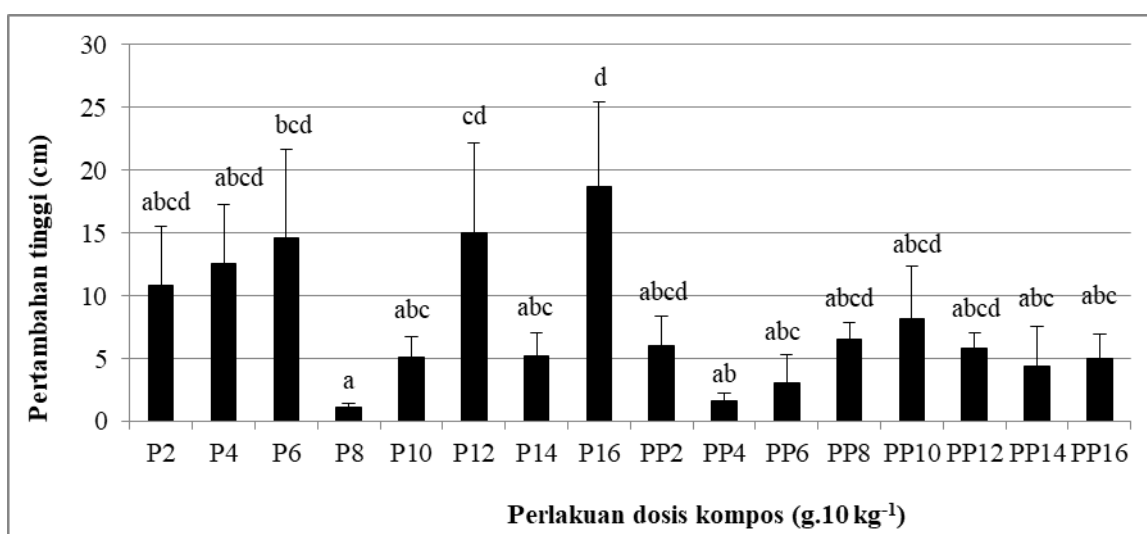
Parameters	Tanah gambut	Tanpa dekomposer		Dengan penambahan dekomposer	
		Limbah pulp dan kertas	Limbah pulp	Limbah pulp dan kertas	Limbah pulp
pH	4,1	7,67	7,2	7,28	6,7
C (%)	57,33	38	-	32,98	43,85
N (%)	0,97	1,04	-	1,62	1,09
C/N ratio	59,1	36,7	62,7	20,37	40,2
P (%)	0,97	1,04	0,26	2,23	1,08
K (%)	0,79	1,1	1,62	3,22	1,08
Ca (%)	0,11	0,37	0,39	0,44	0,26
Mg (%)	0,4	0,4	0,21	0,545	0,29
CEC(NH Asetat 1 N) (me/100 g)	61,24	37,71	47,33	48,95	46,81
Zn (ppm)	93,6	122,47	4,8	177	360,4
Pb (ppm)	1,9	8,23	2,6	1,7	1,1
Cd (ppm)	1,6	1,1	-	0,12	0,9
S (ppm)	2142	-	-	-	-

Kebutuhan pupuk untuk bibit geronggang dapat diprediksi dari analisis jaringan bibit (Tabel 3). Analisis kultur jaringan menunjukkan ketersediaan unsur hara (N, P, K dan Mg) tanah gambut cukup untuk pertumbuhan bibit. Namun, tanah gambut yang digunakan dalam penelitian ini mengalami kekurangan hara Ca untuk pertumbuhan bibit. Kompos limbah pulp maupun kompos limbah pulp dan kertas mengandung Ca lebih tinggi dari kebutuhan Ca bibit. Penambahan kompos limbah pulp atau pulp dan kertas ke tanah gambut meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi bibit. Kemampuan

bibit dalam penelitian ini untuk menyerap nutrisi dari kompos tergantung pada beberapa faktor seperti air, pH tanah dan populasi mikroba.

Tabel 3. Analisis jaringan bibit geronggang (*Cratoxylum arborescens*)

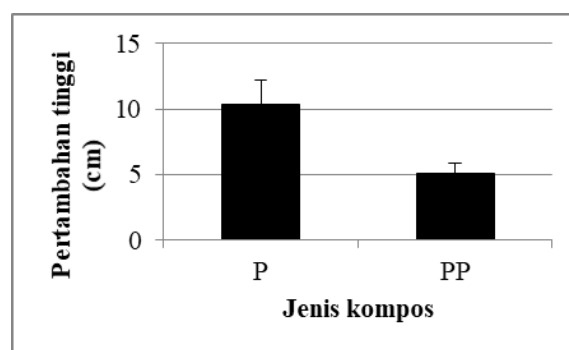
Bibit Geronggang	Persentase (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Bibit 1	0,83	0,363	0,43	0,23	0,32
Bibit 2	0,97	0,426	0,44	0,24	0,32
Bibit 3	1,01	0,303	0,49	0,21	0,32
Rerata	0,94	0,364	0,45	0,23	0,32



Gambar 1. Pertambahan tinggi (cm) bibit geronggang di lahan gambut setelah penambahan kompos limbah pulp (P) dan limbah pulp dan kertas (PP) dengan berbagai dosis (2-16 ton.ha⁻¹) setelah enam bulan. Pertambahan tinggi merupakan selisih tinggi bibit setelah enam bulan dan hari pertama tanam.

Kandungan lempung yang terdapat pada limbah pulp maupun pulp dan kertas selain dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi bibit, juga meningkatkan aerasi tanah serta mengontrol aktivitas dan populasi mikroba (Kome et al., 2019). Simbiosis antara mikroba yang terdapat di tanah gambut dan kompos limbah pulp/pulp dan kertas akan berkontribusi pada ketersediaan nutrisi kompos untuk bibit. Simbiosis tersebut dapat berupa sinergisme atau parasitisme.

Bibit geronggang yang ditumbuhkan pada tanah gambut dengan penambahan kompos limbah pulp dengan dosis 16 (ton.ha⁻¹) (P16) menunjukkan pertumbuhan tertinggi (Gambar 1).



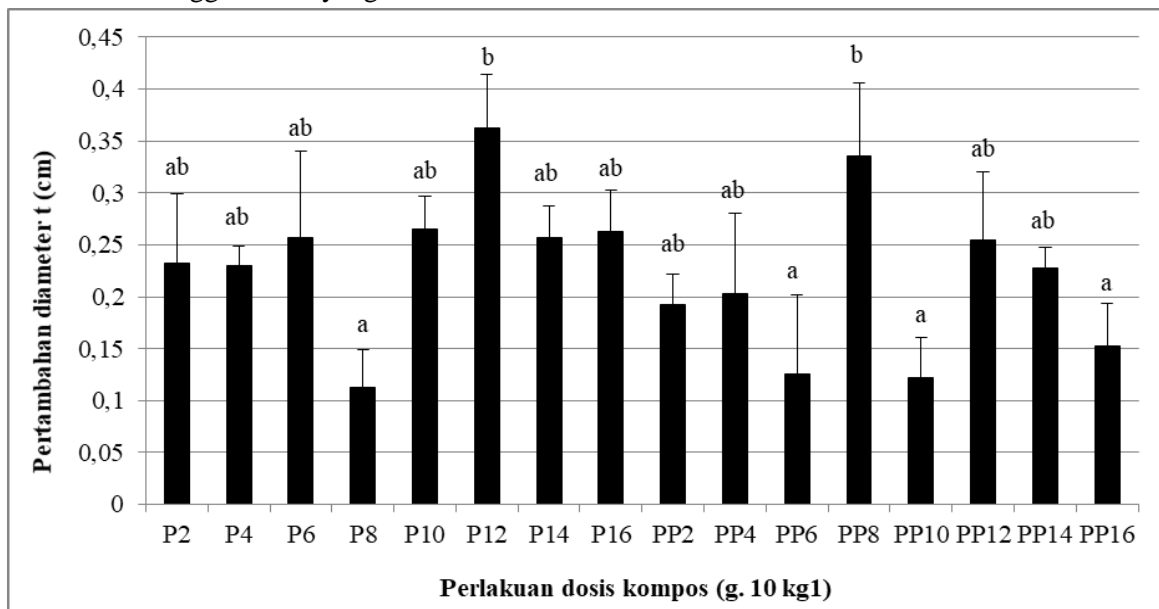
Gambar 2. Rata-rata pertambahan tinggi (cm) bibit geronggang di tanah gambut setelah penambahan kompos limbah pulp (P) dan limbah pulp dan kertas (PP) pada semua dosis selama enam bulan

Pada Gambar 1 juga terlihat secara umum bibit geronggang dengan penambahan kompos limbah pulp (P) menunjukkan pertumbuhan

tinggi yang lebih baik dibandingkan dengan penambahan kompos limbah pulp dan kertas (PP) pada berbagai dosis kompos. Sementara itu, rata-rata pertambahan tinggi semai dengan penambahan kompos limbah pulp dan kompos limbah pulp dan kertas masing-masing adalah 10,4 (cm) dan 5,09 (cm) (Gambar 2). Menurut Sinuhaji (2011), limbah pulp dalam penelitian ini mengandung C, Na₂O, MgO, Al₂O₃, SiO₂, P₂O₅, SO₃, Cl, K₂O, CaO, TiO₂, MnO, Fe₂O₃, dan trace element terdiri dari NiO, ZnO, As₂O₃, Rb₂O, SrO, ZrO₂. Sementara itu, bahan kimia yang digunakan untuk pembuatan pulp dan kertas adalah NaCl, CaO, CaCO₃, Na₂SO₄10H₂O, NaOH, dan talk (KPMG, 2017). Variasi bahan kimia yang terkandung dalam limbah pulp memberikan nutrisi yang lengkap baik untuk dekomposer maupun bibit. Hasilnya, kompos limbah pulp lebih baik dalam mendukung pertumbuhan bibit dibandingkan kompos limbah pulp dan kertas.

Penambahan kompos limbah pulp pada dosis 8, 10, dan 14 (ton.ha⁻¹) menghasilkan pertambahan tinggi bibit yang lebih rendah

dibandingkan bibit dengan penambahan dosis lainnya (Gambar 1). Sementara itu, penambahan kompos limbah pulp dan kertas dengan dosis 4, 6, dan 14 (ton.ha⁻¹) (Gambar 1) menghasilkan pertambahan tinggi bibit yang lebih rendah dibanding rerata pertambahan tinggi bibit setelah pemberian kompos limbah pulp dan kertas pada semua dosis (Gambar 2). Beberapa faktor yang menjadi penyebabnya antara lain kompos yang terlarut jauh dari area perakaran bibit atau media tanam yang mengeras karena daun geronggang memercikkan air irigasi atas. Faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi data yang dianalisis yaitu pertambahan tinggi bibit setiap perlakuan. Di sisi lain, penggunaan bahan kimia natrium untuk pembuatan pulp dan kertas menghasilkan limbah yang kurang cocok untuk bahan kompos. Menurut Rivera-Ocasio et al. (2007), bibit *Pterocapus officinalis* yang ditanam pada salinitas 5% dan 10% menunjukkan mortalitas lebih tinggi, pertumbuhan lebih lambat, dan biomassa rendah dibandingkan kontrol.



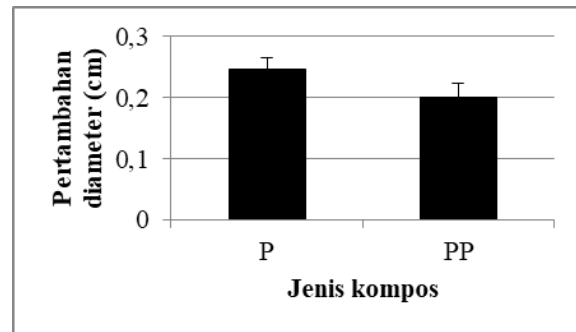
Gambar 3. Pertambahan diameter (cm) bibit geronggang di tanah gambut setelah penambahan kompos limbah pulp (P) dan limbah pulp dan kertas (PP) dengan berbagai dosis (2-16 ton.ha⁻¹) setelah enam bulan. Pertambahan diameter merupakan selisih diameter bibit setelah enam bulan dan hari pertama tanam.

Pertumbuhan diameter bibit dengan penambahan kompos limbah pulp menunjukkan pertambahan diameter yang semakin besar

seiring dengan dosis kompos yang makin meningkat (Gambar 3). Pertambahan diameter bibit terbesar terdapat pada perlakuan kompos

limbah pulp dengan dosis 12 (ton.ha⁻¹) (Grafik 3). Namun pertambahan diameter bibit pada perlakuan tersebut secara statistik tidak berbeda dengan penambahan kompos limbah pulp dan kertas pada dosis 8 (ton.ha⁻¹). Bibit dengan penambahan kompos limbah pulp dan kertas dengan dosis 8 (ton.ha⁻¹) menunjukkan pertambahan tinggi dan diameter yang lebih baik dibandingkan perlakuan kompos limbah pulp dan kertas dengan dosis lainnya (Gambar 1 dan Gambar 3). Bibit dengan diameter lebih besar berkaitan dengan adaptasi mekanis tanaman, terutama pada media tumbuh yang porus seperti tanah gambut. Bibit dengan penambahan kompos limbah pulp memiliki rata-rata pertambahan diameter yang lebih besar dibandingkan bibit dengan penambahan kompos limbah pulp dan kertas (Gambar 4). Menurut Nasir & Faizal (2016), daya hantar listrik (EC) limbah pulp dan kertas yang berasal dari Sumatera Selatan, Indonesia adalah 1,1 (dS/m). Sementara itu, EC tanah gambut di Provinsi Riau, Sumatera, Indonesia tempat penelitian berlangsung berkisar antara 0,4-0,5 dS/m (Fujimoto et al., 2019). Sementara itu, *Penicillium* ditemukan dominan pada tanah salin (Bronicka et al., 2007). Limbah pulp dan kertas yang diinokulasi dekomposer *P. citrinum* dan *P. oxalicum* menghasilkan ketersediaan unsur hara yang lebih baik bagi bibit dibandingkan dengan limbah pulp dan kertas yang tidak ditambahkan dekomposer (Tabel 2). Menurut Gondek et al. (2020) penambahan mikroba dalam pengomposan dapat menurunkan salinitas kompos yang dihasilkan melalui akumulasi garam dalam biomassa mikroba. Namun, ketika mikroba mengalami siklus hidup akhir, garam akan termineralisasi ke tanah. Dengan demikian, salinitas media tanam akan meningkat.

Selain itu, kompos limbah pulp dan kertas mengandung unsur hara makro (N, P, K, Ca dan Mg) yang lebih tinggi dibanding kompos limbah pulp (Tabel 1).



Gambar 4. Rata-rata pertambahan diameter (cm) bibit geronggang di tanah gambut setelah penambahan kompos limbah pulp (P) dan limbah pulp dan kertas (PP) pada semua dosis setelah enam bulan

Bibit geronggang menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik pada penambahan kompos limbah pulp. Yuwati et al. (2015) menemukan spesies pionir hutan rawa gambut membutuhkan makronutrien lebih sedikit daripada spesies klimaks rawa gambut tropis. Namun dalam penelitian ini, unsur hara mikro Zn mungkin merupakan faktor pembatas pertumbuhan bibit pada perlakuan penambahan kompos limbah pulp dan kertas. Zn merupakan nutrisi penting untuk menjalankan pertumbuhan tanaman melalui sintesis triptofan, asam amino kunci untuk sintesis auksin (Castillo-González et al., 2018). Bibit yang mengalami defisiensi seng (Zn) akan mengakumulasi Na dan Cl (Tolay, 2021). Kemungkinan bibit yang diberi kompos dari limbah pulp dan kertas mengakumulasi Na sehingga pertumbuhan tanaman terganggu. Na dalam limbah pulp dan kertas berasal dari residu bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi pulp dan kertas. Penyebab lain Zn tidak tersedia bagi tanaman adalah tanah yang kaya akan P, Cu²⁺ dan Fe²⁺ (Mousavi et al., 2013). Sementara itu, tingginya kadar Zn dalam kompos limbah pulp kemungkinan berasal dari miselium dekomposer yang terurai. Menurut Al Obaid & Hashem (1997), *P. citrinum* dapat mengakumulasi seng hingga 3000 g/g dalam larutan yang mengandung 500 g/ml Zn setelah 30 hari. Kadar Zn limbah pulp dalam penelitian ini adalah 4,8 (ppm) dan naik menjadi 369,4

(ppm) setelah dikomposkan selama sebulan (Tabel 1). Sebaliknya, Na dalam limbah pulp dan kertas dapat mempengaruhi aktivitas jamur dan biomassa karena sel yang lisis serta jamur mengering karena tekanan osmotik (Yan et al., 2015).

IV. KESIMPULAN

Kompos limbah pulp lebih baik dalam mendukung pertumbuhan bibit geronggang dibandingkan kompos limbah pulp dan kertas. Pertambahan tinggi bibit geronggang terbaik terdapat pada perlakuan penambahan kompos limbah pulp dengan dosis 16 (ton.ha⁻¹). Sementara itu, penambahan kompos limbah pulp dengan dosis 12 (ton.ha⁻¹) memberikan pertambahan diameter terbaik. Kandungan Na pada kompos limbah pulp dan kertas kemungkinan menjadi penyebab terganggunya pertumbuhan bibit geronggang. Di masa depan, studi tentang penggunaan kompos limbah pulp dan kertas untuk tanaman habitat *saline*, seperti mangrove dapat dipertimbangkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang telah memberikan dana untuk penelitian ini. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada Arifin Budi Siswanto atas bantuannya selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Obaid, A. M., & Hashem, A. R. (1997). Zinc Tolerance and Accumulation in *Aspergillus oryzae*, *Penicillium citrinum* and *Rhizopus stolonifer* isolated from Saudi Arabian Soil. *Qatar Univ. Sci. J.*, 17(1), 103–109.
- Aslanzadeh, S., Kemal, R. A., & Pribowo, A. Y. (2018). Strategies for characterizing compositions of industrial pulp and paper sludge. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/299/1/012037>
- Bronicka, M., Raman, A., Hodgkins, D., & Nicol, H. (2007). Abundance and diversity of fungi in a saline soil in central-west New South Wales, Australia. *Sydowia*, 59(1), 7–24.
- Castillo-González, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, A. C., Robles-Hernández, L., & López-Ochoa, G. R. (2018). Zinc metalloenzymes in plants. *Interciencia*, 43(4), 242–248.
- Ch'ng, H. Y., Ahmed, O. H., & Ab. majid, N. M. (2014). Improving phosphorus availability in an acid soil using organic amendments produced from agroindustrial wastes. *The Scientific World Journal*.
- Fomina, M., & Skorochod, I. (2020). Microbial interaction with clay minerals and its environmental and biotechnological implications. *Minerals*, 10(10), 1–54. <https://doi.org/10.3390/min10100861>
- Fujimoto, K., Miura, M., Kobayashi, S., & Simbolon, H. (2019). Habitat evolution of a peat swamp forest and belowground carbon sequestration during the Holocene along the coastal lowland in Central Sumatra, Indonesia. *Progress in Earth and Planetary Science*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40645-019-0288-8>
- Gondek, M., Weindorf, D. C., Thiel, C., & Kleinheinz, G. (2020). Soluble Salts in Compost and Their Effects on Soil and Plants: A Review. *Compost Science and Utilization*, 28(2), 59–75. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2020.1772906>
- Indriani, D., Gunawan, H., & Sofiyanti, N. (2015). Survival rate dan total akumulasi biomassa permukaan dari lima jenis pohon yang digunakan dalam eksperimen restorasi pada lahan gambut bekas terbakar di area transisi cagar biosfer Giam Siak Kecil-Bukit Batu Desa Tanjung Leban, Bengkalis, Riau. *JOM FMIPA*, 2(1), 64–71.
- Joutey, N. T., Nahafid, W., Sayel, H., & El Ghachtouli, N. (2013). Biodegradation: Involved microorganisms and genetically engineered microorganisms. *Intech*, 13. <http://dx.doi.org/10.5772/56194%0A291>
- Kome, G. K., Enang, R. K., & Tabi, F. O. (2019). Influence of clay minerals on some fertility attributes: A review. *Open Journal of Soil Science*, 9, 155–188.
- KPMG. (2017). *Improving lives: Vol. Sustainability*. <https://www.aprildialog.com/en/2017/11/08/improving-lives-april-group-releases-2015-2016-sustainability-report/>
- Kuokkanen, T., Nurmesniemi, H., Pöykiö, R., Kujala, K., Kaakinen, J., & Kuokkanen, M. (2008). Chemical and leaching properties of paper mill sludge. *Chemical Speciation and*

- Bioavailability*, 20(2), 111–122.
<https://doi.org/10.3184/095422908X324480>
- Lyu, S., Wei, X., Chen, J., Wang, C., Wang, X., & Pan, D. (2017). Titanium as a beneficial element for crop production. *Frontiers in Plant Science*, 8(April), 1–19.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00597>
- Maimunah, S. (2014). Uji viabilitas dan skarifikasi benih beberapa pohon endemik hutan rawa gambut Kalimantan Tengah. *Jurnal Hutan Tropis*, 2(1).
- Mojiol, A. R., Wahyudi, & Nasly, N. (2014). Growth Performance of Three Indigenous Tree Species (*Cratogeomys arborens* Vahl. Blume, *Alstonia spathulata* Blume, and *Stemonurus scorpioides* Becc.) Planted at Burned Area in Klias Peat Swamp Forest, Beaufort, Sabah, Malaysia. *Journal of Wetlands Environmental Management*, 2(1), 66–78.
<https://doi.org/10.20527/jwem.v2i1.32>
- Mousavi, R. S., Galavi, M., & Rezaei, M. (2013). Zinc (Zn) Importance for Crop Production – A Review. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(1), 64–68. www.ijappjournal.com
- Naik, S. P. (2007). *Studies on microbial consortia for production and enrichment of bio-compost from grapevine residues*. Univeristy of Agriculture Sciences, Dharwad.
- Nasir, S., & Faizal, S. (2016). Ceramic filters and their application for cadmium removal; from pulp industry effluent. *International Journal of Technologychnology*, 5, 786–794.
- Permentan 70, Pub. L. No. Peraturan Pemerintah No 70/Permentan/SR.140/10/2011, 1 (2011).
- Rastija, D., Zebec, V., & Rastija, M.(2014). Impacts of liming with dolomite on soil pH and phosphorous and potassium availabilities. *3th Alps-Adria Scientific Workshop*. 63: 193-196.
- Rivera-Ocasio, E., Aide, T. M., & Rios-López, N. (2007). The effects of salinity on the dynamics of a *Pterocarpus officinalis* forest stand in Puerto Rico. *Journal of Tropical Ecology*, 23(5), 559–568.
<https://doi.org/10.1017/S0266467407004361>
- Šebesta, M., Nemček, L., Urík, M., Kolenčík, M., Bujdoš 1, M., Hagarová, I., & Matúš, P. (2020). Distribution of TiO₂ Nanoparticles in Acidic and Alkaline Soil and Their Accumulation by. *Agronomy*, 10(1833).
<https://doi.org/10.3390/agronomy10111833>
- Sinuhaji, P. (2011). Pemanfaatan Serat Limbah Industri Pulp. *Komunikasi Fisika Indonesia (KFI)*, 8(3).
<https://kfi.ejournal.unri.ac.id/index.php/JKFI/article/view/1451/1427>
- Tata, M. H. L., & Pradjadinata, S. (2013). Regenerasi alami hutan rawa gambut terbakar dan lahan gambut ternakar di Tumbang Nusa, Kalimantan Tengah dan implikasinya terhadap konservasi. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 10(3), 327–342.
- Tolay, I. (2021). The impact of different Zinc (Zn) levels on growth and nutrient uptake of Basil (*Ocimum basilicum* L.) grown under salinity stress. *PLoS ONE*, 16(2 February), 1–12.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246493>
- Wahyuningsih, S. (2013). Composting pulp and paper's sludge using fungal isolates. In S. S. Lee, C. A. Siregar, Pratiwi, N. Mindawati, G. Pari, M. Turjaman, Krisdianto, H. Krisnawati, I. Z. Siregar, W. Laba, A. Mardiasuti, & I. Wahyudi (Eds.), *Forestry Research for Sustainable Forest Management and Community Welfare*. Ministry of Forestry of The Republic of Indonesia.
https://www.forda-mof.org/files/preface-2nd_inafor_proceedings-WV.pdf
- Wahyuningsih, S. (2018). Perbandingan Kualitas Kompos dari Limbah Pulp dengan Limbah Pulp dan Kertas Menggunakan Biodekomposer Kombinasi *P. oxalicum* dan *P. citrinum*. *Seminar Nasional Pelestarian Lingkungan (SENPLING) 2018 “Strategi Pengelolaan Sumber Daya Alam Untuk Pelestarian Lingkungan,”* 296–302.
- Yan, N., Marschner, P., Cao, W., Zuo, C., & Qin, W. (2015). Influence of salinity and water content on soil microorganisms. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(4), 316–323.
<https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2015.11.003>
- Yuwati, T. W., Rachmanadi, D., & Santoso, P. (2015). Response of tropical peat swamp forest tree species seedlings to macro nutrients. *Journal of Wetlands Environmental Management*, 3(2), 63–71.
<https://doi.org/10.20527/jwem.v3i2.12>

