

Pemanfaatan Limbah Industri Kertas pada Tanah Ultisols serta Efeknya terhadap Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharate* Sturt)

Rika Yayu Agustini*, Muharam, dan Satriyo Restu Adhi

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Singaperbangsa Karawang

Jl. HS Ronggowaluyo Karawang

Alamat Korespondensi : rika.agustini@faperta.unsika.ac.id

INFO ARTIKEL

ABSTRACT/ABSTRAK

Diterima: 26-09-2024

Direvisi: 14-07-2025

Dipublikasi: 14-08-2025

Utilization of Paper industry waste on Ultisols and its effect on the production of sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt)

Keywords:

Fly ash, Sludge, Sweet corn, Waste, Yield

Paper industry waste, particularly fly ash and sludge can be utilized as ameliorant materials for low-fertility soils. In addition, these wastes may serve as potential nutrient sources for crops, especially sweet corn. This study aimed to evaluate the effect of applying fly ash and sludge from the paper industry on sweet corn production. The experiment was conducted from February to April 2024 in the experimental field of the Faculty of Agriculture, Singaperbangsa University, Karawang. A factorial randomized block design (RBD) was employed, with fly ash as the first factor and paper sludge as the second factor. The experiment consisted of nine treatment combinations with three replications, resulting in a total of 27 experimental units. Results showed that the application of fly ash and sludge had a significant interaction effect on sweet corn production. The highest yields for all production parameters were obtained from the fls3 treatment (7.5% fly ash and 25 tons/ha sludge).

Kata Kunci:

Fly ash, Jagung manis, Limbah, Produksi, *Sludge*

Limbah industri kertas berupa *fly ash* dan *sludge* merupakan limbah yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan amelioran pada tanah-tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah. Selain itu, pemberian limbah industri kertas ini juga dapat menjadi salah satu sumber nutrisi pada tanaman, terutama tanaman jagung manis. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui efek penggunaan limbah *sludge* dan *fly ash* dari industri kertas terhadap produksi tanaman jagung manis. Penelitian dilaksanakan di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Singaperbangsa Karawang pada bulan Februari sampai dengan April 2024. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan faktor pertama yaitu limbah *fly ash* dan faktor ke-dua yaitu limbah *sludge* kertas. Total perlakuan sejumlah 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan, sehingga terdapat 27 unit percobaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian limbah industri kertas berupa *fly ash* dan *sludge* memberikan pengaruh interaksi pada produksi tanaman jagung manis. Hasil tertinggi pada seluruh parameter pengamatan produksi didapatkan pada perlakuan fls3 (7,5% *fly ash* dan 25 ton/ha *sludge*).

PENDAHULUAN

Tanah Ultisols memiliki potensi cukup besar untuk dijadikan sebagai perluasan lahan pertanian di Indonesia, akan tetapi dalam penggunaannya tanah

Ultisols juga mempunyai permasalahan pada kesuburan tanahnya. Stepanus dkk. (2014) menyatakan bahwa tanah Ultisols mengandung unsur hara N, P, K, Ca dan Mg yang rendah, pH yang rendah serta Al-dd yang tinggi sehingga unsur hara

menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Pemberian bahan amelioran berupa *sludge* dan *fly ash* dapat menjadi salah satu alternatif untuk perbaikan kesuburan pada tanah Ultisols.

Industri kertas menghasilkan beberapa jenis limbah padat berupa abu, partikulat, *sludge* dan potongan kayu. Limbah padat berupa abu merupakan hasil dari pembakaran batu bara yang digunakan sebagai sumber energi atau bahan bakar. Abu hasil pembakaran batu bara terbesar dihasilkan pada cerobong asap yang biasa dinamakan *fly ash* atau abu terbang. Sementara, limbah padat selanjutnya berupa *sludge* atau lumpur hasil pengolahan limbah primer dan sekunder pada pembuatan kertas. Berdasarkan Laporan Keberlanjutan Asia Pulp & Paper (APP) Sinar Mas (2020), industri kertas menghasilkan sekitar 5,6 juta ton limbah abu dan 30,4 juta ton limbah *sludge* per tahun. Limbah tersebut dibuang ke *landfill* dengan intensitas limbah sekitar 486.898 ton di tahun 2020. Potensi pemanfaatan kedua limbah tersebut cukup besar terutama pada bidang pertanian sebagai salah satu bahan yang dapat memperbaiki tingkat kesuburan tanah. Kusumarini *et al.* (2022) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa *sludge* mengandung unsur hara yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan amelioran seperti C-organik (7,13%), nitrogen (1,32%), fosfor (0,04%), kalium (0,02%), kalsium (12,08%), magnesium (0,43%) serta unsur hara mikro lainnya.

Penggunaan pupuk anorganik di dunia pertanian diberikan dalam dosis yang tinggi oleh petani untuk meningkatkan produksi tanaman, akan tetapi hal tersebut berpengaruh negatif terhadap kesuburan tanah yang semakin menurun. Pupuk anorganik menyumbangkan sejumlah unsur hara untuk tanaman, akan tetapi tidak dapat memperbaiki sifat-sifat tanah. Perbaikan sifat-sifat tanah tersebut dapat dilakukan dengan pemberian bahan amelioran/pembenah tanah. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 01 tahun 2019 menjelaskan bahwa pembenah tanah adalah bahan-bahan sintesis dan/atau alami, organik dan/atau mineral berbentuk padat dan/atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisik, kimia dan/atau biologi tanah. Pemanfaatan limbah industri berupa *fly ash* dan *sludge* dapat mengurangi keberadaan limbah dan dapat mendukung pemberian bahan-bahan untuk mendukung perbaikan tanah.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, *fly ash* dan *sludge* kertas termasuk ke dalam limbah non B3, akan tetapi

penggunaannya masih dibatasi sebagai campuran bahan bakar alternatif pada *boiler* dan bahan baku konstruksi pengganti semen *pozzolan*. Potensi limbah industri berupa *fly ash* dan *sludge* dapat dimanfaatkan sebagai bahan amelioran/pembenah untuk memperbaiki sifat tanah cukup besar, terutama pada tanah-tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah. *Sludge* merupakan salah satu limbah organik yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan kesuburan tanah (Kusumarini dkk., 2022). Indonesia didominasi oleh tanah dengan tingkat kesuburan yang rendah, salah satunya adalah tanah Ultisols. Zikri *et al.* (2023) menyebutkan bahwa luasan tanah Ultisols di Indonesia mencapai 45.794.000 hektar atau sekitar 25% dari total luasan daratan Indonesia.

Selain *sludge*, limbah *fly ash* juga memiliki keunggulan sebagai bahan amelioran. *Fly ash* yang dihasilkan dari pembakaran batu bara mengandung unsur Ca, Mg, K dan Na (Alyatikah *et al.*, 2022). Selain itu, Yu *et al.* (2019) menyebutkan bahwa *fly ash* yang berasal dari pembakaran batu bara dapat digunakan sebagai amelioran tanah dan dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil pada produk pertanian, unsur hara yang terkandung di dalam *fly ash* yaitu unsur hara makro (N, P, K, Ca, dan S) serta unsur hara mikro (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni dan Zi). *Fly ash* juga merupakan salah satu mineral aluminosilika yang mengandung sekitar 59% kandungan silika (Subiksa *et al.*, 2021). Kandungan silika di dalam *fly ash* dapat dimanfaatkan untuk tanaman jagung manis. Hayati dkk., (2021) menyatakan bahwa silika berperan dalam memperkuat struktur tanaman, terutama membantu dalam proses fotosintesis, translokasi karbon dioksida dan memperkuat tanaman dari serangan hama dan penyakit.

Potensi limbah *sludge* dan *fly ash* di Indonesia yang dimanfaatkan untuk bahan amelioran masih sangat rendah, terutama melihat potensinya dapat digunakan sebagai asupan unsur hara bagi budidaya tanaman jagung manis. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek penggunaan limbah *sludge* dan *fly ash* dari industri kertas terhadap produksi tanaman jagung manis.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di lahan percobaan Fakultas Pertanian Universitas Singaperbangsa Karawang. Percobaan yang dilakukan adalah percobaan pot yang dilaksanakan pada bulan Februari

sampai dengan April 2024. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 16 m dpl. Analisis kimia tanah Ultisols dan limbah *sludge* dilakukan di Laboratorium *Indonesian Center for Biodiversity and Biotechnology* (ICBB).

Rancangan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan faktor pertama yaitu limbah *fly ash* (tanpa *fly ash*, 7,5% dan 15%) dan faktor kedua yaitu limbah *sludge* kertas (15 ton/ha, 20 ton/ha dan 25 ton/ha). Total perlakuan sejumlah 9 perlakuan dengan 3 kali ulangan, sehingga terdapat 27 unit percobaan. Apabila hasil analisis ragam menunjukkan pengaruh nyata, maka dilakukan analisis uji lanjut *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) untuk mengetahui perlakuan mana yang memberikan hasil tertinggi pada penelitian ini. Adapun rancangan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Rancangan perlakuan

Kode Perlakuan	<i>Fly Ash</i>	Limbah <i>Sludge</i>
F ₀ S ₁	Tanpa <i>fly ash</i>	15 ton/ha <i>sludge</i>
F ₀ S ₂	Tanpa <i>fly ash</i>	20 ton/ha <i>sludge</i>
F ₀ S ₃	Tanpa <i>fly ash</i>	25 ton/ha <i>sludge</i>
F ₁ S ₁	7,5% <i>fly ash</i>	15 ton/ha <i>sludge</i>
F ₁ S ₂	7,5% <i>fly ash</i>	20 ton/ha <i>sludge</i>
F ₁ S ₃	7,5% <i>fly ash</i>	25 ton/ha <i>sludge</i>
F ₂ S ₁	15% <i>fly ash</i>	15 ton/ha <i>sludge</i>
F ₂ S ₂	15% <i>fly ash</i>	20 ton/ha <i>sludge</i>
F ₂ S ₃	15% <i>fly ash</i>	25 ton/ha <i>sludge</i>

Variabel pengamatan yang diamati terdiri dari bobot brangkas basah yang diukur dengan cara menimbang bagian batang dan daun tanaman jagung manis dengan menggunakan timbangan duduk, pengamatan panjang tongkol dilakukan dengan cara mengukur tongkol jagung dari pangkal sampai ujung tongkol menggunakan penggaris, pengamatan diameter tongkol menggunakan jangka sorong, pengamatan bobot tongkol tanpa dan dengan kelobot dilakukan dengan cara menimbang tongkol jagung tanpa kelobot menggunakan timbangan digital, pengukuran jumlah baris biji vertikal dan horizontal per tongkol. Pengukuran parameter produksi jagung manis dilakukan pada saat panen atau pada umur 71 hari setelah tanam.

Limbah *sludge* dan *fly ash* yang digunakan berasal dari salah satu perusahaan kertas di Kabupaten Karawang. Sebelum digunakan sebagai perlakuan penelitian, limbah *sludge* dikomposkan

terlebih dahulu. Proses pengomposan limbah *sludge* dilakukan dengan menggunakan metode anaerob selama 28 hari, sementara *fly ash* yang digunakan yaitu *fly ash* yang berasal dari *boiler* tempat pembakaran batu bara.

Bahan tanah yang digunakan pada penelitian ini berasal dari tanah ultisol di Kabupaten Karawang. Tanah diambil sedalam 30 cm, kemudian dikeringanginkan sampai dengan kadar air kering udara. Setelah kering, tanah dihaluskan dan disaring dengan menggunakan ukuran saringan 20 mesh. Setelah disaring, tanah dihomogenkan dan dimasukkan ke dalam *polybag* dengan ukuran 60 x 60 cm.

Sebelum dilakukan penanaman, tanah dengan limbah *sludge* dan *fly ash* dicampur sesuai dengan taraf perlakuan, kemudian di inkubasi selama 14 hari. Inkubasi dilakukan dengan tujuan agar perlakuan bereaksi dengan media tanam, sehingga pada saat tanah unsur hara di dalam perlakuan sudah siap diserap oleh tanaman.

Penanaman dilakukan setelah masa inkubasi selesai. Sebelum penanaman, benih diberikan perlakuan dasar terlebih dahulu, dengan cara merendam benih ke dalam air hangat selama 15 menit. Hal tersebut dilakukan agar kulit benih menjadi lunak dan dapat mempercepat proses perkecambahan benih karena terjadi imbibisi di dalam benih tersebut. Benih jagung yang telah diberikan perlakuan dasar, kemudian ditanam di dalam *polybag* dengan cara membuat lubang tanam sedalam 3 cm dan meletakkan benih ke dalam lubang tersebut lalu ditutup menggunakan tanah kembali. Benih yang ditanam sebanyak 1 benih per lubang dan dapat diseleksi sampai usia tanaman 14 hari setelah tanam untuk selanjutnya diamati.

Pemberian pupuk anorganik dilakukan pada umur 14 dan 35 hari setelah tanam dengan cara membenamkan pupuk di sekitar tanaman jagung. Pupuk yang diberikan berupa pupuk NPK (16:16:16) dengan dosis 150 kg/ha. Dosis pemupukan diberikan sama pada setiap perlakuan sehingga tidak memengaruhi taraf perlakuan.

Penyiraman diberikan sesuai dengan kadar air kapasitas lapang dengan menggunakan metode gravimetri untuk mengetahui dosis banyaknya air yang diberikan pada setiap *polybag*. Rumus yang digunakan untuk penyiraman yaitu :

$$W = Tb - Tk$$

Keterangan :

W = Bobot air kapasitas lapang (kg)

Tb = Bobot tanah basah (kg)
Tk = Bobot tanah kering (kg)

Tabel 2. Parameter dan metode analisis kimia tanah Ultisols dan limbah *sludge*

Parameter	Metode Analisis
pH H ₂ O	<i>Potentiometry, pH meter</i>
C-Organik (%)	<i>Walkley and Black</i>
N-Total (%)	<i>Kjeldahl, Titrimetry</i>
P ₂ O ₅ Tersedia (mg/kg)	<i>Spectrophotometry, Bray I</i>
K ₂ O Potensial (mg/100g)	AAS

Pembersihan gulma dilakukan dengan cara mekanis, yaitu dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di sekitar tanaman jagung di dalam *polybag*. Sementara pengendalian organisme pengganggu tanaman dilakukan dengan cara menyemprotkan

pestisida berbahan aktif sesuai dengan gejala serangan. Kandungan kimia *fly ash* tidak dilakukan analisis karena keterbatasan sumberdaya. Analisis tanah dan limbah *sludge* terdiri dari beberapa parameter yaitu pH H₂O, C-organik, N-total, P₂O₅ tersedia dan K₂O. Parameter dan metode analisis dapat dilihat pada Tabel 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Tanah Ultisols dan Limbah *Sludge* Kertas

Pengujian tanah Ultisols dilakukan untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah yang digunakan sebagai media tanam. Berdasarkan hasil uji kimia tanah, tanah yang digunakan termasuk ke dalam tanah yang tingkat kesuburannya rendah. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 3. Hasil analisis tanah Ultisols dan limbah *sludge* kertas

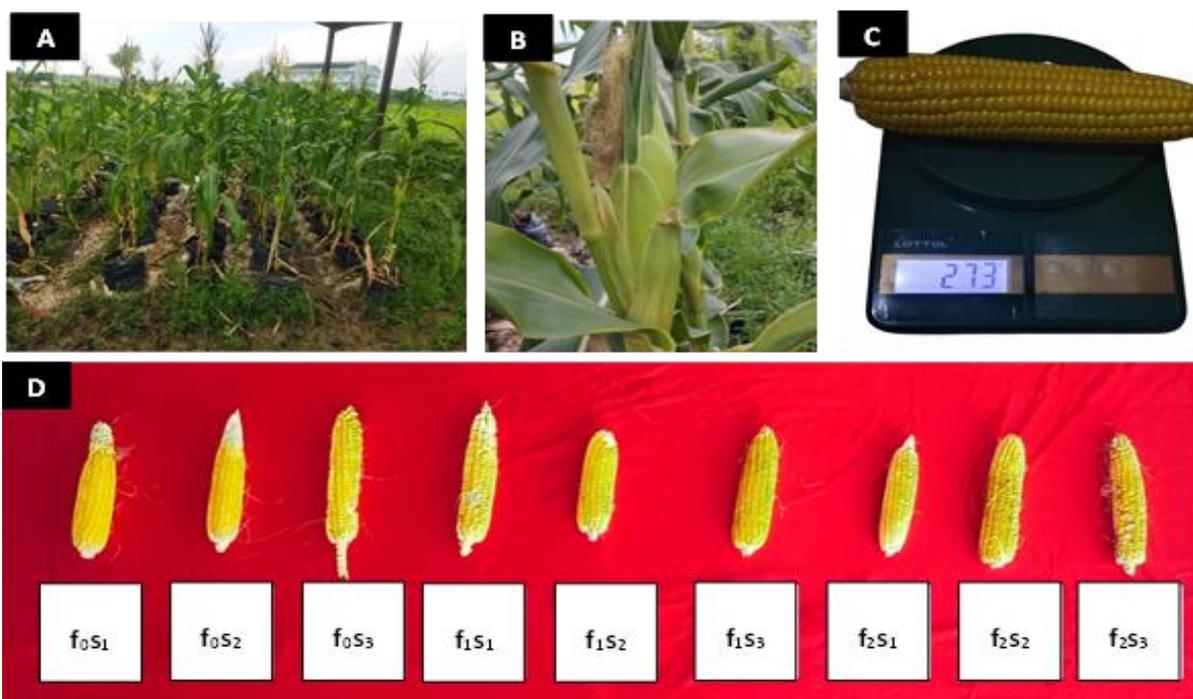
Parameter	Hasil Analisis Tanah Ultisols	Hasil Analisis Limbah <i>Sludge</i> Kertas	Standar Mutu Kepmentan No. 261/2019
pH H ₂ O	5,82	7,34	4-9
C-Organik (%)	1,83	17,70	15
N-Total (%)	0,19	1,08	Min 2
P ₂ O ₅ Tersedia mg/kg	27,76	1,31	-
K ₂ O Potensial mg/100g	35,62	0,37	-

Hasil analisis tanah menunjukkan bahwa tanah yang digunakan memiliki pH 5,82, berdasarkan kriteria penilaian hasil analisis tanah Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023) bahwa pH tanah sebesar 5,82 termasuk ke dalam kategori agak asam. Kemudian, kandungan C-organik di dalam tanah tersebut termasuk ke dalam kategori rendah dengan nilai 1,83%. Kandungan nitrogen sebesar 0,19% termasuk ke dalam kategori sangat rendah. Kandungan P₂O₅ termasuk ke dalam kategori sedang dengan nilai 27,76 mg/kg dan kandungan K₂O termasuk ke dalam kategori sedang dengan nilai 35,62 mg/100g. pH merupakan indikator kesuburan tanah, tanah dengan nilai pH netral 6,6-7,5 menurut Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk (2023) dapat menyediakan unsur hara makro dan mikro yang sesuai dengan kebutuhan tanaman, sementara tanah dengan pH asam cenderung lebih sedikit menyediakan unsur hara mikro yang dibutuhkan oleh tanaman.

Hasil pengujian limbah *sludge* kertas yang digunakan pada penelitian ini mempunyai nilai pH 7,34, berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian NO :

261/KPTS/SR.310/M/4/2019 (Kepmentan, 2019) tentang persyaratan teknis minimal pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah menunjukkan bahwa nilai rujukan pH yang terdapat dalam bahan pembenah tanah adalah 4-9, sehingga nilai pH pada limbah kertas tersebut sudah memenuhi nilai minimal pembenah tanah. Nilai C-organik yang terkandung di dalam limbah *sludge* sebesar 15%, hasil tersebut masih memenuhi nilai rujukan pembenah tanah. Sementara nilai N, P dan K yang terkandung masih di bawah nilai minimal pembenah tanah.

Hasil penelitian Hauashdh *et al.* (2020) menunjukkan bahwa *fly ash* mengandung silika sebanyak 44,40%, aluminium sebesar 27,50%, CaO sebesar 11,50%, MgO sebesar 2,36%, K₂O sebesar 0,99%, P₂O₅ sebesar 1,37%, Na₂O sebesar 1,38%. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa kadar Ca dan Mg yang terdapat di dalam *fly ash* dapat menetralkan keasaman tanah sehingga memiliki potensi untuk dapat meningkatkan pH tanah. Priatmadi dkk. (2014) dalam penelitiannya menyatakan bahwa pemberian *fly ash* batu bara dapat meningkatkan pH tanah dari 4,74 menjadi 6,67.



Gambar 1. Tanaman jagung manis (A), tongkol dengan kelobot (B), bobot jagung tanpa kelobot (C), penampakan bobot tanpa kelobot pada masing-masing percobaan (D)

Efek Pemberian Limbah Industri Kertas terhadap Produksi Jagung Manis

Secara umum, pemberian limbah industri kertas berupa *sludge* dan *fly ash* terhadap produksi tanaman jagung manis memberikan pengaruh nyata. Hasil analisis uji F pada taraf 5% menunjukkan bahwa

terdapat interaksi dari pemberian limbah *sludge* kertas dan *fly ash* terhadap bobot brangkasan basah jagung manis. Efek pemberian limbah industri kertas terhadap bobot brangkasan basah jagung manis dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Efek pemberian limbah industri kertas terhadap bobot brangkasan basah jagung manis

Perlakuan <i>Fly ash</i> (f)	Bobot Brangkasan Basah (g)		
	Limbah <i>Sludge</i> (S)		
	s ₁ (15 ton/ha)	s ₂ (20 ton/ha)	s ₃ (25 ton/ha)
f ₀ (0%)	461,40 b B	402,47 c C	511,27 b A
f ₁ (7,5%)	528,70 a B	551,57 a B	610,80 a A
f ₂ (15%)	522,60 a A	513,33 b A	479,13 c B
Koefisien Keragaman (KK) %	8,01 %		

Keterangan: Nilai rata-rata akan diikuti oleh huruf yang sama (huruf besar arah horizontal dan huruf kecil arah vertikal) menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut DMRT.

Hasil percobaan pada Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil bobot brangkasan basah jagung manis terbaik didapatkan pada perlakuan f₁s₃ (7,5% *fly ash* dengan limbah *sludge* 25 ton/ha), akan tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan f₂s₁ (15% *fly ash* dengan limbah *sludge* 15 ton/ ha). Bobot brangkasan basah tertinggi didapatkan pada perlakuan f₁s₃ dengan

bobot sebesar 610,80 g. Pemberian limbah berupa *fly ash* diduga memberikan efek yang besar terhadap bobot brangkasan jagung manis. Sementara, pemberian limbah *sludge* dapat menyumbangkan kandungan hara N, P dan K yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan peningkatan produksi pada tanaman jagung manis.

Pada perlakuan tertinggi (f_{2s3} , *fly ash* 15% dan *sludge* 25 ton/ha) pemberian *fly ash* dan limbah *sludge* menurunkan bobot brangkasan tanaman jagung manis, hal tersebut kemungkinan disebabkan karena adanya keracunan unsur hara mikro didalam tanah. Sharma & Karla (2006) menyebutkan bahwa terdapat beberapa dampak yang ditimbulkan oleh *fly ash*, yaitu salah satunya ditemukan bahwa penambahan *fly ash* yang lebih tinggi menyebabkan penurunan hasil tanaman seperti bobot brangkasan basah tanaman jagung yang disebabkan karena adanya keracunan unsur hara B, defisiensi P dan Zn.

Fly ash mengandung sekitar 50% unsur silika. Sugiyanta dkk. (2018) menyatakan bahwa pemberian unsur silika pada tanaman dapat memperbaiki tekanan abiotik dan biotik melalui regulasi gen dan berinteraksi dengan proses fisiologis lainnya untuk meningkatkan fotosintesis, seperti penyerapan unsur hara makro, mikro dan fitohormon yang memengaruhi aktivitas fotosintesis. Silika menjadi salah satu unsur yang digunakan sebagai penyusun tumbuh pada brangkasan tanaman jagung. Hasil penelitian Nasrudin *et al.* (2022) menyebutkan bahwa semakin tinggi dosis silika dapat meningkatkan laju

asimilasi bersih pada tanaman, karena Si dapat mengurangi persaingan ion Na^+ dengan mineral lain sehingga tanaman dapat mempertahankan proses metabolisme untuk tumbuh. Selain itu, Ginandjar dkk. (2021) juga menyebutkan bahwa unsur Si dapat membantu meningkatkan serapan unsur hara NO_3 , N, P dan Ca pada tanaman. Tabel 5 menunjukkan bahwa terdapat interaksi limbah *sludge* dan *fly ash* terhadap panjang tongkol tanaman jagung manis. Hasil tertinggi didapatkan oleh perlakuan f_{1s3} (*fly ash* 7,5% dan *sludge* 25 ton/ha), tidak berbeda nyata dengan f_{0s3} (*fly ash* 0% dan *sludge* 25 ton/ ha) dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang tongkol tertinggi yaitu 34,37 cm dari perlakuan f_{1s3} . Ilham dkk. (2020) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa pemberian *fly ash* batu bara sebagai bahan amelioran dapat meningkatkan kapasitas tukar kation pada tanah sehingga dapat menurunkan retensi nutrisi dan meningkatkan serapan hara bagi tanaman. Hal tersebut dapat mendukung unsur hara K dapat diserap dengan baik, sehingga menyebabkan terjadinya peningkatan panjang tongkol pada tanaman jagung manis.

Tabel 5. Efek pemberian limbah industri kertas terhadap panjang tongkol jagung manis

Perlakuan <i>Fly Ash</i> (f)	Panjang Tongkol (cm) Limbah <i>Sludge</i> (S)		
	s_1 (15 ton/ha)	s_2 (20 ton/ha)	s_3 (25 ton/ha)
f_0 (0%)	21,70 c C	25,50 b B	33,03 a A
f_1 (7,5%)	30,17 a C	32,07 a B	34,37 a A
f_2 (15%)	27,77 b A	26,70 b A	23,70 b B
Koefisien Keragaman (KK) %	9,07 %		

Keterangan: Nilai rata-rata akan diikuti oleh huruf yang sama (huruf besar arah horizontal dan huruf kecil arah vertikal) menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut DMRT.

Hasil penelitian (Tabel 6) menunjukkan bahwa terdapat interaksi pemberian limbah industri kertas berupa *fly ash* dan *sludge* pada diameter tongkol tanaman jagung manis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa hasil diameter tongkol terbaik terdapat pada perlakuan 7,5% *fly ash* dengan 25 ton *sludge* (f_{1s3}). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pemberian *fly ash* dan *sludge* dapat meningkatkan diameter tongkol tanaman jagung. Merujuk pada Rahmi dkk. (2019) bahwa diameter tongkol merupakan bagian fisik yang memengaruhi besaran produktivitas panen jagung manis, sehingga semakin

besar diameter jagung manis maka akan memengaruhi total produksi tanaman.

Selain itu, Sofyan *et al.* (2023) menyebutkan bahwa terdapat hubungan yang erat pada unsur K dan Mg dalam proses pembentukan dan pertumbuhan tongkol jagung, unsur tersebut memiliki peran sebagai aktivator metabolisme energi dan memaksimalkan proses fotosintesis sebagai sumber energi dalam pembentukan tongkol tanaman jagung. *Fly ash* dilaporkan mengandung Mg sebesar 2,36% (Hauashdh *et al.*, 2020), sementara *sludge* dan *fly ash* masing-masing memiliki kandungan K, dengan

kondisi KTK tanah yang semakin baik, pertukaran kation di dalam tanah juga semakin besar sehingga tanaman mudah dalam melakukan penyerapan hara di dalam tanah.

Tabel 6. Efek pemberian limbah industri kertas terhadap diameter tongkol jagung manis

Perlakuan <i>Fly Ash</i> (f)	Diameter Tongkol (mm)		
	Limbah <i>Sludge</i> (S)		
	s ₁ (15 ton/ha)	s ₂ (20 ton/ha)	s ₃ (25 ton/ha)
f ₀ (0%)	40,60 c C	46,67 c B	55,33 b A
f ₁ (7,5%)	54,37 a B	57,93 a A	58,73 a A
f ₂ (15%)	49,10 b A	49,67 b A	44,47 c B
Koefisien Keragaman (KK) %	9,18%		

Keterangan: Nilai rata-rata akan diikuti oleh huruf yang sama (huruf besar arah horizontal dan huruf kecil arah vertikal) menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut DMRT.

Tabel 7. Efek pemberian limbah industri kertas terhadap bobot tongkol tanpa kelobot jagung manis

Perlakuan <i>Fly Ash</i> (f)	Bobot Tongkol tanpa Kelobot (g)		
	Limbah <i>Sludge</i> (S)		
	s ₁ (15 ton/ha)	s ₂ (20 ton/ha)	s ₃ (25 ton/ha)
f ₀ (0%)	196,10 b C	206,93 c B	222,47 b A
f ₁ (7,5%)	243,50 a B	251,90 a B	262,90 a A
f ₂ (15%)	196,53 b B	224,77 b A	158,07 C C
Koefisien Keragaman (KK) %	6,91%		

Keterangan: Nilai rata-rata akan diikuti oleh huruf yang sama (huruf besar arah horizontal dan huruf kecil arah vertikal) menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut DMRT.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pemberian limbah *fly ash* dan *sludge* memberikan pengaruh interaksi pada bobot tongkol tanpa kelobot tanaman jagung manis. Hasil percobaan menunjukkan bahwa bobot tongkol tanpa kelobot tertinggi didapatkan pada perlakuan fis₃, yaitu pemberian *fly ash* 7,5% dengan *sludge* 25 ton/ha. Hasil bobot tongkol tanpa kelobot mencapai 262,90 g. Hutasoit *et al.* (2020) menyatakan bahwa bobot maksimum tongkol tanpa kelobot pada tanaman jagung sekitar 285,5 g, sementara minimum bobot tongkol tanpa kelobot sekitar 182,8 g. Hal tersebut menunjukkan bahwa bobot tongkol tanpa kelobot yang dihasilkan dari pemberian *fly ash* dan *sludge* mampu bersaing dengan hasil budi daya tanaman jagung secara konvensional. Pada parameter bobot tongkol dengan kelobot tanaman jagung, pemberian *fly ash* dan *sludge* menunjukkan pengaruh interaksi. Hasil tertinggi terdapat pada perlakuan fis₃ (*fly ash* 7,5%

dan 25 ton/ha *sludge*) dengan bobot 497,43 g (Tabel 8). Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Hutasoit *et al.* (2020), bahwa bobot maksimum bobot tongkol dengan kelobot tanaman jagung sebesar 436,32 g, sehingga dari hasil penelitian yang didapatkan bobot tongkol dengan kelobot dari pemberian *fly ash* dan *sludge* memiliki bobot lebih tinggi dibandingkan dengan cara budi daya tanaman jagung secara konvensional. Peningkatan bobot pada tongkol jagung dengan atau tanpa kelobot kemungkinan dipengaruhi oleh unsur hara K yang terdapat dalam limbah *fly ash* dan *sludge*. Aryani dkk. (2023) menyebutkan bahwa unsur hara K dapat meningkatkan hasil produksi tanaman jagung manis seperti peningkatan bobot, diameter dan panjang tongkol dari hasil translokasi karbohidrat yang memicu pembesaran sel penyusun jaringan pada hasil tanaman.

Tabel 8. Efek pemberian limbah industri kertas terhadap bobot tongkol dengan kelobot jagung manis

Perlakuan	Bobot Tongkol dengan Kelobot (g)		
	Limbah <i>Sludge</i> (S)		
<i>Fly Ash</i> (f)	s ₁ (15 ton/ha)	s ₂ (20 ton/ha)	s ₃ (25 ton/ha)
f ₀ (0%)	355,97 a B	332,23 c B	373,20 b A
f ₁ (7,5%)	378,17 a C	413,53 b B	497,43 a A
f ₂ (15%)	318,27 b B	365,47 a A	287,90 C C
Koefisien Keragaman (KK) %	8,48%		

Keterangan: Nilai rata-rata akan diikuti oleh huruf yang sama (huruf besar arah horizontal dan huruf kecil arah vertikal) menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji lanjut DMRT.

SIMPULAN

Pemberian limbah industri kertas berupa *fly ash* dan *sludge* memberikan pengaruh interaksi pada produksi tanaman jagung manis. Pemberian perlakuan 7,5% *fly ash* dan 25 ton/ha *sludge* dapat memberikan hasil tertinggi pada bobot brangkas basah, panjang tongkol, diameter tongkol, bobot tongkol tanpa kelobot, dan bobot tongkol dengan kelobot tanaman jagung manis. Sementara, pemberian perlakuan 15% *fly ash* dan 25 ton/ha *sludge* tidak direkomendasikan untuk budidaya tanaman jagung manis karena secara konsisten menurunkan hasil tanaman jagung manis.

DAFTAR PUSTAKA

- Alyatikah, E, Siswo, Riaa Safitri, Tety Wahyuningsih Manurung, and Rendy Muhamad Iqbal. 2022. Chemical characteristic of fly ash and bottom ash as potential source for synthesis of Aluminosilicate-based materials. *Rafflesia Journal of Natural and Applied Sciences*. 2: 160–166. <https://doi.org/10.33369/rjna.v2i2.23935>
- Aryani, I, GA Nasser, D Dali, N Marlina, M Marlina, K Khodijah, JP Rompas, dan A Zamroni. 2023. Potensi peningkatan hasil jagung manis (*Zea mays* Saccharata Sturt) Melalui kombinasi dosis pupuk nitrogen dan kalium. *Journal on Education*. 5: 16276–16285. <https://doi.org/10.31004/joe.v5i4.2773>
- Asia Pulp & Paper (APP) Sinar Mas, 2020. Pillar 1 : Produksi. Pages 68–93 Sustainability Report. Asia Pulp & Paper (APP) Sinar Mas
- Ginandjar, S, BFT Qurrohman, dan P Rahmatullah. 2021. Pengaruh konsentrasi Si biogenic dan N- total terhadap pertumbuhan dan konsentrasi nitrat tanaman selada hidroponik. *Jurnal AGRO*. 8: 130–141. <https://doi.org/10.15575/11959>
- Hauashdh, A, RMS Radin Mohamed, J Jailani, and J Abd Rahman. 2020. Stabilization of peat soil using fly ash, bottom ash and portland cement: Soil improvement and coal ash waste reduction approach. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 498. DOI 10.1088/1755-1315/498/1/012011
- Hayati, MDN, AD Rosanti, dan PS Utomo. 2021. Pengaruh dosis pupuk nanosilika sekam padi pada pertumbuhan dan produksi jagung manis (*Zea mays* saccharata Sturt L.) varietas Talenta. *Jurnal Pertanian Cemara*. 18: 46–54. <https://doi.org/10.24929/fp.v18i2.1633>
- Hutasoit, RT, SH Kalqutny, and IN Widiarta. 2020. Spatial distribution pattern, bionomic, and demographic parameters of a new invasive species of armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera; noctuidae) in maize of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*. 21: 3576–3582. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210821>
- Ilham, F, A Maulana, B Hasiholan, I Ilham, dan FY Ningsih. 2020. Pengaruh Aplikasi dari limbah batu bara (*fly ash* dan *bottom ash*) dan sampah pasar dengan kapur terhadap pH, KTK dan P tersedia Ultisol dan Gambut. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 8: 239–247. DOI: 10.21776/ub.jtsl.2021.008.1.27
- Kepmentan, 2019. Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261_KPTS_SR.310_M_4_2019 tentang Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah.pdf. Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia, Jakarta

- Kusumarini, N, AW Putranto, C Agustina, and AA Wahab. 2022. The potential of paper industry sludge potency as organic soil amendment. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 9: 147–151. DOI: 10.21776/ub.jtsl.2022.009.1.16
- Nasrudin, A Rosmala, and RB Wijoyo. 2022. Application of silica nutrients improves plant growth and biomass production of paddy under saline conditions. *Caraka Tani: Journal of Sustainable Agriculture*, 37: 111–122
- PP Nomor 22 Tahun 2021, 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pedoman Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia. 1: 1–483
- Priatmadi, BJ, AR Saidy, dan M Septiana. 2014. Pengaruh abu batubara terhadap perbaikan sifat kimia tanah di Kalimantan Selatan. *Buana Sains*. 14: 1–6. DOI: <https://doi.org/10.33366/bs.v14i2.334>
- Rahmi, CH, S Hafsah, dan B Bakhtiar. 2019. Analisis tumbuh dan produksi jagung hibrida akibat cara pemberian dan konsentrasi pupuk daun. *Jurnal Agrista*. 23: 112–120
- Sharma, SK, and N Kalra, 2006. Effect of flyash incorporation on soil properties and productivity of crops: A review. *Journal of Scientific and Industrial Research*. 65: 383–390
- Sofyan, ET, DS Sara, and A Agistin. 2023. The effect of granular KCl fertilizer dosage on K-available, K-uptake, and yield of sweet corn (*Zea mays saccharata sturt.*) in Inceptisol from Jatinangor. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*. 24: 9–17. DOI: 10.9734/jaeri/2023/v24i5537
- Stepanus, RA, Bintang, dan Jamilah. 2014. Pengaruh beberapa kehalusan tepung batuan andesit dan pengekstrak terhadap ketersediaan hara ultisol. *Jurnal Online Agroteknologi*. 2: 884–892. DOI: 10.32734/jaet.v2i2.7177
- Subiksa, IGM, IW Suastika, and Husnain. 2021. The effect of fly ash application to Acacia growth and heavy metals leaching on peatland. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 648. DOI: 10.1088/1755-1315/648/1/012161
- Sugiyanta, IM Dharmika, dan DS Mulyani. 2018. Pemberian pupuk silika cair untuk meningkatkan pertumbuhan, hasil, dan toleransi kekeringan padi sawah. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*. 46: 153. DOI: <https://doi.org/10.24831/jai.v46i2.21117>
- Yu, YY, SM Li, JP Qiu, JG Li, YM Luo, and JH Guo. 2019. Combination of agricultural waste compost and biofertilizer improves yield and enhances the sustainability of a pepper field. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 182: 560–569. <https://doi.org/10.1002/jpln.201800223>
- Zikri, A, K Utami, S Anggraini, and E Suprijono. 2023. Growth and yield of corn plants against vermicompost dosage in degraded ultisols. *Terra: Journal of Restoration*. 6: 57–64. <https://doi.org/10.31186/terra.6.2.57-64>