KARAKTERISTIK DAN ANALISIS KORELASI KARAKTER FISIOLOGIS TANAMAN JAGUNG HIBRIDA (*Zea mays* L.) PADA TANAH BERTEKSTUR LIAT DIPERKAYA PUPUK SLOWRELEASE BERBASIS BIOCHAR

Characteristics and Correlation Analysis of Physiological Characters of Hybrid Corn Plants (Zea Mays L.) on Clay-Textured Soil Enriched With Biochar-Based Slowrelease Fertilizer

Mila Astiani[1*], Sukmawati[2], Mayasari Yamin[3], Iradhatullah Rahim[4], Suherman[5]

[1,2,3,4,5,6]Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare

[*]*sukmakuuh76@gmail.com*

ABSTRAK

Peningkatan produktivitas jagung sangat dipengaruhi oleh karakter fisiologi seperti klorofil dan stomata daun. Hal ini sangat berkaitan dengan proses fotosintesis yang dipengaruhi oleh kandungan nitrogen dan air dalam tanah. Penelitin ini bertujuan untuk penggunan pupuk *slowrelase* dari biochar tongkol jagung berbasis NPK terhadap karakter dan kolerasi fisiologi tanaman jagung . Metode penelian merupakan percobaan lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok untuk menguji empat jenis perlakuan, yakni Pupuk kimia (P0), pupuk *slowrelase* berbasis NPK (P1), pupuk *slowrelase* diperkaya urin sapi (P2) dan pupuk *slowrelase* diperkaya urin sapi dan bakteri (*azotobacter* dan *basillus)* terhadap karakter fisiologi tanaman jagung, yakni *Chlorofil content Indeks (CCI),* kehijauan daun, jumlah stomata dan ukuran stomata serta korelasi antar karakteri fisiologi. Hasil penelitian menemukan bahwa pemberian pupuk *slowrelase* diperkaya urin sapi dan bakteri memberikan hasil terbaik pada CCI dan kehijauan daun yakni 44,64 dan 3,77 berbeda nyata hingga sangat nyata dengan pemberian pupuk kimia (16,27; 2,77). Untuk tindak adaptasi pemberian pupuk *slowrelease* diperkaya urin sapi dan bakteri mengurangi jumlah ukuran stomata dengan hasil yang lebih kecil (78,33) berbeda nyata dengan pemberian pupuk *slowrelease* pengkayaan bakteri (PO,P1 dan P2). Terdapat korelasi yang nyata antara CCI dan jumlah stomata terhadap kehijauan daun . Berdasarkan hal tersebut, maka penggunaan pupuk *slowrelase* yang diperkaya urin sapi dan bakteri menjadi strategi adaptif usaha tani jagung menghadapi perubahan iklim.

Kata kunci: ***biochar, korelasi; karakter fisiologi; jagung hibrida; pupuk slow release***

ABSTRACT

Increasing corn productivity is strongly influenced by physiological characters such as chlorophyll and leaf stomata. This is closely related to the photosynthesis process which is influenced by the nitrogen and water content in the soil. This research aims to use slow-relase fertilizer from NPK-based corn cob biochar on the characteristics and physiological correlation of corn plants. The research method was a field experiment using a Randomized Block Design to test four types of treatment, namely chemical fertilizer (P0), NPK-based slowrelase fertilizer (P1), slowrelase fertilizer enriched with cow urine (P2) and slowrelase fertilizer enriched with cow urine and bacteria (azotobacter and bacillus) on the physiological characteristics of corn plants, namely Chlorophyll content Index (CCI), leaf greenness, number of stomata and stomata size as well as correlation between physiological characteristics. The results of the research found that the application of slowrelase fertilizer enriched with cow urine and bacteria gave the best results in CCI and leaf greenness, namely 44.64 and 3.77, significantly to very significantly different from the application of chemical fertilizer (16.27; 2.77). For adaptation, giving slow-release fertilizer enriched with cow urine and bacteria reduced the number of stomata sizes with smaller results (78.33), significantly different from giving slow-release fertilizer enriched with bacteria (PO, P1 and P2). There is a real correlation between CCI and the number of stomata on leaf greenness. Based on this, the use of slowrelase fertilizer enriched with cow urine and bacteria is an adaptive strategy for corn farming to face climate change.

Key words: biochar, correlation; physiological character; hybrid corn; slow release fertilizer

PENDAHULUAN

Karakter fisiologis berkontribusi sangat penting terhadap peningkatan produktivitas jagung (Akmalia & Suharyanto, 2017;(Guo et al., 2021). Laju fotosintesis merupakan karakter fisiologi yang berhubungan erat dengan kandungan klorofil daun, dimana berkolerasi positif dengan indeks klorofil content (CCI)(Liu et al., 2019). Salah satu indikator untuk pemupukan tanaman untuk peningkatan produksi adalah indeks klorofil konten (Cerovic & Masdoumier, 2012), yang dipengaruhi oleh pemberian pupuk nitrogen (Hokmalipour & Darbandi, 2011). Salah satu strategi peningkatan produksi jagung adalah pengelolaan air dan nitrogen (Simkin et al., 2019).

Biochar merupakan teknologi pengelolaan air dan mampu meretensi nitrogen di lahan pertanian (Sukmawati, 2020a). Biochar dapat digunakan utnuk memodifikasi pupuk kimia menjadi pupuk *slowrelease* yang sangat cocok untuk tanaman. (Jumaeri et al., 2019) karena mengendalikan pelepasan unsur sesuai dengan waktu dan jumlah (Adawiah et al., 2020) dan lebih baik dari penggunaan urea (Jumaeri et al., (2019). Pupuk NPK pelepasan lambat berbasis biochar diformulasikan dan dikembangkan untuk mengurangi pencucian unsur hara dan emisi gas rumah kaca (Murti et al., 2020). Selain itu, biochar yang diperkaya dengan bakteri pengikat nitrogen meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung terutama jumlah dan luas daun pada tanah bertekstur liat Sukmawati et al., (2020), karena biochar meningkatkan retensi nitrogen dan mengurangi pencucian didalam tanah (Hossain et al., 2020).

Salah satu bakteri penambat nitrogen adalah *Azotobacter*. *Bacillus* sp. yang berasosiasi dengan tanaman dapat memberikan efek stimulasi pertumbuhan karena metabolit yang dihasilkan mampu memicu sensitifitas sistem perakaran untuk absorpsi nutrien serta merangsang regulasi zat pengatur tumbuh seperti sintesis auksin, giberelin, dan sitokinin (Setiaji et al., 2023). Penggunaan biochar tongkol jagung yang diaktivasi dengan bakteri Gram negatif dan Gram positif telah diteliti oleh (Sukmawati et al., 2020b), namun masih dilakukan dalam skala green house. Sehingga kajian yang dilakukan di lahan pertanian dapat mengkaji efektivitas penggunaan pupuk slowrelase untuk adaptasi tanaman jagung pada lingkungan yang ekstrim.

BAHAN DAN METODE

1. Bahan dan metode pembutan pupuk slowrelase

Bahan yang digunakan dalam pembuatan pupuk slowrelase berbasis NPK

adalah biochar dari tongkol jagung yang dibakar, pupuk NPK, urin sapi, bakteri *Bacillus* dan *Azatobacter*. Pupuk slowrelase dibuat dari biochar tongkol jagung yang dibakar menggunakan TLUD (teknologi dari Wharm heart pondation). Formulasi pupuk slowrelase terdiri dari biochar 900 g ditambah 3,5 g pupuk NPK dan diingkubasi selama 1 malam. Dosis formula merujuk pada penelitian (Sukmawati, 2020c). Metode pembuatan pupuk slowrelase merujuk pada (Schmidt et al., 2017). Selanjutnya formulasi pupuk *slowrelease* yang diperkaya urin sapi terdiri dari 900 g biochar, 3,5 g pupuk NPK, 25 ml urin sapi yang dilarutkan dalam 500 ml air. Adapun pupuk *slowrelease* yang diperkaya urin sapi dan bakteri terdiri dari 900 g biochar, 3,5 g pupuk NPK, 25 ml urin sapi yang dilarutkan dalam 500 ml air, *Azotobacter* dan *bacillus* masing-masing 5 ml dalam bentuk larutan.

2. *Persiapan demplot percobaan dan metode aplikasi pupuk slowrelase*

Penelitian dalam bentuk percobaan lapangan menggunakan Rancangan Acak Kelompok yang terdiri dari tiga kelompok dengan empat pelakuan (P0= kontrol; P1= pupuk *Slowrelease*; P2 Pupuk *Slowrelease* +Urin sapi; P3 = Pupuk *slowrelase* +Urin sapi+bakteri). Ukuran bedengan 450cm x 400 cm. Jarak tanam jagung digunakan 70 cm x 20 cm sehingga total populasi jagung 128 tanaman/bedengan atau setara dengan 72.000 tanaman/ha. Tanah digemburkan menggunakan kultivator mini. Biochar yang telah dimodifikasi menjadi pupuk *slowrelease* dimasukkan dalam tanah tanah dalam bentuk alur mengikuti jarak tanaman jagung, satu minggu sebelum penanaman jagung.

3. Parameter penelitian dan analisis data

Karakter yang diukur antara lain: 1) pengukuran *Chlorophyl Content Index* dilakukan pada tanaman jagung 56 HST pada daun yang berada di atas tongkol menggunakan alat -200; Opti-Sciences Inc., Hudson, NH, USA. Sebanyak 10 tanaman diukur secara acak di setiap plot, dan tiga pembacaan CCI per daun, termasuk satu pembacaan di sekitar titik tengah helaian daun dan dua pembacaan pada jarak tiga cm dari titik tengah. Nilai-nilai ini dirata-ratakan untuk rata-rata pembacaan CCI setiap daun merujuk pada(Peng et al., 2017); 2) panjang daun (cm), 3) kehijauan daun, 4) Pengukuran stomata merujuk pada metode Tambaru et al., (2018) dengan cara daun jagung diolesi aseton dan dibiarkan selama 3 menit, hasil cetakan stomata selanjutnya dilekatkan di atas objek glass dan diamati pada mikroskop binokuler, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah stomata dan ukuran stomata.

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan program SAS (Statistical Analysis System) dan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. *Chlorophyl Content Index*, kehijauan daun dan panjang daun jagung

Tabel 1 menunjukkan bahwa pupuk *slow release* yang diperkaya urin sapi dan bakteri *azatobacter* dan *bacillus* sp, menghasilkan *CCI* tertinggi yakni 44,64 cm. Hasil ini berbeda nyata pada pemberian pupuk slowrelase dan pupuk slowrelase yang diperkaya urin sapi. Disisi lain kehijauan daun jagung yang dihasilkan tidak berbeda nyata antara perlakuan pupuk *slowrelease* (P1,P2 dan P3) akan tetapi berbeda nyata dengan kontrol (P0).

Tabel 1. Rerata *Chlorophyl Content Index* dan kehijauan daun yang diberi pupuk *slow release* berbasis biochar NPK

Kombinasi Pupuk	*Chlorophyl Content Index*	Kehijauan Daun
Kontrol (P0)	16.27 ^{d}	2.77 ^{b}
Pupuk *slow release*	40.20 ^{b}	3.88 ^{a}
Pupuk *slow release* diperkaya urin sapi	37.12 ^{c}	3.89 ^{a}
Pupuk *slow release* diperkaya urin sapi dan bakteri (*Azatobacter* dan *Bacillus* sp.)	44.64 ^{a}	3.77 ^{a}

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT α 5%. *CCI* =; JS = Jumlah Stomata; PD = Panjang Daun

Pada perlakuan ini, tanaman jagung mendapatkan sumber nitrogen dari pupuk NPK, Urea dan urin sapi. Pupuk *slowrelease* dibuat dari biochar tongkol jagung dengan kandungan karbon yang sangat tinggi (70%)(Sukmawati, 2020a), sehingga mampu mengikat unsur hara dari NPK, urea dan urin sapi dipermukaannya. Hendriyatno et al., (2019) melaporkan urine sapi mengandung nitrogen sebesar 1,00%, fospor sebesar 0,50% dan kalium sebesar 1,50%. Selain itu penambahan biochar pada wilayah rhizosfer tanaman jagung merangsang pertumbuhan akar dalam penyerapan air dan nutrisi (Sukmawati, 2020b). Dengan adanya pengkayaan bakteri jenis *azotobacter*, maka fiksasi nitrogen meningkat dan tersedia bagi tanaman jagung. Disisi lain *Bacillus* sp dapat menghasilkan senyawa enzim siderofor yang dapat meningkatkan kandungan klorofil pada daun (Kalay et al., 2020).

Chlorophyl Content Index dan kehijauan daun merupakan karakter fisiologi yang menunjukkan laju fotosintesis tanaman dan dapat digunakan

untuk memantau status nitrogen pada tanaman (Padilla et al., 2018), dimana defisiensi hara pada daun dapat diselidiki menggunakan klorofil daun (Ali et al., 2016). Kandungan klorofil berkorelasi secara signifikan dengan nitrogen (Wang et al., 2014; Santana, Puja et al., (2020), dimana dipengaruhi secara positif oleh pemberian pupuk nitrogen (Hokmalipour & Darbandi, 2011). Oleh karena itu dalam penelitian ini terkonfirmasi bahwa penggunaan pupuk *slowrelease* lebih efisien dalam penyerapan unsur nitrogen dibandingkan dengan penggunaan pupuk kimia secara langsung. Nilai CCI, panjang daun jagung dan nilai kehijauan yang tertinggi mengkonfirmasi bahwa pemberian pupuk *slowrelease* yang diperkaya urin sapi dan bakteri lebih efisien dalam penyerapan nitrogen. Hal ini didukung oleh penelitian Anies et al., (2019) yang melaporkan bahwa unsur nitrogen merangsang pertumbuhan daun yang menunjukkan pertumbuhan tanaman yang sehat warna daun yang lebih hijau (lihat Gambar 1).



Gambar 1. Visualisasi kehijauan daun jagung pada pemberian pupuk *slowrelease*

2. Stomata daun

Tabel 2 menunjukkan bahwa pupuk *slowrelease* yang diperkaya urin sapi menghasilkan ukuran stomata tertinggi yakni 108,11. Hasl ini tidak berbeda nyata dengan perlakuan kontrol dan pupuk slowrelease, akan tetapi berbeda nyata dengan pemberian pupuk *slowrelease* yang diperkaya urin sapi dan bakter. Disisi lain jumlah stomata terendah dihasilkan pada perlakuan kontrol yang tidak berbeda nyata dengan pemberian pupuk slowrelase dan pupuk slowrelase yang diperkaya urin sapi. Namun hasil ini berbeda nyata dengan pemberian pupuk *slowrelease* yang diperkaya urin sapi dan bakteri.

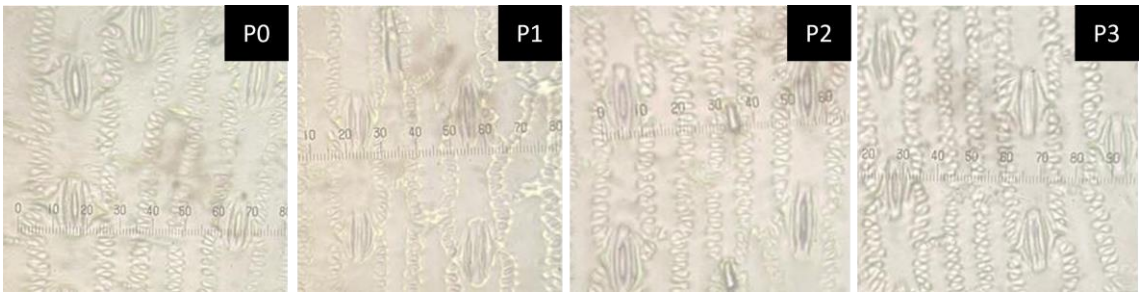
Tabel 3. Rerata ukuran stomata dan jumlah stomata daun jagung yang diberi pupuk *slow release* berbasis biochar NPK

Kombinasi Pupuk	Ukuran Stomata	Jumlah Stomata
Kontrol (P0)	93.33 ^{ab}	13.66 ^{b}
Pupuk *slow release*	105.67 ^{a}	13.44 ^{b}

Pupuk *slow release* diperkaya urin sapi	108.11 [a]	14.33 [ab]
Pupuk *slow release* diperkaya urin sapi dan bakteri (*Azatobacter* dan *Bacillus* sp.)	78.33 [b]	15.00 [a]

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT α 5%.

Pada saat penelitian, terjadi kondisi ekstrim akibat el nino yang berkepanjangan, sehingga kondisi ini mempengaruhi karakter fisiologi tanaman jagung. Hal ini terkonfirmasi dari pengamatan stomata dan jumlah stomata. Tanaman jagung pada pemberian pupuk *slowrelease* yang diperkaya uring sapi dan bakteri cenderung mengurangi ukuran stomata sebagai tindak adaptasi. Berbeda dengan pemberian pupuk kimia (P0) dan pupuk *slowrelease* tanpa pengkayaan bakateri (P1 dan P2) cenderung mengurangi jumlah stomata sebagai tindak adaptasi. Stomata berperan penting sebagai alat untuk adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Menurut Lestari, (2006), tanaman beradaptasi terhadap cekaman kekeringan dengan cara mengurangi ukuran stomata dan jumlah stomata. Berdasarkan hal tersebut, maka dapat diasumsikan bahwa pemberian pupuk slowarelase dengan pengkayaan urin sapi dan bakteri dapat meningkatkan toleransi tanaman jagung terhadap kekeringan dibandingkan dengan pemupukan kimia dan penggunaan pupuk *slowrelease* tanpa pengkayaan bakteri (P1 dan P2). *Azotobakter* yang memperkaya pupuk slowrelase merupakan bakteri Gram negatif yang mensinstesa biofilm dalam bentuk eksopolisakarida untuk menjaga kelembaban matriks. Bakteri yang ditambahkan pada biochar akan mengkolonisasi permukaan biochar dan lebih intensif memproduksi biofilm dalam kondisi kekeringan. Dengan demikian akan tercipta kelembaban secara insitu di sekitar rhizosfer jagung. Sementara zat volatil yang terdapat pada biochar menjadi sumber karbon dan energi bagi kehidupan bakteri, sehingga bakteri memiliki tenaga untuk mensintesa biofilm. Perbandingan kerapatan stomata dikonfirmasi pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan kerapatan stomata daun jagung pada: P0 (pupuk kimia); P1 (pupuk *slowrelease*); P2 (pupuk *slowrelease* diperkaya urin sapi); P3 (pupuk *slowrelease* diperkaya urin sapi dan bakteri)

3. Korelasi karakter fisiologi jagung

Tabel 4 menunjukkan korelasi *CCI* dengan karakter lainnya, dimana CCI berkorelasi secara positif dan nyata terhadap kehijauan daun. Namun demikian, korelasi terlihat tidak nyata antara CCI dengan jumlah stomata, ukuran stomata dan sudut daun.

Penelitian ini mengkonfirmasi hubungan nyata antara klorofil dengan kehijauan daun dan panjang daun. Sebagaimana diketahui bahwa kandungan klorofi pada tanaman tergantung pada kecukupan unsur hara nitrogen. Dimana gejala kekurangan nitrogen terlihat dengan adanya perubahan warna hijau pada daun. Klorofil merupakan indikator penting untuk kesehatan, evaluasi kemampuan fotosintesis tanaman dan status pertumbuhan (Ardiansyah et al., 2022). Peningkatan kandungan klorofil akan mempengaruhi pantulan hijau daun, yang menunjukkan pertumbuhan dan kesuburan tanaman. Disisi lain, jumlah stomata juga berkorelasi nyata dengan kehijauan daun. Jumlah stomata pada daun berkaitan dengan proses fisiologis tumbuhan, termasuk transpirasi dan fotosintesis. Begitupula dengan kehijauan daun melalui senyawa zat hijau klorofil memiliki peran penting dalam proses fotosintesis. Klorofil digunakan bersama-sama dengan air, CO2, dan cahaya untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi kimia yang kemudian digunakan untuk sintesis zat-zat yang diperlukan oleh tumbuhan. Sementara itu stomata merupakan sarana pertukaran gas CO2 pada daun. Selain itu korelasi antara jumlah stomata dengan kehijaun daun dapat dijelaskan melalui mekanisme transpirasi dan fotosintesis Jumlah stomata sangat mempengaruhi proses tranpirasi pada tanaman, sedangkan fase fotosintesis yang sangat sensitif terhadap kekurangan air adalah biosintesis klorofil (Song & Banyo, 2010)

Tabel 4. Koefisien korelasi antarkarakter beberapa diameter jagung hibrida

	Kehijauan daun	Jumlah stomata	Ukuran stomata
Jumlah stomata	0,67*		
Ukuran stomata	$0,13^{tn}$	$-0,20^{tn}$	
CCI	0,66*	$0,21^{tn}$	$-0,06^{tn}$

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji DMRT α 5%.

KESIMPULAN

Tanaman jagung merupakan tanaman yang cukup toleran terhadap kekeringan, namun cukup sensitif terhadap suhu yang tinggi. Sehingga dalam mengantisipasi pengembangan jagung dalam menghadapi perubahan iklim, pemupukan dengan dengan memodifikasi pupuk kimia seperti NPK dan Urea menjadi pupuk pelepasan lambat yang diperkaya urin sapi dan bakteri Gram negatif seperti *azotobacter* dan bakteri gram prsitif seperti *Basillus*, menjadi strategi adaptip untuk resiliensi usaha tani jagung dalam kodisi ekstrim.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis tujukan kepada Kemenristek Dikti melalui program Matching Fund tahun 2023 atas bantuan pendanaan sehingga program MBKM Bina Desa dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih kepada LPPM UMPAR, Fakultas Pertanian, Peternakan, dan Perikanan Universitas Muhammadiyah Parepare dan Yayasan Adakarbon sebagai mitra pelaksana penelitian serta kelompok tani Maminasa Deceng atas dukungan sarana dan prasarana selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Adawiah, Rabiatul, S., Sutarno, & Suyanta. (2020). Studi Adsorpsi-Desorpsi Anion Fosfat Pada Bentonit Termodifikasi CTAB. *Indo. J. Chem. Res.*, *8*(2), 125–136. https://doi.org/10.30598//ijcr.2020.8-sra

Akmalia, H. A., & Suharyanto, E. (2017). Respon fisiologis dan produktivitas jagung (*Zea mays* L.) 'Sweet Boy-02' pada perbedaan intensitas cahaya dan penyiraman. *Jurnal Teknosains*, *6*(2), 59–71. https://doi.org/10.22146/teknosains.2

Ali, M. M., Al-ani, A., Eamus, D., & Tan, D. K. Y. (2016). *Leaf Nitrogen Determination Using Non- Destructive Techniques – A Review*. *4167*(March). https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1143954

Anies, N., Khairani, L., & Susilawati, I. (2019). PENGARUH TINGKAT PEMBERIAN PUPUK NITROGEN TERHADAP KANDUNGAN AIR DAN SERAT KASAR Corchorus aestuans. *Pastura*, *9*(1), 32. https://doi.org/10.24843/pastura.2019.v09.i01.p09

Ardiansyah, M., Nugroho, B., & Khalimatus, S. (2022). *Estimasi kadar klorofil dan kadar N daun jagung menggunakan Estimating Chlorophyll and N Content in Corn Leaves Based on Chlorophyll Content Index*. *24*(2), 53–61.

Cerovic, Z. G., & Masdoumier, G. (2012). *A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids*. 251–260. https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.2012.01639.x

Guo, Y., Yin, W., Fan, H., Fan, Z., Hu, F., Yu, A., & Zhao, C. (2021). *Photosynthetic Physiological Characteristics of Water and Nitrogen Coupling for Enhanced High-Density Tolerance and Increased Yield of Maize in Arid Irrigation Regions*. *12*(September), 1–14. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.726568

Hendriyatno, F., Okalia, D., & Mashadi. (2019). Pengaruh Pemberian POC Urine Sapi Terhadap Pertumbuhan Bibit Pinang Betara (Areca catechu L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*,

2(2), 89–97. https://doi.org/10.37637/ab.v2i2.412

Hokmalipour, S., & Darbandi, M. H. (2011). *Effects of Nitrogen Fertilizer on Chlorophyll Content and Other Leaf Indicate in Three Cultivars of Maize (Zea mays L .)*. *15*(12), 1780–1785.

Hossain, M. Z., Bahar, M. M., Sarkar, B., Donne, S. W., Ok, Y. S., Palansooriya, K. N., Kirkham, M. B., Chowdhury, S., & Bolan, N. (2020). Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant. In *Biochar* (Vol. 2, Issue 4). https://doi.org/10.1007/s42773-020-00065-z

Jumaeri, Sumarni, W., Ningrum, L. W., & Rahayu, E. F. (2019). Using of low grade zeolite based fly ash as slow release agent for Zea mays growth. *Journal of Physics: Conference Series*, *1567*(2). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/2/022036

Kalay, A. M., Kesaulya, H., Talahaturuson, A., Rehatta, H., & Hindersah, R. (2020). Aplikasi Pupuk Hayati Konsorsium Strain Bacillus sp dengan Berbeda Konsentrasi dan Cara Pemberian Terhadap Pertumbuhan Bibit Pala (Myristica fragrans Houtt). *Agrologia*, *9*(1). https://doi.org/10.30598/a.v9i1.1060

Lestari, E. G. (2006). The relation between stomata index and drought resistant at rice somaclones of Gajahmungkur, Towuti, and IR 64. *Biodiversitas, Journal of Biological Diversity*, *7*(1), 44–48. https://doi.org/10.13057/biodiv/d070112

Liu, C., Liu, Y., Lu, Y., Liao, Y., Nie, J., Yuan, X., & Chen, F. (2019). *Use of a leaf chlorophyll content index to improve the prediction of above-ground biomass and productivity*. 1–15. https://doi.org/10.7717/peerj.6240

Murti, S. D. S., Finalis, E. R., Noor, I., Suratno, H., Rosyadi, E., Saputra, H., Industry, C., Tangerang, S., & Engineering, E. (2020). *Development of Carbon Based NPK Slow Release Fertilizer using Biochar from Oil Palm Empty Fruits*. *3*(1), 19–24.

Padilla, F. M., de Souza, R., Peña-Fleitas, M. T., Gallardo, M., Giménez, C., & Thompson, R. B. (2018). Different responses of various chlorophyll meters to increasing nitrogen supply in sweet pepper. *Frontiers in Plant Science*, *871*(November), 1–14. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01752

Peng, S., Garcia, F. V, Laza, R. C., & Cassman, K. G. (2017). *Adjustment for Specific Leaf Weight Improves ChlorophyII Meter's Estimate of Rice Leaf Nitrogen Concentration (AJ)*. *September 1993*. https://doi.org/10.2134/agronj1993.00021962008500050005x

Santana, Puja, F., Ghulamahdi, M., & Lubis, I. (2020). Respons Pertumbuhan, Fisiologi, dan Produksi Kedelai terhadap Pemberian Pupuk Nitrogen dengan Dosis dan Waktu yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *26*(1), 24–31. https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.24

Schmidt, H. P., Pandit, B. H., Cornelissen, G., & Claudia, I. (2017). . Biochar-based fertilization with liquid nutrient enrichment : 21 field trials covering 13 crop species in nepal. *Land Dagradation & Development*, *28*,(8), Pages 2324-2342. https://doi.org/10.1002/ldr.2761

Setiaji, A., Annisa, R. R. R., & Rahmandhias, D. T. (2023). Bakteri Bacillus Sebagai Agen Kontrol Hayati dan Biostimulan Tanaman. *Rekayasa*, *16*(1), 96–106. https://doi.org/10.21107/rekayasa.v16i1.17207

Simkin, A. J., López-calcagno, P. E., & Raines, C. A. (2019). *Feeding the world : improving photosynthetic efficiency for sustainable crop production*. *70*(4), 1119–1140. https://doi.org/10.1093/jxb/ery445

Song, N., & Banyo, Y. (2010). *Air pada tanaman the concentration of leaf chlorophyll as water-deficit indicator in plants*.

Sukmawati. (2020a). Bahan Organik Menjanjikan dari Biochar ingkl Jagung, Cangkan dan Tandan Kosong Kelapa Sawit Berdasarkan Sifat kimia. *J. Agroplantae*, *9*(2), 82–94. https://ppnp.e-journal.id/agro/article/view/223

Sukmawati. (2020b). *Disertasi Perbaikan Retensi Air , Fosfor Dan Nitrogen Dari Biochar Yang Ditambahkan Bakteri Penghasil*.

Sukmawati. (2020c). *Perbaikan Retensi Air Fosfor dan Nitrogen dari Biochar yang ditambahkan Bakteri Penghasil Alginat Utuk Peningkatan Produktivitas Lahan Kering (Disertasi)* [Pasca Sarjana Unhas]. http://repository.unhas.ac.id/id/eprint/3048/

Sukmawati, Ala, A., Baharuddin, & Gusli, S. (2020a). Biochar interventions enriched with alginate-producing bacteria support the growth of maize in degraded soils. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *486*(1). https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012133

Sukmawati, Ala, A., Baharuddin, & Gusli, S. (2020b). *Biochar interventions enriched with alginate-producing bacteria support the growth of maize in degraded soils Biochar interventions enriched with alginate-producing bacteria support the growth of maize in degraded soils*. 0–10. https://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012133

Tambaru, E., Ura, R., & Tuwo, M. (2018). *Karakterisasi Stomata Daun Tanaman Obat Andredera cordifolia (Ten.) Steenis dan Gratophyllum pictum (L.) Griff*. *9*(17), 42–47.

Wang, Y., Wang, D., Shi, P., & Omasa, K. (2014). *Estimating rice chlorophyll content and leaf nitrogen concentration with a digital still color camera under natural light*. 1–11.