

## Peningkatan hasil panen jagung (*Zea mays* L.) menggunakan asam humat yang diperkaya produk-samping pabrik urea dan NPK

*Increasing the yield of maize (*Zea mays* L.) using humic acid enriched by-product Urea and NPK factory*

Muhammad Abdul AZIZ<sup>1)</sup>, Sri WAHYUNI<sup>1)</sup>, Hana FADILA<sup>1)</sup>, Valdi Muhamad Rafiansyah SIREGAR<sup>1)</sup>, Fauziatul FITRIYAH<sup>1)</sup>, SULASTRI<sup>2)</sup>, Insyiah Meida LUKTYANSYAH<sup>2)</sup>, PRIYONO<sup>1)</sup> & SISWANTO<sup>1)\*</sup>

<sup>1)</sup>Pusat Penelitian Kelapa Sawit Unit Bogor, Jl. Taman Kencana No.1, Bogor 16128, Jawa Barat

<sup>2)</sup>PT Pupuk Kalimantan Timur, Jl. James Simandjuntak No.1, Bontang 75313, Kalimantan Timur

Diterima tgl 31 Agustus 2022/ Disetujui tgl 31 Oktober 2022

### Abstract

*The use of PSUC (liquid Urea by-product) and PSNC (liquid NPK by-product) in humic fertilizer enrichment is a strategic solution towards zero waste and to increase their value added. Maize is Indonesia's leading commodity with a low productivity. This study aimed to determine the effect of humic acid PSUC (HA-PSUC) and PSNC (HA-PSNC) on the growth and productivity of maize. Humic acid was formulated using PSUC and PSNC and then a quality assay was carried out. The experimental design was a completely randomized design with nine treatments. The application of humic acid using the foliar spray technique was carried out at 25, 39, and 53 days after planting (DAP). Growth observations were made at 24, 38, and 52 DAP, while yield and plant biomass were observed at 75 DAP. The data were analyzed using ANOVA test, with Tukey HSD as the further test. The quality assay results showed that those two products (HA-PSUC and HA-PSNC) meet the quality standards according to the Ministry of Agriculture Regulation No. 1 2019 with humic content of HA-PSUC respectively was 14.68% (liquid) and 38.51% (solid), while HA-PSNC was 15.97% (liquid) and 38.23% (solid). In general, each treatment tested showed an increase in plant growth characteristics compared to the control, with the best treatment is HcU-8 (humic acid liquid Urea at 8 L ha<sup>-1</sup>), especially in stem diameter and stem-leaf biomass. Each yield character in each treatment showed an increment compared to the control, with significant yield differences known in the parameters of fresh and dried corn cobs weight and grain weight per corn cob. However, among treatment groups did not show a significant difference in maize yields, so to increase cost efficiency with optimal yields, the applications of humic acid PSUC or PSNC at 8 L ha<sup>-1</sup> or 8 kg ha<sup>-1</sup> were the recommended doses.*

[Keywords: humic acid, maize, growth, productivity, PSNC, PSUC]

### Abstrak

Pemanfaatan PSUC (produk-samping Urea cair) dan PSNC (produk-samping NPK cair) sebagai bahan pengaya pupuk humat merupakan solusi strategis menuju *zero waste* dan meningkatkan nilai tambah kedua produk samping tersebut. Jagung merupakan komoditas unggulan Indonesia dengan produktivitas masih rendah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh asam humat PSUC (AH-PSUC) dan asam humat PSNC (AH-PSNC) terhadap pertumbuhan dan produktivitas jagung. Asam humat diformulasi menggunakan PSUC dan PSNC kemudian dilakukan uji mutu. Desain penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan sembilan perlakuan. Aplikasi asam humat dengan teknik semprot daun dilakukan pada 25, 39, dan 53 hari setelah tanam (HST). Pengamatan pertumbuhan dilakukan pada 24, 38, dan 52 HST, sementara pengamatan hasil panen dan biomassa tanaman pada 75 HST. Data dianalisis ANOVA, dengan uji lanjut Tukey HSD. Hasil uji mutu menunjukkan bahwa kedua produk (AH-PSUC dan AH-PSNC) memenuhi standar mutu sesuai Permentan No. 1 tahun 2019 dengan kadar humat AH-PSUC masing-masing adalah 14,68% (cair) dan 38,51% (padat), sementara untuk AH-PSNC adalah 15,97% (cair) dan 38,23% (padat). Secara umum semua perlakuan yang diuji menunjukkan peningkatan karakter pertumbuhan tanaman dibanding kontrol, dengan perlakuan terbaik adalah HcU-8 (humat cair Urea dosis 8 L ha<sup>-1</sup>) khususnya pada diameter batang dan biomassa batang-daun. Setiap karakter hasil panen pada masing-masing perlakuan menunjukkan peningkatan dibanding kontrol, dengan perbedaan hasil yang signifikan diketahui pada parameter bobot tongkol segar dan kering serta bobot pipil per tongkol. Namun demikian, antar kelompok perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada hasil panen jagung, sehingga untuk meningkatkan efisiensi biaya dengan hasil yang optimal, aplikasi

\*Penulis korespondensi: [siswanto99@yahoo.com](mailto:siswanto99@yahoo.com)

asam humat PSUC dan PSNC dengan dosis 8 L ha<sup>-1</sup> atau 8 kg ha<sup>-1</sup> merupakan dosis yang direkomendasikan.

[Kata kunci: asam humat, jagung, pertumbuhan, produktivitas, PSNC, PSUC]

### Pendahuluan

Dalam proses produksi pupuk Urea dan NPK dihasilkan produk samping yang dikenal sebagai PSUC dan PSNC dalam jumlah yang melimpah. PT Pupuk Kalimantan Timur (PKT) merupakan salah satu perusahaan terbesar di Indonesia yang memproduksi pupuk urea dan NPK untuk memenuhi kebutuhan pupuk Nasional. Volume PSUC yang dihasilkan PKT diperkirakan sebanyak 77 m<sup>3</sup>/hari atau 23.100 ton/tahun, sedangkan volume PSNC diperkirakan sebanyak 120 m<sup>3</sup>/hari atau 36.000 ton/tahun (Aziz *et al.*, 2021). Di Indonesia, terdapat beberapa perusahaan pupuk urea dan NPK lain yang diperkirakan memiliki ketersediaan produk samping tersebut dengan volume yang lebih besar. Baik PSUC maupun PSNC hingga kini cenderung menjadi masalah bagi lingkungan serta menambah biaya produksi karena diperlukan pengolahan lanjutan dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Limbah cair pabrik pupuk urea terdiri atas urea dan amonium yang masing-masing mempunyai konsentrasi berkisar antara 1.500-10.000 ppm dan 400-3.000 ppm. Konsentrasi urea yang tinggi di perairan dapat menyebabkan *blooming algae* dalam ekosistem, sehingga dapat mengganggu kehidupan biota air lainnya (Darmadi, 2014). Pemanfaatan PSUC dan PSNC menjadi produk yang lebih bermanfaat merupakan salah satu upaya menuju *zero waste* dan meningkatkan nilai tambah. Ketersediaan PSUC dan PSNC yang melimpah di setiap pabrik urea dan NPK memiliki potensi yang besar untuk dimanfaatkan sebagai zat pengaya pupuk.

Asam humat merupakan salah satu jenis bahan aktif pupuk organik yang banyak dikembangkan baik sebagai pembenah tanah organik maupun biostimulan. Asam humat merupakan hasil degradasi biologis dan kimiawi dari bahan-bahan organik dalam kurun waktu jutaan tahun (Zhou *et al.*, 2021). Asam humat umumnya diproduksi dari batu bara muda (*low-rank coals*) dengan kalori rendah yang banyak dimanfaatkan sebagai pembenah tanah dan biostimulan pertumbuhan (Zanin *et al.*, 2019). Selain itu, Santi *et al.* (2000) melaporkan bahwa asam humat dapat diekstrak dari kompos biomassa limbah perkebunan seperti tandan kosong kelapa sawit, kulit buah kakao, dan sisa pangkasan teh. Asam humat memiliki berbagai peranan penting dalam meningkatkan kesuburan tanah yaitu dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan

biologi tanah. Asam humat tidak berperan sebagai pengganti pupuk melainkan dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, sehingga mengurangi kebutuhan pupuk kimia (urea dan NPK). Hal tersebut karena asam humat dapat mengikat hara mikro dan makro, sehingga membuatnya bertahan lebih lama di tanah dengan nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi (Azeem *et al.*, 2014; Smith, 2016). Asam humat dapat mengikat ion-ion logam agar tidak meracuni tanaman dan meningkatkan ketersediaan unsur P di tanah (Zanin *et al.*, 2019). Asam humat juga mampu meningkatkan pertumbuhan akar dan pengambilan hara yang lebih optimal (Canellas *et al.*, 2015). Peranan asam humat dalam meningkatkan hasil panen pada berbagai jenis tanaman pangan dan sayuran telah banyak dilaporkan, antara lain pada seledri (Abou-Sreca *et al.*, 2017), cabai (Avinash *et al.*, 2017), padi (Kumar & Singh, 2017), bawang merah (Moustafa, 2019), dan jagung (Shui-qin *et al.*, 2019). Oleh sebab itu, dapat diketahui bahwa asam humat merupakan produk potensial untuk meningkatkan hasil panen berbagai komoditas pertanian.

Jagung (*Zea mays L.*) merupakan salah satu komoditas unggulan Indonesia dan merupakan sumber karbohidrat utama kedua setelah beras, sehingga banyak digunakan sebagai bahan pangan maupun pakan. Kebutuhan jagung dari tahun ke tahun cenderung meningkat, namun sayangnya produksi jagung Nasional masih tergolong rendah (Laksono *et al.*, 2018; Maryani, 2021). Pada tahun 2016, dari total luas 4,5 juta ha, produksi jagung hanya mencapai sekitar 24 juta ton dengan produktivitas sekitar 5,23 ton ha<sup>-1</sup> (Kementerian Pertanian, 2017). Oleh karena jagung sangat responsif terhadap kesuburan tanah, berbagai upaya untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas jagung terus dilakukan seperti penerapan teknologi budidaya yang tepat (Shaila *et al.*, 2019) dan penggunaan biostimulan pertumbuhan (Wahyuni *et al.*, 2019). Selain sebagai pembenah tanah, aplikasi asam humat dengan semprot daun juga bermanfaat sebagai biostimulan. Studi aplikasi asam humat pada tanaman jagung berpengaruh signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan, hasil panen, dan R/C ratio (Lestari & Sukri, 2020). Aplikasi asam humat yang dikombinasikan baik dengan pupuk urea maupun NPK juga menunjukkan peningkatan pertumbuhan dan produktivitas jagung (Shaila *et al.*, 2019; Indiarjo *et al.*, 2022). Moghadam *et al.* (2014) menambahkan bahwa aplikasi asam humat dapat meminimalkan efek buruk dari cekaman kekeringan dan meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan pada tanaman jagung.

Meskipun produktivitas jagung dipengaruhi oleh karakter genetik pada masing-masing varietas, nutrisi yang ditambahkan berperan strategis dalam

peningkatan hasil panen (Oktem & Oktem, 2020). PSUC dan PSNC masih memiliki kandungan hara yang cukup melimpah dan bermanfaat bagi pertumbuhan dan produktivitas jagung. Oleh sebab itu, pemanfaatan PSUC dan PSNC sebagai bahan pengaya pupuk humat sangat penting untuk dipelajari. Pada penelitian ini, produk samping urea cair (PSUC) dan produk samping NPK cair (PSNC) dimanfaatkan sebagai bahan pengaya dalam formulasi pupuk asam humat *existing* dan menggantikan air sebagai pelarut yang kemudian dilakukan uji mutu dan uji coba skala lapang terbatas pada tanaman jagung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi asam humat PSUC dan PSNC terhadap pertumbuhan dan produktivitas jagung (*Zea mays* L.).

## Bahan dan Metode

### Produksi asam humat PSUC dan PSNC

Produksi formula asam humat PSUC dan PSNC dilakukan di Laboratorium Biokimia, PPKS Unit Bogor mengacu pada SOP dengan modifikasi pada jenis pelarut (Aziz *et al.*, 2021). Bahan baku terdiri dari *lignite*, *sodium hydroxide*, *potassium hydroxide*, dan *seaweed* dimasukkan ke dalam tangki ekstraksi, kemudian ditambahkan produk samping Urea cair (PSUC) atau produk samping NPK cair (PSNC) yang diperoleh dari PT Pupuk Kalimantan Timur sebagai pelarut hingga volume yang ditentukan. Campuran bahan baku dan PSUC atau PSNC tersebut dihomogenkan hingga merata. Dialirkan udara ke dalam campuran sebagai aerasi, kemudian dipanaskan pada temperatur 95°C selama 1 jam. Selama pemanasan dilakukan aerasi dan pengadukan. Hasil ekstraksi ditambahkan *phosphoric acid* 1% (v/v) hingga mencapai pH 9-10, kemudian didiamkan selama 24 jam. Dilakukan filtrasi hingga diperoleh 2 fase produk yaitu padat dan cair. Endapan yang diperoleh kemudian dikeringkan dan dihaluskan. Dengan demikian diperoleh produk akhir pupuk humat cair dan padat. Produk yang dihasilkan dari formulasi dengan PSUC disebut HcU (cair) dan HpU (padat), sementara formulasi dengan PSNC menghasilkan produk HcN (cair) dan HpN (padat). Sampel PSUC dan PSNC dikarakterisasi dengan menganalisa kandungan beberapa unsur penting seperti N, P, dan K, sementara formula asam humat PSUC dan PSNC dilakukan pengujian standar mutu sesuai Permentan No. 1 tahun 2019 di Laboratorium Pengujian PPKS Unit Bogor (Tabel 1).

### Persiapan lahan dan budidaya tanaman

Pengujian keefektifan AH-PSUC dan AH PSNC skala lapang terbatas dilakukan di lahan pertanian Kecamatan Ciomas, Kabupaten Bogor dengan ketinggian 222 meter di atas permukaan laut (mdpl) pada bulan Juni hingga Agustus 2021. Jenis tanah pada lahan yang digunakan adalah Ultisol (Cahyono BE, 1985) yang dicirikan dengan tekstur tanah berlempung, pH tanah rata-rata 4,2 hingga 4,8, agregat kurang stabil serta permeabilitas, bahan organik, dan tingkat kebasahan rendah (Santi & Goenadi, 2010). Bibit jagung manis (*Zea mays* L.) varietas Bonanza F1 digunakan pada penelitian ini. Desain percobaan adalah rancangan acak lengkap, untuk menguji sembilan perlakuan termasuk kontrol dengan tiga ulangan. Kelompok perlakuan menggunakan empat jenis prototipe produk asam humat PSUC dan PSNC dengan total dosis 8 L ha<sup>-1</sup> dan 16 L ha<sup>-1</sup> (cair) atau 8 kg ha<sup>-1</sup> dan 16 kg ha<sup>-1</sup> (padat) yang diaplikasikan sebanyak 3 kali, sementara dosis 0 L kg<sup>-1</sup> per hektar asam humat digunakan sebagai kontrol (Tabel 2). Sebelum aplikasi, baik humat cair maupun padat dilarutkan terlebih dulu dengan volume 300 L ha<sup>-1</sup>. Pada penelitian ini, asam humat difungsikan sebagai biostimulan pertumbuhan yang diaplikasikan pada 25, 39, dan 53 hari setelah tanam (HST) dengan cara penyemprotan pada organ daun (semprot daun).

Penelitian ini diawali dengan persiapan lahan yang terdiri dari pembajakan, pembuatan plot, dan bedengan, aplikasi pupuk kandang 600 kg ha<sup>-1</sup> serta aplikasi pupuk urea dengan dosis standar untuk tanaman jagung yaitu 200 kg ha<sup>-1</sup> (Kusriadi, 2019) yang diaplikasikan 2 kali yaitu 15 dan 35 hari setelah tanam (HST). Total luas lahan yang digunakan adalah ± 1500 m<sup>2</sup> yang dibagi menjadi 27 plot perlakuan, sehingga diperoleh luasan per plot adalah ± 49 m<sup>2</sup> (panjang 7,5 m x lebar 6,5 m). Setiap plot dibuat bedengan sejumlah 6 bedeng dengan lebar bedeng dan jarak antar bedeng adalah 30-35 cm dan 75-80 cm, secara berturut-turut. Setiap bedeng ditanam satu baris bibit jagung dengan jarak tanam ± 21 cm, sehingga jumlah populasi per plot adalah ± 214 pokok. Gulma yang tumbuh dikendalikan secara manual dan menggunakan herbisida berbahan aktif *glyphosate* 486 SL sesuai dosis setelah tanam berumur 40 HST. Pengendalian hama ulat digunakan insektisida berbahan aktif *emamectine benzoat* 7% dan *chlorbenzuron* 30% setelah diketahui terdapat serangan hama, kemudian diaplikasikan kembali dengan interval per 5 hari.

Tabel 1. Metode analisis mutu asam humat PSUC dan PSNC  
 Table 1. The method of quality test of humic acid PSUC and PSNC

Analisis <i>Analyses</i>	Satuan <i>Unit</i>	Metode analisis pada formula senyawa humat <i>Assay method on humic compound formula</i>	
		Padat <i>Solid</i>	Cair <i>Liquid</i>
Senyawa humat	%	Spektrofotometri	Spektrofotometri
Kelarutan dalam air	%	Kelarutan	-
Kadar air	% (w/w)	Gravimetri	-
Natrium	%	AAS	AAS
pH		pH-meter	pH-meter
Logam berat:			
As	ppm	AAS	AAS
Hg	ppm	AAS	AAS
Pb	ppm	AAS	AAS
Cd	ppm	AAS	AAS
Cr	ppm	AAS	AAS
Ni	ppm	AAS	AAS

Tabel 2. Total dosis asam humat PSUC dan PSNC pada setiap perlakuan yang diuji  
 Table 2. Total dose of humic acid PSUC and PSNC in each treatment tested

Kode <i>Codes</i>	Perlakuan <i>Treatments</i>	Total dosis <i>Total dose</i>
Kontrol	Kontrol	-
HcU-8	Humat cair PSUC	8 L ha <sup>-1</sup>
HcU-16	Humat cair PSUC	16 L ha <sup>-1</sup>
HcN-8	Humat cair PSNC	8 L ha <sup>-1</sup>
HcN-16	Humat cair PSNC	16 L ha <sup>-1</sup>
HpU-8	Humat padat PSUC	8 kg ha <sup>-1</sup>
HpU-16	Humat padat PSUC	16 kg ha <sup>-1</sup>
HpN-8	Humat padat PSNC	8 kg ha <sup>-1</sup>
HpN-16	Humat padat PSNC	16 kg ha <sup>-1</sup>

#### Pengamatan pertumbuhan dan hasil panen

Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap dua minggu yaitu pada 34, 38, dan 52 HST menggunakan 12 sampel tanaman per ulangan secara acak atau setara dengan luas panen 2,75 m<sup>2</sup>. Beberapa parameter yang diamati adalah tinggi tanaman, diameter batang, dan lebar daun (Shaila et al., 2019). Saat panen atau 75 HST dilakukan pengukuran bobot tegakan (batang dan daun) dan akar. Beberapa parameter karakteristik hasil panen pada sampel jagung segar antara lain: bobot tongkol-kulit, bobot tongkol, diameter tongkol, panjang tongkol, dan konversi hasil panen per hektar. Setelah dikeringkan dilakukan penimbangan bobot tongkol, bobot pipil per tongkol, dan bobot per 1000 pipil serta penghitungan jumlah pipil per tongkol (Oktem et al., 2017; Lestari & Sukri, 2020).

#### Analisis data

Data pertumbuhan dan hasil panen jagung dianalisis statistik menggunakan uji ragam (ANOVA) dengan uji lanjut (*posthoc*) Tukey HSD 5% menggunakan aplikasi SPSS 16.0.

### Hasil dan Pembahasan

#### Karakterisasi dan hasil uji mutu formula asam humat PSUC dan PSNC

Hasil karakterisasi PSUC dan PSNC yang diperoleh dari PT. Pupuk Kalimantan Timur disajikan pada Tabel 3. Kedua sampel memiliki pH basa yaitu 8,62 dan 9,27 masing-masing untuk sampel PSUC dan PSNC. Sampel PSNC memiliki kandungan unsur N, P, dan K yang lebih tinggi yaitu masing-masing 2,66%, 356,80 ppm, dan 1,76%, sementara untuk sampel PSUC masing-masing adalah 0,43%, tidak terdeteksi, dan 0,95%. Sebagai perbandingan dengan limbah cair pabrik kelapa sawit, Widyowanti et al. (2019) menyatakan bahwa pelet pupuk organik berbahan *shurry* limbah cair pabrik kelapa sawit memiliki kandungan NPK antara 5,93% hingga 8,08%. Raja et al. (2021) melaporkan bahwa limbah cair kelapa sawit yang difermentasi dengan EM4 yang ditambah bentonit 7% menunjukkan kadar N tertinggi yaitu 9.167 ppm, sementara kadar P dan K tertinggi teramati pada penambahan bentonit 3% yaitu masing-masing 20,1 ppm dan 742 ppm. Selain itu, kandungan NH<sub>3</sub> dan Cl pada sampel PSNC juga lebih tinggi yaitu masing-masing 3,35% dan 0,11%, sementara untuk sampel PSUC hanya 0,51% dan 0,02% secara berturut-turut. Dengan demikian dapat diketahui bahwa sampel PSNC memiliki kandungan hara yang lebih tinggi dibanding sampel PSUC. Perbedaan konsentrasi hara pada kedua sampel yang digunakan sebagai bahan pengaya asam humat diduga akan menghasilkan formula dengan kualitas yang berbeda.

Mutu formula asam humat PSUC dan PSNC dianalisis sesuai kriteria dalam Permentan No. 1 tahun 2019 (Permentan, 2019) tentang standar mutu pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. Pengujian tersebut dilakukan untuk mengetahui kualitas prototipe pupuk humat yang diformulasi

dengan PSUC dan PSNC. Hasil uji empat prototipe produk dapat dilihat pada Tabel 4. Berdasarkan standar tersebut, konsentrasi senyawa humat dalam produk cair minimal 10%, sementara humat padat dibagi menjadi tiga *grade*. Hasil ekstraksi humat padat dengan konsentrasi senyawa humat >60% termasuk *grade A*, 41-60% termasuk *grade B*, dan 20-40% termasuk *grade C*. Santi *et al.* (2000) melaporkan bahwa asam humat yang diekstrak dari tandan kosong kelapa sawit, kulit buah kakao, dan sisa pangkasan teh yang terkomposkan memiliki berat molekul yang rendah dan didominasi oleh asam amino jenis asam aspartat dan glutamat.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa humat cair PSUC dan PSNC mengandung senyawa humat masing-masing sebesar 14,68% dan 15,97%, sementara humat padat termasuk *grade C* dengan kandungan senyawa humat masing-masing adalah 38,51% dan 38,23%. Humat padat PSUC dan PSNC memenuhi syarat kelarutan dalam air yaitu >80% dan kadar air <20%. Baik humat padat maupun cair memiliki kandungan Natrium yang sangat rendah yaitu masing-masing 0,71% dan 0,53% untuk PSUC serta 0,77% dan 0,56% untuk PSNC, selain itu keempat produk memiliki pH basa yaitu 9,5. Logam berat seperti As, Hg, Pb, Cd, dan Ni diketahui sangat rendah pada kedua prototipe produk tersebut. Kandungan logam berat Cr sebesar 10,62 ppm dan 11,47 ppm masing-masing untuk humat PSUC padat dan cair, kemudian 12,35 ppm dan 13,22 ppm untuk humat PSNC padat dan cair. Dengan demikian, formula asam humat yang diperkaya dengan PSUC dan PSNC memenuhi standar mutu pupuk humat sesuai Permentan No. 1 tahun 2019.

#### *Pengaruh aplikasi asam humat PSUC dan PSNC terhadap pertumbuhan jagung*

Pengamatan karakter pertumbuhan seperti diameter batang, tinggi tanaman, dan lebar daun pada 24 HST dilakukan untuk memvalidasi keseragaman tanaman baik di setiap kelompok perlakuan maupun kontrol sebelum dilakukan aplikasi asam humat. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sebelum aplikasi asam humat, karakter pertumbuhan pada setiap kelompok perlakuan dan kontrol seragam baik pada parameter diameter batang, tinggi tanaman, maupun lebar daun (Tabel 5-7). Diameter batang teramati sekitar 18 mm hingga 20 mm, tinggi tanaman sekitar 55 cm hingga 59 cm, sedangkan lebar daun sekitar 7 mm.

Pengamatan kedua dilakukan pada 38 HST yaitu sekitar 2 minggu setelah aplikasi asam humat yang pertama. Berdasarkan pengamatan pertumbuhan, secara umum setiap perlakuan menunjukkan

peningkatan pertumbuhan dibanding kontrol meskipun tidak berbeda signifikan. Pada 38 HST, keragaan tanaman yang tidak berbeda signifikan antara kelompok perlakuan dan kontrol diduga karena tanaman masih berada di fase awal pertumbuhan, sehingga aplikasi asam humat dengan berbagai formula belum menunjukkan pengaruh terhadap pertumbuhan jagung. Lestari & Sukri (2020) menyatakan bahwa tinggi tanaman jagung pada 35 HST oleh aplikasi asam humat 20 kg ha<sup>-1</sup> menunjukkan perbedaan yang signifikan dibanding kontrol. Hal tersebut diduga karena perbedaan dosis asam humat yang lebih tinggi dibandingkan dosis pada penelitian ini. Meskipun demikian, pada perlakuan humat cair PSUC konsentrasi 8 L ha<sup>-1</sup> (HcU-8) dan humat cair PSNC konsentrasi 16 kg ha<sup>-1</sup> (HcN-16) menunjukkan diameter batang yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan kontrol yaitu dengan peningkatan masing-masing sebesar 10,99% dan 9,41%. Hal tersebut didukung oleh penelitian sebelumnya (Putra *et al.*, 2017) yang menyatakan bahwa aplikasi konsorsium biostimulan berbasis asam humat dan Citorin yang diperkaya dengan Mikoriza secara signifikan dapat meningkatkan diameter batang tebu dibandingkan perlakuan tanpa Mikoriza dan kontrol. Peningkatan tinggi dan diameter batang tebu sebesar 23% hingga 27% oleh perlakuan yang sama juga pernah dilaporkan oleh Wahyuni *et al.* (2018). Selain itu, studi penggunaan asam humat dalam menginduksi pertumbuhan beberapa tanaman seperti *Gnetum gnemon*, *Elletaria cardomum*, dan *Pogostemon cablin* secara *in vitro* telah dilakukan oleh Goenadi & Sudharama (1995). Hasil penelitian tersebut menyatakan bahwa kombinasi *benzyladenine* dengan asam humat dengan dosis 400 mg L<sup>-1</sup>, 40 mg L<sup>-1</sup>, dan 300 mg L<sup>-1</sup> secara signifikan mempercepat pertumbuhan *G. gnemon*, *E. cardomum*, dan *P. cablin*.

Tabel 3. Karakter sampel PSUC dan PSNC  
*Table 3. The characteristic of PSUC and PSNC samples*

Analisis <i>Analyses</i>	Satuan <i>Unit</i>	Sampel <i>Sample</i>	
		PSUC	PSNC
pH	-	8,62	9,27
N	%	0,43	3,66
P	ppm	ttd	356,80
K	%	0,95	1,76
NH <sub>3</sub>	%	0,51	3,35
Cl	%	0,02	0,11

Keterangan : ttd= tidak terdeteksi  
*Notes: ttd= not detected*

Tabel 4. Mutu formula asam humat PSUC dan PSNC padat dan cair  
 Table 4. The quality of solid and liquid humic acid PSUC and PSNC formula

Analisis <i>Analyses</i>	Satuan <i>Unit</i>	Asam humat PSUC <i>Humic acid PSUC</i>		Asam humat PSNC <i>Humic acid PSNC</i>	
		Padat <i>Solid</i>	Cair <i>Liquid</i>	Padat <i>Solid</i>	Cair <i>Liquid</i>
Senyawa humat	%	38,51	14,68	38,23	15,97
Kelarutan dalam air	%	81	-	82,51	-
Kadar air	% (w/w)	10,17	-	10,66	-
Natrium	%	0,71	0,53	0,77	0,56
pH		9,5	9,5	9,5	9,5
Logam berat:					
As	ppm	ttd	ttd	ttd	ttd
Hg	ppm	ttd	ttd	ttd	ttd
Pb	ppm	ttd	ttd	ttd	ttd
Cd	ppm	ttd	ttd	ttd	ttd
Cr	ppm	10,62	11,47	12,35	13,22
Ni	ppm	1,7	1,6	1,92	1,40

Keterangan : ttd= tidak terdeteksi

Notes : ttd= not detected

Berdasarkan pengamatan pertumbuhan pada 52 HST, secara umum setiap kelompok perlakuan masih menunjukkan peningkatan dan beberapa di antaranya berbeda nyata dibanding kontrol. Pada parameter diameter batang, perlakuan HcU-8 menunjukkan perbedaan yang signifikan dibandingkan kontrol, dengan peningkatan sekitar 5,9%. Sementara pada parameter tinggi tanaman, kelompok perlakuan humat cair PSUC konsentrasi 8 L ha<sup>-1</sup> dan 16 L ha<sup>-1</sup> (HcU-8 & HcU-16), humat cair PSNC konsentrasi 16 L ha<sup>-1</sup> (HcN-16), dan humat padat PSUC konsentrasi 16 kg ha<sup>-1</sup> (HpU-16) menunjukkan perbedaan yang signifikan dibanding kontrol. Pada perlakuan HcU-8, HpU-16, HcN-16, dan HpU-16 masing-masing teramati peningkatan tinggi tanaman sebesar 8,68%, 8,51%, 8,12%, dan 9,89%. Hasil tersebut berlawanan dengan Indiarjo *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa aplikasi asam humat 20-30 kg ha<sup>-1</sup> tidak berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman. Hasil yang sama juga diungkap oleh Oktem *et al.* (2017), sedangkan Moghadam *et al.* (2014) menyatakan bahwa aplikasi asam humat 300 ppm hingga 450 ppm dengan teknik semprot daun secara signifikan dapat meningkatkan tinggi tanaman jagung dibandingkan dosis 150 ppm dan kontrol. Shaila *et al.* (2019) menambahkan bahwa aplikasi pupuk organik cair berbahan asam humat dengan dosis 5 ml L<sup>-1</sup> hingga 15 ml L<sup>-1</sup> secara signifikan meningkatkan tinggi tanaman dan luas daun jagung yang diikuti peningkatan bobot tongkol per tanaman. Pada penelitian Wulandari *et al.* (2019), penggunaan pupuk NPK dengan penambahan asam humat 5% dapat meningkatkan tinggi tanaman dan diameter batang masing-masing 4% dan 5% dibanding perlakuan NPK tanpa asam humat.

Peningkatan karakter pertumbuhan juga teramati pada parameter lebar daun, yaitu pada perlakuan

HcN-16 dan HpU-16 yang teramati berbeda signifikan dibandingkan kontrol yaitu masing-masing sebesar 7,63% dan 7,83%. Oktem *et al.* (2017) menyatakan bahwa aplikasi asam humat dengan dosis 2,5% hingga 12% pada tanaman jagung secara signifikan dapat meningkatkan jumlah daun. Purwanto *et al.* (2021) menyatakan bahwa aplikasi asam humat yang diekstrak dari kotoran hewan dengan dosis 75 mg kg<sup>-1</sup> media dan dikombinasikan dengan pupuk P sebanyak 120 mg kg<sup>-1</sup> media memberikan hasil terbaik dalam meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun jagung, meskipun tidak berbeda signifikan dengan perlakuan tanpa penambahan unsur P. Dengan demikian, aplikasi asam humat yang diformulasikan baik dengan PSUC maupun PSNC dengan dosis rendah atau tinggi berpotensi meningkatkan karakter pertumbuhan tanaman jagung manis. Selain itu, peningkatan pertumbuhan pada setiap parameter semakin berbeda nyata pada 52 HST yang mana asam humat sudah diaplikasikan dua kali yaitu pada 25 dan 39 HST.

Saat panen, dilakukan pengamatan biomassa basah akar dan batang-daun. Secara visual terlihat bahwa akar jagung di setiap perlakuan menunjukkan biomassa yang lebih tinggi dibanding kontrol (Gambar 1). Secara umum, setiap kelompok perlakuan menunjukkan peningkatan bobot akar yang signifikan dibandingkan kontrol, kecuali pada perlakuan asam humat padat PSUC dengan konsentrasi 8 kg ha<sup>-1</sup> (HpU-8). Peningkatan bobot akar tertinggi terjadi pada perlakuan HpU-16, kemudian disusul HcU-8 dan HpN-16 yaitu masing-masing sebesar 91,12%, 75,09%, dan 67,91% (Gambar 2A). Purwanto *et al.* (2021) menyatakan bahwa aplikasi kombinasi asam humat 75 mg kg<sup>-1</sup> media dengan pupuk P 120 mg kg<sup>-1</sup> media merupakan perlakuan terbaik dan secara signifikan

Tabel 5. Pengaruh asam humat PSUC dan PSNC terhadap diameter batang jagung pada 24, 38, dan 52 hari setelah tanam (HST)  
 Tabel 5. The effect of humic acid PSUC and PSNC on stem diameter of maize at 24, 38, and 52 days after planting (DAP)

Perlakuan Treatments	Diameter batang (mm) pada- Stem diameter (mm) at-		
	24 HST 24 DAP	38 HST 38 DAP	52 HST 52 DAP
Kontrol/ Control	18,17 ± 1,61 a*)	21,37 ± 0,95 b	25,42 ± 0,85 b
HcU-8	18,97 ± 0,69 a	23,72 ± 1,96 a	26,92 ± 0,31 a
HcU-16	19,48 ± 1,01 a	22,75 ± 1,75 ab	26,01 ± 0,29 ab
HcN-8	19,61 ± 0,86 a	23,00 ± 1,30 ab	25,80 ± 0,32 ab
HcN-16	20,42 ± 1,25 a	23,38 ± 2,68 a	26,30 ± 0,30 ab
HpU-8	18,70 ± 0,43 a	22,73 ± 0,87 ab	25,96 ± 1,15 ab
HpU-16	19,18 ± 1,52 a	22,79 ± 1,96 ab	25,27 ± 0,13 ab
HpN-8	19,02 ± 0,50 a	22,63 ± 0,86 ab	26,63 ± 0,95 ab
HpN-16	19,63 ± 0,91 a	22,03 ± 1,67 ab	25,18 ± 1,02 ab

\*) Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata (berdasarkan uji Tukey pada tingkat kepercayaan 95%)

\*) Numbers followed with same letter in same column are not significantly different (Tukey test at 95% of confidence level)

Tabel 6. Pengaruh asam humat PSUC dan PSNC terhadap tinggi tanaman jagung pada 24, 38, dan 52 hari setelah tanam (HST)

Tabel 6. The effect of humic acid PSUC and PSNC on plant height of maize at 24, 38, and 52 days after planting (DAP)

Perlakuan Treatments	Tinggi tanaman (cm) pada- Plant height (cm) at-		
	24 HST 24 DAP	38 HST 38 DAP	52 HST 52 DAP
Kontrol/ Control	59,17 ± 2,61 a*)	107,14 ± 15,6 a	180,19 ± 8,99 b
HcU-8	55,85 ± 1,95 a	123,57 ± 5,31 a	195,83 ± 3,19 a
HcU-16	57,92 ± 4,16 a	108,36 ± 9,13 a	195,53 ± 6,52 a
HcN-8	59,54 ± 0,89 a	121,08 ± 14,6 a	190,94 ± 4,95 ab
HcN-16	59,36 ± 0,61 a	119,44 ± 4,75 a	194,83 ± 4,09 a
HpU-8	56,29 ± 0,60 a	118,61 ± 5,83 a	189,64 ± 5,27 ab
HpU-16	57,60 ± 1,13 a	111,89 ± 15,6 a	198,02 ± 3,87 a
HpN-8	59,17 ± 2,15 a	121,64 ± 0,55 a	190,33 ± 3,33 ab
HpN-16	58,89 ± 2,82 a	117,84 ± 6,19 a	189,64 ± 1,51 ab

\*) Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata (berdasarkan uji Tukey pada tingkat kepercayaan 95%)

\*) Numbers followed with same letter in same column are not significantly different (Tukey test at 95% of confidence level)

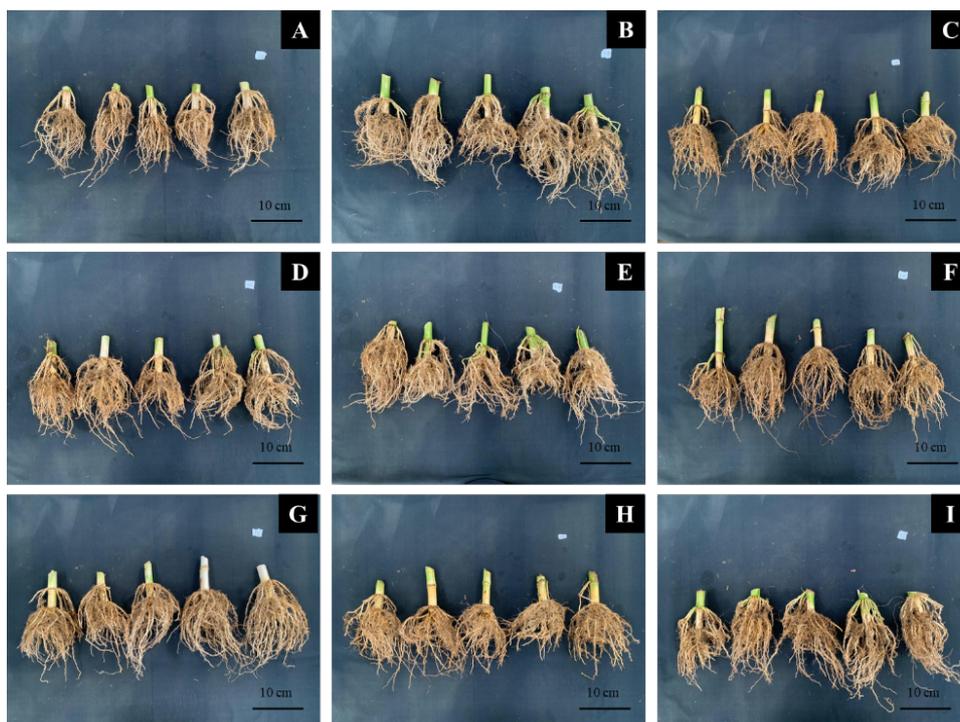
Tabel 7. Pengaruh asam humat PSUC dan PSNC terhadap lebar daun jagung pada 24, 38, dan 52 hari setelah tanam (HST)

Tabel 7. The effect of humic acid PSUC and PSNC on leaf width of maize at 24, 38, and 52 days after planting (DAP)

Perlakuan Treatments	Lebar daun (cm) pada- Leaf width (cm) at-		
	24 HST 24 DAP	38 HST 38 DAP	52 HST 52 DAP
Kontrol/ Control	7,30 ± 1,03 a*)	9,69 ± 0,45 a	10,35 ± 0,39 b
HcU-8	7,02 ± 0,34 a	10,26 ± 0,30 a	10,91 ± 0,34 ab
HcU-16	7,65 ± 1,11 a	9,75 ± 0,14 a	10,51 ± 0,49 ab
HcN-8	7,60 ± 0,71 a	10,03 ± 0,43 a	10,44 ± 0,41 ab
HcN-16	7,54 ± 1,39 a	10,39 ± 0,52 a	11,14 ± 0,51 a
HpU-8	7,25 ± 0,67 a	10,31 ± 0,35 a	10,54 ± 0,50 ab
HpU-16	7,44 ± 0,97 a	9,92 ± 0,72 a	11,16 ± 0,35 a
HpN-8	7,29 ± 0,62 a	10,11 ± 0,31 a	10,79 ± 0,32 ab
HpN-16	7,54 ± 0,94 a	10,03 ± 0,10 a	10,37 ± 0,41 b

\*) Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata (berdasarkan uji Tukey pada tingkat kepercayaan 95%)

\*) Numbers followed with same letter in same column are not significantly different (Tukey test at 95% of confidence level)



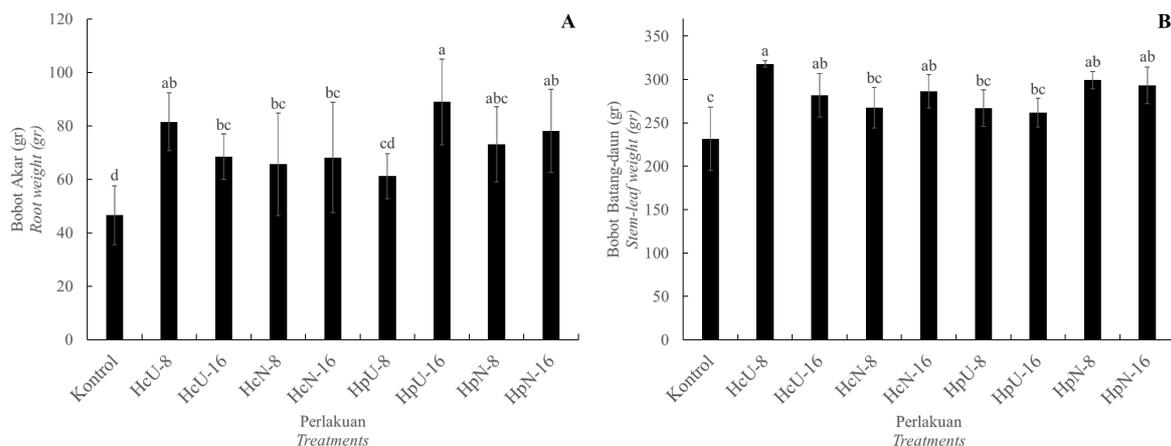
Gambar 1. Sampel akar jagung pada setiap kelompok perlakuan. Keterangan: A= Kontrol, B= HcU-8, C= HcU-16, D= HcN-8, E= HcN-16, F= HpU-8, G= HpU-16, H= HpN-8, dan I=HpN-16

Figure 1. Maize root samples in each treatment. Notes: A= Control, B= HcU-8, C= HcU-16, D= HcN-8, E= HcN-16, F= HpU-8, G= HpU-16, H= HpN-8, and I=HpN-16

meningkatkan diameter dan bobot kering akar dibanding kontrol yang teramati pada 70 HST. Pada penelitian Wulandari *et al.* (2019), aplikasi asam humat pada jagung dapat meningkatkan bobot akar yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa asam humat pada 15 minggu setelah tanam (MST). Putra *et al.* (2017) menyatakan bahwa aplikasi biostimulan berbasis asam humat dan Citorin menunjukkan bobot akar tebu yang lebih tinggi dibanding perlakuan tanpa asam humat dan kontrol. Asam humat dapat mempercepat pembelahan sel pada akar dan mengubah arsitektur akar terutama pada rambut akar dan akar lateral, hal ini disebabkan asam humat dapat menginduksi  $H^+$ -ATPase pada plasma membran akar (Canellas *et al.*, 2015; Khaled & Fawy, 2011).

Hasil yang seragam dengan pertumbuhan akar juga terjadi pada batang-daun. Berdasarkan Gambar 2B, hampir setiap perlakuan asam humat PSUC dan PSNC menunjukkan bobot batang-daun yang secara signifikan lebih tinggi dibanding kontrol, kecuali pada perlakuan asam humat padat PSUC (HpU) dengan konsentrasi  $8 \text{ kg ha}^{-1}$  dan  $16 \text{ kg ha}^{-1}$  serta asam humat cair PSNC dengan konsentrasi  $8 \text{ L ha}^{-1}$  (HcN-8). Peningkatan bobot batang-daun tertinggi terjadi pada perlakuan HcU-8, kemudian disusul HpN-8 dan HpN-16, yaitu masing-masing sebesar 37,33%, 29,25%, dan 26,71% dibanding kontrol. Dengan demikian, aplikasi asam humat PSUC dan

PSNC sebagai biostimulan terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan jagung manis. Wahyuni *et al.* (2019) menyatakan bahwa peningkatan biomassa tanaman jagung manis sebesar 25,49% diperoleh pada perlakuan aplikasi formula biostimulan berbahan nanokitosan. Aplikasi konsorsium biostimulan berbasis asam humat dan Citorin yang diperkaya dengan pupuk hayati Mikoriza dapat meningkatkan tinggi batang, diameter batang, jumlah ruas, dan bobot batang tebu saat panen sebesar 32,2%, 5,5%, 24%, dan 53,2% secara berturut-turut (Amanah & Putra, 2018). Mahmood *et al.* (2020) menyatakan bahwa aplikasi asam humat yang dikombinasikan dengan pupuk organik dan mineral meningkatkan efek positif dari pupuk dalam memperbaiki sifat tanah. Hal tersebut tercermin dari peningkatan pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi, sehingga berakibat pada peningkatan pertumbuhan, produktivitas, hasil panen, hingga ketahanan terhadap cekaman. Zhang & Ervin (2004) menjelaskan bahwa senyawa humat mengandung banyak gugus kimia yang bermanfaat seperti karboksil (-COOH) dan fenol (-OH) yang bermuatan negatif, sehingga sangat efektif untuk mengkelat hara makro dan mikro. Reaksi tersebut akan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan kapasitas tanah dalam menahan air, sehingga partikel tanah akan mengikat lebih banyak, dan lebih lama hara yang berperan penting dalam



Gambar 2. Bobot basah akar (A) dan batang-daun (B) saat panen (75 HST). Keterangan: Notasi huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan hasil yang signifikan ( $p < 0,05$ )

Figure 2. The fresh weight of root (A) and stem-leaf (B) at the harvesting period (75 DAP). Notes: The different letter notations show the significant result differences ( $p < 0,05$ )

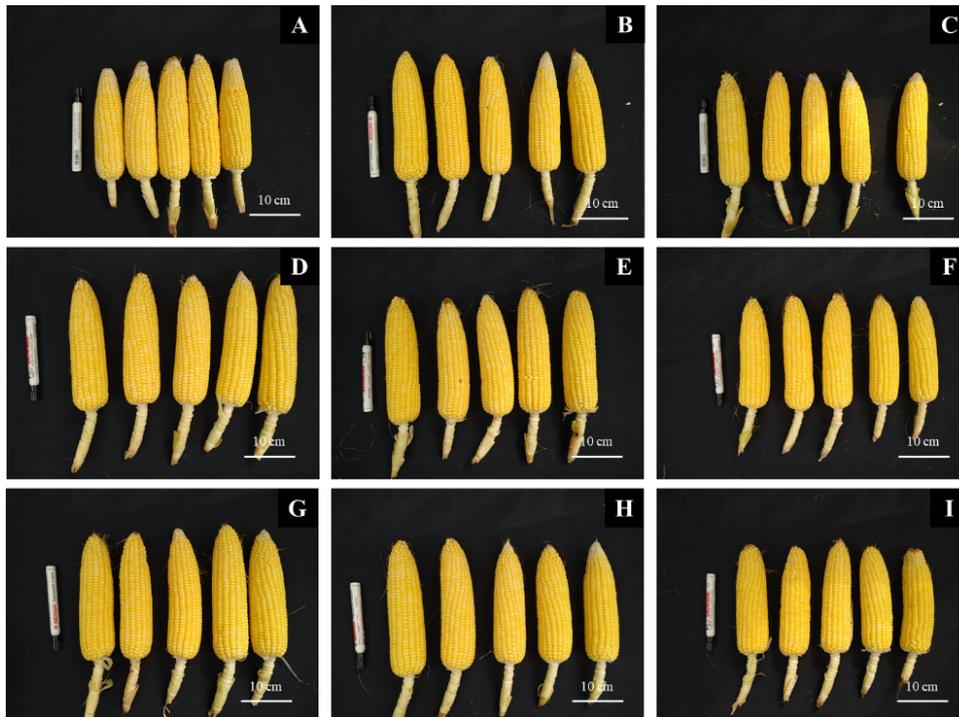
meningkatkan efisiensi pemupukan. Selain itu, asam humat meningkatkan penetrasi dan retensi hara makro (N, P, dan K) dan mikro (Ca, Mg, Zn, Cu, Mn, Fe, dan B) pada *sub soil*, sehingga mengurangi *leaching*. Hal tersebut berdampak pada perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sehingga meningkatkan pertumbuhan akar dan ketahanan terhadap penyakit.

*Pengaruh aplikasi asam humat PSUC dan PSNC terhadap produktivitas jagung*

Parameter pengamatan pada sampel jagung segar terdiri dari bobot tongkol-kulit, bobot tongkol, diameter tongkol, dan panjang tongkol (Tabel 8). Sementara pada sampel jagung kering dilakukan pengamatan pada parameter bobot tongkol, jumlah pipil per tongkol, bobot pipil per tongkol, dan bobot per 1000 pipil (Tabel 9). Meskipun terdapat variasi ukuran pada sampel jagung perlakuan maupun kontrol, secara visual jagung perlakuan menunjukkan ukuran yang lebih besar dibanding kontrol (Gambar 3). Pada sampel jagung segar, perlakuan HcU-8 menunjukkan bobot tongkol-kulit yang berbeda signifikan dibanding kontrol, dengan peningkatan sebesar 17,86%. Sementara pada parameter bobot tongkol, setiap perlakuan menunjukkan hasil yang berbeda signifikan dibanding kontrol, dengan peningkatan antara 14,09% hingga 23,02%. Dengan demikian dapat diketahui bahwa jagung pada kelompok kontrol memiliki bobot kulit yang lebih tinggi dibanding bobot kulit pada kelompok perlakuan. Pada semua perlakuan dan kontrol, diameter tongkol berkisar antara 61 mm hingga 64 mm, sementara panjang tongkol antara 32 cm hingga 35 cm. Pada parameter

diameter tongkol, perlakuan HcU-8, HcU-16, HcN-16, HpN-8, dan HpN-16 secara signifikan lebih tinggi dibanding kontrol, yaitu dengan peningkatan antara 3,28% hingga 4,92%. Sementara pada parameter panjang tongkol, hanya perlakuan HcU-8 yang secara signifikan berbeda terhadap kontrol yaitu dengan peningkatan sebesar 9,38%. Dengan demikian, aplikasi asam humat PSUC dan PSNC dapat meningkatkan diameter dan panjang tongkol jagung.

Berdasarkan pengamatan pada sampel jagung segar, setiap perlakuan menunjukkan pola yang sama yaitu aplikasi asam humat PSUC dan PSNC sebagai biostimulan baik dengan dosis rendah maupun tinggi secara umum menunjukkan peningkatan karakter hasil panen dibandingkan kontrol. Wahyuni *et al.* (2019) melaporkan bahwa aplikasi formula biostimulan berbahan kitosan dapat meningkatkan bobot tongkol jagung sebesar 27% hingga 60%. Lestari & Sukri (2020) menambahkan bahwa aplikasi asam humat 20 kg ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan diameter tongkol, panjang tongkol, bobot tongkol, dan tingkat kemanisan (*brix*) jagung secara signifikan dibanding kontrol. Peningkatan karakter hasil panen pada kelompok perlakuan dibandingkan kontrol diduga sejalan dengan karakter pertumbuhan yang juga mengalami peningkatan. Menurut Indiarjo *et al.* (2022), aplikasi asam humat pada budidaya jagung dapat ditambahkan hingga 30 kg ha<sup>-1</sup>, karena dosis tersebut terbukti dapat meningkatkan jumlah dan bobot tongkol secara signifikan. Shafi *et al.* (2020) menyatakan bahwa aplikasi asam humat 5 kg ha<sup>-1</sup> yang dikombinasikan dengan pupuk P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 67,5 kg ha<sup>-1</sup> secara signifikan dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah pipil, dan bobot per-



Gambar 3. Keragaan tongkol jagung pada setiap kelompok perlakuan dan kontrol. Keterangan: A= Kontrol, B= HcU-8, C= HcU-16, D= HcN-8, E= HcN-16, F= HpU-8, G= HpU-16, H= HpN-8, dan I=HpN-16

Figure 3. The performance of corn cobs in each treatment and control. Notes: A= Control, B= HcU-8, C= HcU-16, D= HcN-8, E= HcN-16, F= HpU-8, G= HpU-16, H= HpN-8, and I=HpN-16

Tabel 8. Karakter tongkol segar pada setiap perlakuan

Table 8. The character of fresh corn cobs in each treatment

Perlakuan Treatments	Karakter tongkol segar The characters of fresh corn cob			
	Bobot tongkol-kulit (gr) Corn cob with husk weight (gr)	Bobot tongkol (gr) Corn cob weight (gr)	Diameter tongkol (mm) Corn cob diameter (mm)	Panjang tongkol (cm) Corn cob length (cm)
Kontrol/ Control	392 ± 33,0 b <sup>*)</sup>	291 ± 35.0 b	61 ± 1,7 b	32 ± 0,9 b
HcU-8	462 ± 26,1 a	358 ± 29.6 a	64 ± 1,0 a	35 ± 0,1 a
HcU-16	444 ± 31,9 ab	347 ± 17,3 a	63 ± 0,9 a	34 ± 1,4 ab
HcN-8	416 ± 28,0 ab	343 ± 25,8 a	62 ± 1,1 ab	32 ± 0,9 b
HcN-16	437 ± 12,9 ab	352 ± 44,5 a	63 ± 0,5 a	34 ± 0,3 ab
HpU-8	433 ± 8,3 ab	340 ± 32,9 a	62 ± 0,8 ab	33 ± 0,3 ab
HpU-16	425 ± 34,6 ab	332 ± 20,3 a	62 ± 1,1 ab	33 ± 0,6 ab
HpN-8	442 ± 24,8 ab	333 ± 41,5 a	63 ± 1,5 a	34 ± 1,3 ab
HpN-16	446 ± 18,1 ab	341 ± 22,1 a	63 ± 0,5 a	33 ± 1,6 ab

<sup>\*)</sup> Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata (berdasarkan uji Tukey pada tingkat kepercayaan 95%)

<sup>\*)</sup> Numbers followed with same letter in same column are not significantly different (Tukey test at 95% of confidence level)

1000 pipil serta hasil panen gandum dibandingkan kontrol. Selain itu, pertumbuhan dan produktivitas tanaman tersebut diketahui lebih baik dibandingkan perlakuan 90 kg ha<sup>-1</sup> atau 112,5 kg ha<sup>-1</sup> pupuk P tanpa penambahan asam humat.

Untuk mengetahui detail peningkatan produktivitas jagung, maka dilakukan pengamatan karakteristik hasil panen pada sampel jagung kering.

Berdasarkan Tabel 9, setiap kelompok perlakuan asam humat PSUC atau PSNC baik dengan dosis rendah maupun tinggi secara signifikan menunjukkan bobot tongkol kering yang lebih tinggi dibanding kontrol, dengan peningkatan antara 30,61% hingga 55,10% ( $p < 0,05$ ). Peningkatan bobot tongkol kering tertinggi terjadi pada perlakuan asam humat PSUC 8 L ha<sup>-1</sup> dengan

peningkatan 55,10% dibandingkan kontrol. Pada parameter jumlah pipil per tongkol, secara umum setiap perlakuan menunjukkan jumlah yang lebih tinggi dibanding kontrol. Perlakuan HpN-8 menunjukkan jumlah pipil yang berbeda signifikan terhadap perlakuan HpU-16 dan kontrol, sementara perlakuan HpU-16 tidak berbeda signifikan terhadap kontrol ( $p < 0,05$ ). Pada parameter bobot pipil per tongkol dan bobot per 1000 pipil, setiap perlakuan secara signifikan menunjukkan bobot yang lebih tinggi dibanding kontrol ( $p < 0,05$ ). Bobot pipil tertinggi terjadi pada perlakuan HpU-16 dengan peningkatan sebesar 74,51%, kemudian disusul perlakuan HcU-16 dengan peningkatan sebesar 68,63% dibanding kontrol. Pada parameter bobot per 1000 pipil, perlakuan HpU-16 menunjukkan bobot yang secara signifikan lebih tinggi dibanding beberapa perlakuan lain termasuk kontrol ( $p < 0,05$ ). Secara umum setiap perlakuan menunjukkan bobot per 1000 pipil yang lebih tinggi dibanding kontrol dengan peningkatan antara 23,71% hingga 51,55%. Moghadam *et al.* (2014) menyatakan bahwa aplikasi asam humat 300 ppm hingga 450 ppm dengan teknik semprot daun secara signifikan dapat meningkatkan jumlah pipil dan bobot per 1000 pipil jagung dibandingkan kontrol. Oktem *et al.* (2017) menambahkan bahwa aplikasi asam humat 2,5% hingga 12% dengan teknik perendaman pada biji secara signifikan dapat meningkatkan total bobot pipil dan bobot per 1000 pipil jagung. Sementara itu, aplikasi asam humat dengan teknik penyemprotan pada tanah, daun, maupun kombinasinya secara signifikan dapat meningkatkan jumlah pipil per tongkol jagung yang diikuti kadar protein dan klorofil (Oktem & Oktem, 2020). Purwanto *et al.* (2021) menyatakan bahwa kombinasi asam humat dengan pupuk P secara signifikan meningkatkan

total bobot kering jagung dan pipil, serta hasil panen per hektar.

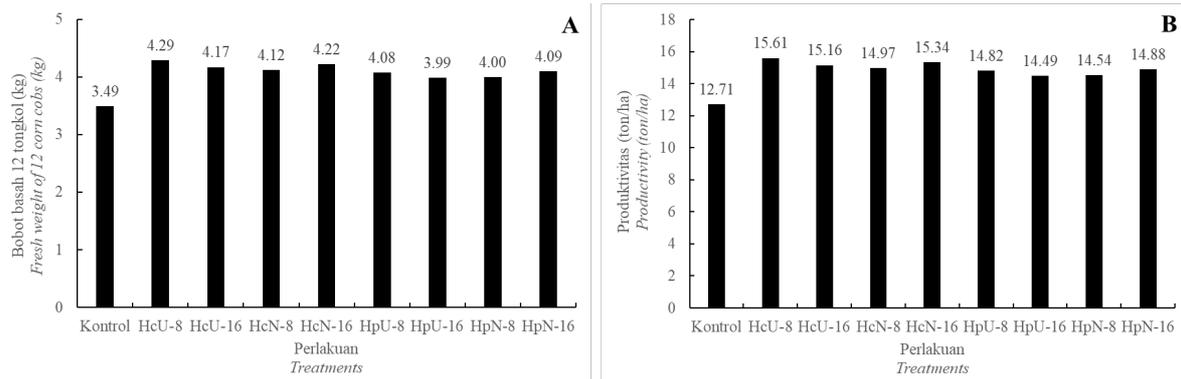
Pada umumnya perhitungan produktivitas untuk jagung manis didasarkan pada bobot tongkol segar. Berdasarkan hasil panen, untuk 12 sampel jagung atau setara dengan luasan 2,75 m<sup>2</sup> diperoleh nilai produktivitas setiap perlakuan termasuk kontrol yaitu antara 3,49 kg hingga 4,29 kg (Gambar 4A). Estimasi nilai produktivitas per hektar diperoleh dari perbandingan luas dikali hasil panen 12 jagung sampel. Dengan demikian, kelompok perlakuan asam humat menunjukkan hasil panen sekitar 14 ton ha<sup>-1</sup> hingga 15 ton ha<sup>-1</sup>, sementara pada kontrol hanya sekitar 12 ton ha<sup>-1</sup> (Gambar 4B). Produktivitas tertinggi diketahui terjadi pada perlakuan HcU-8 yaitu 15,62 ton ha<sup>-1</sup> atau terjadi peningkatan sebesar 22% dibanding kontrol. Untuk perlakuan yang lain terjadi peningkatan produktivitas antara 14% hingga 20%. Studi aplikasi konsorsium biostimulan berbasis asam humat dan Citorin yang diperkaya dengan pupuk hayati Mikoriza untuk meningkatkan produktivitas tebu pada berbagai kondisi lahan telah dilakukan sebelumnya (Putra *et al.*, 2017; Amanah & Putra, 2018; Wahyuni *et al.*, 2018). Yusup *et al.* (2021) menambahkan bahwa aplikasi konsorsium biostimulan, pupuk hayati Mikoriza dan asam humat mampu meningkatkan performa pertumbuhan dan produktivitas tebu sebesar 11,08% hingga 20,36%. Aplikasi konsorsium produk tersebut juga meningkatkan potensi rendemen gula sebesar 4,9% hingga 15,05% di tiga tipologi tanah yang berbeda. Berdasarkan hasil penelitian Aziz *et al.* (2021) dilaporkan bahwa aplikasi pupuk humat yang diperkaya dengan produk samping urea cair (PSUC) dan NPK cair (PSNC) berpotensi meningkatkan hasil panen kentang 13-37% dan cabai rawit 4-28% yang ditanam dengan sistem tumpangsari.

Tabel 9. Karakter tongkol kering pada setiap perlakuan  
Table 9. The character of dried corn cobs in each treatment

Perlakuan Treatments	Karakter tongkol kering The characters of dried corn cob			
	Bobot tongkol (gr) Corn cob weight (gr)	Jumlah pipil per tongkol Grain number per corn cob	Bobot pipil per tongkol (gr) Grain weight per corn cob (gr)	Bobot 1000 pipil (gr) The weight of 1000 grains (gr)
Kontrol/ Control	98 ± 12,7 b*)	540 ± 59 c	51 ± 11 b	97 ± 5,5 c
HcU-8	152 ± 3,7 a	668 ± 15 ab	85 ± 5,3 a	130 ± 1,0 ab
HcU-16	140 ± 6,6 a	684 ± 38 ab	86 ± 3,3 a	128 ± 9,5 ab
HcN-8	143 ± 2,9 a	687 ± 41 ab	82 ± 3,3 a	123 ± 3,0 b
HcN-16	134 ± 26,6 a	653 ± 60 ab	82 ± 14 a	133 ± 5,0 ab
HpU-8	131 ± 12,0 a	689 ± 24 ab	81 ± 8,1 a	120 ± 10 b
HpU-16	142 ± 7,5 a	605 ± 23 bc	89 ± 3,3 a	147 ± 7,5 a
HpN-8	136 ± 5,7 a	734 ± 50 a	85 ± 5,8 a	123 ± 2,5 b
HpN-16	128 ± 6,7 a	693 ± 28 ab	83 ± 4,5 a	123 ± 2,5 b

\*) Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama, tidak berbeda nyata (berdasarkan uji Tukey pada tingkat kepercayaan 95%)

\*) Numbers followed with same letter in same column are not significantly different (Tukey test at 95% of confidence level)



Gambar 4. Bobot basah 12 tongkol (A) dan estimasi produktivitas jagung skala satu hektar (B) oleh aplikasi asam humat PSUC & PSNC

Figure 4. The fresh weight of 12 corn cobs (A) and maize productivity estimation on a hectare scale (B) by humic acid PSUC & PSNC application

Berdasarkan hasil penelitian ini, formula asam humat yang diperkaya dengan hara dalam PSUC atau PSNC diduga memberikan hasil yang lebih baik dalam peningkatan produktivitas tanaman. Hal tersebut didukung oleh Azeem *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa aplikasi asam humat dengan dosis 3 kg ha<sup>-1</sup> yang dikombinasikan dengan pupuk N 160 kg ha<sup>-1</sup> secara optimal dapat meningkatkan hasil panen jagung. Oktem & oktem (2020) menambahkan bahwa aplikasi asam humat 0,7% dengan teknik semprot daun secara signifikan dapat meningkatkan hasil panen jagung sebesar 9,34%, sementara pada perlakuan kombinasi aplikasi pada biji, tanah, dan semprot daun terjadi peningkatan yang lebih tinggi yaitu 13,78%. Hal tersebut diduga berkaitan dengan peranan asam humat dalam meningkatkan serapan unsur P oleh tanaman, bukaan stomata, laju fotosintesis, dan aktivitas *nitrate reductase* (Purwanto *et al.*, 2021). Selain itu, Shafi *et al.* (2020) membuktikan terjadinya peningkatan konsentrasi P dalam tanaman, P terlarut dan serapan P pada tanaman gandum oleh aplikasi *single superphosphate* (SSP) (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) dengan dosis 45 kg ha<sup>-1</sup> hingga 112,5 kg ha<sup>-1</sup> yang ditambahkan asam humat 5 kg ha<sup>-1</sup>.

Peningkatan hasil panen jagung oleh aplikasi asam humat PSUC maupun PSNC berkorelasi positif terhadap peningkatan pertumbuhan. Peningkatan hasil panen diduga berkaitan dengan asam humat yang sudah diberikan sebanyak tiga kali aplikasi hingga 53 HST. Selain itu, respons fisiologis tanaman oleh aplikasi asam humat seperti perubahan waktu pembungaan diketahui berdampak pada perkembangan tanaman dan pemasakan tongkol. Oktem *et al.* (2017) menyatakan bahwa aplikasi asam humat 0,7% dengan teknik perendaman biji dapat mempercepat waktu pembungaan selama 2 hingga 3 hari dibanding kontrol. Sementara Oktem & Oktem (2020) menambahkan bahwa aplikasi asam humat dengan berbagai teknik seperti perendaman biji,

penyemprotan ke tanah, semprot daun maupun kombinasinya secara signifikan mempercepat waktu pembungaan selama 1 hingga 4 hari dibanding kontrol. Hal tersebut diduga karena asam humat meningkatkan kerja sitokinin dan giberelin yang dapat menstimulasi polinasi dan fertilisasi. Waktu pembungaan yang lebih cepat diduga berdampak positif terhadap percepatan waktu perkembangan tongkol, sehingga berakibat pada peningkatan produktivitas.

Berdasarkan hasil penelitian, setiap kelompok perlakuan asam humat PSUC dan PSNC menunjukkan peningkatan karakter hasil panen dibanding kontrol. Hasil tersebut memberikan gambaran yang lebih meyakinkan bahwa produk asam humat yang diformulasikan dengan PSUC maupun PSNC dapat meningkatkan hasil panen jagung yang teramat pada sampel jagung segar dan kering. Peningkatan hasil panen jagung juga terkonfirmasi seiring dengan hasil pengamatan keragaan dan biomassa tanaman baik bobot batang-daun maupun akar. Meskipun demikian, masing-masing kelompok perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, sehingga untuk meningkatkan efisiensi dari segi biaya dengan hasil yang optimal, maka disarankan untuk menggunakan dosis rendah untuk setiap formula yaitu 8 L ha<sup>-1</sup> untuk formula cair dan 8 kg ha<sup>-1</sup> untuk formula padat. Menurut Fahramand *et al.* (2014), secara fisik asam humat meningkatkan kualitas struktur tanah dan kapasitas tanah dalam menahan air, secara kimiawi berfungsi sebagai kompleks adsorpsi dan retensi bahan nutrisi anorganik bagi tanaman, sedangkan secara biologis dapat meningkatkan pertumbuhan mikroorganisme tanah. Pada penelitian ini belum dapat dilakukan studi peningkatan kesuburan tanah, karena hal tersebut pada umumnya membutuhkan waktu beberapa tahun, oleh sebab itu peranan asam humat PSUC dan PSNC dalam meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah perlu dikaji lebih lanjut.

### Kesimpulan

Penambahan PSUC dan PSNC sebagai zat pengaya pupuk humat menghasilkan produk yang memenuhi standar mutu sesuai Permentan No. 1 tahun 2019 dengan kadar humat 14,68% hingga 15,97% (cair) dan 38,23% hingga 38,51% (padat). Hasil pengujian skala lapang menunjukkan bahwa setiap perlakuan menyebabkan peningkatan karakter pertumbuhan dan hasil panen jagung dibanding kontrol, dengan perlakuan terbaik adalah HcU-8 khususnya pada diameter batang dan biomassa batang-daun. Peningkatan hasil panen pada setiap perlakuan secara signifikan terjadi pada parameter bobot segar tongkol, bobot kering tongkol, dan bobot pipil per tongkol. Namun demikian, antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan baik pada karakter pertumbuhan maupun hasil panen jagung, sehingga untuk meningkatkan efisiensi biaya dengan hasil yang optimal, aplikasi asam humat PSUC dan PSNC dengan dosis 8 L ha<sup>-1</sup> atau 8 kg ha<sup>-1</sup> merupakan dosis yang direkomendasikan.

### Acknowledgement

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Pemerintah Indonesia melalui Kementerian Keuangan atas pendanaan pada riset ini melalui skema RISPRO LPDP 2021 dengan nomor kontrak PRJ-28/LPDP/2020. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Rizki Nugraha dan Mira Maulidina atas kontribusinya dalam menyediakan bahan penelitian, pelaksanaan penelitian dan analisa sampel.

### Daftar Pustaka

- Abou-Sreca AIB, AAA Yassen & A El-Kazzaz (2017). Effects of iron (II) sulfate and potassium humic on growth and chemical composition of *Coriandrum sativum* L. *International Journal of Agricultural Research* 12(4), 136-145.
- Amanah DM & SM Putra (2018). Pengaruh biostimulan terhadap toleransi kekeringan dan pertumbuhan tanaman tebu varietas Kidang Kencana di rumah kaca. *Menara Perkebunan* 86(1), 46-55. DOI: 10.22302/iribb.jur.mp.v1i1.287.
- Avinash SN, Srinivasamurthy CA, & Bhaskar S (2017). Effect of foliar application of humic acid fortified with zinc and boron on growth and yield of capsicum. *An Asian Journal of Soil Science* 12(2), 283-289.
- Azeem K, SH Khalil, F Khan, Shahenshah, A Qahar, M Sharif, & M Zamin. (2014). Phenology, yield and yield components of maize as affected by humic acid and nitrogen. *Journal of Agricultural Science* 6(7), 286-293. DOI: 10.5539/jas.v6n7p286.
- Aziz MA, S Wahyuni, F Fitriyah, H Fadila, Sulastri, IM Luktyansyah, Siswanto & Priyono (2021). Optimalisasi fungsi pupuk humat PSUC & PSNC untuk meningkatkan produktivitas tanaman kentang (*Solanum tuberosum* var. Granola G2) dan cabai rawit (*Capsicum frutescens* var. Sigantung F2) dengan sistem tumpang-sari. *Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi II*, PPBBI, PT. RPN, Bogor, 13-14 Oktober 2021, hal 16-29.
- Cahyono BE (1985). Sifat-sifat dan klasifikasi jenis tanah dari desa Sukajaya dan sekitarnya menurut sistem taksonomi tanah. *Skripsi*. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Canellas LP, FL Olivares, NO Aguiar, DL Jones, A Nebbioso, P Mazzei & A Piccolo (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae* 196. DOI: 10.1016/j.scienta.2015.09.013.
- Darmadi (2014). Pengolahan limbah cair pabrik urea menggunakan *advanced oxidation processes*. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan* 10(1), 1-6. DOI: 10.23955/rkl.v10i1.2166.
- Fahramand M, H Moradi, M Noori, A Sobhkhizi, M Adibian, S Abdollahi & K Rigi (2014). Influence of humic acid on increase yield of plants and soil properties. *International Journal of Farming and Allied Science* 3(3), 339-341.
- Goenadi DH & IM Sudharama (1995). Shoot initiation by humic acid of selected tropical crops grown in tissue culture. *Plant Cell Reports* 15, 59-62.
- Indiarto G, DW Widjajanto & DR Lukiwati (2022). Pengaruh aplikasi asam humat dan pupuk N, P dan K terhadap pertumbuhan dan produksi jagung manis (*Zea mays* L. saccharata). *Jurnal Agroplasma* 9(1), 92-90.
- Kementerian Pertanian. 2017. Statistik pertanian 2017. ed. K.P.R.I. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, XLII + 362, Kementan RI.
- Khaled H & HA Fawy (2011). Effect of different levels of humic acids on the nutrient content, plant growth and soil properties under conditions of salinity. *Soil & Water Res* 6(1), 21-29. DOI: 10.17221/4/2010-SWR.
- Kumar D & AP Singh (2017). Efficacy of potassium humic and chemical fertilizers on yield and nutrient availability pattern in soil at different growth stages of rice. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 48(3), DOI: 10.1080/00103624.2016.1261884.

- Kusriadi, (2019). Pemupukan pada tanaman jagung. Dinas Ketahanan Pangan, Pertanian dan Perikanan Kota Banjar Baru. <https://dkp3.banjarbarukota.go.id/home/berita/361/pemupukan-pada-tanaman-jagung>. [4 Agustus 2022].
- Laksono RA, NW Saputro & M Syafi'i (2018). Respon pertumbuhan dan hasil beberapa varietas jagung manis (*Zea mays Saccharata sturt. L*) akibat takaran bokashi pada sistem pengelolaan tanaman terpadu (PTT) di Kabupaten Karawang. *Kultivasi* 17(1), 608-616.
- Lestari NP & MZ Sukri (2020). Aplikasi Asam Humat Terhadap pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata Sturt.*). *Proceedings Agropross: National Conference Proceedings of Agriculture*, Politeknik Negeri Jember, 8-9 Juli 2020, hal 145-152. DOI : 10.25047/agropross.2020.46.
- Mahmood YA, FW Ahmed, IQ Mohammed & KA Wheib (2020). Effect of organic, mineral fertilizers and foliar application of humic acid on growth and yield of corn (*Zea mays L.*). *Indian Journal of Ecology* 47(10), 39-44.
- Maryanti Y (2021). Respon pertumbuhan dan hasil jagung manis (*Zea Mays Saccharata Sturt*) terhadap asam humat dan rhizobakteria. *Jurnal Pertanian Agro* 23(2), 395-402.
- Moghadam HRT, MK Khamene & H Zahedi (2014). Effect of humic acid foliar application on growth and quantity of corn in irrigation withholding at different growth stages. *Maydica*, 59, 124-128.
- Moustafa YMM (2019). Onion quality and storage ability affected by potassium humic and NPK doses. *EC Agricultur* 5(5), 227-235.
- Oktem A, Celik A & Oktem AG (2017). Effect of humic acid seed treatment on yield and some yield characteristic of corn plant (*Zea mays L. indentata*). *3<sup>rd</sup> International Symposium for Agriculture and Food – ISAF 2017*, hal 142-147.
- Oktem AG & A Oktem (2020). Effect of humic acid application methods on yield and some yield characteristics of corn plant (*Zea mays L. indentata*). *Journal of Applied Life Sciences International* 23(11), 31-37. DOI: 10.9734/JALSI/2020/v23i1130196.
- Permentan (2019). *Keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019: Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah*. Jakarta, Kementerian Pertanian RI.
- Purwanto BH, P Wulandari, E Sulistyarningsih, SNH Utami & S Handayani (2021). Improved corn yields when humic acid extracted from composted manure is applied to acid soils with phosphorus fertilizer. *Applied and Environmental Soil Science* 2021, 1-12. DOI: doi.org/10.1155/2021/8838420.
- Putra SM, P Susanti, DM Amanah, BK Umahati, SJ Pardali & D Santoso (2017). Pengaruh biostimulan terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman tebu varietas PSJT-941. *Menara Perkebunan* 85(1), 37-43: DOI: 10.22302/iribb.jur.mp.v85i1.241.
- Raja PM, Giyanto & S Baru (2021). Karakteristik kandungan unsur N, P dan K limbah cair kelapa sawit kolam anaerob dengan kontak kuantitas bentonit. *Jurnal Agrium* 18(2), 95-101.
- Santi LP & DH Goenadi (2010). Pemanfaatan biochar sebagai pembawa mikroba untuk pematang agregat tanah ultisol dari taman bogor-Lampung. *Menara Perkebunan* 78(2), 52-60. DOI: 10.22302/ppbbi.jur.mp.v78i2.64.
- Santi LP, DH Goenadi, H Widiastuti, N Mardiana & Isroi (2000). Extraction and characterization of humic acid from plantation's solid organic waste compost. *Menara Perkebunan* 68(2), 29-36.
- Shafi MI, M adnan, S Fahad, F Wahid, A Khan, Z Yue, S Danish, M Zafar-ul-hye, M brtnicky & R Datta (2020). Application of single superphosphate with humic acid improves the growth, yield and phosphorus uptake of wheat (*Triticum aestivum L.*) in calcareous soil. *Agronomy* 10(1224), 1-15. DOI: 10.3390/agronomy10091224.
- Shailla G, A Tauhid & I Tustiyani (2019). Pengaruh dosis urea dan pupuk organik cair asam humat terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis. *Agrotrop* 17(1), 35-44.
- Shui-qin Z, Y Liang, L Wei, L Zhi-an, L Yan-ting, H Shu-wen & Z Bing-qiang (2019). Effects of urea enhanced with different weathered coal-derived humic acid components on maize yield and fate of fertilizer nitrogen. *Journal of Integrative Agriculture* 18(3), 656-666.
- Smith H (2016). Humic Acid and Seaweed Extracts: A Powerful Combination. Diunduh dari <http://www.gardenandgreenhouse.net/index.php/past-issues-mainmenu-18/142-2014-garden-greenhouse/January-February-2014>. [28 Juli 2021].
- Wahyuni S, CA Yusup, DD Eris, SM Putra, AS Mulyani, Siswanto & Priyono (2019). Peningkatan hasil dan penekanan kejadian penyakit pada jagung manis (*Zea mays var. Bonanza*) dengan pemanfaatan biostimulan berbahan kitosan. *Menara Perkebunan* 87(2), 131-139. DOI: DOI: 10.22302/iribb.jur.mp.v87i2.349.

- Wahyuni S, HS Habibullah, SM Putra, DM Amanah, Siswanto, Priyono, D Santoso & SJ Pardal (2018). Biostimulation of vegetative growth of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in the initial phase on dry land. *Menara Perkebunan* 86(2), 91-95.
- Widyowanti RA, ND Dharmawati, ES Hertini & RA Renjani (2019). Karakterisasi pelet pupuk organik berbahan dasar *slurry* limbah cair pabrik kelapa sawit sebagai pupuk *slow release*. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung* 8(3), 187-197.
- Wulandari P, E Sulistyarningsih, S Handayani & BH Purwanto (2019). Growth and yield response of maize (*Zea mays* L.) on acid soil to different rates of humic acid and NPK fertilizer. *Ilmu Pertanian* 4(2). DOI: 10.22146/ipas.36680.
- Yusup CA, D Purwantoro, H Widiastuti, Siswanto, D Santoso & Priyono (2021). Respons tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.) terhadap aplikasi konsorsium biostimulan di tiga tipologi lahan. *Menara Perkebunan* 89(2), 100-114. DOI: 10.22302/iribb.jur.mp.v89i2.457.
- Zanin L, N Tomasi, S Cesco, Z Varanini & R Pinton (2019). Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. *Front Plant Sci* 10(675). DOI: 10.3389/fpls.2019.00675.
- Zhang X & EH Ervin (2004). Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci* 44, 1737–1745.
- Zhou L, L Yuan, B Zhao, Y Li & Z Lin (2019). Structural characteristics of humic acids derived from Chinese weathered coal under different oxidizing conditions. *Plos One* 14(5), DOI: 10.1371/journal.pone.0217469.