

EXECUTIVE SUMMARY



PENGGAYAAN DAN AKTIVASI SENYAWA HUMIK KOMPOS KELAPA SAWIT UNTUK FUNGSI GANDA PUPUK CAIR DAN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT

TIM PENGUSUL

Dr. Ir. Sugeng Winarso, MSi NIDN: 0022036402
Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, MSi NIDN: 0023056502

UNIVERSITAS JEMBER
November 2014

Efektivitas Senyawa Humik Ekstrak Limbah Kelapa Sawit sebagai Pupuk Cair dan Bioremediasi Logam Berat

Sugeng Winarso¹⁾, Tri Candra Setiawati¹⁾ dan Lutfi Dwi Purwanto²⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Jember

²⁾ Mahasiswa Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Jember

Sumber Dana: BOPTN UNEJ TA 2014

Email: winarsosugeng@unej.ac.id

Abstrak

Senyawa humik ekstrak kompos terbukti dapat mengkelat atau mengikat logam-logam berat dan jumlah limbah organik kelapa sawit sebagai bahan baku kompos terus meningkat, sehingga produksi senyawa humik dari limbah tersebut sangat menjanjikan. Di sisi lain lahan-lahan pertanian yang mendapatkan input tinggi sehingga terjadi penimbunan logam berat (polutan) hingga tingkat membahayakan juga makin luas. Tujuan penelitian adalah untuk mengevaluasi efektivitas senyawa humik ekstrak kompos limbah kelapa sawit sebagai pupuk cair dan bioremediasi logam Cu. Metode penelitian dirancang untuk mendapatkan produk dan teknik aplikasi serta efektivitasnya dalam memperbaiki sifat tanah masam, bioremediasi logam berat, dan peningkatan produksi tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar senyawa humik segar atau murni dari ekstrak kompos limbah tandan kosong kelapa sawit sangat rendah yaitu 2,01%; kadar NPK juga rendah yaitu 0,01% N; 0,02% P₂O₅; dan 0,11% K₂O. Akan tetapi kadar NaO juga rendah yaitu 0,01%. Uji pengkayaan senyawa humik dengan unsur hara NPK menunjukkan bahwa perlakuan penambahan logam Cu (300 mg Cu(OH)₂/kg media tanam) pada media tanaman yang ditanami mentimun dan diperlakukan penambahan senyawa humik yang diperkaya beberapa dosis unsur hara tidak berbeda nyata. Pengkayaan unsur hara pada senyawa humik yang diberikan pada media tanam menunjukkan berbeda nyata apabila dibandingkan dengan yang tidak diperlakukan yaitu rata-rata 407,4 cm. Panjang tanaman pada perlakuan 3/3 dosis pengkaya unsur hara (NPK) menunjukkan perlakuan paling besar dalam memberikan kontribusi pemanjangan tanaman yaitu rata-rata 564,2 cm atau naik 38,5%. Berat basah buah tertinggi pada perlakuan 4/3 dan diikuti 2/3 dosis pengkayaan NPK dan panjang buah tertinggi pada perlakuan 3/3. Kadar N-total tanah masih sangat rendah sehingga serapan NPK tanaman mentimun sangat rendah, sebaliknya kadar P-tersedia tanah sangat tinggi sehingga perlakuan penambahan senyawa humik yang diperkaya unsur hara justru menurunkan kadar P dalam jaringan buah segar mentimun. Perbandingan unsur hara NPK dalam jaringan terhadap tanah lebih besar pada yang diperlakukan dengan penambahan Cu apabila dibandingkan dengan yang tidak diperlakukan dengan Cu.

Kata kunci: biofertiliser, bioremediasi, senyawa humik, dan tanah marginal

Pendahuluan

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa senyawa humik ekstrak berbagai sumber kompos secara efektif dan lebih cepat dapat memperbaiki sifat kimia tanah bermasalah atau masam seperti menurunkan Al_{dd} dan meningkatkan ketersediaan P melalui proses kelat (Winarso, *et al.*, 2009a; 2010) sehingga dapat menjadi alternatif pemecahan permasalahan lahan marginal masam di Indonesia yang sangat luas yaitu 102,8 juta ha (Puslitbangtanak, 2006). Selain itu, lahan-lahan pertanian intensif sudah mengawatirkan karena kandungan logam beratnya tinggi, seperti disampaikan Wang (2006) bahwa lebih dari 10% lahan-lahan penanaman terkontaminasi Cd, As, Cr dan Pb dan menyebabkan kehilangan produksi lebih dari 10 juta ton, lebih dari 12 juta ton produk pertanian tidak aman setiap tahun, serta kerugian ekonomi minimal tiga milyar dolar. Akumulasi logam berat bervariasi antar spesies tanaman dan umumnya lebih tinggi pada tanaman dikotil dibandingkan monokotil (Taub and Goldberg, 1996). Di sisi lain, potensi limbah pertanian atau organik, khususnya kelapa sawit, sangat melimpah yaitu limbah padat tandan kosong (TKS) saja sekitar 6 juta ton pada 2004 (23% dari total); belum berasal dari *wet decanter solit* (4%), cangkang (6,5), serabut (fiber) (13,0%) dan limbah cair 50%. Selain itu berdasarkan Ditjenbun (2006) dalam 20 tahun terakhir pertambahan kebun kelapa sawit mencapai lima juta ha atau meningkat 837%. Hingga saat ini pemanfaatan limbah organik pada tanah hanya sebatas kompos, belum ada nilai tambahnya; sehingga nilai komersialnya masih rendah. Peningkatan nilai tambah kompos dengan melakukan ekstraksi untuk mendapatkan senyawa humik sangat menjanjikan. Hal ini disebabkan senyawa humik ekstrak kompos dapat digunakan sebagai bahan baku biofertiliser dan bahan bioremediasi logam berat ramah lingkungan. Selain itu, senyawa humik ini mempunyai keunggulan dibandingkan dengan senyawa humik dari tambang (Leonardit) yang sudah banyak dipasarkan, khususnya di luar negeri (Winarso, *et al.*, 2009b). Senyawa humik dari tambang mempunyai kandungan Na sangat tinggi (sekitar 5%), pada hal unsur tersebut tidak dibutuhkan oleh tanaman bahkan kalau terus menerus ditambahkan ke dalam tanah akan merusak tanah menjadi padat dan terdispersi kalau basah sehingga mudah tererosi. Produksi senyawa humik secara masal dan murah biasanya akan mendapatkan konsentrasi rendah dan karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh bahan bakunya. Oleh karena itu, upaya-upaya mengaktifkan gugus-gugus fungsional yang dikandungnya melalui manipulasi pH dan menambah senyawa organik sintetis kaya gugus fungsional serta memperkaya unsur hara yang dikandung sangat baik

untuk meningkatkan fungsi-fungsinya sebagai bahan pembenah tanah, pupuk, dan bahan remediasi logam berat. Kemampuan mengkelat senyawa humik ini dapat meningkatkan fungsi utamanya sebagai remediasi logam-logam berat, polutan lingkungan atau tanah yang semakin banyak dan luas.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi efektivitas atau kemampuan senyawa humik ekstrak limbah kelapa sawit dalam meningkatkan produksi tanaman (mentimun) dan menurunkan kadar logam berat, Cu.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Fakultas Pertanian Universitas Jember pada 2013-2014 dengan menggunakan bahan senyawa humik ekstrak limbah kelapa sawit yang telah diperkaya hara makro (NPK) yang disesuaikan dengan kebutuhan atau rekomendasi pemupukan mentimun yaitu NPK 4,38:8,24:9,24 atau 4,38 %N; 8,24 %P₂O₅; dan 9,24 % K₂O (Wichmann, 1992). Senyawa humik diperoleh dari larutan yang berasal dari proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit. Proses pengomposan dilakukan secara alami tanpa ada penambahan bahan-bahan untuk mempercepat proses pengomposan, tetapi hanya pemberian air untuk menjaga kelembaban dan memberi penutup dengan plastik untuk mengurangi terlalu banyaknya aerasi. Limbah kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah yang langsung keluar dari proses pengolahan. Berdasarkan pengamatan visual menunjukkan bahwa limbah kelapa sawit ini menunjukkan adanya minyak. Hasil proses tersebut diperoleh senyawa humik dengan kadar sekitar C 4000 ppm atau sekitar 2000 ppm senyawa humik (Stevenson, 1982).

Karakteristik senyawa humik dari kompos kelapa sawit beserta yang lainnya disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel tersebut menunjukkan kadar N, P, dan K rendah hingga sangat rendah sehingga perlu diperkaya untuk meningkatkan fungsi sebagai pupuk cair. Pengkayaan senyawa humik untuk bahan perlakuan penelitian dilakukan dengan cara 50 liter dengan kadar C 4000 ppm ditambah Urea 2,71 kg, SP-36 6,54 kg, KCL 4,8 kg; sehingga diperoleh kadar NPK dalam senyawa humik sesuai dengan perbandingan di atas. Media tanam yang digunakan adalah tanah 8 kg dalam polibag 15 x 30 sebanyak 60 buah, senyawa tembaga hidroksida (Cu(OH)₂) 72 gram, pestisida, benih mentimun, ajir, dan beberapa peralatan tanam di lapang.

Tanaman yang digunakan dalam indikator percobaan adalah mentimun dan ditanam dalam kondisi terbuka atau di lapang. Variabel pengaruh perlakuan akan dievaluasi selama 1,5 bulan. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAK) dengan dua (2) faktor. Faktor pertama adalah dosis bahan pengkaya unsur hara makro NPK yang digunakan per tanaman dan faktor kedua adalah logam berat tembaga (II) hidroksida (Cu(OH)₂). Semua perlakuan diulang sebanyak 3 kali dengan rincian perlakuan sebagai berikut:

1. Faktor 1: Dosis bahan pengkaya unsur makro NPK per tanaman dengan 5 taraf yaitu :
 0. Kontrol (Humik tanpa tanpa pengkaya NPK)
 1. 1/3 Dosis anjuran atau setara 1/3 dari 10 g Urea, 23 g SP36 dan 17 g KCL

2. 2/3 Dosis anjuran atau setara 2/3 dari 10 g Urea, 23 g SP36 dan 17 g KCL
 3. 3/3 Dosis anjuran atau setara 3/3 dari 10 g Urea, 23 g SP36 dan 17 g KCL
 4. 4/3 Dosis anjuran atau setara 4/3 dari 10 g Urea, 23 g SP36 dan 17 g KCL
2. Faktor 2: Logam berat Cu(OH)₂, dengan 2 taraf yaitu:
0. Tanpa penambahan atau 0 mg Cu(OH)₂/ kg media tanam
 1. Penambahan 300 mg Cu(OH)₂/ kg media tanam

Jumlah perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh 30 satuan percobaan. Data hasil pengukuran selanjutnya diolah dengan menggunakan Excel 2013 untuk menghitung beda antar perlakuan dan simpangan dalam perlakuan yang sama atau ulangan.

Tabel 1. Karakteristik kimia senyawa humik limbah kelapa sawit dan beberapa senyawa humik lainnya

Variabel	satuan	Kelapa Sawit ¹⁾	Kelapa Sawit ²⁾	Singkong	Jerami Padi	Kedelai	K-Humat Plus 26% ³⁾
Senyawa humik	%	2,01	1,09	-	1,13	-	63,6
Asam humik	%	1,57	0,9	-	1,10	-	29,1
Asam fulvik	%	0,51	0,2	-	0,30	-	34,5
Asam-asam organik:							
Asetat	ppm	56	-	46	94	39	-
Sitrat	ppm	18	-	10	12	16	-
Oksalat	ppm	20	-	16	17	22	-
Propionat	ppm	2	-	4	6	9	-
Butirat	ppm	1	-	Tt	1	Tt	-
Suksinat	ppm	21	-	11	16	18	-
Fumarat	ppm	9	-	21	11	8	-
Ketoglutamat	ppm	2	-	tt	tt	1	-
pH		8,60	5,50	4,60	7,60	8,70	10,00
C-organik	%	0,32	0,12	1,69	0,17	0,17	5,53
C/N		23,2	8,1	30,2	15,0	6,8	3,0
C/P		37	14	194	39	39	-
N	%	0,01	0,01	0,06	0,01	0,03	1,86
P ₂ O ₅	%	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,00
Kation-kation basa:							
K ₂ O	%	0,11	0,10	0,06	0,06	0,10	29,19
NaO	%	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	4,66
CaO	%	0,62	0,62	0,68	0,49	0,92	1,23
MgO	%	0,13	0,09	0,31	0,13	0,13	0,13
Unsur mikro dan logam berat:							
Fe	Ppm	11,0	3,8	68,3	1,3	6,0	9,8
Cu	Ppm	t u	t u	t u	t u	t u	t u
Zn	Ppm	0,75	1,83	9,00	2,38	3,50	6,75
Mn	Ppm	298	1012	295	679	834	1272
Mo	Ppm	163	87	101	71	121	81
Pb	Ppm	0,43	t u	t u	t u	1,00	9,00
B	Ppm	305	203	148	250	314	259
Al	Ppm	1,58	1,58	3,15	4,70	t u	3,53

- tidak dianalisis; tt tidak terdeteksi

¹⁾asal tandan kosong; ²⁾asal limbah pengolahan; ³⁾produk perusahaan Australia dan telah diperdagangkan Winarso, *et al* (2009).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik spesifik senyawa humik kompos kelapa sawit

Pada umumnya kadar unsur hara makro NPK kompos limbah kelapa sawit tandan kosong rendah serta mempunyai C/N rasio tinggi. Limbah kelapa sawit yang berupa tandan kosong tersebut sangat lama waktu yang dibutuhkan untuk proses pengomposan, apabila dibandingkan dengan limbah kedelai maupun jerami padi. Hal ini bisa difahami karena rata-rata limbah tandan kosong kelapa sawit tersebut mempunyai C/N ratio sangat tinggi yaitu sekitar 50-60. Lamanya proses pengomposan ini juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Yunindanova (2009) yaitu bahan kompos (tandan kosong) yang telah dihaluskan dan dikomposkan dalam jumlah besar mempunyai C/N ratio masih tinggi (41,8 dan selengkapnya disajikan pada Tabel 2) dalam waktu pengomposan 10 minggu. Proses pengomposan dalam penelitian ini dilakukan secara alami dan terbatas sesuai dengan bahan yang digunakan untuk menghindari penambahan unsur hara dari luar.

Tabel 2. Kadar unsur kompos limbah kelapa sawit tandan kosong

Umur Kompos (minggu)	Unsur Kimia									
	N	P	K	Ca	Mg	Na	C	C/N	Fe	Mn
	%	%	%	%	%	ppm	%		%	ppm
4	1,06	0,07	1,34	0,28	0,23	10,8	48,9	46,1	0,15	78,0
6	1,2	0,06	0,83	0,11	0,15	9,1	46,2	38,5	0,09	60,4
8	1,34	0,08	1,22	0,24	0,25	9,2	47,1	35,2	0,24	89,7
10	1,2	0,02	1,38	0,05	0,09	9,1	50,0	41,8	0,05	26,5

Umur Kompos (minggu)	Unsur Kimia									
	B	Cu	Pb	Cd	Hg	As	pH	Kadar Abu	Kadar Air	
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	H ₂ O	%	%	
4	8,4	19,5	tt	0,21	12,9	tt	8,21	6,14	70,23	
6	8,7	15,8	tt	0,25	19,4	tt	8,66	7,04	71,13	
8	10,7	24,8	tt	0,08	13	tt	8,58	9,81	67,68	
10	7,7	12	tt	0,08	19,5	tt	7,89	6,07	67,41	

Sumber: Yunindanova (2009)

Karakteristik kimia senyawa humik dari ekstrak kompos limbah kelapa sawit untuk tandan kosong (1) dan limbah pabrik pengolahan kelapa sawit (2) disajikan pada Lampiran 1. Dalam lampiran tersebut menunjukkan bahwa kadar senyawa humik bahan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini relatif rendah. Hal ini disebabkan senyawa humik yang

diperoleh dari ekstrak kompos tersebut didapat dari proses gravitasi yaitu bahan senyawa humik yang menetes selama proses pengomposan. Berdasarkan tabel tersebut menunjukkan bahwa senyawa humik dalam bahan penelitian sangat kecil apabila dibandingkan dengan produk senyawa humik di pasaran (K-Humat Plus 26%), akan tetapi relatif sama apabila dibandingkan dengan senyawa humik ekstrak kompos jerami padi. Karakteristik kimia yang lebih baik senyawa humik ekstrak kompos dibandingkan senyawa humik di perdagangan yang berasal dari tambang adalah kadar Na yang rendah. Kadar Na yang rendah ini memungkinkan apabila diberikan di dalam tanah tidak akan merusak struktur tanah. Kadar NaO K-Humat Plus 26% adalah sebesar 4,66%, sedangkan dari ekstrak kompos 0,01% dari bahan tandan kosong dan 0,02% dari limbah pengolahan kelapa sawit. Tingginya kadar Na ini (karena bisa merusak tanah) maka biasanya oleh perusahaan diperkaya dengan kation-kation pengimbang seperti K dan Ca (kadar K_2O dan CaO). Kadar K_2O senyawa humik perdagangan merk K-Humat Plus 26% adalah sebesar 29,19%.

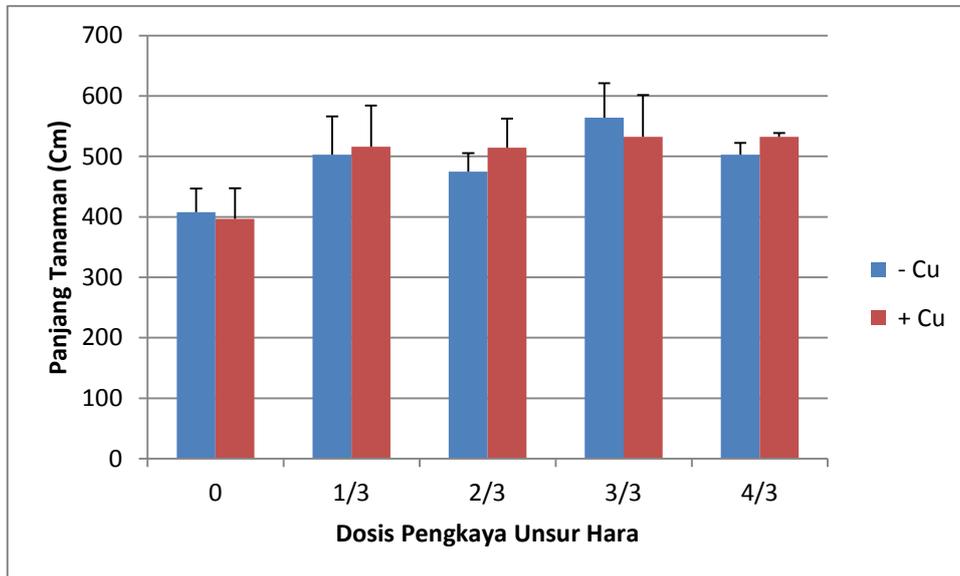
Asam-asam organik yang terkandung dalam senyawa humik ekstrak kompos menunjukkan tertinggi adalah asam asetat (CH_3COOH , alifatik dan karboksilat tunggal) yaitu di atas 56% dari total 8 macam asam organik yang dianalisis. Semua asam tersebut (Asetat, Fumarat, Ketoglutamat, Suksinat, Propionat, Butirat, Oksalat, dan Sitrat) mengandung gugus fungsional karboksilat ($-COOH$), baik rangkap maupun tunggal (Hart *et al.*, 2003). Gugus fungsional ini apabila mendisosiasi protonnya (ion H^+), maka senyawa atau asam akan bermuatan negatif (senyawa anion) dan dapat mengikat (kelat) Al atau logam lainnya yang ada di dalam tanah (Essington and Anderson, 2008).

Berdasarkan Tabel 1 di atas menunjukkan bahwa senyawa humik dari kompos dengan berbeda sumber (kelapa sawit dan jerami padi) relatif sama dan jika berbeda adalah besarannya. Data ini dapat memperkaya informasi selama ini yang menyatakan bahwa sifat-sifat kompos, khususnya senyawa humik, sangat tergantung pada asal bahan. Perbedaan variabel tersebut pada nilai besarannya yaitu sebagai contoh senyawa humik asal limbah tandan kosong kelapa sawit mempunyai pH 8,6 yang lebih tinggi dibandingkan dengan dari jerami padi yaitu 7,6.

Variabel Agronomis Tanaman Mentimun terhadap Perlakuan Penambahan Cu dan Dosis Pengkayaan Unsur Hara

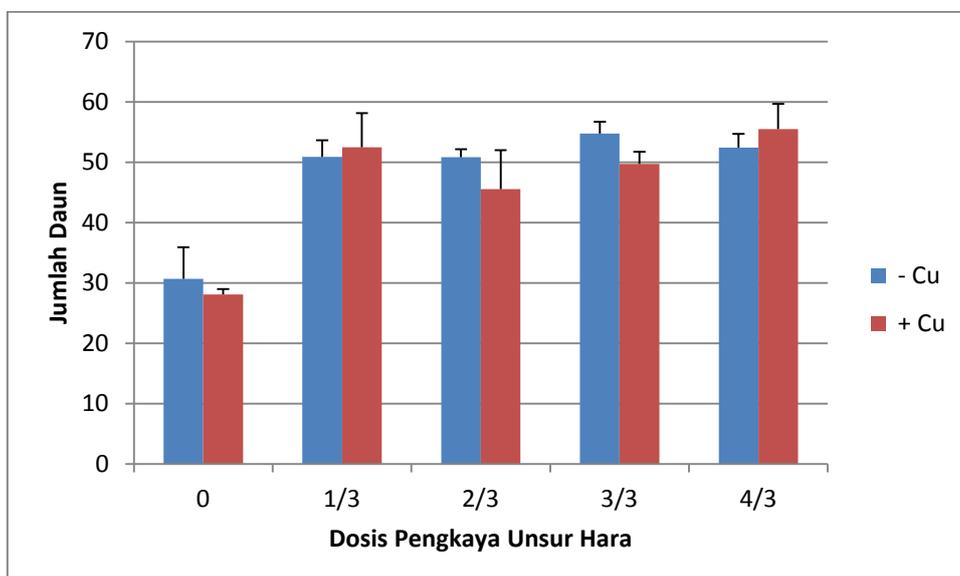
Variabel agronomis tanaman indikator yaitu mentimun yang digunakan untuk mengevaluasi pengaruh perlakuan penambahan logam berat Cu dan penambahan berbagai

konsentrasi bahan pengkaya unsur hara pada senyawa humik adalah: panjang tanaman, jumlah daun, berat basah buah dan panjang buah yang disajikan pada Gambar 1 hingga 4.



Gambar 1. Panjang tanaman mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

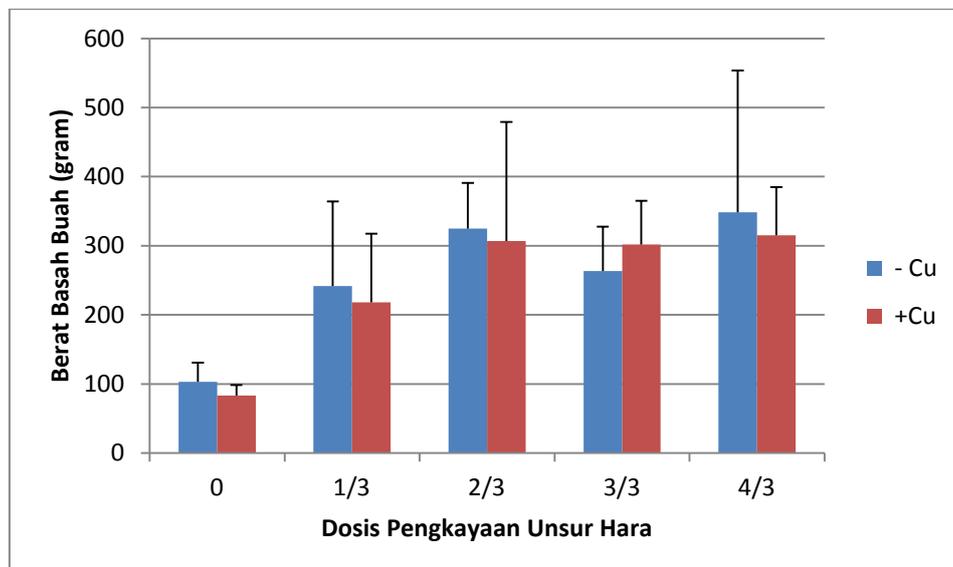
Berdasarkan pengukuran di lapangan menunjukkan bahwa panjang tanaman mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara disajikan pada Gambar 1. Berdasarkan gambar tersebut menunjukkan bahwa penambahan logam Cu (300 mg $\text{Cu}(\text{OH})_2/\text{kg}$ media tanam) pada media tanaman yang ditanami mentimun dan diperlakukan penambahan senyawa humik yang diperkaya beberapa dosis unsur hara tidak berbeda nyata



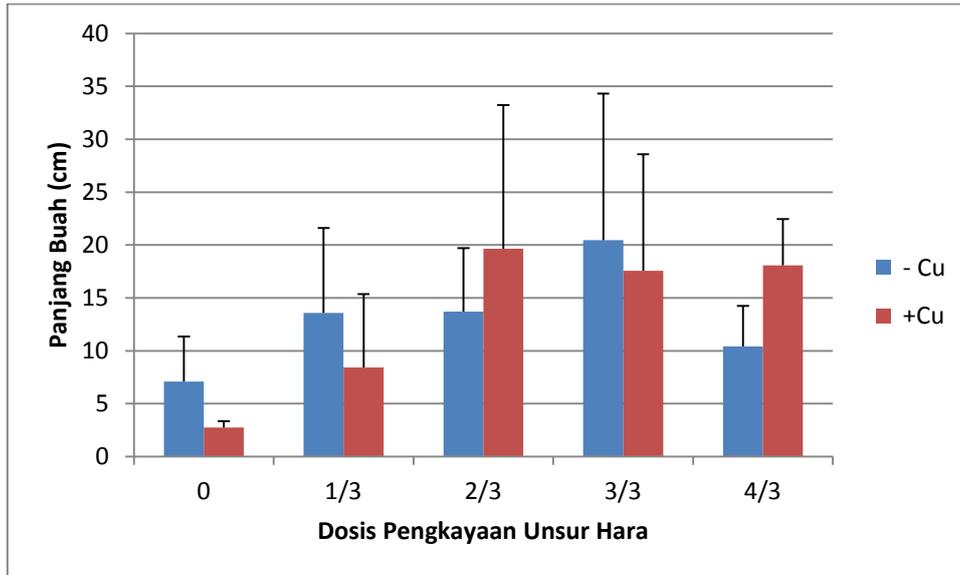
Gambar 2. Jumlah daun tanaman mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

(warna biru terhadap merah). Akan tetapi apabila dilihat pengaruh pengkayaan unsur hara pada senyawa humik yang diberikan pada media tanam menunjukkan berbeda nyata apabila dibandingkan dengan yang tidak diperlakukan yaitu rata-rata 407,4 cm (antar gambar yang berwarna sama baik biru maupun merah). Panjang tanaman pada perlakuan 3/3 dosis pengkayaan unsur hara (NPK) menunjukkan perlakuan paling besar dalam memberikan kontribusi pemanjangan tanaman yaitu rata-rata 564,2 cm atau naik 38,5%.

Makin panjangnya tanaman mentimun ini ternyata juga diikuti dengan jumlah daun yang makin banyak (Gambar 2). Jumlah daun tanaman pada perlakuan 3/3 dosis pengkayaan unsur hara (NPK) juga menunjukkan perlakuan paling besar dalam memberikan kontribusi jumlah daun efektif tanaman yaitu rata-rata 82 cm atau naik 59 %. Perlakuan dosis pengkayaan unsur hara 3/3 berpengaruh pada panjang tanaman dan jumlah daun tertinggi ternyata tidak diikuti dengan produksi berat basah buah. Berat basah buah tertinggi pada perlakuan 4/3 dan diikuti 2/3. Hasil berat basah buah ini selengkapnya disajikan pada Gambar 3. Akan tetapi setelah dilihat panjang buah (Gambar 4), tertinggi pada perlakuan 3/3, seperti halnya pada panjang tanaman dan jumlah daun.

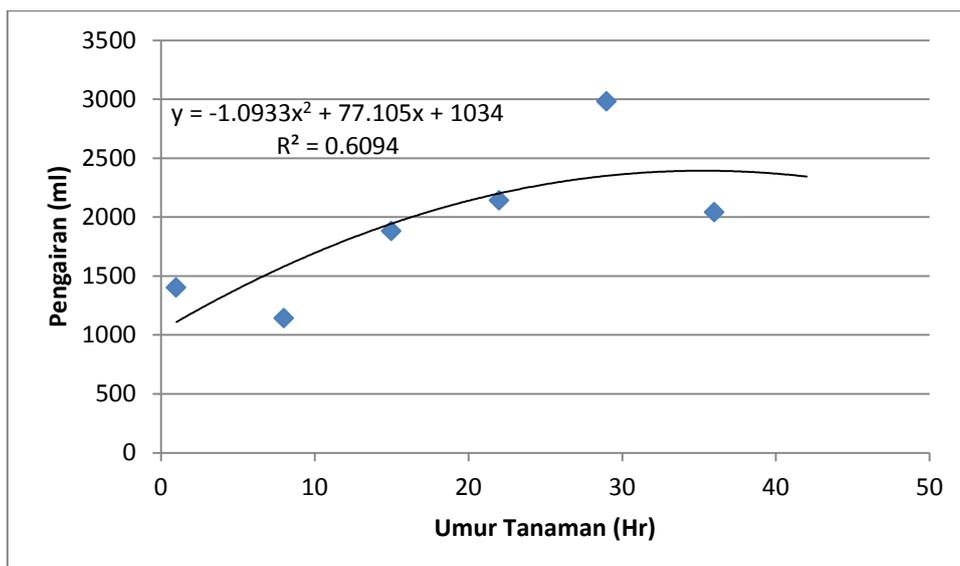


Gambar 3. Berat basah buah tanaman mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara



Gambar 4. Panjang buah tanaman mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

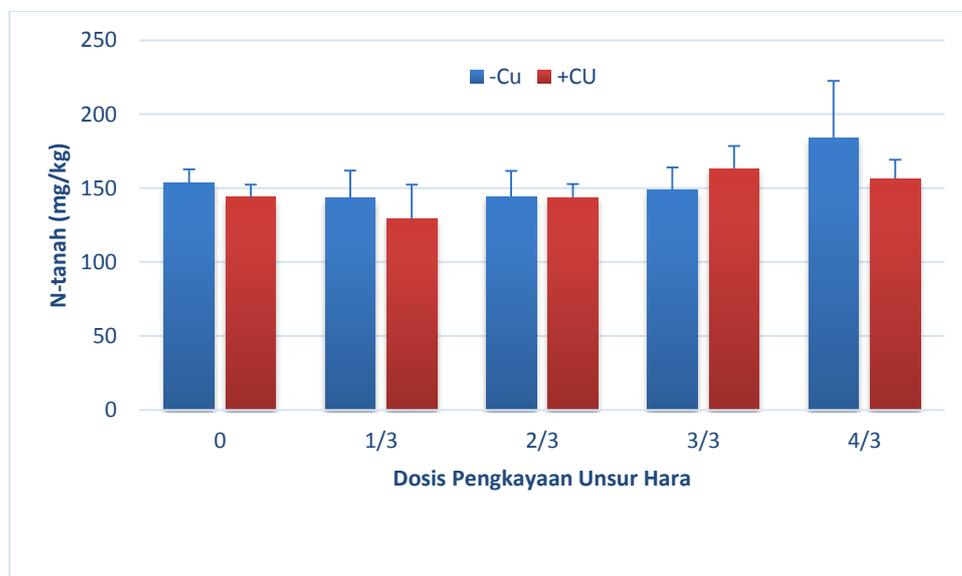
Evaluasi penggunaan air untuk pengairan tanaman mentimun selama 50 hari pertumbuhan pada media tanah 8 kg dan tertutup plastik disajikan dalam Gambar 5. Berdasarkan Gambar tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan air mengikuti pola kubik dengan rumus $Y = 11,093x^2 + 77,10x + 1034$ (Y = kebutuhan air tanaman dalam ml dan x adalah umur tanaman dalam hari). Kebutuhan air ini khususnya hanya untuk transpiransi, karena evaporasi tidak terjadi atau dapat diabaikan karena pot penanaman ditutup dengan plastic.



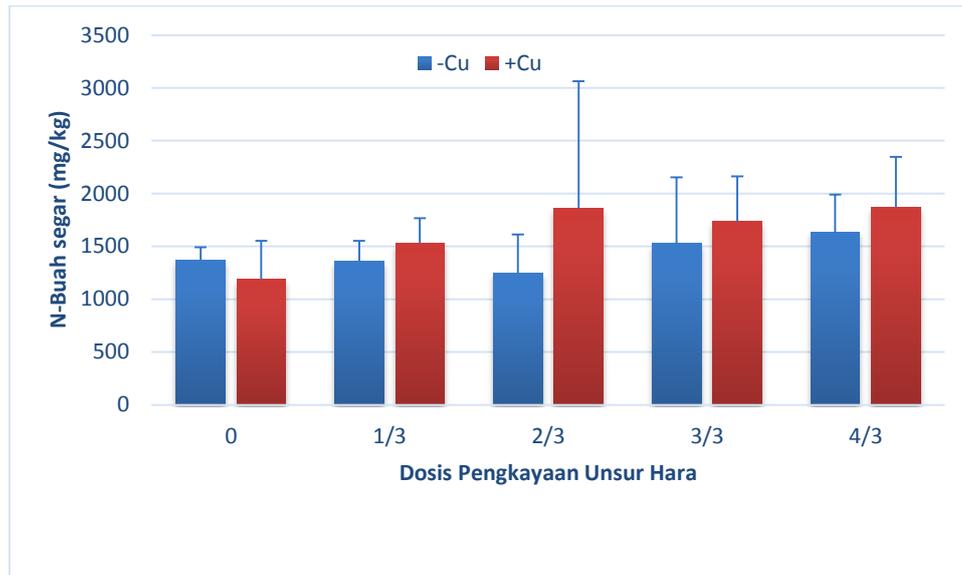
Gambar 5. Rata-rata penggunaan air selama pertumbuhan tanaman mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

Kadar dan serapan unsur hara makro NPK dan logam berat Cu

Perlakuan pengkayaan unsur hara pada senyawa humik ekstrak kompos kelapa sawit yang dikombinasikan dengan penambahan logam berat Cu tidak secara nyata menaikkan kadar N-total tanah setelah panen tanaman mentimun (Gambar 6). Kadar N-total tanah tersebut sekitar 150 mg N.kg^{-1} atau tergolong sangat rendah. Berdasarkan Hardjowigeno (1995) kadar N-total tanah dikatakan tinggi bervariasi antara 5.100 hingga 7.500 mg N.kg^{-1} . Kondisi atau status N tanah sangat rendah ini berdampak pada kadar N jaringan dalam buah mentimun yang rendah pula (Gambar 7). Hubungan atau korelasi N-total tanah dengan konsentrasi N dalam jaringan buah termasuk rendah yaitu 0,21 dan perbandingan rata-rata antara N dalam jaringan dengan di tanah sekitar 10,2 yaitu kadar N dalam jaringan lebih tinggi dibandingkan dengan di dalam tanah. Perbandingan tersebut untuk perlakuan penambahan Cu lebih tinggi dibandingkan yang tidak diperlakukan dengan Cu. Berdasarkan Gambar 7 tersebut juga menunjukkan bahwa perlakuan penambahan logam berat Cu dalam bentuk Cu(OH)_2 sebesar 300 mg.kg^{-1} justru cenderung meningkatkan kadar N dalam buah mentimun. Peningkatan N dalam buah rata-rata sekitar 304 mg N.kg^{-1} .

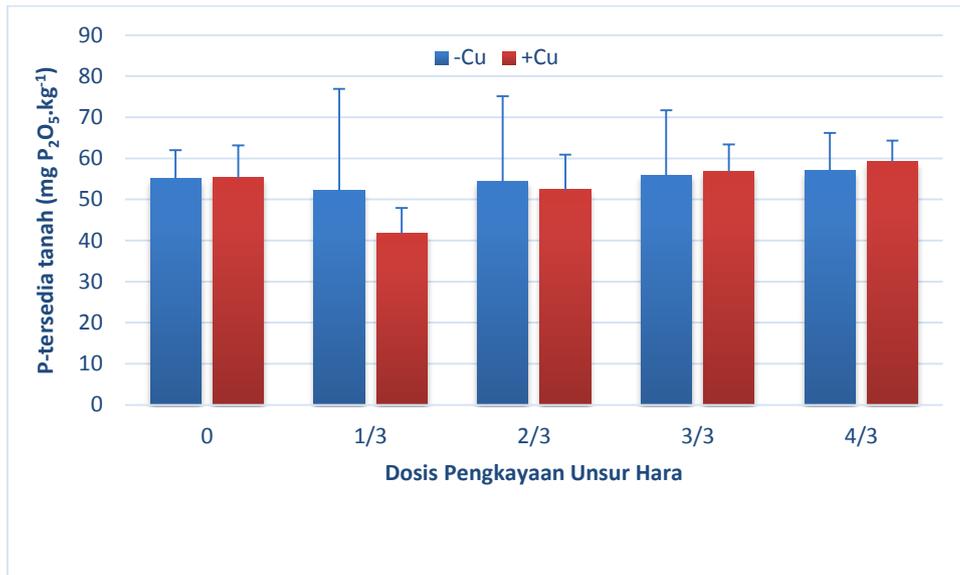


Gambar 6. Konsentrasi N-total tanah setelah panen mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

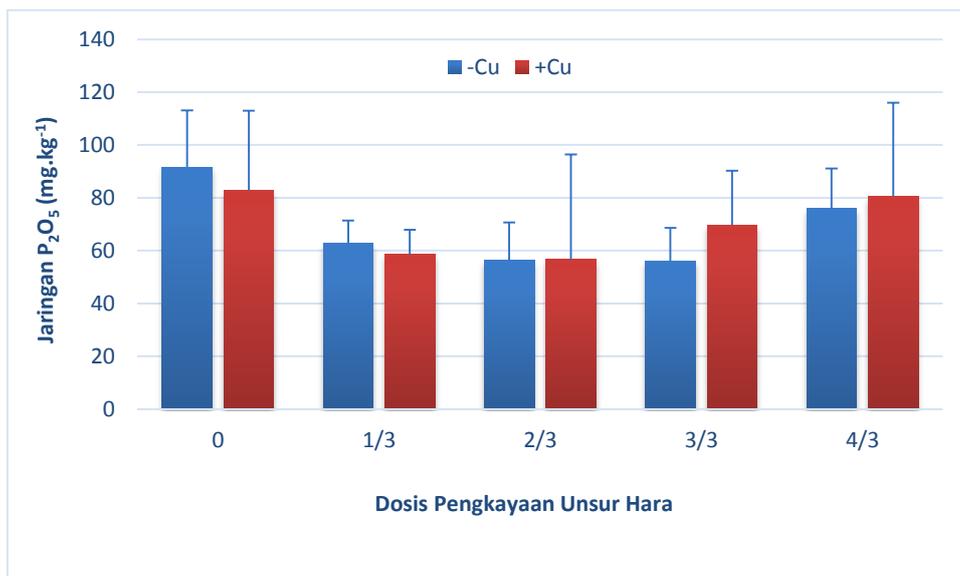


Gambar 7. Konsentrasi N buah segar mentimun setelah panen terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

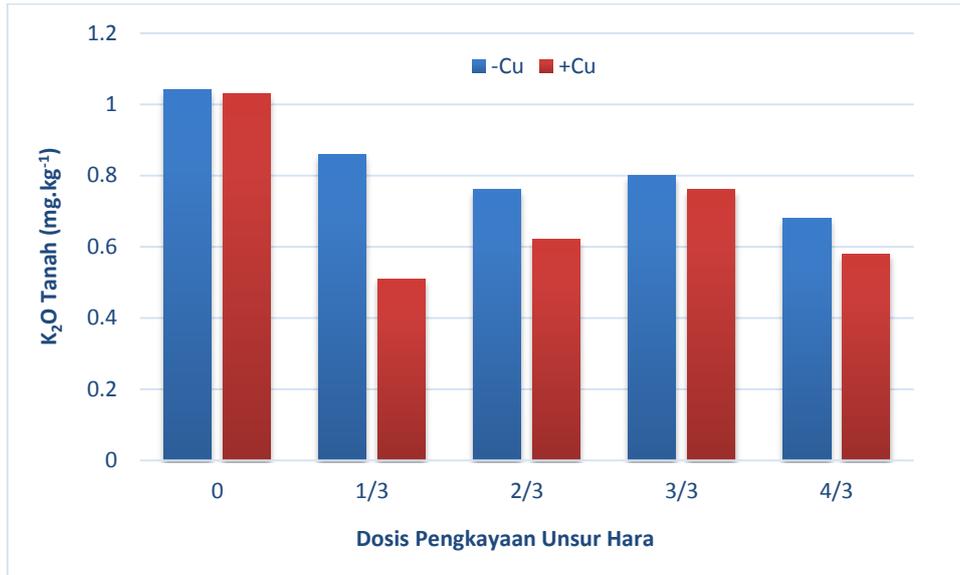
Berbeda halnya dengan kadar N-total tanah yaitu ketersediaan atau kadar P-tersedia tanah setelah panen sangat tinggi dan juga relatif sama yaitu bervariasi sekitar 50 hingga 60 mg $P_2O_5.kg^{-1}$. Status kadar P-tersedia ini termasuk tinggi bervariasi antara 26 hingga 35 mg $P_2O_5.kg^{-1}$. Status P-tersedia yang sangat tinggi ini berakibat tidak nyata pada kadar P-tersedia terhadap penambahan senyawa humik yang diperkaya. Selain itu, berdasarkan Gambar 8 menunjukkan bahwa perlakuan penambahan senyawa humik yang diperkaya unsur hara makro justru menurunkan kadar P dalam buah mentimun. Besarnya penurunannya rata-rata sekitar 0,32 mg $P_2O_5.kg^{-1}$. Nampaknya kondisi ini menggambarkan Hukum Minimum Leibig dan dalam hal ini yang menjadi faktor pembatas yaitu kondisi minimumnya adalah kadar atau status N-total tanah yang sangat rendah. Korelasi antara P-tersedia di dalam tanah dengan P dalam jaringan buah mentimun adalah 0,46 atau sedang dan rata-rata perbandingan P dalam jaringan buah tanaman dengan dalam tanah adalah sekitar 1,28 dengan nilai perbandingan pada yang diperlakukan dengan Cu lebih tinggi.



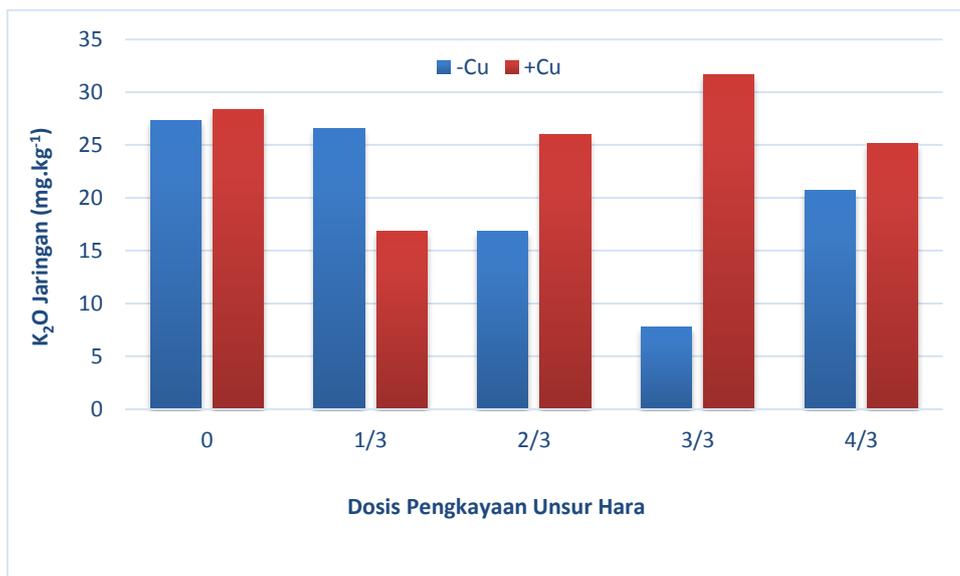
Gambar 8. Konsentrasi P-tersedia tanah setelah panen mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara



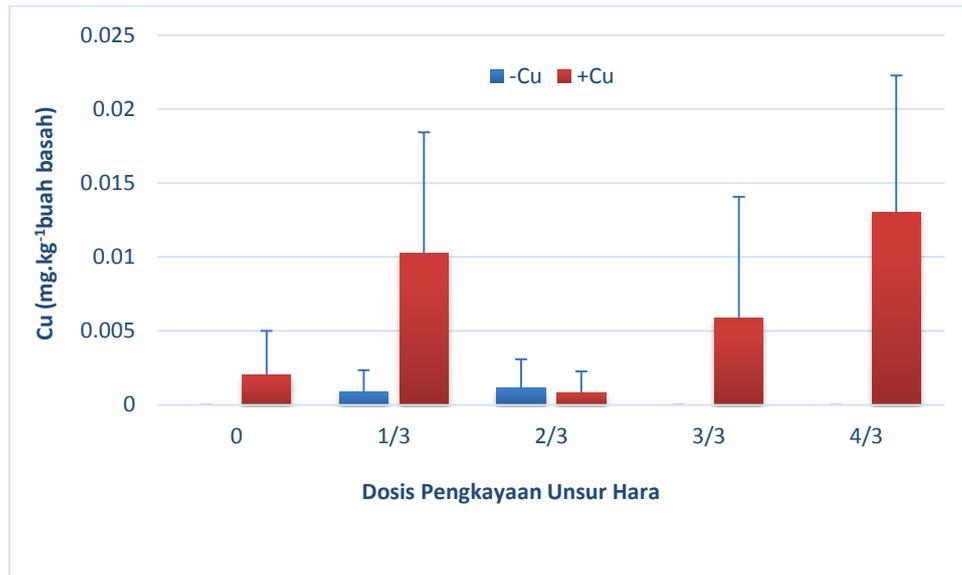
Gambar 9. Konsentrasi P buah segar mentimun setelah panen mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara



Gambar 10. Konsentrasi K-tersedia tanah setelah panen mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara



Gambar 11. Konsentrasi K buah segar mentimun setelah panen mentimun terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara



Gambar 12. Konsentrasi Cu dalam buah segar mentimun setelah panen terhadap perlakuan penambahan Cu dan dosis pengkayaan unsur hara

Penambahan atau perlakuan logam berat Cu dalam bentuk $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dalam media tanam mentimun terbukti meningkatkan kadar Cu dalam buah mentimun. Berdasarkan Gambar 12 menunjukkan bahwa perlakuan Cu dalam media secara nyata meningkatkan serapan Cu atau kadar Cu dalam buah segar mentimun, khususnya yang ditunjukkan pada perlakuan dosis pengkayaan unsur hara 1/3, 3/3, dan 4/3 terhadap kontrol atau nol. Konsentrasi Cu atau logam berat dalam jaringan ini masih jauh lebih kecil apabila dibandingkan dengan hasil penelitian Moreira, *et al.* (2011) pada tanah-tanah terpolusi Zn berat. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa tanaman kadar Zn dalam jaringan tanaman *Verbascum virgatum*, *Hypochoeris radicata*, *Phalaris arundinacea*, *Conyza bilbaoana*, *Paspalum urvillei* dan *Aster squamatus* bervariasi dari 34 mg.kg^{-1} dalam batang dan daun hingga 2.440 mg.kg^{-1} dalam akar tanaman. Oleh karena itu, kondisi ini apabila dihubungkan dengan produksi buahnya menunjukkan bahwa penambahan Cu sebesar 300 mg.kg^{-1} tidak berpengaruh secara nyata menurunkan produksi buah (Gambar 11). Hal yang menarik juga ditunjukkan dari hasil penelitian An, *et al.* (2011) membandingkan lima spesies tanaman (tomat, jagung, kelentong hijau, kubis, dan herbal Japan) terhadap serapan kontaminan logam berat (Cd, Pb, Cr, Cu, dan Fe) menunjukkan bahwa tomat menyerap paling banyak dibandingkan dengan tanaman lainnya, khususnya pada logam Cd. Akumulasi logam dalam tomat ini akan meningkat jika tanaman ditanam secara campuran dengan spesies tanaman lainnya.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

- 1) Kadar senyawa humik segar atau murni dari ekstrak kompos limbah tandan kosong kelapa sawit sangat rendah yaitu 2,01 dan apabila dibandingkan dengan produk senyawa humik di pasaran (K-Humat Plus 26%), akan tetapi relatif sama apabila dibandingkan dengan senyawa humik ekstrak kompos jerami padi.
- 2) Kadar NPK senyawa humik juga rendah yaitu 0,01% N; 0,02% P₂O₅; dan 0,11% K₂O.
- 3) Kadar NaO juga rendah yaitu 0,01% yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan K-Humat Plus 26% yaitu sebesar 4,66%.
- 4) Penambahan logam Cu (300 mg Cu(OH)₂/kg media tanam) pada media tanaman yang ditanami mentimun dan diperlakukan penambahan senyawa humik yang diperkaya beberapa dosis unsur hara tidak berbeda nyata.
- 5) Pengkayaan unsur hara pada senyawa humik yang diberikan pada media tanam menunjukkan berbeda nyata apabila dibandingkan dengan yang tidak diperlakukan yaitu rata-rata 407,4 cm.
- 6) Panjang tanaman pada perlakuan 3/3 dosis pengkaya unsur hara (NPK) menunjukkan perlakuan paling besar dalam memberikan kontribusi pemanjangan tanaman yaitu rata-rata 564,2 cm atau naik 38,5%.
- 7) Berat basah buah tertinggi pada perlakuan 4/3 dan diikuti 2/3 dosis pengkayaan NPK dan panjang buah tertinggi pada perlakuan 3/3.
- 8) Kadar N-total tanah masih sangat rendah sehingga serapan NPK tanaman mentimun sangat rendah, sebaliknya kadar P-tersedia tanah sangat tinggi sehingga perlakuan penambahan senyawa humik yang diperkaya unsur hara justru menurunkan kadar P dalam jaringan buah segar mentimun.
- 9) Perbandingan unsur hara NPK dalam jaringan terhadap tanah lebih besar pada yang diperlakukan dengan penambahan Cu apabila dibandingkan dengan yang tidak diperlakukan dengan Cu.

DAFTAR PUSTAKA

- Balai Penelitian Tanah. 2006. Potensi Lahan Kering Masam untuk Pengembangan Pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 28(2): 16-17.
- Ditjenbun. 2006
- Stevenson, F.J. 1982. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction*. A Wiley-Interscience Pub. John Willey and Sons. Toronto.
- Taub, DR. and Goldberg D. 1996. Root system topology of plants from habitats differing in soil resource avail-ability. *Funct. Ecol.* 10: 258–264.
- Wang, N, N. Zhang, and M. Wang. 2006. Wireless sensors in agriculture and food industry. Recent development and future perspective. *Computer and Electronic in Agriciilture.* 50: 1-14.
- Winarso, S., E. Handayanto, Shekhfani, and D. Sulistyanto. 2009. Pengaruh kombinasi senyawa humik dan CaCO₃ terhadap Alumunium dan Fosfat Typic Paleudult Kentrong Banten. *Jurnal Tanah Tropika* Vol 14. No. 2 (89-95).
- Winarso, S., E. Handayanto, Shekhfani, and D. Sulistyanto. 2009. Pengaruh Senyawa Humik terhadap Aktivitas Alumunium dan Fosfat *Typic Paleudult* Kentrong Banten. *Agrivita* 31(3):214-222.
- Wichmann, W. 1992. *IFA World Fertilizer Use Manual*. Paris : International Fertilizer Industry Association. Paris.
- Yunindanova, MB. 2009. Tingkat Kematangan Kompos Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Penggunaan Berbagai Mulsa Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Tomat (*Licopersicon esculentum* Mill.) dan Cabai (*Capsicum annum* L.). Institut Pertanian Bogor. Bogor. 20-30.



Lampiran 1. Macam limbah kelapa sawit untuk pembuatan senyawa humik, tandan kosong (kiri) dan limbah pengolahan kelapa sawit (kanan)