

ANALISIS DIFUSI LARUTAN PUPUK MELALUI DINDING MORTAR ARANG SEKAM PADI

DIFFUSION ANALYSIS OF NUTRIENT SOLUTION THROUGH RICE HUSK CHARCOAL MORTAR WALL

Dian Fajar Lestari¹, Ahmad Tusi², M. Zen Kadir³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

^{2,3} Staf Pengajar Mahasiswa Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
email: ahmad.tusip@fp.unila.ac.id

Naskah ini diterima pada 03 Oktober 2016; revisi pada 15 Oktober 2016;
disetujui untuk dipublikasikan pada 27 Oktober 2016

ABSTRACT

The aim of this research is to determine diffusion coefficient of nutrient solution through rice husk charcoal mortar walls. This research used completely randomized design (CR) with factorial arrangement which consisted of factors. The first factor, the material composition ratios of mortars (cement : sand : rice husk charcoal), consisted of two levels: P₁ (1:3:3) and P₂ (1:3:4). The second factor, the concentration of nutrient consisted of three levels, namely K₁ (3 mS/cm), K₂ (6 mS/cm), and K₃ (9 mS/cm). Data set was analyzed by using ANOVA, then followed by using LSD at 5% significant level. Anova showed that there was interaction between mortar material composition and nutrient concentration. The best diffusion coefficient was found in the treatment P₂K₁ and P₂K₂ (1:3:4 and the nutrient concentrations 3 mS/cm, 6 mS/cm). Nutrient solution in the treatments could pass through the walls of mortar very well, so that it could be used as a means of fertigation.

Keywords: Fertigation, Diffusion, Nutrient Solution, and Rice Husk Charcoal Mortar.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai koefisien difusi larutan pupuk melalui dinding *mortar* arang sekam padi. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (CR) yang disusun secara faktorial dan terdiri dari dua faktor. Faktor pertama, rasio komposisi bahan *mortar* (semen: pasir: arang sekam padi), terdiri dari dua taraf: P₁ (1:3:3) dan P₂ (1:3:4). Faktor kedua, konsentrasi pupuk terdiri dari tiga taraf, yaitu K₁ (3 mS/cm), K₂ (6 mS/cm), dan K₃ (9 mS/cm). Data dianalisis dengan menggunakan ANOVA, kemudian dilanjutkan dengan menggunakan LSD pada tingkat signifikansi 5%. Anova menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara komposisi material *mortar* dan konsentrasi pupuk. Koefisien difusi terbaik ditemukan pada perlakuan P₂K₁ dan P₂K₂ (1:3:4 dan konsentrasi pupuk 3 mS/cm, 6 mS/cm). Larutan pupuk dalam perlakuan dapat melewati dinding *mortar* sangat baik, sehingga dapat digunakan sebagai alat fertigasi.

Kata kunci: Fertigasi, Difusi, Larutan Pupuk, dan *Mortar* Arang Sekam Padi.

I. PENDAHULUAN

Usaha untuk meningkatkan hasil pertanian dilakukan tidak hanya dengan cara pemenuhan air irigasi yang cukup akan tetapi juga dengan cara pemberian pupuk yang tepat sesuai kebutuhan tanaman melalui pemupukan. Pemupukan umumnya diberikan dengan cara ditebarkan di permukaan tanah, dibenamkan di dalam tanah, disemprotkan pada daun, atau melalui air irigasi yang disebut dengan fertigasi. Fertigasi diartikan sebagai proses pemupukan bagi tanaman melalui sistem irigasi dengan cara melarutkan pupuk ke dalam air irigasi (Landis,

pendorong aplikasi sistem fertigasi modern adalah perkembangan sistem irigasi mikro (irigasi tetes dan irigasi *sprinkler*). Selain telah diterapkan pada sistem irigasi mikro tersebut, sistem fertigasi juga telah dikembangkan pada sistem irigasi kendi.

Hasil pengukuran difusi larutan pupuk melalui dinding kendi dengan konduktivitas kendi sebesar 6.23×10^{-7} sampai dengan 7.25×10^{-7} cm/det mampu meloloskan larutan pupuk dengan permeabilitas sekitar 6.74×10^{-7} cm/det. Dinding kendi mampu meloloskan larutan pupuk sehingga kendi dapat digunakan sebagai alat

fertigasi (Hermantoro dkk, 2003). Selain kendi dari tanah liat, *mortar* arang sekam padi juga merupakan alternatif lain yang dapat dikembangkan sebagai alat fertigasi. Menurut Suwito dkk (2016), rasio komposisi bahan *mortar* (semen: pasir: arang sekam padi) masing-masing 1:3:3 dan 1:3:4 memiliki nilai konduktivitas hidrolis jenuh sebesar 9.72×10^{-7} dan 4.36×10^{-6} cm/det. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui kemampuan dinding *mortar* ASP meloloskan larutan pupuk dan untuk melihat pengaruh komposisi *mortar* ASP dengan konsentrasi larutan pupuk terhadap nilai koefisien difusi.

II. BAHAN DAN METODA

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli-September 2016 di Laboratorium Daya dan Alat Mesin Pertanian Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bahan-bahan yang digunakan yaitu larutan pupuk hidroponik, arang sekam padi, *mortar* dengan rasio komposisi bahan (semen: pasir: arang sekam padi), terdiri dari dua taraf: P₁ (1:3:3) dan P₂ (1:3:4), dan air. Peralatan yang digunakan yaitu tabung *monometer*, EC meter, pH meter, *stopwatch*, mistar, gelas ukur, bak air (ember), ayakan, cetok, timbangan, dop paralon, isolasi dan paralon.

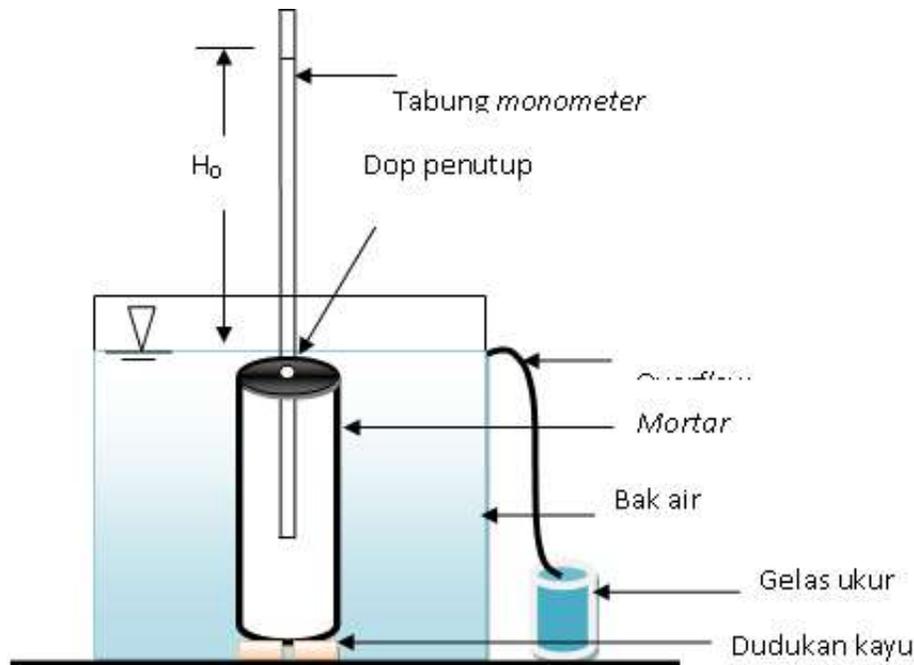
Prosedur pengukuran konduktivitas hidrolis jenuh *mortar* dengan metode *falling head* adalah:

1. *Mortar* ASP rasio komposisi bahan (semen: pasir: arang sekam padi), terdiri dari dua taraf: P₁ (1:3:3) dan P₂ (1:3:4) dicetak menggunakan paralon 4 *inchi* dan 2.5 *inchi* dengan ukuran diameter luar 10.96 cm dan diameter dalam 7.6 cm, tinggi 24 cm dan tebal dinding 1.5 cm.
2. *Mortar* ASP diisi air hingga penuh dan direndam ke dalam bak air selama tiga hari untuk penjemuran.
3. Setelah *mortar* ASP direndam, *mortar* yang telah dipasang tabung *monometer* dimasukkan ke dalam ember 20 liter dengan tujuan pengukuran konduktivitas hidrolis jenuh.
4. Tinggi air di ember dipertahankan konstan setinggi 19 cm dengan cara *overflow*.
5. Setelah air keluar dari lubang *overflow*, pengukuran tinggi air di tabung *monometer* dilakukan pada waktu *t*.
6. Persamaan *falling head* untuk perhitungan Ks menurut Stein (1990) dalam Abu-Zreig dan Attom (2004) dihitung menggunakan Persamaan 1:

$$\ln \frac{h_0}{h} = \frac{A \times K_s}{a \times L} \times t \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

- h*₀ = tinggi awal air di tabung *manometer* (cm),
- h* = tinggi air di tabung *manometer* pada waktu *t* (cm),



Gambar 1. Rangkaian pengukuran konduktivitas hidrolis

- A = luas area permukaan dinding mortar (cm²),
- a = luas penampang tabung manometer (cm²),
- L = ketebalan rata-rata dinding dari mortar (cm),
- Ks = konduktivitas hidrolik jenuh (cm/jam),
- t = waktu kumulatif (jam).

7. Diagram skematik *falling head* yang digunakan untuk mengukur konduktivitas hidrolik jenuh dari mortar ditunjukkan pada Gambar 1.

Prosedur pengukuran difusi larutan melalui dinding mortar dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mortar direndam dalam air selama 2 hari hingga jenuh.
2. Mortar diisi larutan sampai setinggi badan mortar.
3. Mortar dimasukkan dalam wadah yang telah diisi air.
4. Ketinggian air di dalam wadah tersebut dibuat sama tinggi dengan larutan pupuk dalam mortar.
5. Air yang dimasukkan pada ember sebanyak 11 liter air agar ketinggian sama.
6. Nilai EC, pH, dan suhu larutan pupuk di luar dan di dalam mortar diukur dengan waktu pengambilan data sehari dua kali yaitu pukul 8.00 dan 13.00 WIB.

7. Difusi larutan dalam media porus mengikuti hukum Fick (Hillel, 1971) dapat dihitung menggunakan Persamaan 2:

$$D = - \frac{\left(\frac{\Delta C \times V}{A \times \Delta t} \right)}{\frac{\Delta C}{\Delta x}} \dots\dots\dots(2)$$

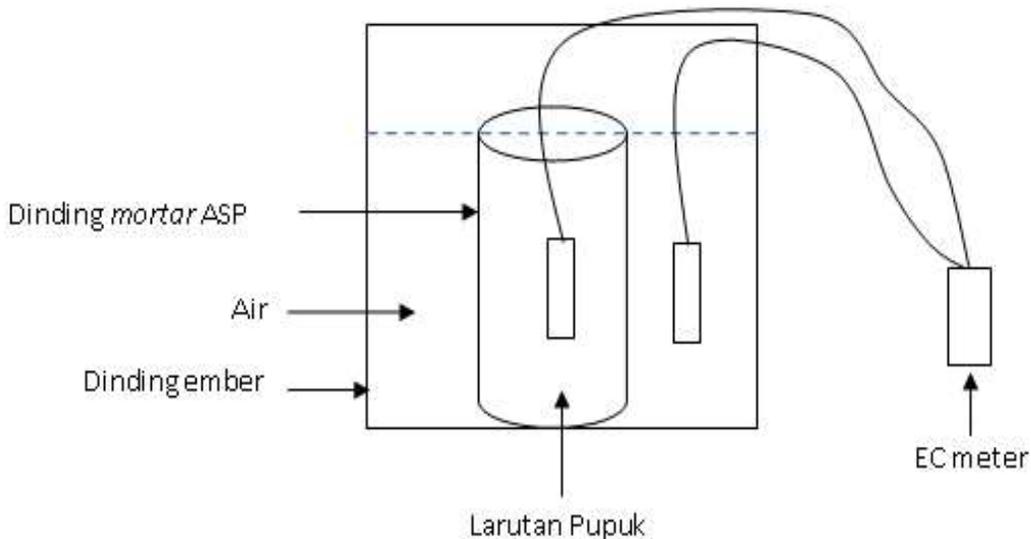
Keterangan:

- ΔC : perubahan konsentrasi di luar mortar (mS/cm)
- V : volume larutan luar mortar (cm³)
- A : luas penampang dinding mortar (cm²)
- Δt : interval waktu pengukuran (hari)
- ΔC : perbedaan konsentrasi dalam dan luar mortar (mS/cm)
- Δx : jarak atau tebal dinding (cm)

8. Rangkaian analisis difusi larutan pupuk pada dinding mortar arang sekam padi terlihat pada Gambar 2.

Rancangan percobaan dan analisis data yang dilakukan pada penelitian ini yaitu:

1. Rancangan percobaan konduktivitas hidrolik jenuh mortar ASP menggunakan rancangan acak lengkap (CR) terdiri dari satu faktor yaitu rasio komposisi bahan mortar (semen: pasir: arang sekam padi) yang terdiri dari dua taraf yaitu P₁ (1:3:3) dan P₂ (1:3:4). Masing-masing taraf memiliki 9 ulangan. Data konduktivitas hidrolik jenuh 18 mortar diuji kesamaan ragamnya dengan menggunakan uji F dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk tabel.



Gambar 2. Rangkaian pengukuran difusi larutan pupuk pada dinding mortar ASP

2. Rancangan percobaan nilai koefisien difusi *mortar* ASP menggunakan rancangan acak lengkap (CR) yang disusun secara faktorial dan terdiri dari dua faktor. Faktor pertama, rasio komposisi bahan mortar (semen: pasir: arang sekam padi), terdiri dari dua taraf: P_1 (1:3:3) dan P_2 (1:3:4). Faktor kedua, konsentrasi pupuk terdiri dari tiga taraf, yaitu K_1 (3 mS/cm), K_2 (6 mS/cm), dan K_3 (9 mS/cm). Data koefisien difusi yang diperoleh diuji kesamaan ragamnya dengan menggunakan uji F, dan apabila nyata dilanjutkan dengan uji beda nyata terkecil (BNT) pada taraf 5%.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Spesifikasi Tabung Monometer dan Mortar ASP

Nilai konduktivitas hidrolis jenuh *mortar* ASP diukur menggunakan peralatan berupa tabung *monometer*. Tingkat air di ember dipertahankan konstan dengan cara meluapkan air (*overflow*). Tabung *monometer* terbuat dari pipa bening berukuran 0.5 *inchi* dengan panjang 50 cm. Dimensi tabung *monometer* dan *mortar* ASP dapat dilihat pada Gambar 3.



Diameter dalam <i>mortar</i>	: 7.6 cm
Diameter luar <i>mortar</i>	: 10.96 cm
Tebal dinding <i>mortar</i>	: 1.6 cm
Tinggi <i>mortar</i>	: 19 cm
Panjang pipa <i>monometer</i> 0.5 <i>inchi</i>	: 50 cm
Dop penutup	: 4 <i>inchi</i>

Gambar 3. Dimensi tabung *monometer* dan *mortar* ASP

3.2. Konduktivitas Hidrolis Jenuh Mortar ASP

Perbandingan komposisi bahan *mortar* ASP yang di uji yaitu P_1 dan P_2 dengan perbandingan semen:pasir:arang sekam padi masing-masing (1:3:3 dan 1:3:4). Suwito dkk (2016) melaporkan hasil pengukuran konduktivitas hidrolis *mortar* ASP P_1 dan P_2 masing-masing sebesar 0.0035 dan 0.0157 cm/jam. Rata-rata nilai konduktivitas P_1 dan P_2 yang diperoleh masing-masing sebesar 0.00741 dan 0.01628 cm/jam. Nilai konduktivitas hidrolis jenuh P_2 tidak jauh berbeda dari yang diperoleh Suwito dkk (2016), sedangkan konduktivitas pada hidrolis jenuh P_1 sedikit berbeda diduga karena menggunakan jenis pasir yang berbeda. Analisis ragam konduktivitas hidrolis jenuh *mortar* ASP dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa komposisi *mortar* ASP berpengaruh nyata terhadap nilai konduktivitas hidrolis jenuh. Uji lanjut pada taraf 5 % (Gambar 4) menunjukkan bahwa nilai konduktivitas hidrolis *mortar* ASP P_1 dan P_2 berbeda nyata. Kandungan arang sekam berpengaruh nyata terhadap konduktivitas

Tabel 1. Analisis ragam konduktivitas hidrolis jenuh *mortar* ASP

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	P Value
Komposisi <i>Mortar</i> ASP	1	0.0003467	0.0003467	48.89	<.0001
Galat	16	0.0001135	0.00000709		
Total	17	0.0004600			

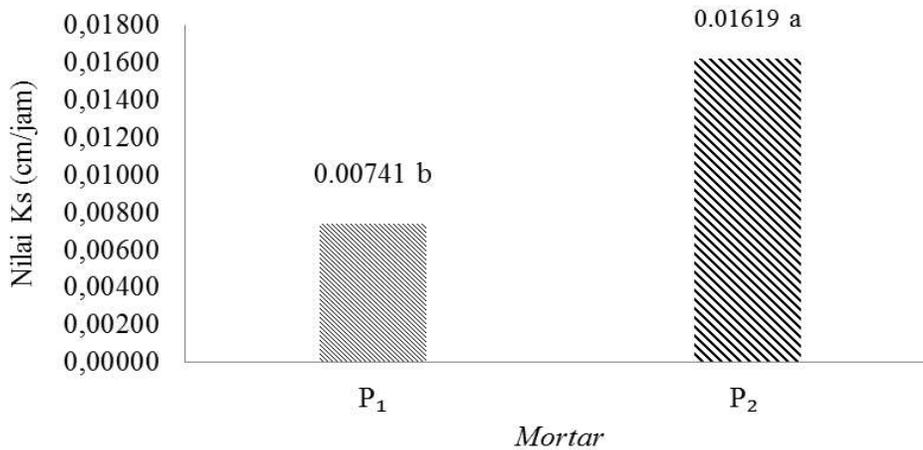
hidrolik jenuh (K_s). Semakin besar nilai konduktivitas hidrolik jenuh *mortar* ASP tingkat porositas semakin besar, dengan demikian *mortar* ASP P_2 lebih porus bila dibandingkan dengan P_1 . Hal ini menunjukkan bahwa bahan campuran arang sekam mempengaruhi tingkat porositas *mortar*. Konduktivitas hidrolik jenuh *mortar* ASP P_1 dan P_2 dapat dilihat pada Gambar 4.

3.3. Nilai Koefisien Difusi Dinding *Mortar* ASP

Kemampuan dinding *mortar* ASP meloloskan larutan pupuk dinyatakan sebagai difusi larutan

pupuk. Analisis difusi terdiri dari dua faktor, faktor pertama yaitu rasio komposisi bahan *mortar* (semen: pasir: arang sekam padi), terdiri dari dua taraf: P_1 (1:3:3) dan P_2 (1:3:4). Sedangkan faktor kedua yaitu konsentrasi pupuk yang terdiri dari tiga taraf masing-masing K_1 (3 mS/cm), K_2 (6 mS/cm) dan K_3 (9 mS/cm). Analisis ragam difusi larutan pupuk pada dinding *mortar* ASP dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan adanya interaksi antara faktor komposisi *mortar* ASP dan konsentrasi pupuk dengan nilai P value sebesar 0.0110 (nyata pada taraf 5%). Sedangkan P value baik untuk faktor komposisi *mortar* ASP dan faktor



Gambar 4. Konduktivitas hidrolik jenuh *mortar* ASP P_1 dan P_2

Tabel 2. Analisis ragam difusi larutan pupuk pada dinding *mortar* ASP

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hit	P Value
Komposisi <i>Mortar</i> ASP (P)	1	0.143307	0.1433307	44.08	<0.0001
Konsetrasi Pupuk (K)	2	0.079348	0.0396742	12.20	0.0013
Komposisi <i>Mortar</i> ASP * Konsetrasi Pupuk (P*K)	2	0.043741	0.0021871	6.73	0.0110
Galat	12	0.0390153	0.003251		
Total	17	0.3054125			

Tabel 3. Uji beda nyata terkecil interaksi faktor komposisi *mortar* ASP dengan konsentrasi pupuk

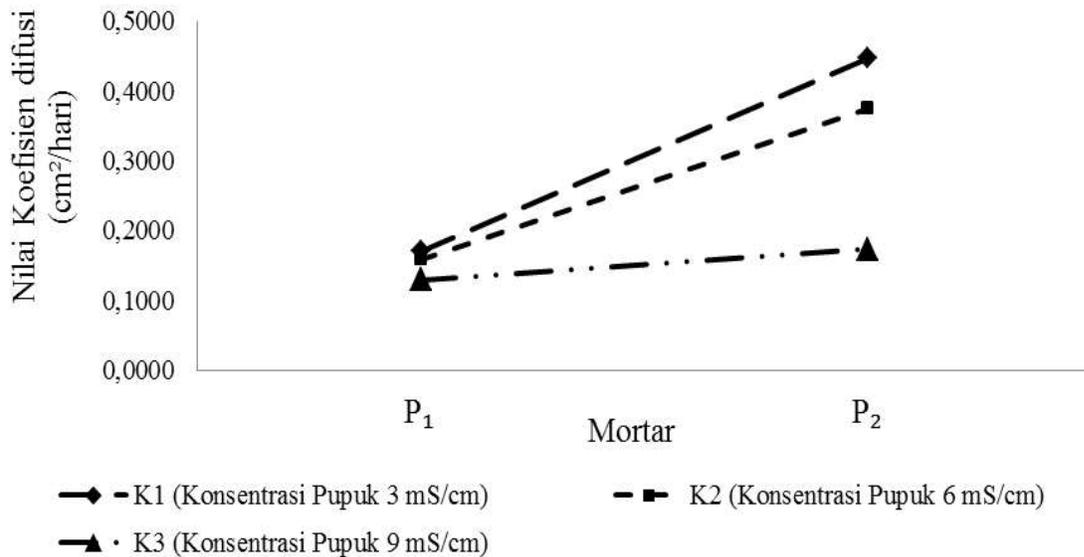
Rata-rata dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata			
Pengelompokan t	Rata-rata	Ulangan (N)	Perlakuan
A	0.44672	3	P_2K_1
A	0.37423	3	P_2K_2
B	0.17323	3	P_2K_3
B	0.17067	3	P_1K_1
B	0.15834	3	P_1K_2
B	0.12981	3	P_1K_3

konsentrasi pupuk kurang dari 0.01 (nyata pada taraf 1%). Hal ini menunjukkan bahwa masing-masing faktor memberikan pengaruh yang berbeda secara sangat nyata. Uji lanjut beda nyata tekecil interaksi faktor komposisi mortar ASP dengan konsentrasi pupuk dapat dilihat pada Tabel 3.

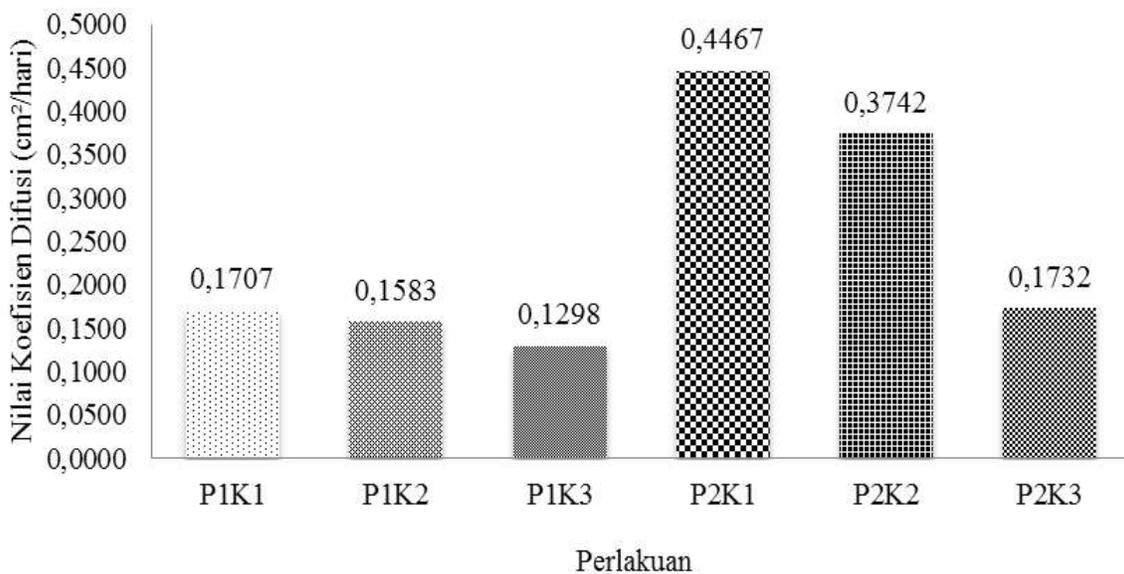
Uji lanjut beda nyata terkecil (Tabel 3) menunjukkan bahwa P_2K_1 berbeda nyata dengan semua perlakuan kecuali dengan P_2K_2 . Nilai koefisien difusi mortar ASP perlakuan P_2K_1 dan

P_2K_2 berbeda nyata dengan perlakuan P_1K_1 dan P_1K_2 , sedangkan perlakuan P_2K_3 tidak berbeda nyata dengan perlakuan P_1K_3 . Dengan demikian semakin pekat konsentrasi pupuk, nilai koefisien difusi P_1 dan P_2 tidak signifikan. Grafik konsentrasi 3 dan 6 mS/cm lebih curam bila dibandingkan grafik konsentrasi 9 mS/cm yang terlihat landai. Grafik perbedaan nilai difusi mortar ASP P_1 dan P_2 terlihat pada Gambar 5.

Nilai koefisien difusi P_2 tertinggi pada konsentrasi 3 mS/cm yaitu sebesar 0.4467 dan P_1 sebesar 0.1707 $cm^2/hari$. Sedangkan



Gambar 5. Perbedaan nilai difusi mortar ASP P₁ dan P₂



Gambar 6. Pengaruh interaksi komposisi mortar ASP (P) dan konsentrasi pupuk (K) terhadap nilai koefisien difusi

koefisien difusi P_2 terendah pada konsentrasi 9 mS/cm yaitu sebesar 0.1732 dan P_1 sebesar 0.1298 cm^2/hari . Nilai koefisien difusi dapat dilihat pada Gambar 6.

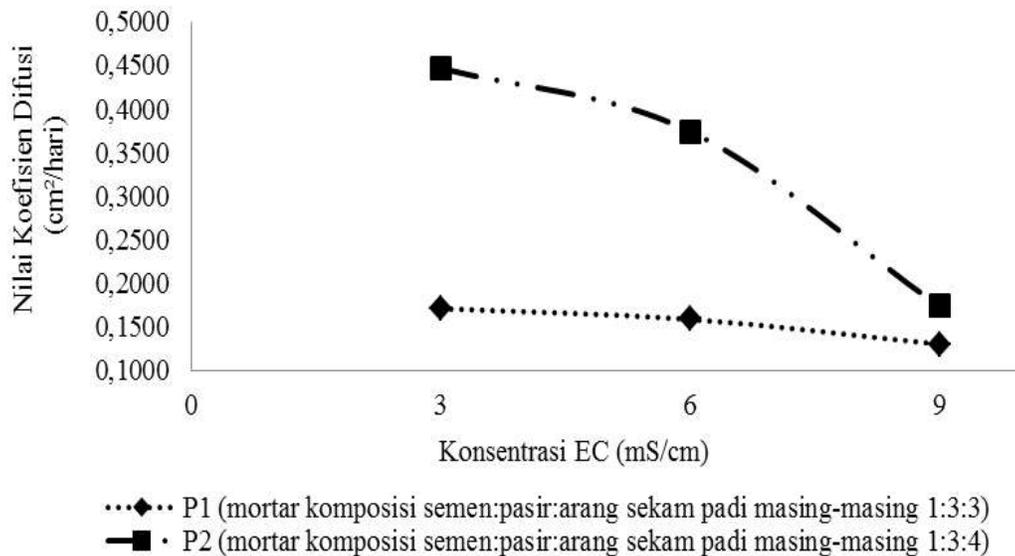
Nilai koefisien difusi mortar ASP P_1 tidak berbeda nyata dengan P_2 pada konsentrasi tinggi (9 mS/cm), dan sebaliknya nilai koefisien difusi semakin berbeda nyata pada konsentrasi rendah (3 dan 6 mS/cm). Dengan demikian nilai koefisien difusi P_1 dan P_2 tidak signifikan seiring bertambahnya konsentrasi larutan pupuk. Naik dkk (2008) melaporkan nilai difusi menurun seiring meningkatnya salinitas air irigasi yang dapat dikaitkan dengan meningkatnya nilai viskositas. Penurunan nilai koefisien difusi dapat dilihat pada Gambar 7.

Konsentrasi 3 mS/cm mencapai kesetimbangan pada hari ke-42 dengan perbandingan volume dalam dan luar sebesar 1:11. Kesetimbangan larutan pupuk terjadi pada saat konsentrasi larutan di dalam dan di luar mortar memiliki nilai EC yang sama. Lama kesetimbangan dipengaruhi tingkat konsentrasi larutan pupuk (Gambar 8), semakin tinggi konsentrasi maka kesetimbangan akan tercapai lebih lama.

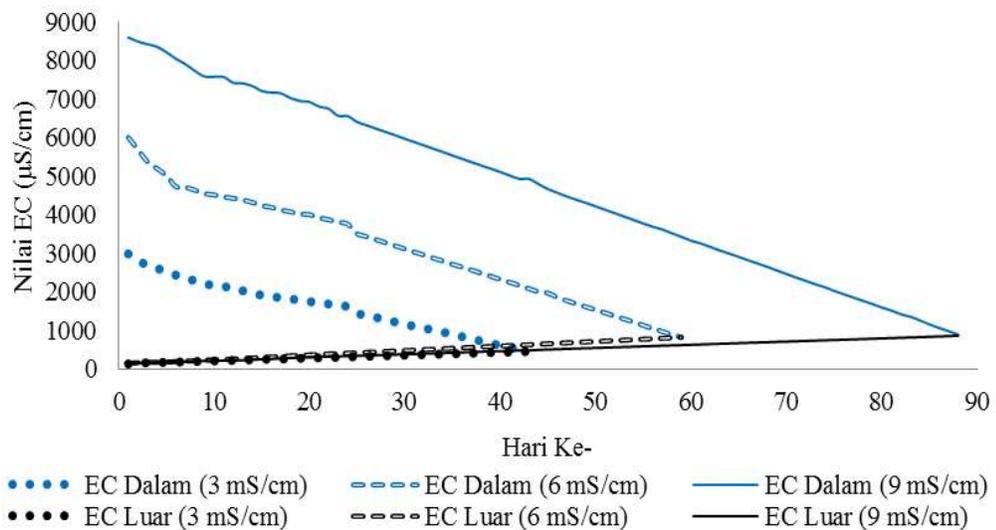
IV. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

1. Hasil pengukuran konduktivitas hidrolis jenuh (K_s) mortar ASP dengan komposisi semen : pasir : arang sekam padi masing-masing 1:3:3 (P_1) dan



Gambar 7. Penurunan nilai koefisien difusi



Gambar 8. Lama kesetimbangan larutan pupuk

1:3:4 (P_2) sebesar 0.00741 dan 0.01628 cm/jam. Kandungan arang sekam berpengaruh nyata terhadap konduktivitas hidrolis jenuh (K_s).

2. Hasil analisis ragam menggunakan taraf 5% terdapat interaksi antara faktor komposisi *mortar* ASP dan konsentrasi larutan pupuk. Perlakuan P_2K_1 dan P_2K_2 (kombinasi perlakuan *mortar* ASP dengan komposisi arang sekam padi : pasir : semen 1:3:4 (P_2) dengan konsentrasi pupuk 3 mS/cm (K_1) dan 6 mS/cm (K_2) adalah yang optimum pada penelitian ini. Nilai koefisien difusi *mortar* ASP P_1 dan P_2 untuk konsentrasi pupuk 3 dan 6 mS/cm berbeda nyata, sedangkan untuk konsentrasi 9 mS/cm tidak berbeda nyata. Nilai koefisien difusi *mortar* ASP P_2 pada konsentrasi 3, 6, dan 9 mS/cm masing-masing sebesar 0.4467, 0.3739, dan 0.1732 cm²/hari, sedangkan nilai rata-rata koefisien difusi *mortar* ASP P_1 pada konsentrasi 3, 6, dan 9 mS/cm masing-masing sebesar 0.1707, 0.1583, dan 0.1298 cm²/hari.

4.2. Saran

1. Diperlukan *mortar* ASP yang lebih porus lagi untuk budidaya tanaman dengan sistem hidroponik atau perlu diperbesar ukuran luas penampang sehingga EC setimbang sesuai dengan kebutuhan tanaman;
2. Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai pengaruh suhu terhadap nilai koefisien difusi.

V. DAFTAR PUSTAKA

Abu-Zreig, M.M. and M.F. Atoum. 2004. Hydraulic Characteristics and Seepage Modelling of Clay Pitchers Produced in Jordan. *Canadian Biosystem Engineering*. Vol. 46:1-15.

Hermantoro. B. I. Setiawan., S. Hardjoamidjojo., dan M.H. Bintoro. 2003. Efektifitas Sistem Fertigasi Kendi pada Tanaman Ladu Perdu (*Piper nigrum* Linn). *Buletin Keteknik Pertanian Institut Pertanian Bogor*. Vol. 17(1): 1-7.

Hillel, D. 1971. *Soil and Water physical principles and Processes*. Academic Press. New York. San Francisco. London. 288 halaman.

Landis T.D., J. R. Pinto., and A. S. Davis. 2010. *Fertigation - Injecting soluble fertilizers into the irrigation system: Part 2*. Forest Nursery Note.

Naik, B.S., R.K. Panda., S.C. Nayak., and S.D. Sharma. 2008. Hydraulics and salinity profile of pitcher irrigation in saline water condition. *Agricultural Water Management*. Vol. 95:1129-1134

Suwito, M., A. Tusi., dan A. Haryanto. 2016. Pengaruh Penambahan Arang Sekam Padi Terhadap Sifat Konduktivitas Hidrolis Pipa Mortar. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol.5(1): 43-48