

HANTARAN HIDROLIK JENUH PADA PROFIL LATOSOL DI PERKEBUNAN CENGKEH ZANZIBAR

A.Z. Purwono Budi Santosa

Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian UPN "Veteran" Yogyakarta
Jl. SWK 104 (Lingkar Utara) Condongcatur Yogyakarta

ABSTRACT

Saturated Hydraulic Conductivity on Latosol Profile in the Zanzibar Clove Plantation. (A.Z. Purwono Budi Santosa): Laboratory study on the three soil profiles of Latosols in the Zanzibar clove plantation were done to obtain information on effective saturated hydraulic conductivity, and distributions of hydrostatic pressure and hydraulic head in the profiles. Soil samples were collected from each soil layer of the profiles. The soil samples were analyzed for saturated hydraulic conductivity, texture, porosity and organic carbon. Effective hydraulic conductivity of three soil profiles were 0.59 cm/hour, 1.85 cm/hour and 4.62 cm/hour, respectively for Dliwang, Petung I and Petung II profiles. The soil profile from Petung I showed the biggest variation in the hydrostatic pressure along the depth.

Keywords: Latosols, saturated hydraulic conductivity

PENDAHULUAN

Latosol terbentuk di wilayah beriklim tropika sampai subtropika. Tanah tersebut di Indonesia umumnya berasal dari batuan induk vulkanik, baik tuff maupun batuan beku, terdapat pada ketinggian 0 – 900 m di atas permukaan laut, dengan topografi miring, bergelombang, sampai pegunungan dengan curah hujan 2.500 – 7.000 mm (Darmawijaya, 1990). Latosol merupakan jenis tanah yang memiliki keragaman sifat yang sangat besar. Keragaman ini dapat disebabkan oleh pengaruh bahan induk, curah hujan, topografi, maupun bahan organik. Salah satu keragaman yang besar adalah kemampuan Latosol meloloskan air.

Menurut Saidi (2006), terdapat tiga macam gerakan air dalam tanah yaitu aliran jenuh, aliran tak jenuh, dan gerakan uap. Aliran jenuh dan tak jenuh melibatkan air dalam bentuk cair, sedangkan gerakan uap melibatkan air dalam bentuk gas. Pada umumnya tanah berada pada keadaan tak

jenuh, yaitu sebagian pori terisi udara dan sebagian pori yang lain terisi air. Pada saat hujan atau sehabis hujan deras, saat tanah mendapat irigasi, dapat terjadi tanah berada dalam keadaan jenuh, yaitu seluruh pori baik yang berukuran besar maupun kecil terisi air.

Aliran air dalam keadaan tanah jenuh ditentukan oleh 2 faktor utama yaitu gaya hidrolik (*hydraulic force*) dan hantaran hidrolik (*hydraulic conductivity*). Gaya hidrolik menyebabkan air menembus tanah, sedangkan hantaran hidrolik merupakan sifat mudah tidaknya tanah meloloskan air (Kertonegoro, 1996; Scott, 2000).

Hantaran hidrolik biasa diukur dengan mengambil sampel tanah dari lapangan kemudian diukur nilai hantaran hidrolik jenuhnya di laboratorium. Sesuai dengan lapisan tanah tempat sampel diambil, maka nilai hantaran hidrolik yang diperoleh menggambarkan kemampuan lapisan tanah tersebut meloloskan air.

Untuk menghitung hantaran hidrolik jenuh pada profil secara keseluruhan dengan lapisan-lapisan yang berbeda, dilakukan penghitungan hantaran hidrolik jenuh efektif (K_{eff}) berdasarkan nilai hantaran hidrolik masing-masing lapisan. Hantaran hidrolik jenuh efektif (K_{eff}) tanah Latosol di bawah vegetasi cengkeh penting untuk diketahui untuk menggambarkan mudah tidaknya air meninggalkan profil tanah. Hal ini mengingat bahwa tanaman cengkeh membutuhkan air dalam jumlah yang cukup tetapi tidak sampai tergenang.

Rumus yang dapat digunakan untuk menghitung K_{eff} dinyatakan oleh Jury *et al.*, (1991) yaitu perhitungan hantaran hidrolik jenuh pada kolom tanah berlapis. Pada tulisan ini rumus tersebut diterapkan untuk mendapatkan informasi nilai hantaran hidrolik jenuh profil Latosol di bawah vegetasi cengkeh Zanzibar pada perkebunan PT Cengkeh Zanzibar di Kabupaten Kendal. Tulisan ini juga menggambarkan agihan tekanan hidrostatik dan *hydraulic head* pada profil tersebut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada profil Latosol perkebunan PT Cengkeh Zanzibar, Dukuh Boto, Kelurahan Curugsewu, Kecamatan Patean Kabupaten Kendal Jawa Tengah. Tiga profil tanah dibuat di lokasi vegetasi cengkeh yaitu Dliwang, Petung I dan Petung II. Lokasi Dliwang berada pada ketinggian 425 m di atas permukaan laut (dpl). Sedangkan lokasi Petung I dan II berada pada ketinggian berturut-turut 340 m dan 440 m dpl. Contoh tanah diambil dari tiap lapisan, kemudian diukur hantaran hidrolik jenuh (K) dengan metode *constant head permeameter* (Soekodarmodjo dkk., 1985), tekstur tanah dengan metode analisis granuler cara pipet, berat volume tanah dengan metode lilin, dan berat jenis tanah dengan metode piknometer.

Data hantaran hidrolik jenuh masing-masing lapisan dari tiap profil digunakan

untuk menghitung hantaran hidrolik efektif (K_{eff}) profil tersebut menurut rumus yang dikemukakan Jury *et al.*, (1991). Kerapatan aliran atau fluks air (J_w) dalam profil dihitung berdasarkan nilai K_{eff} , dan dengan data J_w dapat dihitung tekanan hidrostatik (p), serta ditentukan *hydraulic head* (H) pada masing-masing lapisan.

Gambar 1 menunjukkan aliran air melalui kolom tanah berlapis yang terdiri atas N lapisan, ketebalan tiap-tiap lapisan L_j , dan hantaran hidrolik jenuh tiap-tiap lapisan K_j ($j = 1, 2, \dots, N$).

Prosedur perhitungan aliran air melalui lapisan-lapisan tanah (profil) jenuh tercantum dalam Tabel 1. Perhitungan hantaran hidrolik jenuh tanah berlapis tersebut menghasilkan satu nilai hantaran hidrolik jenuh yang mewakili seluruh lapisan, yaitu sebesar K_{eff} . Kerapatan aliran melalui kolom tanah berlapis (J_w) dapat dihitung berdasarkan kerapatan aliran yang melalui kolom tanah homogen (J_w efektif) dengan hantaran hidrolik sebesar K_{eff} .

Perhitungan K_{eff} , J_w , p dan H

Rumus 1:

$$K_{eff} = \frac{\sum_{j=1}^N L_j}{\sum_{j=1}^N \frac{L_j}{K_j}}$$

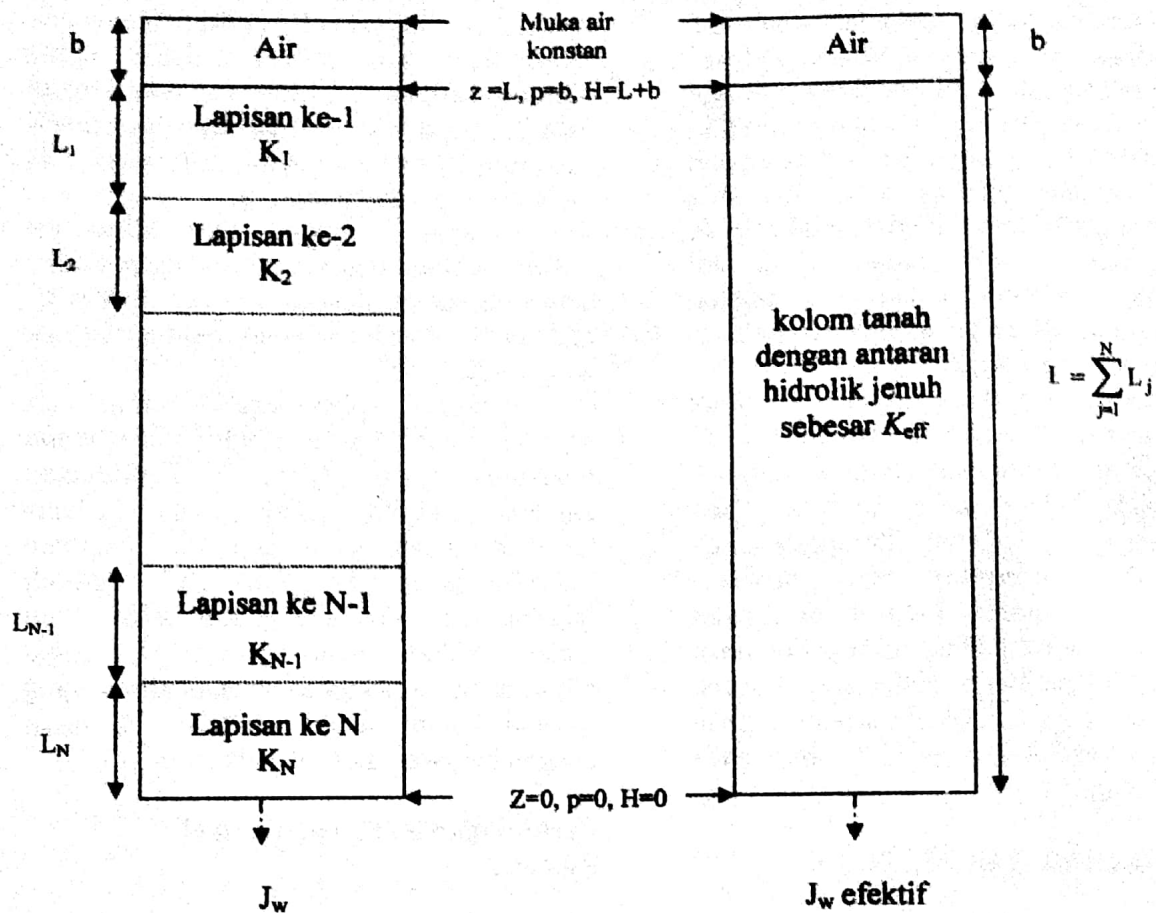
K_{eff} = hantaran jenuh efektif (cm/jam)
 L_j = tebal tanah lapisan ke- j (cm)
 K_j = hantaran hidrolik jenuh lapisan ke- j (cm/jam)

Rumus 2:

$$J_w = -\frac{K_{eff}(H_t - H_b)}{z_t - z_b}$$

$$H = p + z$$

J_w = kerapatan aliran (cm/jam)
 H_t = *hydraulic head* pada titik di permukaan profil/lapisan (cm)
 = $p_t + z_t$ (cm)
 H_b = *hydraulic head* pada titik di dasar profil/lapisan (cm)
 = $p_b + z_b$ (cm)



Gambar 1. Perhitungan aliran air melalui lapisan-lapisan tanah jenuh

Tabel 1. Prosedur perhitungan aliran air melalui lapisan-lapisan tanah jenuh

Langkah	Prosedur
Langkah 1	Menentukan titik acuan $z = 0$
Langkah 2	Menghitung K_{eff} menggunakan rumus (1)
Langkah 3	Menghitung J_w menggunakan rumus (2)
Langkah 4	Menghitung p untuk masing-masing lapisan menggunakan rumus (2)

Sumber: Jury *et al.* (1991)

Perhitungan tekanan hidrostatika dan *hydraulic head* didasarkan atas data yang diperoleh dari pengamatan profil dan hantaran jenuh masing-masing lapisan dilakukan dengan mengikuti langkah-

langkah menurut Tabel 1. Berikut ini diuraikan contoh perhitungan untuk profil Diliwang.

Langkah 1:

- Membuat bagan profil tanah dan menetapkan titik $z = 0$ pada lapisan paling bawah dari profil.
- Menentukan nilai z pada titik yang lain sampai ke permukaan tanah (Gambar 2-A).

Langkah 2 :

- Menghitung K_{eff} menggunakan rumus (1):

$$K_{eff} = \frac{16 + 43 + 19 + 32 + 30}{\frac{16}{0,70} + \frac{43}{0,51} + \frac{19}{0,70} + \frac{32}{0,50} + \frac{30}{0,77}} = 0,59 \text{ cm/jam}$$

Langkah 3:

- Menetapkan titik b pada dasar profil, dimana $z_b = z_1 = 0$, $p_b = p_1 = 0$, dan $H_b = H_1 = 0$.
- Menetapkan titik t pada permukaan profil, dimana $z_t = z_6 = 140$, $p_t = p_6 = 2$ dan $H_t = H_6 = 140 + 2 = 142$.
- Menghitung J_w menggunakan rumus (2):

$$J_w = -\frac{0,59(142 - 0)}{(140 - 0)} = -0,60 \text{ cm/jam}$$

- Tanda negatif pada J_w menunjukkan arah aliran ke bawah (sumbu- y negatif).
- Nilai kerapatan aliran (J_w) ini sama untuk semua titik di sepanjang profil karena dihitung berdasar nilai K_{eff} .

Langkah 4:

- Setelah J_w diketahui, dilakukan perhitungan p untuk titik-titik lain yaitu titik pada batas antar lapisan tanah, menggunakan rumus (2), misalnya perhitungan p dan H untuk titik 2 adalah sebagai berikut:

$$J_w = -\frac{K_2(H_2 - H_1)}{(z_2 - z_1)} = -\frac{K_2(p_2 + z_2 - p_1 - z_1)}{(z_2 - z_1)}$$

$$-0,60 \text{ cm/jam} = -\frac{0,77(p_2 + 30 - 0 - 0)}{(30 - 0)}$$

$$p_2 = 6,68 \text{ cm}$$

$$H_2 = p_2 + z_2 = 6,68 + 30 = 36,68 \text{ cm}$$

- Dengan cara yang sama digunakan untuk perhitungan p dan H di titik-titik 3, 4 dan 5 yang lain (Gambar 2A). Nilai p dan H dari seluruh titik kemudian diplotkan ke dalam grafik profil tekanan hidrostatik dan *hydraulic head* (absis) terhadap tebal lapisan tanah (ordinat) (Gambar 3A).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 2 menunjukkan hasil pengamatan dan hasil analisis beberapa sifat fisika tanah dari tiap lapisan dari tiap profil. Hantaran hidrolik semakin kecil dengan semakin dalam jeluk tanahnya pada profil Latosol Petung I dan profil Latosol Petung II. Hantaran hidrolik profil Dliwang menunjukkan nilai yang hampir sama pada tiap lapisan.

Selanjutnya hantaran hidrolik profil Dliwang lebih kecil dibandingkan dengan profil Petung I dan Petung II. Banyaknya fraksi lempung pada profil Dliwang menyebabkan ukuran pori tanah lebih kecil dibandingkan dengan profil Petung I dan profil Petung II. Hal ini juga ditunjukkan dengan nilai porositas profil Dliwang yang lebih besar. Ukuran pori yang kecil menyebabkan gerakan air menjadi lebih lambat. Walaupun kandungan bahan organik profil Dliwang paling tinggi dan berharkat tinggi tetapi tidak menunjukkan pengaruh pada hantaran hidroliknya. Pengaruh tekstur tanah tampak lebih dominan dibandingkan pengaruh bahan organik.

Hasil perhitungan hantaran hidrolik jenuh efektif (K_{eff}), kerapatan aliran (J_w), tekanan hidrostatik (p) dan *hydraulic head* (H) tiap-tiap profil disajikan pada Gambar 2 dan Gambar 3. K_{eff} berturut-turut dari yang paling tinggi adalah 4,62 cm/jam; 1,85 cm/jam dan 0,59 cm/jam. Dengan harkat sedang untuk profil Petung II, dan agak lambat, untuk profil Petung I dan Dliwang (Soekodarmodjo *et al.*, 1985).

Tabel 2. Hantaran hidrolik, kadar fraksi tanah dan porositas tanah dari tiap profil

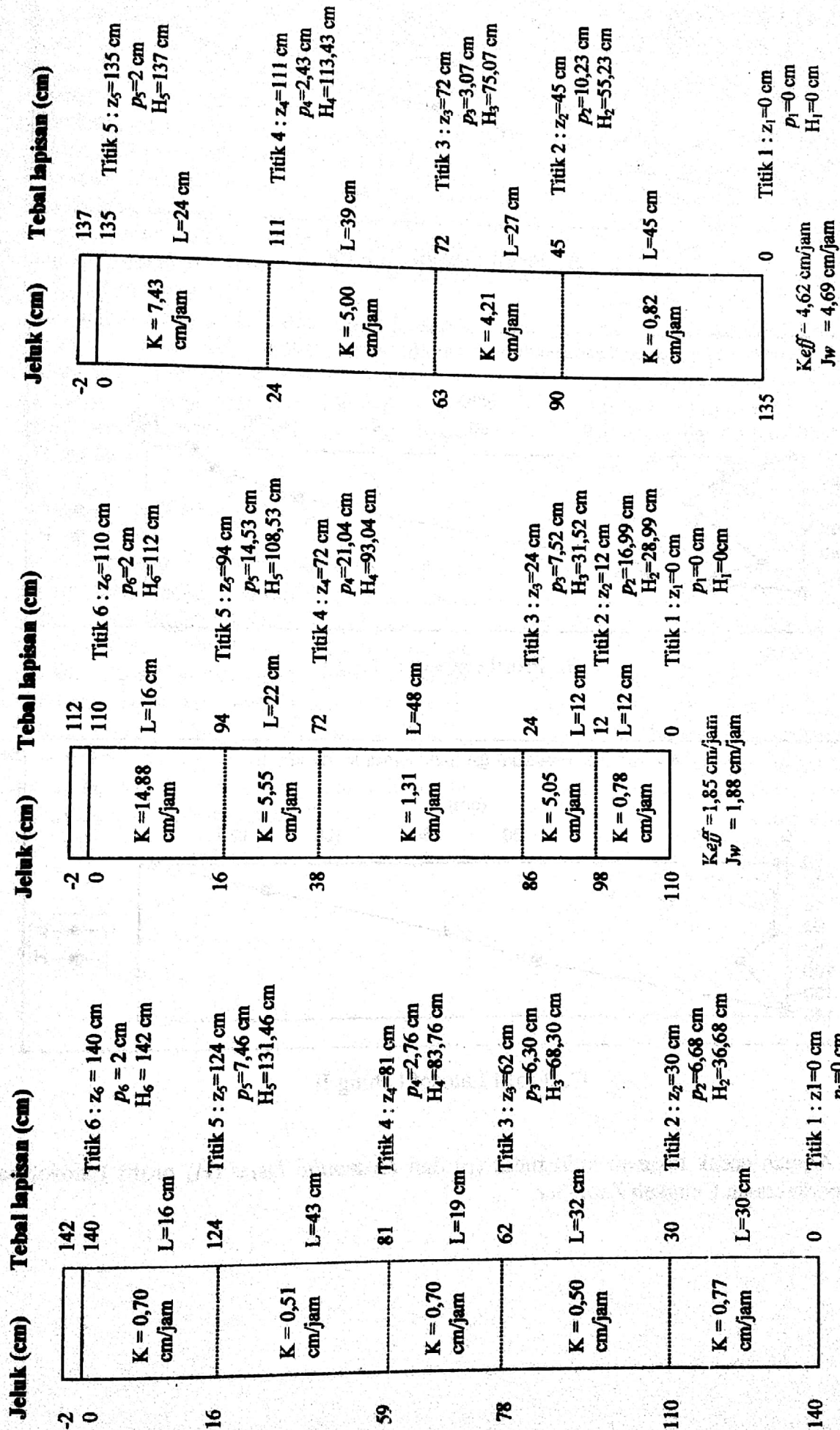
Profil/ jeluk (cm)	BO (%)	Hantaran hidrolik (cm/jam)	Pasir (%)	Debu (%)	Lempung (%)	BV (g/cm ³)	BJ	α (%)
Dliwang								
0 – 16	3,68	0,70	6	42	53	0,89	2,28	61,0
16 – 59	3,10	0,51	3	41	56	1,07	2,33	54,1
59 – 78	2,43	0,70	4	37	59	1,02	2,29	55,5
78 – 110	1,39	0,50	2	43	54	1,08	2,22	51,4
110 – 140	0,96	0,77	2	33	65	1,00	2,20	54,5
Petung I								
0 – 16	2,32	14,88	13	60	27	1,24	2,24	48,8
16 – 38	3,46	5,55	14	40	46	1,16	2,19	47,0
38 – 86	2,65	1,31	14	48	38	1,19	1,60	54,2
86 – 98	2,00	5,05	14	53	33	1,30	1,27	42,7
98 – 110	2,05	0,78	14	58	28	1,26	2,11	40,3
Petung II								
0 – 24	3,00	7,43	16	45	39	1,20	2,10	42,9
24 – 63	2,10	5,00	14	48	38	1,22	2,35	48,1
63 – 90	1,48	4,21	13	46	41	1,26	2,17	41,9
90 – 135	0,89	0,82	12	52	36	1,27	2,68	38,9

Perbedaan K_{eff} antar profil didukung oleh data tekstur tanah. Profil Dliwang mempunyai kadar fraksi lempung lebih tinggi, profil Petung I dan Petung II lebih tinggi fraksi debunya. Profil Petung II mempunyai nilai K_{eff} paling besar meskipun hantaran hidrolik jenuh pada lapisan atas paling besar dimiliki profil Petung I. Hal ini terjadi karena perhitungan K_{eff} menurut rumus menggunakan rerata tertimbang (*weighted average*) berdasarkan tebal masing-masing lapisan (Rumus 1), K_{eff} lebih ditentukan oleh nilai hantaran hidrolik jenuh (K) lapisan yang lebih tebal. Hantaran hidrolik jenuh profil Petung II relatif lebih besar dibandingkan profil Petung I dan juga lapisan profil Petung II relatif lebih tebal dibandingkan profil Petung I. Berdasarkan nilai K_{eff} dan J_w (Gambar 2), maka gerakan lengas pada keadaan jenuh pada perkebunan cengkeh Zanzibar tersebut paling cepat terdapat pada profil Petung II, sedangkan paling lambat pada profil Dliwang.

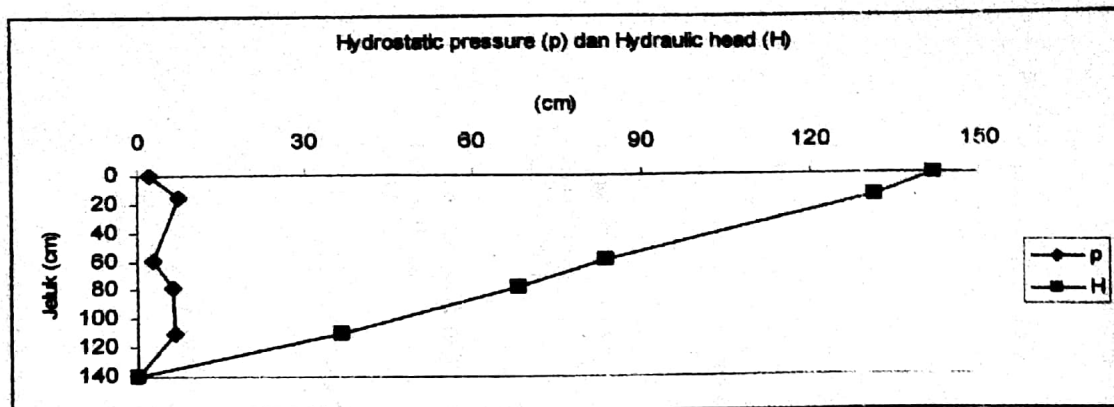
Agihan cacak tekanan hidrostatik (p) dan gaya hidrolik atau *hydraulic head* (H)

pada ketiga profil tanah menunjukkan bahwa semakin dalam jeluk, tekanan hidrostatik cenderung meningkat dan kemudian menurun, sedangkan gaya hidrolik semakin kecil (Gambar 3). Pada dasar profil yang ditinjau, tekanan hidrostatik maupun gaya hidrolik bernilai nol, karena dasar profil tersebut merupakan titik acuan nol. Karena sebagai acuan nol, maka seolah-olah titik tersebut merupakan dasar dari suatu kolom tanah yang bagian bawahnya berhubungan dengan tekanan atmosfer (Gambar 1). Sebagai akibat pada titik tersebut tinggi kolom air (z) sama dengan nol, sehingga gaya hidrolik bernilai nol. Tekanan hidrostatik pada titik tersebut juga minimum yaitu bernilai nol karena dengan tekanan positif kecil saja air akan bergerak ke bawah meninggalkan titik itu dengan bebas (Partoyo, *et al.*, 2000).

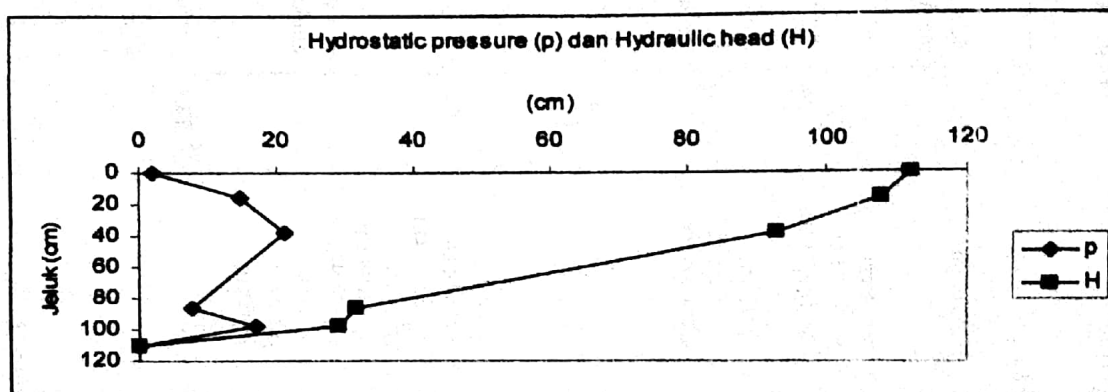
Peningkatan dan penurunan tekanan hidrostatik dan gaya hidrolik terjadi secara berangsur maupun tegas antar lapisan pada ketiga profil.



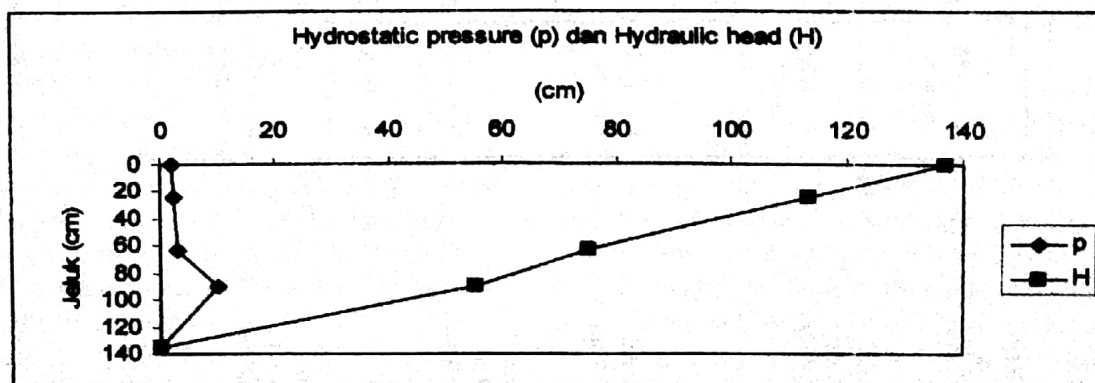
Gambar 2. Data dan hasil perhitungan K_{eff} , J_w , z , p dan H dari profil Latosol di bawah vegetasi cengkeh Zanzibar



A. Profil Latosol Dliwang



B. Profil Latosol Petung I



C. Profil Latosol Petung II

Gambar 3. Agihan cacak tekanan hidrostatik (p) dan *Hydraulic Head* (H) profil Latosol pada perkebunan Cengkeh Zanzibar

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdr. Mokh Rizal Fachruzi atas data hantaran hidrolik jenuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Darmawijaya M.I. 1990. *Klasifikasi Tanah. Dasar Teori bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Jury, W.A., Wilford R. Gardner, Walter H. Gardner. 1991. *Soil Physics*. John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Kertonegoro B.D. 1996. *Struktur Tanah, Gerakan Air dan Sifat Mekanik Tanah*. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Partoyo, A.Z. Purwono Budi Santosa, Imawan. 2000. Hantaran Hidrolik Jenuh pada Profil Latosol dari Gunungkidul, Kulon Progo, dan Temanggung. *Jurnal Tanah dan Air* 1: 20-27.
- Saidi A. 2006. *Fisika Tanah dan Lingkungan*. Andalas University Press. Padang.
- Scott D.H. 2000. *Soil Physics. Agricultural and Environmental Applications*. Iowa State University Press/Ames.
- Soekodarmodjo S., B.D. Kertonegoro, Sri Hastuti S., Supriyanto N. 1985. *Panduan Analisis Fisika Tanah*. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.

Suatu titik yang dibawahnya terdapat lapisan tanah dengan hantaran hidrolik jenuh yang kecil, maka pada titik tersebut terdapat tekanan hidrostatik yang besar. Hal ini dapat difahami karena diperlukan tekanan yang besar untuk dapat mengalirkan air (jenuh) menembus lapisan dibawahnya tersebut. Sehingga dapat dijelaskan bahwa apabila nilai tekanan hidrostatik beberapa titik dalam kolom tanah semakin tinggi berarti hantaran hidrolik jenuh lapisan tanah di bawahnya semakin kecil. Peningkatan tekanan hidrostatik menjadi lebih besar apabila penurunan hantaran hidrolik jenuh antar lapisan juga besar.

Dari ketiga profil yang diamati, profil Petung I memiliki peningkatan tekanan hidrostatik yang paling besar (Gambar 3) karena perbedaan hantaran hidrolik jenuh antar lapisan pada profil ini juga besar (Tabel 2).

KESIMPULAN

Hantaran hidrolik jenuh (K_{eff}) pada perkebunan cengkeh Zanzibar berturut-turut yang paling tinggi adalah 4,62 cm/jam; 1,86 cm/jam dan 0,59 cm/jam dengan harkat sedang, agak lambat, dan lambat masing-masing berasal dari profil Latosol Petung II, Petung I dan Dliwang. Profil Latosol Petung I memiliki perbedaan tekanan hidrostatik antar lapisan yang lebih besar dibanding profil Latosol Petung II dan Dliwang.