

Laju Infiltrasi pada Lahan Gambut yang Dipengaruhi Air Tanah (Study Kasus Sei Raya Dalam Kecamatan Sei Raya Kabupaten Kubu Raya)

HARI WIBOWO

*Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak
Jalan Ahmad Yani Pontianak 78124
e-mail: hariwibowo@lycos.com*

Abstrak: *Studi mengenai tanah gambut dalam hubungannya dengan kadar air tanah terhadap laju infiltrasi dirasakan cukup penting. Hal ini disebabkan karena tanah gambut adalah jenis tanah organis yang tidak menguntungkan untuk konstruksi sipil, sehingga sering dihindari untuk membangun sesuatu konstruksi di atas tanah gambut. Tetapi dengan semakin berkembangnya pengetahuan tentang perilaku tanah gambut dalam menerima pembebanan, ternyata jauh lebih menguntungkan baik secara ekonomis maupun secara teknis apabila dilakukan penimbunan langsung di atas tanah gambut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat karakteristik fisik dan laju infiltrasi gambut yang ada di sungai Raya Dalam jika ditinjau setiap interval lokasi dalam keadaan bebas maupun perlakuan secara khusus (Keadaan Normal). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode penelitian lapangan dan metode pengujian di laboratorium. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa laju infiltrasi yang dihasilkan pada setiap interval lokasi dalam keadaan bebas maupun perlakuan secara khusus (keadaan normal) memberikan angka yang bervariasi. Faktor utama yang sangat berpengaruh adalah tingginya kadar air yang dikandung oleh tanah gambut atau dapat dinyatakan bahwa laju infiltrasi akan bertambah besar apabila kadar air yang dikandung oleh tanah gambut semakin kecil. Karena jenis gambut yang diamati adalah fibrous peat maka besarnya kadar serat sedikit banyak akan berpengaruh terhadap laju infiltrasi yang dihasilkan. Dari percobaan diperoleh bahwa Kumulatif Infiltrasi (W) yang terjadi mengikuti persamaan $y = -0,7112x^2 + 42,931x + 14,411$. Sedangkan besarnya kapasitas infiltrasi (I_c) dari hasil percobaan diperoleh persamaan $y = 56,906x^{-0,4069}$.*

Kata-kata kunci: laju infiltrasi, lahan gambut, air lahan

Luas lahan gambut yang ada di dunia diperkirakan sebesar 456,86 km², yang mencapai 3.5% dari luas tanah di dunia (Bhon,1976). Di Indonesia penyebaran tanah gambut mencapai 17 Juta Ha, dan dijumpai utamanya di pantai timur Sumatera dan Kalimantan.

Tanah gambut merupakan tanah yang berbahan induk dari sisa tumbuhan dengan proses dekomposisi *anaerobic* terhambat, tidak atau hanya sedikit (<5%) mengandung tanah mineral yang berkristal. Rangkaian penyusunnya berupa bahan karbon, yang mana bahan organik ini adalah rantai karbon yang sebagian besar berupa lignin, hemiselulosa dan humik.

Tanah gambut juga bersifat sarang (porous) dan sangat ringan, sehingga mempunyai kemampuan menyangga sangat rendah, kandungan hara relatif rendah dan banyak mengandung asam-asam organik yang menyebabkan pH gambut sangat rendah (pH antara 2,7 – 5,0)

Kualitas air gambut dipengaruhi oleh bahan penyusun gambut, ketebalan, tingkat dekomposisi dan tata air serta lingkungan gambut tersebut. Gambut dalam suasana tawar akan berbeda dengan yang berada dalam lingkungan air payau.

Di dalam proses siklus hidrologi air yang berasal dari hujan akan masuk ke dalam tanah dan ada yang melimpas yang dinamakan air limpasan, untuk air yang meresap ke dalam tanah dapat masuk ke lapisan jenuh yang dikenal dengan proses perkolasi dan ke lapisan yang tak jenuh yang dikenal dengan infiltrasi.

Perubahan Infiltrasi yang terjadi dinyatakan dalam besar laju infiltrasi. Laju Infiltrasi ini akan mempengaruhi besarnya kapasitas tampungan tanah tersebut.

Air yang menginfiltrasi itu pertama-pertama diabsorpsi untuk meningkatkan kelembaban tanah, selebihnya akan turun ke permukaan tanah. Dalam hal tertentu, infiltrasi itu berubah-ubah sesuai dengan intensitas curah hujan. Akan tetapi setelah mencapai limitnya, banyaknya infiltrasi akan berlangsung terus sesuai dengan kecepatan absorpsi maksimum setiap tanah bersangkutan. Kecepatan infiltrasi yang berubah-ubah sesuai dengan variasi intensitas curah hujan umumnya disebut laju infiltrasi (I).

Laju infiltrasi maksimum yang terjadi pada kondisi tertentu disebut kapasitas infiltrasi (I_c). Kapasitas infiltrasi itu berbeda-beda menurut kondisi tanah. Pada tanah yang sama infiltrasi itu berbeda-beda, tergantung dari kondisi permukaan tanah, struktur tanah, tumbuh-tumbuhan, suhu dan lain-lain. Di samping intensitas curah hujan, infiltrasi berubah-ubah karena dipengaruhi oleh kelembaban tanah.

Laju infiltrasi juga dipengaruhi oleh kondisi tinggi muka air tanah, sehingga pada masing-masing sifat tanah akan memiliki laju infiltrasi yang berbeda. Pada lahan gambut misalnya tentu tidak akan sama besarnya dengan laju infiltrasi pada lahan tanah pertanian. Atau kapasitas tampungan pada lahan gambut juga tidak akan sama dengan kapasitas tampungan pada lahan atau tanah berpasir. Untuk itu perlu dikaji berapa besar pengaruh keberadaan air tanah terhadap laju infiltrasi.

Pada musim penghujan sering terjadi banjir di suatu kawasan. Lamanya genangan tergantung pada sistem drainase perkotaan maupun pertanian tersebut, di samping itu juga tergantung pada kemampuan tanah menyerap air. Dengan mengetahui air yang terserap tanah, bisa diperkirakan besarnya air yang terbuang melalui permukaan tanah. Di samping itu pada lahan gambut muka air tanah relatif tinggi, sehingga infiltrasi yang terjadi sangat lambat.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju infiltrasi yang dipengaruhi oleh kadar air tanah pada tanah gambut. Sedangkan maksud dari penelitian ini diharapkan dalam perencanaan dan pelaksanaan konstruksi Bangunan yang dibangun di atas tanah gambut dapat mengatasi kendala atau dapat mengurangi masalah genangan.

Infiltrasi adalah proses masuknya air ke permukaan tanah. Proses ini merupakan bagian yang sangat penting dalam daur hidrologi maupun dalam

penganeekaragaman hujan menjadi aliran di sungai. Karena air masuk ke dalam tanah, distribusinya adalah fungsi waktu dan ruang. Perubahan secara perlahan-lahan air tanah sebagai hasil dari kejadian hujan atau dari genangan air di permukaan merupakan proses infiltrasi.

Kapasitas infiltrasi dari basin, besar pada saat awal hujan, menurun dengan waktu. Untuk hujan dengan intensitas rendah, total hujan akan masuk seluruhnya dalam tanah. Jika hujan lebat (intensitas tinggi), maka air sebagian lagi akan mengalir ke permukaan tanah, dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah.

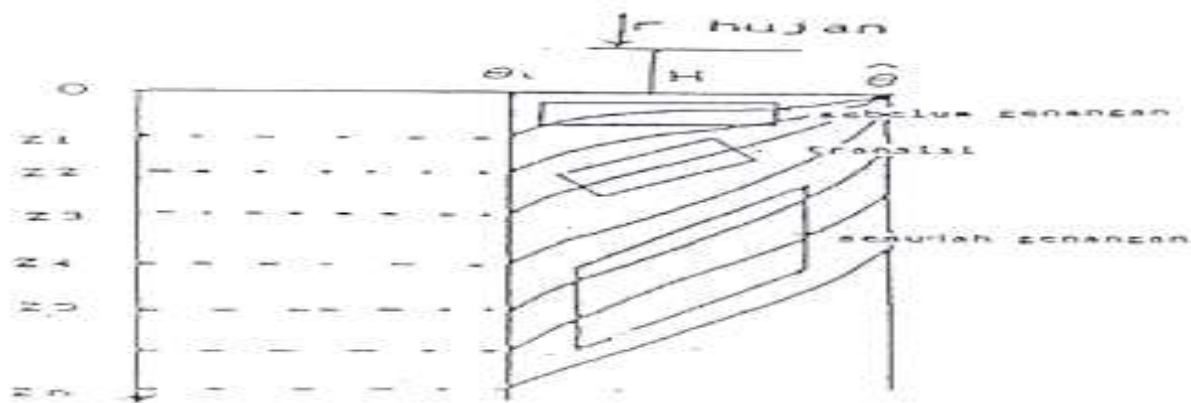
Hujan akan meresap sampai melewati kapasitas infiltrasi tanah. Kapasitas infiltrasi ini adalah maksimum hujan dimana tanah (di permukaan atau di bawahnya) dapat terserap sepenuhnya pada waktu yang tersedia, tergantung pada kelengasan tanah dan pada hujan sebelumnya.

Jumlah hujan mempengaruhi infiltrasi yang besarnya bervariasi tergantung jenis tanahnya, dan juga tergantung pada permeabilitas dan sifat-sifat kapilernya. Untuk tanah tertentu, kapasitas infiltrasi tergantung kondisi tanah sebelumnya, tanah kering atau relatif basah oleh hujan sebelumnya. Kemampuan untuk memperkirakan kapasitas infiltrasi tanah (baik di permukaan maupun di dalam) adalah perkiraan kelebihan hujan setempat dan alirannya. Tergantung pada kapasitas infiltrasi tanah pada saat hujan, hujan lebat lebih mengarah untuk tidak mengubah aliran, atau sebaliknya menjadi banjir yang merusak.

Air tanah adalah semua air yang terdapat di bawah permukaan tanah dan berada di dalam ruang antar butir atau rekahan-rekahan serta celah-celah batuan pada zona jenuh air. Terdapatnya air tanah di bawah permukaan tanah dapat dibagi dalam daerah jenuh dan daerah tidak jenuh. Dalam daerah jenuh semua rongga terisi oleh air di bawah tekanan hidrostatis. Sedangkan daerah tidak jenuh terdiri atas rongga-rongga yang berisi sebagian oleh air, sebagian oleh udara. Daerah tidak jenuh terletak di atas daerah jenuh hingga ke permukaan tanah dan bagian bawah daerah jenuh dapat dibatasi oleh batas lapisan jenuh atau lapisan kedap air bisa berupa tanah liat atau batuan dasar (*bedrock*). Air yang berada di dalam daerah jenuh dinamakan air tanah dan air yang berada di dalam daerah tidak jenuh dinamakan air mengambang atau air dangkal. Daerah tidak jenuh dibagi menjadi daerah dangkal, daerah antara dan daerah kapiler (Mohammad Bisri, 1990).

Daerah air dangkal dimulai dari permukaan tanah sampai ke daerah akar utama, tebalnya beragam menurut jenis tanaman dan jenis tanah. Daerah antara ini berada diantara batas bawah dari daerah air dangkal sampai batas atas dari daerah kapiler. Daerah ini memungkinkan mengalirnya air ke bawah dari daerah dekat permukaan tanah sampai permukaan air tanah. Sedangkan daerah kapiler berada antara permukaan air tanah sampai batas kenaikan kapiler dari air.

Di lapangan proses mekanisme infiltrasi terjadi pada hujan yang pertama kali sebelum ada genangan, air seluruhnya diserap oleh tanah permukaan. Setelah adanya genangan, berarti tanah permukaan sudah jenuh maka kemampuan tanah permukaan untuk meloloskan air sangat kecil. Untuk jelasnya gambar 1 ada tiga tahap, yaitu proses sebelum genangan, transisi dan sesudah genangan.



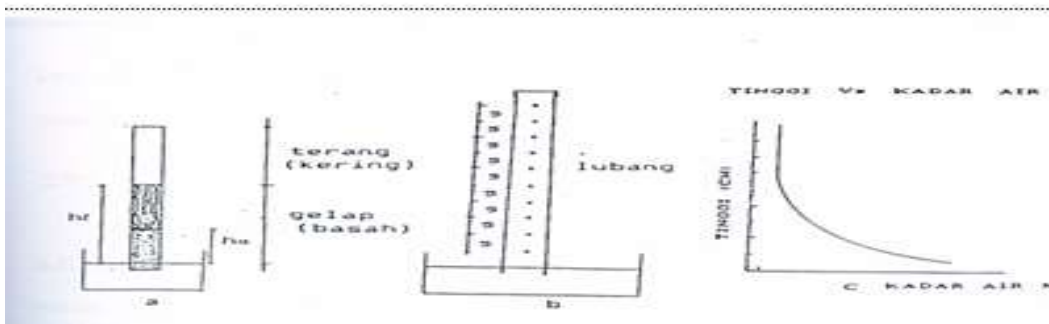
Gambar 1. Proses infiltrasi

Sebelum genangan yaitu pada waktu (t) kecil yang dominan adalah gaya kapiler, air mudah diserap tanah. Transisi terjadi pada saat adanya perubahan dari sebelum genangan ke adanya genangan hal ini yang dominan adalah gaya kapiler dan gaya gravitasi. Sesudah genangan yaitu pada saat waktu t besar sekali yang dominan adalah gaya gravitasi, kemampuan meloloskan air kecil, sehingga timbul genangan air di permukaan tanah.

Di atas telah dijelaskan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi laju infiltrasi ada delapan faktor, di antaranya pemampatan oleh curah hujan dan pemampatan oleh orang dan hewan, hal ini bisa diwakili oleh koefisien permeabilitas. Sedangkan pengaruh tumbuh-tumbuhan terhadap infiltrasi sukar ditentukan, karena tumbuh-tumbuhan juga mempengaruhi intersepsi. Meskipun demikian, tumbuh-tumbuhan penutup meningkatkan infiltrasi jika dibandingkan dengan tanah terbuka, sebab: 1) Tumbuhan penutup menghambat aliran permukaan, sehingga memberikan waktu tambahan pada air untuk memasuki tanah; 2) Sistem akarnya membuat tanah lebih mudah di masuki; 3) Daun-daunnya melindungi tanah dari tumbukan oleh tetes air hujan yang jatuh dan mengurangi muatan air hujan di permukaan tanah; 4) Dalam genangan di atas permukaan dan tebal lapisan yang jenuh; 5) Air genangan di lekukan permukaan tanah masuk ke dalam tanah, terutama disebabkan oleh gravitasi yang bekerja pada air itu. Bila ruang-ruang lapisan tanah di dekat permukaan telah jenuh, maka air itu jatuh melalui pipa-pipa halus yang panjangnya sama dengan tebal lapisan yang jenuh. Tekanan air yang bekerja di ujung atas setiap pipa halus itu adalah sama dengan dalamnya genangan air (D). Jadi jumlah tekanan yang mengakibatkan aliran adalah $(D+1)$. Tetapi mengingat air yang mengalir melalui pipa-pipa halus itu menemui tahanan (gaya geser) yang sebanding dengan 1, maka infiltrasi hampir tidak berubah. Variasi 1 mempengaruhi gaya luar air yang jatuh dan jika besar di bandingkan dengan D maka tahanan terhadap air yang jatuh adalah besar. Tetapi bila D dan 1 sama, maka pada permulaan curah hujan, air mudah masuk ke dalam tanah karena gaya luar adalah besar bila di bandingkan dengan tahanan itu. Inilah salah satu sebabnya mengapa pada permulaan curah hujan kapasitas infiltrasi tanah itu relatif besar; 6) Kelembaban tanah. Besarnya kelembaban tanah pada lapisan atas sangat mempengaruhi laju infiltrasi. Potensial kapiler bagian bawah lapisan tanah yang

menjadi kering (oleh evaporasi) kurang dari kapasitas menahan air normal akan meningkat jika lapisan teratas dibasahi oleh curah hujan. Peningkatan potensial kapiler ini, bersama-sama dengan gravitasi akan mempercepat infiltrasi. Bila berkurangnya kelembaban tanah diisi oleh infiltrasi, maka selisih potensial kapiler akan menjadi lebih kecil. Pada waktu yang bersamaan kapasitas infiltrasi pada permulaan curah hujan akan berkurang tiba-tiba, yang disebabkan oleh pengembangan bagian koloidal dalam tanah. Jadi kelembaban tanah itu adalah sebagian dari sebab pengurangan tiba-tiba dari kapasitas infiltrasi; 7) Penyumbatan oleh bahan – bahan yang halus. Kadang-kadang dalam keadaan kering banyak bahan halus yang di endapkan di atas permukaan tanah. Bila infiltrasi terjadi maka bahan halus akan masuk ke dalam tanah bersama air itu. Bahan-bahan ini akan mengisi ruang-ruang dalam tanah yang mengakibatkan penurunan kapasitas infiltrasi. Hal ini merupakan juga sebuah faktor yang menurunkan kapasitas infiltrasi selama curah hujan; 8) Struktur tanah. Lubang dalam tanah yang di gali oleh binatang-binatang yang kecil dan serangga, akar-akar tanaman yang mati, mengakibatkan permeabilitas yang tinggi. Akan tetapi mengingat jenis tanah ini sangat peka terhadap gaya pemampatan curah hujan maka sering sekali harga kapasitas infiltrasi itu tiba-tiba berkurang selama curah hujan.

Ruangan pori-pori di dalam tanah satu dengan lainnya berhubungan dari segala arah dan membentuk jaringan yang rumit. Jika jaringan semacam ini di masuki oleh air dari bawah, maka bawah jaringan tersebut menjadi jenuh – sempurna. Sedangkan pada bagian atasnya, air menempati ruang pori yang sempit dan udara mengisi ruang pori yang lebih luas. Kenaikan air masuk ke dalam ruang pori tanah, akibat tegangan permukaan. dapat di lakukan di laboratorium dengan melakukan pengujian seperti yang ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2. a. Kenaikan kapiler b. Tabung pemeriksaan kenaikan kapiler c. Grafik tinggi (z) vs kadar air (θ)

Genangan air di atas permukaan tanah akan banyak mempengaruhi masuknya air ke dalam tanah. Makin tinggi genangan airnya makin besar tekanan air pada permukaan tanah. Air yang sudah masuk ke dalam tanah akan terdesak oleh beratnya air yang ada di atasnya. Sehingga infiltrasi akan berlangsung terus kecuali, apabila tanah sudah jenuh 100% dan lapisan tanah bawah *impermeable*, maka infiltrasi akan berhenti.

Pengaruh waktu terhadap infiltrasi besar sekali makin lama waktu infiltrasi maka makin kecil laju infiltrasi. Hal ini disebabkan karena tanah makin jenuh dan sebagian rongga tanah sudah terisi oleh tanah-tanah yang lembut. Sehingga air makin kurang ruang gerakannya.

Gambut di daerah Kalimantan Barat ini lebih dikenal dengan nama tanah sepek adalah hasil timbunan tumbuh-tumbuhan yang telah mati yang sebagian besar mengalami penguraian biologi sehingga membentuk material sisa tumbuhan sampai koloidal. Timbunan bahan organik dan sedikit anorganik dari tanah ini dalam keadaan jenuh air, warnanya berkisar dari kuning sampai coklat tua tergantung dari tingkat penguraian biologi, jumlah serat tumbuhan dan sedimen (anorganik). Tumbuh-tumbuhan dan pembentuk gambut bermacam-macam, tergantung iklim dan tempatnya. Unsur-unsur utama pembentuk gambut adalah karbon, hidrogen, nitrogen, oksigen dan beberapa oksida dalam jumlah kecil seperti SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 dan sulfur.

Tanah gambut terdiri dari unsur-unsur organik yang hampir seluruhnya dari sisa vegetasi. Tanah gambut ditemukan di setiap tingkat dekomposisi (pembusukan). Gambut dapat di golongkan atau ditandai dalam berbagai pengertian, seperti pengertian menurut pertanian, energi maupun teknik.

Dalam pengertian teknik, tanah gambut lebih banyak dilihat dari segi "*physical properties*"-nya yaitu unsur-unsur seperti kandungan air, angka pori, kandungan organis, kerapatan relatif, permeabilitas, perilaku konsolidasi dan lain-lain. Namun dari semua unsur di atas yang dianggap penting di gambut karena secara langsung berhubungan dengan pertanyaan mengenai strukturnya adalah hubungan gambut dengan kandungan air. Air merupakan bagian komponen dari suatu sistem biologis dan teknis. Penahanan (*retention*) air secara fisik dan kimiawi pada gambut sangat penting artinya dalam setiap pembahasan dalam karakteristik permeabilitas dan geser, serta pembuangan (*expulsion*) air dari dalam sistem yang mengalami pembebanan.

Berbagai macam air yang terlihat pada gambut adalah sebagai berikut: Air bebas dalam rongga-rongga besar dari gambut; Air kapiler dalam rongga-rongga yang sempit; Air yang diikat secara fisik atau air serapan; Air yang diikat secara kimiawi; Air yang diikat secara koloidal.

Terdapat dua jenis struktur gambut yang ekstrim, yaitu gambut seratan (*fibrous Peat*) dengan struktur terbuka dimana celah-celahnya diisi dengan suatu tanaman struktural sekunder yang terdiri dari unsur-unsur *sreat* halus, dan jenis satunya lagi adalah gambut butiran (*amorphous granular peat*) yang memiliki kandungan partikel mikroskopis dengan kadar tinggi dan kandungan koloidal dalam jumlah besar.

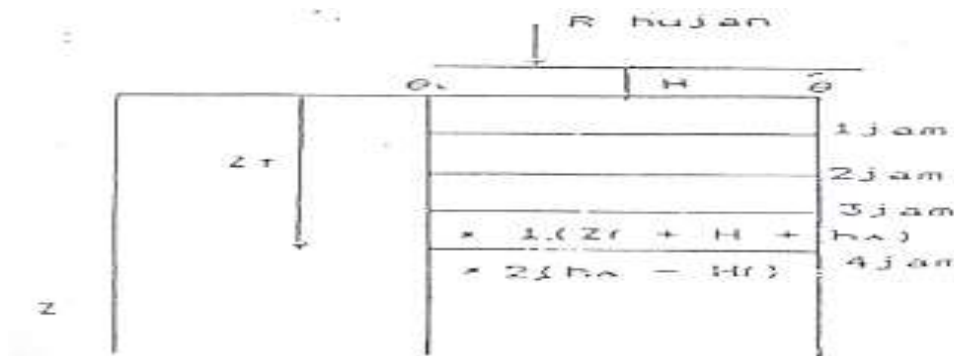
Gambut seratan (*fibrous peat*) sebagian besar air yang dikandung adalah air bebas dan air kapiler. jika gambut ini berada dalam keadaan normal, jelas ini memiliki angka pori yang besar dan akibatnya apabila diberi pembebanan akan mengalami fase konsolidasi primer yang besar. Pengurangan tekanan air pori berlangsung sangat cepat dan beban dipindahkan ke struktur organis pada suatu tahapan yang sangat dini. Studi mikroskopis ternyata menunjukkan sangat

permeable terhadap air, hal ini bahwa semua molekul air dalam massa gambut saling berhubungan, jadi menghilangkan air yang terperangkap.

Gambut butiran (*amorphous granular peat*) mengandung lebih sedikit air bebas dan air kapiler, sebaliknya lebih banyak air yang terikat secara fisik koloidal. Angka pori mula-mula sama dengan gambut seratan, cukup tinggi namun apabila diberikan pembebanan, pori-pori dan salurannya cepat tersumbat oleh unsur koloidal dan akibatnya permeabilitas tanah menurun secara drastis. Oleh karena itu akibat selanjutnya gambut jenis ini mempunyai fase konsolidasi primer jauh lebih lama total setlemennya pun lebih kecil bila dibandingkan dengan jenis yang lain.

Kumulatif infiltrasi adalah jumlah infiltrasi yang terjadi dalam suatu waktu tertentu. Sedang kapasitas infiltrasi ialah laju infiltrasi maksimum yang terjadi pada suatu kondisi tertentu. Seperti di tuliskan di atas bahwa ada tiga cara menentukan laju infiltrasi.

Metode Green And Ampt (1911). Asumsi yang dipergunakan: Kelembaban tanah langsung jenuh pada saat pertama kali hujan jatuh. Di lakukan pada tanah yang berbutir halus .



h_A = Tekanan atmosfer; H_f = Tekanan kapiler; Tekanan dititik: 1. = $(z_f + H + h_A)$,
 2. = $(h_A - H_f)$.

Hukum Darcy: $I = -\kappa \cdot \frac{\Delta h}{L}$; $I = \kappa \cdot \frac{[(z_f + H + h_A) - (h_A - H_f)]}{z_f}$; $I = \kappa \cdot \frac{(z_f + H + H_f)}{z_f}$.

Perubahan kandungan air: $I = \frac{\Delta \text{volume air per unit area}}{\Delta t}$; $I = \frac{(\theta - \theta_i) dz_f}{dt}$;

$\frac{(\theta - \theta_i) dz_f}{dt} = \frac{\kappa (z_f + H + H_f)}{z_f}$. Penyelesaian persamaan dengan memasukkan harga

kumulatif infiltrasi, $W(t)$ Sampai pada waktu t , yaitu: $W(t) = \int_0^t I(t) dt = (\theta - \theta_i) z_f$,

maka di dapatkan: $w - (\theta - \theta_i)(H + H_f) \ln \left[1 + \frac{w}{(\theta - \theta_i)(H + H_f)} \right] = \kappa t$ atau $w - S_f \ln \left[1 + \frac{w}{S_f} \right] = \kappa t$,

dimana $S_f = (\theta - \theta_i) (H + H_f)$ daya penghisap dengan memasukkan persamaan ke dalam, diperoleh: I_c = kapasitas infiltrasi, κ = Koefisien permeabilitas, t = waktu. Dari hasil perhitungan dengan metode Green and Ampt, kita ambil harga t dan I_c untuk mencari harga κ dan I_0 . Setelah di peroleh harga κ dan data lapangan lainnya maka di dapat persamaan di mana harga I_c dan t belum diketahui. Dengan

memberikan harga t yang bervariasi di peroleh nilai I_c . Kumulatif infiltrasi dapat di hitung dengan: $w = \int_0^t I(t) dt$; $I_c = \kappa t + \frac{1}{\kappa}(I_0 - \kappa)(1 - e^{-\kappa t})$.

Metode Philip (1957). Philips mengembangkan sebuah persamaan kapasitas infiltrasi berdasarkan Hukum Darcy dilakukan sebuah kolom tanah lempung. Pada permulaan proses infiltrasi, aliran di sebabkan oleh gaya kapiler dan dapat di tunjukan dengan persamaan untuk perubahan kapasitas infiltrasi yaitu :

$$I = \frac{1}{2} \sqrt{2(\theta - \theta_i)(H + Hf) \cdot \kappa} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} = \frac{1}{2} S \cdot \frac{1}{\sqrt{t}}$$

Dimana S adalah daya serap dan semua variabel lainnya dengan notasi yang di gunakan yang terdahulu .Pada pendekatan waktu yang lama, gaya gravitasi menjadi dominan dan kapasitas infiltrasi akan mendekati nilai κ . $I_c = \kappa$. Philip menjumlahkan persamaan di atas menghasilkan

$$I_c = \frac{1}{2} \sqrt{2(\theta - \theta_i)(H + Hf) \cdot \kappa} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} + \kappa = \frac{1}{2} S \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} + \kappa$$

Kumulatif infiltrasi W , di peroleh dengan mengintegalkn persamaan terdapat t

$$W = \int_0^t I dt = \int_0^t \left(\frac{1}{2} S \frac{1}{\sqrt{t}} + \kappa \right) dt = \frac{1}{2} S \int_0^t t^{-\frac{1}{2}}$$

$$dt + \kappa \int_0^t dt = S t^{\frac{1}{2}} + \kappa t. w = \sqrt{2(\theta - \theta_i)(H + Hf)} \kappa \frac{1}{\sqrt{t}} + \kappa \cdot t \quad 2.5.3.$$

Metode Horton (1939). Menghitung kapasitas infiltrasi dengan horton. Asumsi: Kapasitas infiltrasi menurun secara ekponenesial terhadap waktu. Rumus Horton : $I_c = \kappa + (I_0 - \kappa)e^{-\kappa t}$. Menghitung kumulatif infiltrasi dengan Horton.

$$w = \kappa t + \frac{1}{\kappa}(I_0 - \kappa)(1 - e^{-\kappa t}).$$

METODE

Penelitian/pengujian dilakukan langsung di lapangan, di laboratorium dan studi literatur. Metode penelitian langsung di lapangan yaitu dengan observasi terhadap tanah gambut yang ada di lokasi studi, yaitu tanah gambut di Sungai Raya Dalam, mencakup keadaan tanah gambut, laju infiltrasi, muka air tanah dan di uji di laboratorium. Metode penelitian studi literatur. Studi literatur yang dikerjakan dengan tujuan mengkaji hubungan antara variabel-variabel yang akan di teliti, dengan demikian teori-teori yang berlaku dari studi ini akan didapat hipotesa awal merupakan jawaban awal yang bersifat sementara terhadap masalah yang di hadapi.

Penelitian langsung di lapangan dilakukan untuk mengetahui: 1) Pengamatan secara visual di lapangan untuk mengetahui klasifikasi dan perkiraan awal mengenai sifat – sifat tanah gambut. Peralatan yang disiapkan berupa tabung paralon panjang 1 m, sebanyak 15 buah dan alat *hand bor* untuk pengambilan sampel; 2) Pengambilan sampel di lapangan (Sei Raya Dalam) untuk memeriksa sifat fisik yang terdiri dari: a) Pemeriksaan muka air tanah; b) Pemeriksaan berat volume tanah. Penelitian sifat mekanis yang terdiri dari: a) Tes laju infiltrasi; b) Uji permeabilitas.

Penelitian di Laboratorium dengan membuat model Tanah Gambut. Penelitian pada skala model berupa desain model (tes sifat fisik dan sifat mekanik tanah yang berada di dalamnya), Uji permeabilitas, tes laju infiltrasi dari tanah gambut.

HASIL

Setelah dilakukan pengujian di laboratorium diperoleh data sebagai berikut: (ubah tabel sehingga bisa diedit).

Tabel 1. Hasil pengujian terhadap sampel

Data	Tabung I	Tabung II	Tabung III	Tabung IV	Tabung V
$V_{total}(cm^3)$	60315,475	60315,475	60315,475	60315,475	60315,475
$W_{total}(gr)$	64028,475	64028,475	64028,475	64028,475	64028,475
$\gamma(gr/cm^3)$	1,004	1,031	1,037	1,007	1.025
$\gamma_d(gr/cm^3)$	0,00162	0,00108	0,00142	0,00103	0,00089
e	7,197	10,413	8,197	10,965	13,422
$\theta_i(\%)$	619,44	946,154	728,750	977,704	1145,538
$\theta(\%)$	969,85	1065	950,65	1007,825	1468,821
H tabung	100	100	100	100	100

Tabel 2. Sifat fisik tanah gambut yang diteliti

Tabung	Kadar air awal (%)	Kadar air jenuh (%)	Berat jenis	Angka pori	Berat volume (gr/cm^3)
I	619,444	969,85	1,144	7,197	0,972
II	964,154	1065,00	1,125	10,413	0,923
III	728,750	950,65	1,151	8,197	0,944
IV	977,794	1007,825	1,118	10,965	0,951
V	1145,536	1468,821	1,187	13,422	0,916

Hubungan laju infiltrasi terhadap waktu. Pada awal hujan waktu (t) kecil sekali, maka semua air hujan diserap oleh tanah, laju infiltrasi sangat cepat. Setelah adanya genangan, maka bagian permukaan tanah sudah mulai jenuh, laju infiltrasi lambat. $t > t_p$, $t =$ Waktu infiltrasi, $t_p =$ Waktu *ponding* (waktu genangan), Dari hasil percobaan infiltrasi, hubungan laju infiltrasi terhadap waktu adalah: Bila waktu infiltrasi lebih kecil, maka kapasitas infiltrasi besar; Bila waktu infiltrasi lebih lama, maka kapasitas infiltrasi lebih kecil; Pada kurva kumulatif infiltrasi vs waktu bisa dilihat bahwa bila waktu yang digunakan sedikit, maka kurva berbentuk melengkung, sedangkan bila waktu yang digunakan lama, maka kurva berbentuk garis lurus (linier).

Pengaruh kadar air tanah dan angka pori. Besarnya kadar air tanah dan angka pori tanah sangat mempengaruhi laju infiltrasi. Besarnya kadar air tanah akan mengurangi kapasitas infiltrasi, besarnya angka pori akan mempercepat laju infiltrasi. Pada percobaan infiltrasi, waktu yang dibutuhkan untuk mencapai jenuh sampai ke dasar sampel adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Kondisi jenuh sempurna masing-masing tabung

Data	Tabung I	Tabung II	Tabung III	Tabung IV	Tabung V
$\theta_i(\%)$	6,19	9,46	7,28	9,77	11,75
$\theta(\%)$	9,69	10,65	9,50	10,07	14,68
t (jam)	87	83	36	43	39
Ic	0,41	0,91	0,46	0,62	0,33
W	36,20	25,30	16,88	26,68	12,99
E	7,19	10,4	8,19	10,96	13,42

Dari tabel di atas bisa dilihat: Pada kadar air yang besar dan angka pori yang besar pada tabung V dibutuhkan waktu yang sedikit untuk menjenuhkan air. Kapasitas infiltrasi pada waktu jenuh sampai ke dasar hasilnya paling kecil dan jumlah kumulatif infiltrasi sampai jenuh keseluruhannya paling kecil. Pada kadar air yang kecil dan angka pori yang kecil pada tabung I dibutuhkan waktu yang lama untuk menjenuhkan tanah. Kapasitas infiltrasi pada waktu jenuh sampai dasar hasilnya besar dan jumlah kumulatif infiltrasi sampai jenuh keseluruhan paling besar.

Pengaruh kerapatan tanah. Sampel tanah tidak terganggu, tidak mengubah struktur tanah aslinya akan mempengaruhi pada kerapatan tanah, pada percobaan ini kerapatan tanah pada masing-masing tabung adalah:

Tabel 4. Kondisi kerapatan tanah masing-masing tabung

Data	Tabung I	Tabung II	Tabung III	Tabung IV	Tabung V
$\theta_i(\%)$	6,19	9,46	7,28	9,77	11,75
$\theta(\%)$	9,69	10,65	9,50	10,07	14,68
t (jam)	87	83	36	43	39
Ic	0,41	0,91	0,46	0,62	0,33
W	36,20	25,30	16,88	26,68	12,99
γ	1,004	1,031	1,037	1,007	1,025

Pengaruh kerapatan tanah sebagai berikut: Pada kerapatan tanah yang besar terdapat pada tabung II, III, V, dihasilkan kumulatif infiltrasi yang kecil, dan Pada kerapatan tanah yang kecil terdapat pada tabung I dan IV, dihasilkan kumulatif infiltrasi yang besar.

Pengaruh koefisien permeabilitas. Pengaruh koefisien permeabilitas pada percobaan ini terdapat pada besarnya. laju infiltrasi dan kumulatif infiltrasi, serta berpengaruh pada waktu untuk menjenuhkan sampel.

Tabel 5. Kondisi koefisien permeabilitas masing-masing tabung

Data	Tabung I	Tabung II	Tabung III	Tabung IV	Tabung V
$\theta_i(\%)$	6,19	9,46	7,28	9,77	11,75
$\theta(\%)$	9,69	10,65	9,50	10,07	14,68
t (jam)	87	83	36	43	39
Ic	0,41	0,91	0,46	0,62	0,33
W	36,20	25,30	16,88	26,68	12,99
κ	0,226	0,157	0,131	0,151	0,106

Pengaruh koefisien permeabilitas adalah sebagai berikut: Pada tabung V koefisien permeabilitasnya kecil maka, Kadar air besar, Kadar air jenuhnya kecil, Waktu untuk menjenuhkan tanah paling besar, Besarnya kapasitas infiltrasi agak kecil, dan Kumulatif infiltrasi paling besar.

Pengaruh tinggi kenaikan kapiler. Tinggi kenaikan kapiler seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 6. Kondisi tinggi kenaikan kapiler masing-masing tabung

Data	Tabung I	Tabung II	Tabung III	Tabung IV	Tabung V
θ_i (%)	6,19	9,46	7,28	9,77	11,75
θ (%)	9,69	10,65	9,50	10,07	14,68
t (jam)	87	83	36	43	39
Ic	0,41	0,91	0,46	0,62	0,33
W	36,20	25,30	16,88	26,68	12,99
γd (gr/cm ³)	0,00162	0,00108	0,00142	0,00103	0,00089
Hf (cm)	11,2	9,3	10,7	9,3	7,8

Pengaruh kenaikan kapiler adalah sebagai berikut: Pada tabung I, II, III, IV, tinggi kenaikan kapiler besar dibandingkan tabung V, karena γd pada tabung V kecil yaitu 0,00089 pori-pori besar 13,422 dibanding sampel lain. Sehingga mengakibatkan kenaikan kapiler rendah, dan Karena kerapatan kering pada tabung V kecil, sehingga sampel banyak pori-porinya. Jarak antara butir-butir tanah jauh, sulit untuk menaikan air.

Hal ini berpengaruh kepada: Jumlah kumulatif infiltrasi pada tabung I, II, III, IV, menjadi besar dibanding dengan tabung V, dan Jumlah kapasitas infiltrasi pada tabung I, II, III, IV, menjadi besar dibanding dengan tabung V.

Hubungan antara kumulatif infiltrasi, kapasitas infiltrasi vs waktu pada Formula Empiris. Untuk memperjelas hubungan antara kumulatif infiltrasi, kapasitas infiltrasi dengan waktu formula empiris perlu dibahas kaitannya dengan waktu awal, waktu transisi dan waktu yang cukup lama pada setiap formula.

Hubungan kumulatif vs waktu. Formula empiris green and ampt $w - (\theta - \theta_i)(H + Hf) \ln[1 + \frac{w}{(\theta - \theta_i)(H + Hf)}] = \kappa.t$ atau $w - Sf \ln[1 + \frac{w}{Sf}] = \kappa.t$. Pada waktu t awal, t transisi dan t yang cukup lama hubungan kumulatif infiltrasi dan waktu tidak nampak jelas. Akan tetapi pada kurva hasil perhitungan baik pada tabung I, II, III, IV, dan V, bahwa: 1) Pada waktu t awal, yang mempengaruhi adalah suku pertama yang merupakan suku dalam ln, sehingga kurva kumulatif infiltrasi berbentuk lengkung; 2) Pada waktu t transisi, yang mempengaruhi adalah suku pertama dan kedua yang merupakan suku dalam ln dan $\hat{\kappa}.t$, sehingga kurva kumulatif infiltrasi berbentuk sedikit lengkung; dan 3) Pada waktu t lama, yang mempengaruhi adalah suku kedua yaitu $\hat{\kappa}.t$, sehingga kurva kumulatif infiltrasi berbentuk linier.

Formula empiris Horton (1939). $w = \kappa.t + \frac{1}{K}(I_0 - \kappa)(1 - e^{-\kappa t})$. Pada formula ini perhitungan kumulatif infiltrasi tidak terpengaruh pada kadar air awal. Pada waktu

t awal, harga w akan tergantung pada kapasitas infiltrasi awal (I_0) dan harga koefisien permeabilitas pada suku pertama, sehingga kurva kumulatif infiltrasi yang terbentuk berupa lengkungan. Pada waktu t transisi, harga w masih tetap dipengaruhi harga kapasitas infiltrasi awal (I_0) dan koefisien permeabilitas pada suku pertama, sehingga kurva kumulatif yang terbentuk sedikit lengkung. Pada waktu t yang cukup lama, harga w tergantung pada suku kedua ialah $\hat{\kappa} \cdot t$ sehingga kurva yang terbentuk berupa linier.

Formula empiris Philip (1957). $w = \sqrt{2(\hat{\theta} - \theta_i)(H + Hf)} \hat{\kappa} \frac{1}{\sqrt{t}} + \hat{\kappa} \cdot t$. Pada

waktu t awal, yang mempengaruhi adalah suku pertama di bawah akar sehingga kurva kumulatif infiltrasi yang terbentuk berupa kurva lengkung. Pada waktu t transisi, yang mempengaruhi adalah suku pertama dan suku kedua sehingga kurva kumulatif yang terbentuk berupa sedikit lengkung. Pada waktu t yang cukup lama, yang mempengaruhi adalah suku kedua sehingga kurva kumulatif infiltrasi berbentuk linier.

Hubungan kapasitas infiltrasi vs waktu. Formula empiris Philip (1957).

$I_c = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{2(\hat{\theta} - \theta_i)(H + Hf)} \cdot \hat{\kappa} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}} + \hat{\kappa} \cdot t$. Pada waktu t awal, yang mempengaruhi adalah

suku pertama dalam kurung kurawal, sehingga kurva kapasitas infiltrasi yang terbentuk berupa garis vertikal. Pada waktu t transisi, yang mempengaruhi adalah suku pertama dan suku kedua, sehingga kurva kapasitas infiltrasi yang terbentuk berupa sedikit lengkung. Pada waktu t yang cukup lama, yang mempengaruhi adalah suku kedua, sehingga kurva kapasitas infiltrasi berupa garis horizontal. Analisa perhitungan kumulatif infiltrasi dan kapasitas infiltrasi dengan menggunakan cara: Metode Green and Ampt. Dengan rumus:

$w - (\hat{\theta} - \theta_i)(H + Hf) \ln \left[1 + \frac{w}{(\hat{\theta} - \theta_i)(H + Hf)} \right] = \kappa t$. dimana, nilai w dicari dengan cara *trial and error*, maka didapat angka 3,2 kemudian dimasukkan ke dalam rumus di atas:

$3,2 - (9,69 - 6,19)(9,5 + 11,2) \ln \left(1 + \frac{3,2}{(9,69 - 6,19)} \right) = 0,226$ maka, nilai I_c ; $I_c =$

$$\frac{\hat{\kappa} [w + (\hat{\theta} - \theta_i)(H + Hf)]}{w}, = \frac{0,226 [3,2 + (9,69 - 6,19)(9,5 + 11,2)]}{3,2} = 1,93 \text{ cm/jam.}$$

Metode Horton. Dengan rumus; $w = \kappa t + \frac{1}{K} (I_0 - \kappa)(1 - e^{-\kappa t}) = 0,226 \cdot 1 + 1/0,226 (0,82 - 0,226)(1 - 0,36) = 1,52 \text{ cm}$ maka, nilai I_c : $I_c = \kappa + (I_0 - \kappa)e^{-\kappa t} = 0,226 + (0,82 - 0,226) 0,36 = 1,08 \text{ cm/jam.}$

PEMBAHASAN

Dari hasil percobaan laju infiltrasi yang diperoleh di lapangan dan di laboratorium, kita dapat melihat hubungan antara percobaan, metode Horton, metode *green and ampt* dan metode Philip, kapasitas infiltrasi dan waktu, kumulatif infiltrasi dan waktu, sifat fisik tanah gambut pada setiap lokasi. Adapun hubungan tersebut dapat dilihat pada tabel di atas. Dengan demikian dapat

disimpulkan bahwa: Masing-masing tabung memiliki sifat fisik tanah yang berbeda pada tiap lokasi pengambilan sampelnya, seperti kadar air tanah, angka pori, berat volume, kondisi tanah kering, berat kering, berat basah, dan berat jenis yang didapat dari uji di laboratorium. Pengujian karakteristik tanah tersebut berpengaruh terhadap kumulatif infiltrasi dan kapasitas infiltrasi. Pada masing-masing tabung menunjukkan bahwa semakin lama waktu infiltrasi maka semakin tinggi kumulatif infiltrasi dan semakin rendah kapasitas infiltrasinya. Kumulatif infiltrasi pada tabung I lebih tinggi dari tabung II, III, IV, dan V, hal ini disebabkan waktu infiltrasi pada tabung I lebih lama dari tabung lainnya. Hubungan kumulatif infiltrasi dan waktu pada hasil percobaan dengan metode Horton dan *green and ampt* menunjukkan satu sama lainnya tidak menghasilkan harga yang sama karena metode *green and ampt* nilai kumulatifnya dicari dengan cara trial and error yang mendekati hasil perkalian koefisien permeabilitas dengan waktu infiltrasi. Hubungan kapasitas infiltrasi dan waktu pada hasil percobaan dengan metode Horton dan *green and ampt* menunjukkan harga yang berbeda. Di sini dapat dilihat bahwa hasil yang didapat dengan metode *green and ampt* lebih mendekati dengan hasil percobaan. Hasil kumulatif infiltrasi dan kapasitas infiltrasi pada tiap- tiap tabung, dimana hasil percobaan lebih mendekati metode *green and ampt* daripada metode Horton. Hal ini disebabkan rumus *green and ampt* yang digunakan untuk menghitung nilai kumulatif infiltrasi dan kapasitas infiltrasi lebih cocok untuk menghitung tanah yang berbutir halus sedangkan Horton lebih cocok untuk menghitung tanah berbutir kasar dengan genangan air yang tinggi.

Hubungan kumulatif infiltrasi dan waktu pada hasil percobaan dengan metode Philip menunjukkan satu sama lainnya tidak menghasilkan harga yang sama, jika dibandingkan metode *green and ampt* dan Horton, maka metode Philip lebih mendekati dengan hasil percobaan. Hubungan kapasitas infiltrasi dan waktu pada hasil percobaan dengan metode Philip menunjukkan harga yang mendekati dengan percobaan. Hasil kumulatif infiltrasi dan kapasitas infiltrasi pada tiap-tiap tabung, dimana hasil percobaan lebih mendekati metode Philip. Hal ini disebabkan rumus yang digunakan Philip untuk menghitung nilai kumulatif infiltrasi dan kapasitas infiltrasi lebih cocok untuk tanah lempung sedangkan Horton lebih cocok untuk tanah berbutir kasar dengan genangan air tinggi, (tanah gambut dalam keadaan bebas). Keadaan tanah masing-masing tabung dalam kondisi jenuh sempurna, karena dipengaruhi oleh kadar air tanah dan angka pori tanah. Kondisi kerapatan tanah masing-masing tabung, terlihat jelas pada kerapatan tanah yang besar kumulatif infiltrasi cenderung. Sedangkan pada kerapatan tanah kecil dihasilkan kumulatif infiltrasi yang besar. Kondisi koefisien permeabilitas pada masing-masing tabung. Tabung V dan tabung I memiliki koefisien permeabilitas yang berbeda, koefisien permeabilitas tergantung pada kadar air tanah awal dan kadar air jenuh, waktu, kapasitas infiltrasi, dan kumulatif. Kondisi tanah kenaikan kapiler pada masing-masing tabung dipengaruhi oleh kerapatan tanah kering dan angka pori.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil pembahasan dan perhitungan dapat disimpulkan sebagai berikut: 1) Berdasarkan hasil uji di laboratorium dan klasifikasi kandungan seratnya maka tanah gambut yang terdapat di daerah Sungai Raya Dalam adalah jenis *Fibrous Peat* (Mac Farlane, 1969); 2) Hasil percobaan mendekati dengan metode Green And Ampt. Hal ini disebabkan *Green And Ampt* (1911) menggunakan tanah berbutir halus, Horton (1939) memakai percobaan tanah berbutir kasar dengan genangan air yang tinggi; 3) Besarnya kapasitas infiltrasi pada penelitian tanah dalam keadaan normal dan tanah dalam keadaan bebas menunjukkan hasil yang berbeda karena dipengaruhi oleh waktu infiltrasi; 4) Pengaruh kadar air tanah terhadap laju infiltrasi dari percobaan di laboratorium menunjukkan perbedaan nilai kapasitas infiltrasi dan kumulatif infiltrasi karena dengan kadar air tanah yang tinggi maka laju infiltrasi kecil; dan 5) Dari percobaan diperoleh bahwa Kumulatif Infiltrasi (W) yang terjadi mengikuti persamaan $y = -0,7112x^2 + 42,931x + 14,411$. Sedangkan besarnya kapasitas infiltrasi (I_c) dari hasil percobaan diperoleh persamaan $y = 56,906x^{-0,4069}$.

SARAN

Untuk penyempurnaan hasil yang didapat, perlu dilakukan pengujian kembali di lokasi sampel yang berbeda. Penelitian ini dapat dikembangkan lagi dengan bermacam-macam variasi model alat dengan jenis tanah yang sama yang ada di kota Pontianak. Untuk itu diharapkan akan ada studi dan penelitian lanjutan untuk dapat mengetahui lebih jauh tentang perilaku infiltrasi pada tanah gambut, khususnya tanah gambut berserat.

DAFTAR PUSTAKA

- Bouwer, Herman. (1978). **Groundwater Hydrologi**. Internasional Student Edition,.
- Harto, Sri. BR. (1991). **Hidrologi Terapan**. Edisi Tiga. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada.
- Harto, Sri. (1992). **Analisis Hidrologi**. Jakarta: Gramedia.
- Sastrodarsono, Soeyono. (tt). **Hidrologi untuk Pertanian**. Jakarta: Erlangga.
- Seyhan, Ersin. (1997). **Dasar-dasar Hidrology**. Yogyakarta: Gajah Mada Universitas Press.
- Soemarto, C. D. (1995). **Hidrologi Teknik**” Edisi ke-2. Jakarta: Erlangga.
- Wilson, E. M. (1993). **Engineering Hydrology**. The Mac Millan Press Ltd.