



KESAN PINTASAN KE ATAS INFILTRASI DAN KELEMBAPAN TANIH DI HUTAN DIPTEROKAP DAN LADANG KELAPA SAWIT DI TASIK CHINI, PAHANG

(Impact of Interception on Infiltration and Soil Moisture in Dipterocarp Forest and Oil Palm Plantations in Tasik Chini, Pahang)

Frankie Marcus Ata¹, Mohd Ekhwon Toriman^{1,2}, Mohd Khairul Amri Kamarudin^{1,3*}

¹East Coast Environmental Research Institute (ESERI),

Universiti Sultan Zainal Abidin, 21300 Kuala Terengganu, Terengganu, Malaysia

²School of Social, Development and Environmental Studies, Faculty of Social Sciences and Humanities, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor, Malaysia

³Faculty of Design Arts and Engineering Technology, Universiti Sultan Zainal Abidin, 21300 Kuala Terengganu, Terengganu, Malaysia

*Corresponding author: mkhairulamri@unisza.edu.my

Received: 14 April 2015; Accepted: 9 July 2015

Abstrak

Hutan dipterokap dan kawasan pertanian kelapa sawit merupakan dua lokasi yang mempunyai ciri pintasan, kelembapan tanah dan infiltrasi yang berbeza. Kajian imbalan air bagi proses kitaran hidrologi ini telah dijalankan di Lembangan Tasik Chini, Pahang, Malaysia selama sepuluh bulan bermula pada bulan April 2011 sehingga Januari 2012. Matlamat kajian ini adalah mengkaji ciri pintasan di dua variasi kanopi pokok dan kesan pintasan ke atas proses infiltrasi. Metod yang digunakan melibatkan data primer khususnya pengukuran aliran batang dan jatuhan langsung serta kadar kelembapan tanah bagi kedua-dua lokasi kajian. 104 batang pokok menjadi sampel iaitu 100 batang pokok di kawasan hutan dipterokap dan 4 batang pokok kelapa sawit serta 9 set jatuhan langsung dan 7 stesen alat pengukur kelembapan tanah. Hubungan regresi digunakan untuk menganalisis kadar infiltrasi dan perhubungan antara pembolehubah pintasan dengan kadar kelembapan tanah dan hujan. Hasil kajian mendapati, 29.7% jumlah pintasan direkodkan di kawasan Plot A, 29.1% di kawasan Plot B dan 41.2% di kawasan kelapa sawit. Purata aliran batang bagi pokok di kawasan hutan sebanyak 8.65mm setiap pokok berbanding 12.7 mm bagi setiap pokok kelapa sawit. Purata bagi jatuhan langsung di kawasan kelapa sawit juga tinggi berbanding kawasan hutan iaitu 0.49 mm dan 0.42 mm. Hasil kajian menunjukkan ciri pintasan bagi kawasan hutan dipterokap dan kawasan kelapa sawit dipengaruhi oleh ciri fisiografi pokok seperti diameter batang pokok dan bentuk dahan pokok. Nilai pekali korelasi bagi hubungan antara jatuhan langsung dengan kadar kelembapan tanah di kawasan kelapa sawit adalah $r^2 = 0.49$ berbanding di kawasan hutan sebanyak $r^2 = 0.42$, hubungan yang positif bermakna apabila jumlah jatuhan langsung meningkat maka kadar kelembapan tanah juga akan meningkat.

Kata kunci: aliran batang, jatuhan langsung, kelembapan tanah, infiltrasi, hutan dipterokap Tasik Chini

Abstract

In local water balance, the dipterocarp forest and oil palm plantation are two locations which demonstrated different processes in terms of interception, soil moisture and infiltration. To evaluate the process, this study was carried out at Tasik Chini watershed, Pahang, Malaysia for over ten months commencing April 2011 until January 2012. The main idea of this study is to study the characteristics of interception at two variants canopy and effect of interception on the infiltration process. The methodology used involves primary data including streamflow, through fall and soil moisture. 104 samples for stemflow and four samples for palm oil trees, 9 sets of through fall and 7 soil moisture stations were measured at dipterocarp forest and oil palm plantation,

respectively the regression analysis was used to analyses the relationship between rate of infiltration and interception with soil moisture and rainfall. The result indicate that total interceptions were registered at 29.7 percent in Plot A, 29.1 percent in Plot B and 41.2 in oil palm plantation. The average for stemflow in the forest area is 8.65 mm per tree compared to 12.7 mm for every oil palm tree. Meanwhile, the average for through fall in oil palm plantation was higher compared to the forest area. This is about 0.49 mm and 0.42 mm respectively. The results of the interception at the Dipterocarp forest and palm areas were affected by physiographic characteristic such as the diameter size and branches of tree. The correlation coefficient between through fall and soil moisture in the oil palm plantation is $r^2=0.49$, in comparison to through fall and soil moisture in forest area is $r^2=0.42$. Positive correlation means that the amount of through fall increase than soil moisture will increase also.

Keywords: stem flow, through fall, soil moisture, infiltration, Tasik Chini dipterocarp forest

Pendahuluan

Hutan Dipterokap dan kawasan pertanian merupakan dua kawasan yang mempunyai vegetasi yang berbeza. Hutan Dipterokap mempunyai litupan tumbuhan yang pelbagai bermula daripada tumbuhan yang pelbagai saiz dan seterusnya kawasan lantainya yang dilitupi oleh lapisan humus dan daun kering sebelum sampai ke lapisan tanah. Manakala kawasan pertanian pula, merujuk kepada kawasan hutan yang ditebus guna menjadi kawasan yang mempunyai tanaman yang sama jenis misalnya kelapa sawit, getah dan sebagainya. Kawasan pertanian juga biasanya mempunyai lantai yang bersih bagi tujuan memudahkan proses pembajakan dan pemungutan hasil. Perbezaan tanaman ini secara tidak langsung memberi impak ke atas imbangan hidrologi di sesuatu kawasan tadahan seperti sungai atau tasik melalui ciri pintasan kedua-dua kawasan tersebut [1,2,3].

Pintasan merujuk kepada halangan air hujan sebelum sampai ke permukaan bumi. Kerpasan yang turun di permukaan bumi akan dipintas oleh tumbuhan atau bangunan sebelum sampai ke permukaan tanah [4]. Kadar pintasan di sesebuah kawasan bergantung pada jumlah kawasan tadahan hutan yang berperanan memperlambatkan air hujan yang sampai ke permukaan bumi. Kejadian pintasan mempunyai hubungan antara kadar kelembapan tanah di kawasan yang dipintas serta nilai susupan air yang masuk ke dalam tanah bagi sesebuah kawasan Fungsi hutan dalam mengekalkan keseimbangan proses hidrologi dilihat melalui fungsi tumbuh-tumbuhan yang mempengaruhi corak penyebaran hujan sesuatu kawasan [5]. Sebahagian daripada jumlah hujan yang turun akan ditahan oleh kanopi dan dahan pokok lalu meleleh melalui batang pokok menjadi aliran batang sebelum tersejat semula ke atmosfera. Jumlah air yang tidak ditahan oleh tumbuhan akan jatuh ke tanah melalui rongga-rongga daun pokok dan menitis melalui daun dan dahan pokok menjadi jatuhan langsung [6]. Justeru, peranan yang dimainkan oleh hutan dalam aspek hidrologi melibatkan proses pintasan yang dipengaruhi oleh vegetasi tumbuhan di sesuatu kawasan tadahan. Objektif utama kajian ini adalah mengkaji ciri pintasan hujan di dua variasi utama kanopi pokok iaitu kelapa sawit dan hutan Dipterokap dalam kawasan tadahan Tasik Chini dan menganalisis kesan pintasan ke atas perilaku susupan air ke dalam tanah.

Fungsi Komponen Hidrologi

Secara generalisasinya, kerpasan yang turun ke permukaan bumi tidak semestinya mengalir dengan lancar. Sebaliknya, terdapat beberapa elemen yang memberi halangan dan gangguan kepada curahan hujan tersebut yang dikenali sebagai pintasan atau cegatan silara. Proses pintasan boleh ditakrifkan sebagai simpanan air kanopi dalam ekosistem hutan dan berfungsi sebagai penentu kepada keseimbangan hidrologi yang melibatkan sempadan klimatologi [7,8]. Dalam proses kitaran air, kerpasan yang turun di kawasan hutan akan dipintas oleh kanopi, dahan, ranting dan batang pokok sebelum sampai ke permukaan bumi. Kerpasan yang diperangkap oleh fungsi-fungsi tumbuhan akan memberi masa kepada tanah untuk menjalankan proses susupan air hujan dengan lebih efektif dan melengkapkan kitaran hidrologi sesebuah kawasan [9]. Proses pintasan terbahagi kepada tiga komponen utama iaitu aliran batang (Sf), jatuhan langsung (Tf) dan hujan kasar (R).

Selain itu, jumlah hujan yang dapat dipintas oleh tumbuhan juga bergantung kepada fungsi struktur cabang, dahan dan ketumpatan kanopi. Oleh itu, pelbagai spesies pokok akan menghasilkan amaun pintasan yang berbeza. Misalnya, tumbuhan yang mempunyai kawasan permukaan kanopi yang luas dapat memintas lebih banyak kerpasan berbanding dengan litupan tumbuhan [1,10]. Dalam pada itu, menurut [11], aliran batang sangat bergantung kepada jenis batang pokok. Batang pokok yang licin berupaya mengalirkan air dengan lebih cepat dan banyak dalam masa yang singkat. Kajian bagi mengenalpasti aliran batang pokok kelapa sawit di Ladang Sedenak, Johor telah

mendapati hanya 14 kejadian hujan yang menghasilkan aliran batang daripada 21 bacaan hujan yang direkodkan selama dua bulan. Kajian ini dilakukan ke atas lima batang pokok kelapa sawit yang dipilih secara rawak berdasarkan ciri diameter, ketinggian, umur dan bentuk rimbunan. Pelepah pokok kelapa sawit yang dipilih ditanggalkan menggunakan kapak dan dipotong satu persatu secara memanjang sehingga membentuk satu lingkaran supaya kepingan getah dapat dipasang. Data hujan diperoleh daripada tolok hujan automatik ONSET RGM-2. Hasil kajian juga mendapati aliran batang mempunyai hubungkait yang kuat dengan curahan hujan di mana nilai kolerasi (r^2) mencatatkan 0.82 peratus [12].

Umumnya, bagi pokok hutan seperti Pokok Jati, semakin tua umur pokok maka semakin tinggi nilai infiltrasi yang dicatatkan di kawasan berkenaan berbanding kawasan tanaman jati yang baharu. Hal ini kerana, peningkatan usia pokok menyebabkan lebih banyak bahan organik tanah yang terbentuk di kawasan berkenaan yang menyokong pembentukan liang-liang pori tanah bagi menggalakkan proses susupan air masuk ke dalam tanah apabila waktu hujan. Disamping itu, kawasan jati yang ditanam menggunakan teknik teres pula menimbulkan kesan negatif kepada proses susupan air masuk ke dalam tanah. Hal ini kerana, teknik tersebut menyumbang kepada peningkatan air larian permukaan berbanding air yang menyusup masuk ke dalam tanah [7,13].

Manakala bagi kawasan belukar pula mempunyai kadar penyusupan purata yang tertinggi berbanding di kawasan pertanian iaitu masing-masing 264 mm/jam di kawasan belukar dan 164 mm/jam di kawasan pertanian. Terdapat hubungan yang signifikan antara kadar penyusupan dengan tanah bahan organik dan jumlah keliangan tanah iaitu $r^2=0.963$ dan $r^2=0.899$ masing-masing [14]. Hal ini bermaksud, tanah bahan organik lebih banyak meresap masuk ke dalam tanah berbanding tanah jenis lain. Seterusnya, keliangan tanah yang baik juga dapat meningkatkan kadar infiltrasi. Anggaran kelembapan tanah di kawasan pergunungan dan kawasan tanah rata mendapati kadar kelembapan tanah yang tinggi dicatatkan di kawasan pergunungan, manakala kelembapan tanah rendah di kawasan dataran rendah. Dalam kajian tersebut, vegetasi litupan tanah, ketinggian kawasan serta kepadatan kanopi mempunyai hubungan yang signifikan dengan kadar kelembapan tanah. Nilai pekali korelasi yang diperolehi hubungan antara kepadatan kanopi dengan kadar kelembapan tanah pada bulan April 2002 adalah $r^2 = 0.327$ manakala pada bulan September nilai pekali korelasi yang dicatatkan semakin berkurangan menjadi $r^2=0.054$. Hubungan positif tersebut menunjukkan apabila litupan kanopi semakin padat maka kadar kelembapan tanah semakin tinggi. [15,16,17].

Bahan dan Metodologi

Kawasan Kajian

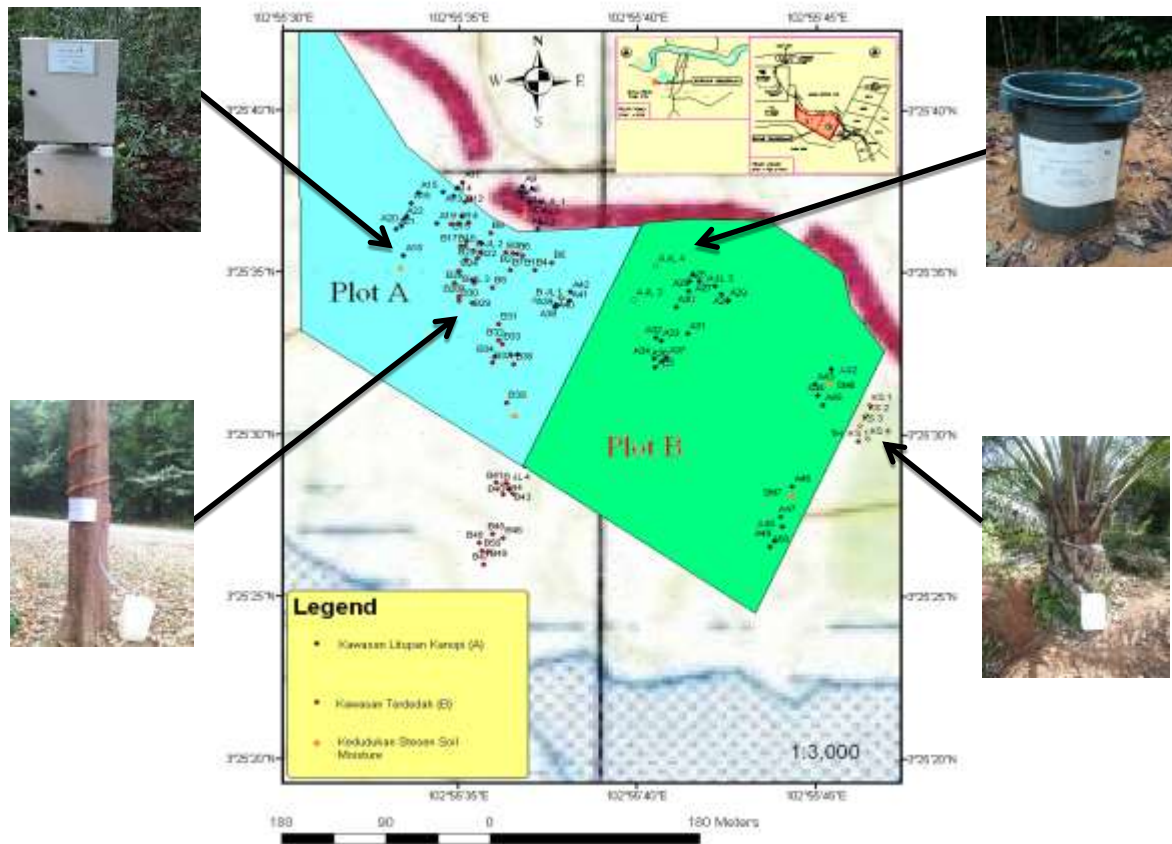
Tasik Chini yang terletak di Tenggara Negeri Pahang merupakan satu daripada destinasi ekopelancongan Negeri Pahang. Kedudukan Tasik Chini merangkumi garis lintang $3^{\circ}24'40''$ U hingga $3^{\circ}26'42''$ U dan $102^{\circ}52'18''$ T hingga $102^{\circ}55'54''$ T [4,14]. Plot kajian pintasan seluas 20 hektar kawasan hutan di kawasan Pusat Penyelidikan Tasik Chini, Universiti Kebangsaan Malaysia (Rajah 1). Plot kajian tersebut juga terbahagi kepada tiga plot iaitu Plot A, Plot B dan kawasan ladang kelapa sawit. Kawasan tersebut mempunyai hutan jenis hujan tropika yang beriklim khatulistiwa iaitu panas dan lembap sepanjang tahun. Kadar hujan juga sekata sepanjang tahun serta kelembapan bandingan yang direkodkan adalah tinggi iaitu melebihi 80 peratus. Dalam pada itu, kadar suhu tahunan yang direkodkan adalah tinggi iaitu melebihi 26°C menyebabkan kadar sejatan di kawasan tersebut adalah tinggi. Kelajuan angin yang di kawasan kajian adalah rendah iaitu kurang dari 0.55 m/s. [7].

Pengukuran nilai jatuhan langsung dan aliran batang dipilih berdasarkan saiz lilitan batang pokok ($\text{DBH} > 20\text{cm}$) di kawasan hutan dipterokap Tasik Chini. Sebanyak 100 batang pokok dijadikan sampel, 50 di kawasan yang berlitupan kanopi serta 50 di kawasan litupan kanopi yang jarang dan empat batang pokok kelapa sawit digunakan untuk menganalisis aliran batang bagi dua versi kanopi pokok yang berbeza. Sembilan bin hitam digunakan untuk menganalisis jatuhan langsung dan 7 alat pengukur kelembapan tanah digunakan untuk mengukur kadar kelembapan tanah. Kadar pintasan dikira menggunakan rumus persamaan 1 berikut:

$$I = P - T - S \quad (1)$$

di mana I = Pintasan, P = Hujan Kasar, T = Through Fall, S = Stem Flow

Kadar kelembapan tanah diukur menggunakan alat Moisture.Point™ MP-917. Manakala nilai pekali korelasi hubungan antara kadar jatuhnya langsung dengan kadar kelembapan tanah digunakan bagi memperoleh maklumat tentang kadar infiltrasi di kawasan plot kajian.



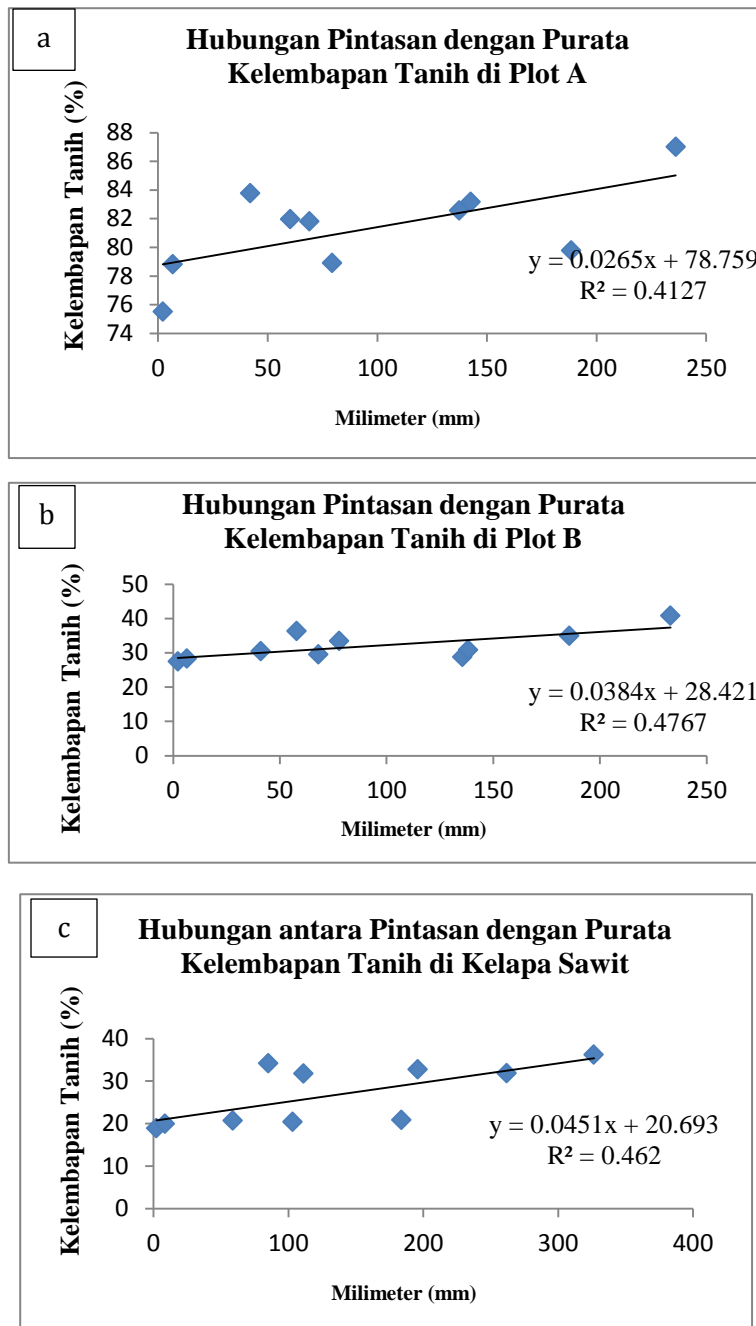
Rajah 1. Peta plot kawasan kajian pintasan di hutan sekunder Tasik Chini, Pahang dan set jatuhnya langsung pintasan dan aliran batang serta alat pengukur kelembapan tanah.

Hasil Kajian dan Perbincangan

Perilaku Pintasan Dengan Purata Kadar Kelembapan Tanah

Pintasan hujan oleh vegetasi tumbuhan boleh mempengaruhi kadar kelembapan tanah sesuatu kawasan. Intensiti hujan yang sampai ke permukaan bumi akan semakin lemah setelah dipintas oleh tumbuh-tumbuhan di permukaan bumi. Fenomena tersebut menyebabkan air hujan berpotensi menyusup masuk ke dalam tanah melalui proses infiltrasi bagi mengekalkan kadar kelembapan tanah. Dalam kajian ini, analisis menggunakan graf regresi digunakan bagi menganalisis nilai pekali korelasi yang terhasil daripada gabungan dua pembolehubah. Misalnya, pembolehubah pintasan dengan kadar kelembapan tanah. Analisis ini dibuat bagi tiga plot kajian iaitu kawasan berkanopi, kawasan jarang kanopi dan kawasan ladang kelapa sawit (Rajah 2).

Hasil yang diperolehi menunjukkan, di kawasan litupan kanopi (Plot A) nilai perhubungan yang diperolehi 0.4127 (r^2), di kawasan litupan kanopi jarang (Plot B) adalah 0.4767 (r^2) dan kawasan pertanian kelapa sawit adalah 0.4620 (r^2). Ketiga-tiga nilai pekali korelasi yang diperolehi adalah mempunyai hubungan yang terus antara pembolehubah pintasan dengan pembolehubah kelembapan tanah. Kadar kelembapan di kawasan kajian sangat dipengaruhi oleh kepadatan kanopi serta keadaan lantai hutan di kawasan hutan. Bagi kawasan yang mempunyai litupan kanopi, kawasan tersebut mempunyai kadar kelembapan yang sediala tinggi berbanding kawasan jarang dan kelapa sawit.



Rajah 2. Perhubungan antara jumlah pintasan dengan purata kelembapan tanah bagi (a) Plot A (b) Plot B dan (c) kawasan pertanian kelapa sawit

Oleh yang demikian, jumlah pintasan yang tinggi membolehkan kadar kelembapan meningkat sedikit sahaja. Manakala kawasan jarang kanopi pula, kawasan yang terdedah dengan sinaran cahaya matahari menyebabkan suhu di kawasan tersebut sentiasa kering. Justeru, peningkatan kadar pintasan menyebabkan peningkatan sedikit pada kadar kelembapan tanah. Seterusnya, kawasan pertanian kelapa sawit pula, sistem penanaman yang mempunyai

jarak antara satu pokok dengan pokok yang lain mendorong kepada peningkatan suhu di kawasan tersebut. Peningkatan suhu menyebabkan proses penyejatan juga meningkat. Oleh itu, perubahan pintasan menyebabkan kadar kelembapan kawasan tersebut meningkat sedikit.

Kesan Pintasan ke atas Perilaku Resapan Air ke dalam Tanah

Salah satu komponen dalam proses pintasan boleh mempengaruhi kadar air yang menyusup masuk ke dalam tanah iaitu jatuhan langsung. Jatuhan langsung terhasil apabila titisan air hujan yang tidak sempat dihalang oleh tumbuhan dan jatuh terus ke tanah. Jumlah jatuhan langsung berupaya menghasilkan fenomena peningkatan air yang terinfiltrasi dan peningkatan air larian permukaan [18].

Menerusi nilai jatuhan langsung di kawasan Plot A (Rajah 3), didapati perhubungan antara kadar jatuhan langsung dengan kadar kelembapan tanah di kawasan Plot A adalah baik dengan nilai pekali korelasi yang diperolehi sebanyak 0.4185 (r^2). Keadaan ini menunjukkan terdapat hubungan terus antara kadar kelembapan tanah dan nilai jatuhan langsung di kawasan Plot A. Selain itu, terdapat hubungan terus antara kadar kelembapan dengan jatuhan langsung dengan nilai P-Value sebanyak 0.043 iaitu kurang daripada 0.05 nilai asas hubungan.

Di kawasan yang mempunyai litupan kanopi yang jarang (plot B) pula, nilai pekali yang diperolehi melalui graf regresi ialah 0.2944 (r^2) yang mana hubungan positif di antar kedua-dua pembolehubah. Namun begitu, nilai P-Value menunjukkan kelembapan tanah tidak mempunyai hubungan yang signifikan dengan jatuhan langsung iaitu sebanyak 0.105 berbanding nilai asas adalah 0.05. Hubungan yang tidak signifikan ini bermakna, jatuhan langsung hujan di kawasan Plot B lebih cenderung kepada kejadian air larian permukaan berbanding air yang meresap masuk ke dalam tanah.

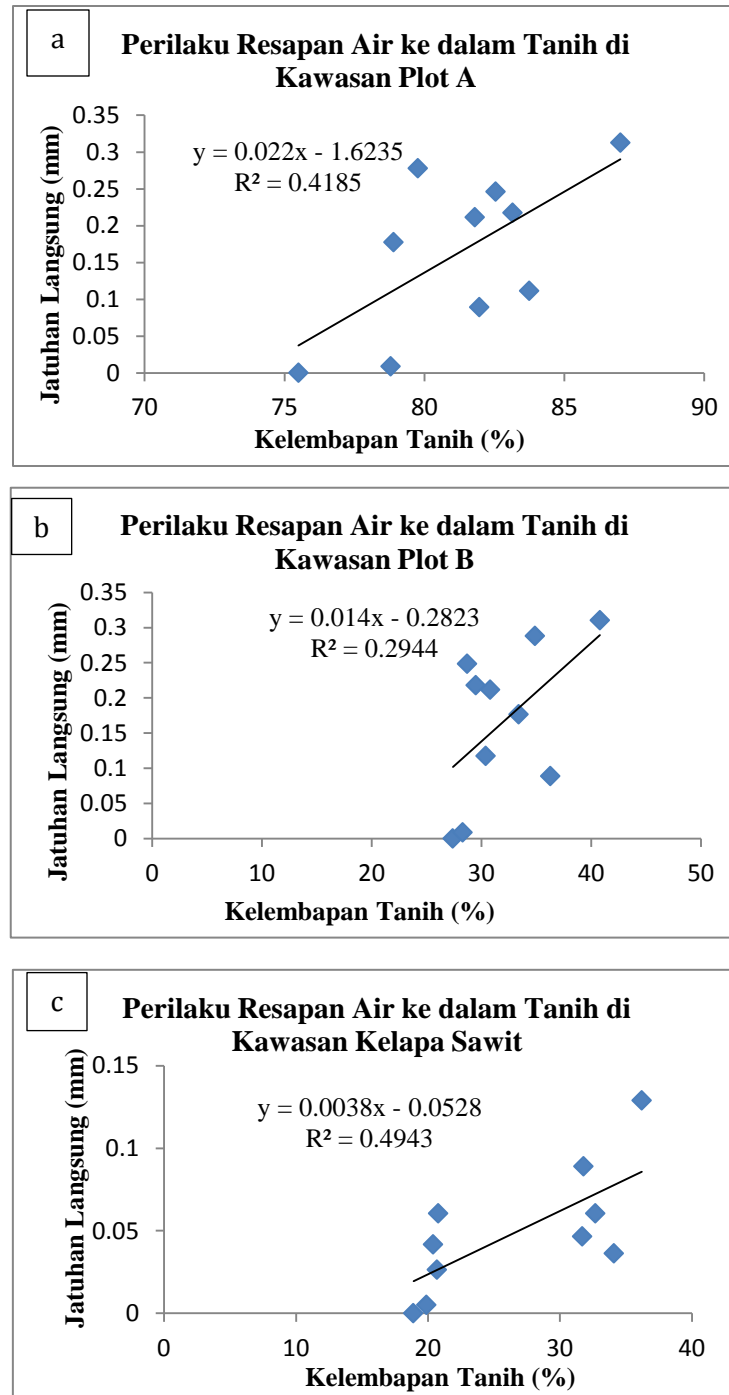
Nilai pekali korelasi yang diperolehi adalah 0.4943 (r^2) menunjukkan hubungan positif antara jumlah jatuhan langsung dengan kadar kelembapan tanah di kawasan kebun kelapa sawit. Namun begitu, peningkatan jumlah jatuhan langsung menyebabkan kadar penyusupan berkurangan dan meningkatkan kadar air larian permukaan. Hal ini disebabkan, sistem penanaman pokok kelapa sawit menggunakan sistem segi tiga sama. Kedudukan pokok menyebabkan wujudnya ruang antara setiap pokok yang membolehkan hujan yang turun akan terus ke permukaan tanah tanpa halangan.

Kesimpulannya, berpandukan perbincangan tersebut, dapat dirumuskan bahawa, kawasan hutan mampu menyerap dan menyumbang kepada peningkatan nilai resapan air masuk ke dalam tanah berbanding kawasan yang jarang kanopi dan kawasan pertanian kelapa sawit. Pengaruh litupan vigitasi di lantai hutan mendorong berlakunya proses infiltrasi di kawasan hutan dan pertanian kelapa sawit.

Pengaruh Fisiografi Pokok

Ciri fisiografi pokok dapat mempengaruhi kadar pintasan seperti diameter batang pokok dan bentuk dahan dan ranting pokok. Menurut Nor Rohaiza (2010) [7], kesan perhubungan di antara aliran batang dengan diameter pokok. Diameter pokok yang besar memerlukan jumlah hujan yang tinggi untuk permulaan aliran batang. Ini adalah kerana batang pokok perlu basah terlebih dahulu sebelum air hujan mengalir ke bawah mengikut batang pokok. Pokok yang mempunyai diameter pokok yang besar memerlukan jumlah hujan yang banyak untuk mencapai tahap kebasahan batang pokok berbanding pokok yang berdiameter kecil pula hanya memerlukan curahan hujan yang sedikit sahaja bagi mencapai tahap kebasahan yang maksimum dan baki air hujan akan mengalir menuruni batang pokok sebagai aliran batang sebelum menuju ke lantai hutan.

Seterusnya, sudut ranting pokok yang curam akan mempengaruhi kapasiti dan kelajuan air yang akan mengalir ke batang pokok. Apabila sudut dahan yang condong sebanyak 60° , hampir 80% air hujan yang menitis pada bahagian dahan akan mengalir menjadi aliran batang pada bahagian batang. Ini bermakna, kanopi pokok akan menadah air hujan yang turun untuk sementara waktu sebelum ianya akan mengalir melalui dahan atau ranting yang condong dan seterusnya mengalir ke bahagian batang pokok [19,20]. Ranting dan dahan pokok merupakan salah satu aspek penting dalam mempengaruhi jumlah aliran batang. Jenis dahan dan ranting yang mencuram dapat mengalirkan jumlah air yang lebih banyak pada batang pokok berbanding dengan dahan dan ranting yang mendarat menyebabkan air tidak dapat mengalir pada batang pokok [1,4,7,9].



Rajah 3. Perilaku Resapan Air ke dalam Tanah (Infiltrasi) di kawasan kajian

Kesimpulan

Proses pintasan memainkan peranan yang penting dalam kitaran hidrologi melalui mekanismanya seperti hujan, aliran batang dan jatuhnya langsung. Proses pintasan juga berupaya menentukan kadar infiltrasi yang menyumbang kepada bekalan air bersih kepada kawasan tadahan seperti sungai dan tasik. Berpandukan pada kajian yang di jalankan di kawasan hutan Dipterokap dan kawasan pertanian kelapa sawit membuktikan bahawa pintasan hujan melalui mekanisma aliran batang bagi kedua-dua kawasan banyak memberi impak ke atas imbalan air tempatan di kawasan tadahan, khususnya Tasik Chini.

Bagi kawasan hutan Dipterokap Tasik Chini, proses pintasan hujan memainkan peranan yang penting dalam menggalakkan kejadian proses infiltrasi di kawasan hutan. Hujan yang turun di kawasan hutan lebih banyak menyerap air masuk ke dalam tanah berbanding kawasan pertanian kelapa sawit. Faktor vegetasi hutan yang pelbagai berupaya memintas hujan sebelum sampai ke permukaan tanah. Hujan yang telah dipintas oleh vegetasi tumbuhan akan bergerak secara perlahan melalui dahan dan ranting pokok sebelum sampai ke permukaan tanah dan diserap menjadi air bawah tanah. Jumlah pintasan hujan direkodkan bagi kawasan berkanopi dan kawasan jarang kanopi adalah sebanyak 1910.2 mm berbanding kawasan pertanian kelapa sawit sebanyak 1337.8 mm. Jumlah pintasan yang tinggi membuktikan peranan hutan dan vegetasi tumbuhan yang banyak dapat mengawal kadar curahan hujan di sesebuah kawasan tadahan bagi mengekalkan kelembapan dan seterusnya menggalakkan proses susupan air ke dalam tanah.

Berdasarkan nilai purata aliran batang yang direkodkan bagi setiap pokok, pokok kelapa sawit lebih banyak menghasilkan aliran batang berbanding pokok di kawasan hutan Dipterokap iaitu sebanyak 12.7 mm berbanding aliran batang yang dihasilkan oleh pokok di kawasan hutan sebanyak 8.65 mm. Kejadian aliran batang dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ciri fisiografi pokok dan intensiti hujan. Jatuhan langsung merupakan mekanisma yang penting dalam menentukan nilai infiltrasi di kawasan kajian. Jatuhan langsung air hujan melalui ruang di antara kanopi pokok atau jatuh terus melalui daun dan dahan pokok akibat tiupan angin boleh menimbulkan pelbagai kesan keatas permukaan tanah. Nilai jatuhan langsung yang tinggi direkodkan di kawasan pertanian kelapa sawit iaitu sebanyak 0.49 mm berbanding kawasan hutan sebanyak 0.42 mm. Jumlah jatuhan langsung yang tinggi berupaya menyumbang kepada kejadian air larian permukaan berbanding air yang menyusup masuk ke dalam tanah. Air hujan yang jatuh secara terus mempunyai keupayaan menghakis yang tinggi. Oleh yang demikian, kadar kelembapan tanah dan infiltrasi lebih giat berlaku di kawasan hutan berbanding di kawasan pertanian kelapa sawit.

Penghargaan

Kajian ini dijalankan melalui geran penyelidikan Fundamental Research Grant Scheme (FRGS): FRGS/1/2015/STWN01/UNISZA/02/1. Penulis merakamkan ucapan jutaan terima kasih kepada Universiti Sultan Zainal Abidin (UniSZA), Universiti Kebangsaan Malaysia dan East Coast Environmental Research Institute (ESERI), UniSZA di atas bantuan yang diberikan.

Rujukan

1. Kamarudin, M. K. A., Toriman, M. E., Rosli, M. H., Juahir, H., Azid, A., Mohamed Zainuddin, S. F., Abdul Aziz, N. A. and Sulaiman, W. N. A. (2014). Analysis of Meander Evolution Studies on Effect from Land Use and Climate Change at Upstream Reach of Pahang River, Malaysia. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*: 1 - 16.
2. Azid, A., Che Hasnam, C. N., Juahir, H., Amran, M. A., Toriman, M. E., Kamarudin, M. K. A., Mohd Saudia, M. S., Gasim, M. B. and Mustafa, A. D. (2015). Coastal Erosion Measurement along Tanjung Lumpur to Cherok Paloh, Pahang during the Northeast Monsoon Season. *Jurnal Teknologi* 74 (1): 27–34.
3. Lun, P. I., Gasim, M. B., Toriman, M. E., Rahim S. A. and Kamarudin, M. K. A. (2011). Hydrological Pattern of Pahang River Basin and Their Relation to Flood Historical Event. *Jurnal e-Bangi* 6(1): 29-37.
4. Abdullah, N. M., Toriman, M. E., Md Din, H., Abd Aziz, N. A., Kamarudin, M. K. A., Abdul Rani, N. S., Ata, F. M., Saad, M. H., Abdullah, N. W., Idris, M. and Jamil, N. R. (2013). Influence of Spatial and Temporal Factors in Determining Rainfall Interception at Dipterocarp Forest Canopy, Lake Chini, Pahang. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 17 (1): 11–23.

5. Kamarudin, M. K. A., Toriman, M. E., Sarifah A., S. M, Idris, M., Jamil, N. R. and Gasim, M. B. (2009). Temporal Variability on Lowland River Sediment Properties and Yield. *American Journal of Environmental Sciences*, 5(5): 657-663. 1.
6. Majid, N. M., Hamzah, M. B. and Ahmad, S. (1979). Rainfall interception, throughfall and stemflow in a secondary forest. *Pertanika* 2(2):152-154.
7. Jamil, N. R., Toriman, M. E., Idris, M and Jing, L. W. (2010). Pengaruh kanopi hutan sekunder terhadap kadar pintasan bagi kitaran hidrologi di Tasik Chini, Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana* 39(2): 181187.
8. Toriman, M.E, M. B. Gasim, Z. Yusop, I. Shahid, S. A. S. Mastura, P. Abdullah, M. Jaafar, N.A. Abd Aziz, M. K., A. Kamarudin, O. Jaafar, O. Karim, H. Juahir & N. R. Jamil, (2012). Use of ¹³⁷Cs activity to investigate sediment movement and transport modeling in river coastal environment. *American Journal Environmental Sciences* 8: 417-423.
9. Ismail W. R. (1994). *Pengantar Hidrologi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
10. Md Din, H., Toriman, M. E., Mokhtar, M., Elfithri, R., Abd Aziz, N. A., Abdullah, N. M. and Kamarudin, M. K. A., (2012). Loading Concentrations of Pollutant in Alur Ilmu at UKM Bangi Campus: Event Mean Concentration (EMC) Approach. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 16 (3): 353–365.
11. Helvey J. D. and Patric J. H. (1967). Canpoy and litter interception of rainfall by hardwoods of Eastern United States. *Water Resource* 1: 193-206.
12. Reynolds E. R. C. and Henderson C. S. (1967). Rainfall Interception by Beech, Larch and Norway Spruce. *Forestry* 40(2):165-184.
13. Rosley N. A. 2007. Analisis Pintasan, Jatuhan Langsung dan Aliran Batang di Hutan Pendidikan UKM, Bangi. *Kertas Kerja Projek Ijazah Sarjana Muda*, Universiti Kebangsaan Malaysia.
14. Toriman, M. E., Idris, M., and Jamil, N. R. (2010). Monitoring Spatial Variability of Lowland Dipterocarp Forest in Lake Chini Catchment, Malaysia. *World Applied Sciences Journal* 8 (1): 54-60.
15. Musa S. M. S. (1998). *Pintasan: Peranan aliran batang (Steamlow) UKM Bangi*. Tesis. Bangi: Universiti Kebangsaan Malaysia.
16. Low K. S. (1972). Interception loss in the humid forested areas (with special references to Sg. Lui catchment). *Malay National* 25: 104-111.
17. Mitchell J. A. (1930). Interception of Rainfall by Forest. *Forestry* 28: 101-102.
18. Crockford, R. H. and Richardson, D.P. (2000). Partitioning of rainfall into throughfall, stemflow and interception: Effect of forest type, ground cover and climate. *Hydrology Process* 14: 2903-2920.
19. Jones, J. A. A. (1997). *Global Hidrology: process, resources and environmental management*. England: Addison Wesley Longman Limited.
20. Chappell, N. A., Bidin, K. and Tych, W. (2001). Modelling rainfall and canopy controls on net-precipitation beneath selectively-Logged Tropical Forest. *Plant Ecology* 153: 215-229.