

Penganalisaan Taburan Hujan Diurnal terhadap Angin Monsun di Malaysia dengan Menggunakan Data Satelit TRMM

(The Diurnal Variation of Rain Intensity in Malaysia for Monsoon Region using TRMM Satelit Data)

Asnor Nadirah Ishak^{a*}, Noor Hidayah Tauhid Ahmad^a & Mandeep Singh Jit Singh^{ab}

^aJabatan Elektrik, Elektronik dan Sistem

^bFakulti Kejuruteraan & Alam Bina, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600, Bangi, Selangor, Malaysia

*Corresponding author: asnor23@gmail.com

Received 10 July 2020, Received in revised form 13 August 2020

Accepted 15 October 2020, Available online 30 August 2021

ABSTRAK

Malaysia terletak di kawasan garisan khatulistiwa yang mempunyai suhu yang seragam, kelembapan yang tinggi, dan curahan hujan yang banyak. Curahan hujan yang banyak ditentukan oleh corak tiupan angin monsun dan pengaruh sifat topografi tempatan. Malaysia dipengaruhi dua jenis tiupan angin monsun yang utama iaitu angin Monsun Barat Daya (MBD) yang bertiup pada bulan Mei hingga September manakala Monsun Timur Laut (MTL) bertiup pada bulan November hingga Mac setiap tahun. Malaysia juga merupakan sebuah negara yang dikelilingi laut menyebabkan kesan bayu laut dan bayu darat ke atas corak tiupan angin adalah tinggi. Curahan hujan yang banyak di Malaysia adalah bersesuaian dengan kajian yang dilaksanakan iaitu dengan menganalisa data hujan 3B42 dari satelit TRMM yang dikenali sebagai Analisa Kerpasan Satelit Majmuk, TRMM ('TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis', TMPA). Sebanyak 14 kawasan kajian terdiri dari lapan kawasan dari Semenanjung Malaysia (SM) dan enam kawasan dari Malaysia Timur (MT) untuk tempoh 11 tahun bermula tahun 2009 hingga 2019. Kajian ini mengkaji intensiti hujan diurnal dengan mengikut data hujan temporal dan spasial dengan menggunakan Model Segal pada sela masa 1-minit serta kesannya terhadap angin monsun di Malaysia. Model Segal merupakan model yang terbaik untuk penukaran data hujan bagi kawasan Malaysia dan data hujan ini juga boleh mengetahui kawasan yang sering dilanda hujan lebat dan sebaliknya. Penukaran data hujan pada sela masa 1-minit boleh menjamin kestabilan statistik taburan hujan di sesuatu kawasan kajian yang dipengaruhi oleh kepelbagaian bentuk muka bumi, pergerakan angin monsun, dan kedudukan garis lintang permukaan tersebut. Hasil dari kajian ini mendapati, kawasan kajian Kuching, Sarawak menerima kadar taburan hujan 1-minit iaitu 175.25mm/jam dengan purata hujan tahunan 4641.34mm yang paling tinggi bagi seluruh kawasan kajian di Malaysia. Kawasan kajian Cameron Highlands menerima kadar taburan hujan 1-minit yang paling rendah bagi SM iaitu 103.09mm/ jam manakala kadar taburan hujan 1-minit yang paling tinggi ialah kawasan kajian Kota Bharu, Kelantan iaitu 171.13mm/ jam, dan kawasan Kota Bharu juga menerima purata hujan tahunan yang paling tinggi di SM sebanyak 3013.33mm. Kawasan Cameron Highlands terletak di bahagian Banjaran Titiwangsa yang merupakan tulang belakang bagi kawasan SM dan ia dilindungi dengan tiupan angin MTL yang kuat. Hasil kajian ini mendapati, kawasan kajian Mersing, Johor menerima purata hujan harian, bulanan, dan tahunan yang paling rendah di dalam seluruh 14 kawasan kajian iaitu sebanyak 1992.98mm. Corak taburan hujan di kawasan pantai timur SM dan seluruh negeri Sarawak menerima hujan lebat yang dipengaruhi angin MTL dan mempunyai pola purata hujan diurnal yang sama iaitu mempunyai dua titik maksimum hujan dalam sehari. Hasil dari kajian ini juga mendapati jumlah taburan hujan di setiap kawasan adalah berbeza dari semasa ke semasa. Selain pengaruh angin monsun, fenomena El Nino dan La Nina yang dikenali sebagai El Nino Southern Oscillation (ENSO) juga mempengaruhi taburan hujan di sesuatu kawasan di mana fenomena itu berpunca daripada perubahan suhu permukaan air laut di bahagian khatulistiwa Lautan Pasifik. Data hujan pada tahun 2015 dan 2016 di dalam kajian ini mendapati kebanyakan kawasan kajian memberi kesan pengaruh fenomena El Nino. Kajian ini adalah amat berguna untuk mengetahui corak taburan hujan di Malaysia supaya kita boleh membuat persediaan musim hujan, banjir, dan kemarau bagi pihak kerajaan mahupun persendirian.

Kata kunci: Model segal; Hujan sela masa 1-minit, Angin monsun

ABSTRACT

Malaysia is located in an equatorial region with high and stable temperatures, high humidity, and rainy throughout of the year. The rains are caused by the monsoon regime and influenced by local topography. However, Malaysia is near the Equator and surrounded by the sea, there is no real dry season. The weather in Malaysia is mainly affected by two monsoon regimes which is the Southwest Monsoon (MBD) from May to September, while the Northeast Monsoon (MTL) from November to March for every year. The sea in Malaysia is causing the effects of sea breeze and land breeze that have a huge impact on wind patterns. The abundant rainfall in Malaysia which is suitable in this study is to analyze the 3B42 rainfall data from Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) and 14 study areas including of 8 areas from Peninsular of Malaysia (SM) and 6 areas from East of Malaysia (MT) for the period of 11 years of data from 2009 to 2019. This paper is to study the intensity of diurnal rainfall according the temporal and spatial data using Segal models which is conversion the 1-minute rainfall interval in Malaysia. The Segal model is the best model for conversion of rainfall data for Malaysia. This paper also analyses the rainfall data in Malaysia. The conversion of 1-minute rainfall interval data can give the statistical stability of rainfall distribution that influenced by the diversity of landforms, the movement of monsoon winds, and the latitude of surface areas. The result of this study shows that Kuching, Sarawak received 1-minute rainfall data at 175.25mm/hour with the highest annual rainfall of 4641.34mm in the entire study area within Malaysia. The lowest 1-minute rainfall data for SM is Cameron Highlands, Pahang which came up to 103.09mm/hour while the highest 1-minute rainfall data is Kota Bharu, Kelantan at 171.13mm/hour. Kota Bharu study area also received the average of highest annual rainfall data for SM which is at 3013.33mm. Cameron Highlands is located near Titiwangsa Range, where the backbone of SM is located, and the area is protected by strong MTL winds. The results found that the lowest average daily, monthly, and annual rainfall is Mersing, Johor at 1992.98mm for the entire study area. The pattern of rainfall distribution as overall show the east coast area of SM and the entire state of Sarawak received heavy rainfall affected by MTL winds and have the same average diurnal rainfall pattern which has two maximum rainfall points per day. The amount of rainfall distributions is different from one area to another and changes from time to time. The El Nino and La Nina phenomenon known as the El Nino Southern Oscillation (ENSO) is also affecting the rainfall distribution in Malaysia because of the sea surface temperature that keeps changing in the equatorial Pacific Ocean. Almost the entire study area was affected by the ENSO phenomenon in 2015 and 2016. This rainfall distribution study in Malaysia is very useful and helps government and private sectors to make preparations for the seasonal rainfall, flood, and drought.

Keywords: Segal model; 1-minute rainfall interval; monsoon wind

PENGENALAN

Secara geografinya, Malaysia terletak di garisan khatulistiwa yang mempunyai suhu yang tinggi, kelembapan yang tinggi, dan curahan hujan yang banyak. Malaysia mendapat curahan hujan yang lebat sepanjang tahun iaitu di antara 2 000 mm hingga 3 000 mm dalam setahun (Nor Irza Shakhira Bakhtir 2015). Malaysia dikelilingi oleh air Laut China Selatan, Laut Selat Melaka, dan Laut Selat Tebrau. Malaysia juga dipengaruhi dua jenis tiupan angin monsun yang utama iaitu Monsun Barat Daya (MBD) dan Monsun Timur Laut (MTL) yang mana MBD bermula dari akhir bulan Mei hingga September, manakala MTL bermula dari bulan November hingga Mac pada setiap tahun. Tempoh peralihan dikenali sebagai musim perantaraan monsun. Keselaluannya pada MBD, cuaca menunjukkan keadaan yang lebih kering dan panas. MTL

di kawasan negeri-negeri di pantai timur dan barat Sarawak keselaluannya akan membawa hujan yang lebat.

Hujan merupakan salah satu contoh kerpasan (precipitation). Kerpasan ialah kandungan atau jumlah apa-apa bentuk air yang jatuh dari atmosfera ke bumi di satu kawasan tertentu pada tempoh masa tertentu (Ibrahim 2015). Hujan dalam bentuk cecair bermula dari proses pengewapan dari sumber air seperti air laut, sungai, telaga, dan sebagainya. Wap air dalam bentuk gas tersebut akan naik ke atas kerana strukturnya lebih ringan. Semakin tinggi jumlah wap air yang naik, maka persekitaran akan menjadi semakin sejuk dan terkondensasi menjadi embun-embun halus, seterusnya akan terbentuknya awan. Semakin banyak embun halus, maka semakin berat awan tersebut. Apabila awan kelihatan kehitaman, terbentuklah hujan yang jatuh ke permukaan bumi.

Kesan hujan yang ketara bergantung kepada keamatan atau intensiti hujan pada masa tersebut.

Struktur titisan hujan yang turun ke permukaan bumi dipengaruhi juga oleh kepelbagaian bentuk muka bumi, pergerakan angin monsun, dan kedudukan garis lintang permukaan tersebut. Hasil kajian ini mendapati, faktor utama banjir besar berlaku ekoran kewujudan kelembapan tinggi yang mempengaruhi sistem perolakan yang kuat. Semasa musim MTL, tiupan kencang berkala angin luluran sejuk akibat pengukuhan sistem tekanan tinggi yang berpusat di Siberia, mengangkut kelembapan udara di Laut China Selatan yang menuju ke arah Semenanjung Malaysia dan seterusnya menyebabkan punca utama untuk sistem perolakan kuat berlaku. Oleh itu, kajian pemantauan dan pemerhatian taburan hujan diurnal ini adalah sangat penting kerana ia memberi pengaruh yang besar ke atas peredaran atmosfera bumi.

Kesan pelemahan hujan pada isyarat yang melebihi 10 GHz hanya ketara apabila hujan lebat di mana sebahagian kecil laluan penghantaran isyarat tersebut mengakibatkan gangguan isyarat dan prestasi hubungan telekomunikasi terjejas (Roslan Umar et al. 2015). Ini akan menyebabkan isyarat tersebut mengalami kesan penyerapan dan penyebaran di lapisan atmosfera bumi ketika hujan lebat. Penyerapan isyarat pula yang melalui curahan hujan berubah menjadi tenaga haba dan diserap oleh curahan hujan tersebut. Penyebaran bermaksud isyarat akan melalui medium penghantaran yang tidak seragam kerana kehadiran curahan hujan di lapisan atmosfera dan menyebabkan isyarat itu mengalami kesan pembiasan dan pembelauan. Kedua-dua faktor ini menyebabkan berlakunya pengurangan pada isyarat, sama ada yang dihantar dari stesen bumi ke satelit, (uplink) atau satelit ke bumi (downlink).

Kajian mengenai data taburan hujan dikaji dengan lebih meluas pada masa kini dengan menggunakan data daripada satelit mahupun data dari daratan seperti dari Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM) dan Jabatan Pengaliran Saliran (JPS). Di dalam kajian ini, data yang diperoleh adalah dari satelit kerana data ini lebih meluas dan lebih tepat untuk dikaji. Tidak semua kawasan di Malaysia ini mempunyai tolok hujan. Data satelit Misi Mengukur Hujan Tropika (Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM) ini merupakan data satelit penderiaan jauh (remote sensing) yang mampu memberikan maklumat curahan hujan dengan melakukan pengukuran secara jarak jauh di sesuatu kawasan secara tepat mahupun kawasan pedalaman. Menurut (Shuhaina Ibrahim 2016), data hujan dari satelit TRMM ini mempunyai hubungan linear yang baik dengan data hujan dari stesen tadahan di Malaysia.

Pada abad ke-21 ini, Malaysia kini mengalami perubahan iklim yang paling besar terhadap alam sekitar. Fenomena perubahan iklim ini berpunca daripada aktiviti manusia seperti pembalakkan haram, pengeluaran sisa toksid dari kilang-kilang, dan penggunaan kereta yang banyak di mana ia boleh menyebabkan peningkatan pengeluaran gas karbon dioksida dan pengurangan kadar kitar semula. Faktor-faktor ini boleh menyebabkan perubahan iklim di Malaysia yang mengakibatkan hujan lebat dan banjir ekstrem. Sejak kebelakangan ini, Malaysia mengalami banjir yang teruk pada November 2017 di Pulau

Pinang, tahun 2016 di Johor, dan tahun 2014 di Kelantan dan Sabah.

Kebiasaannya, di Malaysia dan juga menurut sumber dari Jabatan Meteorologi Malaysia (JMM), angin MTL dikenali sebagai musim tengkujuh yang berlaku pada bulan November hingga Mac setiap tahun dan pada ketika ini laut bergelora dan mengalami hujan lebat bagi negeri-negeri sebelah pantai timur dan hampir seluruh kawasan Sarawak. Manakala angin MBD yang dikenali sebagai musim kering tidak membawa hujan lebat dan angin kencang. Laut di Selat Melaka terlindung daripada angin MBD kerana halangan dari Pulau Sumatera dan MTL dihalang oleh banjaran gunung di tengah-tengah Semenanjung Malaysia.

Kesan hujan yang lebat pada musim angin MTL boleh menjejaskan kemusnahan harta benda, tempat tinggal, pertanian, perikanan, pelancongan, perindustrian, tanah runtuh, dan juga boleh membawa kematian kepada manusia. Manakala, pada MBD yang membawa hujan yang rendah dan hutan hujan tropika menjadi kering. Tambahan pula, kegiatan manusia seperti penebangan dan pembakaran hutan secara haram boleh mengakibatkan pencemaran udara contohnya isu jerebu menjadi semakin berleluasa. Oleh itu, kajian ini adalah sangat penting dan berguna untuk mengetahui corak taburan hujan diurnal di Malaysia sepanjang tempoh penganalisaan data yang dikumpul dalam tempoh 11 tahun bermula dari 2009 hingga 2019 supaya menjadi rujukan bagi perkhidmatan meteorologi, pengaliran saliran, hidrologi, dan penyelidikan tempatan mahupun luar negara bagi memperbaiki serta merancang pembangunan sektor ekonomi pertanian, perikanan, pelancongan, dan perindustrian negara.

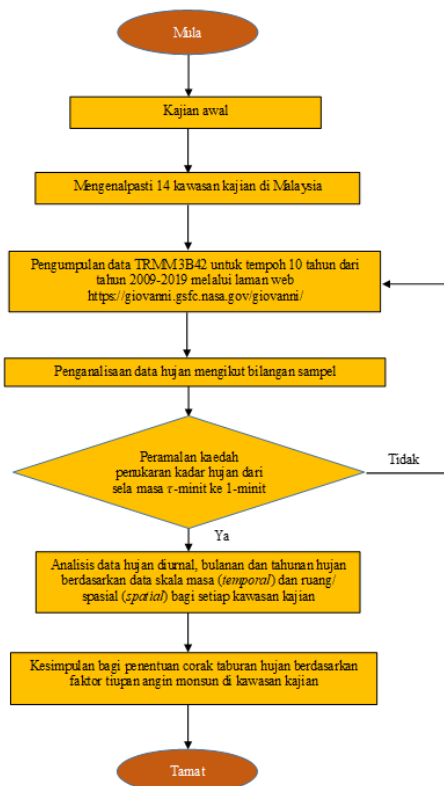
METODOLOGI KAJIAN

Secara umumnya, taburan hujan di sesuatu kawasan adalah berbeza dan ia bergantung sepenuhnya kepada kadar keamatan atau intensiti hujan bagi kawasan tersebut. Penganalisaan data hujan 3B42 ini bermula 1 Januari 2009 hingga 31 Disember 2019 dan terdapat 14 kawasan kajian yang telah dipilih berdasarkan bentuk muka bumi kawasan tersebut. Di dalam kajian (Nordin Sakke 2016), curahan hujan yang banyak ditentukan oleh corak tiupan angin monsun dan pengaruh sifat topografi tempatan. Purata hujan tahunan di dalam kajian tersebut adalah di antara 1 900 mm–2 300 mm dengan menggunakan data stesen tadahan dari Jabatan Pengaliran Saliran (JPS) di kawasan lembangan Sungai Langat.

Data hujan 3B42 adalah nilai bacaan data hujan yang lebih tepat dan jitu di dalam penganalisaan data hujan dalam tempoh 11 tahun yang mempunyai kelebihan

mengkaji kesan perubahan diurnal bagi menjamin kestabilan statistik dengan memenuhi syor dari Kesatuan Telekomunikasi Antarabangsa, (International Telecommunication Union, ITU) iaitu ITU-R P. 837-7 (I.T.U 2017) dengan mengambil bacaan data pada sela masa yang lebih singkat iaitu pada setiap tiga jam (3B42) data hujan berbanding data bulanan (3A12) ataupun data harian (3B42 Daily).

Secara umumnya, hujan memberi kesan isyarat yang merambat pada jalur frekuensi 10GHz dan ke atas. Ramalan pelemahan hujan pada perambatan isyarat elektromagnet adalah amat penting pada sela masa 1-minit. Kaedah penukaran taburan hujan pada sela masa tiga jam (180 minit) di dalam kajian ini diperlukan untuk mendapatkan kadar hujan pada sela masa 1-minit. Data hujan bersela masa 1-minit digunakan kerana ia boleh memberi kesan terhadap perubahan pantas bagi keadaan taburan kadar hujan yang lebat dalam sela masa (Nor Irza Shakhira Bakhtir 2015). Di dalam kajian ini, model Segal (Segal 1986) dipilih sebagai model pertukaran data hujan dari 60-minit kepada 1-minit, yang merupakan antara model yang bersesuaian untuk kawasan tropika (Chun et al. 2013; Selamat et al. 2014). Carta aliran kaedah kajian bagi keseluruhan proses kerja ditunjukkan dalam Rajah 1.



RAJAH 1. Carta aliran bagi keseluruhan proses kajian

Data TRMM 3B42 dimuat turun melalui laman sesawang keluaran NASA iaitu <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/> seperti carta aliran di Rajah 1. Satelit TRMM



RAJAH 2. Sebanyak 14 kawasan kajian di Malaysia

ini mengandungi tiga instrumentasi yang utama; Radar Kerpasan (PR), Pengimej Gelombang Mikro TRMM (TMI) dan Pengimbas Tampak dan Inframerah (VIRS). Data 3B42 pada aras tiga ini merupakan kombinasi data TRMM Imej Gelombang Mikro (TRMM Microwave Imager precipitation, TMI), TRMM produk 2A12, yang dikalibrasi bersama data TRMM Kombinasi Kerpasan Instrument (TRMM Combined Instrument precipitation, TCI), dan TRMM produk 2B31 (Huffman et al. 2017).

Sebanyak 14 kawasan kajian di seluruh Malaysia telah dipilih yang merangkumi lapan kawasan kajian di bahagian SM dan enam kawasan di bahagian Malaysia Timur di Rajah 2 dengan menggunakan aplikasi pemetaan google.

Rajah 2 menunjukkan 14 kawasan kajian yang dibahagikan kepada tujuh wilayah iaitu (i) utara; (ii) timur; (iii) barat; (iv) selatan dan (v) tanah tinggi (> 400 m dari aras laut) (vi) Sarawak dan (vii) Sabah. Jadual 1 menunjukkan kedudukan geometri koordinat bagi setiap kawasan kajian tersebut di Malaysia.

JADUAL 1. Geometri koordinat 14 kawasan kajian di Malaysia

Bil	Kawasan	Latitud (°N)	Longitud (°E)
1	Alor Setar	6.12630	100.36716
2	Kota Bharu	6.12530	102.23761
3	Kuala Terengganu	5.32962	103.13701
4	Kuantan	3.76338	103.22018
5	Cameron Highlands	4.47212	101.38014
6	Kuala Lumpur	3.14344	101.68851
7	Mersing	2.43091	103.83611
8	Senai	1.60203	103.64437
9	Kuching	1.55350	110.35929
10	Sibu	2.28728	111.83053
11	Bintulu	3.17132	113.04190
12	Kinabatangan	5.58650	117.85008
13	Kundasang	5.98603	116.57830
14	Kota Kinabalu	5.98040	116.07345

Di dalam kajian ini, kawasan Alor Setar terletak di bahagian utara SM dan Kota Bahru, Kuala Terengganu, dan Kuantan di bahagian timur SM. Manakala, kawasan Kuala Lumpur terletak di bahagian barat SM, Cameron Highland di bahagian kawasan tanah tinggi SM serta Mersing dan Senai merangkumi bahagian selatan SM seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Kawasan kajian ini diperluaskan sehingga ke Malaysia Timur yang mewakili daerah Kuching, Sibul, dan Bintulu mewakili negeri Sarawak manakala Kinabatangan, Kundasang, dan Kota Kinabalu mewakili kawasan untuk negeri Sabah.

PERTUKARAN DATA HUJAN BERINTEGRASI 1 MINIT

Apabila data hujan 3B42 untuk semua kawasan kajian telah diperolehi, data-data tersebut dianalisa dengan mengikut nilai sampel data yang ditetapkan bagi mendapatkan kadar hujan tahunan seperti berikut:

$$1 \text{ Tahun} = 365 \times \frac{24}{8} = 2920$$

$$\text{Kadar hujan setahun} = \frac{\text{Bilangan sampel}}{2920} \times 100\%$$

Terdapat dua (2) tahun lompat sepanjang tempoh penganalisaan data kajian ini iaitu pada tahun iaitu pada tahun 2012 dan 2016. Oleh itu, jumlah sampel data pada tahun tersebut adalah 2928. Pengiraan akhir kadar hujan bagi tempoh 2009 hingga 2019 adalah seperti berikut:

$$\text{Kadar hujan keseluruhan} = \frac{\text{Bilangan sampel}}{32136} \times 100\%$$

Data kadar hujan 3B42 yang diperolehi diplotkan graf kadar hujan melawan peratusan masa. Nilai kadar hujan pada peratusan 0.01, 0.1 dan 1.0 direkodkan sebagai input kepada model bertukaran 1-minit menggunakan Model Segal. Formula pertukaran kadar hujan bagi Model Segal adalah seperti berikut:

$$\rho_{\tau}(P) = R_i(P) / R_{\tau}(P)$$

dengan

$$\rho_{\tau}(P) = aP^b$$

di mana $\rho_{\tau}(P)$ adalah faktor penukaran, $R_i(P)$ adalah kadar hujan melebihi pada kebarangkalian berlakunya P untuk integrasi masa 1-minit, $R_{\tau}(P)$ adalah kadar hujan sepadan pada τ minit integrasi masa, manakala a dan b adalah pekali regresi yang diperolehi daripada data cerapan. Untuk kajian ini, nilai parameter a dan b adalah menggunakan nilai yang telah dikenalpasti melalui kajian (Chun et al. 2013) iaitu $a = 1.539$ dan $b = -0.0635$, manakala nilai $R_{\tau}(P)$ adalah bersamaan $R_{180}(P)$.

KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN

DATA HUJAN SELA MASA 1-MINIT

Penganalisaan data setiap kawasan kajian ini adalah untuk mendapatkan purata hujan harian, bulanan, dan tahunan. Corak taburan hujan ini dipengaruhi oleh kepelbagaian bentuk muka bumi hujan yang turun, pergerakan tiupan angin monsun, litupan awan, dan perubahan suhu permukaan bumi.

JADUAL 2. Nilai kadar peratusan masa 0.01 sebagai input kepada Model Segal

Bil	Kawasan	Purata Hujan Tahunan (mm)	0.01% masa	Model Segal (R1(P))
1	Kota Bahru, Kelantan	3013.33	83	171.13
2	Kota Kinabalu, Sabah	2063.42	50	103.09
3	Alor Setar, Kedah	2215.52	55	113.40
4	Senai, Johor	2643.01	62	127.83
5	Mersing, Johor	1992.98	61	125.77
6	Kuala Lumpur	2636.85	63	129.89
7	Cameron Highland, Pahang	2592.32	50	103.09
8	Kuching, Sarawak	4641.34	85	175.25
9	Kuantan, Pahang	2940.04	76	156.69
10	Bintulu, Sarawak	3325.25	60	123.71
11	Kuala Terengganu, Terengganu	2883.52	73	150.51
12	Kinabatangan, Sabah	2845.39	69	142.26
13	Kundasang, Sabah	2906.71	50	103.09
14	Sibu, Sarawak	3750.81	70	144.32

Data hujan 3B42 dari tahun 2009 hingga 2019 telah dianalisis bagi mendapatkan taburan hujan 1-minit menggunakan Model Segal seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 3 dan didapati bahawa kawasan kajian Cameron Highlands mempunyai kadar taburan hujan 1-minit yang paling rendah bagi Semenanjung Malaysia iaitu 103.09mm/jam. Taburan kadar hujan 1-minit paling tinggi bagi Semenanjung Malaysia ialah kawasan kajian Kota Bahru iaitu 171.13mm/jam dan Kota Bahru juga menerima purata

hujan tahunan yang paling tinggi di Semenanjung Malaysia iaitu sebanyak 3013.33mm seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 2. Taburan hujan pada sela masa 1-minit yang paling rendah bagi negeri Sarawak pula ialah kawasan kajian Bintulu iaitu sebanyak 123.71mm/jam. Manakala, kawasan kajian Kundasang dan Kota Kinabalu di negeri Sabah pula menerima taburan hujan pada sela masa 1-minit yang sama iaitu masing-masing 103.09mm/jam.

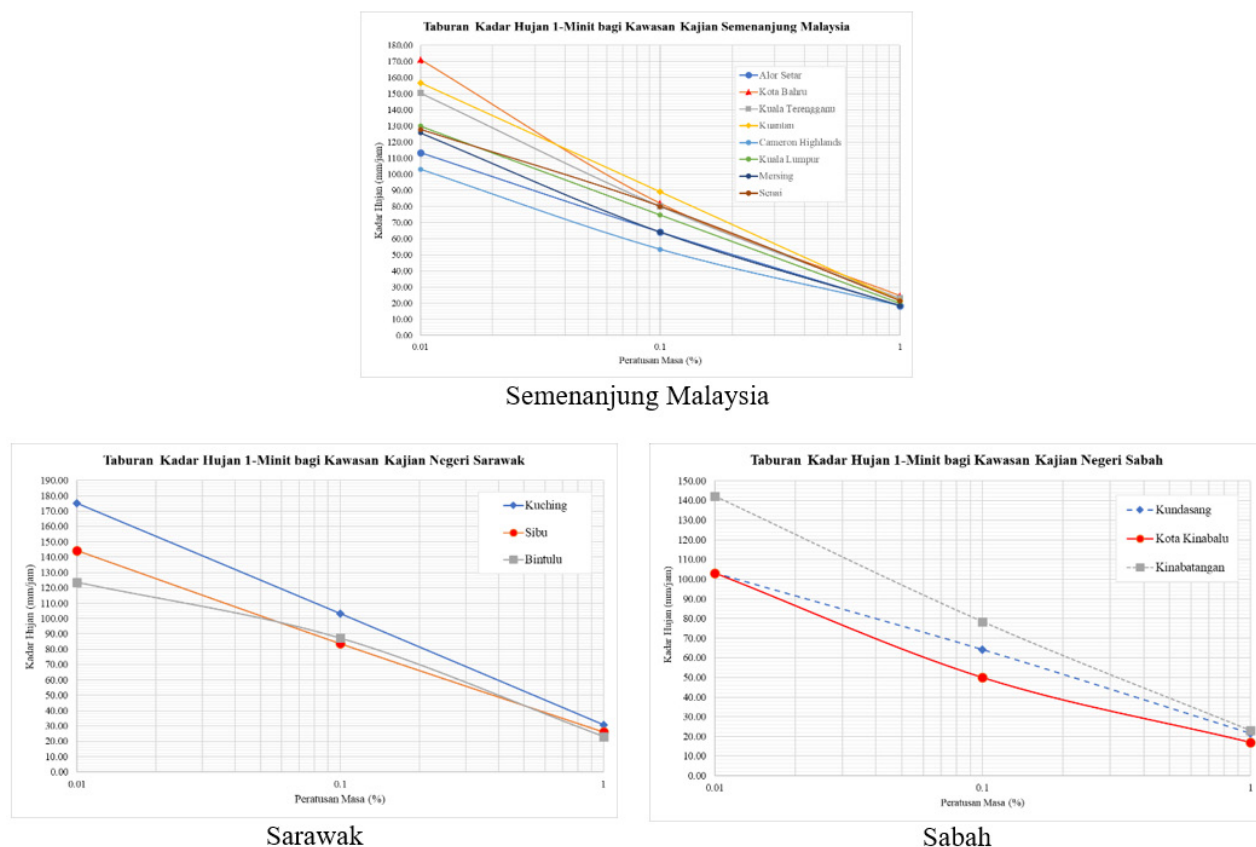
Aliran angin monsun dan corak topografi tempatan mengelaskan kawasan kajian ini kepada lapan kawasan di Semenanjung Malaysia (SM) dan enam kawasan di Malaysia Timur (MT).

Data hujan 3B42 yang diperoleh dari satelit TRMM ini dibezakan dengan mengikut kategori masa pada setiap tiga jam iaitu bermula jam 1.30, 4.30, 7.30, 10.30, 13.30, 16.30, 19.30, dan 22.30. Kaedah penganalisaan data hujan dilaksanakan dengan mengikut nilai sampel data yang ditetapkan. Data kadar hujan yang diperoleh diplotkan menggunakan graf kadar hujan melawan masa. Nilai kadar peratusan 0.01 direkodkan sebagai input kepada model penukaran 1-minit untuk pemprosesan data seterusnya. Jadual 2 menunjukkan nilai kadar peratusan masa 0.01

sebagai input kepada Model Segal.

Model Segal telah digunakan di dalam kajian ini untuk menukarkan data hujan 10 tahun pada sela masa yang panjang kepada sela masa 1-minit dengan mengikut piawaian standard ITU-R P.837-7 bagi menjamin kestabilan statistik taburan hujan sesuatu kawasan.

Kawasan-kawasan kajian di negeri Sarawak dan Sabah menerima purata hujan tahunan melebihi 2800 mm kecuali Kota Kinabalu yang menerima purata hujan tahunan sebanyak 2063.42 mm. Kawasan kajian Kuching, Sarawak menerima taburan kadar hujan 1-minit dan purata hujan tahunan yang paling tinggi bagi seluruh kajian di Malaysia iaitu 175.25 mm/jam dan 4641.34 mm. Taburan kadar hujan pada sela masa 1-minit ini adalah ciri hujan utama yang sesuai digunakan di dalam kajian ini. Nilai kadar hujan pada peratusan masa yang sama, R0.01 adalah disyorkan oleh ITU-R dan kebanyakan model ramalan isyarat pelemahan yang lain. Oleh itu, ia sangat penting untuk mendapatkan nilai taburan kadar hujan bagi peratusan masa 0.01%, 0.1%, dan 1% berdasarkan data hujan Malaysia sendiri (Teh Sieh Ting 2013).



RAJAH 3. Taburan kadar hujan 1-minit 2009 hingga 2019 bagi seluruh kawasan kajian

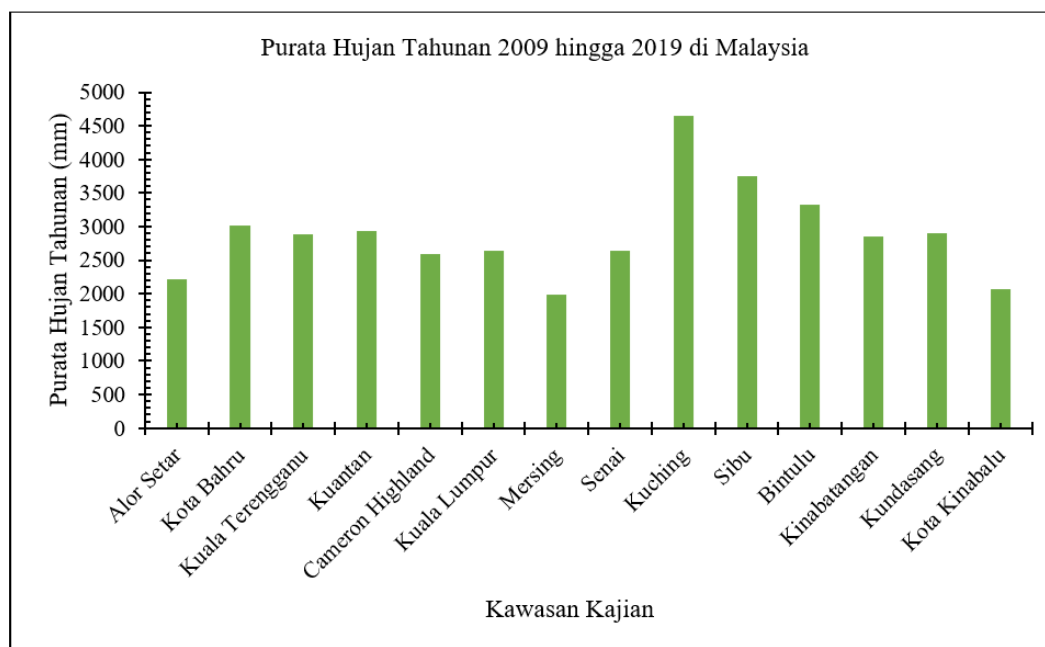
TABURAN HUJAN DI MALAYSIA

Malaysia yang terletak berhampiran garisan Khatulistiwa merupakan sebuah negara di Asia Tenggara yang mempunyai kedudukan geografi yang strategik iaitu di tengah-tengah jalan laut antara timur dengan barat dan Malaysia juga merupakan sebuah negara yang stabil kerana terletak di luar Lingkaran Api Pasifik dan laluan angin taufan serta kewujudan Lautan Pasifik di sebelah timur Malaysia manakala Lautan Hindi di sebelah baratnya yang mempengaruhi jumlah taburan hujan di Malaysia.

Taburan hujan yang banyak ditentukan oleh corak tiupan angin monsun dan dipengaruhi sifat topografi tempatan. Malaysia adalah sebuah negara yang dikelilingi oleh laut menyebabkan kesan bayu laut dan bayu darat ke atas corak tiupan angin adalah besar. Kitaran laut dan udara yang bergabung mempunyai kesan langsung terhadap keadaan cuaca dan iklim untuk kawasan berhampiran

terutama di lautan Pasifik yang luas. Peristiwa El Nino dan La Nina yang dikenali El Nino Southern Oscillation (ENSO) adalah peristiwa yang berpunca daripada perubahan suhu permukaan air laut di bahagian khatulistiwa Lautan Pasifik. Suhu permukaan yang lebih panas atau lebih sejuk daripada suhu lautan normal boleh mempengaruhi corak cuaca seperti banjir atau kemarau yang berpanjangan di tempat tertentu dengan mempengaruhi sistem tekanan tinggi, angin, dan hujan (Mahmud 2018).

Rajah 4 menunjukkan purata hujan tahunan bagi setiap kawasan kajian di Malaysia. Berdasarkan purata hujan tahunan tersebut, ia menunjukkan kawasan kajian Kuching, Sibul, dan Bintulu di negeri Sarawak menerima purata hujan tahunan yang paling tinggi di seluruh kawasan kajian ini dengan purata hujan masing-masing sebanyak 4641.34 mm, 3750.81 mm, dan 3325.25 mm. Manakala, kawasan kajian Mersing menerima purata hujan tahunan yang paling rendah sebanyak 1992.98 mm.



RAJAH 4. Purata hujan tahunan 2009 hingga 2019 bagi 14 kawasan kajian di Malaysia

Menurut kajian (Wan Maisarah et al. 2019), Malaysia menerima jumlah hujan tahunan yang lebih tinggi semasa MTL yang berlaku pada bulan November hingga Mac setiap tahun. Malaysia yang beriklim tropika yang lembap dengan suhu antara 24 °C hingga 32 °C mempunyai taburan hujan yang banyak sepanjang tahun yang dipengaruhi oleh angin monsun dan suhu permukaan bumi di kawasan tersebut (Mohd Rizaludin Mahmud 2015).

Selain faktor tiupan angin monsun, taburan hujan di Malaysia juga turut dipengaruhi oleh fenomena El Nino yang merupakan kitaran atmosfera bumi dan lautan yang berlaku secara luar biasa yang menyebabkan tolakan angin

pusat lemah, suhu permukaan air laut menjadi lebih panas daripada normal yang bergerak ke bahagian khatulistiwa timur Pasifik. Kedudukan Malaysia di bahagian barat Lautan Pasifik terjejas dengan fenomena El Nino yang sering berlaku selama beberapa tahun di bahagian tropika Lautan Pasifik (Mahmud et al. 2018).

Berdasarkan Rajah 5, fenomena El Nino pada keamatan yang kuat telah melanda Malaysia berdasarkan indeks ONI yang diperoleh dari NOAA (Ng et al. 2018). Jumlah hujan tahunan di kebanyakan kawasan kajian di Malaysia turut memberi kesan pengaruh fenomena El Nino ini pada sekitar tahun 2015 dan 2016.

2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.7	1.0	1.3	1.6
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2010	1.5	1.3	0.9	0.4	-0.1	-0.6	-1.0	-1.4	-1.6	-1.7	-1.7	-1.6
2011	-1.4	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.7	-0.9	-1.1	-1.1	-1.0
2012	-0.8	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.3	0.2	0.0	-0.2
2013	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3
2014	-0.4	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.6	0.7
2015	0.6	0.6	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.4	2.5	2.6
2016	2.5	2.2	1.7	1.0	0.5	0.0	-0.3	-0.6	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6
2017	-0.3	-0.1	0.1	0.3	0.4	0.4	0.2	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-1.0
2018	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.7	0.9	0.8
2019	0.8	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.3	0.1	0.1	0.3	0.5	0.5
Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
2020	0.5	0.6	0.5	0.3	0.0							

RAJAH 5. Indeks ONI bagi fenomena El Nino dan La Nina

JADUAL 3. Nilai purata hujan harian, bulanan dan tahunan 2009 – 2019 di Malaysia

Bil	Kawasan Kajian	Purata Hujan Harian (mm/hari)	Purata Hujan Bulanan (mm/bln)	Maksimum Hujan Bulanan (mm/bln)	Purata Hujan Tahunan (mm/thn)
1	Alor Setar	6.07	184.63	509.16	2215.52
2	Kota Bahru	8.25	251.11	1126.71	3013.33
3	Kuala Terengganu	7.90	240.29	1152.45	2883.52
4	Kuantan	8.05	215.00	1811.19	2910.01
5	Cameron Highland	7.10	216.03	663.06	2592.32
6	Kuala Lumpur	7.22	219.74	587.22	2636.85
7	Mersing	6.46	166.08	867.22	2636.85
8	Senai	7.24	220.25	591.72	2643.01
9	Kuching	12.71	386.78	1288.69	4641.34
10	Sibu	10.27	312.57	903.06	3750.81
11	Bintulu	9.11	277.10	787.32	3325.25
12	Kinabatangan	7.79	237.12	1000.41	2845.39
13	Kusandang	7.96	242.23	621.54	2906.71
14	Kota Kinabalu	5.56	171.95	435.90	2063.42

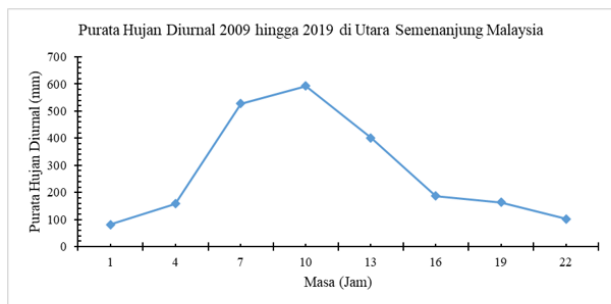
PURATA HUJAN HARIAN DAN BULANAN DI MALAYSIA

Jadual 3 menunjukkan penganalisan statistik purata hujan diurnal (harian), bulanan, dan tahunan bagi setiap kawasan kajian. Daripada jadual tersebut, didapati bahawa kawasan kajian pantai timur yang merangkumi Kota Bahru, Kuala Terengganu, dan Kuantan menerima maksimum hujan bulanan melebihi 1100 mm dan ketiga-tiga kawasan kajian itu juga menerima purata hujan tahunan sebanyak 2800 mm dan ke atas dari tahun 2009 hingga 2019 berbanding dengan kawasan-kawasan kajian bahagian SM yang lain. Ini menunjukkan bahawa kawasan pantai timur terdedah dengan pengaruh angin MTL yang bertiup dari November hingga Mac setiap tahun yang mengakibatkan hujan lebat dan laut bergelora.

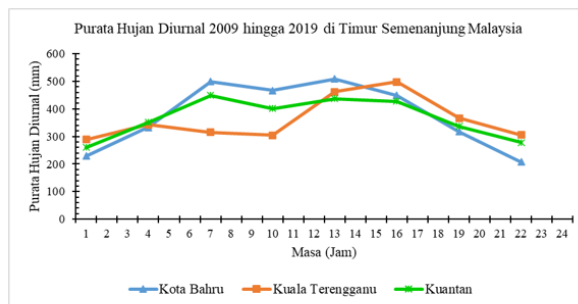
Kawasan kajian Kota Bahru menerima purata hujan harian dan tahunan yang paling tinggi bagi kawasan SM iaitu sebanyak 8.25 mm/hari dan 3013.33 mm/tahun. Manakala, Kuching menerima purata hujan harian dan tahunan yang paling tinggi bagi kawasan Malaysia Timur dan juga seluruh Malaysia iaitu sebanyak 12.71 mm/hari dan 4641.34 mm/tahun.

Di dalam kajian ini, taburan hujan diurnal (harian) ini diambilkira dengan membuat penganalisan data hujan 3B42 pada setiap tahun bermula pada tahun 2009 hingga 2019 bagi 14 kawasan kajian. Taburan hujan diurnal ini dibahagikan kepada tujuh wilayah iaitu (i) utara SM; (ii) timur SM; (iii) barat SM; (iv) selatan SM dan (v) tanah tinggi SM (> 400 m dari aras laut) (vi) negeri Sarawak dan (vii) negeri Sabah.

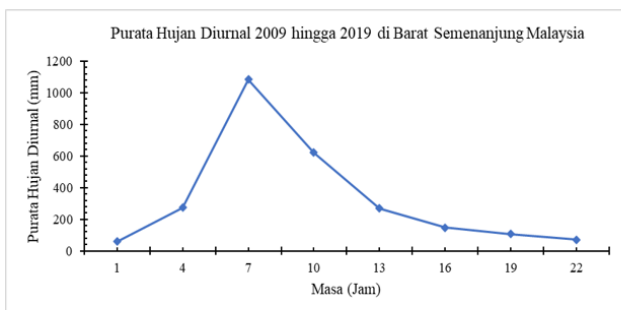
Rajah 6 menunjukkan purata hujan diurnal dari tahun 2009 hingga 2019 di seluruh kawasan kajian. Semua



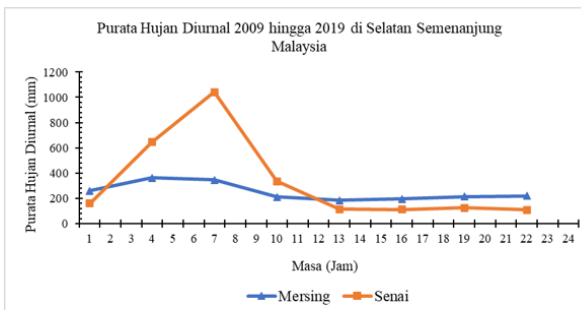
Utara SM



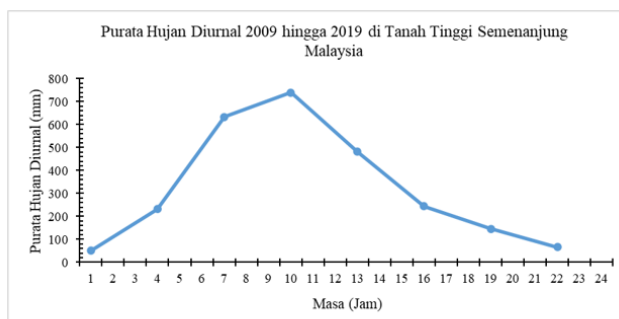
Timur SM



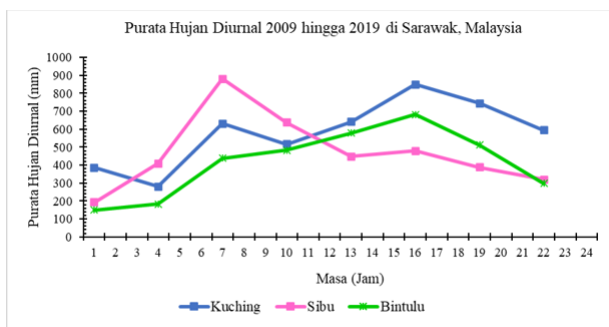
Barat SM



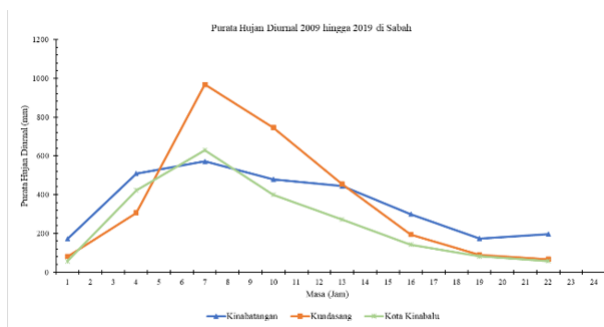
Selatan SM



Tanah Tinggi SM



Sarawak, Malaysia



Sabah, Malaysia

RAJAH 6. Taburan purata hujan diurnal 2009 hingga 2019 bagi seluruh kawasan kajian mengikut wilayah di Malaysia

bacaan awal data hujan 3B42 menunjukkan peningkatan titisan hujan dari jam 1.30 pagi hingga 4.30 pagi dan seterusnya ke jam 7.30 pagi kecuali bagi kawasan kajian Kuching dan Kuala Terengganu. Kawasan Kuching menerima purata hujan diurnal pada awal pagi sebanyak 385.33 mm pada jam 1.30 pagi dan menurun kepada 279.65 mm pada jam 4.30 pagi manakala Kuala Terengganu menerima purata hujan 342.56 mm pada jam 4.30 pagi dan menurun sedikit kepada 315.48 mm pada jam 7.30 pagi. Walaubagaimanapun, perbezaan data hujan ini tidak menunjukkan perubahan yang ketara.

Kawasan kajian timur SM dan barat SM mempunyai pola purata hujan diurnal yang berbeza. Kawasan timur SM menerima hujan yang banyak pada dua nilai maksimum hujan manakala kawasan barat, utara, selatan, dan tanah tinggi SM menerima hujan yang banyak pada satu nilai maksimum hujan di dalam sehari. Kawasan timur SM dan Kuching, Sarawak menerima purata hujan diurnal yang banyak pada jam 1.30 pagi melebihi 220 mm berbanding dengan utara SM, barat SM, tanah tinggi SM, dan Sabah, Malaysia. Topografi Malaysia yang unik yang dikelilingi dengan lautan menyebabkan fenomena cuaca Malaysia sering dikaitkan dengan bayu laut dan bayu darat.

Kawasan timur SM dan seluruh Sarawak menerima kekerapan hujan paling tinggi berbanding wilayah lain akibat kesan daripada tiupan angin MTL yang berterusan dan kencang serta lembap. Kekerapan hujan dicatatkan berterusan sepanjang hari dengan jumlah hujan harian melebihi 7.90 mm/hari bagi timur SM dan melebihi 9.11 mm/hari bagi Sarawak seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3. Hujan diurnal adalah lebih lemah di utara, barat, dan tanah tinggi SM kerana terlindung dengan kawasan tanah tinggi Cameron Highlands yang berketinggian 1 829 m dari aras laut dan bersuhu antara 10 °C hingga 20 °C. Ini disebabkan oleh tiupan angin MTL yang rendah apabila melepasi kawasan tanah tinggi Banjaran Titiwangsa dan tanah tinggi Cameron Highlands. Cameron Highlands yang terletak di tanah tinggi SM merupakan kawasan tanah tinggi yang berbukit-bukau di Banjaran Titiwangsa yang menjadi pusat pelancongan, petempatan, pertanian, dan merupakan kawasan tadahan air yang terkenal di Malaysia. Namun begitu, pembangunan yang pesat dan tidak terkawal menyebabkan berlakunya perubahan fizikal dan menimbulkan pelbagai masalah seperti pencemaran alam sekitar, tanah runtuh, banjir, pemendapan sungai, dan pencerobohan serta pembalakan haram (Wan Suzita Wan Ibrahim 2016). Corak purata hujan diurnal tanah tinggi Cameron Highlands mempunyai corak purata hujan yang hampir sama dengan kawasan utara SM tetapi purata hujan harian adalah berbeza iaitu utara SM sebanyak 6.07 mm/hari manakala tanah tinggi SM sebanyak 7.10 mm/hari. Kawasan wilayah yang lain mengalami taburan hujan yang rendah berbanding di timur SM akibat halangan dari

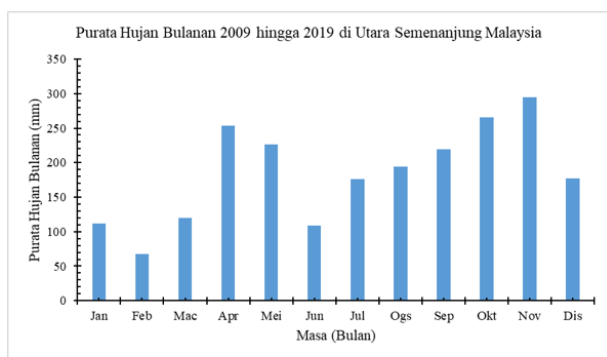
Banjaran Titiwangsa. Banjaran atau tanah tinggi ini menghalang angin MTL yang membawa hujan lebat ke kawasan pedalaman.

Walaubagaimanapun, hujan di utara, barat, selatan, dan tanah tinggi SM masih banyak pada waktu pagi antara jam 7.30 pagi hingga 10.30 pagi. Kuala Lumpur menerima purata hujan diurnal yang paling tinggi sebanyak 1085.25 mm pada jam 7.30 pagi dan diikuti kawasan Senai, Johor sebanyak 1042.60 mm juga pada jam 7.30 pagi. Di dalam kajian (Ahmad Fairudz Jamaluddin 2019), beliau mengaitkan pembentukan garis badai Sumatera sebagai pertembungan antara dua bayu darat, iaitu dari pantai barat semenanjung dan pantai timur Sumatera. Corak hujan maksimum pada waktu pagi di utara, barat, selatan, dan tanah tinggi SM adalah disebabkan oleh garis badai Sumatera yang merambat ke timur yang mulai melemah dan berpecah sebaik sahaja melanda persisiran pantai. Ini seringkali berlaku semasa MBD dan dikatakan menyumbang secara signifikan kepada jumlah hujan maksimum pada waktu pagi di kawasan pantai barat SM.

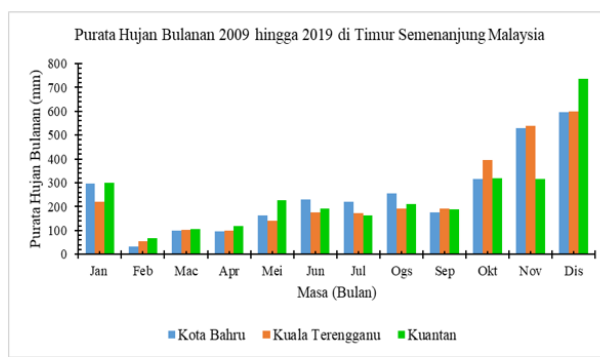
Rajah 7 menunjukkan taburan purata hujan bulanan bagi seluruh kawasan kajian dan didapati bahawa timur SM dan seluruh Sarawak menerima hujan bulanan paling tinggi berbanding wilayah lain. Hujan yang lebat semasa tiupan angin MTL merendahkan suhu di kawasan pantai timur SM, Sabah, dan Sarawak. Kawasan lebih tinggi dari aras laut mengalami suhu yang lebih sejuk dan mempunyai udara yang kurang tumpat. Kawasan pinggir laut mempunyai julat suhu harian yang lebih kecil berbanding dengan kawasan pedalaman. Perbezaan ini disebabkan oleh pengaruh tiupan bayu darat dan bayu laut yang berperanan menyederhanakan suhu di kawasan pinggir laut.

Secara keseluruhannya, pola taburan hujan kawasan timur SM dan seluruh Sarawak dipengaruhi oleh tiupan angin MTL yang dapat dibuktikan dengan pola taburan hujan paling lebat iaitu pada sekitar November hingga Mac dan hujan mula berkurangan pada pertengahan tahun seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 7.

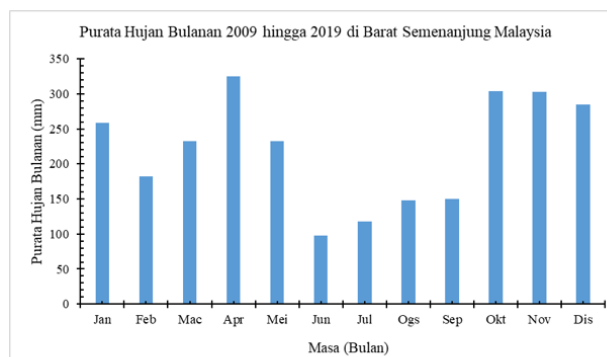
Corak tiupan angin yang bermusim dan fenomena alam ENSO serta sifat topografi tempatan menentukan corak taburan hujan di Malaysia di dalam kajian ini. Semasa MTL, kawasan timur SM dan negeri Sarawak menerima purata hujan diurnal yang banyak pada waktu pagi (7.30 pagi) dan petang (16.30 petang). MTL atau disebut musim tengkujuh menerima hujan yang banyak bermula pada awal November sehingga Mac tahun berikutnya. Angin ini bertiup secara tetap dengan kuat dan lembap dari arah timur laut. Di dalam tempoh ini, hujan yang lebat semasa tiupan angin MTL merendahkan suhu di kawasan pantai timur SM, Sabah, dan Sarawak. Kawasan lebih tinggi dari aras laut mengalami suhu yang lebih sejuk dan mempunyai udara yang kurang tumpat. Kawasan pinggir laut mempunyai julat suhu harian yang lebih kecil



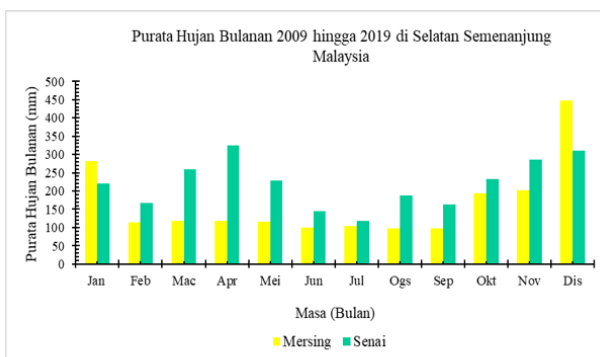
Utara SM



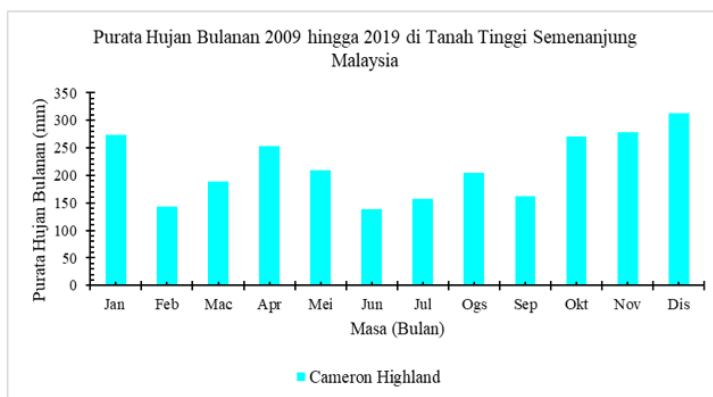
Timur SM



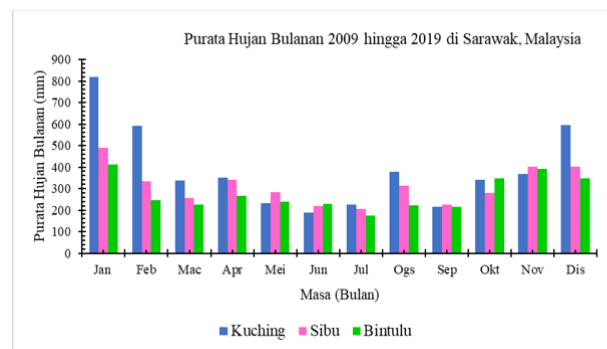
Barat SM



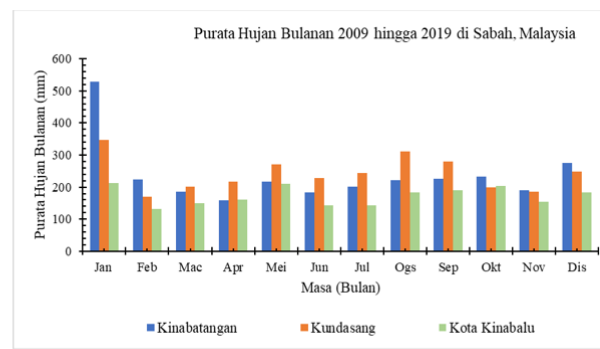
Selatan SM



Tanah Tinggi SM



Sarawak, Malaysia



Sabah, Malaysia

RAJAH 7. Taburan purata hujan bulanan 2009 hingga 2019 bagi seluruh kawasan kajian mengikut wilayah di Malaysia

berbanding dengan kawasan pedalaman. Perbezaan ini disebabkan oleh pengaruh tiupan bayu darat dan bayu laut yang berperanan menyederhanakan suhu di kawasan pinggir laut. Taburan hujan tertinggi berlaku di kawasan pinggir laut manakala kawasan yang menerima taburan hujan yang rendah ialah kawasan pedalaman yang terhalang oleh banjaran atau tanah tinggi. Keadaan ini juga berlaku disebabkan faktor semula jadi dan aktiviti-aktiviti manusia.

Negeri Sabah terkenal dengan Gunung Kinabalu yang merupakan gunung tertinggi di Asia Tenggara dengan ketinggian 4 095 m dari aras laut atau sejauh 8.7 km dari Timpohon Gate yang terkenal sebagai pusat peranginan kerana udaranya yang nyaman dan pemandangan yang indah. Banjaran Crocker dan Banjaran Trus Madi juga merupakan salah satu kawasan tanah tinggi bagi negeri Sabah. Kawasan pedalaman atau kawasan yang terlindung oleh banjaran dan gunung bebas daripada pengaruh angin monsun. Kundasang yang terletak 6 km dari Taman Negara Kinabalu di mana ia terletak berdekatan dengan Gunung Kinabalu di daerah Ranau iaitu di pantai barat Sabah dan ia merupakan kawasan tanah tinggi kira-kira 1.9 km dari paras laut. Kedudukan topografi tempatan kawasan Kundasang lebih terdedah dengan pengaruh angin MTL berbanding kawasan Kota Kinabalu yang terletak di dalam kawasan bandar dan pembangunan yang pesat. Berdasarkan Rajah 7, bulan Januari menunjukkan penerimaan purata hujan bulanan paling tinggi bagi negeri Sabah dan Sarawak berbanding dengan bulan-bulan yang lain. Kawasan kajian negeri Sabah dan Sarawak mengalami corak taburan hujan satu maksimum dan satu minimum. Kedua-dua negeri menerima purata hujan bulanan maksimum pada bulan yang sama iaitu Januari manakala purata hujan minimum adalah berbeza. Di negeri Sarawak, hujan minimum berlaku pada bulan Jun, manakala di negeri Sabah, hujan minimum berlaku pada bulan April.

KESIMPULAN

Di dalam kajian ini, model Segal telah digunakan di dalam setiap kawasan kajian ini untuk mendapatkan taburan kadar hujan 1-minit. Secara keseluruhannya, kadar taburan hujan 1-minit adalah rendah di kawasan tanah tinggi Cameron Highland, Pahang, dan Kundasang, Sabah, walaupun kawasan tersebut menerima purata hujan tahunan melebihi 2500 mm. Kota Kinabalu, Sabah, turut menerima kadar taburan hujan 1-minit yang paling rendah berikutan penerimaan purata hujan tahunan terendah iaitu 2063.42 mm. Manakala, kadar taburan hujan 1-minit yang paling tinggi di Malaysia ialah kawasan Kuching, Sarawak, yang menerima purata hujan tahunan 4641.34 mm dan diikuti Kota Bahru, Kelantan, sebanyak 3013.33 mm.

Kawasan kajian yang merangkumi timur SM dan negeri Sarawak menerima purata hujan diurnal yang banyak pada waktu pagi (7.30 pagi) dan petang (16.30 petang). MTL atau disebut musim tengkujuh menerima hujan yang banyak bermula pada awal November sehingga Mac tahun berikutnya.

Kawasan kajian barat SM menunjukkan dua tempoh hujan maksimum yang dipisahkan oleh dua tempoh hujan minimum. Maksimum yang pertama berlakunya pada bulan Oktober hingga November, manakala maksimum hujan yang kedua berlaku pada bulan April. Hujan minimum yang pertama berlaku pada bulan Februari, manakala hujan minimum yang kedua berlaku pada bulan Jun. Utara, barat, tanah tinggi, dan selatan SM menerima purata hujan diurnal yang paling tinggi pada waktu pagi kecuali kawasan kajian Mersing, Johor. Ini dapat dikaitkan dengan pembentukan garis badai Sumatera sebagai pertembungan antara dua bayu darat, iaitu dari pantai barat semenanjung dan pantai timur Sumatera. Garis badai Sumatera ini seringkali berlaku semasa MBD dan dikatakan menyumbang secara signifikan kepada jumlah hujan maksimum pada waktu pagi di kawasan tersebut.

PENGHARGAAN

Penulis berterima kasih kepada pihak NASA menerusi platform Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) di dalam penyediaan akses data hujan TRMM yang amat berguna dalam kajian ini.

PENGISYTIHARAN KEPENTINGAN BERSAING

Tiada

RUJUKAN

- Ahmad Fairudz Jamaluddin, F.T., Wan Maisarah, W.I., Juneng, L., Yik, J.D., Salimun, E., Dindang, A. & Muhammad, H.A. 2019. Klimatologi hujan diurnal dan bayu laut-darat di Semenanjung Malaysia. *Sains Malaysiana* 48(3): 509–522.
- Chun, O.W. & Mandeep, J.S. 2013. Empirical methods for converting rainfall rate distribution from several higher integration times into a 1-minute integration time in Malaysia. *GEOFIZIKA* 30: 143-154.
2018. Laporan Banjir Tahunan Bagi Tahun 2016/2017
- Huffman, G. & Bolvin, D. 2017. Readme Document for the Tropical Rainfall Measurement Mission (Trmm) Version 7. *National Aeronautics and Space Administration Goddard Earth Science Data Information and Services Center (GES DISC)*.
- Ibrahim, S.B. 2015. *Pemantauan Keadaan Kering/Lembap Di Malaysia Berdasarkan Data Hujan*

- Hampir Masa Nyata Satelit Trmm*. Bango: Universiti Kebangsaan Malaysia .
- Mahmud, M. 2018. Peristiwa el-nino dan pengaruh iod terhadap hujan di Malaysia. *Journal of Social Sciences and Humanities* 13(2): 166-177.
- Mahmud, M. & Ahmad, N.H. 2018. Peristiwa el nino, keragaman hujan dan potensi southern oscillation index untuk peramalan kualiti udara di Malaysia. *Malaysian Journal of Society and Space* 14(2): 13-25.
- Mohd Rizaludin Mahmud, S. N., Hiroshi Matsuyama, Tetsuro Hosaka, Mazlan Hashim. 2015. Assessment of effective seasonal downscaling of trmm precipitation data in Peninsular Malaysia. *Journal Remote Sensing* 7(4): 4092-4111.
- Ng, C.K.-C., Goh, C.-H., Lin, J.-C., Tan, M.-S., Bong, W., Yong, C.-S., Chong, J.-Y., Ooi, P.A.-C., Wong, W.-L. & Khoo, G. 2018. Water quality variation during a strong el niño event in 2016: A case study in Kampar River, Malaysia. *Journal of Environmental Monitoring Assessment* 190(7): 402.
- Nor Irza Shakhira Bakhtir, M.S. J. S. 2015. Kajian model penukaran kadar hujan untuk integrasi masa 60 minit kepada 1 minit di Malaysia. *Jurnal Kejuruteraan* 27: 35-48.
- Nordin Sakke, H.I., Mohd H.I. & Tuan Pah Rokiah S.H. 2016. Kemarau hidrologi dan kelestarian sumber air di Malaysia: Kajian analisis sifat Lembangan Langat, Selangor. *Malaysian Journal of Society and Space* 12(7): 133-146.
- Roslan, U., Shahirah, S.S., Atiq, W.A., Zainol, A.I., Wzaw, M. & Sabri, N.H. 2015. Radio frequency interference: The study of rain effect on radio signal attenuation. *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 19(5): 1093-1098.
- Segal, B. 1986. The influence of raingage integration time on measured rainfall-intensity distribution functions. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology* 3: 662-671.
- Selamat, S., Marzuki, A.S.M., Azlan, A.T.M., Naemat, A. & Khalil, K. 2014. 60-Min to 1-Min Rainfall Rate Conversion Using East Malaysia Data. *IEEE Student Conference on Research and Development*. Anjuran IEEE.
- Shuhaina Ibrahim, N.S.S.M.S.J.S. 2016. Kajian hubungan kait tekanan dan suhu terhadap taburan kerpasan di Malaysia ketika fenomena enso. *Jurnal Kejuruteraan* 53-64.
- Teh Sieh Ting, O.W.C. & Mandeep, J.S. 2013. Analisis kesan frekuensi dan sudut dongakan terhadap pelemahan hujan di Malaysia. *Jurnal Kejuruteraan* 25: 19-23.
- Wan Maisarah, W.I., Tangang, F. & Neng, L.J. 2019. *Ramalan Hujan Ekstrim*. Bangi: Penerbit Universiti Kebangsaan Malaysia.
- Wan Suzita Wan Ibrahim, H.A. & Hamzah J. 2016. Tanah tinggi sebagai destinasi utama pelancongan wilayah- Potensi dan cabaran. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space* 12(14): 97-112.