

Analisis Hujan Jangka Panjang dari tahun 1960-2010 di Wilayah Barat Semenanjung Malaysia

*Analysis of Long-Term Rainfall from 1960-2010
in the West Peninsula Malaysia*

**Siti Hawa Kamaludin, Mohmadisa Hashim,
Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah, Nasir Nayan, Yazid Saleh**
*Kumpulan Penyelidik Impak Pembangunan & Persekitaran,
Jabatan Geografi & Alam Sekitar, Fakulti Sains Kemanusiaan,
Universiti Pendidikan Sultan Idris, 35900 Tanjong Malim, Perak
e-mel: sitihawa1987@gmail.com*

Abstrak

Kajian ini bertujuan mengesahkan semula ciri-ciri hujan wilayah barat yang telah dibentuk berdasarkan Dale pada 1959. Fokus diberikan untuk mengenal pasti trend dan intensiti hujan jangka masa panjang di kawasan wilayah barat dari tahun 1960 hingga 2010 yang diklasifikasikan sebagai kawasan basah. Data hujan daripada stesen hujan yang terletak dalam kawasan wilayah barat yang diperolehi daripada Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Pengairan dan Saliran telah digunakan dalam kajian ini. Data hujan tahunan bagi 133 buah stesen dari tahun 1960 hingga 2010 dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif, dan ujian Mann-Kendall. Hasil kajian menunjukkan semua stesen mengalami trend hujan tahunan meningkat dari tahun 1960 hingga 2010 walaupun tidak signifikan berdasarkan Mann-Kendall ($S=1$). Julat purata hujan tahunan bagi kawasan barat yang diklasifikasikan sebagai kawasan sederhana basah didapati telah berkurangan antara 1936 mm hingga 2635 mm berbanding julat purata hujan tahunan oleh Dale iaitu antara 2540 mm hingga 2794 mm. Manakala, variasi purata hujan bagi kawasan barat dalam tempoh kajian adalah semakin besar iaitu 699 mm berbanding variasi purata hujan oleh Dale iaitu 254 mm antara tahun 1950 hingga 1959. Purata hujan maksimum pada tahun 1960 hingga 2010 bagi kawasan wilayah barat (sederhana basah) turut berkurang sebanyak 155 mm (6%). Kajian juga menunjukkan fenomena La-Nina dan El-Nino telah mempengaruhi variasi hujan di wilayah barat pada tahun 1966, 1976, 1983, 2000 dan 2005. Terdapat kawasan-kawasan tertentu dalam wilayah barat yang menerima hujan yang ekstrem (Bukit Larut, Selama, Batu Kurau) dan hujan yang sedikit (Lawin, Tanjung Karang, Sungai Besar).

Kata kunci *trend, wilayah hujan Barat, Dale, ujian Mann-Kendall*

Abstract

This study aimed to verify the characteristics of the western region rainfall that was established by Dale in 1959. The focus is to identify trends and long-term rainfall intensity in the western region from 1960 to 2010 which is classified as wet areas. Data from rainfall stations located in the western region derived from the Malaysia Meteorological Department and the Department of Irrigation and Drainage was used in this study. Annual rainfall data for 133 stations from 1960 to 2010 were examined using descriptive analysis and Mann- Kendall test. Based on Mann-Kendall ($S=1$), although not significant, the results of rainfall data from 1960 to 2010 from all stations have shown increased in annual precipitation trends. Range of average annual rainfall for the area western region classified as medium wet have decreased between 1936 mm to 2635 mm compared to an average annual rainfall ranges by Dale, between 2540 mm to 2794 mm. However, variation in mean rainfall for the western region is increasing by 699 mm compared to average rainfall variations by Dale of 254 mm between the years 1950 to 1959. The maximum rainfall in 1960 and 2010 for the western region (wet medium) was reduced by 155 mm (6 %). The study also showed that La-Nina phenomenon and the El- Nino rains have influenced variations in the western region in 1966, 1976, 1983, 2000 and 2005. There are certain areas in the western region of extreme rainfall (Bukit Larut, Selama, Batu Kurau) and a little rain (Lawin, Tanjung Karang, Sungai Besar).

Keywords trends, rainy western region, Dale, Mann-Kendall test

Pengenalan

Perubahan iklim dunia mutakhir ini banyak mempengaruhi corak dan taburan hujan sama ada pada skala tempatan mahupun global. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) pada tahun 2007 melaporkan bahawa telah berlaku peningkatan terhadap jumlah hujan di bahagian atau kawasan yang terletak di latitud 30° U dari tahun 1900 hingga 2005. Sementara itu, berlaku pula pengurangan terhadap jumlah hujan yang turun di kawasan tropika sejak tahun 1970-an. Kesan perubahan ini berpunca daripada peningkatan terhadap pembukaan kawasan tanah untuk pelbagai tujuan pembangunan di kawasan berkenaan (Trenberth *et al.*, 2007). Hujan di kawasan utara subtropika ($20-40^{\circ}$ U) pula tidak menunjukkan trend yang signifikan secara keseluruhannya tetapi terdapat kepelbagaian corak hujan yang berlaku jika dianalisis berdasarkan dekad-dekad tertentu (New *et al.*, 2006).

Manton *et al.* (2001) menyatakan jumlah hujan tahunan di rantau Asia Tenggara didapati berkurangan antara tahun 1961 dan 1998 dan bilangan hari hujan turut menurun dengan ketara di sebahagian besar negara-negara Asia Tenggara. Di samping itu, data hujan tahunan dan monsun lembah Ganga di India dalam tempoh 1901 hingga 1989 juga menunjukkan trend yang menurun (Kothyari & Singh, 1996). Kajian terbaharu yang dijalankan di kawasan tengah pergunungan Sri Lanka menunjukkan bahawa hujan tahunan yang berkurangan di antara 1964 dan 1993 dan penurunan tertinggi dalam hujan dicatatkan pada Mac-April (Herath & Ratnayake, 2004).

Senario yang sama turut berlaku di Malaysia iaitu kawasan yang sebelum ini dikategorikan sebagai kering telah menerima hujan luar biasa dan menyebabkan

berlakunya banjir luar jangka. Hujan lebat yang berlaku di bahagian selatan Semenanjung Malaysia untuk beberapa hari pada akhir Disember 2006 dan pertengahan Januari 2007 telah menyebabkan banjir besar berlaku di kawasan tersebut (Jabatan Meteorologi Malaysia, 2007). Selain itu, curahan hujan bulanan dan tahunan di Malaysia turut dipengaruhi oleh musim monsun sehingga dikenali sebagai hujan monsun. Pengaruh monsun ini membentuk kitaran hujan berasaskan monsun timur laut, monsun barat daya dan dua musim perantaraan monsun (Shaharuddin, 2003; Tanggang et al., 2004). Kebelakangan ini, hujan monsun juga telah menunjukkan berlakunya curahan hujan yang ekstrim. Hujan lebat yang turun pada 9 hingga 11 Disember 2004 telah menyebabkan banjir yang teruk di pantai timur Semenanjung Malaysia (Juneng *et al.*, 2007). Menurut Tangang *et al.* (2008), pengaruh dari angin pusan di Borneo, Madden-Julian, dan Lautan India juga memainkan peranan penting dalam menyumbang kepada banjir besar dalam tempoh masa tersebut.

Penelitian terhadap trend hujan dalam tempoh masa tertentu adalah penting dan relevan dalam kajian hidrologi khususnya sebagai alat untuk mengesan dan mengenal pasti perubahan yang berlaku serta mengenal pasti pelbagai perancangan dan pengurusan sumber air (Xia *et al.*, 2004). Maklumat berkaitan trend hujan yang jelas boleh dijadikan satu indikator peramalan dalam perancangan mengatasi masalah banjir besar atau masalah kekurangan hujan yang dikaitkan dengan kejadian kemarau. Disebabkan oleh perubahan corak dan taburan hujan yang semakin ketara berlaku pada skala tempatan dan global serta tahap kepentingan yang tinggi untuk menilai trend taburan hujan bagi tujuan tertentu, maka kajian-kajian yang lebih khusus telah dijalankan.

Beberapa kajian telah dijalankan di Semenanjung Malaysia berkaitan pelbagai aspek hujan. Walau bagaimanapun, kajian-kajian tersebut merupakan kajian secara menyeluruh dan tidak memberikan tumpuan untuk menghuraikan parameter-parameter hujan pada skala yang lebih kecil, misalnya pada peringkat wilayah seperti di negeri barat Semenanjung Malaysia. Menurut Ab. Latif & Chan (1995), dalam kajian-kajian berkenaan dengan pola-pala hujan di Semenanjung Malaysia oleh Stewart (1930), Dale (1959), dan Chia (1974), satu sempadan bagi membezakan kawasan barat Semenanjung Malaysia telah diwujudkan sebagai satu kawasan hujan tersendiri, tetapi analisis tentang ciri-ciri hujan adalah terhad kerana hasil kajian hanya memberikan satu gambaran umum berkenaan dengan perubahan pola hujan mengikut ruang dan masa. Lockwood (1967) dan Lim (1976) juga telah menjalankan kajian tentang perubahan hujan musiman bagi seluruh Semenanjung Malaysia tanpa mengkhususkan kepada mana-mana kawasan. Manakala kajian-kajian yang lebih terkini seperti Chan (1981, 1985, 1990 dan 1991) dan Ab. Latif (1994) telah menganalisis aspek hujan dan pola kemarau dengan hanya mengasingkan kawasan barat laut Semenanjung Malaysia sebagai satu kawasan tersendiri.

Dale (1959) telah membahagikan Semenanjung Malaysia kepada lima wilayah hujan iaitu Barat Laut (< 2540 mm), Barat (>2540 mm), Timur (>2794 mm) dan Pantai Port Dickson-Muar (2032-2540 mm). Sementara itu, wilayah Barat-Daya dianggap sebagai kawasan kering yang menerima hujan kurang daripada 2286 mm setahun. Wilayah hujan ini telah dijadikan panduan oleh Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Pengairan & Saliran dalam mengkategorikan kawasan hujan serta perancangan

sumber air bagi tujuan pengairan dan domestik. Kajian yang dijalankan ini adalah untuk mengenal pasti trend hujan jangka panjang bagi stesen utama di Wilayah Barat (Dale, 1959). Kajian ini berfokus kepada wilayah barat Semenanjung Malaysia berdasarkan pembahagian wilayah yang telah ditentukan oleh Dale (1959) dalam tempoh 1960 hingga 2010.

Kawasan dan Kaedah Kajian

Kajian yang dijalankan ini tertumpu kepada Wilayah Barat Semenanjung Malaysia berdasarkan pembahagian wilayah yang telah ditentukan oleh Dale (1959). Pemilihan Wilayah Barat sebagai kawasan kajian adalah disebabkan oleh jangkaan bahawa pembangunan yang pesat dan terus berkembang di kawasan pantai barat Semenanjung Malaysia turut mempengaruhi rancangan sumber air di kawasan tersebut. Berdasarkan rentetan sejarah, berlakunya ketidakseimbangan pengagihan dalam perancangan pembangunan wilayah akibat campur tangan Inggeris ke Malaysia. Tumpuan pembangunan lebih terarah kepada kawasan yang memacu kepada pertumbuhan ekonomi dan kawasan yang mempunyai sumber alam yang boleh dieksploitasikan seperti di Pantai Barat Semenanjung Malaysia. Beberapa kajian yang dijalankan seperti kajian Balling & Brazel (1987) dan Trenberth *et al.* (2007) mendapati bahawa perubahan taburan hujan di kawasan bandar adalah disebabkan oleh perubahan iklim yang berpunca daripada kepesatan proses pambandaran. Menurut Alberti (1999) ekosistem bandar berkembang mengikut masa dan ruang hasil daripada interaksi yang dinamik antara proses sosio-ekonomi dan biofizikal. Berdasarkan Dale (1959), sempadan wilayah hujan barat yang telah dibentuk melibatkan lima buah negeri iaitu Perak, Selangor, Negeri Sembilan, Kelantan dan Pahang. Walau bagaimanapun, bagi negeri Kelantan dan Pahang hanya melibatkan beberapa daerah tertentu sahaja yang bersempadanan dengan negeri Perak, Selangor dan Negeri Sembilan.

Data dalam kajian ini adalah data sekunder iaitu data hujan daripada seluruh stesen-stesen hujan di Wilayah Barat seperti yang telah dibentuk oleh Dale, 1959 yang telah dibekalkan oleh Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Pengairan dan Saliran Malaysia daripada tahun 1960 hingga 2010. Bagi data hujan yang tidak lengkap, hilang atau gagal dicerap, proses penjanaan data dijalankan dengan menggunakan kaedah regresi berdasarkan kepada data hujan yang sedia ada daripada stesen hujan lain yang berhampiran.

Trend hujan dianalisis menggunakan regresi linear untuk mengesan trend hujan sama ada meningkat, menurun atau tiada trend dan analisis non-parametrik iaitu ujian Mann-Kendall digunakan dalam mengenal pasti kesignifikan trend data hujan Wilayah Barat. Ujian Mann-Kendall banyak digunakan untuk menganalisis data alam sekitar khususnya bagi analisis data siri masa hidrometeorologi seperti luahan sungai, hujan dan suhu (Hirsch *et al.*, 1982; Yu *et al.*, 1993). Ujian ini kebiasaannya digunakan bagi mengesahkan lagi perubahan trend dalam data siri masa khususnya data alam sekitar seperti hujan, suhu, luahan, luahan endapan, kualiti air dan sebagainya (Burn & Elnur, 2002; Yue *et al.*, 2003; Shahrudin & Noorazuan, 2006; Mohmadisa *et al.*, 2010). Ujian Mann-Kendall juga digunakan untuk mengenal pasti trend sama ada signifikan atau sebaliknya. Ujian Mann-Kendall (S) cuba untuk menyatakan yang hipotesis nul

(Ho) dinyatakan sebagai tiada berlaku trend dan hipotesis alternatif (HA) menunjukkan terdapatnya trend yang berlaku seperti persamaan di bawah :

$$\begin{aligned} \text{Ho: } & \text{Prob } [x_j > x_i] = 0.5 \text{ di mana } j > i \\ \text{HA: } & \text{Prob } [x_j > x_i] \neq 0.5 \end{aligned}$$

Ujian Mann-Kendall juga dapat menunjukkan arah dan magnitud kesignifikan trend bagi sesuatu siri data (Shaharuddin & Noorazuan, 2006). Ujian Mann-Kendall ini dapat menunjukkan trend hujan yang meningkat, menurun atau stabil. Ujian Mann-Kendall ini menggunakan formula seperti berikut :

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{if } x_j - x_i > 0 \\ 0 & \text{if } x_j - x_i = 0 \\ -1 & \text{if } x_j - x_i < 0 \end{cases}$$

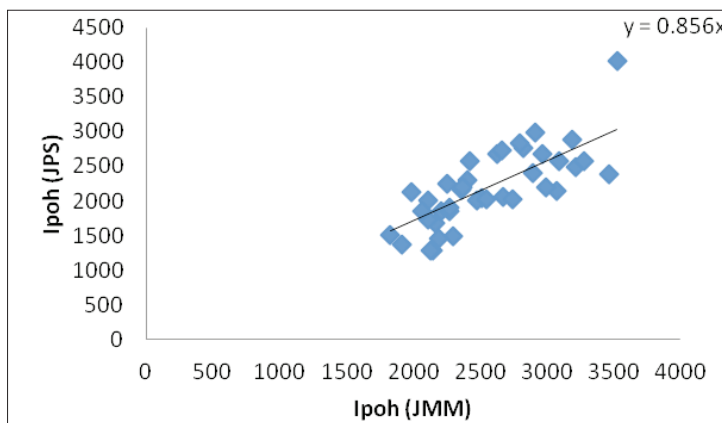
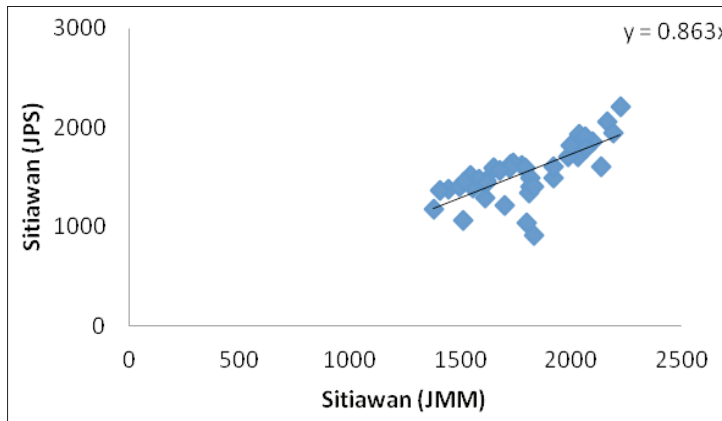
Jika hasil ujian menunjukkan nilai yang positif, ia memberi makna trend yang meningkat dan nilai yang negatif menunjukkan trend yang menurun. Ini merupakan kesimpulan yang dikemukakan dalam ujian statistik Mann-Kendall iaitu jika nilai S lebih besar daripada 0, ia menunjukkan trend yang meningkat dan jika nilai S lebih kecil daripada 0, ia menunjukkan trend yang menurun.

Analisis Kajian dan Perbincangan

Kajian yang dijalankan oleh Dale, 1959 hanya melibatkan kurang daripada 20 buah stesen hujan daripada Jabatan Meteorologi Malaysia. Namun begitu, dengan pertambahan stesen kaji cuaca di seluruh Semenanjung Malaysia pastinya turut menyebabkan berlakunya peningkatan jumlah data kaji cuaca yang dicerap. Analisis korelasi telah dilakukan bagi melihat hubungan antara stesen hujan Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Pengairan Saliran Malaysia. Ia bertujuan untuk mengenal pasti kesahan data memandangkan ciri hujan di kawasan tropika amat bervariasi khususnya dalam konteks ruangan. Secara umum, jumlah turunan hujan bagi kedua-dua stesen dari pemilik data yang berbeza berada pada tahap 80 peratus kesamaan dan ia merupakan julat yang diterima bagi kawasan kajian ini. Walau bagaimanapun, hubungan antara stesen Lubok Merbau adalah rendah yang dapat dikaitkan dengan kejadian hujan yang berbeza turunan pada masa dan hari yang sama (antara sifat kompleks hujan di tropika) seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 1 dan Rajah 1.

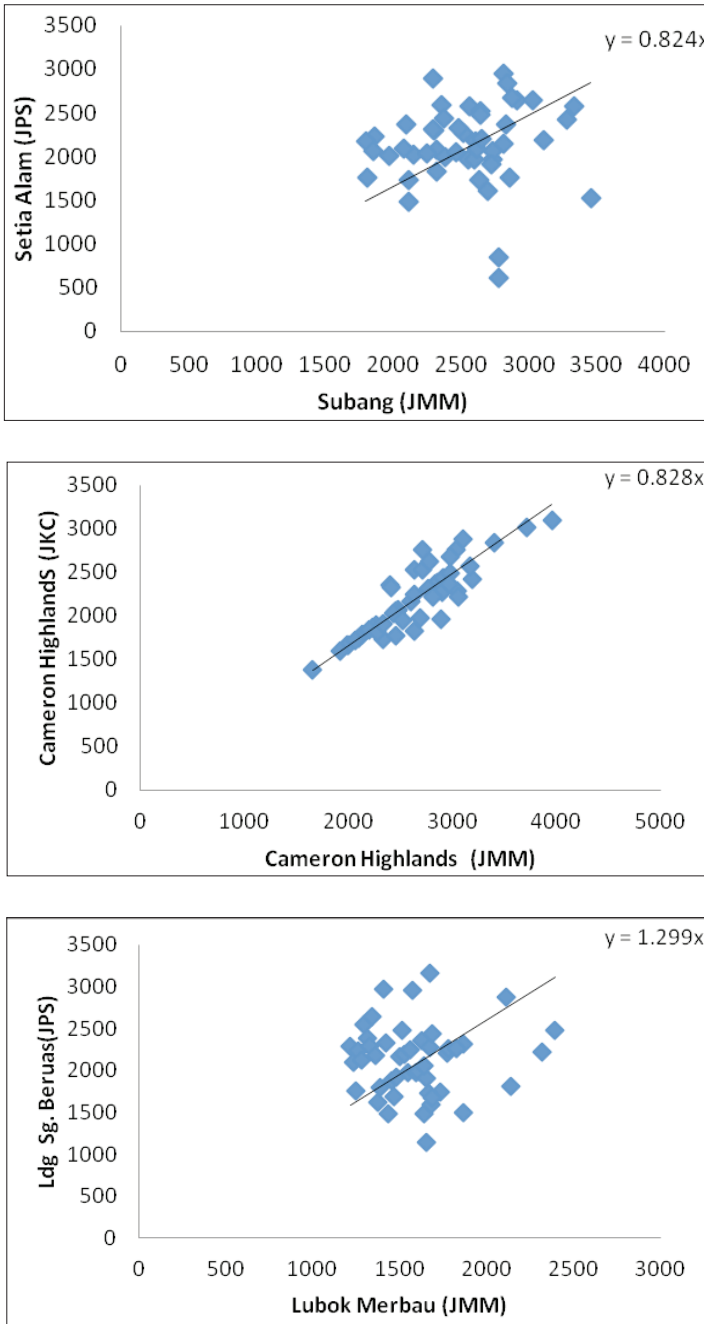
Jadual 1 Kolerasi antara stesen hujan Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Pengairan Saliran Malaysia

Stesen Hujan	Tahun	N	R	m	P
Sitiawan JMM - Sitiawan JPS	1960-2010	50	0.70	$y = 0.863x$	$P < 0.01$
Ipoh JMM - Ipoh JPS	1960-2010	50	0.76	$y = 0.856x$	$P < 0.01$
Subang JMM - Setia Alam	1960-2010	50	0.63	$y = 0.824x$	$P < 0.01$
Cameron Highlands JMM - Cameron Highlands JPS	1960-2010	50	0.87	$y = 0.828x$	$P < 0.01$
Lubok Merbau JMM – Ldg Sg. Beruas JPS	1960-2010	50	0.79	$y = 1.299x$	$P < 0.01$



Rajah 1 Kolerasi antara stesen hujan Jabatan Meteorologi Malaysia dan Jabatan Pengairan Saliran

Rajah 1 (Samb.)

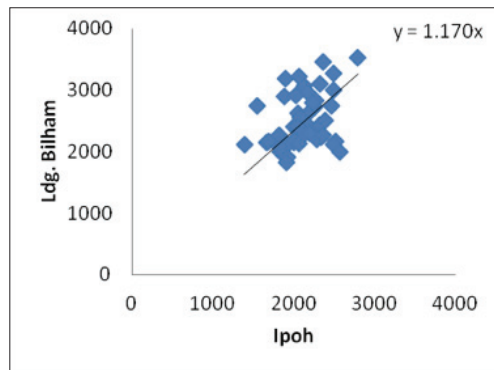
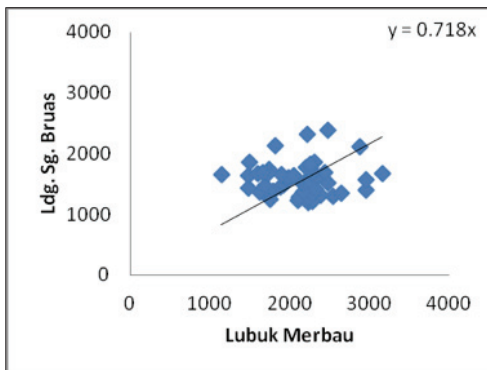


Malahan, regresi linear juga telah dijalankan untuk melengkapkan data hujan pada satu tempoh masa di sesuatu stesen dengan bersandarkan kepada stesen hujan yang berhampiran. Stesen hujan yang berhampiran dikenalpasti melalui jarak antara dua stesen tersebut serta latitud dan longitud stesen. Korelasi antara dua stesen tersebut telah dijalankan terlebih dahulu untuk mengesahkan perhubungan antara dua stesen

sama ada mempunyai hubungan langsung (positif), hubungan songsang (negatif) atau tiada hubungan (sifar). Rajah 2 dan Jadual 2 menunjukkan kolerasi antara dua stesen hujan yang telah diregresi untuk mendapatkan data yang lengkap.

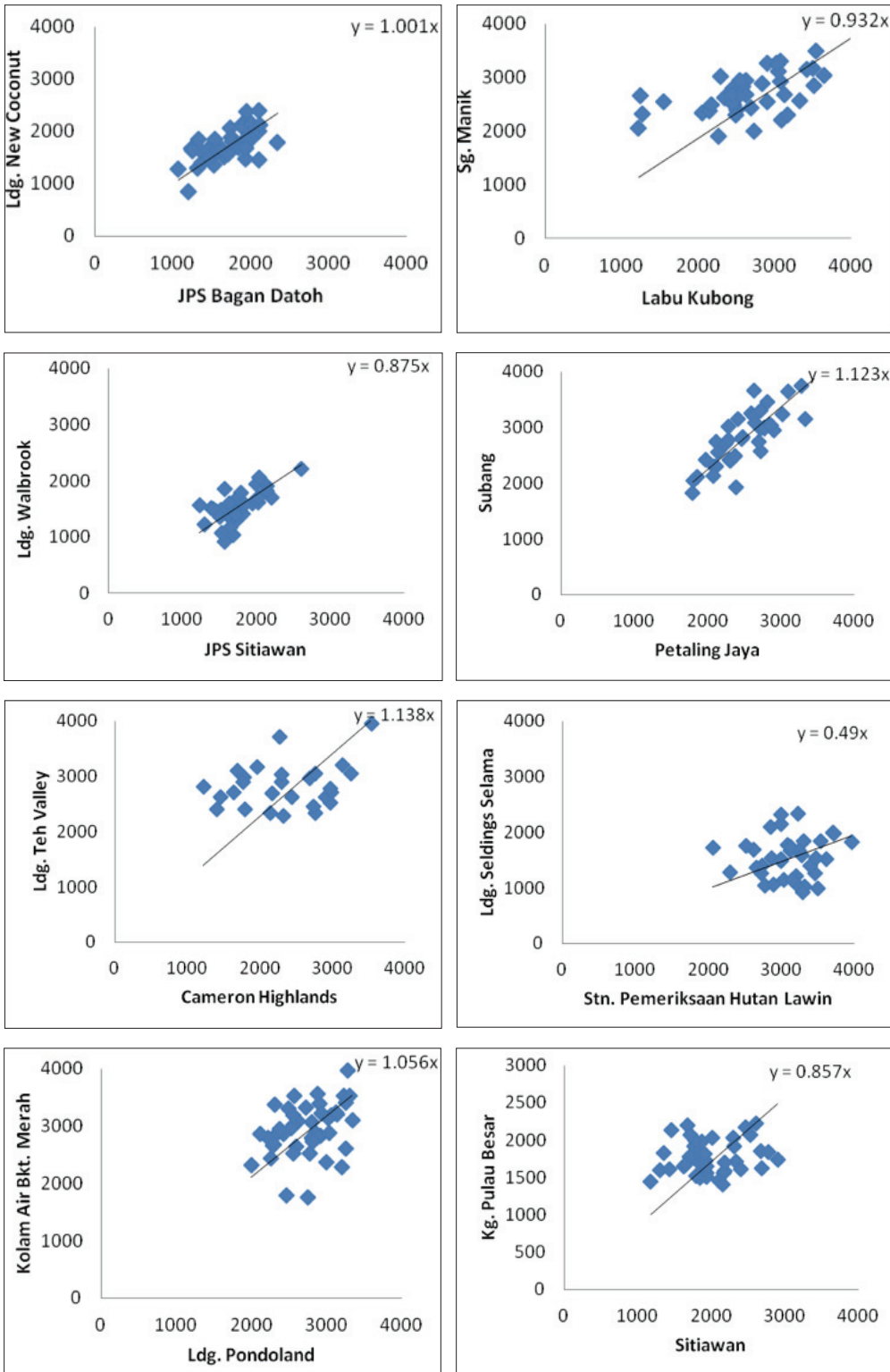
Jadual 2 Kolerasi antara dua stesen hujan untuk melengkapkan data hujan

Bil.	Stesen Hujan	Tahun	N	R	m	P
1	Lubok Merbau – Ldg. Sg. Bruas	1960-2010	50	0.91	$y = 0.718x$	$P < 0.01$
2	Ipoh – Ldg. Bilham	1960-2010	50	0.14	$y = 0.1170x$	$P < 0.01$
3	JPS Bagan Datoh – Ldg. New Coconut	1960-2010	50	0.49	$y = 1.0015x$	$P < 0.01$
4	Labu Kubong – Sg. Manik	1960-2010	50	0.92	$y = 0.9322x$	$P < 0.01$
5	JPS Sitiawan – Ldg. Walbrook	1960-2010	50	0.6	$y = 0.8757x$	$P < 0.01$
6	Subang – Petaling Jaya	1960-2010	50	0.82	$y = 1.1233x$	$P < 0.01$
7	Cameron Highlands – Ldg. Teh Blue Valley	1960-2010	50	0.95	$y = 1.1382x$	$P < 0.01$
8	Stn Pemeriksaan Hutan Lawin – Ldg. Seldings Selama	1960-2010	50	0.03	$y = 0.49x$	$P < 0.01$
9	Ldg. Pondoland – Kolam Air Bukit Merah	1960-2010	50	0.35	$y = 1.056x$	$P < 0.01$
10	Sitiawan – Kg. Pulau Besar	1960-2010	50	0.95	$y = 0.8576x$	$P < 0.01$
11	Bekalan Sempenah – Pusat Kesihatan Kecil	1960-2010	50	0.70	$y = 0.8904x$	$P < 0.01$
12	Politeknik Ungku Omar – Ldg. Teh Blue Valley	1960-2010	50	0.98	$y = 0.8627x$	$P < 0.01$
13	Ldg. Sg Krudda – Ldg. Kati Kuala Kangsar	1960-2010	50	0.22	$y = 1.145x$	$P < 0.01$
14	JPS Telok Sena – JPS Sitiawan	1960-2010	50	0.46	$y = 1.2674x$	$P < 0.01$
15	Ldg. Windsor Ulu Sepetang – Ldg. Norseman	1960-2010	50	0.63	$y = 1.0253x$	$P < 0.01$
16	Bukit Larut Taiping – Lapangan Terbang Taiping	1960-2010	50	0.5	$y = 1.1150x$	$P < 0.01$

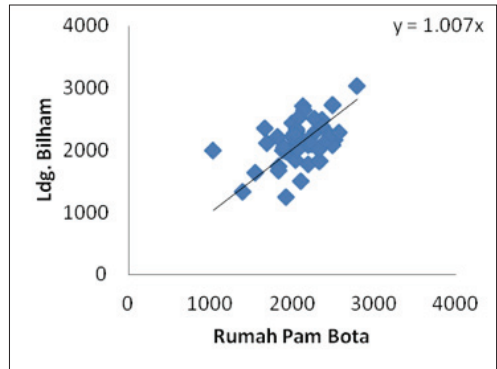
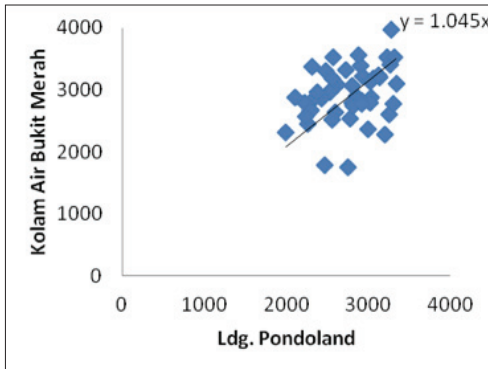
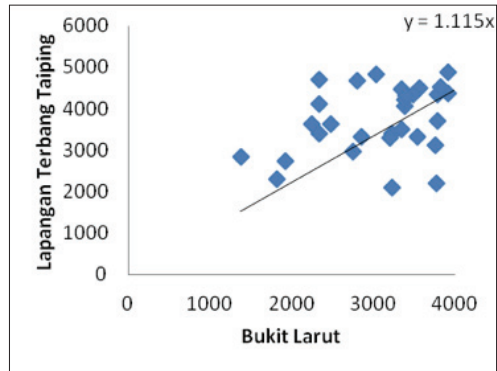
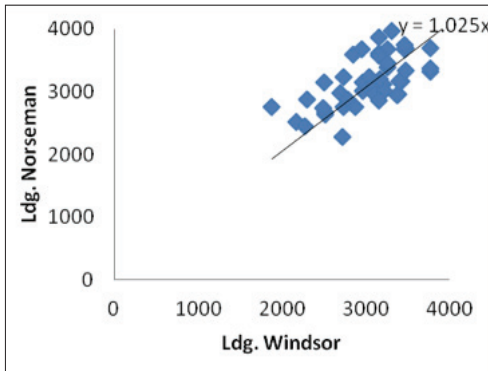
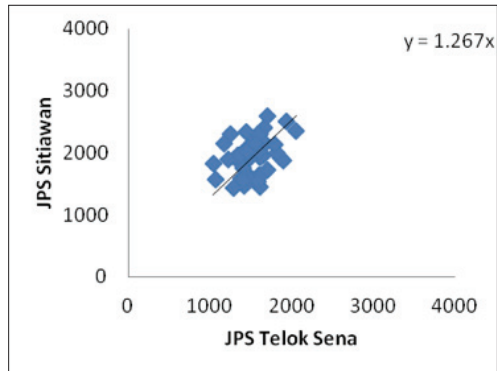
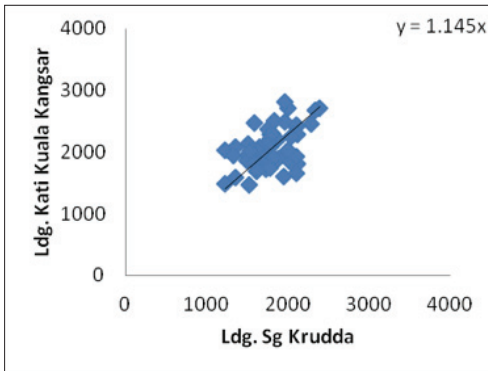
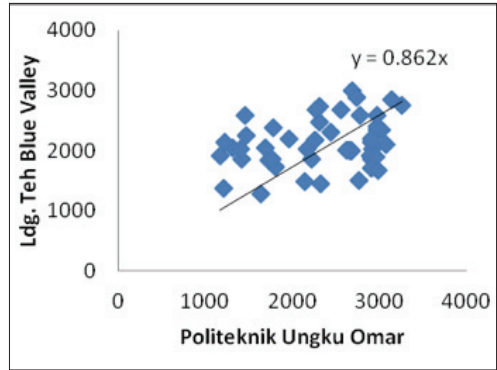
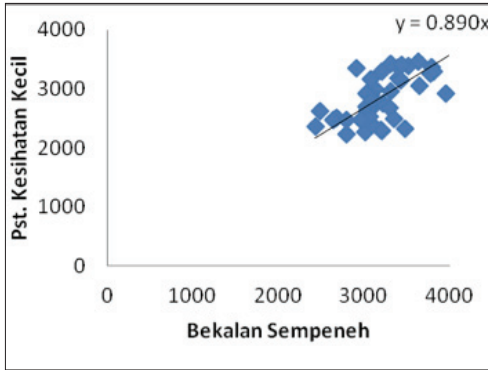


Rajah 2 Kolerasi antara dua stesen untuk melengkapkan data hujan

Rajah 2 (Samb.)



Rajah 2 (Samb.)

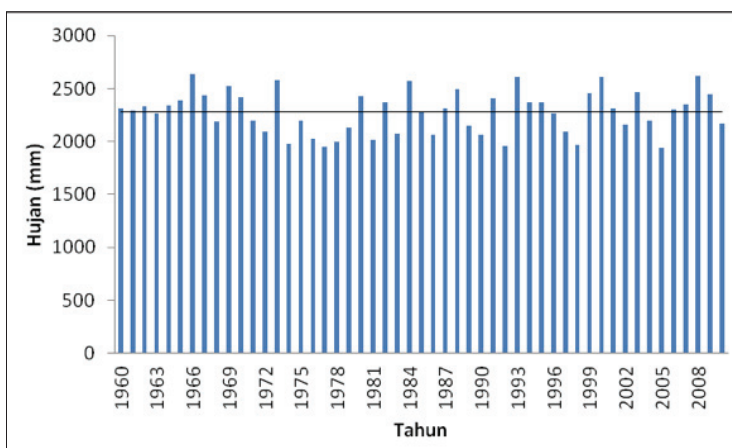


Trend Hujan

Analisis trend berdasarkan ujian Mann-Kendall bagi purata tahunan menunjukkan trend hujan yang positif atau meningkat iaitu berdasarkan nilai P iaitu 0.8838. Ujian Mann-Kendall juga menunjukkan nilai S adalah positif iaitu 19 dan $Z = 0.146$. Selain itu, ujian Mann-Kendall turut dijalankan terhadap purata hujan tahunan bagi 142 stesen hujan di Wilayah Barat. Berdasarkan ujian tersebut, didapati nilai $P = 1$, $S = 1$ dan $Z = 0.000$ di mana kepelbagaian purata hujan tahunan yang dikesan berbanding purata hujan tahunan oleh Dale menunjukkan corak yang pelbagai iaitu terdapat penurunan dan peningkatan pada tahun-tahun tertentu. Ujian Mann-Kendall menunjukkan hanya sedikit peningkatan ($P = 1$).

Purata Hujan Tahunan

Jumlah hujan tahunan di stesen Wilayah Barat dari tahun 1960 hingga 2010 ditunjukkan dalam Rajah 3. Jumlah hujan tahunan minimum direkodkan pada tahun 2005 iaitu 1936 mm dan maksimum pada tahun 1966 iaitu 2635 mm. Purata hujan tahunan di stesen berkenaan untuk jangka masa tersebut adalah 2279 mm dan sisihan piawai (SD) 200 mm. Nilai SD menunjukkan variasi hujan antara tahun adalah besar. Rekod juga menunjukkan 88% (44 tahun) jumlah hujan yang sentiasa melebihi 2000 mm setiap tahun kecuali tahun 1974 (1979 mm), 1977 (1954 mm), 1978 (1999 mm), 1992 (1963 mm), 1998 (18967 mm) dan 2005 (1936 mm). Tiada tahun-tahun tertentu yang menunjukkan jumlah hujan yang begitu lebat atau ekstrem sepanjang tempoh kajian dijalankan. Didapati purata hujan tahunan di Wilayah Barat juga adalah rendah berbanding purata hujan tahunan bagi Semenanjung Malaysia, iaitu 2400 mm (Mohamad Suhaily Yusri, 2007).



Rajah 3 Purata hujan tahunan di Wilayah Barat 1960 hingga 2010

Purata Hujan Mengikut Stesen

Purata hujan bagi 133 buah stesen kajian di Wilayah Barat adalah 2279 mm sepanjang tahun 1960 hingga 2010. Jumlah hujan minimum sepanjang tempoh tersebut adalah di Stesen Pemeriksaan Hutan Lawin (Perak) iaitu 1389 mm manakala jumlah hujan maksimum adalah di Stesen Ladang Stoughton di Batu Kurau (Perak) iaitu 4118 mm. Sisihan piawaian bagi semua stesen kajian menunjukkan variasi hujan yang besar iaitu 549 mm. Berdasarkan purata bagi semua stesen tersebut (2279 mm) didapati terdapat beberapa kawasan yang menunjukkan purata hujan yang lebih rendah dan lebih tinggi daripada yang telah ditetapkan oleh Dale iaitu melebihi 2540 mm dan kurang daripada 2794 mm. Stesen hujan yang menunjukkan purata hujan yang lebih rendah iaitu antara 1388 mm hingga 2528 mm berbanding purata yang ditetapkan oleh Dale, 1959 ialah sebanyak 71 peratus (95 buah stesen) manakala purata hujan yang lebih tinggi adalah sebanyak 20 peratus (26 buah stesen) iaitu dengan purata antara 2848 mm hingga 4119 mm seperti yang diringkaskan dalam Jadual 1. Hanya 12 stesen di Wilayah Barat yang menunjukkan purata yang sama seperti yang ditetapkan oleh Dale. Hal ini menunjukkan persempadanan wilayah hujan yang telah ditetapkan oleh Dale pada tahun 1959 adalah tidak relevan pada masa kini akibat dipengaruhi oleh fenomena global. Selain itu, Chan (1995) menyatakan aspek masa juga mempengaruhi sifat dan ciri-ciri iklim bagi sesebuah kawasan.

Jadual 3 Purata hujan mengikut stesen

Bil.	No. Stesen	Stesen	Negeri	Purata Hujan (mm)
1	5210069	Stn. Pemeriksaan Hutan Lawin	Perak	1388.05
2	3411017	Stor JPS Tg.Karang	Selangor	1456.10
3	3710011	Parit 6. Sg. Besar	Selangor	1490.68
4	3609012	Parit 1, Sg. Besar	Selangor	1518.17
5	4207048	Pjbt. JPS Siti Pejabat JPS Sitiawan	Perak	1533.53
6	3123151	Ldg. Kemayan	Pahang	1548.46
7	3213057	Ldg. Braunston	Selangor	1593.23
8	48623	Lubuk Merbau	Perak	1597.70
9	4008102	Ldg. Arcadia	Perak	1610.52
10	3324082	Kg. Tebing Tinggi di Lebak	Pahang	1666.19
11	3818054	Stor JPS Raub	Pahang	1683.97
12	2815001	Pejabat JPS Sg. Manggis	Selangor	1695.30
13	3809009	Ldg. Sg. Bernam, Bhg. William	Selangor	1696.72
14	5109070	Pekan Lenggong	Perak	1709.77
15	3312042	Ldg. Triang	Pahang	1709.90
16	3411016	Parit 1, Sg. Burong	Selangor	1718.83
17	3122142	Pelangi Kg. Jawi 2	Pahang	1720.89
18	4207044	Ldg. Walbrook	Perak	1731.50
19	3808163	Ldg. Bagan Pasir	Perak	1743.66
20	3325086	Kg. Kuala Bera	Pahang	1744.38

Jadual 3 (Samb.)

21	3313043	Ldg. Kuala Selangor	Selangor	1746.58
22	3918060	JKR Jeruas	Pahang	1746.96
23	4909073	Ldg. Kati di Kuala Kangsar	Perak	1769.65
24	5009071	Ldg. Kota Lima	Perak	1770.99
25	48620	Sitiawan	Perak	1774.66
26	3908101	Ldg. New Coconut di Bagan Datoh	Perak	1775.08
27	3213058	Ldg. Bkt. Cherakah	Selangor	1778.16
28	3423138	JKR Mentakab	Pahang	1792.30
29	3312045	Km. 45.5 Jln. Klang/K.Selangor	Selangor	1792.46
30	3907103	JPS. Bagan Datoh	Perak	1793.47
31	3324083	Ladang Karmen	Pahang	1797.23
32	3020016	Kg. Chennah	Negeri Sembilan	1800.98
33	3909104	Ldg. Jendarata Telok Intan	Perak	1836.36
34	3313060	Ldg. Sg. Buloh	Selangor	1841.63
35	3313040	Ldg. Bkt. Talang, Bhg. Kg. Baru	Selangor	1851.34
36	4109095	Kg. Pulau Besar	Perak	1875.15
37	5120025	Balai Polis Bertam	Kelantan	1883.67
38	3318127	Janda Baik	Pahang	1885.07
39	4810079	Ldg. Changkat Salak	Perak	1888.08
40	3214055	Ldg. Bkt. Ijok	Selangor	1900.17
41	3223084	Ladang Kemasul di Mengkarak	Pahang	1914.18
42	4209093	JPS. Telok Sena	Perak	1923.79
43	3723077	Kuala Krau	Pahang	1937.08
44	2616135	Ldg. Telok Merbau	Selangor	1945.06
45	5522047	Sek. Men. Teknik Kuala Krai	Kelantan	1948.68
46	4306039	Ldg. Sogomana di Lumut	Perak	1955.82
47	2913121	Ldg. West, Pulau Carey	Selangor	1961.18
48	5004027	Rumah Buroh Kuala Kurau	Perak	1971.23
49	4010001	JPS. Telok Intan (Stor)	Perak	1975.26
50	3113087	Ldg. Sg. Kapar	Selangor	1983.34
51	4909072	Kolam Takongan Air Chenderoh	Perak	1988.43
52	3909100	Bt. 5 Ldg. Nova Scotia	Perak	1997.37
53	2915116	Ldg. Bkt. Cheeding	Selangor	2007.65
54	2617134	Ldg. Sepang	Selangor	2011.17
55	4904026	Ldg. Gula di Kuala Kurau	Perak	2024.12
56	3214054	Ldg. Tuan Mee	Selangor	2039.17
57	4407038	Ldg. Sg. Bruas	Perak	2041.25
58	2717114	Ldg. Bute	Selangor	2049.33
59	4019063	Ldg. Benta	Pahang	2054.47
60	4309092	Rumah Pam Bota	Perak	2069.59
61	2615131	Ldg. Batu Untong	Selangor	2078.42
62	4811078	Ldg. Elphill di Sg. Siput	Perak	2079.52
63	4307041	Ldg. Bilham, Sitiawan	Perak	2084.73
64	4910077	Ldg. Sg. Krudda di Sg. Siput	Perak	2119.12
65	3114085	Setia Alam	Selangor	2126.16

Jadual 3 (Samb.)

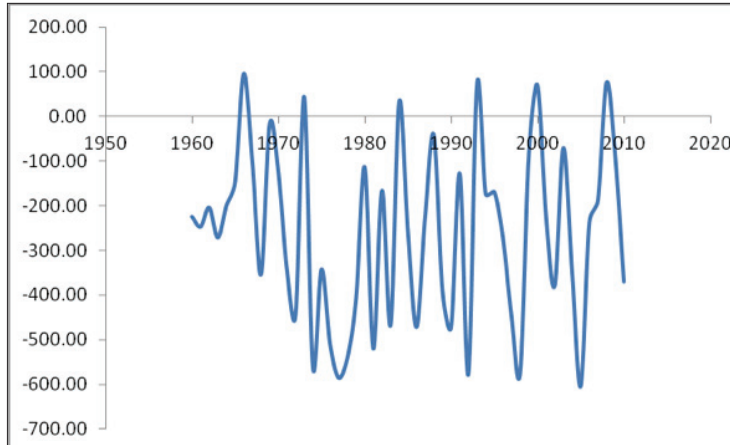
66	2718005	Ldg. Labu	Negeri Sembilan	2127.92
67	4109094	Kg. Gajah	Perak	2129.10
68	4511111	Politeknik Ungku Omar	Perak	2141.10
69	3014084	Pejabat JPS Klang	Selangor	2188.01
70	4010097	Ldg. Sabrang	Perak	2191.47
71	3717052	LLN Sempan	Pahang	2217.14
72	4810080	Ldg. Kemuning di Sg. Siput	Perak	2230.15
73	4710081	Kolam Air JKR. di Sg. Siput	Perak	2231.73
74	3218101	TNB Pansun	Selangor	2236.76
75	2917106	Ldg. West Country Bhg. Barat	Selangor	2240.94
76	4120064	Hospital Kuala Lipis	Pahang	2255.98
77	3420131	Ldg. Bukit Dinding di Bentong	Pahang	2277.79
78	3115079	Pusat Penyelidikan Getah Sg. Buloh	Selangor	2278.16
79	2913122	JPS Pulau Lumut	Selangor	2300.08
80	4806032	Sekolah Kebangsaan Matang	Perak	2323.60
81	5621051	Ldg. Kenneth	Kelantan	2333.74
82	3414030	Ldg. Hopeful	Selangor	2368.31
83	3414029	Ldg. Sg. Tinggi, Bhg. Mary	Selangor	2373.19
84	4514031	Ldg. Teh Blue Valley	Pahang	2388.64
85	4905023	Ldg. Gedong di Kerian	Perak	2388.82
86	3516022	Loji Air Kuala Kubu Bahru	Selangor	2408.48
87	4012143	Ldg. Bikam, Sungkai	Perak	2410.46
88	3115053	Ldg. Elmina A	Selangor	2413.59
89	4010138	Peringkat 1 Sg. Manik	Perak	2413.61
90	5005010	Ldg. Sg. Kerian	Perak	2414.23
91	3613004	Ibu Bekalan Sg. Bernam	Selangor	2437.21
92	3018107	Ldg. Dominion	Selangor	2457.85
93	3814156	Ldg. Bedford, Slim River	Perak	2497.23
94	48625	Ipoh	Perak	2505.76
95	48647	Subang	Selangor	2527.70
96	4111137	Ibu Bekalan Sg. Manik	Perak	2559.59
97	5419036	Ldg. Kuala Balah (Kg. Tg. Ab. Rahman)	Kelantan	2566.67
98	4906022	Stn. Petak Ujian Selinsing	Perak	2595.32
99	48632	Cameron Highlands	Pahang	2653.00
100	3917050	Batu Talam di Raub	Pahang	2653.63
101	3813158	Ldg. Trolak di Trolak	Perak	2672.45
102	4110136	Rumah JPS. di Labu Kubong	Perak	2686.62
103	48648	Petaling Jaya	Selangor	2691.46
104	4707033	Bkt. Gantang di Kg. Kubu	Perak	2698.74
105	5521050	Ldg. Kuala Nal	Kelantan	2700.62
106	4110129	Peringkat IV Sg. Manik	Perak	2776.24
107	5006021	Kolam Air Bkt. Merah	Perak	2779.34
108	3615002	Ldg. Sg. Gumut	Selangor	2847.77
109	3913147	Ldg. Sg. Sungkai	Perak	2859.67

Jadual 3 (Samb.)

110	4908013	Ibu Bekalan Sempeneh di Batu Kurau	Perak	2867.67
111	5621052	Ldg. Kerilla	Kelantan	2870.36
112	3913146	Ldg. Sg. Klah	Perak	2884.64
113	4011139	Rumah JPS Sg. Mengkuang	Perak	2904.78
114	5007020	Ldg. Pondoland di Pondok Tanjung	Perak	2929.61
115	4111135	Ldg. Tai Seng	Perak	2986.35
116	4707035	Ldg. Taiping	Perak	3006.13
117	5106004	Ldg. Lumboh Kluang di Selama	Perak	3012.44
118	3714152	Ldg. Katoyang di Tg. Malim	Perak	3018.61
119	4707034	Ldg. Temerloh di Trong	Perak	3022.36
120	4907019	Ldg. Norseman	Perak	3128.26
121	5106008	Ldg. Hibernia, Selama	Perak	3149.06
122	5207002	Ldg. Seldings di Selama	Perak	3155.87
123	5108005	Ibu Bekalan Ulu Ijok	Perak	3179.03
124	4908018	Pusat Kesihatan Kecil di Bt. Kurau	Perak	3198.06
125	4112141	Ldg. Gedong, Bidor	Perak	3227.75
126	4012142	Ldg. Bidor Bahru (Bidor Tahan), Bidor	Perak	3242.12
127	4011144	Rumah Kerajaan JPS., Chui Chak	Perak	3253.11
128	4907017	Ldg. Windsor di Ulu Sepetang	Perak	3266.53
129	4507036	Ldg. Allagor di Trong	Perak	3336.83
130	4807014	Lapangan Terbang Taiping	Perak	3356.85
131	4807016	Bkt Larut di Taiping	Perak	3638.67
132	5107007	Ldg. Holyrood di Selama	Perak	3763.20
133	5107006	Ldg. Stoughton di Batu Kurau	Perak	4118.49

Perbandingan Purata Hujan Dale dan Hujan Tahunan

Sepanjang tahun 1960 hingga tahun 2010 didapati purata hujan tahunan bagi 133 buah stesen kajian adalah lebih rendah berbanding purata hujan yang telah ditetapkan oleh Dale, 1959 iaitu melebihi 2540 mm bagi Wilayah Barat. Rekod menunjukkan hanya 12 peratus (6 tahun) sahaja purata tahunan yang menunjukkan peningkatan minimum iaitu tahun 1966 (95 mm), 1973 (43 mm), 1984 (33 mm), 1993 (72 mm), 2000 (70 mm) dan 2008 (76 mm). Ini menunjukkan jumlah hujan yang diterima di Wilayah Barat telah berkurang dan tidak sekata dari tahun ke tahun seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Ia boleh memberikan gambaran bahawa pengubahsuaian terhadap pengkelasan wilayah hujan oleh Dale perlu dilakukan semula kerana ia akan memberi kesan signifikan kepada sumber air permukaan dan pengaruh perubahan trend hujan global juga memberi kesan kepada kawasan kajian.



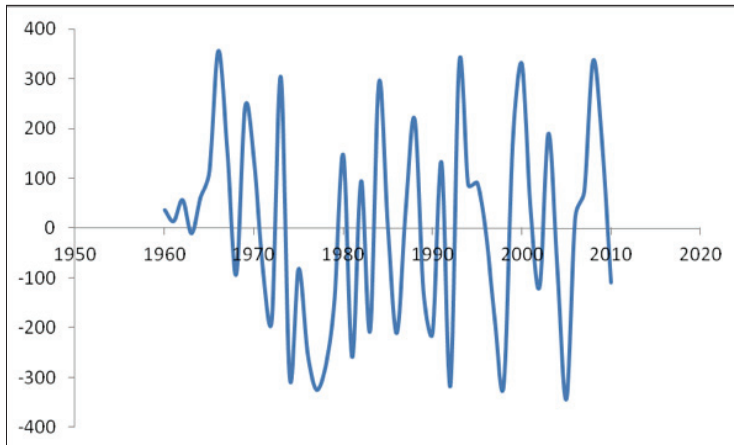
Rajah 4 Perbandingan purata hujan Dale dan hujan tahunan bagi Wilayah Barat 1960-2010

Perbandingan Purata Hujan dan Variasi Purata Hujan Setiap 10 Tahun

Berdasarkan penelitian yang dijalankan, hasil kajian mendapati purata hujan dan variasi purata hujan setiap 10 tahun sepanjang tahun 1996 hingga 2010 adalah berubah-ubah dan sukar untuk dirungkai. Purata hujan pada tahun 1961 hingga 1970 adalah 2382.75mm dan berkurang kepada 2158.93mm pada tahun 1971 hingga 1980. Walau bagaimanapun, purata hujan tersebut meningkat kepada 2242.06 dan 2311.21 pada tahun 1981 hingga 1990 dan 1991 hingga 2000. Sepanjang 10 tahun berikutnya iaitu pada tahun 2001 hingga 2010, purata hujan berkurang pula kepada 2296.45mm. Hal ini dapat dikaitkan dengan kepelbagaian taburan hujan di kawasan tropika dalam konteks ruang dan masa yang kompleks dan dipengaruhi oleh perubahan global seperti El-Nino dan La-Nina seperti yang ditunjukkan dalam Jadual 3 dan Rajah 5 di bawah. Menurut Tanggang et al. (2006) kejadian El Nino Ayunan Selatan atau ringkasnya ENSO setiap ulangan masa 3 hingga 7 tahun juga berupaya mengubah trend suhu daratan dan lautan. Kehadiran ENSO mengakibatkan Malaysia dan negara sekitarnya mengalami keadaan kering yang luar biasa (Fedorov & Philander, 2000).

Jadual 3 Perbandingan purata hujan dan variasi purata hujan setiap 10 tahun

Tahun	Purata Hujan (mm)	Hujan Maksimum (mm)	Hujan Minimum (mm)	Variasi Purata (mm)	El- Nino (Tahun)	La- Nino (Tahun)
1961-1970	2382.75	2635.42	2185.54	449.87	1963-1969	1962,1964, 1970
1971-1980	2158.93	2583.43	1953.94	629.49	1972,1977, 1979	1971,1973, 1974,1975
1981-1990	2242.06	2572.69	2019.91	552.78	1982,1983, 1987,1990	1984,1985, 1988, 1989
1991-2000	2311.21	2612.27	1962.55	649.72	1991-1994, 1997	1996,1999, 2000
2001-2010	2296.45	2615.83	1935.60	680.23	2002-2004, 2006	2001,2007, 2008



Rajah 5 Perbandingan purata hujan dan variasi purata hujan setiap 10 tahun

Kesimpulan

Kajian menunjukkan semua stesen mengalami trend hujan tahunan meningkat dari tahun 1960 hingga 2010 walaupun tidak signifikan berdasarkan Mann-Kendall ($S=1$). Julat purata hujan tahunan bagi kawasan barat yang diklasifikasikan sebagai kawasan sederhana basah didapati telah berkurangan antara 1936 mm hingga 2635 mm berbanding julat purata hujan tahunan oleh Dale iaitu antara 2540 mm hingga 2794 mm. Manakala, variasi purata hujan bagi kawasan barat dalam tempoh kajian adalah semakin besar iaitu 699 mm berbanding variasi purata hujan oleh Dale iaitu 254 mm antara tahun 1950 hingga 1959. Purata hujan maksimum pada tahun 1960 hingga 2010 bagi kawasan wilayah barat (sederhana basah) turut berkurang sebanyak 155 mm (6%). Kajian juga menunjukkan fenomena La-Nino dan El-Nino telah mempengaruhi variasi hujan di wilayah barat pada tahun 1966, 1976, 1983, 2000 dan 2005. Terdapat kawasan-kawasan tertentu dalam wilayah barat yang menerima hujan yang ekstrem (Bukit Larut, Selama, Batu Kurau) dan hujan yang sedikit (Lawin, Tanjung Karang, Sungai Besar). Hal ini menunjukkan bahawa sifat dan ciri-ciri iklim di sesuatu kawasan adalah berbeza daripada sifat dan ciri-ciri yang terdapat di tempat yang lain kerana adanya perbezaan daripada aspek ruang. Selain itu, aspek masa juga mempengaruhi sifat dan ciri-ciri iklim sesuatu kawasan yang turut dikaitkan dengan perubahan global dan tindakan manusia.

Rujukan

- Ab. Latif Ibrahim. (1994). Hujan, sumber air dan pengeluaran padi di kawasan MADA di negeri Kedah dan Perlis. Tesis Ph.D, Fakulti Sastera & Sains Sosial, Universiti Malaya yang tidak diterbitkan.
- Ab. Latif Ibrahim & Chan Ngai Weng. (1995). Pola min hujan tahunan, musiman dan bulanan di negeri-negeri barat laut Semenanjung Malaysia: Satu analisis statistik. *Jurnal Ilmu Kemasyarakatan*, 2, 95-116.

- Alberti, M. (1999). Modeling the urban ecosystem: A conceptual framework. *Environment and Planning B*, 26, 605-630.
- Balling, R. C. & Brazel, S. W. (1987). Recent changes in Phoenix, Arizona summer time diurnal precipitation patterns. *Theoretical and Applied Climatology*, 38, 50-54.
- Burn, D. H. & Elnur, M. A. H. (2002). Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255, 107-122.
- Chan, N. W. (1981) The reliability of rainfall in relation to wet rice cultivation in Northwest Peninsular Malaysia. *Malaysian Journal of Tropical Geography*, 4, 14-23.
- Chan, N. W. (1985). Rainfall variability in Northwest Peninsular Malaysia. *Malaysian Journal of Tropical Geography*, 12, 9-19.
- Chan, N.W (1990). A comparative study of the mean and median rainfall pattern in Kedah and Perlis. *Kajian Malaysia*, 8, 1-20.
- Chan, N.W. (1991). The climate of Penang Island. *Kajian Malaysia*, 9, 62-86.
- Chan, N.W. (1995). Choice and constraints in persistent floodplain occupance: The influence of structural forces on residential location in Peninsular Malaysia. *Disasters*, 19(4), 287-307.
- Chia, L. S. (1974). A study of the rainfall patterns in West Malaysia. Tesis Ph.D, University of Singapore yang tidak diterbitkan.
- Dale, W. L. (1959). The rainfall of Malaya: Part I. *Journal of Tropical Geography*, 13, 223-237.
- Fedorov, A.V & Philander, S.G (2000). Is el nino changing? *Science*, 288, 1997-2002.
- Lim, J. T. (1976). Rainfall minimum in Peninsular Malaysia during the Northwest Monsoon. *Monthly Weather Review*, 104(1), 96-99.
- Herath, S. & Ratnayake, U. (2004). Monitoring rainfall trends to predict adverse impacts – a case study from Sri Lanka (1964-1993). *Global Environmental Change*, 14, 71-79.
- Hirsch, R. M., Slack, J. R. & Smith, R. A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resource Research*, 18(1), 107-121.
- Jabatan Meteorologi Malaysia. (2007). Laporan episod hujan lebat yang mengakibatkan banjir di negeri Johor, Melaka, Negeri Sembilan, dan Pahang dalam tempoh 17-20 Disember 2006 yang tidak diterbitkan.
- Juneng, L., Tangang, F. T. & Reason, C. J. C. (2007). Numerical investigation of an extreme rainfall event during a period of 9-11 December over the East Coast Peninsular Malaysia. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 98, 81-98.
- Kothyari, U. C. & Singh, V. P. (1996). Rainfall and temperature trends in India. *Hydrological Processes*, 10(3), 357-372.
- Lim Joo Tick. (1976). Rainfall minimum in Peninsular Malaysia during the Northeast Monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, 104, 96-99.
- Lockwood, J. O. (1967). Probable maximum 24 hour precipitation over Malaya by statistical methods. *Meteorological Magazine*, 96, 11-19.
- Manton, M. J., et al. (2001). Trends in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the South Pacific: 1961-1998. *International Journal of Climatology*, 21, 269-284.
- Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah. (2007). Impact of landuse change on water yield and water quality in Peninsular Malaysia. Tesis Ph.D Department of Geography, Loughborough University yang tidak diterbitkan.
- Mohmadisa Hashim, Wan Ruslan Ismail, Nasir Nayan, Mohamad Suhaily Yusri Che Ngah & Mohd. Hairy Ibrahim. (2010). Analisis trend hujan di Bandaraya Ipoh, Perak 1970-2007. Kertas kerja dibentangkan di Persidangan Kebangsaan Ke-3 Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan & Persekitaran, anjuran PPSPP, UKM & IKSEP, 20-21 Julai.
- New, M., Hewitson, B., Stephenson, D.A., Tsiga, A., Kruger, A., Manhique, A., Gomez, B., Coelho, C. A. S., Masisi, D.N., Kululanga, E., Mbambalala, E., Adesina, F., Saleh, H., Kanyanga, J., Adosi, J., Bulane, L., Fortunata, L., Mdoka, M.L. & Lajoie, R. 2006. Evidence of trends in daily climate extremes over southern and west Africa. *Journal of Geophysical Research*, 111: D14102, doi: 10.1029/2005JD006289.

- Shaharuddin Ahmad. (2003). Arah aliran iklim bandar di beberapa buah bandar di Malaysia: Analisis impak perkembangan bandar. Dlm. Mokhtar Jaafar (penyelenggara), *Prosiding Kebangsaan Cabaran Pembangunan, Dilema Persekitaran*. PPSPP, FSSK, 12 & 13 September, 703-724.
- Shaharuddin Ahmad & Noorazuan Md. Hashim. (2006). Menganalisis pola dan arah aliran hujan di Negeri Sembilan menggunakan kaedah GIS Poligon Thiessen dan Kontur Isoyot. *Geografia*, 3(2), 1-12.
- Stewart, C. D. (1930). The rainfall of Malaya. *Malayan Agricultural Journal*, 18, 530-540.
- Tangang, F.T., Liew, J. N, Mohd. Salmi Noorani, Mohd. Idris Jayes, Shaharuddin Ahmad & Alui Bahari. (2004). Interannual evolution of Indian Ocean sea surface temperature anomaly and its relationship with precipitation variability in Malaysia. In: Phang SM, Chong VC, Ho SC, Noraieni Mokhtar, Jillian Ong LS (eds) *Marine Science into the New Millennium: New perspectives & Challenges*, pp. 537-551. UMMReC, Kuala Lumpur.
- Tangang, F.T., Juneng, L. & Ahmad, S. (2006). Trend and interannual variability of temperature in Malaysia: 1961-2002. *Theor. Appl. Climatol.*, 89 (3-4), 127-141.
- Trenberth, K.E., Jones, P.D., Ambenje, P., Bojariu, R., Easterling, D., Klein Tank, A., Parker, D., Rahimzadeh, F., Renwick, J.A., Rusticucci, M., Soden, B. & Zhai, P. (2007). Observations: surface and atmospheric climate change. In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Solomon S., Qin, D., 164
- Xia, J., Wang, Z. G. & Tan, G. (2004). The renewability of water resources and its quantification in the Yellow River basin, China. *Hydrological Processes*, 18(12), 2327-2336.
- Yu, Y.S., Zou, S. & Whittemore, D. (1993). Non-parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150, 61-80.
- Yue, S., Pilon, P. & Phinney, B. (2003). Canadian streamflow trend detection: Impacts of serial and cross-correlation. *Hydrological Science Journal*, 48, 51-63.