



## Menganalisis pola dan arah aliran hujan di Negeri Sembilan menggunakan kaedah GIS poligon Thiessen dan kontur Isoyet

Shaharuddin Ahmad<sup>1</sup>, Noorazuan Md. Hashim<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Social, Development and Environmental Studies, Faculty of Social Sciences and Humanities, Universiti Kebangsaan Malaysia

Correspondence: Shaharuddin Ahmad (email: shah@ukm.my)

### Abstrak

Curahan hujan seringkali digunakan sebagai indeks iklim bagi menentukan perubahan dalam kajian perubahan iklim global. Frekuensi dan tempoh curahan hujan dianggap sebagai indeks penting bagi bidang geomorfologi, hidrologi dan kajian cerun. Di samping itu, maklumat tentang taburan hujan penting kepada manusia kerana boleh mempengaruhi pelbagai aktiviti manusia seperti pertanian, perikanan dan pelancongan. Oleh itu, kajian ini meneliti pola taburan dan tren hujan yang terdapat di Negeri Sembilan. Data hujan bulanan dan tahunan untuk tempoh 21 tahun (1983 – 2003) dibekalkan oleh Perkhidmatan Kajiucaca Malaysia (MMS) bagi lapan stesen kajiklim yang terdapat di seluruh negeri. Kaedah GIS Poligon Thiessen dan Kontur Isoyet digunakan bagi mengira dan menentukan pola taburan hujan manakala kaedah Ujian Mann-Kendall digunakan bagi mengesan pola perubahan tren dan variabiliti hujan. Hasil kajian menunjukkan bahawa berdasarkan kaedah Persentil dan Kontur Isoyet, pola taburan hujan di Negeri Sembilan boleh di kategorikan kepada dua jenis kawasan iaitu kawasan sederhana lembap (memanjang dari Jelevu -Kuala Pilah-Gemencheh) dan kawasan hujan lebat (sekitar kawasan pinggir pantai-Seremban-Chembong). Pola perubahan hujan didapati tidak tetap bagi kesemua stesen kajian bagi tempoh kajian ini. Berasaskan Ujian Mann-Kendall tahun 1980-an dan 1990-an menandakan tahun perubahan taburan hujan bagi kesemua stesen kajian yang boleh memberi kesan kepada kawasan tadahan dan seterusnya menentukan kadar bekalan air yang mencukupi. Perubahan pola taburan dan variabiliti hujan ini boleh dikaitkan dengan faktor tempatan seperti kepesatan pembangunan kawasan dan juga faktor global seperti perubahan iklim.

**Katakunci:** faktor global, faktor tempatan, hidrologi, kawasan tadahan, perubahan iklim, variabiliti hujan

## Analysing rain patterns and trends in Negeri Sembilan using the GIS Polygon Thiessen and Isohyet Contours methods

### Abstract

Rainfall frequency and duration are important indices in the field of geomorphology, hydrology and slope studies. Information about rainfall distribution is also important to mankind due to its role in influencing various human activities such as agriculture, fishing and tourism. This article analyses the patterns and trends of rainfall in the state of Negeri Sembilan, Peninsular Malaysia. Monthly and annual rainfall data for the 21-years period (1983-2003) were supplied by the Malaysian Meteorological Services (MMS) for the whole eight climatology stations of the state. GIS Polygon Thiessen and isohyetal contour methods were employed to calculate and determine the rainfall pattern, while the Mann-Kendall's test was used to establish changes in trends and variability of rainfall. Based on the percentile and isohyetal contour methods used the distribution pattern of rainfall in Negeri Sembilan can be categorised into two types, namely, medium wet area (stretching from Jelevu-Kuala Pilah to Gemencheh) and heavy rainfall area (at and around coastal area-Seremban-Chembong). A pattern of inconsistency in rainfall changes was observed at all climatology stations for the observed period. Based on the Mann-Kendall's test, the years of 1980s and 1990s were established as years of changes in rainfall distribution at all climatology stations. These changes

may significantly affect the amount of water in the catchment area, thus determining the water supply, and may be linked to local factors such as accelerated regional development and global factors such as global climate change.

**Keywords:** catchment area, climate change, global factors, hydrology, local factors, rainfall variability

## Pengenalan

Pada umumnya, curahan hujan bulanan dan tahunan yang diterima di seluruh Malaysia banyak 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; Tangang *et al.*, 2004;). Kajian yang lalu menunjukkan pada awal musim monsun timur laut lazimnya seluruh Semenanjung Malaysia berkeadaan lembap terutamanya di kawasan pantai timur. Bagaimanapun, pada penghujung musim tersebut, kebanyakan kawasan mula mengalami keadaan kering (Lim, 1976; Shaharuddin & Yassen, 2005). Di samping itu, faktor tempatan seperti topografi kawasan dan jarak dari pantai tidak boleh diabaikan kerana boleh juga menyebabkan berlaku perubahan kepada pola taburan hujan mengikut kawasan (Puvaneswaran & Smithson 1993; Shaharuddin 2003, 2004). Malahan, menurut Balling & Brazel (1987) pola hujan tempatan terutamanya di kawasan bandar teraruh oleh perubahan iklim bandar berpunca daripada perubahan morfologi bandar sendiri.

Pola taburan hujan yang tidak sekata sehingga membentuk regim hujan yang tersendiri amat penting untuk difahami. Sifat taburan hujan yang sedemikian ini mempunyai kesan yang ketara terutamanya terhadap sumber bekalan air bersih dan pertanian. Malahan, pengetahuan tentang sifat dan keamatan hujan juga penting terutamanya bagi ahli jurutera dalam mereka bentuk struktur pengairan bandar (Desa & Rakhecha, 2004), masalah hakisan, geluncuran dan tanah runtuh.

Artikel ini meneliti perubahan pola hujan bulanan dan tahunan di Negeri Sembilan dalam tempoh 21 tahun (1983-2003). Selain itu, analisis juga tertumpu kepada pengenalanpastian takat ambang taburan hujan serta pengkelasan taburan hujan berpandukan kepada taburan isoyet. Akhirnya, artikel ini mengkaji tren perubahan hujan yang berlaku di Negeri Sembilan mengikut kategori taburan dan kelebatan hujan yang terhasil.

## Kawasan dan metodologi kajian

Rajah 1 dan Jadual 1 menunjukkan kedudukan dan tempoh data hujan yang digunakan dalam kajian ini. Data hujan bulanan dan tahun untuk tempoh 21 tahun iaitu daripada tahun 1983 hingga 2003 bagi lapan stesen kaji iklim di seluruh Negeri Sembilan telah dibekalkan oleh Pusat Perkhidmatan Kaji cuaca Malaysia. Tiga stesen kaji iklim iaitu Tanah Merah, Seremban dan Chembong terletak di sebelah barat Negeri Sembilan yang dipisahkan daripada lima stesen kaji iklim yang berada di sebelah timur oleh penghujung Banjaran Titiwangsa. Kawasan tertinggi di Negeri Sembilan adalah Gunung Telapa Burok setinggi 1186m. Kawasan barat bersempadankan Selat Melaka manakala lain-lainnya bersempadankan Negeri Selangor (barat laut), Pahang (timur laut), Johor (tenggara) dan Melaka (selatan).

Kajian ini menggunakan dua kaedah analisis GIS menerusi aplikasi Arcview 3.1 dan Spatial Analyst. Pertamanya, data taburan hujan tahunan seluruh Negeri Sembilan bagi tempoh 21 tahun (1983- 2003) dianalisis berdasarkan kepada 8 stesen yang dipilih. Kelapan-lapan stesen berkenaan telah didaftarkan ke dalam peta GIS berdasarkan rujukan RSO Malaysia Grid 6 digit. Nilai purata hujan tahunan bagi setiap stesen akan dijadikan sebagai input tambahan ke dalam fail attribute GIS berkenaan. Berdasarkan kepada input berkenaan, anggaran hujan kawasan (areal precipitation) bagi Negeri Sembilan dilakukan menerusi kaedah Poligon Thiessen.

**Jadual 1. Kedudukan stesen kaji iklim di Negeri Sembilan**

Bil.	Nama stesen kaji iklim	Garis lintang	Garis bujur	Grid	Ketinggian (m)	Tempoh data
1	Gemas	2 <sup>o</sup> 39'U	101 <sup>o</sup> 47'T	208934	45.7	1983-03
2	Felda Pasoh	2 <sup>o</sup> 56'U	102 <sup>o</sup> 18'T	783245	-	1983-99
3	Tanah Merah, Jelai	2 <sup>o</sup> 38'U	102 <sup>o</sup> 32'T	042913	5.4	1983-03
4	Jelebu	2 <sup>o</sup> 57'U	102 <sup>o</sup> 04'T	524264	137.3	1983-03
5	Hospital K.Pilah	2 <sup>o</sup> 44'U	102 <sup>o</sup> 15'T	727024	106.7	1983-96 & 1999-03
6	Hospital Seremban	2 <sup>o</sup> 43'U	101 <sup>o</sup> 56'T	374008	64.1	1983-03
7	Chembong	2 <sup>o</sup> 36'U	102 <sup>o</sup> 04'T	522878	61.0	1983-96
8	Gemenchek	2 <sup>o</sup> 31'U	102 <sup>o</sup> 23'T	875784	70.0	1983-03

Kaedah Poligon Thiessen merupakan kaedah yang lebih baik berbanding kaedah pengiraan aritmetik hujan kawasan berdasarkan stesen hujan (Chow *et al.*, 1988). Kaedah ini menggunakan arahan GIS-Poligon Thiessen yang terdapat dalam *Extension CWRW Vector*. Poligon yang dibentuk adalah berdasarkan garis yang mempunyai jarak yang sama di antara stesen-stesen kaji iklim (Rajah 2). Jumlah hujan bagi seluruh Negeri Sembilan diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

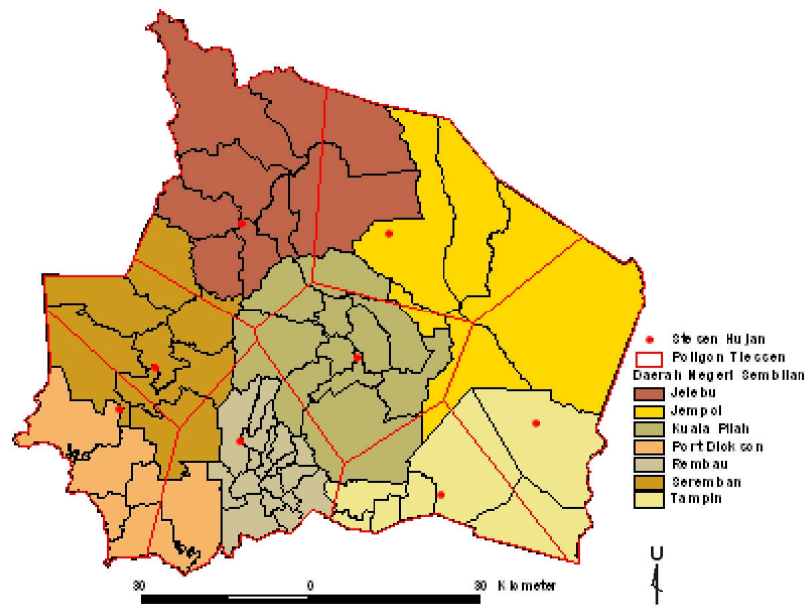
$$P = [P_{s1}.A1 + P_{s2}.A2 + \dots + P_{s8}.A8] / At$$

iaitu:

- $P$  = Jumlah hujan bagi seluruh kawasan (areal precipitation)
- $At$  = keluasan Negeri Sembilan
- $P_{s1}, P_{s2} \dots P_{s8}$  = Hujan di stesen yang berkaitan
- $A1, A2 \dots A8$  = Keluasan bagi setiap poligon yang dibentuk



**Rajah 1. Peta topografi Negeri Sembilan dan lokasi stesen kaji iklim**



**Rajah 2.** Poligon Thiessen yang dibina berdasarkan maklumat 8 buah stesen hujan di Negeri Sembilan

Kaedah kedua ialah membina garis sehujan atau garis isoyet berdasarkan teknik interpolasi GIS. Menerusi aplikasi Spatial Analyst, garis sehujan atau isoyet dibina berdasarkan interpolasi *Inverse Distance Weighted* (ESRI, 1995). Garis isoyet ini lebih praktikal untuk membincangkan pola perubahan hujan dalam ruangan Negeri Sembilan dengan penggunaan stesen hujan yang terhad.

Kaedah seterusnya ialah menggunakan ujian Mann-Kendall,  $\mu(t)$  bagi mengenalpasti kewujudan tren perubahan hujan tahunan di Negeri Sembilan. Statistik Mann-Kendall adalah satu nilai yang menunjukkan arah atau (tanda) dan magnitud kesignifikanan tren bagi sesuatu siri data. Apabila nilai  $\mu(t)$  signifikan pada aras  $< 0.05$  maka dapat digambarkan sama ada sesuatu tren tersebut meningkat atau menurun dan sifat ini pula bergantung kepada  $\mu(t) > 0$  atau  $\mu(t) < 0$ . Sebagai tambahan, tren jangka pendek dan permulaan tren baru sesuatu siri data diperiksa menggunakan plotan data siri masa nilai  $\mu(t_i)$  dan  $\mu'(t)$ . Bagi mendapatkan plotan data siri masa tersebut, nilai berurutan statistik  $\mu(t_i)$  dan  $\mu'(t)$  dikira menerusi analisis progresif ujian Mann-Kendall tersebut. Titik persilangan antara nilai statistik  $\mu(t_i)$  dan  $\mu'(t)$  menandakan permulaan perubahan tren sesuatu pembolehubah yang diselidiki tersebut (Sneyers, 1990).

## Hasil kajian

### *Mengenalpasti takat ambang taburan hujan berdasarkan 8 stesen bagi tempoh antara tahun 1983-1994*

Analisis ini dilakukan bagi mengenal pasti takat ambang yang digunakan dalam analisis ciri taburan hujan di Negeri Sembilan. Kaedah Persentil digunakan sebagai takat ambang bagi hujan paling rendah, normal dan sangat tinggi berdasarkan 8 stesen dari 1983-1994. Bagi analisis ini sebanyak 96 data hujan tahunan yang merangkumi kelapan-lapan stesen kaji iklim di Negeri Sembilan. Nilai hujan kurang daripada persentil ke-5 telah digunakan sebagai takat ambang hujan paling rendah, nilai persentil ke-50 sebagai hujan normal, manakala nilai melebihi persentil ke-95 dijadikan ukuran sebagai hujan sangat tinggi yang terdapat di Negeri Sembilan. Hasil takat ambang ini digunakan dalam analisis perubahan ciri hujan di Negeri Sembilan. Hasil analisis SPSS- Frekuensi Persentil adalah seperti di bawah :

- Persentil ke -5 : 1324 mm – takat ambang hujan paling rendah
- Persentil ke 50 : 1810 mm – takat ambang hujan normal
- Persentil ke 95 : 2588 mm – takat ambang hujan sangat tinggi

Jadual 2 menunjukkan taburan kekerapan hujan tahunan mengikut takat ambang bagi stesen hujan di Negeri Sembilan yang mempunyai rekod hujan tahunan antara 1983-2003. Keseluruhan stesen hujan menunjukkan ketidakseragaman taburan kekerapan hujan tahunan. Stesen-stesen yang berhampiran dengan kawasan pantai mempunyai corak taburan yang lebih basah berbanding dengan stesen-stesen pedalaman. Stesen Jelebu mempunyai rekod kekerapan tertinggi dalam hujan tahunan yang kurang daripada Persentil ke 5.

**Jadual 2. Kekerapan taburan hujan tahunan (1983-2003) mengikut takat ambang persentil**

Stesen	< Persentil ke -5	Persentil ke -5 - Persentil ke 50	Persentil ke -5 - Persentil ke 50	> Persentil ke 95
Seremban	-	3	15	3
Jelebu	2	14	6	-
Gemencih	1	13	6	-
Gemas	1	12	8	-
Jelai	-	7	14	-

*Hasil Poligon Thiessen*

Penentuan jumlah hujan tahunan disesuatu kawasan menggunakan kaedah Poligon Thiessen ini memerlukan maklumat keluasan kawasan dan curahan hujan di stesen yang mewakili setiap poligon yang dibina (Jadual 3). Oleh itu, bagi seluruh Negeri Sembilan lapan poligon telah dibentuk dan pengiraan jumlah hujan bagi setiap poligon dikira seperti berikut:

$$P = [P_{s1}.A1 + P_{s2}.A2 + \dots + P_{s8}.A8] / At$$

Oleh itu

$$P = 216485799 / 668049$$

$$P = 1820 \text{ mm}$$

Secara perbandingan, jumlah hujan kawasan berdasarkan kaedah arithmetik pula adalah seperti berikut:

$$P = \text{Jumlah hujan} / \text{Jumlah stesen } P$$

$$= 14771 / 8 = 1846 \text{ mm}$$

**Jadual 3. Jumlah hujan kawasan (annual areal precipitation) berdasarkan kepada Poligon Thiessen**

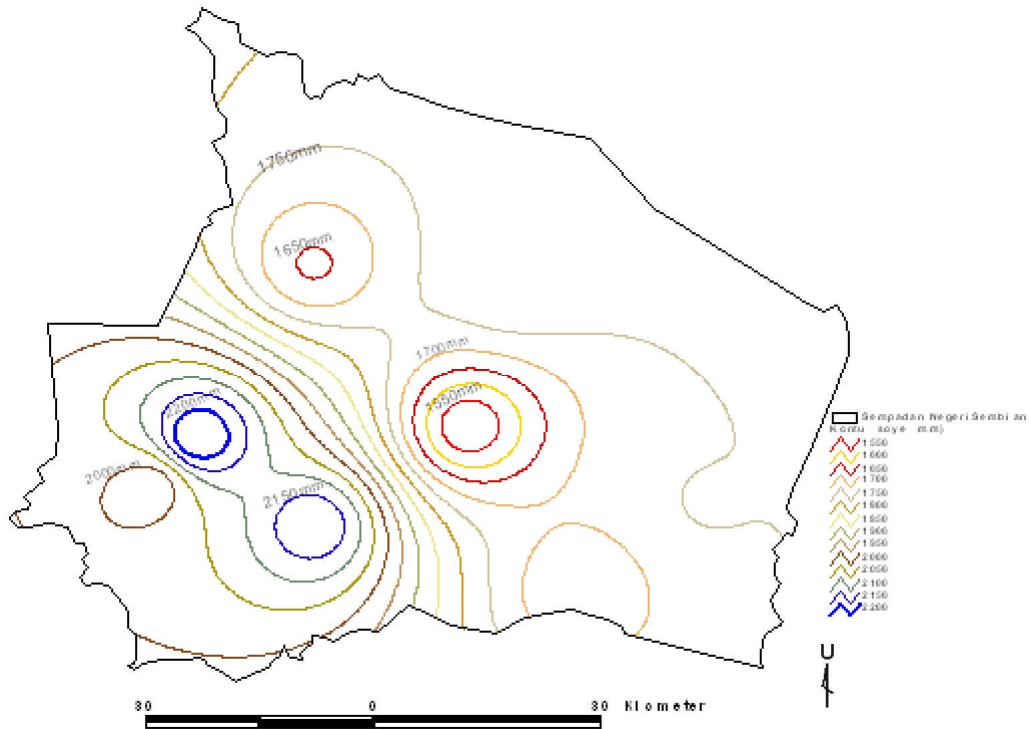
Stesen Hujan	Luas (ha)	Hujan (mm)	Hujan kawasan bagi setiap luas poligon (Luas x Hujan)
Tanah Merah	59527	1970	117268190
Pasoh	119821	1792	214719232
Gemas	108781	1752	190584312
Jelebu	118669	1643	194973167
K.Pilah	72082	1512	108987984
Seremban	57475	2249	129261275
Chembong	78851	2195	173077945
Gemencheh	52843	1658	87613694
Jumlah	668049	14771	1216485799

Berdasarkan rekod hujan tahunan selama 21 tahun (1983 -2003), didapati hujan kawasan bagi seluruh Negeri Sembilan adalah sebanyak 1820 mm setahun. Anggaran hujan berdasarkan Poligon Thiessen pula tidak jauh berbeza dengan anggaran kaedah arithmetik iaitu sebanyak 1846 mm. Oleh itu, dengan kaedah Poligon Thiessen ini jumlah hujan tahunan lebih tepat lagi kerana ia mengambil kira keseluruhan keluasan kawasan yang terdapat di Negeri Sembilan dan tidak hanya berasaskan lokasi setempat (*point source*) atau stesen kaji iklim sahaja. Apabila dibandingkan dengan purata hujan tahunan seluruh Semenanjung Malaysia didapati purata hujan tahun bagi Negeri Sembilan adalah antara yang paling rendah curahan hujan tahunannya selain daripada Perlis (Shaharuddin 2003). Dengan keadaan ini, maka dijangkakan setiap tahun beberapa kawasan di Negeri sembilan akan terus mengalami masalah bekalan air pada masa-masa tertentu

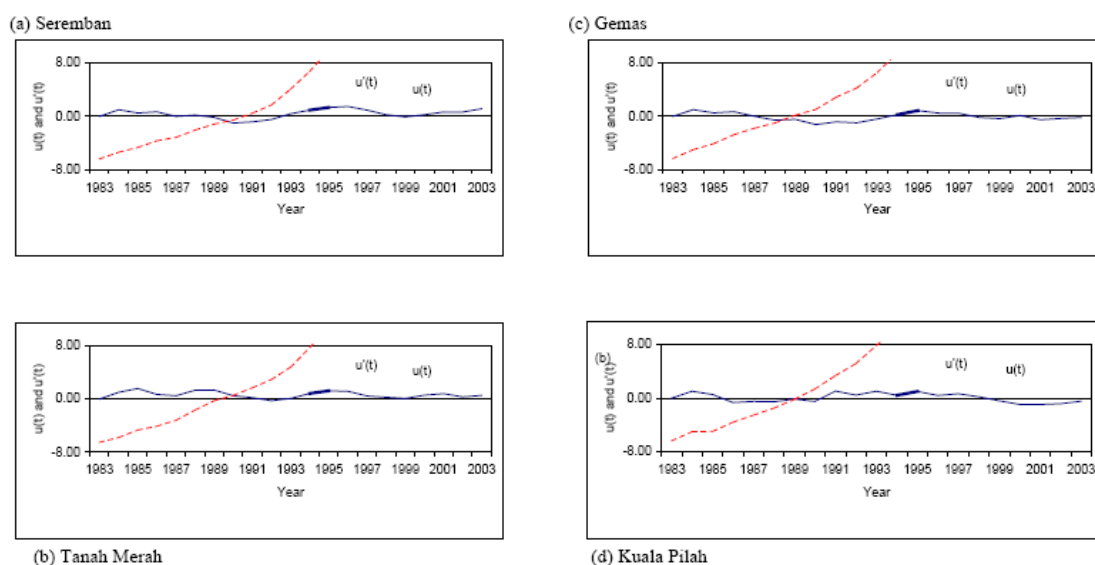
seperti pada musim monsun barat daya. Keadaan ini menyebabkan berlakunya tindakan catuan bekalan air oleh pihak berwajib bagi mengurangkan masalah bekalan air yang meruncing.

*Taburan hujan tahunan menggunakan Interpolasi GIS Kontur Isoyet*

Rajah 3 menunjukkan pola hujan tahunan di Negeri Sembilan dalam tempoh 21 tahun iaitu antara tahun 1983 -2003. Berdasarkan Kaedah Persentil dan Rajah 3, didapati wujud dua pola taburan hujan tahunan yang amat ketara iaitu kawasan yang sederhana kering di bahagian pedalaman Negeri Sembilan manakala kawasan yang lebih lembap terletak di sekitar kawasan pantai.



**Rajah 3.** Menunjukkan taburan hujan tahunan di Negeri sembilan dalam tempoh 21 tahun, 1983-2003



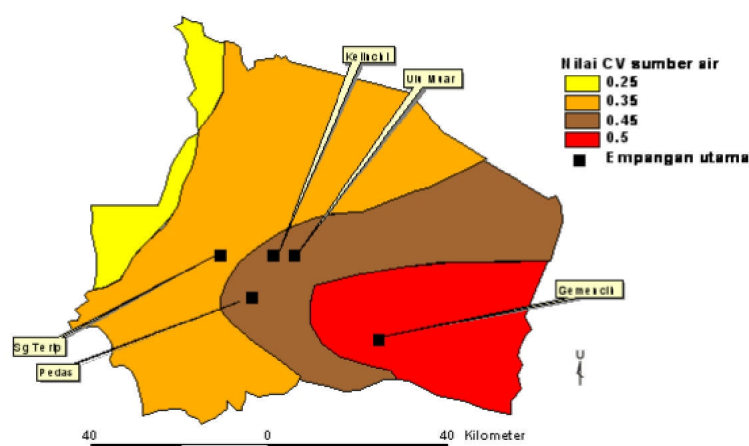
**Rajah 4.** Perubahan tren hujan di empat stesen hujan terpilih di Negeri Sembilan menggunakan kaedah ujian Mann-Kendall

Sungguhpun kajian ini menggunakan hanya lapan stesen kaji iklim (data hujan), namun pembentukan dua pola ini adalah sama sepertimana kajian yang telah dilakukan oleh DID (1995) yang menggunakan lebih banyak stesen hujan dan tempoh masa yang lebih lama iaitu 35 tahun (1950-1985). Justeru, kajian dapat mengesahkan bahawa pola taburan hujan tahunan di Negeri Sembilan sejak dua ketiga dekad penghujung kurun ke-20 yang lalu hingga memasuki kurun ke-21 ini masih tidak banyak berubah. Keadaan ini adalah berpunca daripada pengaruh orientasi kawasan tinggi yang merentasi Negeri Sembilan dari utara hingga ke selatan. Orientasi tanah tinggi ini mampu menghalang penyebaran hujan yang lebih banyak ke kawasan pedalaman dari arah pantai. Kawasan di sebelah timur tanah tinggi ini boleh dianggap sebagai 'kawasan lindungan hujan'.

Ujian selanjutnya telah dilakukan terhadap pola taburan hujan di Negeri Sembilan dengan melihat kemungkinan wujudnya perubahan tren dengan kaedah ujian Mann-Kendall,  $\tau(t)$ . Ujian telah dilakukan terhadap empat stesen hujan iaitu dua stesen masing-masing mewakili kawasan sederhana lembap (Kuala Pilah dan Gemas) dan hujan lebat (Tanah Merah dan Seremban). Didapati kedua-dua kawasan menunjukkan wujud perubahan tren hujan tahunan yang ketara (Rajah 4a - d). Perubahan tren hujan di kawasan kurang lembap berlaku di penghujung dekad 1980-an (Rajah 4c - d) manakala bagi kawasan hujan lebat ia berlaku di awal dekad 1990-an (Rajah 4a - b). Walaupun analisis regresi linear tidak menunjukkan perkembangan tren hujan di kedua-dua kawasan hujan yang signifikan pada aras keertian sekurang-kurangnya  $<0.05$ , namun ujian Mann-Kendall ini memberi implikasi bahawa pola taburan hujan yang semakin bertambah berlaku di kawasan hujan lebat bermula awal dekad 1990-an manakala tren hujan semakin berkurangan di kawasan sederhana lembap di sekitar penghujung dekad 1980-an lagi. Penemuan ini juga membuktikan bahawa memang wujud dua ciri pola taburan hujan tahunan di seluruh Negeri Sembilan dalam tempoh dua dekad yang lalu.

#### *Implikasi terhadap sumber bekalan air*

Sungguhpun hasil kajian ini tidak berdasarkan satu set data hujan bagi tempoh masa yang lama iaitu hanya 21 tahun (1983-2003) dan stesen hujan yang tidak menyeluruh bagi Negeri Sembilan, namun hasil kajian yang diperolehi boleh diambil kira oleh pihak-pihak tertentu seperti jabatan bekalan air dan perancangan negeri dalam mengurus dan mentadbir bekalan air di masa-masa hadapan. Ini penting agar tidak berlaku masalah besar dalam pengurusan bekalan air terutamanya bagi kawasan-kawasan pedalaman, iaitu melibatkan jaluran kawasan dari sekitar Jelebu-Pasoh hingga ke kawasan Gemas di selatan.



**Rajah 5:** Taburan lima empangan utama di Negeri Sembilan di dalam zon-zon variabiliti sumber air permukaan yang berbeza (Sumber DID, 1982)

Dari aspek bekalan air, terdapat lima buah empangan utama di Negeri Sembilan (Rajah 5): Empangan Sg. Terip, Empangan Kelinchi, Empangan Pedas, Empangan Ulu Muar (Talang) dan Empangan Gemencheh. Kesemua empangan menyediakan hampir 400 juta liter air bersih sehari

kepada seluruh kawasan di Negeri Sembilan. Berdasarkan kepada taburan sumber air permukaan tahunan yang dikeluarkan oleh pihak DID (1982), Empangan Gemencheh terletak di ruangan yang paling tinggi variabiliti (berdasarkan pengiraan *Coefficient of Variation (CV)* tahunan) sumber air permukaan, iaitu CV melebihi nilai 0.5. Tiga empangan lain, Empangan Pedas, Kelinchi dan Ulu Muar terletak di ruangan CV antara 0.41-0.50. Hanya satu, iaitu Empangan Sg Terip yang terletak di ruangan CV sumber air permukaannya adalah di antara 0.31-0.40 (Rajah 5).

Berdasarkan kepada rajah berkenaan, empangan-empangan utama (selain Sg Terip) di Negeri Sembilan terletak di dalam zon kawasan yang kering atau rendah sumber air permukaannya. Inilah salah satu faktor utama yang telah mengakibatkan berlakunya perendahan air di empangan semasa waktu kering khususnya pada bulan-bulan Jun, Julai dan Ogos. Jadual 4 menunjukkan purata tahunan sumber air permukaan di Negeri Sembilan berbanding dengan negeri-negeri lain di Semenanjung Malaysia. Kehadiran fenomena kemarau di Negeri Sembilan adalah sesuatu yang jelas diperhatikan berdasarkan kepada rekod-rekod hujan jangka panjang, terutamanya bagi kawasan Jelevu-Kuala Pilah. Bagaimanapun, strategi pengurusan bagi menangani isu ini di Negeri Sembilan adalah masih bersifat reaktif dan banyak bergantung kepada aspek pengurusan krisis. Pendekatan yang digunakan didapati mempunyai pelbagai kelemahan terutamanya di dalam pelaksanaan pelan-pelan kontigensi semasa berlakunya kemarau.

**Jadual 4. Purata tahunan sumber air permukaan bagi negeri-negeri di Semenanjung Malaysia**

Negeri	Jumlah purata sumber air permukaan (mm)
Negeri Sembilan	593
Perlis	741
Kedah	1046
P.Pinang	1043
Perak	1115
Selangor	1075
Melaka	611
Johor	1110
Pahang	1057
Terengganu	2125
Kelantan	1405

Sumber: DID (1982)

Selain masalah berlakunya kekurangan air, masalah banjir terutamanya banjir kilat perlu juga ditangani kerana di kawasan pinggir pantai jelas berlaku peningkatan jumlah hujan yang berpunca daripada hujan perolakan. Peningkatan curahan dan intensiti hujan terutamanya dalam tempoh yang singkat di kawasan-kawasan bandar seperti Seremban adalah amat ketara. Hal ini, di tambah pula dengan perkembangan bandar yang pesat, memungkinkan berlakunya kejadian banjir kilat di kawasan-kawasan bandar apabila berlaku hujan lebat dalam tempoh yang singkat. Justeru, pihak-pihak berwajib terutamanya perancang bandar, perlu mengambil iktibar daripada perubahan pola hujan yang sedang berlaku di Negeri Sembilan agar masalah banjir kilat khususnya dapat dihindar atau dikurangkan.

## Kesimpulan

Variabiliti taburan hujan di seluruh Negeri Sembilan adalah jelas biarpun dalam tempoh masa yang singkat. Variabiliti hujan ini menampakkan ada dua ciri yang ketara iaitu kawasan di sebelah barat tanah tinggi sehingga ke kawasan pantai menunjukkan terdapat peningkatan curahan hujan tahunan, manakala kawasan di sebelah timur tanah tinggi yang merangkumi kawasan dari Jelevu-Pasoh hingga ke Kuala Pilah-Gemas menunjukkan kadar curahan hujan yang semakin berkurangan. Penemuan ini dibuktikan oleh pembentukan garisan isoyet dan juga tren perubahan dengan menggunakan kaedah ujian Mann-Kendall. Justeru, hasil kajian ini boleh membantu para perancang dan juga lain-lain badan yang terlibat dalam usaha menangani masalah kemarau yang sering melanda Negeri Sembilan terutamanya dalam musim monsun barat



daya. Di samping itu, dalam menangani masalah banjir kilat, tanah runtuh dan sebagainya, agensi yang berkaitan perlulah mengambil kira aspek taburan curahan hujan yang berlaku di seluruh Negeri Sembilan.

## Rujukan

- Balling RC, Brazel SW (1987) Recent changes in Phoenix Arizona Summertime diurnal precipitation. *Theor. Appl. Climatol.* **38**, 50 – 54.
- ChowvVT, Maidment DR, Mays LW (1988) *Applied hydrology*. McGraw Hill Book Co, Singapore.
- Desa MN, Rakhecha PR (2004) Characteristics of short-duration extreme rainfalls in Selangor, Malaysia. *Weather* **59**(3), 63-66.
- DID (1982) *Average annual and monthly surface water resources of Peninsular Malaysia*. Bahagian Parit dan Taliar, Kementerian Pertanian Malaysia, Kuala Lumpur.
- DID (1995) Mean monthly, mean seasonal and mean annual rainfall maps for Peninsular Malaysia. *Water Resources Publication*. No 19. Drainage and Irrigation Department, Ministry of Agriculture, Kuala Lumpur.
- ESRI (1995) *Arcview GIS. The Geographic Information System for everyone*. Environmental Systems Research, California.
- Lim JT (1976) Rainfall minimum in Peninsular Malaysia during the Northeast Monsoon. *Monthly Weather Review* **104**, 96-99.
- Puvaneswaran M, Smithson PA (1993) Controls on precipitation distributions in Sri Lanka. *Theor. Appl. Climatol* **47**, 105 – 115.
- Shaharuddin Ahmad (2003) Arah aliran iklim bandar di beberapa buah bandar di Malaysia: Analisis impak perkembangan bandar. *Prosiding Kebangsaan Cabaran Pembangunan, Dilema Persekitaran*, pp. 703-724. PPSPP, FSSK, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi. 12-13 September 2003.
- Shaharuddin Ahmad (2004) Trends and variability of rainfall in Malaysia: A case of Kuala Lumpur and Kuantan, Pahang. *Proceedings of 3rd. Hawaii International Conference on Social Sciences*, 16 – 19 Jun, 2004 (Dalam bentuk CD).
- Shaharuddin Ahmad, Yassen ME (2005) Climate Research in Malaysia. *IAUC Newsletter* (diterima untuk diterbitkan).
- Sneyers R (1990) On the statistical analysis of series of observations. *Tech. Note, 143*. WMO. No 415. Geneva.
- Tangang FT, Liew JN, 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.