



## Kemarau hidrologi dan kelestarian sumber air di Malaysia: Kajian analisis sifat Lembangan Langat, Selangor

Nordin Sakke<sup>1</sup>, Hamirdin Ithnin<sup>2</sup>, Mohd Hairy Ibrahim<sup>2</sup>, Tuan Pah Rokiah Syed Hussain<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Geografi, Fakulti Kemanusiaan, Seni dan Warisan, Universiti Malaysia Sabah, Kota Kinabalu, Sabah, <sup>2</sup>Jabatan Geografi dan Alam Sekitar, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjong Malim, Perak, <sup>3</sup>Pusat Pengajian Kerajaan, Universiti Utara Malaysia, Sintok, Kedah

Correspondence: Tuan Pah Rokiah Syed Hussain (email: sh.rokiah@uum.edu.my)

### Abstrak

Perkembangan pesat dunia kini menunjukkan peningkatan jumlah bandar lebih tinggi berbanding luar bandar dan sekaligus menyebabkan permintaan terhadap air bersih meningkat berlipat ganda. Bagi menilai kelestarian sumber air yang mencukupi bagi kegunaan manusia, satu pendekatan yang boleh digunakan untuk menunjukkan tahap keparahan kemarau ialah persentil Q90 dan Q95. Persentil Q90 merupakan paras amaran untuk pengurus air berkaitan paras kritikal luahan sungai dan persentil Q95 pula merupakan petunjuk luahan ekstrem. Kajian yang dijalankan di Lembangan Sungai Langat ini mendapati bilangan tahun yang telah dilanda kemarau di lembangan tersebut adalah pada paras Q90 sekitar 14 tahun kemarau (TK) iaitu meliputi 29.2% daripada keseluruhan tempoh rekod (TR). Tahun-tahun tersebut meliputi tahun 1970, 1976-1978, 1980, 1982, 1985, 1987, 1989, 1996-1999, 2002 dan 2006. Berbeza dengan persentil Q95, jumlah tahun yang dilanda kemarau sebanyak 4 TK (8.3% daripada TR). Tahun-tahun tersebut meliputi 1977, 1980, 2002 dan 2006. Apa yang diperhatikan, purata landaan kemarau berselang tiga tahun sekali pada paras Q90 manakala pada paras Q95, ulangan berlaku setiap 12 tahun sekali. Keadaan sensitif kesan daripada kehadiran kemarau menyebabkan usaha perbekalan air terawat kepada pengguna telah terganggu. Kepadatan penduduk yang tinggi, kepesatan proses urbanisasi dan kerencaman kitaran hidrologi menyebabkan kehadiran kemarau walaupun singkat akan mudah dirasakan. Justeru, pihak bertanggungjawab terhadap isu pengurusan sumber air perlu memberikan perhatian sewajarnya agar tidak wujud bencana yang disebabkan oleh kemarau terutamanya kepada penduduk.

**Katakunci:** bencana alam sekitar, hidrologi, kemarau, lembangan saliran, lestari, pembandaran

## Hydrological drought and the sustainability of water resources in Malaysia: An analysis of the properties of the Langat Basin, Selangor

### Abstract

Accelerated urbanization that comes with rapid development has resulted in a dramatic increase in the number of urban centers and inducing demand for clean water exponentially. To assess the sustainability of available water resources for human use, indicators such as Annual Cumulated Duration (ACD) and Annual Maximum Deficit Volume (AMDV) may be adopted to demonstrate the extreme drought namely the. In addition percentile Q90 and Q95 scores obtained from the flow duration curve may also be employed to express drought extremes whereby Q90 denotes moderate drought and Q95 severe drought. This study analysed extreme discharge indicators in the Langat River Basin. Results showed that droughts hit in around 14 years at the Q90 levels which covered 29.2% of the entire record. These included 1970, 1976-1978, 1980, 1982, 1985, 1987, 1989, 1996-1999, 2002 and 2006. As

for Q95, the number of droughts were 4 years (1977, 1980, 2002 and 2006) and covering 8.3% of the entire record period. The average recurring drought hit around every three years at Q90 and every 12 years at Q95. The droughts had disturbed water supply a situation aggravated by the high population density, rapid urbanization and the complexity of the hydrological cycle. All this resulted in episodes of even short drought. The responsible parties should thus pay due attention to the water resources management so that crises in clean water supply caused by droughts could be prevented.

**Keywords:** drought, environmental hazard, river basin, hydrology, sustainability, urbanization

## Pengenalan

Air merupakan bahan asas kepada kejadian semua benda hidup. Sebagai asas pembentukan kejadian, manusia mengandungi 70% air (Carhart 1951) manakala bahan organik memerlukan air antara 60-70% (Clapham, 1973). Air adalah suatu enigma dalam kehidupan manusia di mana manusia tidak dapat hidup tanpa air dan pada masa yang sama juga keadaan terlampau banyak air, boleh membawa maut. Dianggarkan 96.5% daripada keseluruhan air yang terkitar, disimpan di lautan, 1.69% disimpan dalam tanah dan 1.74% dalam bentuk ais dan glasier manakala sungai yang menjadi tempat bergantung sumber bekalan air mentah hanya meliputi 0.0002% (Thompson 1999).

Air adalah pusat kepada cabaran pembangunan di dunia. Lebih daripada 1.2 bilion orang dikatakan hidup di lembangan sungai berstatus kekurangan air mutlak dan ini akan meningkatkan kebimbangan yang serius (Global Water Partnership 2009; Shaharuddin Ahmad & Noorazuan Md Hashim, 2006; Tuan Pah Rokiah Syed Hussain et al., 2015; Tuan Pah Rokiah Syed Hussain & Hamidi Ismail, 2016). Kebimbangan mengenai kebolehcapaian air tawar untuk kegunaan penduduk manusia telah meningkat (Gleick, 1998; International Union for the Conservation Nature, 2000; Postel, 2000). Kebimbangan ini mencetuskan banyak perbahasan di peringkat antarabangsa berkaitan isu kemapanan air tawar. Antara syor penting adalah untuk melaksanakan pembangunan air mapan. Konsep pembangunan air mapan ini menjurus kepada mengurus penggunaan air oleh manusia supaya air yang berkualiti mencukupi dan boleh diperolehi untuk digunakan oleh generasi kini dan masa hadapan untuk dijadikan matlamat bagi komuniti manusia di seluruh dunia (IUCN, 2000).

Penduduk Malaysia amat bertuah sebab negara ini kaya dengan sumber air. Ia merupakan negara yang menerima curahan hujan yang banyak dengan bukti penerimaan tertinggi yang pernah dicatatkan di Sarawak pada tahun 1994 sebanyak 5130mm. Umumnya, hujan purata yang diterimanya sebanyak 2940mm setahun mampu menyumbang sebanyak 970.96 billion meter padu (DID, 2011). Daripada jumlah curahan ini, 51% membentuk simpanan permukaan yang mengalir ke dalam 1800 batang sungai dengan kepanjangan 38000 km. Jumlah air yang diterima oleh sungai-sungai di negara ini, merupakan pemangkin penting dalam pembangunan negara. Walaupun Malaysia kaya dengan sumber air namun insiden-insiden henti tugas loji rawatan air yang berakhir dengan catuan bekalan air terawat dikira malang bagi kawasan yang mewah dengan air. Peristiwa ini sudah pasti bagi negara-negara yang menerima hujan yang sedikit seperti negara-negara Arab tersentak dengan kejadian kekurangan air ini (Zaini, 2009). Kemarau merupakan fenomena alam yang turut mengancam semua wilayah dunia. Sejak ke belakang ini, perubahan iklim dunia telah menjadikan kemarau sebahagian daripada ancaman kepada sumber air. Peristiwa krisis air 1997/98 berlaku merupakan pengajaran besar buat Malaysia agar mengurus air secara mapan.

Fenomena kemarau telah merebak ke seluruh bahagian di Malaysia. Antara kawasan yang telah mengalami kemarau ialah kawasan lembah Kelang-Selangor, Kuala Lumpur Wilayah Persekutuan (Hamirdin, 2008), Penang (Chan, 2004) dan beberapa tempat lain di Kedah, Kelantan, Sarawak, and Sabah (Ahmad Jamalluddin & Low, 2004). Peristiwa kemarau di Malaysia telah direkodkan seawal tahun 1951 di Lembangan Sg. Langat (Hamirdin 2008) kemudian melanda Kedah dan Perlis pada hujung 1970an dan awal 1980 yang menjejaskan ribuan pengusaha padi (Chan, 2004). Fenomena ini berterusan melanda dengan beberapa kejadian krisis air seperti di Melaka pada tahun 1991, diikuti dengan krisis air

Lembah Klang pada bulan Februari- Mei 1998, kekurangan air di Hulu Langat Selangor pada tahun 2002, Seremban, Negeri Sembilan pada tahun 2005 dan Labuan dan Sabah pada tahun 2010 (Hamirdin, 2012). Impak kejadian kemarau ini telah menyebabkan paras air di beberapa empangan air di Semenanjung Malaysia menjunam ke paras kritikal dan yang lebih parah, ada empangan menjadi kering seperti yang berlaku di Empangan Durian Tunggal, Melaka pada tahun 1991 (Hamirdin, 2012). Kesan daripada berlaku kemarau telah menyebabkan kerugian yang besar seperti yang berlaku pada episod kemarau Kedah dan Perlis yang memusnahkan kawasan sawah (Chan, 2004) dan kerugian jutaan ringgit yang dialami oleh kilang memproses methanol di Labuan pada tahun 2010 (Hamirdin & Siti Nazura, 2012).

## Konsep kemarau hidrologi

Kemarau hidrologi secara umumnya dapat diterangkan mengikut skala lembangan sungai atau kawasan tadahan air (Lake, 2011; Nagarajan, 2010). Ia adalah gambaran kepada penyusutan air di semua peringkat sistem hidrologi pada semua medium simpanan air di daratan. Kemarau hidrologi dimanifestasikan melalui keadaan aliran rendah di sungai yang tidak normal, begitu juga di tasik, reseboir dan simpanan air bawah tanah (Tallaksen & Van Lanen, 2004). Terdapat banyak definisi yang diutarakan oleh para pengkaji berhubung dengan kemarau hidrologi. Antaranya:-

- Lorenzo-Lacruz et al. (2013) dan Nalbantis & Tsakiris (2009) menyatakan bahawa kemarau hidrologi ditakrifkan sebagai penurunan ketara terhadap kebolehsediaan air terhadap semua bentuknya yang terdapat dalam fasa kitaran hidrologi terutamanya fasa tanah.
- Fleig et al. (2010) menyatakan bahawa kemarau hidrologi merujuk sebagai suatu keadaan penyusutan air permukaan atau air bawah tanah berbanding dengan keadaan normal.
- Smakhtin (2001) menjelaskan bahawa kemarau hidrologi cuba mengukur kesan pengurangan jumlah hujan dalam tempoh tertentu ke atas penyusutan bekalan air di atas dan bawah permukaan seperti aliran sungai, reseboir, tasik dan paras air bawah tanah.
- Van Lanen et al. (1997) mengatakan kemarau hidrologi merupakan tempoh apabila aliran sungai berada di bawah paras ambang tertentu.
- Dracup et al. (1980a) menyatakan kemarau aliran sungai sebagai satu tempoh di mana aliran sungai adalah tidak mencukupi untuk membekal air yang telah ditetapkan dalam sistem pengurusan bekalan air tertentu.

Kemarau hidrologi merupakan fenomena kekurangan air terhadap pemboleh ubah air berbanding dengan keadaan normal yang berlaku dalam “tempoh tertentu”. Beberapa pemboleh ubah air yang biasa digunakan bagi menerangkan kemarau hidrologi seperti aliran sungai, paras air bawah tanah, simpanan reseboir dan lembapan tanah. Sehubungan itu, aliran sungai merupakan pemboleh ubah yang telah digunakan secara meluas dalam analisis kemarau hidrologi (Dracup et al., 1980a; Van Loon, 2013). Van Loon (2013) telah membahagikan kemarau hidrologi kepada 6 jenis berdasarkan perbezaan perilakunya seperti digambarkan dalam Rajah 1. Penjenisan itu meliputi:

- Kemarau defisit hujan klasik (*classical rainfall deficit drought*). Ia adalah disebabkan semata-mata oleh kekurangan yang berpanjangan hujan (kemarau meteorologi) yang menjalar melalui kitaran hidrologi dan berkembang menjadi kemarau hidrologi.
- Kemarau musim hujan hingga salji (*rain-to-snow-season drought*). Ia adalah disebabkan oleh defisit hujan (kemarau meteorologi) di musim hujan (biasanya musim panas dan / atau musim luruh) yang berterusan memasuki musim salji (biasanya musim sejuk). Kemarau meteorologi yang berakhir dengan hujan, bagaimanapun jatuh sebagai salji kerana suhu telah menurun di bawah sifar. Akibatnya storan lembapan tanah dan air bawah tanah tidak diisi semula oleh proses *recharge* pada musim hujan, musim di mana pengisian semula lembapan tanah dan air bawah tanah biasanya berlaku. Oleh itu, nilai awal kemelesetan musim sejuk biasa adalah lebih rendah daripada simpanan

normal dan air bawah tanah dan luahan, kekal di bawah paras ambang sehingga puncak salji cair semasa musim bunga akan datang.

- Kemarau musim basah hingga kering (*wet-to-dry-season drought*). Ia disebabkan oleh keadaan defisit hujan (kemarau meteorologi) di musim basah (biasanya musim sejuk) yang berterusan ke dalam musim kering (biasanya musim panas). Prinsip yang hampir sama kemarau musim hujan hingga salji. Hanya dalam kemarau kategori ini, tidak ada salji yang terlibat tetapi sejatan potensi yang sangat tinggi pada musim kemarau. Kemarau meteorologi yang berakhir dengan hujan, secara sepenuhnya hilang melalui proses sejat-peluhan kerana potensi sejatan pada musim ini lebih tinggi berbanding hujan. Akibatnya storan lembapan tanah dan air bawah tanah tidak diisi semula oleh proses *recharge* pada musim basah, musim di mana pengisian semula lembapan tanah dan air bawah tanah biasanya berlaku. Oleh itu, nilai awal kemelesetan musim panas biasa adalah lebih rendah daripada kadar simpanan normal. Air bawah tanah dan jumlah luahan kekal di bawah paras ambang sehingga musim basah seterusnya.
- Kemarau musim salji dingin (*cold snow season drought*). Ia disebabkan oleh suhu rendah yang tidak normal pada musim salji (musim sejuk), namun tidak semestinya, ia berlaku dalam kombinasi dengan kemarau meteorologi pada musim yang sama.
- kemarau musim salji panas (*warm snow season drought*). Ia adalah disebabkan oleh suhu yang luar biasa tinggi semasa musim salji (musim sejuk). Dalam beberapa kes ia berlaku dalam kombinasi dengan defisit hujan (kemarau meteorologi) pada musim yang sama.
- Kemarau komposit (*composite drought*). Ia menggabungkan beberapa mekanisme penjanaan kemarau seperti disebutkan di atas. Dalam kemarau jenis ini, beberapa peristiwa kemarau (dari jenis yang sama atau berbeza) yang berlaku dalam musim yang berbeza, tidak dapat dibezakan. Ciri utama kemarau ini ialah kemarau seterusnya akan melanda sesuatu sistem sebelum ia pulih dari landaan kemarau hidrologi sebelumnya.

## Kaedah kajian

Dalam penelitian terhadap kekerapan bilangan kemarau, tempoh kemarau dan defisit kemarau yang berlaku di Lembangan Langat dari tahun 1963 sehingga 2013 adalah membuat penelitian terdapat data hujan yang diperolehi daripada JPS Ampang. Analisis data dipamerkan melalui graf bar dan analisis regresi.

## Hasil dan perbincangan

Bagi perbincangan hasil kajian dibahagikan kepada beberapa bahagian iaitu melibatkan bilangan dan kekerapan peristiwa kemarau; tempoh kemarau dan defisit kemarau.

### *Kemarau di Lembangan Langat, Selangor*

Selangor termasuk Kuala Lumpur-Putrajaya merupakan negeri yang tidak dapat terelak dengan fenomena perubahan iklim dunia. Peristiwa kemarau yang disebabkan musim panas dan kehadiran ENSO, merupakan satu ancaman besar kepada negeri maju seperti Selangor bagi memastikan tahap kelestarian bekalan air. Kemarau telah melanda Selangor seawal tahun 1951 iaitu di Lembangan Langat selama 29 bulan iaitu bermula pada bulan November 1951 dan berakhir Mac 1954 (Hamirdin, 2008). Kemudian kemarau berterusan merebak ke seluruh wilayah Selangor dan telah dikesan pada tahun 1976/78 di Kuala Kubu Baru, 1972/73 di Sg Buluh, 1976-78 di Lembangan Langat. Tahap keparahannya semakin meningkat pada tahun 1997/98 (Ahmad Jamaluddin & Low, 2004) kesan daripada kehadiran ENSO (Hamirdin, 2012) atau kejadian musim panas. Peristiwa kemarau di Selangor tidak berhenti setakat tahun

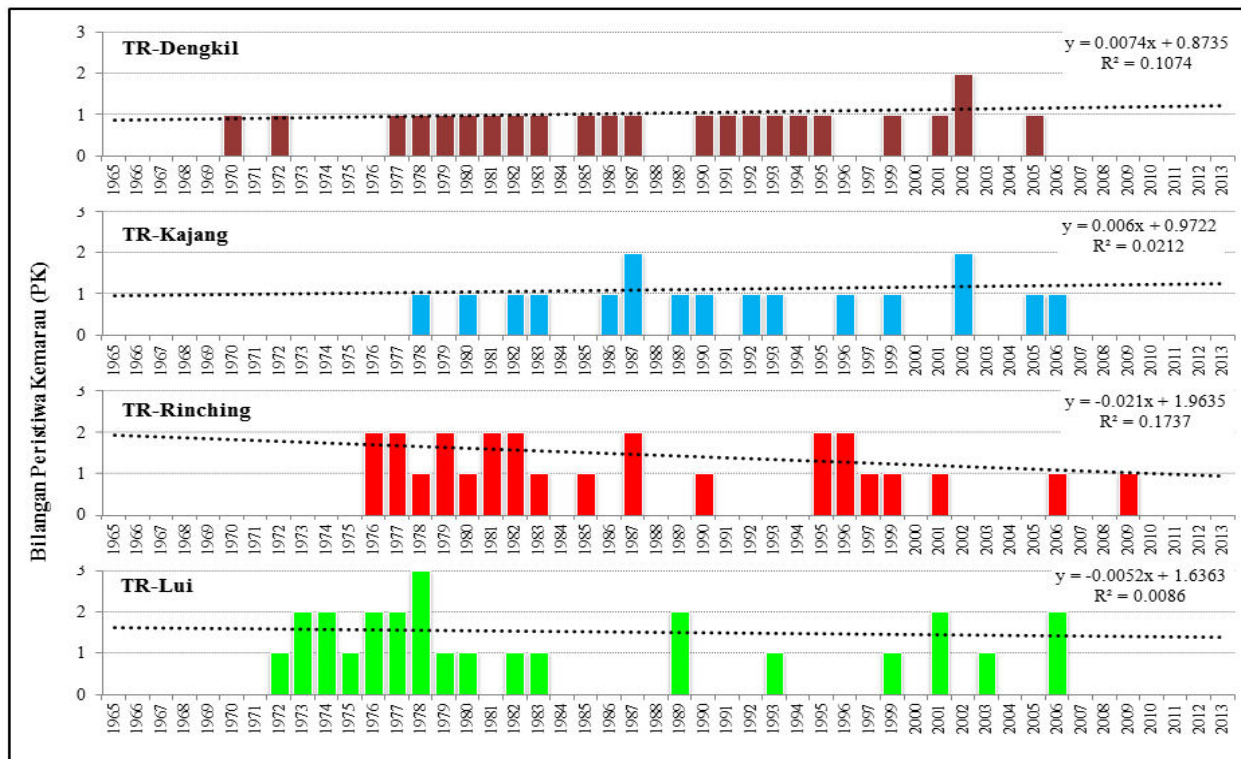
1997/98. Ulangan berlaku sehingga hari ini berdasarkan cerapan data yang diperolehi daripada JPS bagi Stesen Sg. Lui, Hulu Langat (Nordin et al., 2013).

Menurut laporan-laporan Panel Antarabangsa antara Kerajaan tentang Perubahan Iklim (IPCC), menjelang 2025 pemanasan suhu bumi dijangka akan lebih ketara. Sumber air akan mengalami perubahan lebih mendadak dengan kekerapan berlaku banjir dan kemarau panjang (Zaini, 2009). Kesan daripada pemanasan ini, jumlah hujan di Selangor diramal akan menyusut pada masa depan (Ahmad Jamaluddin, 2013). Jumlah hujan di Selangor akan mengalami penyusutan sebanyak 5% dan akan memberi kesan kepada aliran air sungai juga dijangka akan turut mengalami penyusutan. Aliran Sg. Selangor dijangka menyusut daripada 1139mm (1970-2009) kepada 817mm (2025 – 2050). Penyusutan ini disokong oleh kajian Jabatan Pertanian Selangor terhadap taburan hujan di Barat laut Selangor antara tahun 1987 – 2007. Mereka mendapati bahawa terdapat penyusutan jumlah hujan dalam tempoh 10 kebelakangan ini (Mohd Nazri & Azmir Firdaus, 2009; Shahrudin Ahmad & Noorazuan Md. Hashim, 2006). Penyusutan jumlah hujan dan jumlah aliran sungai, sudah pasti akan memberi kesan yang negatif terhadap perkembangan kemakmuran sosial dan ekonomi Selangor.

Keparahan dan ancaman sesuatu peristiwa kemarau dapat beberapa parameter atau elemen penting kemarau. Ia meliputi intensiti, tempoh masa kejadian, keparahan, luas kawasan yang terlibat (Bonacci, 1993; Wilhite, 2000), jumlah defisit/magnitud (Dracup et al., 1980a), kebarangkalian ulangan/kekerapan dan masa bermula dan berakhir, masa antara ketibaan (Shiau, 2006) serta permintaan terhadap keperluan air (Wilhite & Glantz, 1985). Namun apabila menganalisis keparahan kemarau hidrologi, antara parameter penting yang perlu dianalisis ialah tempoh atau jangka masa kejadian kemarau, jumlah defisit, bilangan dan kekerapan kejadian kemarau, jumlah defisit terbesar dan tempoh kemarau terpanjang. Chang & Stenson (1990) menyatakan bahawa terdapat dua elemen kemarau yang sangat penting perlu dilihat terutamanya dalam pengurusan air iaitu elemen tempoh dan jumlah defisit/keparahan kemarau. Ringkasan sifat-sifat ini seperti digambarkan dalam rajah 2 di atas. Asas kepada penentuan sesuatu peristiwa kemarau ialah dengan menentukan tempoh minimum (tempoh asas). Terdapat banyak tempoh asas yang telah digunakan seperti yang telah dinyatakan sebelum ini. Cuma dalam konteks penerangan makalah ini, tempoh asas kemarau 45 hari dengan paras ambang pada Q70 digunakan seperti digunakan dalam kajian Nordin (2015).

#### i. Bilangan dan kekerapan peristiwa kemarau

Bilangan dan kekerapan kejadian kemarau dapat ditunjukkan dengan menganalisis parameter bilangan peristiwa kemarau (BPK) dan kekerapan ulangan peristiwa kemarau (UPK) sama ada secara tahunan (TK) dan tempoh rekod (TR) (Nordin, 2015). Dalam konteks lembangan Langat, jumlah tahun yang dilanda kemarau sebanyak 32 tahun (TK) dalam tempoh 48 tahun kajian (1963- 2013). Dalam tempoh TK tersebut, jumlah kumulatif BPK keseluruhan yang melanda stesen-stesen di lembangan Langat ialah sebanyak 92 PK di mana jumlah tertinggi dicatatkan di stesen Lui dan Rinching iaitu masing-masing sebanyak 26 PK, diikuti oleh Dengkil (23 PK) dan Kajang (17 PK) seperti ditunjukkan dalam rajah 3. Jumlah kumulatif PK tertinggi direkodkan pada tahun 1978 (6 PK) manakala jumlah terendah iaitu 1 PK dicatatkan pada tahun 1970, 1975, 1991, 1994, 1997, 2003 dan 2009. Tahun 1978 mencatatkan bilangan tertinggi kerana semua stesen telah mengalami kemarau dan kehadiran UPK yang tinggi. Purata kumulatif PK yang dicatatkan di Langat keseluruhannya adalah sebanyak 3 PK setahun di mana bilangan ini adalah lebih tinggi berbanding 1.53 PK bagi stesen Lui, 1.44 bagi stesen Rinching, 1.13 bagi stesen Kajang dan 1.05 bagi stesen Dengkil. Kebanyakan jumlah kumulatif BPK yang tinggi dicatatkan oleh tahun-tahun tertentu disebabkan oleh faktor liputan menyeluruh kemarau disebabkan kehadiran el-nino dan wujud UPK dalam tahun tersebut seperti yang terjadi pada tahun 1978 dan 1982. Dari segi ulangan TK dalam tempoh rekod.

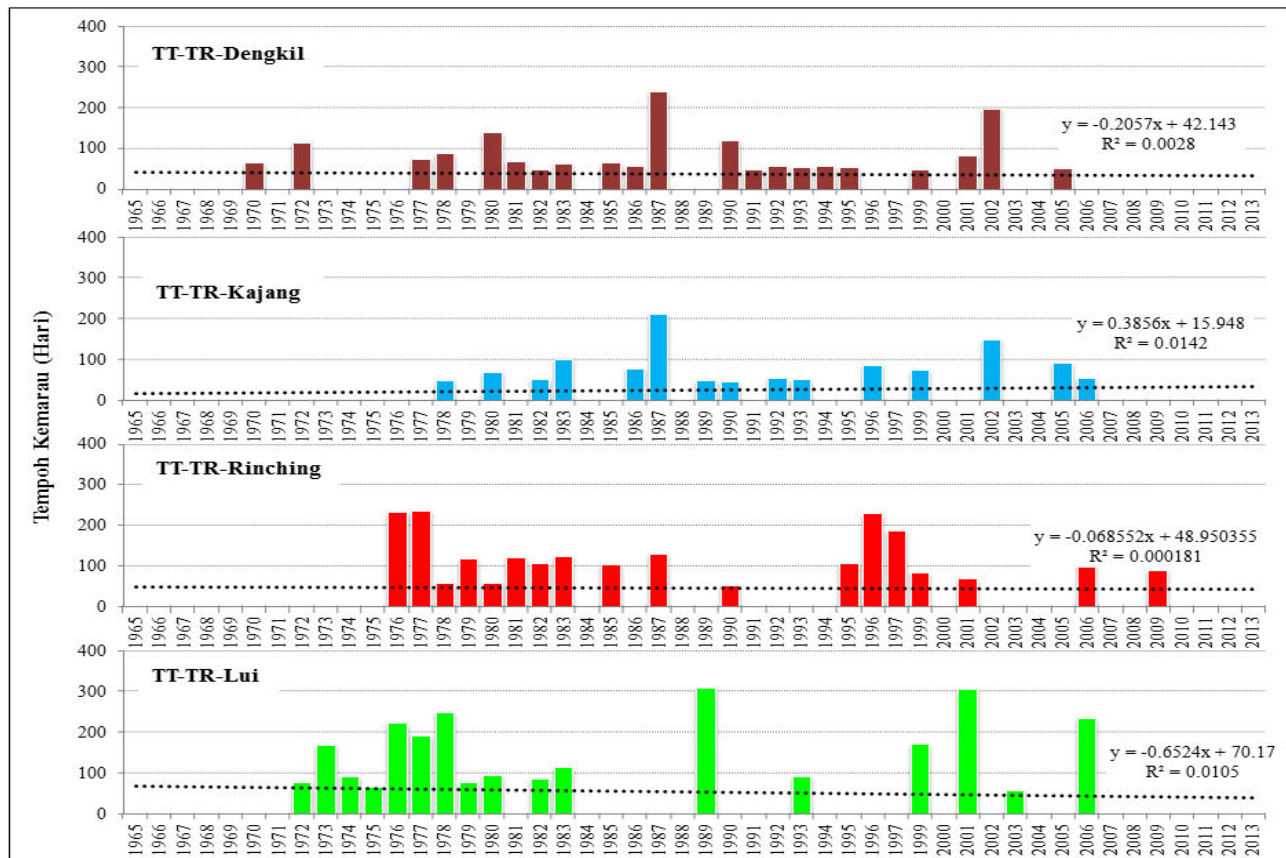


Sumber: Nordin (2015)

Rajah 1. Taburan BPK dan UPK mengikut stesen di Lembangan Langat

ii. Tempoh kemarau

Tempoh sesuatu kemarau merujuk kepada satu jangka masa atau bilangan hari di mana nilai luahan berterusan kekal di bawah paras ambang. Tempoh kemarau dapat di jelaskan dengan menganalisis ciri-ciri tempoh kumulatif keseluruhan rekod (TR), tempoh kemarau dalam setahun (TT) dan tempoh kemarau bagi setiap peristiwa kemarau (TPK) - (Nordin, 2015). Tempoh purata kejadian kemarau di Langat dalam tempoh rekod (1965- 2013) iaitu selama 1968 hari. Stesen Lui mencatatkan tempoh terpanjang iaitu 2601 hari diikuti oleh Rinching (2269 hari), stesen Dengkil (1781 hari) dan Kajang (1219 hari). Liptan kemarau yang dicatatkan oleh kesemua stesen ini masih di bawah paras 20% jika dibandingkan dengan bilangan hari tempoh TR (14.8% - Lui, 16.3% - Rinching, 9.5% - Kajang dan 10.2 % - Dengkil). Jika dilihat dari sudut tempoh tahunan seperti digambarkan dalam rajah 4, tempoh kemarau tahunan di stesen Lui antara 56 hari (2003) - 308 hari (1989), stesen Rinching antara 54 hari (1990)- 235 hari (1977), stesen Kajang antara 47 hari (1990)- 212 hari (1987) hari dan stesen Dengkil 47 hari (1982)- 239 hari (1987). Purata tahunan bagi keseluruhan Langat iaitu 111 hari manakala purata tahunan di stesen Lui selama 153 hari, stesen Rinching selama 126 hari, Kajang selama 81 hari dan stesen Dengkil selama 85 hari. Daripada nilai purata Langat ini, 52.9% TK di stesen Lui melebihi paras tersebut, 50.0% di stesen Rinching, 23.8% di stesen Dengkil dan 13.3% di stesen Kajang.

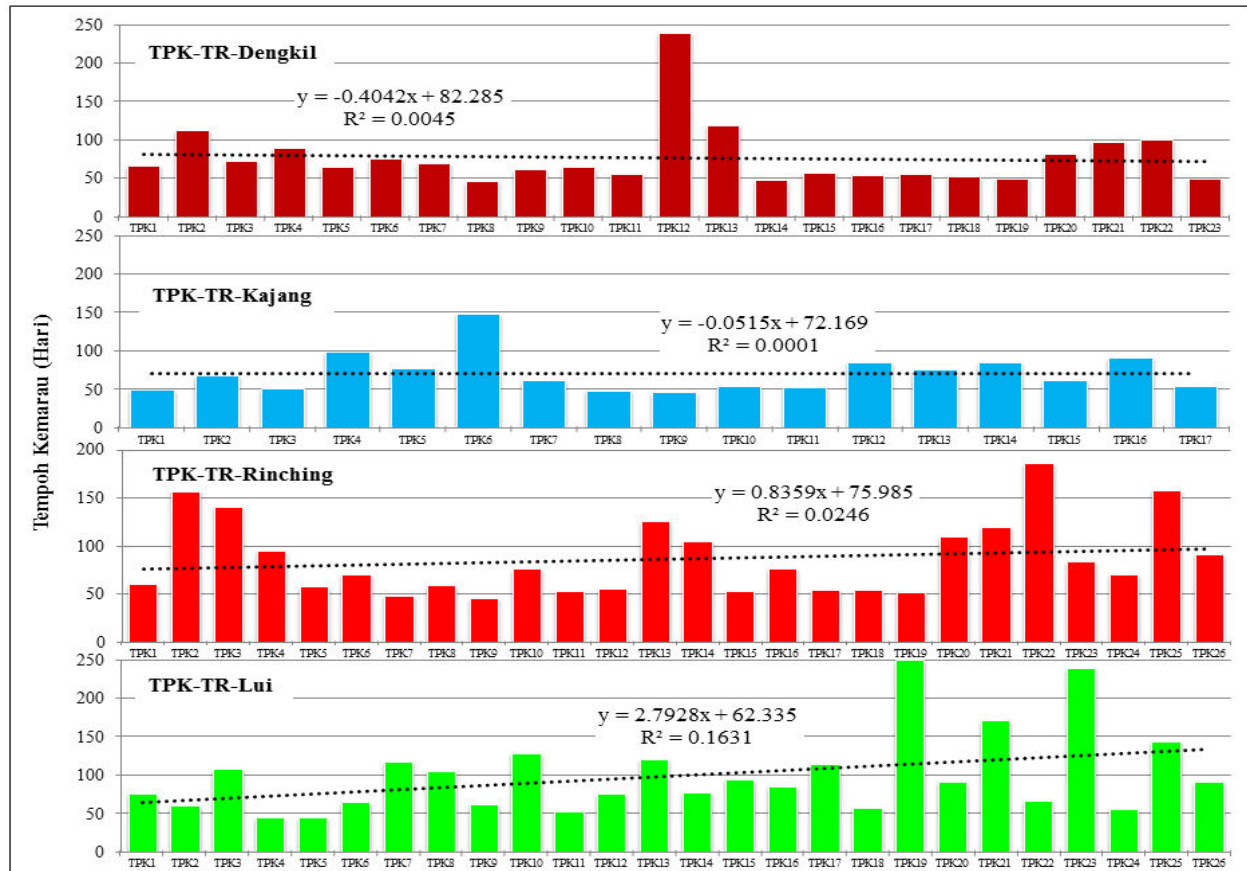


Sumber: Nordin (2015)

**Rajah 2.** Tempoh kemarau tahunan mengikut stesen di Lembangan Langat

Jika dilihat dari sudut tempoh TPK seperti digambarkan dalam rajah 5, tempoh kemarau yang dicatatkan ke atas 26 PK di Stesen Lui antara 45 hari (1974) - 250 (1989), stesen Rinching (26 PK) pula antara 45 hari (1981)- 186 hari (1997), stesen Kajang (17 PK) antara 47 hari (1990) - 149 hari (1987) dan stesen Dengkil (23 PK) antara 47 hari (1982) - 239 hari (1987). Purata TPK yang dicatatkan oleh stesen masing-masing sebanyak 100 hari, 87 hari, 72 hari dan 77 hari manakala purata bagi Langat sebanyak 84 hari. Daripada 92 PK yang direkodkan di Langat, 39.1% daripadanya mempunyai TPK yang melebihi paras purata keseluruhan Langat di mana 14 PK (53.8%) direkodkan di stesen Lui, 11 PK (42.3%) di stesen Rinching, 5 PK (29.4%) di stesen Kajang dan 6 PK (26.1%) di stesen Dengkil.





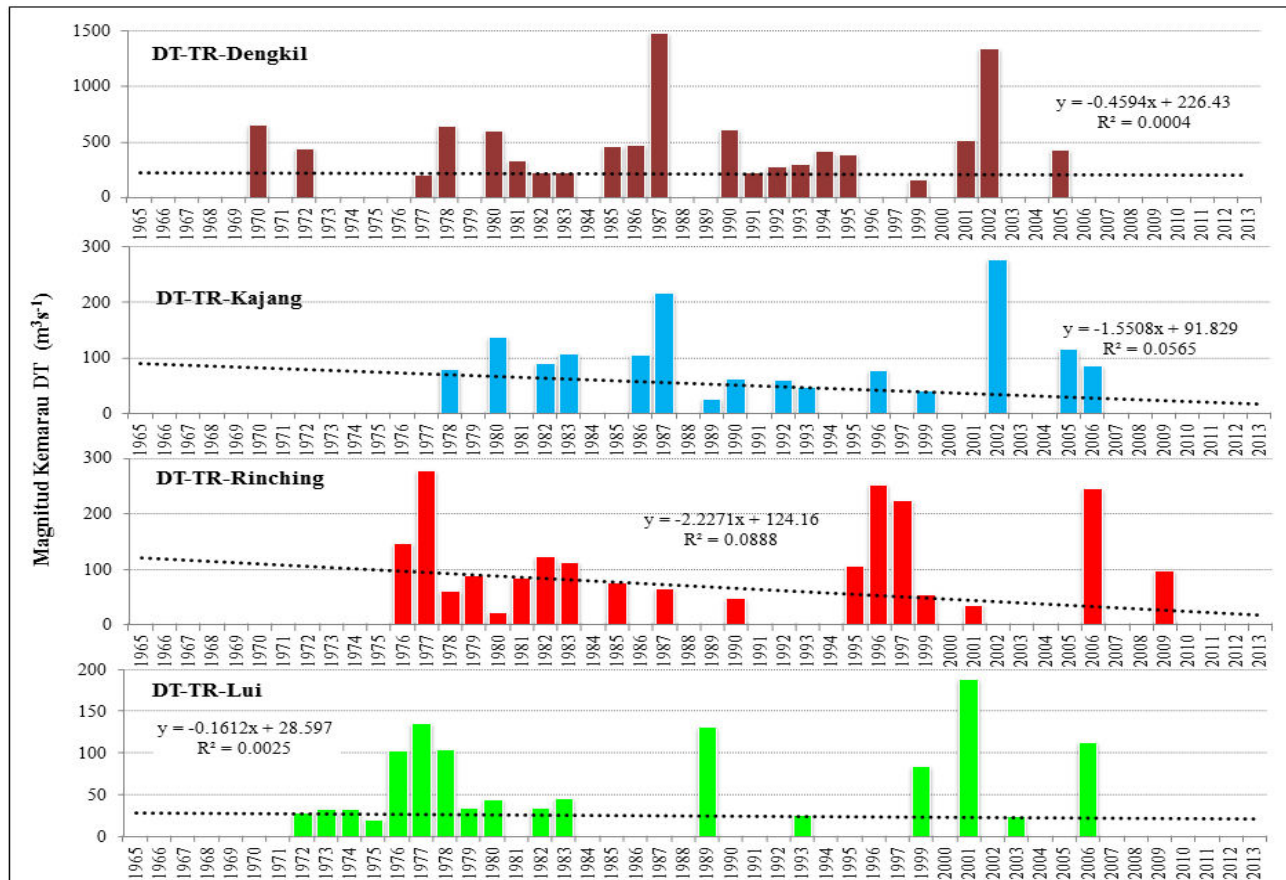
Sumber: Nordin (2015)

Rajah 3. Tempoh kemarau TPK mengikut stesen di Lembangan Langat

### iii. Defisit kemarau

Defisit kemarau merujuk kepada satu jumlah kumulatif aliran atau luahan di bawah nilai paras ambang. Tahapan kedefisitiran kemarau dapat di jelaskan dengan menganalisis ciri-ciri defisit kumulatif keseluruhan rekod (DR), defisit dalam setahun (DT) dan defisit bagi setiap peristiwa kemarau (DPK) - (Nordin, 2015). Jumlah defisit kemarau dalam tempoh rekod (1965- 2013) yang dicatatkan oleh stesen Lui iaitu  $1183.02 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , Rinching sebanyak  $2121.90 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , stesen Kajang sebanyak  $1531.38 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  dan Dengkil sebanyak  $10328.53 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  di mana purata bagi Langat keseluruhannya sebanyak  $3791.21 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Magnitud kemarau yang dicatatkan oleh kesemua stesen tersebut adalah di bawah paras 5% daripada jumlah luahan TR iaitu 3.7% bagi Lui, 3.1% bagi Rinching, 1.5% bagi Kajang dan 1.8% bagi Dengkil). Jika dilihat dari sudut tahunan seperti digambarkan dalam rajah 6, jumlah defisit kemarau yang dicatatkan dalam setahun di stesen Lui antara  $19.18 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1975) -  $189.24 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2001) dengan purata sebanyak  $69.59 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , stesen Rinching antara  $21.65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1980) -  $278.35 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1977) dengan purata sebanyak  $117.88 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , stesen Kajang antara  $26.41 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1989) -  $277.44 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2002) dengan purata sebanyak  $102.09 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  dan stesen Dengkil  $160.22 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1999) -  $1481.49 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1987) dengan purata sebanyak  $491.83 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Peratus bilangan tahun yang mengalami defisit melebihi paras purata stesen masing-masing iaitu 41.2% dicatatkan di stesen Lui, stesen Rinching sebanyak 61.1%, Dengkil sebanyak 40.0% dan stesen Kajang sebanyak 33.3%.

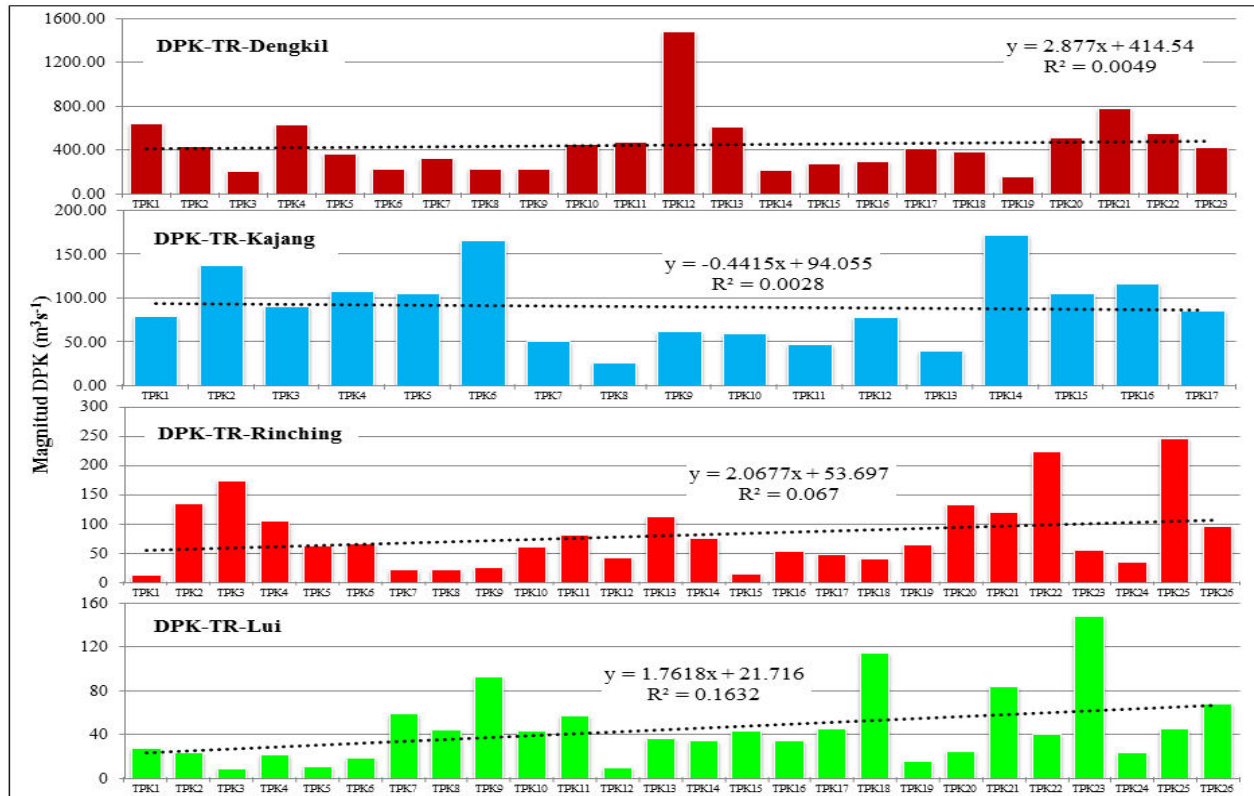




Sumber: Nordin (2015)

**Rajah 4.** Jumlah defisit kemarau tahunan mengikut stesen di Lembangan Langat

Jika dilihat dari sudut jumlah defisit mengikut PK seperti digambarkan dalam rajah 7, jumlah defisit yang dicatatkan di Stesen Lui antara  $9 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1973) -  $148 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2001), stesen Rinching antara  $12.92 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1972) -  $246.11 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2006), stesen Kajang antara  $26.41 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1989) -  $171.65 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (2002) dan stesen Dengkil antara  $160.22 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1999) -  $1481.49 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  (1987). Purata DPK yang dicatatkan oleh stesen masing-masing sebanyak  $46 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ,  $81.61 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ ,  $90.08 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  dan  $449.07 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  manakala purata bagi Langat sebanyak  $166.56 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ . Peratus bilangan PK yang mengalami defisit melebihi paras purata stesen masing-masing iaitu 26.9% dicatatkan di stesen Lui, stesen Rinching sebanyak 34.6%, Dengkil sebanyak 47.1% dan stesen Kajang sebanyak 5.6%.



Sumber: Nordin (2015)

Rajah 5. Jumlah defisit peristiwa kemarau mengikut stesen di Lembangan Langat

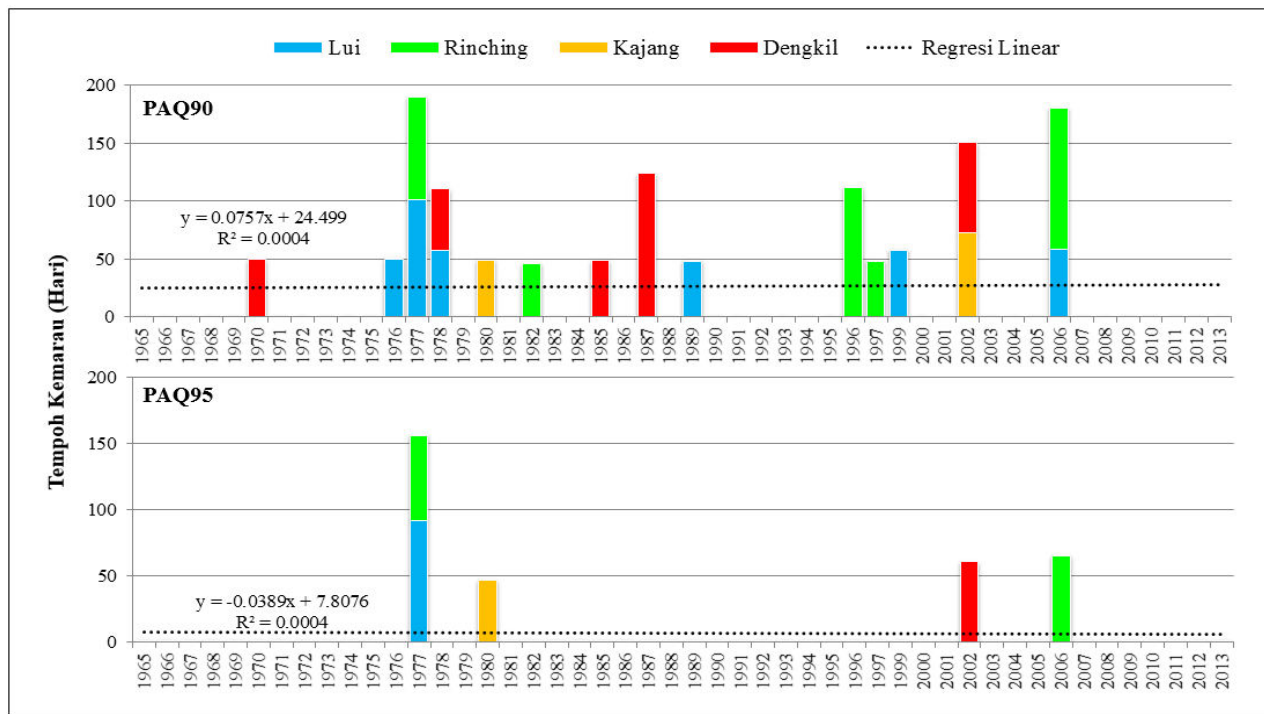
### Keparahan kemarau di Lembangan Langat

Keekstreman sesuatu kejadian kemarau dapat dilihat melalui tahap keparahan. Tahap keparahan kemarau adalah penting kerana ia penunjuk penting kepada impak kemarau (Hayes et al., 2010). Terdapat pelbagai kaedah yang digunakan untuk menunjukkan tahap keparahan kemarau hidrologi. Tahap keparahan sesuatu peristiwa kemarau hidrologi boleh juga digambarkan melalui tempoh berlakunya kemarau dalam satu-satu episod kemarau dan jumlah defisit air yang dialami (Van Loon & Laaha, 2014). Ini kerana tempoh kemarau terpanjang dan jumlah defisit tertinggi merupakan ciri kemarau penting. Terdapat 4 petunjuk nilai ekstrem yang digunakan iaitu tempoh kumulatif tahunan (TKT), tempoh maksimum tahunan (TMT), jumlah defisit kumulatif tahunan (DKT) dan jumlah defisit maksimum tahunan (DMT) (Nordin & Hamirdin, tt). Terdapat satu lagi pendekatan yang boleh digunakan untuk menunjukkan tahap keparahan kemarau iaitu persentil Q90 dan Q95. Persentil Q90 dikategorikan sebagai kemarau sederhana parah (Waluyo, 2011). Paras ini merupakan paras amaran untuk pengurus air berkaitan paras kritikal luahan sungai. Manakala persentil Q95 dikategorikan sebagai kemarau bertahap parah (Waluyo, 2011). Paras ini biasa digunakan sebagai petunjuk luahan yang ekstrem (Smakhtin, 2001).

Bilangan tahun yang telah dilanda kemarau di lembangan Langat pada paras Q90 sekitar 14 TK di mana jumlah ini meliputi 29.2% daripada keseluruhan TR. Tahun-tahun tersebut meliputi tahun 1970, 1976 - 1978, 1980, 1982, 1985, 1987, 1989, 1996 - 1999, 2002 dan 2006. Berbeza dengan persentil Q95, jumlah tahun yang dilanda kemarau sebanyak 4 TK (8.3% daripada TR). Tahun-tahun tersebut meliputi tahun 1977, 1980, 2002 dan 2006. Apa yang diperhatikan, purata landaan kemarau berselang 3 tahun sekali pada paras Q90 manakala pada paras Q95, ulangan berlaku setiap 12 tahun sekali. Di samping itu

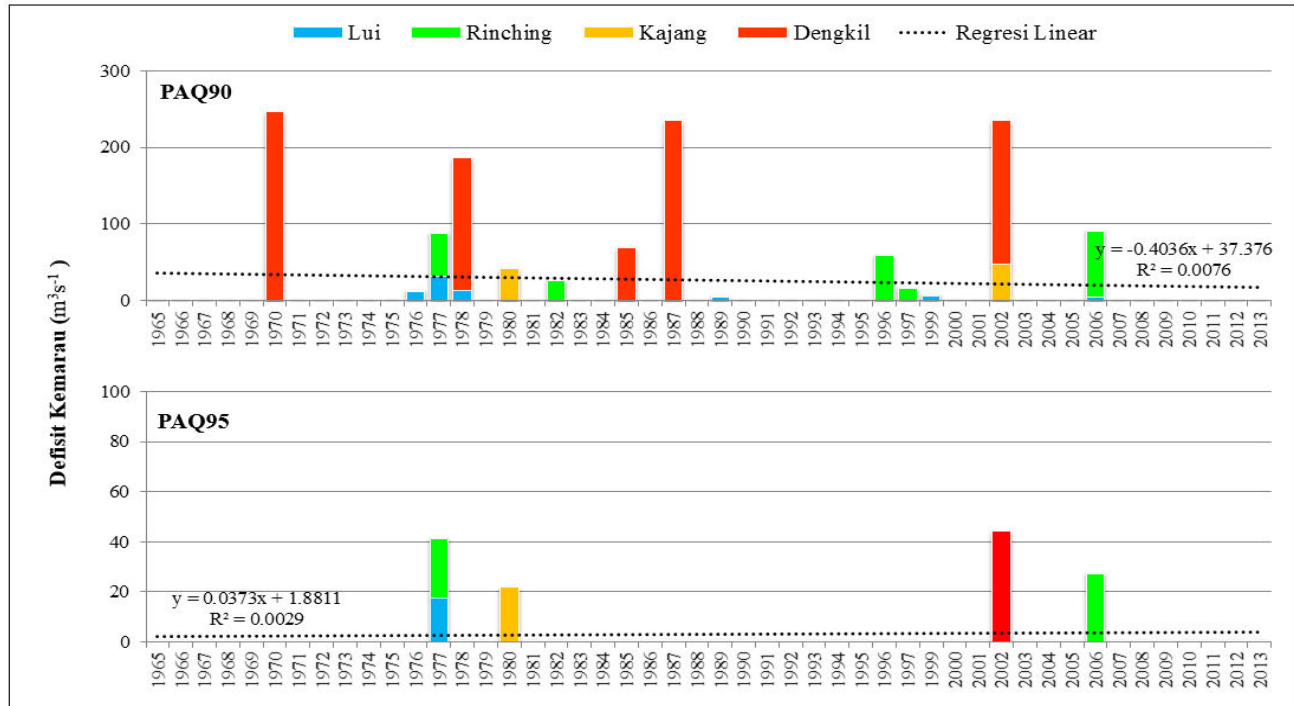
terdapat juga ulangan PK pada tahun yang sama seperti yang melanda pada tahun 1987 di stesen Dengkil dan tahun 1996 di stesen Rinching

Dari segi tempoh maksimum tahunan (TKT) seperti digambarkan dalam rajah 8, tempoh yang dicatatkan di Langat melebihi 2 bulan iaitu 3 bulan di stesen Lui (1977), dan, 4 bulan di stesen Rinching (2006) dan Dengkil (1987) dan 2 bulan di stesen Kajang (2002). Jika dibandingkan dengan tahap kemarau yang didefinisikan oleh MKN (2011) iaitu 3 bulan, stesen Rinching mencatatkan tempoh ulangan kemarau lebih dari pada sekali iaitu berlaku pada tahun 1977, 1996 dan 2006 manakala bagi stesen Dengkil dan Lui hanya berlaku sekali. Namun bagi stesen Kajang, tidak terdapat tahun kemarau yang melebihi 3 bulan. Dari segi defisit maksimum tahunan (DKT) seperti digambarkan dalam rajah 9, jumlah tahun yang melebihi paras purata defisit TK masing-masing sekitar 3 tahun bagi setiap stesen kecuali stesen Kajang. Tahun-tahun yang menunjukkan TMT melebihi paras purata di stesen Lui direkodkan pada tahun 1976 – 1978, bagi stesen Rinching pada tahun 1977, 1996 dan 2006 manakala stesen Dengkil pada tahun 1970, 1987 dan 2002. Berdasarkan petunjuk nilai-nilai ekstrem ini, wujud pengaruh el-nino terhadap kehadiran kemarau. Menurut Jabatan Meteorologi Malaysia (2013), el-nino telah melanda pada 3 tahap iaitu lemah, sederhana dan ekstrem. Tahun 1976-1978, 1980 dan 2006 menunjukkan kehadiran el-nino bertahap lemah, tahun 2002 bertahap sederhana dan tahun 1982, 1987, 1997 & 1998 bertahap kuat.



Sumber: Nordin (2015)

Rajah 6. Jumlah defisit peristiwa kemarau mengikut stesen di Lembangan Langat



Sumber: Nordin (2015)

Rajah 7. Jumlah defisit peristiwa kemarau mengikut stesen di Lembangan Langat

## Kesimpulan

Kemarau merupakan fenomena semula jadi yang berlaku tidak mengira tempat dan masa. Impaknya bergantung pada tahap persekitaran di mana kemarau melanda. Walaupun ia melanda di wilayah yang sama, keperitan dan kesan yang diterima bergantung pada tahap kemudahan-rapuhan (vulnerable) kawasan tersebut. Selangor yang menjadi negeri termaju di Malaysia merupakan wilayah mudah-rapuh kesan perubahan persekitaran. Kepadatan penduduk yang tinggi, kepesatan proses urbanisasi dan kerencaman kitaran hidrologi menyebabkan kehadiran kemarau walaupun singkat akan mudah dirasai. Keadaan sensitif kesan daripada kehadiran kemarau menyebabkan usaha perbekalan air terawat kepada pengguna telah terganggu. Ini ditunjukkan dengan catuan bekalan air pada episod kemarau 1997/1998 dan awal tahun 2014. Kesannya ramai penduduk di Selangor dan Wilayah Persekutuan Kuala Lumpur tidak mendapat bekalan air di tahap normal. Kekurangan air ini merupakan sebahagian ancaman keselamatan air. Situasi ini telah bertentang dengan objektif bekalan air mampan (Gleick et al., 1995) dan Dasar Sumber Air Negara (Kementerian Sumber Asli dan Alam sekitar 2012).

## Rujukan

- Ahmad Jamalluddin Shaaban, Low Koon Sing (2004) Droughts in Malaysia: A Look at Its Characteristics, Impacts, Related Policies and Management Strategies. Available from: [http://www.nahrim.gov.my/images/LampiranPDF/KertasTeknikal/drought\\_in\\_malaysia.pdf](http://www.nahrim.gov.my/images/LampiranPDF/KertasTeknikal/drought_in_malaysia.pdf).
- Ahmad Jamalluddin Shaaban (2013) Impact of Climate Change on Malaysia. Paper presented at the Sustainability and environmental management conference & exhibition 2013, Sime Darby Convention Centre, Kuala Lumpur. 22 - 23 October 2013.
- Bonacci O (1993) Hydrological identification of drought. *Hydrological Processes* 7, 249–262.

- Carhart AH (1951) *Water-or Your Life*. J.B. Lippincott Co, New York.
- Chan Ngai Weng (2004) *Management Water Resources in The 21st Century: Involving All Stakeholders Towards Sustainable Water Resources Management in Malaysia*. Environmental Management Programme, Centre for Graduate Studies, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Chang TJ, Stenson JR (1990) Is it realistic to define a 100-year drought for water management? *Water Resources Bulletin* 26(5) 823-829.
- Clapham WB (1973) *Natural Ecosystem*. Macmillan Co., New York. pp. 64-73.
- Dracup JA, Lee KS, Paulson EG (1980) On the definition of droughts. *Water Resources DID (2011) Review of the National Water Resources Study (2000 - 2050) and Formulation of National Water Resources Policy*. Final Report, Volume 1 - Executive Summary. August 2011. Available from: [Research. doi:10.1029/WR016i002p00297](https://doi.org/10.1029/WR016i002p00297).
- Fleig AK, Tallaksen LM, Hisdal H, Stahl K, Hannah DM (2010) Inter-comparison of weather and circulation type classifications for hydrological drought development. *Physics and Chemistry of the Earth* 35, 507–515.
- Gleick PH (1998) *The world's water 1998-1999: The biennial report on freshwater resources*. Island Press, Washington, D.C.
- Global Water Partnership (2009) *Global Water Security: Submission by The Global Water Partnership To ICE/RAE/CIWEM Report To Professor John Beddington, Chief Scientific Adviser To HM Government*. Available from: [http://www.gwp.org/Global/Activities/News/GWP\\_on\\_WaterSecurity\\_Feb\\_2010.pdf?epslanguage=en](http://www.gwp.org/Global/Activities/News/GWP_on_WaterSecurity_Feb_2010.pdf?epslanguage=en).
- Hamirdin Ithnin (2008) Scarcity in Abundance: The Water Resources Challenges in Malaysia. Inaugural Lecture. Universiti Malaya, Kuala Lumpur.
- Hamirdin Ithnin (2012) Whither our water? Concern on Malaysia's water resources. Public Lecture, Universiti Pendidikan Sultan Idris.
- Hamirdin Ithnin, Siti Nazura M (2012) Challenges of Water Supply In Developed States of Malaysia. In: Hamirdin Ithnin (ed) *Readings in Malaysian Geography*. Emeritus Publication, Tanjong Malim.
- Hayes M, Svoboda M, Wall N, Widhalm M (2010) The lincoln declaration on drought indices: Universal meteorological drought index recommended. *Bull. Am. Meteor. Soc.* 92 (4), 485–488.
- International Union for the Conservation of Nature (2000) *Vision for water and nature: A world strategy for conservation and sustainable management of water resources in the 21st Century*. Gland, Switzerland and Cambridge, UK: IUCN. Available from: <http://www.rivernet.org/general/docs/VisionWaterNature.pdf>.
- Lake PS (2011) *Drought and Aquatic Ecosystems: Effects and Responses*. Wiley-Blackwell, West Sussex.
- Lorenzo-Lacruz J, Moran-Tejeda E, Vicente-Serrano SM, Lopez-Moreno JI (2013) Streamflow droughts in the Iberian Peninsula between 1945 and 2005: Spatial and temporal patterns. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 17, 119–134.
- Jabatan Meteorologi Malaysia (2013) El Nina/ La Nino. Available from: [http://www.met.gov.my/index.php?option=com\\_content&task=view&id=73&Itemid=160&limit=1&limitstart=0](http://www.met.gov.my/index.php?option=com_content&task=view&id=73&Itemid=160&limit=1&limitstart=0).
- Mohd Nazri AS, Azmir Firdaus Z (2009) Taburan Hujan di Kawasan Tanaman Padi. [Cited 18/1/2012]. Available from: <http://pertanianselangor.wordpress.com/2009/01/30/taburan-hujan-di-kawasan-tanaman-padi/>.
- Nagarajan R (2010) *Drought assessment*. Springer Science & Business Media, New Delhi.
- Nalbantis I, Tsakiris G (2009) Assessment of hydrological drought revisited. *Water Resources Management* 23, 881–897.
- Nordin Sakke (2015) Analisis Kemarau Hidrologi di Lembangan Sungai Langat, Selangor, Malaysia. Draf Tesis PhD, Jabatan Geografi, Fakulti Sains Kemanusiaan, Universiti Pendidikan Sultan Idris (Tidak Diterbitkan).

- Postel S (2000) Entering an era of water scarcity: The challenges ahead. *Ecological Applications* **10**, 941-948.
- Shaharuddin Ahmad, Noorazuan Mohd Hashim (2006) Menganalisis pola dan arah aliran hujan di Negeri Sembilan menggunakan kaedah GIS poligon Thiessen dan kontur Isoyot. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space* **2**(1), 105-113.
- Shiau JT (2006) Fitting drought duration and severity with two-dimensional copulas. *Water Resources Management* **20**(5), 795-815.
- Smakhtin VU (2001) Low flow hydrology: a review. *Journal of Hydrology* **240**, 147-186.
- Tallaksen LM, Van Lanen HAJ (2004) Introduction. In: Tallaksen LM, van Lanen HAJ (eds) *Hydrological Drought: Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater* (48th ed.), 3-17. Elsevier B.V., Amsterdam.
- Thompson SA (1999) *Hydrology for Water Management*. AA Balkema, Netherlands.
- Tuan Pah Rokiah Syed Hussain, Hamidi Ismail, Mat Khalid Md Noh (2015) Perubahan gunatanah dan taburan hujan luar biasa di daerah-daerah pedalaman Negeri Kedah. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space* **11**(7), 58-69.
- Tuan Pah Rokiah Syed Hussain, Hamidi Ismail (2016) Perubahan Gunatanah dan Kejadian Banjir di Lembangan Saliran Kelantan. *Geografia-Malaysian Journal of Society and Space* **12**(1), 118-128.
- Van Lanen HAJ, Tallaksen LM, Kasparek L, Querner EP (1997) Hydrological drought analysis in the Hupsel basin using different physically-based models. In: Gustard A, Blazkova S, Brilly M, Dixon J, Van Lanen HAJ, Liasat C, Servat E (eds) *FRIEND '97 — Regional Hydrology: Concepts and Models for Sustainable Water Resource Management*, 189-196. IAHS Publ. Available from: <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsid=2735128>.
- Van Loon AF (2013) On the propagation of drought. How climate and catchment characteristics influence hydrological drought development and recovery. (unpublished PhD Dissertation). Wageningen University.
- Van Loon AF, Laaha G (2014) Hydrological drought severity explained by climate and catchment characteristics. *Journal of Hydrology* **526**, 3-14.
- Waluyo H (2011) Hydrological Drought Indices and Monitoring in Indonesia. Paper presented at the Expert Group meeting on Hydrological drought Indices - 1 - 2 Sept 2011, Geneva Switzerland. Available from: [www.wamis.org/agm/meetings/hdi11/S3-Hatmoko.pdf](http://www.wamis.org/agm/meetings/hdi11/S3-Hatmoko.pdf).
- Wilhite DA (2000) Drought as a natural hazard: Concepts and definitions. In Wilhite DA (ed) *Drought: A Global Assessment*. Routledge Publishers, London.
- Wilhite DA, Glantz MH (1985) Understanding: the drought phenomenon: The role of definitions. *Water International* **10**(3), 111-120.
- Zaini Ujang (2009) *Minda Lestari*. Penerbit UTM.