



## Menganalisis aras kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan dengan menggunakan kaedah Thornthwaite

Shaharuddin Ahmad<sup>1</sup>, Rosmini Maru<sup>1,2</sup>, Abdul Mollah Jaya<sup>2</sup>, Wahidah Sanusi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pusat Pengajian Sosial, Pembangunan dan Persekitaran, Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan, Universiti Kebangsaan Malaysia,  
<sup>2</sup>Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

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

### Abstrak

Kajian ini bertujuan menyelidik dan menganalisis aras kegersangan yang berlaku di seluruh Provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia bagi tempoh 10 tahun (1999 – 2008) mengikut masa dan ruang. Data suhu, kerpasan dan sejat-peluhan daripada 66 stesen kajicuaca di seluruh Sulawesi Selatan telah dianalisis. Nilai Indeks Kegersangan kemudiannya dikira dengan menggunakan kaedah imbalan air yang telah dikemukakan oleh Thornthwaite-Mather. Dengan menggunakan Teknik Poligon Thiessen, nilai indeks kegersangan telah diplot mengikut kawasan. Hasil kajian mendapati aras kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan telah diklasifikasikan kepada tiga kelas iaitu indeks kegersangan rendah (< 16.7%) yang meliputi daerah Gowa dan Bone di bahagian Selatan, Luwu Utara dan Luwu Timur di bahagian Utara manakala Pinrang dan Enrekang dibahagian tengah. Sementara itu, indeks kegersangan tinggi (> 33.3%) tersebar pada wilayah Palopo di bahagian utara, Sidrap dan Wajo di bahagian tengah, Makassar, Takalar, Jeneponto, Bulukumba dan Selayar di bahagian selatan manakala daerah lain menunjukkan nilai indeks kegersangan yang sederhana (16.7 – 33.3%). Umumnya, faktor utama berlakunya keadaan kersang di Provinsi Sulawesi Selatan ini adalah curahan hujan yang amat kurang dalam tempoh yang lama dan suhu udara yang berpanjangan tinggi sehingga kadar sejat-peluhan yang tinggi. Dengan keadaan ini menyebabkan banyak kawasan pertanian terutamanya yang bergantung semata-mata kepada air hujan gagal menghasilkan hasil pertanian.

**Katakunci:** aras kegersangan, curahan hujan, Indeks Kegersangan, kaedah Thornthwaite, teknik Poligon Thiessen, tekstur tanah

## A spatio-temporal analysis of aridity levels in South Sulawesi using the Thornthwaite method

### Abstract

This study a spatio-temporal investigation and analysis of the level of aridity for the whole of the South Sulawesi Province, Indonesia for the 10 years period (1999 – 2008). Temperature, precipitation and evapotranspiration data for the 66 meteorological stations throughout the South Sulawesi were analysed by using the water balance technique based on which the aridity index as proposed by Thornthwaite-Mather was then calculated. The calculated values of the aridity indices were then spatially plotted by using the technique of Poligon Thiessen. The results showed that the level of aridity in the South Sulawesi Province can be classified into three levels i.e., the low level of aridity index (< 16.7%) which was calculated for the districts of Gowa dan Bone in the south, North Luwu and South Luwu in the north, and Pinrang and Enrekang in the middle region. The high index of aridity (> 33.3%) was calculated for the district of Palopo in the north, Sidrap and Wajo in the middle, and Makassar, Takalar, Jeneponto, Bulukumba and Selayar in the south. Other districts had shown a medium level of aridity index (16.7 – 33.3%). In general, the main factor of the aridity phenomenon in the South Sulawesi Province was the lack of rainfall and the

prevalence of high temperatures for a longer period which in turn produced high rates of evapotranspiration. It was observed that in these conditions all agricultural areas which were solely dependent on natural rainfall failed to produce harvests.

**Keywords:** aridity index, aridity level, Poligon Thiessen technique, rainfall, soil texture, Thornthwaite method

## Pendahuluan

Kegersangan adalah satu proses iklim yang banyak merujuk kepada peningkatan keadaan kering bagi sesuatu kawasan. Ia melibatkan perubahan sesuatu keadaan fizikal alam khususnya iklim yang bersifat jangka panjang dan bukannya berdasarkan perubahan musiman. Di samping itu, ia sering diukur sebagai pengurangan dalam purata kandungan air tanah. Salah satu kaedah mengukur darjah kegersangan bagi sesuatu kawasan ialah menggunakan Indeks Kegersangan (IK). Indeks kegersangan ini boleh ditakrifkan sebagai kadaryang ditentukan berdasarkan perbezaan Antara jumlah kerpasan tahunan dengan jumlah potensi sejat-peluhan (Thornthwaite, 1948; UNEP, 1997). Seandainya kedua-dua pembolehubah ini sama maka tidak akan berlaku keadaan banjir atau kemarau kerana imbalan air bersifat seimbang.

Kemarau adalah fenomena semulajadi yang berlaku dan dikaitkan dengan kesediaan sumber air yang berkurangan di sesuatu kawasan geografi yang luas bagi satu tempoh masa kejadian yang lama (Rossi, 2000). Lazimnya, kemarau adalah fenomena tempatan yang disifatkan oleh tiga perkara iaitu intensiti, tempoh kejadian dan juga frekuensi yang boleh memberi kesan ketara terhadap ekonomi, alam sekitar dan juga masyarakat yang terlibat (Chen et al., 2001; Wang, 2005; Tsakiris & Vangelis, 2005; Wang et al., 2010; Van Vliet & Zwolsman, 2008; Nastos et al., 2013). Berasaskan ini maka kemarau boleh dibezakan di antara tiga jenis iaitu kemarau meteorologi, hidrologi dan pertanian (Shaharuddin, 2001).

Kejadian kemarau atau keadaan kering ini boleh berlaku di mana-mana sahaja di dunia ini baik di kawasan garis lintang rendah maupun di kawasan sederhana tinggi atau kawasan yang mengalami sebarang jenis iklim dunia (Chow, 1964). Sungguhpun begitu, kawasan yang mengalami iklim gurun sudah pasti akan mengalami keadaan gersang yang berpanjangan dan berlarutan lamanya berbanding dengan kawasan yang beriklim tropika seperti Indonesia. Dalam keadaan dunia mengalami perubahan iklim yang ketara masa kini maka sudah tentu kejadian kemarau berlanjutan tidak dapat dielakkan. Sebagai contoh, Sulawesi Selatan telah mengalami musim kemarau yang berpanjangan daripada bulan April 2009 hingga bulan November 2009. Dengan keadaan ini telah menyebabkan hasil pertanian di kawasan berkaitan tidak atau kurang dapat dihasilkan dengan jayanya.

Kesan fenomena kamarau ini bukan sahaja menyebabkan pertanian tidak menjadi malahan memberi juga kesan kepada perkara-perkara lain. Misalnya, kemarau yang panjang boleh juga menyebabkan kebakaran hutan serta menyebabkan perubahan ekosistem habitat haiwan seperti berkembangnya hama belalang. Keadaan ini pernah berlaku di beberapa tempat di Kepulauan Indonesia seperti Halmahera, Kalimantan Timur, Sumatera, Pulau Sumba dan Sulawesi Selatan iaitu pada tahun 1990, 1997 dan 1998 (Rosmini, 2001, 2002a, 2002, 2009).

Salah satu kaedah yang sering digunapakai oleh penyelidik bagi mengkaji tahap kemarau atau kekeringan ialah kaedah Indeks Kegersangan (IK) (Arora, 2002; Prävällie, 2013; Lungu, Panaitescu & Niță, 2011). Menurut Thornthwaite (dalam Iaco, 1985) ada tiga parameter indeks iklim iaitu Indeks Lembapan (IM), Indeks Kelembapan (IH) dan Indeks Kegersangan (IK). Pengiraan dilakukan dengan menggunakan kaedah imbalan air sebagaimana yang diperkenalkan oleh Thornthwaite dan Mather (1957). Meskipun kaedah ini sudah lama diperkenalkan namun konsepnya masih tetap digunakan hinggalah ke hari ini (Rosmini, 2005, 2008; Rudyati, 1994). Justeru, pendekatan imbalan air ini adalah salah satu aspek penting dalam hidrologi yang bermanfaat dalam menyelesaikan pelbagai masalah hidrologi baik secara teori maupun praktik (Sudibyakto, 1985). Melalui pendekatan imbalan air ini memungkinkan kita untuk menilai sumberjaya air secara kuantitatif dengan segala perubahannya sebagai akibat daripada pengaruh aktiviti manusia (Sokolov & Chapman dalam Sudibyakto, 1985).

Berdasarkan fenomena yang diuraikan di atas ini, maka tujuan artikel ini adalah untuk mengira dan menganalisis tahap kegersangan mengikut masa dan ruang yang berlaku di Provinsi Sulawesi Selatan bagi tempoh 10 tahun iaitu dari tahun 1999 hingga 2008. Di samping itu, kajian ini juga cuba mengenalpasti punca kejadian gersang di kawasan yang dikaji.

## Kawasan dan kaedah kajian

### *Kawasan kajian*

Kajian ini dijalankan di seluruh Provinsi Sulawesi Selatan yang terletak antara garis lintang  $0^{\circ} 12'$  dengan  $8^{\circ}S$  dan antara garis bujur  $116^{\circ} 48'$  dengan  $122^{\circ} 36'T$  (Rajah 1). Sempadan kawasan kajian di sebelah utara adalah Sulawesi Tengah dan Sulawesi Barat, di sebelah Timur pula terletak Teluk Bone dan Sulawesi Tenggara manakala di sebelah barat bersempadankan Selat Makassar dan di sebelah selatan bersempadankan Laut Flores. Luas kawasan yang dikaji adalah  $45,519.24 \text{ km}^2$  yang meliputi 20 Kabupaten dan tiga Kota.

Menurut klasifikasi Köppen Sulawesi Selatan mengalami iklim jenis 'Am' iaitu iklim monsun tropika yang memiliki dua musim yang ketara dalam setahun iaitu musim kemarau dan musim hujan. Purata suhu tahunan adalah  $27.5^{\circ}C$  dengan bulan Oktober yang terpanas ( $28.2^{\circ}C$ ) manakala bulan Februari yang tersejuk ( $26.8^{\circ}C$ ). Jumlah kerapan tahunan di Makassar adalah di sekitar  $3,086.1 \text{ mm}$ . Secara purata, bulan Januari merekodkan jumlah kerapan bulanan yang tertinggi iaitu  $734.1 \text{ mm}$  manakala bulan Ogos merekodkan jumlah hujan yang paling kurang iaitu di sekitar  $15.2 \text{ mm}$  sahaja. Secara keseluruhannya, jumlah hari-hari hujan adalah 187 hari dengan bulan Januari merekodkan hari hujan yang paling banyak iaitu 27 hari manakala bulan Ogos hanya sekitar 2 hari.



Rajah 1. Provinsi Sulawesi Selatan sebagai kawasan kajian

### *Alat dan bahan pemerhatian*

Alat yang diguna dalam kajian ini terbahagi kepada dua iaitu alat yang digunakan di lapangan dan alat yang digunakan di makmal. Alat yang digunakan di lapangan terdiri daripada alat menguji tanah (*soil test kit*), bekas plastik, alat tulis menulis dan kamera. Sampel tanah yang diambil selanjutnya dianalisis di makmal untuk mengetahui tekstur tanah. Tekstur tanah ini digunakan untuk menentukan nilai guna tanah atau keupayaan menampung air (*water holding capacity*, WHC).

Selain itu, pelbagai bahan sekunder telah digunakan dalam kajian ini seperti data curahan hujan, data suhu, peta pentadbiran Provinsi Sulawesi Selatan, peta stesen hujan Sulawesi Selatan dan peta jenis guna tanah bagi seluruh Provinsi Sulawesi Selatan. Bahan-bahan sekunder yang lain termasuklah buku, jurnal, laporan dari pejabat kerajaan dan juga pihak swasta serta persendirian.

Kaedah Poligon Thiessen telah digunakan bagi memplot taburan nilai indeks kegersangan di seluruh kawasan kajian. Kaedah ini menggunakan arahan GIS-Poligon Thiessen yang terdapat dalam *Extension CRRW Vector* (Shaharuddin & Noorazuan, 2010). Poligon yang dibentuk adalah berdasarkan garis yang mempunyai jarak yang sama di antara stesen-stesen kajicuaca yang digunakan.

### *Pengumpulan data*

Kajian ini menggunakan data sekunder dan data primer. Data sekunder yang digunakan termasuklah Peta Rupa Bumi Sulawesi Selatan yang berskala 1 : 250,000 tahun 200; Peta Tanah Sulawesi Selatan berskala 1 : 100,000 tahun 2008; Peta Penggunaan tanah Sulawesi Selatan berskala 1 : 100,000 tahun 2008; Data kedudukan lokasi stesen hujan; Data hujan selama 10 tahun (1999-2008); Data suhu udara selama 10 tahun (1999-2008); Data arah angin selama 10 tahun (1999-2008); Data kelembapan udara selama 10 tahun (1999-2008); Peta pentadbiran Sulawesi Selatan berskala 1 : 250,000 dan maklumat guna tanah tahun 2008. Selain itu, data primer digunakan untuk pengenalan keadaan Provinsi Sulawesi Selatan; Data tumbuhan litupan bumi untuk menentukan kedalaman akar tumbuhan; Pengambilan profil tanah untuk menentukan tekstur bagi menentukan nilai keupayaan menampung air (WHC).

### *Analisis data*

Data yang digunakan dalam kajian ini meliputi kerpasan/curah hujan (P), suhu udara (T), penggunaan tanah, tumbuhan litup bumi, tekstur tanah dan guna tanah untuk menentukan indeks kegersangan dengan menggunakan kaedah Thornthwaite (1948).

Penentuan tekstur tanah dilakukan dengan mengambil sampel secara langsung di lapangan dan kemudiannya diuji di makmal. Analisis tekstur tanah dijalankan di makmal bagi mendapatkan nilai WHC. Selanjutnya faktor iklim antara lain suhu udara, curah hujan dan WHC untuk mendapatkan nilai Defisit (D). Thornthwaite merumuskan indeks kegersangan sebagai berikut:

$$Ia = D/PE \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

Di mana,

Ia = indeks kegersangan

D = kekurangan air

PE= sejat-peluhan potensi

Hasil pengiraan ini kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga tahap kegersangan iaitu: (1) sedikit atau tanpa kekurangan air, (2) tahap kekurangan air sederhana, dan (3) tahap kekurangan air tinggi (Jadual 1).

**Jadual 1. Tingkat kegersangan menurut Thornthwaite**

Indeks Kegersangan (%)	Tingkat Kegersangan
0 – 16.7	Sedikit atau tanpa kegersangan air
16.7 – 33.3	Kekurangan air sederhana
> 33.3	Kekurangan air tinggi

Sumber: Ilaco (1985).

Pelbagai faktor yang digunakan untuk mengenalpasi indeks kegersangan di kawasan kajian. Untuk mengetahui bagaimana korelasi di antara pelbagai faktor iaitu suhu udara dan curah hujan, maka dilakukan analisis statistik korelasi dengan menggunakan rumus seperti berikut:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Di mana:

r = koefisien korelasi

x = nilai curahan hujan

y = nilai suhu udara

$\bar{x}$  = nilai purata curahan hujan

$\bar{y}$  = nilai purata suhu udara

n = bilangan cerapan

## Hasil kajian dan perbincangan

### *Hubungan antara kerpasan, suhu udara dengan Indeks Kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan*

Kajian kegersangan yang telah dilakukan oleh Rosmini (2001, 2005, 2008) di Pulau Sumba Nusa Tenggara Timur (NTT) mengenalpasi pelbagai faktor yang berkesan terhadap kegersangan pada kawasan tersebut. Antara faktor yang telah dikenalpasi termasuklah curahan hujan atau kerpasan, suhu udara, sejat-peluhan, tekstur tanah dan bentuk muka bumi (morfologi). Apabila dikaji dengan mendalam mengenai persamaan kedua-dua kawasan, maka dikenalpasi bahawa apa yang berlaku di Pulau Sumba juga berlaku di Provinsi Sulawesi Selatan. Pelbagai faktor yang berkesan terhadap kejadian kegersangan di kawasan kajian, namun faktor utama iaitu curahan hujan dan suhu udara, seperti yang dilihat pada tiga stese kajicuaca iaitu Stesen Pakkaterang, Stesen Lawawoi dan Stesen Banga-banga (Jadual 2, 3, 4, 5 dan 6 serta Rajah 2, 3 dan 4).

Pada Jadual 2, 4 dan 6, ialah purata curahan hujan, suhu udara dan indeks kegersangan bulanan selama 10 tahun (1999 – 2008) bagi ketiga-tiga stesen kajian iaitu Pakkaterang, Lawawoi dan Banga-banga. Didapati adanya perubahan jumlah curahan hujan, suhu udara dan indeks kegersangan pada setiap bulan. Sementara itu, Jadual 3, 5 dan 7 menunjukkan nilai korelasi ketiga-tiga stesen iaitu Stesen Pakkaterang, Lawawoi dan Banga-banga. Kaitan ketiga-tiga pembolehubah iaitu kerpasan/curahan hujan, suhu udara dan indeks kegersangan ditunjukkan pada Rajah 2, 3 dan 4.

Berasaskan Jadual 2, 4 dan 6 didapati indeks kegersangan yang tinggi terjadi pada bulan Ogos, September dan Oktober. Pada bulan-bulan tersebut diperhatikan juga kadar suhu udara yang tinggi dan sebaliknya berlaku jumlah curahan hujan yang paling rendah. Keadaan ini bertepatan dengan nilai korelasi negatif yang sangat signifikan antara pembolehubah curahan hujan dengan indeks kegersangan,

sementara itu, nilai korelasi positif yang sangat signifikan antara suhu udara dengan indeks kegersangan (Jadual 3, 5 dan 7). Hubungan antara pembolehubah ini dapat diperhatikan pada Rajah 2, 3 dan 4.

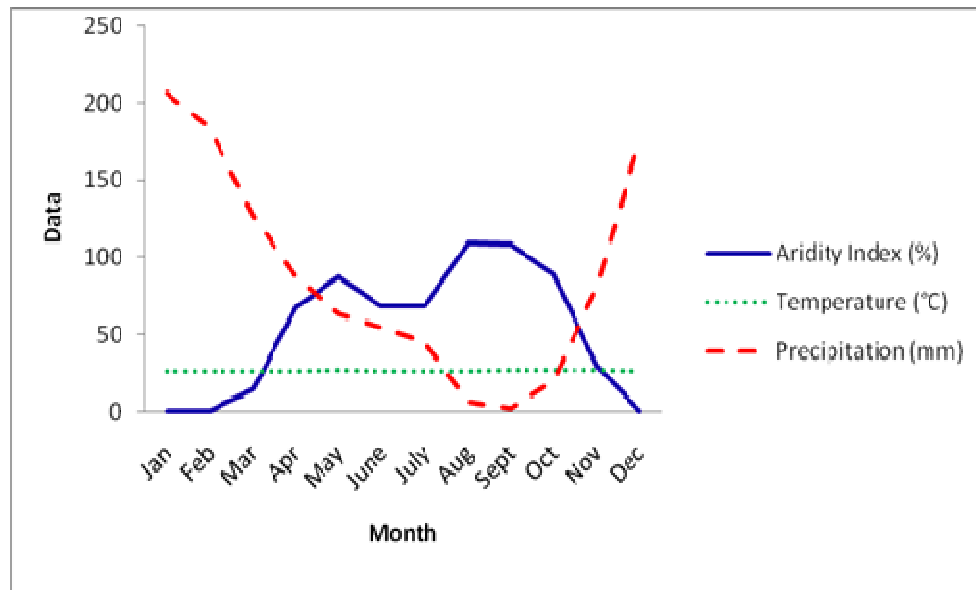
**Jadual 2. Data Indeks Kegersangan, suhu dan kerpasan di Stesen Pakkaterang**

Bulan	Indeks kegersangan (%)	Suhu (°C)	Kerpasan (mm)
Jan	0.0	26.29	206.1
Feb	0.0	26.27	183.6
Mar	14.38	26.60	126.7
Apr	67.64	26.76	87.6
Mei	87.16	27.12	63.1
Jun	68.51	26.61	54.3
Julai	68.22	26.42	44.4
Ogos	109.32	26.80	6.4
Sept	108.16	27.08	1.8
Okt	88.73	27.47	19.1
Nov	29.62	26.88	80.9
Dis	0.0	26.20	176.3

**Jadual 3. Nilai korelasi antara curahan hujan, suhu udara dengan Indeks Kegersangan di Stesen Pakkaterang**

		P	T	Ia
P	Pearson Correlation	1	-,755**	-,946**
	Sig. (2-tailed)		,004	,000
	N	12	12	12
T	Pearson Correlation	-,755**	1	-,741**
	Sig. (2-tailed)	,004		,006
	N	12	12	12
Ia	Pearson Correlation	-,946**	-,741**	1
	Sig. (2-tailed)	,000	,006	
	N	12	12	12

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)



**Rajah 2. Hubungan antara Indeks Kegersangan, suhu udara dan curahan hujan di Stesen Pakkaterang**

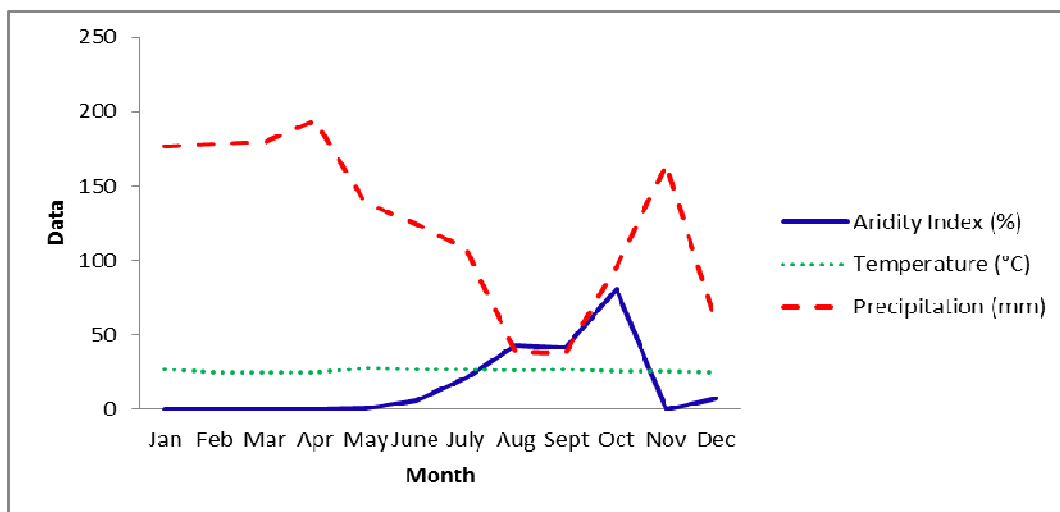
**Jadual 4. Indeks Kegersangan, suhu dan kerpasan di Stesen Lawawoi**

Bulan	Indeks kegersangan (%)	Suhu (°C)	Kerpasan (mm)
Jan	0.0	27.26	176.9
Feb	0.0	25.16	178.2
Mar	0.0	25.16	179.7
Apr	0.0	25.26	194
Mei	0.84	27.56	139.3
Jun	5.88	27.26	124.7
Julai	21.28	26.86	108.4
Ogos	42.91	26.76	38.4
Sept	41.71	27.26	37.6
Okt	81.12	25.36	96.2
Nov	0.0	25.46	164.5
Dis	7.25	25.26	57.5

**Jadual 5. Nilai korelasi antara curah hujan, suhu udara dan Indeks Kegersangan di Stesen Lawawoi**

		P	T	Ia
P	Pearson Correlation	1	-,311	-,645*
	Sig. (2-tailed)		,325	,024
	N	12	12	12
T	Pearson Correlation	-,311	1	,038
	Sig. (2-tailed)	,325		,905
	N	12	12	12
Ia	Pearson Correlation	-,645*	,038	1
	Sig. (2-tailed)	,024	,905	
	N	12	12	12

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed)



**Rajah 3. Hubungan antara Indeks Kegersangan, suhu udara dan curah hujan di Stesen Lawawoi**

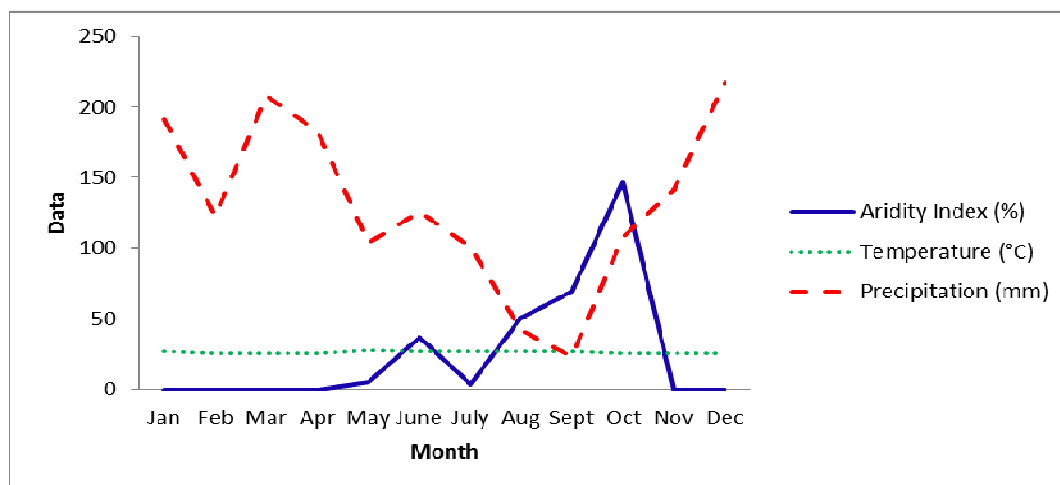
**Jadual 6. Indeks Kegersangan, suhu dan curahan hujan di Stesen Banga-banga**

Bulan	Indeks kegersangan (%)	Suhu (°C)	Kerpasan (mm)
Jan	0.0	27.3	191.0
Feb	0.0	25.1	123.0
Mar	0.0	25.1	208.2
Apr	0.0	25.2	183.2
Mei	4.78	27.5	104.2
Jun	36.46	27.3	126.0
Julai	3.44	26.8	100.5
Ogos	50.46	26.7	42.1
Sept	69.06	27.3	23.4
Oct	146.88	25.3	107.5
Nov	0.0	25.4	141.9
Dis	0.0	25.2	217.3

Pada ketiga-tiga stesen kajian didapati nilai korelasi antara ketiga-tiga pembolehubah menunjukkan hubungan yang sangat tinggi iaitu pada aras keyakinan 1%. Jadual 3, 5 dan 7 menunjukkan korelasi positif antara indeks kegersangan dengan suhu udara. Hubungan ini memberi maksud bahawa semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi pula indeks kegersangan. Sebaliknya, nilai korelasi antara indeks kegersangan dengan curahan hujan/kerpasan adalah berkorelasi negatif yang bermaksud peningkatan curahan hujan/kerpasan menyebabkan terjadinya penurunan aras kegersangan.

**Jadual 7. Nilai Korelasi antara curah hujan, suhu udara dan Indeks Kegersangan di Stesen Banga-banga**

		P	T	Ia
P	Pearson Correlation	1	-,510	-,516
	Sig. (2-tailed)		,090	,086
	N	12	12	12
T	Pearson Correlation	-,510	1	,044
	Sig. (2-tailed)	,090		,892
	N	12	12	12
Ia	Pearson Correlation	-,516	,044	1
	Sig. (2-tailed)	,086	,892	
	N	12	12	12



**Rajah 4. Hubungan antara Indeks Kegersangan, suhu udara dan curahan hujan di Stesen Banga-banga**



*Pola taburan tahap kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan*

Penentuan tahap kegersangan yang berasaskan sifat kelebihan atau kekurangan air di sesuatu wilayah pada setiap stesen curahan hujan dikira dalam bentuk imbalan hidrologi. Data curahan hujan dan data suhu udara merupakan data utama pada pengiraan ini, selain tekstur tanah dan litupan bumi. Nilai daripada setiap sifat litupan tanah menggambarkan kemungkinan terjadinya kegersangan pada sesuatu kawasan.

Menurut klasifikasi Thornthwaite-Mather indeks kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan berada pada kategori tinggi, sederhana dan rendah. Apabila dikaitkan dengan sifat iklim maka diketahui tahap kegersangan tersebut dipengaruhi oleh purata curahan hujan kawasan yang sangat rendah iaitu jumlah yang direkodkan di antara 100 hingga 200 mm setiap bulan, dengan purata suhu setiap bulan antara 27°C hingga 29°C. Umumnya, keadaan ini terjadi pada kawasan pertanian bertanah kering seperti kebun campuran, tegalan dan sawah padi yang bergantung kepada air hujan.

Berdasarkan klasifikasi iklim Thornthwaite, maka indeks kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan ini tergolong kepada tahap kegersangan tinggi atau kekurangan air ketara. Keadaan ini telah diperhatikan berlaku di Wilayah DAS Nolling, Padang Sappa dan sekitarnya (Palopo), Manisa, Pangkajene (Sidrap), Takalar, Bulukumba, Selayar, Pangkep, Maros, Barru, dan Jeneponto. Bagi kawasan Jeneponto, keadaan gersang atau kering sangat dipengaruhi oleh sifat geomorfologinya yang selari dengan arah angin musim timur barat, serta merupakan daerah lindungan hujan dari gunung Lompobattang. Keadaan ini secara langsung menyebabkan curahan hujan pada wilayah ini sangat sedikit dan dengan itu tahap kegersangan di Wilayah Jeneponto sangat tinggi atau kekurangan air yang amat ketara (Jadual 8 dan Rajah 5).

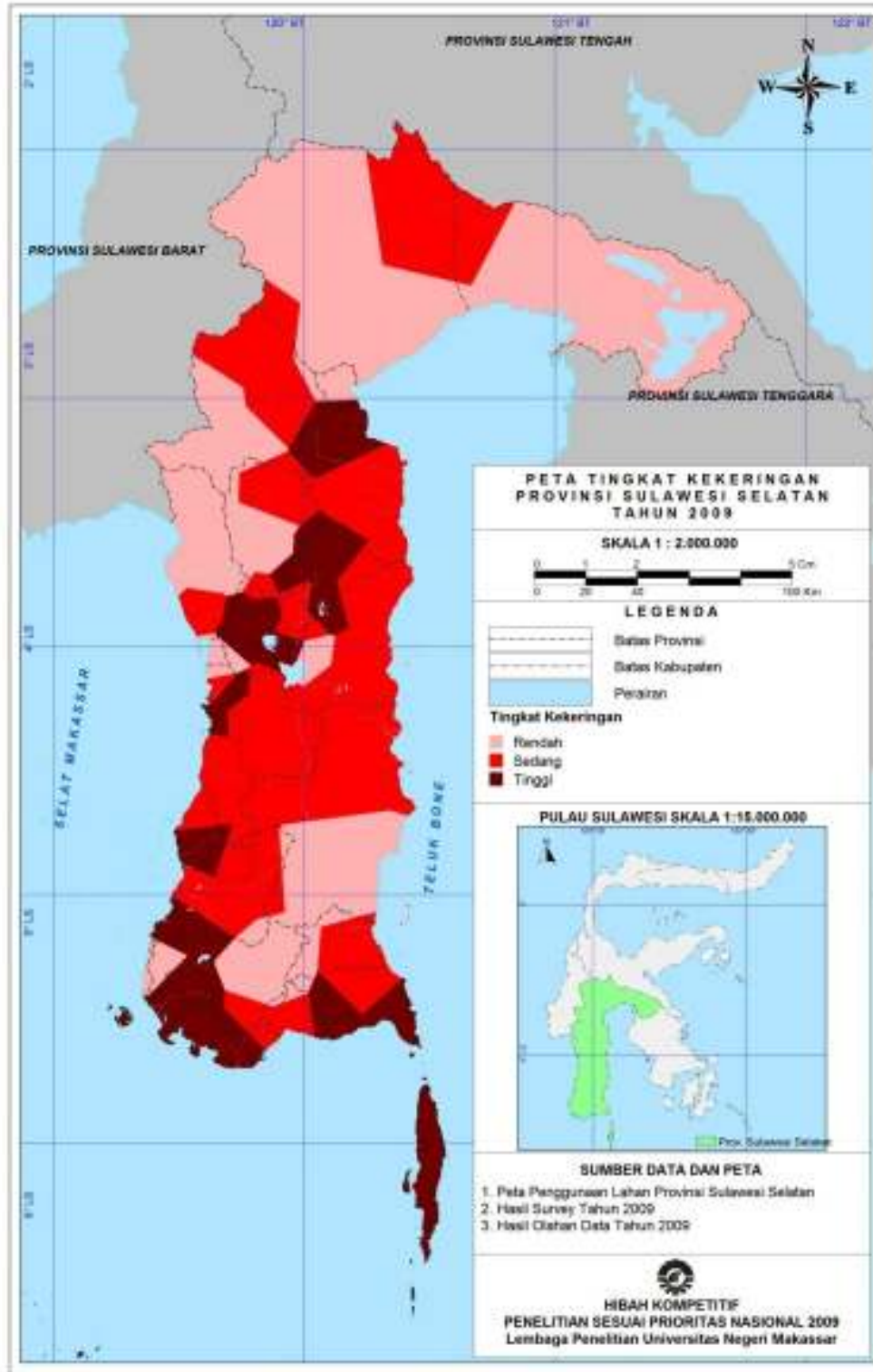
**Jadual 8. Aras kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan, 1999-2008**

No. Stesen	Kabupaten	Ia (%)	Tahap Kegersangan
1 Dampang	Bantaeng	0.07	Sedikit atau tanpa kekurangan air
2 Lamalaka	Bantaeng	32.27	Kekurangan air sederhana
3 Kelara	Jeneponto	32.56	Kekurangan air sederhana
4 Padang Loang	Bulukumba	59.53	Kekurangan air tinggi
5 Gangking	Bulukumba	44.03	Kekurangan air tinggi
6 Pandang-Pandang	Bulukumba	26.32	Kekurangan air sederhana
7 BPP Malakaji	Gowa	32.21	Kekurangan air sederhana
8 L.Hasanuddin	Makassar	33.41	Kekurangan air tinggi
9 Salo Jirang	Maros	28.45	Kekurangan air sederhana
10 Minasatene	Pangkep	29.63	Kekurangan air sederhana
11 Camming	Bone	15.13	Sedikit atau tanpa kekurangan air
12 Bungoro	Pangkep	35.40	Kekurangan air tinggi
13 Padaelo	Pangkep	31.57	Kekurangan air sederhana
14 Bengo	Bone	26.04	Kekurangan air sederhana
15 S. Binangae	Barru	31.57	Kekurangan air sederhana
16 Pajalesang	Soppeng	21.36	Kekurangan air sederhana
17 Lanca	Bone	20.24	Kekurangan air sederhana
18 BPP Malanroe	Soppeng	20.25	Kekurangan air sederhana
19 Ongkoe	Wajo	34.38	Kekurangan air tinggi
20 Labbukang	Sidrap	14.56	Sedikit atau tanpa kekurangan air
21 Banga-Banga	Pinrang	25.92	Kekurangan air sederhana
22 Belajen	Enrekang	16.59	Sedikit atau tanpa kekurangan air
23 Salokarajae	Enrekang	18.63	Kekurangan air sederhana
24 Paria	Pinrang	0.62	Sedikit atau tanpa kekurangan air
25 Kaliang Patomo	Pinrang	0.88	Sedikit atau tanpa kekurangan air
26 Kaballangan	Pinrang	1.96	Sedikit atau tanpa kekurangan air
27 B. Benteng	Pinrang	0.0	Sedikit atau tanpa kekurangan air
28 Data	Pinrang	0.87	Sedikit atau tanpa kekurangan air

No.	Stesen	Kabupaten	Ia (%)	Tahap Kegersangan
29	Enrekang	Enrekang	15.11	Sedikit atau tanpa kekurangan air
30	Kalosi	Pinrang	2.55	Sedikit atau tanpa kekurangan air
31	Baraka	Enrekang	23.33	Kekurangan air sederhana
32	DAS Nolling	Palopo	32.33	Kekurangan air sederhana
33	Padang Sappa	Palopo	64.47	Kekurangan air tinggi
34	Toraja	Tator	11.33	Sedikit atau tanpa kekurangan air
35	Totumbang	Tator	20.83	Kekurangan air sederhana
36	Ceddie	Pare-pare	11.45	Sedikit atau tanpa kekurangan air
37	Rindingallo	Tator	17.34	Kekurangan air sederhana
38	Latuppa	Palopo	9.01	Sedikit atau tanpa kekurangan air
39	Sukamaju	Luwu Utara	6.14	Sedikit atau tanpa kekurangan air
40	BPP Malili	Luwu Timur	0.0	Sedikit atau tanpa kekurangan air
41	Balease	Luwu Utara	11.74	Sedikit atau tanpa kekurangan air
42	Mulyorejo	Luwu Utara	17.30	Kekurangan air sederhana
43	Bajeng	Takalar	33.99	Kekurangan air tinggi
44	Barukku	Sidrap	33.58	Kekurangan air tinggi
45	Bontouse	Sinjai	15.01	Sedikit atau tanpa kekurangan air
46	Bulu Cenrana	Sidrap	33.19	Kekurangan air sederhana
47	Galesong Selatan	Takalar	47.00	Kekurangan air tinggi
48	Lagading	Sidrap	37.05	Kekurangan air tinggi
49	Mangara Bomb.	Takalar	41.15	Kekurangan air tinggi
50	Manisa	Sidrap	48.65	Kekurangan air tinggi
51	Marioriawa	Soppeng	20.71	Kekurangan air sederhana
52	Matajang	Sidrap	37.18	Kekurangan air tinggi
53	Pancarajang	Sidrap	51.38	Kekurangan air tinggi
54	Pangkajene	Sidrap	40.27	Kekurangan air tinggi
55	Tanru Tedong	Sidrap	32.64	Kekurangan air sederhana
56	Wala	Tator	18.92	Kekurangan air sederhana
57	Wellei	Wajo	29.49	Kekurangan air sederhana
58	Watang Kalola	Wajo	30.64	Kekurangan air sederhana
59	Lanrae	Barru	46.43	Kekurangan air tinggi
60	Mangkoso	Barru	34.10	Kekurangan air tinggi
61	Manuba	Barru	28.41	Kekurangan air sederhana
62	Sikapa	Barru	32.45	Kekurangan air sederhana
63	Pattalasang	Jeneponto	48.88	Kekurangan air tinggi
64	Benteng	Jeneponto	49.54	Kekurangan air tinggi
65	Mate'ne	Jeneponto	54.62	Kekurangan air tinggi
66	Pakkaterang	Jeneponto	53.48	Kekurangan air tinggi

Sumber: Hasil Olahan Data 2009.

Sementara itu, bagi Wilayah seperti Takalar, Makassar, Pangkep, Wajo, Palopo didapati sering dipengaruhi oleh curahan hujan yang rendah. Faktor lainnya adalah penggunaan tanah yang sebahagian besarnya sudah merupakan tanah terbuka, terutamanya di kawasan pantai barat yang semakin lama semakin dihuni oleh penduduk sehingga banyak terjadinya perubahan pola guna tanah di mana dahulunya kawasan paya bakau telah berubah menjadi kawasan bertambak, manakala tanah pertanian berubah menjadi kawasan perumahan, perniagaan dan sebagainya. Perubahan pola guna tanah ini banyak memberi kesan kepada simpanan air tanah dan kadar larian air permukaan yang tinggi. Justeru, sifat sedemikian ini boleh menyebabkan keadaan tanah menjadi kurang air dan seterusnya boleh meningkatkan keadaan tanah menjadi kering berpanjangan. Di tambah pula, apabila suhu udara yang tinggi dalam kadar lama sehingga kelembapan udara amat rendah dan kurangnya berlaku proses sejat-peluhan. Kesemua faktor ini mampu menyebabkan berlakunya sifat kegersangan di kawasan kajian.



Rajah 5. Pola taburan aras kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan

## Kesimpulan

Faktor curahan hujan berkorelasi negatif dengan indeks kegersangan, bermakna semakin tinggi curahan hujan, maka semakin rendah indeks kegersangan. Sebaliknya, suhu udara berkorelasi positif dengan indeks kegersangan bermaksud semakin tinggi suhu udara maka semakin tinggi pula indeks kegersangan.

Tahap kegersangan di Provinsi Sulawesi Selatan terdiri dari tiga kelas iaitu tahap kegersangan rendah, sederhana dan tinggi. Tahap kegersangan rendah (< 16.7%) telah direkodkan pada 15 stesen curahan hujan yang terdapat pada wilayah Gowa dan Bone di bahagian Selatan, Luwu Utara dan Luwu Timur di bahagian Utara. Sementara itu, indeks kegersangan tinggi (> 33.3%) tersebar pada wilayah Palopo di bahagian utara, Sidrap dan Wajo di bahagian tengah, Makassar, Takalar, Jeneponto, Bulukumba dan Selayar di bahagian selatan manakala daerah lain menunjukkan nilai indeks kegersangan yang sederhana (16.7 – 33.3%).

Fenomena kemarau ini memberi kesan yang ketara terutamanya bagi kawasan pertanian yang semata-mata bergantung kepada curahan hujan untuk dimajukan. Apabila berlaku keadaan ini maka sudah tentu menjejaskan hasil pertanian dan seterusnya menyebabkan masalah kekurangan bahan makanan bagi penduduk setempat dan juga seluruh Provinsi Sulawesi Selatan. Malahan, keadaan ini turut memberi kesan ekonomi kepada ramai para petani kerana hasil tanaman tidak dapat menjana pendapatan mereka. Di samping itu, keadaan ini boleh juga menyebabkan masalah bekalan air bersih, pengangkutan air, sektor pelancongan dan rekreasi, masalah kebakaran hutan semulajadi dan kemungkinan berlakunya masalah kemiskinan dan kebuluran (Orn-uma Polpanich, 2010).

Situasi menjadi bertambah kritikal apabila keadaan kering ini turut menyebabkan berkembangnya wabak hama belalang. Lazimnya, tanaman seperti padi akan diserang oleh belalang perosak sehingga menjejaskan hasil pertanian. Keadaan ini turut memberi kesan ekonomi kepada para petani yang banyak bergantung kepada hasil pertanian. Wabak dan serangan hama belalang ini pernah dikaji dan diselidiki oleh Rosmini (2002a) di beberapa wilayah di Indonesia termasuklah di Provinsi Sulawesi Selatan.

Sungguhpun Provinsi Sulawesi Selatan ini tergolong sebagai kawasan beriklim tropika, namun oleh kerana beberapa faktor yang telah dijelaskan termasuklah faktor perubahan iklim global, fenomena kering ini tidak harus dipandang ringan dan sepi oleh pihak-pihak bertanggungjawab. Tindakan sewajarnya perlu dilaksanakan bagi menangani masalah yang dihadapi oleh penduduk khususnya para petani. Misalnya, para petani digalakkan menanam tanaman yang memerlukan air yang sedikit atau mengerjakan sawah padi dua atau tiga kali setahun (Orn-uma Polpanich, 2010). Selain itu, perlu meningkatkan lagi usaha dalam penyaluran air ke kawasan sawah melalui sistem perparitan dalam masa kemarau. Dengan usaha ini, ia bukan sahaja membantu para petani dalam mengerjakan kawasan sawah padi, tetapi pada masa yang sama mengurangkan masalah bekalan air domestik yang turut dialami oleh para penduduk.

## Penghargaan

Ucapan terima kasih kepada semua yang terlibat dalam membantu kajian ini, terutamanya kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional di atas pembiayaan yang diberikan sehingga kajian ini dapat dilakukan. Selanjutnya, terima kasih kami juga kepada Rektor UNM, Ketua Lembaga Penelitian UNM berserta kakitangannya, Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, Pemerintah Kabupaten/Kota seluruh Sulawesi Selatan yang telah memberikan kebenaran menjalankan penyelidikan ini dan seterusnya memberikan layanan pentadbiran dan data penyelidikan sehingga kajian ini dapat diselesaikan dengan sempurna.

## Rujukan

- Arora VK (2002) The use of the aridity index to assess climate change effect on annual runoff. *Journal of hydrology* **205**, 164 – 177.
- Chen CC, Gillig D, McCarl BA (2001) Effects of climate change on a water dependent regional economy: A study of the Texas of Edwards aquifer. *Climate Change* **49** (4), 397 – 409.
- Chow VT (1964) *Handbook of applied hydrology*. Mc Graw Hill Book Company, New York.
- ILACO BV (1985) *Agricultural compendium for rural development in the tropics and subtropics*. Elsevier Science Publishing Company INC, Amsterdam.
- Lungu M, Panaitescu L, Nită S (2011) Aridity, climate risk phenomenon in Dobrudja. *Present Environment and Sustainable Development* **5** (1), 179 – 189.
- Nastos PT, Politi N, Kapsomenakis J (2013) Spatial and temporal variability of the aridity index in Greece. *Atmospheric Research* **119**, 140 – 152.
- Orn-uma Polpanich (2010) Drought in Southeast Asia. GEO-DRI drought monitoring workshop, May 10-11, 2010. Winnipeg, Manitoba, Canada.
- Prävällie R (2013) Climate issues on aridity trends of Southern Oltenia in the last five dicades. *Geographia Technica* **1**, 70 – 79.
- Rosmini M (2001) *Evaluasi tingkat kekeringan daerah ledakan hama Belalang Kembara (Locusta sp) di Pulau Sumba Nusa Tenggara Timur* (Thesis Sarjana). Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. (Tidak diterbitkan)
- Rosmini M (2002a) Indeks Kekeringan dan hama Belalang Kembara (Locusta sp) di Pulau Sumba NTT. *Jurnal Transpormasi* **6** (1), 7854–7874.
- Rosmini M (2002b) Indeks Kekeringan Pulau Sumba Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal La Geografia* **I** (1), 1412–8187.
- Rosmini M (2005) Tingkat kekeringan Kabupaten Jeneponto Sulawesi Selatan (Aridity Index At Jeneponto South Sulawesi). *Jurnal La Geografia* **IV** (1), 1412–8187.
- Rosmini M (2008) Studi Indeks Kekeringan DAS MallanroE Sub DAS WalanaE Kabupaten Soppang menggunakan metode Thornthwaite. *Jurnal La Geografia* **VI** (1), 1412–8187.
- Rosmini M (2009) *Model pendugaan potensi ledakan populasi hama Belalang Kembara (Locusta sp)*. Laporan Hasil Penelitian Hibah Prioritas Nasional. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Rossi G (2000) Drought mitigation measures: a comprehensive framework. In: Voght J, Somma F (eds) *Drought and drought mitigation in Europe*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- Rudiyati S (1994) Agihan Indeks Kekeringan di Daerah Istimewa Yogyakarta menggunakan metode Thornthwaite (Skripsi). Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Shaharuddin Ahmad (2001) *Pengantar sains atmosfera*. Penerbit UKM, Bangi.
- Shaharuddin Ahmad, Noorazuan MD Hasyim (2010) *Perubahan iklim mikro di Malaysia*. Penerbit Fakulti Sains Sosial dan Kemanusiaan Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi.
- Sudibyakto (1985) Evaluasi kekeringan di Daerah Kedu Selatan dengan menggunakan Indeks Palmer. (Thesis Sarjana). Fakultas Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor (Tidak diterbitkan).
- Thornthwaite CW (1948) An approach toward a national classification of climate. *The Geographical review* **38** (1), 55 – 94.
- Thornthwaite CW, Mather JR (1957) Introduction and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. *Publ.In Clim.* **X** (3). Certerton, New Jersey.
- Tsakiris G, Vangelis H (2005) Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water* **9/10**, 3 – 11.
- UNEP (United Nations Environment Programme) (1997) *World atlas of desertification*. 2<sup>nd</sup> Edition. LUNEP, London.
- Van Vliet MTH, Zwolsman JGG (2008) Impact od summer drought on the water quality of the Meuse River. *Journal of Hydrology* **353**, 1 – 17.

- Wang G (2005) Agriculture drought in a future climate: Results from global climate models participating in the IPCC 4<sup>th</sup> assessment. *Climate Dynamic* **25** (7 – 8), 739 – 752.
- Wang G, Minnis RB, Belant JL, Wax CL (2010) Dry weather indices outbreaks of human West Nile virus infections. *BMC Infect. Dis.* **10** (38), 1 – 7.