

UJI KECENDERONGAN UNSUR-UNSUR IKLIM DI CEKUNGAN BANDUNG DENGAN METODE *MANN-KENDALL*

Dadang Subarna

Peneliti Pusat Pemanfaatan Sains dan Teknologi Atmosfer, Lapan
e-mail:dangsub@yahoo.com

RINGKASAN

Kecenderungan unsur-unsur iklim di daerah cekungan Bandung sangat penting untuk diteliti dalam rangka upaya mitigasi bencana hidroklimat dan perencanaan pengelolaan sumberdaya air di masa depan. Metode *Mann-Kendall* digunakan untuk melakukan uji kecenderungan terhadap empat unsur iklim seperti curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan selama periode 1998-2007. Hasil pengujian berdasarkan penolakan hipotesis null didapat bahwa risiko penolakan hipotesis null untuk curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan masing-masing sebesar 25%, 2,8%, 0,01% dan 12,1%. Dua nilai berada di bawah level signifikansi 5% untuk temperatur dan evaporasi yang menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan naik dengan tingkat keyakinan 95%. Untuk data curah hujan dan banyaknya hari hujan karena lebih besar dari level signifikansi 5% menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan turun pada kedua data tersebut dengan tingkat keyakinan masing-masing 75% dan 87,9%.

1 PENDAHULUAN

Cekungan Bandung (*Bandung Basin*) telah menjadi area obyek penelitian berbagai disiplin ilmu kebumihkarian karena wilayahnya yang unik berupa cekungan yang dikelilingi oleh pegunungan. Disamping itu, dalam dasa warsa terakhir bencana hidroklimat sering terjadi di daerah tersebut seperti banjir, angin puting beliung, penurunan muka air tanah, tanah amblas dan longsor. Pembangunan dan pertumbuhan populasi yang tidak sesuai dengan tata ruang yang direncanakan telah mengganggu kesetimbangan dan daya dukung lingkungan terhadap kehidupan. Eksploitasi air tanah yang tidak terkendali telah menyebabkan turunnya muka air tanah sehingga mengakibatkan penurunan permukaan tanah.

Variabilitas unsur-unsur iklim di daerah cekungan Bandung dipengaruhi oleh fenomena global sebagai konsekuensi dari adanya korelasi signifikan antara unsur-unsur iklim dengan beberapa fenomena global (Ruminta, 2006). Tjasjono *et al.* (2007) telah meneliti bahwa awan konvektif jenis cumulonimbus

dapat menyebabkan bencana banjir lokal terutama saat zona konvergensi intertropis berada di atas wilayah Indonesia diperkuat dengan efek orografik di daerah monsun seperti cekungan Bandung yang dapat meningkatkan jumlah curah hujan pada lereng dimana angin bergerak ke atas. Efek kumulatif antara pengaruh global dan lokal terhadap peningkatan kuantitas unsur-unsur iklim sangat signifikan yang jika diperparah dengan kondisi lingkungan yang rusak, dapat menyebabkan potensi bencana yang berisiko dan merugikan. Oleh karena itu, efek kumulatif ini penting untuk dikaji kapan dan dimana terjadi melalui analisis spasial dan temporal serta uji kecenderungannya. Penelitian-penelitian tersebut terkait erat dengan upaya memberikan masukan informasi bagi mitigasi bencana dan peningkatan pengelolaan sumberdaya air secara efektif di cekungan Bandung.

Bencana alam yang sering terjadi di daerah cekungan Bandung adalah bencana banjir, yang tidak hanya disebabkan oleh curah hujan tinggi di

atas normal saja, namun juga terdapat faktor-faktor lain seperti bentuk topografi daerah berupa cekungan yang dikelilingi gunung, tutupan lahan, dan jenis tekstur tanah. Faktor tersebut berpengaruh terhadap besarnya jumlah curah hujan yang terinfiltrasi dan jumlah curah hujan yang menjadi limpasan permukaan. Perubahan tutupan lahan yang terjadi di cekungan Bandung akan menyebabkan bertambah besarnya jumlah limpasan permukaan yang terjadi. Hal ini berakibat terhadap bertambah luasnya daerah genangan dan banjir serta terhadap ketinggian air yang terbentuk. Pengaruh perubahan tutupan lahan secara tidak langsung dapat dikaji melalui kuantitas dan perubahan evaporasi. Perubahan kuantitas evaporasi sangat erat dengan sifat-sifat dan karakteristik permukaan lahan atau daratan. Kajian tersebut perlu dilakukan mengingat pembangunan dan urbanisasi di daerah cekungan Bandung akan bertambah di masa depan.

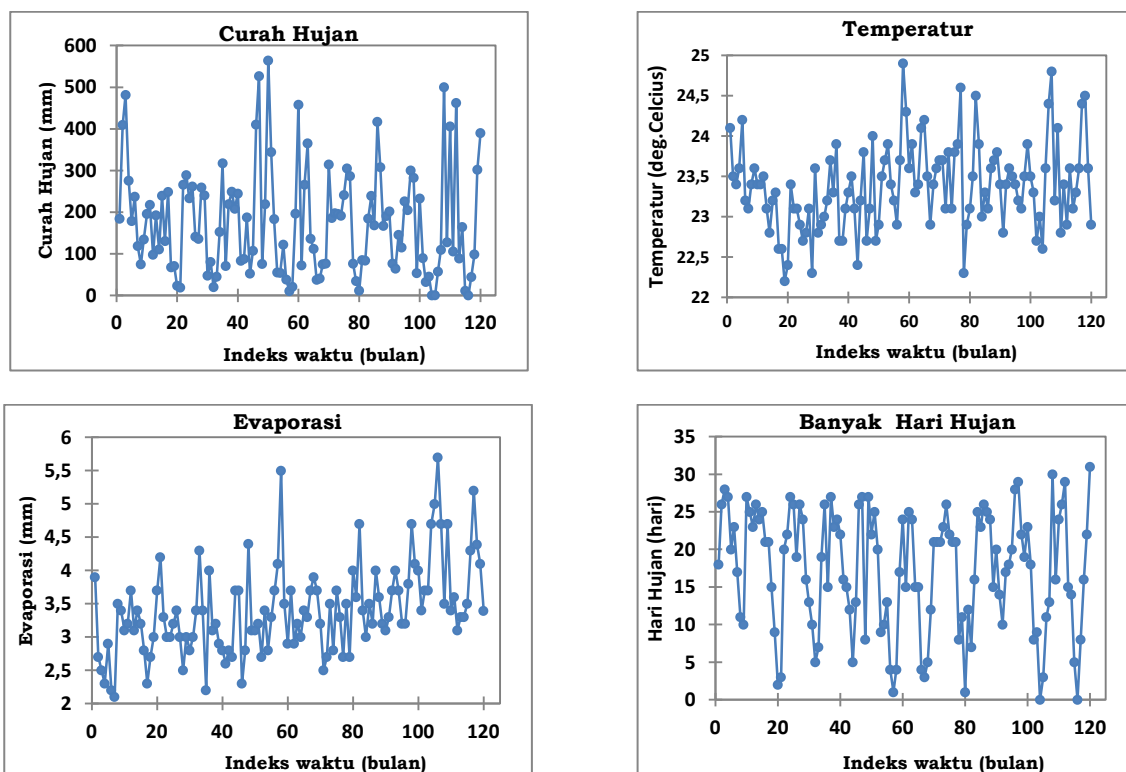
Penelitian ini bertujuan untuk menguji kecenderungan (*trend*) unsur-unsur iklim di daerah cekungan

Bandung seperti curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan dengan metode *Mann-Kendall*. Metode ini relatif baru dikembangkan untuk melengkapi kelemahan yang dihadapi oleh metode regresi linear atau *linear trend*. Metode kecenderungan linear sangat kesulitan bila digunakan untuk menguji kecenderungan pada data yang random (acak) dan relatif pendek periode pengamatannya (Subarna, 2010).

2 DATA DAN METODE

Data yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Stasiun Klimatologi Bandung yang terletak pada lokasi lintang $06^{\circ} 55'$ LS dan bujur $107^{\circ} 36'$ BT dengan elevasi 791 meter di atas permukaan laut.

Unsur-unsur iklim yang diteliti adalah curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan rata-rata bulanan selama periode pengamatan antara 1998-2007. Data tersebut dapat ditunjukkan pada Gambar 2-1.



Gambar 2-1: Data unsur-unsur iklim meliputi curah hujan, temperatur, evaporasi, banyak hari hujan yang dianalisis kecenderungannya

Data curah hujan, evaporasi dan banyaknya hari hujan relatif sangat acak bila dibandingkan dengan data temperatur. Tampilan grafik awal, biasanya sudah dapat diidentifikasi dengan jelas mana data yang mempunyai kecenderungan dan mana yang tidak ada kecenderungan bila datanya regular dan deterministik.

Untuk menguji adanya kecenderungan (*trend*) kenaikan atau penurunan dari data tersebut digunakan uji statistik non-parametrik *Mann-Kendall* (Onoz et al., 2003). Uji *Mann-Kendall* didasarkan pada S statistik yang diterangkan pada persamaan 2-1. Masing-masing pasangan nilai data yang diamati y_i, y_j ($i > j$) dari variabel acak diperiksa untuk menemukan apakah $y_i > y_j$ atau $y_i < y_j$. Bila bilangan dari tipe pasangan sebelumnya berupa P dan bilangan tipe pasangan sesudahnya M, maka S didefinisikan sebagai $S = P - M$. Untuk $n > 10$ maka distribusi sampel dari S adalah:

Z mengikuti distribusi normal standar dimana

$$Z = \begin{cases} (S-1)/\sigma_s, & \text{jika } S > 0 \\ 0, & \text{jika } S = 0 \\ (S+1)/\sigma_s, & \text{jika } S < 0 \end{cases} \quad \sigma_s = \sqrt{\frac{n(n-1)(2n+5)}{18}} \quad (2-1)$$

Keterangan:
n = jumlah data

σ = standar deviasi

Di dalam statistik terdapat beberapa metode pengujian hipotesis, salah satunya adalah hipotesis null. Hipotesis null yang dilambangkan dengan H_0 adalah suatu metode penarikan kesimpulan dari dua proposisi (pernyataan) pada makalah ini yaitu:

H_0 : Tidak terdapat kecenderungan dalam data unsur iklim

H_1 : Terdapat kecenderungan dalam data unsur iklim

Hipotesis null ditolak ketika nilai Z yang dihitung lebih besar dari $Z_{\alpha/2}$ nilai mutlak. Uji *Mann-Kendall* sering digunakan untuk tes non-parametrik yang mempunyai kemampuan untuk mendeteksi kemiringan kecenderungan (*trend*), ukuran sampel, level signifikan, koefisien variasi dan tipe distribusi peluangnya. Kemampuan ini yang tidak dipunyai oleh uji statistik linear biasa.

3 PEMBAHASAN

Untuk memahami kondisi data curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan di cekungan Bandung maka dilakukan pengolahan ukuran-ukuran statistiknya. Dengan melakukan pengolahan dengan metode statistik deskriptif maka didapat Tabel 3-1.

Tabel 3-1: STATISTIK DESKRIPTIF DATA UNSUR-UNSUR IKLIM DI CEKUNGAN BANDUNG

Variabel	Observasi	Data hilang	Banyak data	Min.	Maks.	Rerata	Std. Deviasi
Curah Hujan	120	0	120	0	563,8	174,704	127,699
Temperatur	120	0	120	22,2	24,9	23,371	0,532
Evaporasi	120	0	120	2,1	5,7	3,407	0,674
Banyak hari hujan	120	0	120	0	31	17,292	8,033

Dari Tabel 3-1 terlihat bahwa curah hujan mempunyai nilai standar deviasi terbesar yang menunjukkan bahwa curah hujan mempunyai variabilitas dan keragaman yang tinggi. Makin besar nilai standar deviasinya maka kurva probabilitasnya makin landai ke arah nilai ekstrim dan variansi dari nilai reratanya makin besar. Sehingga dapat dikatakan bahwa data curah hujan mempunyai persistensi yang paling rendah dibandingkan dengan data banyaknya hari hujan, evaporasi dan temperatur. Data temperatur dan evaporasi mempunyai variabilitas rendah dan relatif stabil sehingga tidak menunjukkan fluktuasi yang signifikan.

Algoritma uji *Mann-Kendall* adalah melakukan pengecekan setiap data dengan data sebelum dan sesudahnya seperti ditunjukkan dengan Persamaan 2-1. Masing-masing pasangan nilai data yang diamati y_i, y_j ($i > j$) dari variabel acak diperiksa untuk menemukan apakah $y_i > y_j$ atau $y_i < y_j$. Hasil uji *Mann-Kendall* untuk curah hujan ditunjukkan pada Tabel 3-2.

Tabel 3-2: HASIL UJI *MANN-KENDALL* DATA CURAH HUJAN

Parameter Uji	Hasil
Uji kecenderungan <i>Mann-Kendall</i> / Uji Dua arah (Two-tailed) Curah Hujan:	
Kendall's tau	-0,071
S	-508,0
Var(S)	194362,667
p-value (Two-tailed)	0,250
alpha	0,05

ket: *p-value* adalah probabilitas yang didapat dari suatu uji statistik

Dimana Kendall's tau adalah koefisien korelasi ranking Kendall untuk mengukur hubungan antara dua besaran yang diukur.

Aproksimasi digunakan untuk menghitung nilai *p*. Interpretasi pengujian hipotesis null:

H_0 : Tidak terdapat kecenderungan dalam data curah hujan

H_1 : Terdapat kecenderungan dalam data curah hujan

Jika nilai *p-value* lebih besar dari level alpha signifikan sebesar 0,05 maka hipotesis null H_0 tidak dapat ditolak sehingga risiko penolakan hipotesis null H_0 benar hanya 25%. Bila nilai *p-value* lebih kecil dari level signifikansi alpha sebesar 0,05 maka tolak hipotesis null H_0 dan terima hipotesis alternatif H_1 tidak dapat dilakukan. Konsekuensi penolakan hipotesis null H_0 dibenarkan bila lebih rendah dari level signifikansi alpha 5%. Pada Tabel 3-2 dapat dilihat beberapa parameter uji kecenderungan *Mann-Kendall*. Terdapat tiga nilai S statistik yang penting dalam uji tersebut (Lihat Persamaan 2-1). Nilai S statistik bernilai negatif besar berarti kecenderungan turun dan nilai S statistik bernilai positif besar berarti kecenderungan naik, sedangkan nol berarti tidak ada kecenderungan. Uji kecenderungan *Mann-Kendall* data curah hujan terdapat nilai S statistik negatif besar yang berarti bahwa dengan keyakinan sebesar 25% terdapat kecenderungan turun dan penolakan H_0 tidak dapat dilakukan karena nilai *p-value* sebesar 0,25 lebih besar dari level signifikansi alpha sebesar 0,05.

Tabel 3-3: HASIL UJI *MANN-KENDALL* DATA TEMPERATUR

Parameter Uji	Hasil
Uji kecenderungan <i>Mann-Kendall</i> / Uji Dua arah (Two-tailed) Temperatur	
Kendall's tau	0,140
S	969,000
Var(S)	193283,000
p-value (Two-tailed)	0,028
alpha	0,05

Hasil pengujian *Mann-Kendall* untuk data temperatur dapat dilihat pada Tabel 3-3. Hipotesis null untuk pengujian kecenderungan pada data temperatur adalah:

H_0 : Tidak terdapat kecenderungan dalam data temperatur

H_1 : Terdapat kecenderungan dalam data temperatur

Nilai *p-value* untuk data temperatur sebesar 0,028 lebih kecil dari level signifikansi alpha sebesar 0,05 sehingga H_0 layak ditolak karena risiko penolakan hipotesis null H_0 seandainya benar hanya 2,77% dan harus menerima hipotesis alternatif H_1 . S statistik bernilai positif menunjukkan bahwa pada data temperatur terdapat kecenderungan naik dengan tingkat keyakinan 95%.

Tabel 3-4: HASIL UJI *MANN-KENDALL* DATA EVAPORASI

Parameter Uji	Hasil
Uji kecenderungan <i>Mann-Kendall</i> / Uji Dua arah (<i>Two-tailed</i>) Evaporasi	
Kendall's tau	0,340
S	2368,000
Var(S)	193461,333
p-value (<i>Two-tailed</i>)	< 0,0001
alpha	0,05

Untuk data evaporasi hasil pengujian *Mann-Kendall* dapat dilihat pada Tabel 3-4. Hipotesis null untuk pengujian kecenderungan pada data evaporasi adalah:

H_0 : Tidak terdapat kecenderungan dalam data evaporasi

H_1 : Terdapat kecenderungan dalam data evaporasi

Nilai *p-value* lebih kecil dari level signifikansi alpha sebesar 0,05 maka tolak hipotesis null H_0 dan terima hipotesis alternatif H_1 . Konsekuensi penolakan hipotesis null H_0 dibenarkan bila lebih rendah dari 0,01%. Nilai *p-value* untuk data evaporasi < 0,0001 lebih kecil level signifikansi alpha sebesar 0,05 sehingga H_0 layak ditolak karena risiko penolakan hipotesis null H_0 seandainya benar hanya 0,01% dan harus menerima hipotesis alternatif H_1 . S statistik bernilai positif menunjukkan

bahwa pada data evaporasi terdapat kecenderungan naik dengan dengan tingkat keyakinan 95%. Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan evaporasi sangat terkait erat dengan perubahan penggunaan lahan dan tutupan lahan atau daratan misalnya dari yang tadinya vegetasi menjadi jalan-jalan, gedung-gedung dan bangunan lainnya yang mempunyai koefisien infiltrasi kecil.

Tabel 3-5: HASIL UJI *MANN-KENDALL* DATA BANYAK HARI HUJAN

Parameter Uji	Hasil
Uji kecenderungan <i>Mann-Kendall</i> / Uji Dua arah (<i>Two-tailed</i>) Banyaknya Hari Hujan	
Kendall's tau	-0,097
S	-684,000
Var(S)	193904,000
p-value (<i>Two-tailed</i>)	0,121
alpha	0,05

Hasil pengujian *Mann-Kendall* untuk data banyaknya hari hujan ditunjukkan pada Tabel 3-5. Hipotesis null untuk pengujian kecenderungan pada data banyaknya hari hujan adalah:

H_0 : Tidak terdapat kecenderungan dalam data banyaknya hari hujan

H_1 : Terdapat kecenderungan dalam data banyaknya hari hujan

Terlihat bahwa nilai *p-value* lebih besar dari level alpa signifikan sebesar 0,05 yaitu 0,121 maka hipotesis null H_0 tidak dapat ditolak sehingga risiko penolakan hipotesis null H_0 benar hanya 12,1%. Bila nilai *p-value* lebih kecil dari level signifikansi alpha sebesar 0,05 maka tolak hipotesis null H_0 dan terima hipotesis alternatif H_1 tidak dapat dilakukan. Konsekuensi penolakan hipotesis null H_0 dibenarkan bila lebih rendah dari level signifikansi alpha 5%.

4 KESIMPULAN

Pengujian dengan metode *Mann-Kendall* telah dilakukan pada data unsur-unsur iklim yang meliputi data curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan di cekungan Bandung pada periode pengamatan

1998-2007 dan mendapatkan beberapa hasil yang dapat disimpulkan:

- Data curah hujan mempunyai persistensi yang paling rendah dan variabilitas tinggi dibandingkan dengan data temperatur, evaporasi dan data banyaknya hari hujan yang ditunjukkan dengan nilai standar deviasi yang paling tinggi. Hasil Uji *Mann_Kendall* menunjukkan kecenderungan turun.
- Hasil pengujian berdasarkan penolakan hipotesis null didapat bahwa risiko penolakan hipotesis null untuk curah hujan, temperatur, evaporasi dan banyaknya hari hujan masing-masing sebesar 25%, 2,8%, 0,01% dan 12,1%.
- Nilai *p-value* untuk data temperatur dan evaporasi berada di bawah level signifikansi 5% dan nilai S statistik positif yang menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan naik dengan tingkat keyakinan 95%.
- Data curah hujan dan data banyaknya hari hujan mempunyai nilai *p-value* yang lebih besar dari level signifikansi 5% dan nilai S statistik negatif yang menunjukkan bahwa terdapat

kecenderungan turun pada kedua data tersebut dengan tingkat keyakinan masing-masing 75% dan 87,9%

DAFTAR RUJUKAN

- Onoz, B., and M. Bayazit, 2003. *The Power of Statistical Tests for Trend Detection*, *J. Eng. Env. Sci.* Vol. 27, 247-251, TUBITAK Turkish.
- Ruminta, 2006. *Persistensi dan Variabilitas Hidrometeorologi Daerah Aliran Sungai Citarum*. Prosiding Seminar Tahunan Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, pp 581-594.
- Subarna, D., 2010. *Variabilitas Suhu Permukaan Bulanan di Atas Kepulauan Indonesia Selama Satu Abad Terakhir*. Prosiding Seminar Sains Atmosfer 1, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Tjasjono, B. HK; I. Juaeni; dan S.W.B. Harijono, 2007. *Proses Meteorologis Bencana Banjir di Indonesia*, *Jurnal Meteorologi dan Geofisika* Vol. 8 No. 2.