

KORELASI ANTARA INDEKS KECERAHAN (K_T) DENGAN PARAMETER METEOROLOGI DI BUKIT KOTOTABANG MENGUNAKAN PENDEKATAN REGRESI MULTI LINIER TERHADAP PERSAMAAN ÅNGSTROM TERMODIFIKASI

Alberth Christian Nahas dan Sugeng Nugorho
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika

ABSTRACT

A study of the correlation between solar radiation and several meteorological parameters had been done. Solar radiation was represented by the clearness index (K_T), the ratio of the global solar radiation on the surface and global solar radiation on the top of atmosphere or extraterrestrial solar radiation. K_T was correlated with meteorological parameters which are taking from Campbell-Stock observation for relative sunshine duration, and from Automatic Weather Station (AWS), for ratio of minimum and maximum temperature, average temperature, and relative humidity. All of the data were collected from February 2008 to March 2009 using daily average. Multi linear regression method was used to determine the best correlation between the parameters, based on Ångstrom equation which already used for correlating the global solar radiation and relative sunshine duration. The values of correlation coefficient (r), Root Mean Square Error (RMSE), Mean Bias Error (MBE), and Mean Percentage Error (MPE) were used to determine which equation had the strongest correlation. The result suggested that the relation of clearness index and 4 meteorological parameters provides the best correlation among the others. The modified Ångstrom equation for this relation is $\frac{H}{H_0} = 0.3709 + 0.2577 \frac{S}{S_0} - 0.2744 \frac{T_{\min}}{T_{\max}} + 0.0339 T_{\text{ave}} - 0.0060 RH$, where H/H_0 is the clearness index, S/S_0 is the relative sunshine duration, T_{\min}/T_{\max} is the ratio of daily minimum and maximum surface temperature, T_{ave} is the daily average surface temperature, and RH is the relative humidity. The modified Ångstrom equation can be used to determine the impact of several meteorological parameters on the clearness index.

Keywords : *Clearness index, Global Solar Radiation, Bukit Kototabang.*

1. PENDAHULUAN

Keberadaan matahari sangat berpengaruh terhadap iklim di bumi. Radiasi matahari merupakan sumber energi yang sangat penting di bumi. Tanaman memerlukan radiasi matahari untuk dapat tumbuh karena penggunaannya dalam proses fotosintesis. Selain itu, radiasi matahari juga mempengaruhi daur hidrologi dan keseimbangan air tanah (Trnka *et al.*, 2005) Radiasi matahari mempengaruhi sirkulasi yang terjadi baik di atmosfer maupun di laut. Perubahan pada intensitas radiasi matahari akan sangat berpengaruh pada sirkulasi yang terjadi di bumi tersebut. Secara umum, ada tiga hal yang dapat mempengaruhi intensitas radiasi matahari di bumi, yaitu posisi relatif matahari terhadap bumi, aktivitas yang terjadi di matahari, maupun kondisi atmosfer bumi. Dua faktor yang disebutkan pertama umumnya terjadi secara alami dan periodik, misalnya siklus sebelas tahunan Sun Spot dan variasi ekliptikal orbit matahari terhadap bumi yang terjadi dalam rentang waktu 10000 tahun. Berbeda halnya dengan kedua faktor di atas, kondisi atmosfer bumi sangat rentan terhadap pengaruh aktivitas yang

dilakukan di permukaan bumi. Perubahan komposisi fisika dan kimia atmosfer akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca dan aerosol misalnya sangat mempengaruhi keseimbangan antara radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi maupun energi yang dilepaskan ke luar angkasa (IPCC, 2007).

Indonesia berada di daerah beriklim tropis, dimana radiasi matahari yang diterima lebih besar dan relatif konstan sepanjang tahun apabila dibandingkan dengan daerah lainnya. Oleh karena itu, radiasi matahari sangat berpotensi untuk digunakan sebagai salah satu sumber energi utama di Indonesia. Namun demikian, terbatasnya kajian terhadap radiasi matahari yang salah satunya disebabkan oleh terbatasnya lokasi pengukuran terhadap intensitas radiasi matahari di Indonesia. Salah satu lokasi di Indonesia dimana dilakukan pengukuran intensitas radiasi matahari adalah Bukit Kototabang. Oleh karena intensitas radiasi matahari yang diterima di permukaan bumi sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat, maka pengukuran parameter-parameter meteorologi juga sangat penting untuk dilakukan.

Kajian mengenai pengaruh kondisi atmosfer bumi yang direpresentasikan melalui parameter meteorologi telah dilakukan sebelumnya, diantaranya oleh Akpabio dan Etuk (2003), Ahmad dan Ulfat (2004), serta Falayi *et al.* (2008). Kajian-kajian tersebut memperkenalkan sebuah persamaan yang merupakan modifikasi persamaan Ångstrom yang telah digunakan untuk menentukan hubungan antara indeks kecerahan (K_T) dengan lama penyinaran matahari dalam satu hari (Ångstrom, 1924).

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{S}{S_0} \dots\dots\dots (1)$$

H/H_0 merupakan indeks kecerahan, yaitu perbandingan antara radiasi matahari global yang diterima permukaan bumi dengan radiasi matahari global pada puncak atmosfer. S/S_0 merupakan waktu relatif lamanya matahari bersinar.

Dalam tulisan ini, korelasi antara indeks kecerahan dengan parameter meteorologi seperti kelembaban relatif, rasio suhu minimum dan maksimum, serta suhu rata-rata ditentukan untuk membangun suatu persamaan baru yang merupakan modifikasi dari persamaan Ångstrom. Dengan menentukan korelasi antara indeks kecerahan dengan parameter-parameter meteorologi, dapat diperoleh suatu hubungan antara parameter-parameter tersebut terhadap intensitas radiasi matahari global yang terukur di Bukit Kototabang.

2. METODOLOGI

Data yang digunakan pada tulisan ini dikumpulkan dari data hasil pengukuran di Bukit Kototabang selama 13 bulan, yaitu dari bulan Februari 2008 sampai dengan Maret 2009. Data-data yang dipergunakan antara lain data intensitas radiasi matahari global yang berasal dari piranometer tipe EPPLEY QPSP (*quartz spectral pyranometer*). Lamanya matahari bersinar ditentukan dari hasil pembacaan pias *Campbell-Stock*. Sedangkan untuk data suhu maksimum, suhu minimum, suhu rata-rata, dan kelembaban relatif, diperoleh dari hasil pengukuran dengan menggunakan *Automatic Weather Station (AWS)* tipe VAISALA 101.

Untuk membangun persamaan Ångstrom termodifikasi, dipergunakan pendekatan regresi multi linier dengan mengasumsikan semua variabel bebas dalam persamaan tersebut berorde satu terhadap variabel terikatnya. Secara umum, persamaan yang dibangun adalah sebagai berikut:

$$y = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + \dots + nx_n \dots\dots\dots (2)$$

dimana dalam persamaan tersebut, indeks kecerahan merupakan variabel terikat (y), sedangkan parameter-parameter lainnya sebagai variabel bebas (x). Indeks kecerahan diperoleh dari hasil perbandingan radiasi matahari global yang diukur dari piranometer dengan radiasi matahari ekstraterrestrial yang ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$H_0 = \frac{24 \times 3600}{\pi} I_{SC} \left(1 + 0.033 \cos \frac{360n}{365} \right) \left(\cos \phi \cos \delta \sin \omega_s + \frac{2\pi\omega_s}{360} \sin \phi \sin \delta \right) \dots\dots\dots (3)$$

- H_0 = radiasi matahari ekstraterrestrial (W/m^2)
- I_{SC} = konstanta matahari ($1367 W/m^2$) (Falayi *et al.*, 2008)
- n = penanggalan Julian (1 Februari 2008 = 32, 2 Februari 2008 = 33, ..., 31 Desember 2008 = 366)
- ϕ = sudut lintang lokasi Bukit Kototabang

δ = sudut deklinasi matahari
 ω_s = sudut matahari terbenam pada n untuk setiap bulannya
 Besarnya ω_s ditentukan dengan:

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta) \dots\dots\dots (4)$$

Sedangkan δ diperoleh melalui persamaan:

$$\delta = 23.45 \sin\left(360 \frac{284 + n}{365}\right) \dots\dots\dots (5)$$

Data tersebut diolah dengan menggunakan MS Excel. Dari 425 baris data yang tersedia, hanya 390 data saja yang dimasukkan dalam perhitungan. 35 data lainnya tidak diikutkan dalam perhitungan karena ketidaklengkapan parameter yang ditentukan. Data tersebut kemudian diolah dengan menggunakan software Datafit 9.0 untuk memperoleh persamaan-persamaan empiris yang diinginkan dan untuk menentukan besarnya nilai koefisien korelasi (r) dari persamaan-persamaan tersebut.

Analisis data dilakukan selain dengan menentukan nilai r tiap-tiap persamaan, juga dilakukan dengan menghitung besarnya *Root Mean Square* (RMSE), *Mean Bias Error* (MBE) dan *Mean Percentage Error* (MPE) dengan menggunakan MS Excel. Nilai-nilai tersebut diperoleh dari perhitungan dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (H_{pred} - H_{obs})^2}{n}} \dots\dots\dots (6)$$

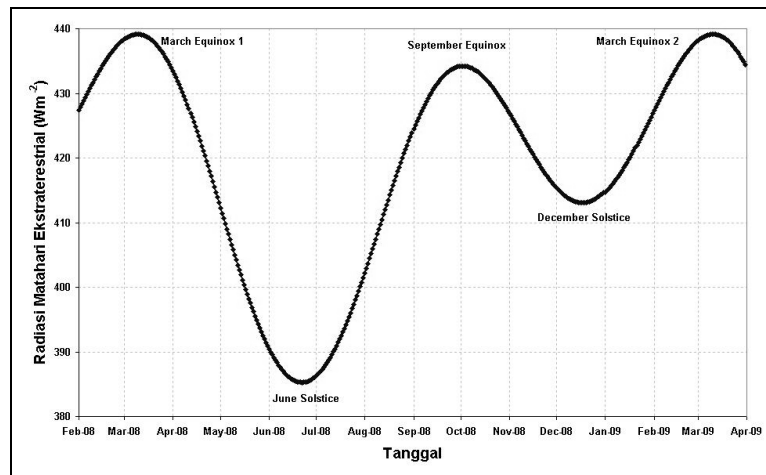
$$MBE = \frac{H_{pred} - H_{obs}}{n} \dots\dots\dots (7)$$

$$MPE = \frac{\sum \left(\frac{H_{pred} - H_{obs}}{H_{obs}} \times 100 \right)}{n} \dots\dots\dots (8)$$

dimana H_{pred} merupakan radiasi matahari global harian dari hasil perhitungan dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah diperoleh, H_{obs} adalah radiasi matahari global harian yang terukur dari piranometer, dan n merupakan jumlah data.

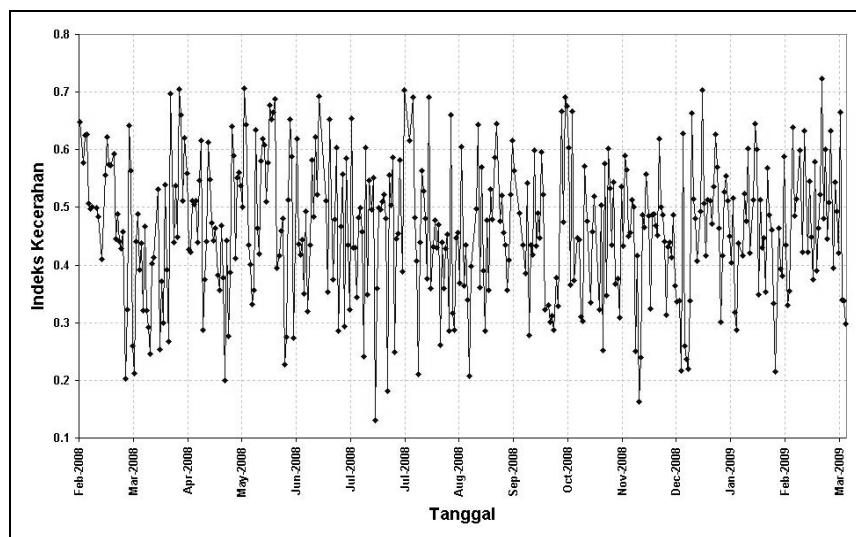
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Besarnya nilai indeks kecerahan (K_T) ditentukan oleh nilai radiasi matahari yang diterima dipermukaan bumi (H) dan radiasi matahari ekstraterrestrial (H_0). H_0 merupakan suatu besaran dimana intensitas radiasi matahari belum mengalami pengurangan. Dari persamaan (3) terlihat bahwa besarnya nilai H_0 dipengaruhi oleh posisi relatif matahari terhadap bumi (δ dan ω_s) dan lokasi pengamatan (φ). Hal ini dapat dijelaskan dari hasil perhitungan H_0 pada periode pengamatan dimana kedua faktor tersebut sangat berpengaruh terhadap besarnya nilai K_T . Posisi lintang Bukit Kototabang yang berada pada lintang $0,2^\circ$ LS mempengaruhi fluktuasi penerimaan intensitas radiasi matahari yang mengikuti pergerakan semu tahunan matahari. Gambar 1 memperlihatkan fluktuasi nilai H_0 hasil perhitungan di Bukit Kototabang. Pada bulan Maret dan September, ketika posisi matahari berada di sekitar garis ekuator (*equinox*), H_0 bernilai maksimum. Ketika matahari berada pada posisi terjauh dari garis ekuator (*solstice*), yaitu $23,5^\circ$ LU pada bulan Juni dan $23,5^\circ$ LS di bulan Desember, H_0 mencapai nilai minimum. Penentuan nilai K_T dapat digunakan untuk mengetahui kondisi fisis atmosfer pada periode tertentu. Hal ini disebabkan K_T memberikan nilai perbandingan antara intensitas radiasi matahari yang sampai di permukaan bumi dengan yang ada di puncak atmosfer. Nilai ini merepresentasikan berapa besar intensitas radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Semakin tinggi nilai K_T , maka semakin besar pula intensitas radiasi matahari di permukaan bumi. Sebaliknya, indeks kecerahan yang rendah menggambarkan kecilnya intensitas radiasi matahari yang diterima oleh permukaan bumi. Liu mengklasifikasikan K_T menjadi tiga, yaitu mendung (*overcast*) jika nilai K_T dibawah 0,3, berawan sebagian (*partly cloudy*) jika nilai K_T ada di antara 0,3-0,7, dan cerah (*clear*) dengan nilai K_T di atas 0,7 (Iqbal, 1984).



Gambar 1. Fluktuasi H_0 Hasil Perhitungan di Bukit Kototabang pada periode Februari 2008 – Maret 2009

Hasil pengamatan di Bukit Kototabang memperlihatkan bahwa dalam periode Februari 2008 sampai dengan Maret 2009, sebagian besar kondisi langit berada dalam keadaan berawan sebagian, yaitu mencakup 90,26% dari total hari. Sisanya, sebanyak 9,74% menunjukkan kondisi mendung dan tidak ada hari dimana langit berada dalam keadaan cerah. Indeks kecerahan pada periode ini adalah sebesar 0,463 atau dalam kategori berawan sebagian. Dari hasil tersebut terlihat bahwa kurang dari separuh radiasi matahari yang diterima di Bukit Kototabang. Bagian yang tidak sampai dipermukaan bumi telah mengalami beberapa proses diantaranya penyaringan radiasi UV di lapisan stratosfer, absorpsi dari awan dan aerosol di troposfer, dan pantulan albedo bumi. Beberapa parameter meteorologi dapat digunakan untuk melihat pengaruh kondisi atmosfer terhadap K_T . Besarnya pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap nilai K_T bervariasi. Selain itu, pengaruh terhadap K_T juga bisa diperoleh dari kombinasi dari dua atau lebih parameter meteorologi.



Gambar 2. Fluktuasi Indeks Kecerahan di Bukit Kototabang pada periode Februari 2008 – Maret 2009

Persamaan Ångström mengisyaratkan adanya hubungan antara lama penyinaran matahari relatif (S/S_0) dengan K_T seperti yang dirumuskan pada Persamaan (1). Korelasi antara kedua parameter ini dapat dijadikan acuan untuk melakukan modifikasi terhadap persamaan Ångström dengan mengasumsikan bahwa korelasi antara K_T dengan parameter meteorologi lainnya berorde satu. Selain terhadap masing-masing parameter, persamaan Ångström juga dimodifikasi dengan mengkombinasikan parameter-parameter meteorologi sebagai faktor yang mempengaruhi nilai K_T . Tabel 1

merangkum seluruh persamaan Ångstrom termodifikasi yang mungkin diperoleh dari korelasi antara K_T dengan parameter meteorologi yang terukur di Bukit Kototabang. Nilai korelasi yang diperoleh berkisar antara 0.6124-0.8990 menunjukkan korelasi linier yang cukup signifikan antara K_T dengan parameter meteorologi yang terukur di Bukit Kototabang.

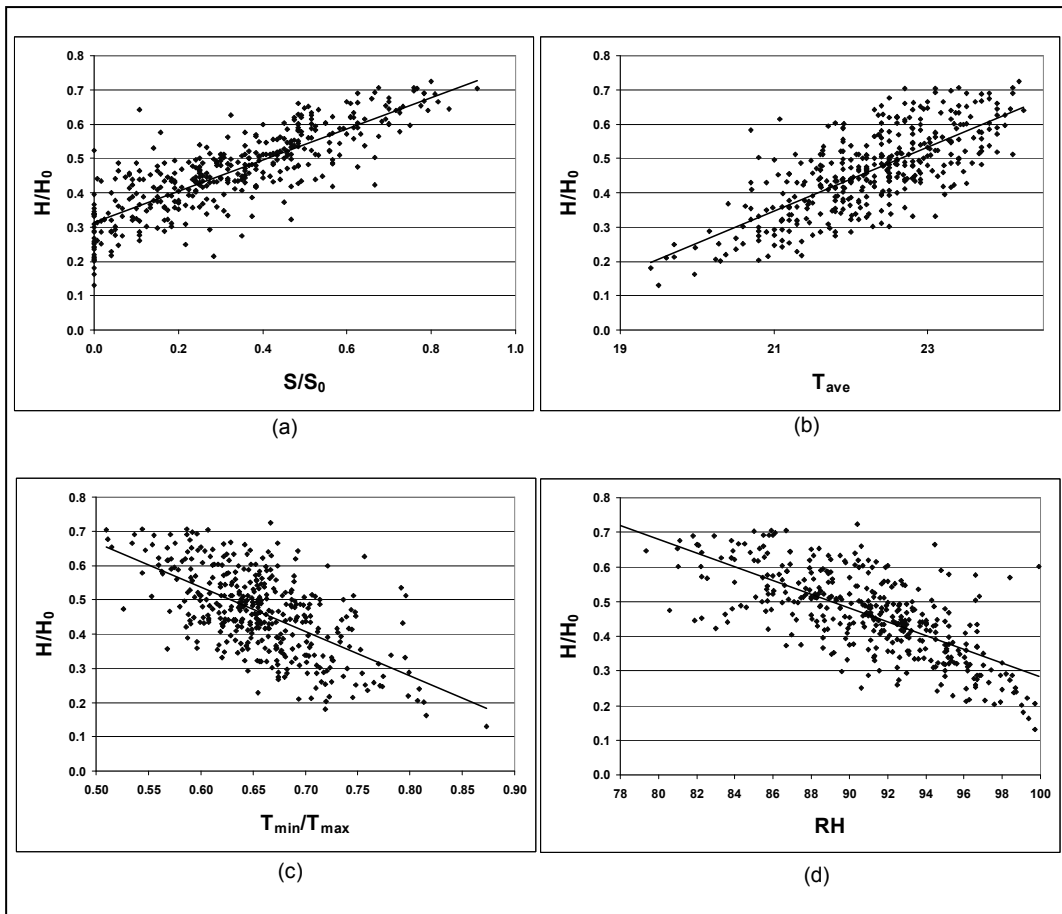
Tabel 1. Persamaan Ångstrom dan Persamaan Ångstrom Termodifikasi yang diperoleh dari data hasil pengukuran di Bukit Kototabang (r = koefisien korelasi linier, RMSE = *Root Mean Square Error*, MBE = *Mean Bias Error*, MPE = *Mean Percentage Error*)

Persamaan Ångstrom Termodifikasi	r	RMSE	MBE	MPE
$\frac{H}{H_0} = 0.4568 \frac{S}{S_0} + 0.3129$	0.8280	28.1820	-0.0587	3.0821
$\frac{H}{H_0} = -1.2911 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 1.3108$	0.6124	39.6312	-0.1013	5.0532
$\frac{H}{H_0} = 0.0937 T_{ave} - 1.5755$	0.7313	34.0416	0.0308	3.5696
$\frac{H}{H_0} = -0.0199 RH + 2.2696$	0.6986	35.9527	-1.1518	3.5878
$\frac{H}{H_0} = 0.3517 \frac{S}{S_0} - 0.0092 RH + 1.1875$	0.8688	24.9197	-0.0612	3.1540
$\frac{H}{H_0} = 0.3357 \frac{S}{S_0} + 0.0457 T_{ave} - 0.6420$	0.8746	24.3422	-0.2597	1.9643
$\frac{H}{H_0} = 0.3910 \frac{S}{S_0} - 0.4440 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.6262$	0.8460	26.7837	-0.0662	2.6700
$\frac{H}{H_0} = 0.0631 T_{ave} - 0.0118 RH + 0.1672$	0.8071	29.5859	1.6949	3.5624
$\frac{H}{H_0} = -0.7692 \frac{T_{min}}{T_{max}} - 0.0150 RH + 2.3323$	0.7694	32.1331	0.0378	3.2536
$\frac{H}{H_0} = -0.7540 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.0733 T_{ave} - 0.6356$	0.7983	30.1028	0.3099	2.7907
$\frac{H}{H_0} = 0.2867 \frac{S}{S_0} + 0.0355 T_{ave} - 0.0067 RH + 0.2066$	0.8927	22.5882	0.3162	1.9553
$\frac{H}{H_0} = 0.3146 \frac{S}{S_0} - 0.3193 \frac{T_{min}}{T_{max}} - 0.0083 RH + 1.3278$	0.8774	24.1531	1.4909	2.9759
$\frac{H}{H_0} = 0.2931 \frac{S}{S_0} - 0.3445 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.0425 T_{ave} - 0.3311$	0.8846	23.3883	0.1420	1.9433
$\frac{H}{H_0} = -0.5676 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.0541 T_{ave} - 0.0094 RH + 0.5152$	0.8394	27.2234	0.6436	2.4538
$\frac{H}{H_0} = 0.2577 \frac{S}{S_0} - 0.2744 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.0339 T_{ave} - 0.0060 RH + 0.3709$	0.8990	22.0310	1.7170	2.5866

Korelasi Nilai K_T terhadap Satu Parameter Meteorologi

Dari ke-empat parameter meteorologi yang digunakan, yaitu lama penyinaran matahari relatif (S/S_0), temperatur rata-rata (T_{ave}), rasio temperatur minimum dan temperatur maksimum (T_{min}/T_{max}), dan kelembaban relatif (RH), nilai korelasi tertinggi diperoleh dari hubungan antara K_T dengan S/S_0 , yaitu sebesar 0.8280. Rata-rata nilai koefisien korelasi K_T yang dipengaruhi oleh satu parameter meteorologi sebesar 0.7176. Nilai ini lebih kecil jika dibandingkan dengan masing-masing nilai r terhadap dua parameter atau lebih maupun terhadap rata-ratanya. Hal ini mengindikasikan bahwa masing-masing parameter memberikan kontribusi terhadap nilai K_T jika dua atau lebih parameter tersebut dikombinasikan. Korelasi masing-masing parameter terhadap K_T disajikan

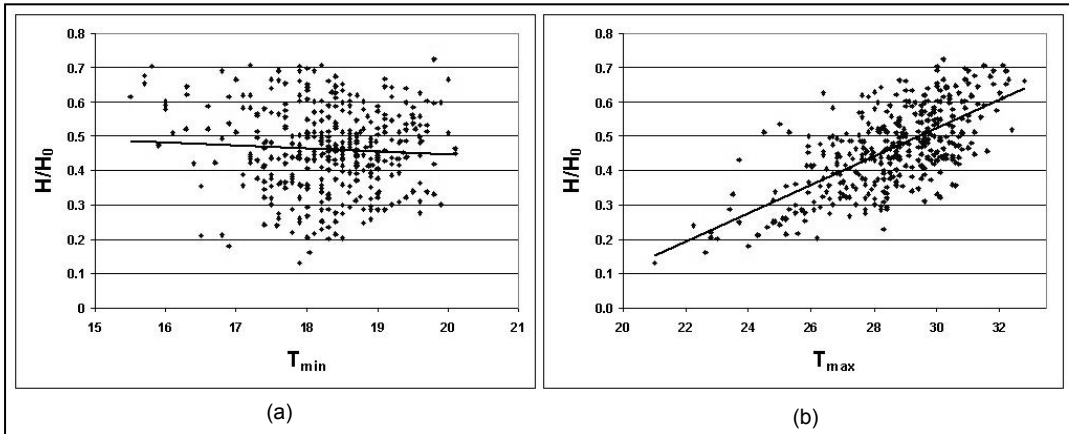
dalam Gambar 3. Korelasi terlemah ditunjukkan oleh hubungan K_T dengan T_{\min}/T_{\max} . Hal ini menunjukkan pengaruh radiasi matahari terhadap pencapaian batas atas dan batas bawah temperatur harian lebih kecil jika dibandingkan S/S_0 , T_{ave} , dan RH, meskipun nilai korelasinya yang sebesar 0.6124 tersebut cukup baik ($r > 0.5$), sehingga pengaruhnya tidak dapat diabaikan.



Gambar 3. Korelasi antara Indeks Kecenderungan dengan (a) lama penyinaran matahari relatif; (b) temperatur rata-rata; (c) rasio temperatur minimum dan temperatur maksimum; dan (d) kelembapan relatif

Dari keempat grafik tersebut, dua diantaranya yaitu T_{\min}/T_{\max} (Gambar 3c) dan RH (Gambar 3d), memiliki korelasi negatif yang berarti kenaikan parameter meteorologi menyebabkan penurunan nilai K_T . Seperti telah disebutkan sebelumnya, T_{\min}/T_{\max} menggambarkan perbandingan antara batas bawah dan batas atas temperatur dalam satu hari. Oleh karena pada malam hari tidak ada radiasi matahari yang dipancarkan atau nilainya dianggap nol, maka dapat dikatakan radiasi matahari tidak mempengaruhi pencapaian T_{\min} sehingga pengaruh intensitas radiasi matahari hanya terdapat pada nilai T_{\max} . Gambar 4 memperlihatkan hubungan antara T_{\min} dengan K_T serta T_{\max} dengan K_T .

Nilai r pada korelasi antara K_T dengan T_{\max} mencapai 0.68 yang memperlihatkan adanya kaitan yang cukup signifikan antara besarnya intensitas radiasi matahari dengan kenaikan temperatur, sebaliknya hampir tidak ada korelasi ($r = 0.06$) antara K_T dengan T_{\min} . Semakin besar rasio T_{\min}/T_{\max} secara kasar memperlihatkan nilai T_{\min} dan T_{\max} yang tidak terlalu jauh. Asumsi yang dapat dibangun dari Gambar 4 jika memperhatikan rentang pada sumbu x yang memperlihatkan fluktuasi T_{\max} yang lebih besar daripada T_{\min} yaitu nilai T_{\min}/T_{\max} lebih banyak dipengaruhi oleh T_{\max} . Ketika nilai T_{\max} mendekati nilai T_{\min} , misalnya pada waktu siang hari cuaca mendung atau turun hujan, maka intensitas radiasi matahari yang sampai dipermukaan bumi akan berkurang.



Gambar 4. Korelasi antara Indeks Kecerahan dengan (a) temperatur minimum dan (b) temperatur maksimum hasil pengukuran di Bukit Kototabang

Selain nilai T_{min}/T_{max} , RH yang juga memiliki hubungan yang berbanding terbalik dengan K_T . RH memperlihatkan tingkat kejenuhan udara ambien terhadap uap air pada temperatur tertentu. Nilai RH yang tinggi diperoleh udara ambien semakin jenuh terhadap uap air. Pada waktu malam hari atau ketika cuaca mendung maupun hari hujan, dimana temperatur relatif lebih rendah dan tidak ada radiasi matahari yang memanaskan bumi, menyebabkan kandungan uap air di udara ambien tidak terlalu banyak. Akibatnya, pada keadaan tersebut, udara ambien lebih mudah menjadi jenuh terhadap uap air dan menyebabkan nilai RH menjadi tinggi.

Korelasi Nilai K_T terhadap Dua Parameter Meteorologi

Nilai r memperlihatkan kombinasi dua parameter meteorologi akan meningkatkan signifikansi korelasi antara parameter meteorologi dengan K_T . Dari enam persamaan Ångstrom termodifikasi yang mungkin dibentuk (Tabel 1), korelasi terbesar diperoleh pada kombinasi antara S/S_0 dan T_{ave} . Hasil ini memperlihatkan bahwa korelasi antara masing-masing parameter bersifat sinergis sehingga masing-masingnya akan saling memperkuat korelasi. Dari persamaan-persamaan tersebut, terlihat bahwa nilai S/S_0 merupakan parameter yang paling dominan. Persamaan yang memuat S/S_0 adalah sebagai berikut:

$$\frac{H}{H_0} = 0.3517 \frac{S}{S_0} - 0.0092 RH + 1.1875 \dots\dots\dots (9)$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.3357 \frac{S}{S_0} + 0.0457 T_{ave} - 0.6420 \dots\dots\dots (10)$$

$$\frac{H}{H_0} = 0.3910 \frac{S}{S_0} - 0.4440 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.6262 \dots\dots\dots (11)$$

nilai r yang diperoleh masing-masing secara berturut-turut 0.8688, 0.8746, dan 0.8460. Hasil korelasi untuk satu parameter meteorologi menunjukkan urutan parameter meteorologi terhadap K_T berdasarkan nilai r adalah S/S_0 , T_{ave} , RH, dan T_{min}/T_{max} . Besarnya korelasi yang memuat S/S_0 sejalan dengan urutan tersebut yang juga menunjukkan tingkat signifikansi masing-masing parameter di dalam kombinasinya.

Korelasi Nilai K_T terhadap Tiga Parameter Meteorologi

Kombinasi tiga parameter meteorologi semakin meningkatkan korelasi terhadap K_T . Dari empat Persamaan Ångstrom termodifikasi, korelasi tertinggi didapat dari persamaan yang dibentuk oleh S/S_0 , T_{ave} , dan RH sebagai variabel bebas dengan nilai r sebesar 0.8927.

Korelasi Nilai K_T terhadap Empat Parameter Meteorologi

Ketika keempat parameter meteorologi tersebut dikombinasikan, hasilnya menunjukkan nilai r yang paling baik dari antara semua kombinasi parameter meteorologi. Nilai r pada

persamaan Ångstrom termodifikasi yang diperoleh adalah sebesar 0.8990. Nilai r ini mengindikasikan 89,90% nilai K_T dipengaruhi oleh S/S_0 , T_{ave} , RH, dan T_{min}/T_{max} yang mana semua data tersebut masing-masing memberikan pengaruh secara signifikan terhadap nilai K_T . Hal ini semakin menegaskan efek sinergis masing-masing parameter pada korelasinya terhadap nilai K_T .

RMSE, MBE, dan MPE

Nilai-nilai RMSE, MBE, dan MPE digunakan untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas terhadap persamaan mana yang paling mendekati hasil yang diharapkan. Ketiganya diharapkan memiliki nilai yang mendekati 0 sehingga hasil perhitungan yang diperoleh dari persamaan tersebut mendekati nilai observasinya. Dari semua Persamaan Ångstrom termodifikasi yang diperoleh, persamaan yang memuat empat parameter meteorologi, selain memiliki nilai r tertinggi, persamaan ini juga memiliki nilai RMSE yang paling rendah dibandingkan persamaan lainnya. Namun persamaan dengan nilai MBE paling baik adalah:

$$\frac{H}{H_0} = -0.7692 \frac{T_{min}}{T_{max}} - 0.0150 RH + 2.3323 \dots\dots\dots (12)$$

Sedangkan, persamaan yang mempunyai nilai MPE terbaik adalah:

$$\frac{H}{H_0} = 0.2931 \frac{S}{S_0} - 0.3445 \frac{T_{min}}{T_{max}} + 0.0425 T_{ave} - 0.3311 \dots\dots\dots (13)$$

Kedua persamaan di atas masing-masing merepresentasikan penggunaan 2 parameter (Persamaan 12) dan 3 parameter (Persamaan 13). Bila diperhatikan pada Persamaan 13, persamaan ini memiliki data statistik yang cukup baik ($r = 0.8846$; $RMSE = 23.3883$, $MBE = 0.1420$; $MPE = 1.9433$). Berdasarkan hasil ini, Persamaan ini dapat dijadikan acuan untuk melakukan prediksi nilai K_T dengan menggunakan tiga parameter meteorologi.

4. KESIMPULAN

Korelasi antara K_T terhadap parameter-parameter meteorologi yang diukur di Bukit Kototabang menunjukkan bahwa semakin banyak parameter yang dilibatkan dalam penentuan korelasi akan meningkatkan tingkat korelasinya. Hasil korelasi memperlihatkan kombinasi empat parameter meteorologi memberikan pengaruh yang kuat terhadap nilai K_T , yaitu sebesar 89,80%. Namun demikian, data yang relatif singkat (13 bulan observasi) belum dapat memberikan gambaran secara utuh mengenai peran parameter meteorologi terhadap nilai K_T . Selain itu, persamaan yang diperoleh juga belum tepat untuk digunakan sebagai model untuk memprediksi nilai K_T . Akan tetapi, paling tidak persamaan-persamaan ini dapat digunakan untuk memberikan gambaran terbatas mengenai korelasi antara nilai K_T terhadap beberapa parameter meteorologi. Oleh karena itu, data yang lebih panjang nantinya dapat digunakan untuk membangun suatu model berdasarkan kajian yang telah dilakukan, sekaligus sebagai pembanding dari persamaan yang telah diperoleh.

5. ACUAN

Ahmad, F. & I. Ulfat. 2004. Empirical models for the correlation of monthly average daily global solar radiation with hours of sunshine on a horizontal surface at Karachi, Pakistan. *Turk J. Phys* 28: 301-307.

Akpabio, L.E. & S.E. Etuk. 2002. Relationship between global solar radiation and sunshine duration for Onne, Nigeria. *Turk J. Phys* 27: 161-167.

Ångstrom, A. 1924. Solar and terrestrial radiation: Report to the international commission for solar research on actinometric investigations of solar and atmospheric radiation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society* 50: 121-126.

Falayi, E.O., J.O. Adepitan, A.B. Rabi. 2008. Empirical models for the correlation of global solar radiation with meteorological data for Iseyin, Nigeria. *International Journal of Physical Sciences* 3(9): 210-216.

IPCC. 2007. Fourth Assessment Report: Summary for Policymakers.

Iqbal, M., 1983. *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press. Toronto.

Trnka, M., Z. Žalud, J. Eitzinger, M. Dubrovský. 2005. Global solar radiation in Central European lowlands estimated by various empirical formulae. *Agricultural and Forest Meteorology* 131: 54-76.