

Estimasi Intensitas Radiasi Matahari di Wilayah Kota Makassar

Angelia Octavianti^a, Muliadi^a, Apriansyah^b

^aJurusan Fisika, FMIPA Universitas Tanjungpura Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

^bProgram Studi Ilmu Kelautan FMIPA Universitas Tanjungpura Jalan Prof. Dr. Hadari Nawawi, Pontianak, Indonesia

*Email : Muliadi204@gmail.com

Intensitas radiasi matahari sebagai salah satu parameter dari cuaca dan iklim dianalisis dengan menggunakan metode regresi non linier. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar potensi intensitas radiasi matahari sehingga bisa dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Data yang digunakan yaitu data intensitas radiasi matahari dari *Automatic Weather Station* (AWS) dari Januari 2012 s.d Desember 2015. Data intensitas radiasi matahari dianalisis dengan 3 metode regresi non linier yaitu metode *exponential*, metode *logarithmic*, dan metode *power*. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa metode *exponential* memberikan nilai error yang lebih kecil dibandingkan dua metode lainnya. Nilai error yang diperoleh berkisar antara 0,06% s.d 100%.

Kata Kunci : Radiasi Matahari, Metode Exponential, Metode Logarithmic, Metode Power

1. Latar Belakang

Indonesia dikaruniai sinar matahari yang berlimpah sepanjang tahun yaitu lebih dari 6 jam sehari atau sekitar 2400 jam pertahun dengan rata-rata intensitas sekitar 4,8 kWh/m² per hari diseluruh wilayah Indonesia. Beberapa daerah di Indonesia juga memiliki potensi ketersediaan radiasi matahari yang cukup besar salah satunya Makassar. Ketersediaan radiasi matahari di Makassar berkisar dari 1667,16 kWh/m² sampai dengan 2227,08 kWh/m² dalam setahun.[1]

Sinar matahari sampai ke permukaan dalam bentuk radiasi. Radiasi adalah sebuah bentuk energi yang dipancarkan oleh setiap benda yang mempunyai suhu diatas nol mutlak dan merupakan satu-satunya bentuk energi yang dapat menjalar di dalam vakum luar angkasa sedangkan radiasi matahari adalah radiasi elektromagnetik yang terdiri atas medan listrik dan medan magnet.[2]

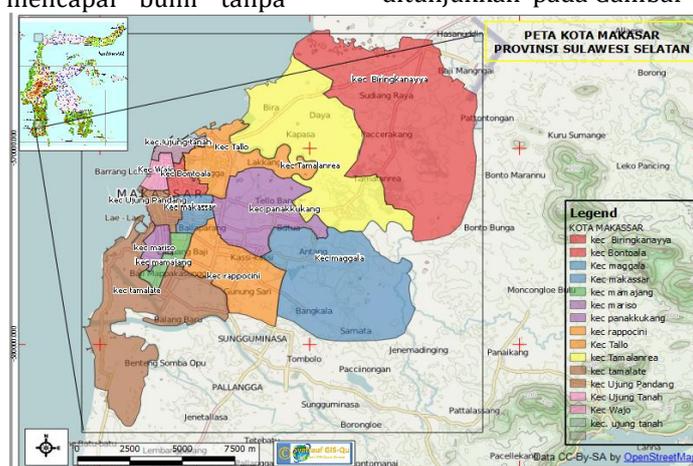
Radiasi matahari sampai kepermukaan bumi melalui tiga cara yaitu radiasi langsung (*direct radiation*), radiasi hambur (*diffuse radiation*), dan radiasi total (*global radiation*). Radiasi langsung adalah radiasi yang mencapai bumi tanpa

perubahan arah atau radiasi yang diterima oleh bumi dalam arah sejajar sinar datang. Radiasi hambur adalah radiasi yang mengalami perubahan arah akibat pemantulan dan penghamburan sedangkan radiasi total adalah penjumlahan radiasi langsung dan radiasi hambur.[3] Radiasi matahari dapat diestimasi dengan menggunakan metode regresi non linier seperti metode *exponential*, *logarithmic*, dan *power*. Estimasi intensitas radiasi matahari bertujuan untuk mengetahui jumlah intensitas radiasi matahari dengan metode yang efektif guna dimanfaatkan sebagai energi terbarukan karena energi ini dapat terus diperbaharui dan tidak menimbulkan efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan bumi.

2. Metodologi

2.1 Data

Data yang digunakan berupa data radiasi matahari harian Makassar yang diukur menggunakan data satelit AWS di Lapan Bandung dari Januari tahun 2012 sampai Desember tahun 2015. Peta Kota Makassar ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Peta Kota Makassar

2.2 Pengolahan Data Awal

Pengolahan data awal digunakan untuk menghitung nilai Deklinasi, Sudut Matahari Terbit, Lama Penyinaran Matahari, Ratio Waktu Sinar Matahari, Radiasi *Extraterrestrial*, dan Indeks Kejernihan. Proses pengolahan data awal terdiri dari:

1. Perhitungan Deklinasi

Deklinasi merupakan sudut kemiringan bumi teradap matahari akibat rotasi bumi pada arah sumbu axis bumi matahari. Nilai deklinasi dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\delta = 23,45 \sin \left[\frac{(360(284+n))}{365} \right] \quad (1)$$

dimana n adalah harian dalam Julian day.

2. Sudut Matahari Terbit

Sudut Matahari Terbit menunjukkan nilai sudut yang terbentuk pada saat matahari terbit di daerah Makassar. Nilai sudut ini dapat dihitung menggunakan rumus :

$$\omega s = \cos^{-1}(-\tan \varphi \tan \delta) \quad (2)$$

Dengan φ adalah kordinat daerah Makassar dan δ adalah sudut deklinasi Makassar.

3. Lama Penyinaran Matahari

Lama penyinaran matahari merupakan indikator iklim untuk mengukur durasi sinar matahari. Nilai lama penyinaran dapat dihitung dengan rumus :

$$S_o = \frac{2}{15} \omega s \quad (3)$$

Dengan ωs adalah sudut matahari terbit

4. Ratio Waktu Sinar Matahari

Ratio waktu sinar matahari adalah perbandingan antara durasi sinar matahari observasi atau pengamatan dengan durasi sinar matahari yang dihitung. Nilai ratio waktu sinar matahari diperoleh dengan menggunakan rumus:

$$RS = \frac{S}{S_o} \quad (4)$$

Dengan nilai S adalah durasi matahari observasi dan S_o adalah perhitungan durasi matahari.

5. Radiasi *Extraterrestrial*

Radiasi *Extraterrestrial* atau radiasi luar angkasa adalah radiasi yang berada di atas atmosfer bumi yang dapat dihitung menggunakan rumus :

$$G_o = \frac{24}{\pi} G_{sc} \left((1 + 0,033) \cos \left(\frac{2\pi dn}{365} \right) \times (\cos \varphi \cos \delta \sin \omega s + \omega s \sin \varphi \sin \delta) \right) \quad (5)$$

Dengan G_{sc} adalah nilai konstanta matahari sebesar 1.367 kW/m².

6. Indeks Kejernihan

Indeks Kejernihan merupakan faktor redaman atmosfer yang diperoleh dengan rumus:

$$KT = \frac{G}{G_o} \quad (6)$$

Dengan G adalah rata-rata bulanan radiasi matahari global secara horizontal.

2.3 Analisis Data

Dalam menganalisis data, perlu melakukan perhitungan dari koefisien dari ketiga model regresi dan menghitung nilai radiasi matahari global secara horizontal (G_c) serta menghitung nilai error untuk mengetahui metode yang cocok digunakan di daerah Makassar. Metode regresi yang digunakan yaitu :

1. Metode Regresi *Exponential*

Metode regresi ini ialah regresi yang variabel bebas X berfungsi sebagai pangkat atau eksponen. Persamaan metode ini adalah

$$Y = ae^{bx} \quad (7)$$

2. Metode Regresi *Logarithmic*

Regresi *Logarithmic* ialah regresi yang variabel bebas Y berfungsi sebagai pangkat dan variabel bebas X mempunyai bentuk perpangkatan. Persamaan model ini adalah

$$Y = a + b \log X \quad (8)$$

3. Metode Regresi *Power*

Regresi ini mempunyai bentuk fungsi yang berbeda dengan fungsi eksponential. Persamaan model regresi ini adalah

$$Y = a + b^x \quad (9)$$

Ada empat persamaan yang digunakan untuk menghitung error pada penelitian ini yaitu:

1. Mean Absolute Percenttage Error (MAPE)

Mean Absolute Percenttage Error memberikan petunjuk mengenai seberapa rata-rata kesalahan absolut peramalan dibandingkan nilai sebenarnya. Adapun rumusnya adalah

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| \frac{G_m^i - G_c^i}{G_m^i} \right| \times 100 \right) \quad (10)$$

2. Mean Absolute Bias Error (MABE)

Mean Absolute Bias Error menunjukkan informasi tingkat keakuratan secara absolut dari hasil peramalan. *Mean Absolute Bias Error* dinyatakan dengan persamaan :

$$MABE = \frac{\sum_{i=1}^n (|G_m^i - G_c^i|)}{n} \quad (11)$$

3. Mean Bias Error (MBE)

Mean Bias Error menunjukkan informasi mengenai tinggi rendahnya keakuratan dari hasil peramalan. *Mean Bias Error* dinyatakan dengan persamaan :

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (G_m^i - G_c^i)}{n} \quad (12)$$

4. Root Mean Square Error (RMSE)

Root Mean Square Error digunakan untuk mencari keakuratan hasil peramalan dengan data histori dinyatakan dengan persamaan :

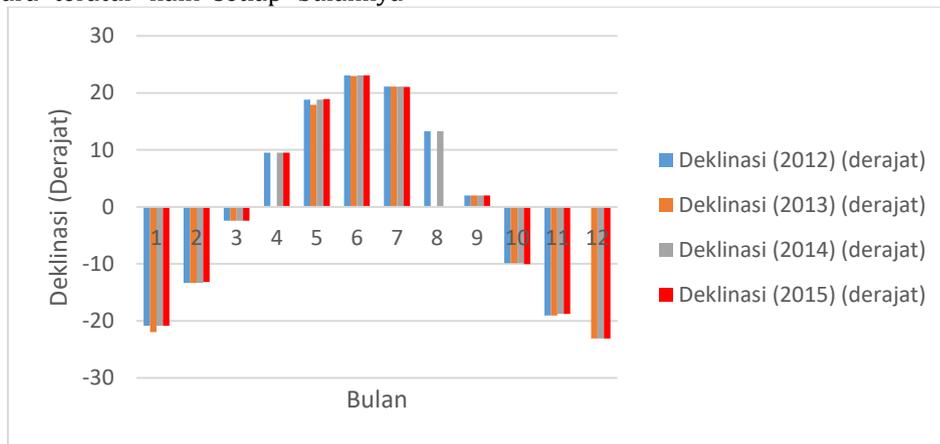
$$RSME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (G_m^i - G_c^i)^2}{n}} \quad (13)$$

Dengan n adalah jumlah sampel, G_m adalah radiasi matahari global yang diukur dan G_c adalah radiasi matahari global yang dihitung.[4]

3. Hasil dan Pembahasan
3.1 Pengolahan Data Awal

Pengolahan data awal yang dilakukan menunjukkan nilai deklinasi yang relatif sama setiap tahunnya karena mengikuti pergerakan matahari yang selalu konstan setiap tahun. Nilai deklinasi pada Gambar 2 mulai naik dari bernilai negatif pada bulan Februari sampai pada bulan Juni yang bernilai positif selama 5 bulan matahari bergerak ke arah utara equator sehingga sudut deklinasi secara teratur naik setiap bulannya

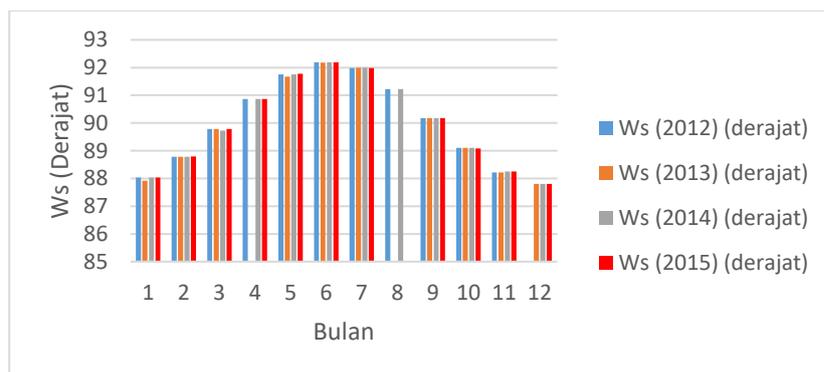
hingga mencapai titik maksimum sudut yang bernilai positif pada tanggal 23 Juni. Tanggal 24 Juni matahari mulai bergerak ke arah selatan equator sampai mencapai nilai maksimum negatif di bulan Januari. Bulan Maret dan September nilai deklinasi matahari mengecil dikarenakan matahari tepat berada tepat di atas khatulistiwa.[5]



Gambar 2 Deklinasi dari tahun 2012 s.d 2015

Nilai dari sudut matahari terbit pada Gambar 3 selama empat tahun selalu berubah-ubah. Nilai tertinggi berada pada bulan Juni dan nilai terendah pada bulan Desember di tahun 2012, 2014, dan 2015 sedangkan pada bulan Januari di tahun 2013. Pola sudut matahari terbit

hampir mirip dengan pola deklinasi pada keempat tahun penelitian hanya saja sudut matahari terbit bernilai positif. Pergerakan matahari dari utara equator dan selatan equator mempengaruhi nilai dari sudut matahari terbit ini.



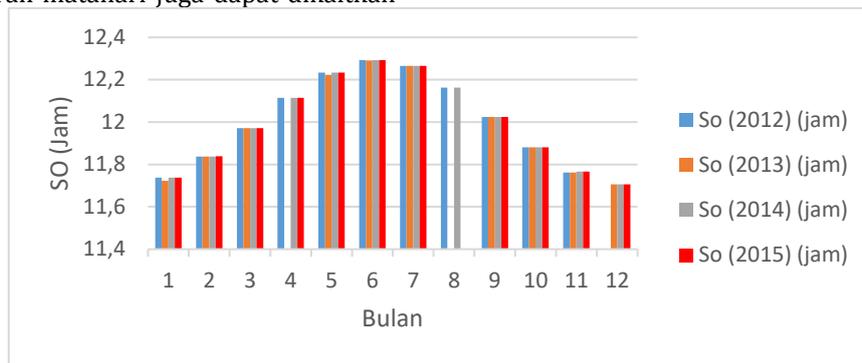
Gambar 3 Sudut matahari terbit tahun 2012 s.d 2015

Gambar 4 menjelaskan hasil pengukuran lama penyinaran matahari yang terjadi di daerah Makassar. Lama penyinaran matahari pada keempat tahun bernilai cenderung sama hanya berbeda pada tahun 2013 di bulan Januari dan Mei. Hal ini mungkin disebabkan jumlah awan yang lebih banyak pada bulan Januari dan Mei dibandingkan pada bulan – bulan lain di tahun

2013. Lama penyinaran tertinggi berada pada bulan Juni dan terendah berada pada bulan Desember untuk keempat tahun penelitian. Sudut datang matahari yang tepat tegak lurus ke bumi menyebabkan lama penyinaran matahari lebih besar seperti yang terjadi pada bulan Juni.[6] Lama penyinaran matahari yang rendah pada bulan Desember dapat dipengaruhi oleh

jumlah awan dan juga jumlah curah hujan yang terjadi pada bulan tersebut. Hasil pengukuran lama penyinaran matahari juga dapat dikaitkan

dengan polusi udara dan kekeruhan atmosfer serta efek rumah kaca.



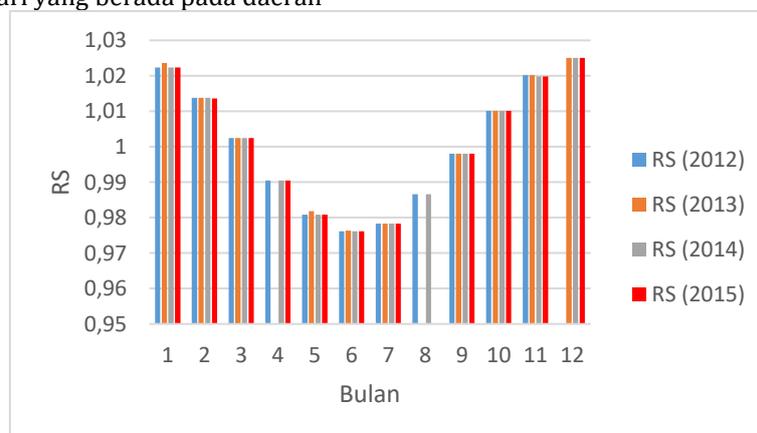
Gambar 4 Lama penyinaran matahari tahun 2012 s.d 2015

Gambar 5 menjelaskan tentang perbandingan antara durasi matahari yang teramati pada saat penelitian dengan durasi matahari yang didapat dari perhitungan. Nilai perbandingan antara nilai keduanya yaitu 0,9 sampai dengan 1 artinya nilai observasi dan perhitungan hampir sama. Nilai perbandingan pada bulan penghujan lebih besar bila dibandingkan dengan musim kemarau akibat pengaruh cuaca dan kondisi awan yang berawan atau cerah.[7] Hampir setiap tahun nilai perbandingan antara keduanya sama hanya berbeda pada tahun 2013 di bulan Januari dan Mei dikarenakan pada bulan Januari masih berada pada musim hujan dimana sinar matahari lebih sedikit dan pada bulan Mei berada pada musim kemarau.

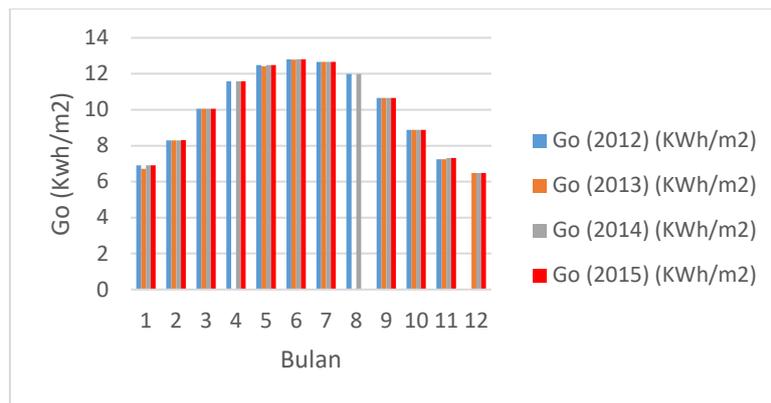
Gambar 6 menjelaskan tentang pola radiasi extraterrestrial pada daerah Makassar. Nilai radiasi extraterrestrial tertinggi berada pada bulan Juni disetiap tahun karena mengikuti pergerakan matahari yang berada pada daerah

utara equator dan berada pada daerah selatan equator sehingga nilai radasi extraterrestrial terendah berada pada bulan Desember. Penurunan radiasi extraterrestrial pada tahun 2013 di bulan Januari, Mei dan Juni dapat dipengaruhi oleh berbagai jenis gas dan partikel yang menyerap radiasi matahari.[8]

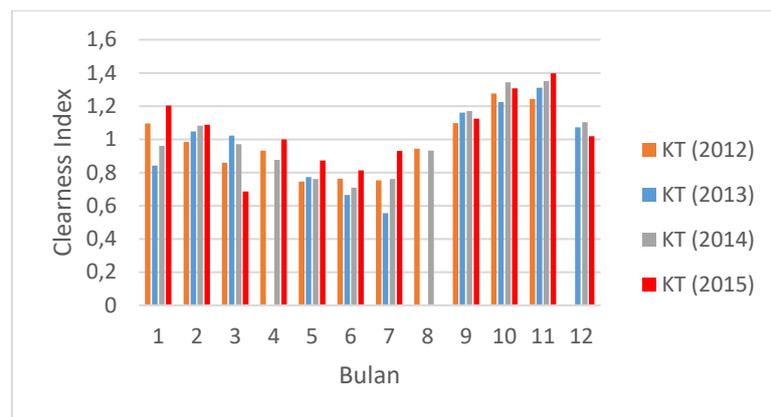
Gambar 7 menjelaskan terjadi variasi nilai dari indeks kejernihan daerah Makassar. Nilainya berubah setiap bulan di setiap tahunnya. Indeks kejernihan ini menunjukkan nilai yang tinggi saat berada cuaca awan yang cerah seperti yang di tunjukkan pada Oktober di tahun 2012 serta bulan November pada tahun 2013 s.d 2015 dan menunjukkan nilai yang rendah saat berada pada cuaca yang berawan seperti Mei di tahun 2012, Juli di tahun 2013, Juni di tahun 2014, dan Mei di tahun 2015.



Gambar 5 Ratio waktu terbit matahari

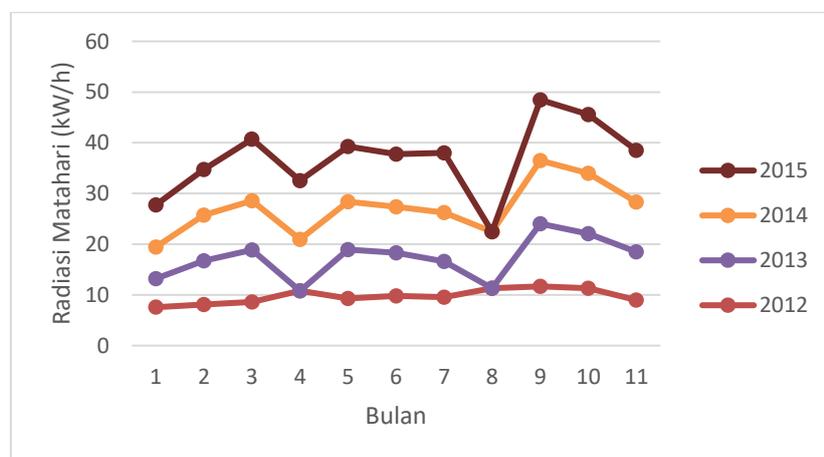


Gambar 6 Radiasi extraterrestrial



Gambar 7 Indeks kejernihan

3.2 Data Radiasi Matahari Bulan



Gambar 7 Grafik radiasi matahari di wilayah makassar

Pada grafik diatas diketahui bahwa nilai intensitas matahari sepanjang tahun berubah-ubah. Pola grafik intensitas radiasi matahari pada tahun 2012 yang berbeda dengan pola tahun 2013 s.d 2015 bisa juga disebabkan oleh beberapa faktor jarak matahari ke bumi yang berubah dari tahun sebelumnya, pengaruh gas-gas, debu dan uap air yang mengabsorpsi sinar matahari dan lamanya panjang waktu matahari terbit dan tenggelam matahari [9]. Selain faktor-faktor yang sudah disebutkan diatas, ada

beberapa faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai estimasi matahari seperti faktor geometris seperti variasi tahunan, variasi sudut datang radiasi matahari, waktu, lintang tempat, ketinggian permukaan laut, dan musim serta faktor kecerahan awan, aerosol, dan beberapa gas penyerap serta jarak matahari terhadap bumi yang berubah dapat mempengaruhi nilai intensitas radiasi matahari bulanan di setiap tahunnya.

3.3 Pengujian Model Regresi Dengan Model

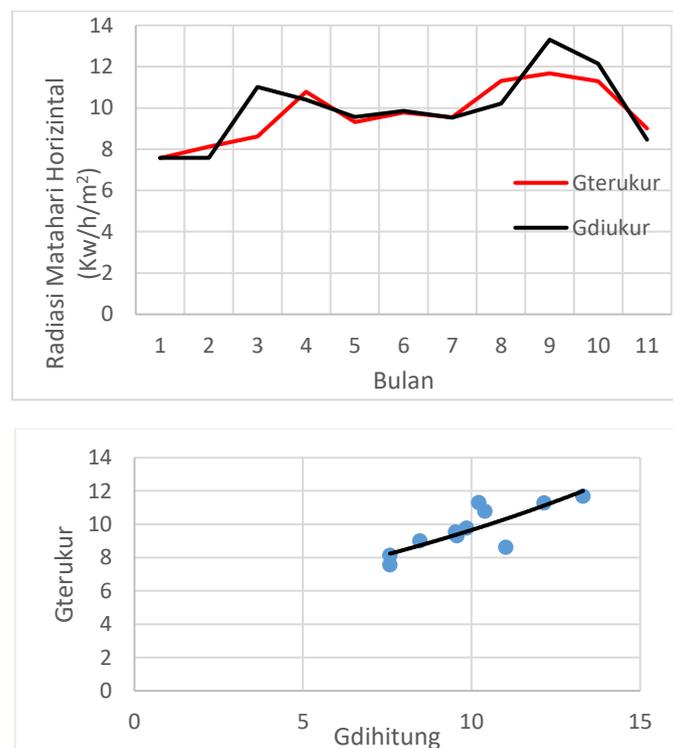
Data radiasi matahari yang diperoleh dihitung nilai indeks kejernihan menggunakan rumus regresi model yang digunakan. Setelah mengetahui nilai indeks kejernihan, nilai digunakan untuk menghitung nilai radiasi global bulanan yang secara horizontal (G_c). Kemudian nilai tersebut dibuatkan grafik dimana nilai x adalah nilai radiasi global bulanan yang dihitung secara horizontal (G_c) dan nilai y adalah nilai radiasi global bulanan diukur secara horizontal (G_m). Nilai G_m dan G_c ini akan digunakan sebagai variabel dalam menghitung nilai error pada tiga model regresi. Nilai error ini menunjukkan apakah ketiga model regresi ini cocok digunakan sebagai prediksi intensitas radiasi matahari di Makassar.

Perhitungan error yang dilakukan pada metode *logaritmik* dan *power* di tahun 2012 s.d 2015 menunjukkan nilai keempat error yang digunakan sangat besar akibat nilai radiasi matahari yang dihitung bernilai lebih besar bila dibandingkan dengan nilai yang terukur bahkan

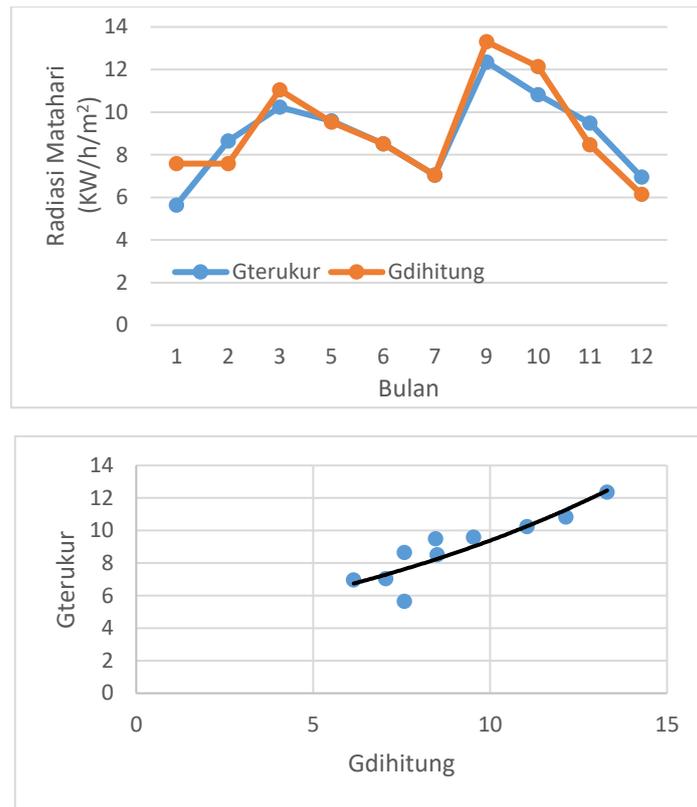
ditahun 2013 s.d 2015 nilai lebih dari 100 %. Nilai error pada metode *exponential* menunjukkan nilai error yang lebih baik dari pada nilai error kedua metode lainnya dan nilai koefisien determinasi dari metode ini cukup bagus bila dibandingkan metode lainnya yaitu sebesar 62 % sampai dengan 99 %. Dari penelitian yang sudah dilakukan pada keempat tahun tersebut menyatakan metode regresi *logaritmik*, *exponential*, *power* tidak dapat digunakan pada daerah penelitian yaitu daerah Makassar. Walaupun pada tahun 2013 nilai error yang didapatkan lebih bagus dibandingkan pada tahun yang lain di metode *exponential*. Data yang digunakan tidak cocok dengan metode regresi dan daerah penelitian yang berada di daerah tropis mungkin menyebabkan metode ini tidak dapat digunakan pada penelitian ini.

Tabel 1. Nilai error metode *exponential* Tahun 2012 s.d 2015

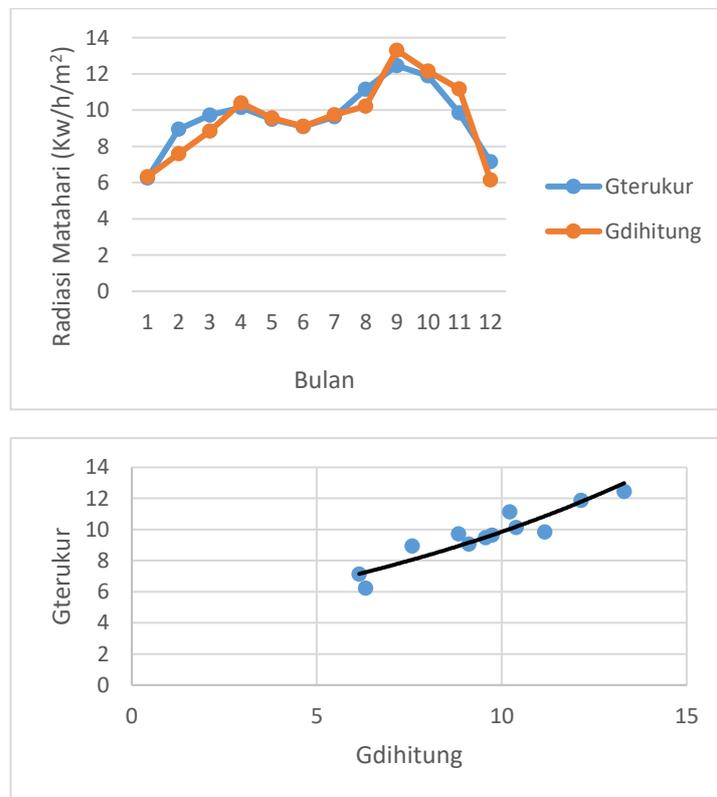
EXPONENTIAL	MAPE (%)	MBE (%)	MABE (%)	RSME (%)
2012	0,06	4,80	71,14	100
2013	9,75	20,75	79,74	99,48
2014	3,96	10,93	40,20	60,64
2015	11,98	8	133,59	31,29



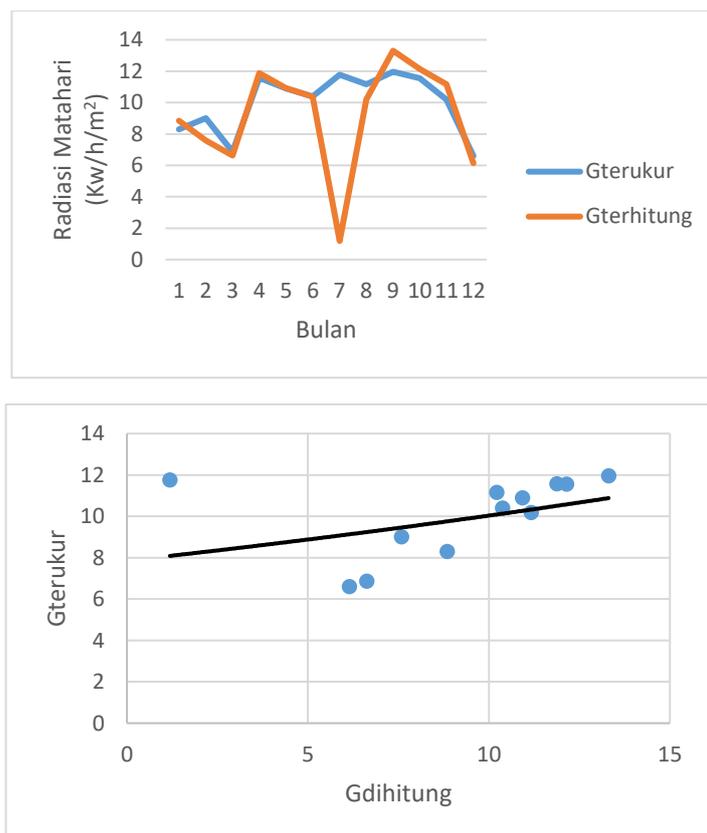
Gambar 8 Grafik perbandingan G_m dan G_c model regresi *exponential* Tahun 2012



Gambar 9 Grafik perbandingan G_m dan G_c model Regresi *exponential* tahun 2013



Gambar 10 Grafik perbandingan G_m dan G_c model regresi *eksponensial* tahun 2014



Gambar 11 Grafik perbandingan G_m dan G_c model regresi *eksponensial* tahun 2015

4. Kesimpulan

Pengolahan data awal dipengaruhi dengan posisi matahari yang bergerak dari utara equator ke selatan equator, pengaruh kejernihan atmosfer, polusi udara dan perubahan musim yang terjadi di Indonesia. Nilai estimasi intensitas matahari di wilayah Makassar selama tahun 2012 sampai dengan tahun 2015 cukup besar yaitu 89,29 kWh s.d 115,77 kWh. Hal ini bisa menjadi bahan pertimbangan untuk memanfaatkan radiasi matahari sebagai energi terbarukan.

Nilai error pada metode *exponential* berada di antara 0,06% s.d 100% sedangkan error pada metode *logarithmic* dan *power* lebih dari 100%. Ketiga model regresi yang dilakukan pada penelitian ini tidak cocok digunakan untuk mengestimasi nilai intensitas radiasi matahari di daerah Makassar.

Daftar Pustaka

- [1] Baharuddin, M. & Ishak, T., 2012. Analisis Ketersediaan Radiasi Matahari di Makassar. Jurnal JPE. Volume 6, pp 58-64
- [2] Pradiwardoyo, S., 1996. Meteorologi. Bandung : ITB
- [3] Susatya, E. Pamungkas, R. Susanti, T. & Setiawan, A., 2011. Pengukuran Radiasi Matahari Dengan Memanfaatkan Sensor Suhu LM35. Prosding Seminar Nasional

Sains dan Pendidikan Sains Uksw. Volume F, No 8, pp F81 – F85

- [4] Raharja, A. Anggraeni, W. & Vinarti, R., 2010. Penerapan Metode Exponential Smoothing Untuk Peramalan Penggunaan Waktu Telepon di PT. Telkomsel DIVRE3 Surabaya, Jurnal Sistem Informasi, pp 1-9
- [5] Simatupang, F., 2004. Solstice. Jakarta : Gramedia
- [6] Tukidi., 2004. Matahari. Jakarta : Gramedia
- [7] Tjasyono, B., 2004. Klimatologi, Bandung : ITB
- [8] Soeparman, S., 2015. Teknologi Tenaga Surya Pemanfaatan Dalam Bentuk Energi Panas, Malang : UBPress
- [9] Kuruseng, H & Rahim, M., 2016. Penentuan Jenis Kondisi Luminasi langit dengan Rasio Awan dan Data Lama Penyinaran Matahari di Makassar. Jurnal JPE. Volume 20, No 1