



PENGHITUNGAN KESALAHAN INTERPOLASI DATA RADIASI MATAHARI

Endah Asmawati¹, Fitri Dwi Kartikasari², Elieser Tarigan³
^{1,2} Jurusan Teknik Informatika dan Pusat Studi Energi Terbarukan
³ Jurusan Teknik Elektro dan Pusat Studi Energi Terbarukan
Universitas Surabaya, Surabaya

1endah@staff.ubaya.ac.id, 2fitri_dk@staff.ubaya.ac.id, 3elieser@staff.ubaya.ac.id

Kebutuhan energi untuk memenuhi kebutuhan hidup semakin hari semakin meningkat. Kebutuhan tersebut sejauh ini masih sangat bergantung pada ketersediaan sumber energi fosil yang jumlahnya semakin berkurang. Oleh karena itu, mulai dikembangkan penggunaan energi alternatif yang ramah lingkungan, diantaranya energi matahari, panas bumi, biomassa. Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi matahari yang cukup besar, sehingga pemanfaatan energi matahari terus dikembangkan. Banyak penelitian tentang potensi energi matahari yang telah dilakukan. Besarnya potensi energi matahari tersebut diukur dari besarnya radiasi matahari. Seringkali penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Biasanya data sekunder tersedia hanya pada interval tertentu saja, sehingga perlu dianalisa besarnya potensi kesalahan yang mungkin terjadi akibat pengambilan data pada interval yang cukup besar (harian). Pada tulisan ini, analisa dilakukan dengan menggunakan metode interpolasi polinomial *spine cubic*. Polinomial dibuat dari data pengukuran besarnya radiasi matahari dalam berbagai interval waktu. Hasil interpolasi dalam berbagai interval waktu tersebut akan dibandingkan dengan hasil pengukuran sehingga dapat dihitung kesalahannya. Dari hasil dan pembahasan diperoleh besarnya kesalahan mutlak untuk interval 10 menit adalah 19,493093, interval 30 menit adalah 21,416603 dan interval 60 menit adalah 587,66942.

Kata kunci : penghitungan kesalahan, interpolasi polinomial, radiasi matahari, interval waktu.

PENDAHULUAN

Kebutuhan energi untuk memenuhi kebutuhan hidup semakin hari semakin meningkat. Kebutuhan tersebut sejauh ini masih sangat bergantung pada ketersediaan sumber energi fosil yang jumlahnya semakin berkurang. Oleh karena itu, mulai dikembangkan penggunaan energi alternatif yang ramah lingkungan, diantaranya energi matahari, panas bumi, biomassa. Indonesia merupakan negara tropis yang mempunyai potensi energi matahari yang cukup besar, sehingga pemanfaatan energi matahari terus dikembangkan. Besarnya potensi energi matahari tersebut diukur dari besarnya radiasi matahari. Energi yang berasal dari radiasi matahari merupakan potensi energi terbesar dan terjamin keberadaannya di muka bumi. Berbeda dengan sumber energi lainnya, energi matahari bisa dijumpai di seluruh permukaan bumi. Pemanfaatan radiasi matahari sama sekali tidak menimbulkan polusi ke atmosfer. Berbagai sumber energi seperti tenaga angin, bio-fuel, tenaga air dan sebagainya, sesungguhnya juga berasal dari energi matahari.

Untuk merencanakan suatu sistem pembangkit tenaga surya di suatu lokasi diperlukan analisa data yang akurat (Hove, 2014). Sementara pada umumnya data pengukuran tersedia sangat terbatas untuk lokasi dan interval waktu tertentu dimana terdapat stasiun pengukuran (Bechini, 2000). Dengan demikian diperlukan suatu

proses interpolasi untuk memperkirakan data yang sebenarnya, dan dalam proses ini sering terjadi kesalahan. Kesalahan tersebut perlu dianalisa untuk diminimalisasi (José *et al*, 2012).

Banyak penelitian tentang potensi energi matahari yang telah dilakukan (Moreno, 2013 ; José *et al*, 2012; Bechini, 2000; Hove, 2014). Seringkali penelitian dilakukan dengan menggunakan data sekunder. Biasanya data sekunder tersedia hanya pada interval tertentu saja, sehingga perlu dianalisa besarnya potensi kesalahan yang mungkin terjadi akibat pengambilan data pada interval yang cukup besar.

Pada tulisan ini akan dihitung besarnya kesalahan akibat menggunakan data dari beberapa interval waktu. Data yang digunakan adalah data radiasi matahari yang diambil di Universitas Surabaya (Ubaya).

METODOLOGI

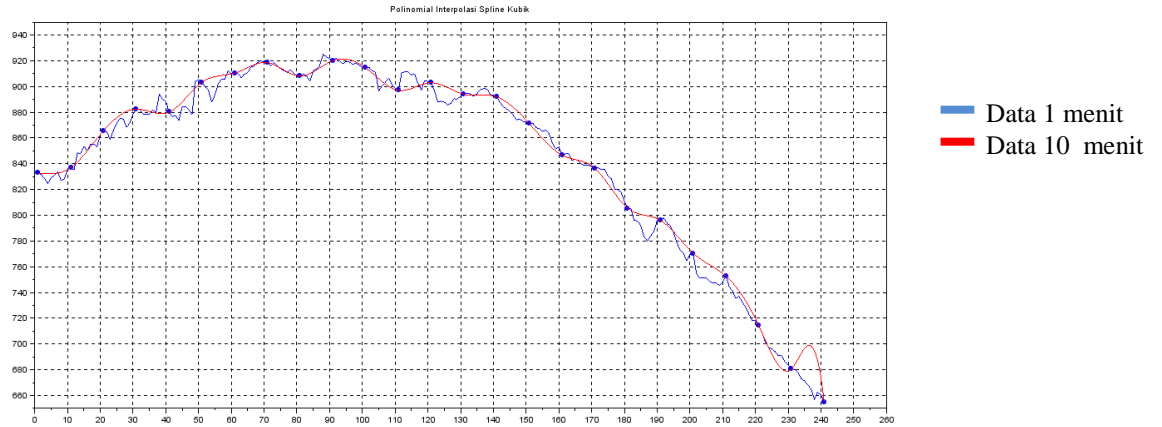
Data radiasi matahari merupakan salah satu data yang diperoleh dari sebuah alat sensor yang terhubung dengan seperangkat komputer yang berfungsi merekam dan menyimpan data-data tersebut. Alat ini merekam data berbagai macam variabel setiap menit selama 24 jam. Pada penelitian ini, digunakan data radiasi matahari di bulan September 2013 pada jam 10.00 sampai 14.00. Data yang terkumpul selama 1 bulan dirata-rata untuk setiap menitnya, artinya data jam 13 adalah data rata-rata radiasi matahari selama sebulan di jam 13 (contoh data dapat lihat pada tabel 1). Kemudian dari semua data diambil data pada interval yang telah ditentukan, yaitu 10 menit, 30 menit, dan 60 menit. Untuk masing-masing kumpulan data dibuat polinomial dengan interpolasi *spline cubic*. Kesalahan mutlak dihitung dari membandingkan hasil interpolasi *spline cubic* dengan data primer per menit. Polinomial *spline cubic* dan penghitungan kesalahan dilakukan dengan menggunakan program scilab 5.4.1 (Juliana dkk, 2011).

Tabel 1. Contoh data radiasi matahari di bulan September

Tanggal Jam	1	2	3	4	5	6	7	...	24	25	26	27	28	29	30	Rata-rata
12:55	853	860	846	844	854	856	833	...	835	837	795	796	865	844	822	828.3667
12:56	847	858	838	842	852	853	833	...	817	837	782	810	860	838	856	820.4667
12:57	844	867	835	838	858	849	829	...	769	835	772	812	854	838	849	819.8
12:58	851	860	833	838	860	847	826	...	802	836	780	812	861	838	830	817.7333
12:59	843	858	831	838	861	847	826	...	752	833	775	802	854	833	882	810.7333
13:00	840	847	833	837	853	842	826	...	733	833	786	803	853	833	858	805.5

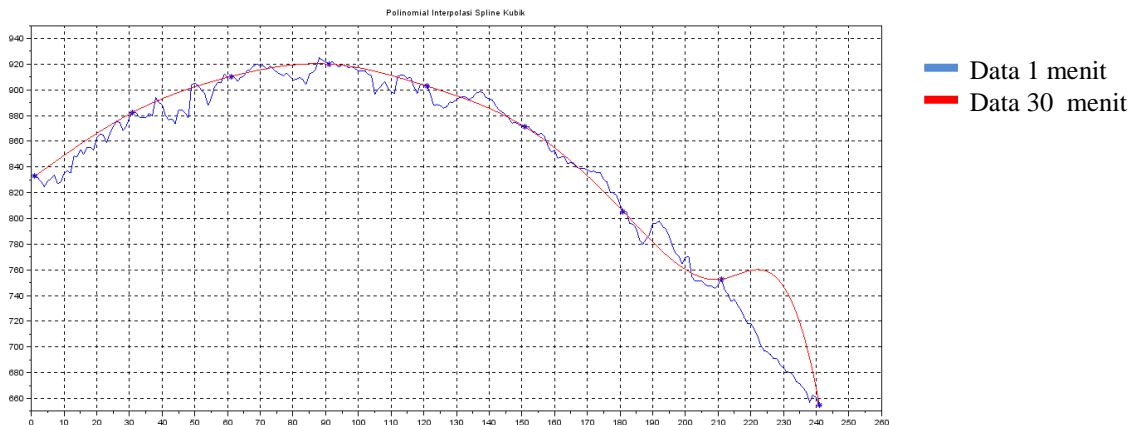
HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang ada dibuat dalam polinomial *spline cubic*. Gambar 1 menunjukkan plot polinomial *spline cubic* dari data 1 menit (grafik 1 warna biru) dan data 10 menit (grafik 2 warna merah). Grafik 2 diperoleh dengan menghubungkan 25 titik dengan polinomial *spline cubic*. Data yang digunakan adalah data ke 1, 11, 21, ..., 241.



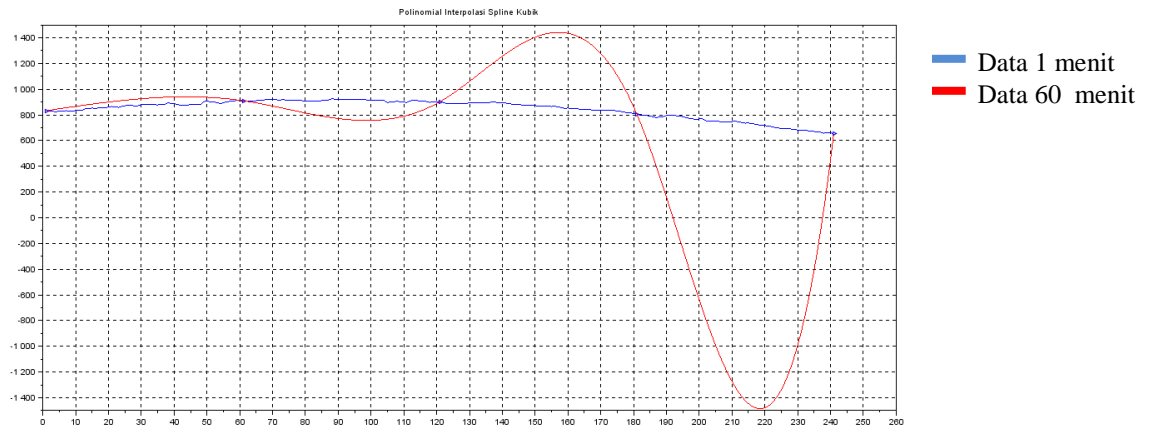
Gambar 1. Grafik Polinomial spline cubic data 1 menit dan 10 menit

Gambar 2 menunjukkan plot polinomial *spline cubic* dari data 1 menit (grafik 1 warna biru) dan data 30 menit (grafik 2 warna merah). Grafik 2 diperoleh dengan menghubungkan 9 titik dengan polinomial *spline cubic*. Data yang digunakan adalah data ke 1, 31, 61, ..., 241.



Gambar 2. Grafik Polinomial spline cubic data 1 menit dan 30 menit

Gambar 3 menunjukkan plot polinomial *spline cubic* dari data 1 menit (grafik 1 warna biru) dan data 60 menit (grafik 2 warna merah). Grafik 2 diperoleh dengan menghubungkan 5 titik dengan polinomial *spline cubic*. Data yang digunakan adalah data ke 1, 61, 121, 181, 241.



Gambar 3. Grafik Polinomial spline cubic data 1 menit dan 60 menit

Dari ketiga grafik di atas terlihat bahwa semakin lebar interval yang digunakan untuk membuat polinomial *spline cubic* maka semakin terlihat perbedaan dengan grafik asalnya. Kesalahan yang didapat dari interpolasi *spline cubic* untuk masing-masing interval data dapat dilihat pada tabel 2.

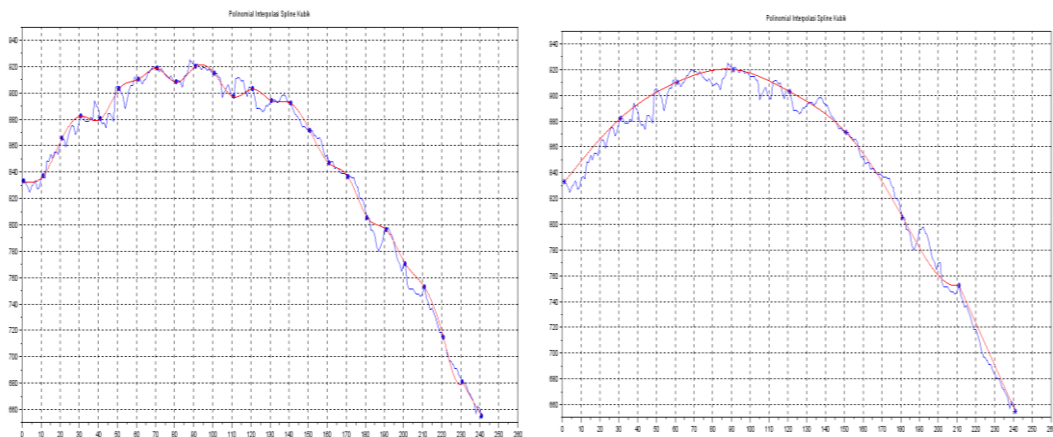
Tabel 2. Penghitungan kesalahan mutlak dengan Interpolasi *Spline Cubic*

Data ke-	Kesalahan 10 menit	Kesalahan 30 menit	Kesalahan 60 menit
1.	0.	1.137D-13	0.
2.	0.9611839	3.0317095	5.0113912
3.	3.9978655	8.0967849	12.053079
4.	7.4269218	13.469971	19.396741
5.	2.9790231	10.839807	18.727844
.	.	.	.
133.	0.9720565	1.4632724	225.98344
134.	0.7714073	0.5761407	247.72671
135.	1.1407675	3.4701916	265.66141
.	.	.	.
212.	5.6764633	8.5882353	2101.13
213.	6.4817247	12.788521	2132.4719
214.	9.0788909	19.22064	2156.6385
215.	4.1310681	18.504371	2182.6997
216.	5.0680298	24.026162	2196.959
217.	4.5862158	28.439129	2206.4531
218.	6.1820659	35.196384	2207.4186
219.	6.1186866	40.51771	2203.3257
220.	1.5925181	41.55622	2196.711
.	.	.	.
226.	6.6960672	63.222557	1981.3223
227.	7.2103006	64.835226	1917.8168
228.	9.9706629	62.65666	1848.8165
229.	7.0843018	64.306641	1766.3916
.	.	.	.
236.	30.578739	42.550753	927.97737
237.	33.21072	36.374556	765.44359
238.	37.843952	34.571601	586.14891
239.	24.029987	17.528336	409.39672
240.	13.420375	7.7312089	212.3904
241.	1.322D-10	1.251D-12	7.401D-11

Untuk data 10 menit besarnya kesalahan mutlak maksimal ada pada data ke-238 dan besarnya adalah 37,843952. Data 30 menit kesalahan terbesar ada di data ke-227 sebesar 64,835226. Besarnya kesalahan maksimal di interval 60 menit adalah 2207,4186 dan ada pada ke-218.

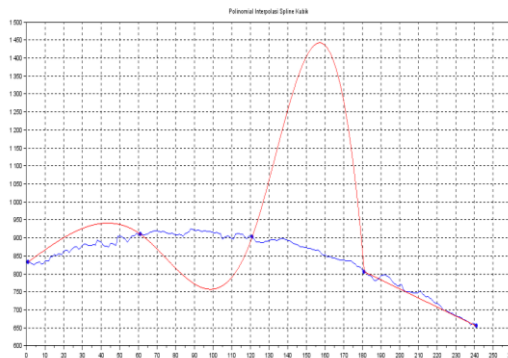
Pada gambar 1, 2, dan 3 terlihat bahwa dengan interpolasi *spline cubic* bentuk kurva di ujung interval cenderung mengalami perbedaan nilai yang cukup signifikan dengan data sebenarnya. Hal ini jelas terlihat pada penghitungan kesalahan di tabel 2, semakin lebar interval data maka semakin besar kesalahannya. Agar hasil tidak bias, analisis dapat dilakukan tanpa memperhatikan titik terakhir. Namun dengan jumlah data yang sedikit, hal ini tidak dapat dilakukan untuk data 60 menit.

Apabila diperhatikan bentuk grafik data 1 menit untuk dua data terakhir di setiap interval waktu (10 menit, 30 menit, 60 menit), maka bentuk grafik 1 menit pada dua data terakhir tersebut cenderung berbentuk garis lurus, sehingga dua data tersebut dapat dihubungkan dengan sebuah persamaan linier. Dengan menggunakan persamaan linier pada dua data terakhir di setiap interval waktu (lihat gambar 4 warna merah), besarnya kesalahan mutlak di setiap interval data dapat dilihat pada tabel 3.



a. Grafik 10 menit

b. Grafik 30 menit



c. Grafik 60 menit

Gambar 4. Grafik Polinomial *spline cubic* dan *spline linier*

Tabel 3. Penghitungan kesalahan mutlak dengan Interpolasi *Spline Cubic* dan Linier

Data ke-	Kesalahan 10 menit	Kesalahan 30 menit	Kesalahan 60 menit
1.	0.	1.137D-13	0.
2.	0.9611839	3.0317095	5.0113912
3.	3.9978655	8.0967849	12.053079
4.	7.4269218	13.469971	19.396741
5.	2.9790231	10.839807	18.727844
.			
158.	4.198419	2.587787	585.34103
159.	1.5740155	5.3906998	587.66942
160.	4.9127012	1.9093687	581.95125
.			
185.	8.5924132	2.7246587	3.415556
186.	16.998006	9.011471	9.869444
187.	19.493093	9.3504197	10.35667
188.	15.207587	2.9831103	4.110556
189.	10.871404	3.2488521	2.035556
190.	1.547792	14.170529	12.915
191.	5.650D-11	16.906981	15.66111
192.	3.8120308	21.416603	20.24056
193.	1.7749191	19.624457	18.58667
.			
228.	9.9706629	6.418889	3.367222
229.	7.0843018	7.653333	1.38
230.	4.5250316	7.087778	1.192778
231.	0	6.788889	0.738889
232.	2.253333	3.856666	2.918334
.			
239.	2.893334	1.535556	3.041111
240.	3.046667	2.367778	3.120556
241.	3.33D-07	3.33D-07	3.33D-07

Dengan interpolasi polinomial gabungan dari *spline cubic* dan *spline* linier, maka besarnya kesalahan maksimal data tidak lagi terdapat pada selang dua data terakhir di setiap interval waktu (10 menit, 30 menit, 60 menit), dan besarnya kesalahan juga semakin kecil. Besarnya kesalahan untuk interval 10 menit adalah 19,493093 (ada pada data 187), interval 30 menit 21,416603 (ada di data ke-192) dan interval 60 menit 587,66942 (data ke-159). Terlihat bahwa untuk data pada interval yang lebar kesalahan maksimalnya masih cukup besar. Sehingga kita harus hati-hati saat akan melakukan interpolasi dari sekumpulan data yang mempunyai interval cukup lebar. Dapat dianalisa lebih lanjut kemungkinan adanya model interpolasi yang lebih baik untuk kumpulan data seperti ini.

KESIMPULAN

Dari hasil dan pembahasan, dari $n+1$ data dengan menggunakan polinomial *spline cubic* untuk $n - 2$ interpolasi awal dan 1 interpolasi *spline* linier pada selang

akhir, diperoleh besarnya kesalahan mutlak maksimal penghitungan radiasi matahari untuk setiap interval waktu sebagai berikut:

- interval 10 menit = 19,493093
- interval 30 menit = 21,416603
- interval 60 menit = 587,66942

Terlihat bahwa kesalahan untuk interval 60 menit masih cukup besar, sehingga perlu dianalisa lebih lanjut kemungkinan adanya model interpolasi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Moreno, M.A. Gilabert, F. Camacho, B. Martínez. 2013. *Validation of daily global solar irradiation images from MSG over Spain* Renewable Energy, Volume 60, December 2013, Pages 332-342.
- Bechini, L., Ducco, G., Donatelli, M., Stein, A. 2000. *Modelling, interpolation and stochastic simulation in space and time of global solar radiation* Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 81, Issue 1, 2 October 2000, Pages 29-42.
- Hove, T., Manyumbu, E., Rukweza, G. (2014/inpress). *Developing an improved global solar radiation map for Zimbabwe through correlating long-term ground- and satellite-based monthly clearness index values* Renewable Energy, Volume 63, March 2014, Pages 687-697.
- José M. Mirás-Avalos, Benigno Antonio Rodríguez-Gómez, María del Carmen Meizoso-López, Patricia Sande-Fouz, Miguel Ángel González-García, Antonio Paz-González. 2012. *Data quality assessment and monthly stability of ground solar radiation in Galicia (NW Spain)* Solar Energy, Volume 86, Issue 12, December 2012, Pages 3499-3511.
- Juliana, J.R., dkk. 2011. *Metode Numerik dengan Scilab*. Bayumedia Publishing.
- <http://www.alpensteel.com/article/46-102-energi-matahari-surya-solar/3247--pemanfaatan-radiasi-matahari-untuk-energi> [-]