

BAB IV PERAMALAN DAN ANALISIS

4.1 Data BMKG

Sebelum melakukan analisis data, pertama mengambil data yang nantinya digunakan pada analisis data di MATLAB. Data yang digunakan diambil dari Stasiun Klimatologi Karangploso BMKG Malang dengan periode Januari 2016. Data yang digunakan merupakan data cuaca tiap jam selama sebulan. Datanya terdiri dari data temperatur, lama penyinaran matahari dan intensitas radiasi matahari.

Data tersebut kemudian dibagi menjadi data *training* dan data *testing/checking* sebesar 80 % data *training* dan 20% data *testing*. Dengan data *training* sebanyak 298 pasangan data dan juga data *testing* sebanyak 74 pasangan data.

Adapun karakteristik data yang diperoleh dari Stasiun Klimatologi Karangploso adalah seperti pada tabel 4.1.

Tabel 4.1
Karakteristik Data Cuaca Tiap Jam Stasiun Klimatologi Karangploso

	Maximum	Minimum	Average	Range
Temperature (°C)	30,8	21	25,361	21 - 30,8
Lama Penyinaran Matahari	1	0	0,296	0 - 1
Intensitas Radiasi Matahari (W/m ²)	991,5	1,9	343,59	1,9 – 991,5

4.2 Analisis ANFIS data BMKG

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan satu karakteristik ANFIS yang kemudian dianalisis menggunakan program MATLAB. Karakteristik ANFIS yang digunakan adalah seperti pada tabel 4.2.

Tabel 4.2
Karakteristik ANFIS yang akan digunakan sebagai acuan

Keterangan	Karakteristik ANFIS
Fungsi Keanggotaan	<i>Gaussian</i>
Jumlah MF	5
Jumlah Rules	25
Input	Temperatur dan Lama Penyinaran Matahari
Output	Intensitas Radiasi Matahari
Epoch	100

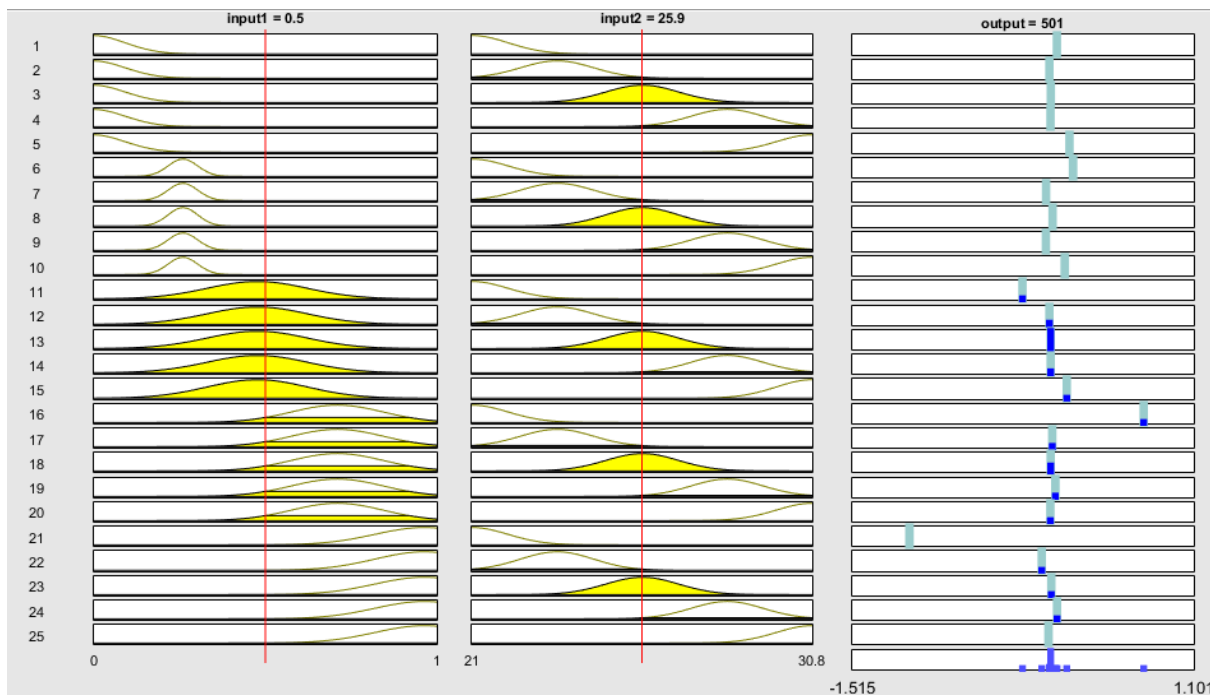
Dari tabel 4.2 menunjukkan karakteristik dalam model ANFIS untuk peramalan Intensitas Radiasi Matahari menggunakan kurva *Gaussian* dengan jumlah membership function 5 dan jumlah Iterasi sebanyak 100.

Selain itu juga akan dilakukan tiga macam percobaan variasi karakteristik ANFIS yaitu variasi pembagian data, variasi jumlah *MembershipFunction* , dan variasi jenis fungsi *MembershipFunction* yang akan digunakan untuk memperoleh nilai *error* yang paling kecil.

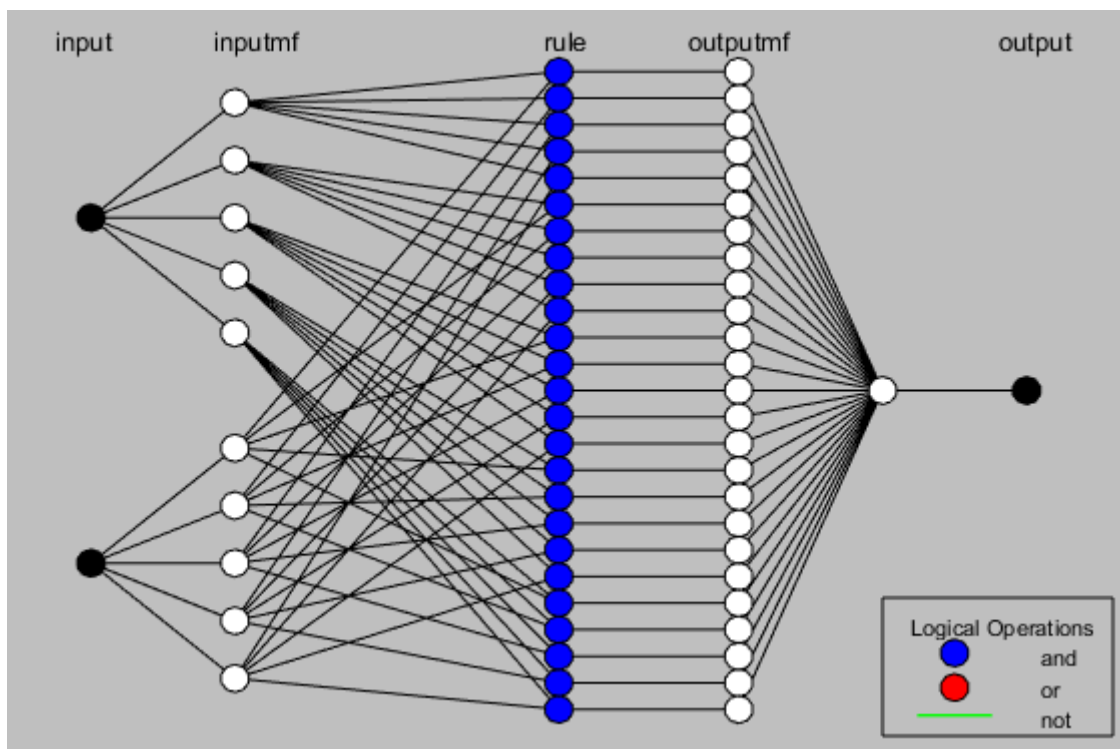
Berikut merupakan *rule* yang diperoleh dari proses *training* ANFIS dengan data *training* yang digunakan dan menggunakan jumlah fungsi keanggotaan sebanyak 5 dan bentuk kurva keanggotaan *gaussian*, dimana dua masukan dengan 5 fungsi keanggotaan maka $5^2 = 25$. Diperoleh sebanyak 25 *rules* dari proses pembelajaran dua *input* berupa temperatur dan lama penyinaran untuk meramalkan sebuah *output* berupa intensitas radiasi matahari. Berikut merupakan *rule* yang diperoleh dari proses pelatihan.

1. *If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf1) (1)*
2. *If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf2) (1)*
3. *If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf3) (1)*
4. *If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf4) then (output is out1mf4) (1)*
5. *If (input1 is in1mf1) and (input2 is in2mf5) then (output is out1mf5) (1)*
6. *If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf6) (1)*
7. *If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf7) (1)*
8. *If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf8) (1)*
9. *If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf4) then (output is out1mf9) (1)*
10. *If (input1 is in1mf2) and (input2 is in2mf5) then (output is out1mf10) (1)*
11. *If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf11) (1)*
12. *If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf12) (1)*
13. *If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf13) (1)*
14. *If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf4) then (output is out1mf14) (1)*
15. *If (input1 is in1mf3) and (input2 is in2mf5) then (output is out1mf15) (1)*
16. *If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf16) (1)*
17. *If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf17) (1)*
18. *If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf18) (1)*
19. *If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf4) then (output is out1mf19) (1)*
20. *If (input1 is in1mf4) and (input2 is in2mf5) then (output is out1mf20) (1)*
21. *If (input1 is in1mf5) and (input2 is in2mf1) then (output is out1mf21) (1)*
22. *If (input1 is in1mf5) and (input2 is in2mf2) then (output is out1mf22) (1)*

- 23. If (input1 is in1mf5) and (input2 is in2mf3) then (output is out1mf23) (1)
- 24. If (input1 is in1mf5) and (input2 is in2mf4) then (output is out1mf24) (1)
- 25. If (input1 is in1mf5) and (input2 is in2mf5) then (output is out1mf25) (1)



Gambar 4.1 Rule dari hasil training 2 masukan dengan 5 membership function



Gambar 4.2 Struktur ANFIS dari karakteristik ANFIS yang digunakan

Gambar 4.1 menunjukkan rule yang diperoleh dari proses *training* yang dilakukan dengan menggunakan jumlah fungsi keanggotaan 5 dan jenis fungsi keanggotaan *gaussian*, dilihat bahwa diperoleh 25 *rule*. Gambar 4.2 menunjukkan struktur ANFIS yang berbentuk jaringan syaraf yang terdiri dari 2 masukan berupa temperature dan lama penyinaran matahari. Setiap masukan memiliki fungsi keanggotaan sebanyak 5 sehingga pada layer berikutnya dapat dilihat terdapat 25 *rule* yang digunakan untuk meramalkan intensitas radiasi matahari. Nilai awal masukan yang ada difuzzifikasi pada layer 1 (*inputmf*), kemudian berdasarkan *rule* dari hasil training ditentukan bagaimanakah proses peramalan itu. Hasil ramalan kemudian masih bernilai derajat keanggotaan, kemudian hasil ramalan yang berada pada *outputmf* difuzzifikasi menjadi nilai keluaran yang sebenarnya yaitu intensitas radiasi matahari.

4.2.1 Percobaan Variasi Data *Training* dan *Testing*

Pada Penelitian ini dilakukan enam kali percobaan dengan memvariasikan jumlah pembagian data yang digunakan untuk *training* dan *testing* yang nantinya akan disimulasikan di MATLAB menggunakan ANFIS. Data yang digunakan merupakan data tiap jam bulan Januari 2017 dari BMKG Karangploso sebanyak 372 pasang data.

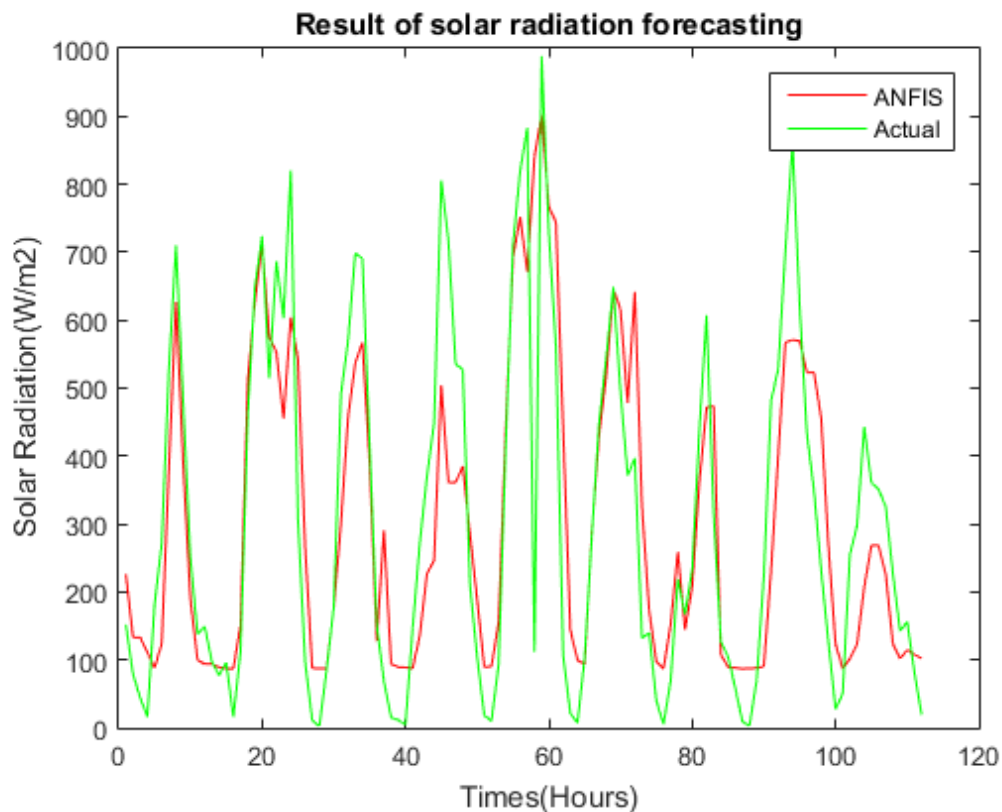
Percobaan pertama dengan jumlah pembagian 70% data *training* dan 30% data *testing*, dengan 260 pasang data *training* dan 112 pasang data *testing*. Percobaan kedua dengan jumlah pembagian 75 % data *training* dan 25% data *testing*. Percobaan ketiga dengan jumlah pembagian 80% data *training* dan 20% data *testing*. Percobaan keempat dengan jumlah pembagian 85% data *training* dan 15% data *testing*. Percobaan kelima dengan jumlah pembagian 90% data *training* dan 10% data *testing* yaitu sebanyak 335 pasang data *training* dan 37 pasang data *testing*. Percobaan keenam dengan jumlah pembagian 95% data *training* dan 5% data *testing*. Untuk skenario percobaan dengan variasi data *training* dan *testing* ditampilkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3

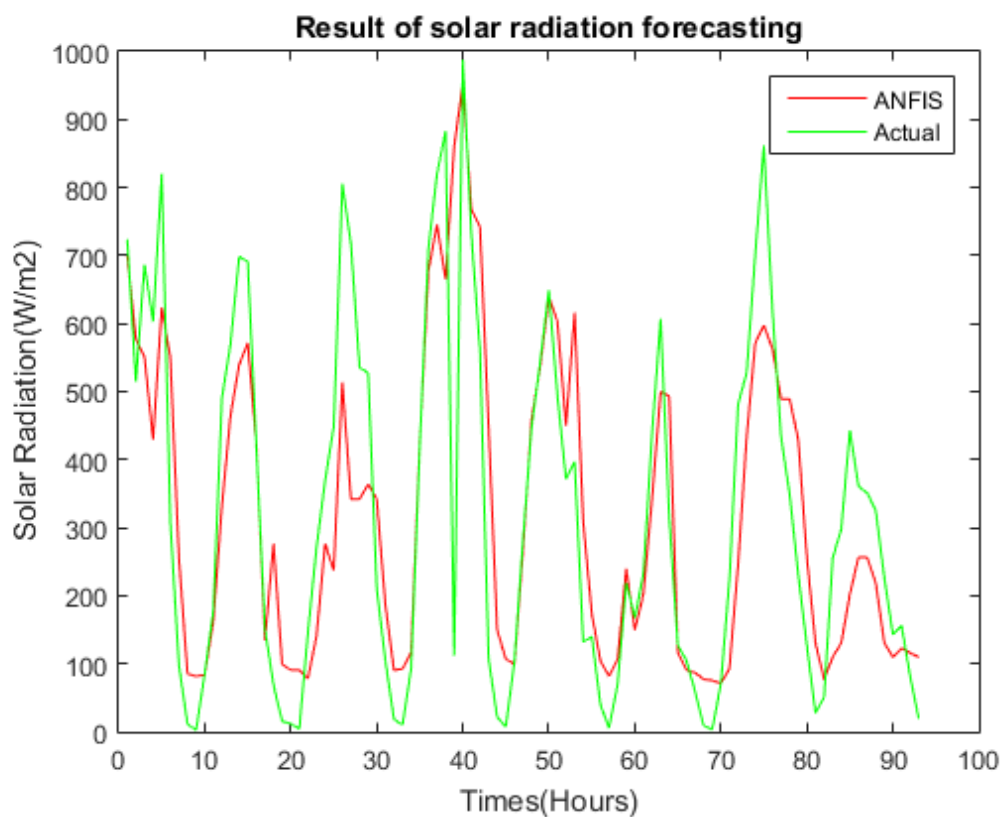
Skenario percobaan variasi jumlah data *training* dan *testing*

Percobaan	Data BMKG	Pembagian Data	Data <i>Training</i>	Data <i>Testing</i>
1	372	70% - 30%	260	112
2	372	75% - 25%	279	93
3	372	80% - 20%	298	74
4	372	85% - 15%	316	56
5	372	90% - 10%	335	37
6	372	95% - 5%	353	19

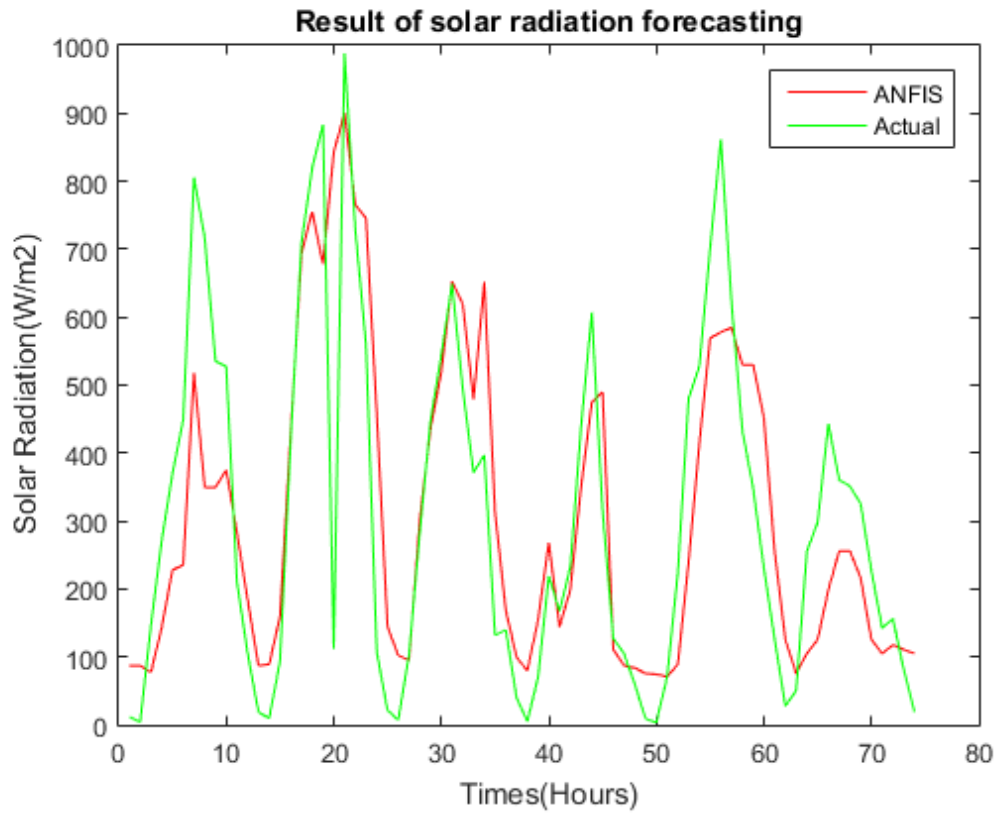
Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan software MATLAB berikut merupakan hasil dari simulasi percobaan pertama sampai keenam.



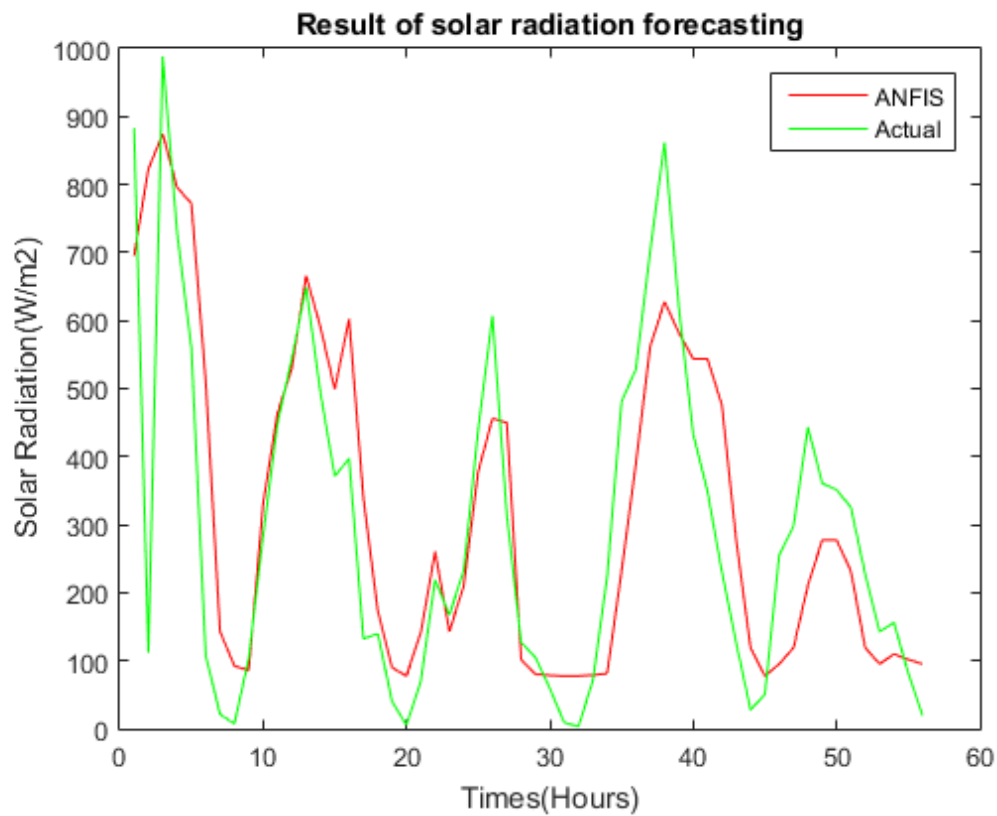
Gambar 4.3 Hasil percobaan 1 dengan pembagian data 70% - 30%



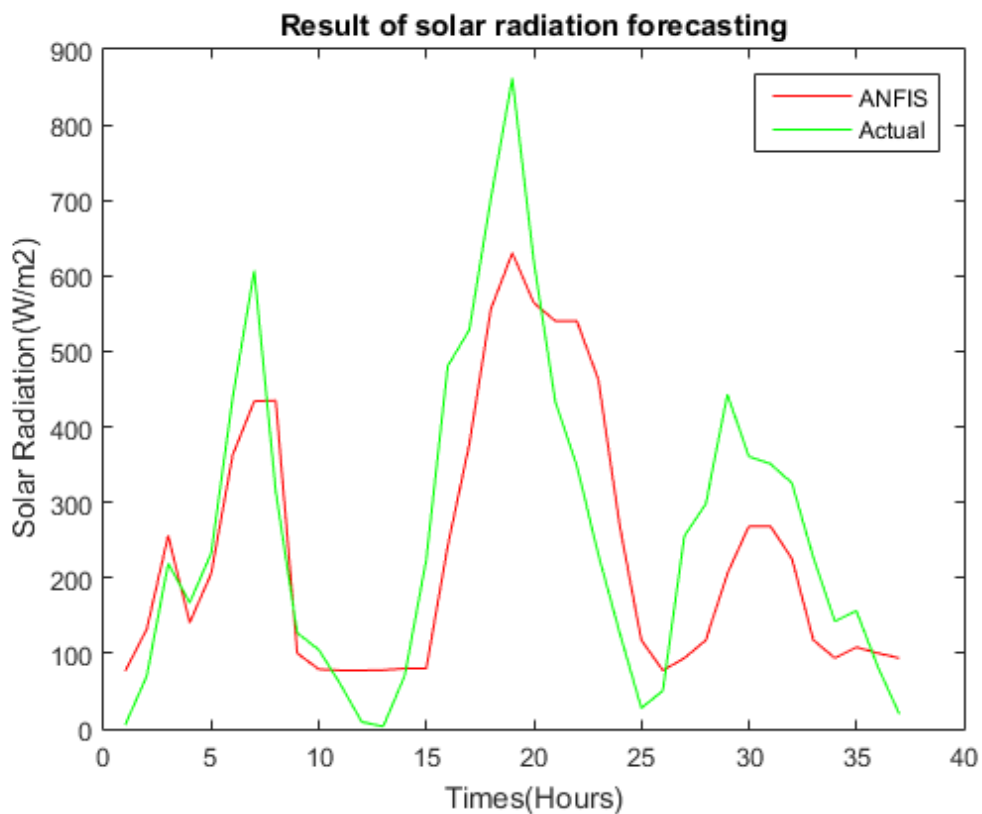
Gambar 4.4 Hasil percobaan 2 dengan pembagian data 75% - 25%



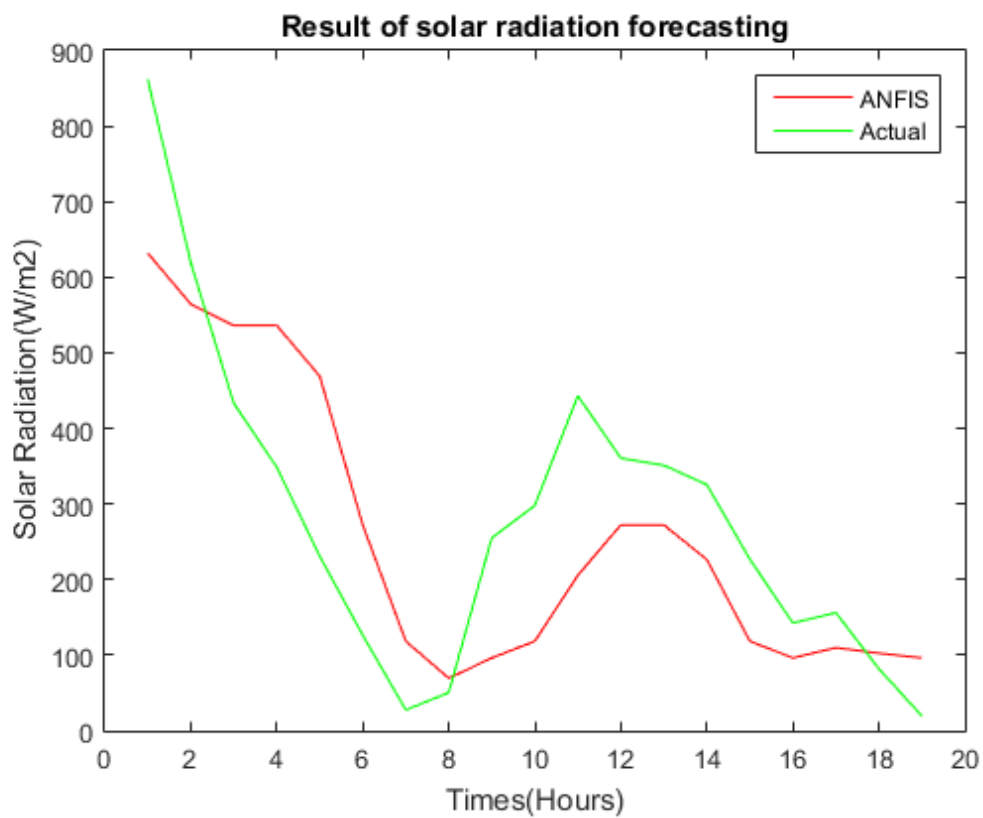
Gambar 4.5 Hasil percobaan 3 dengan pembagian data 80% - 20%



Gambar 4.6 Hasil percobaan 4 dengan pembagian data 85% - 15%



Gambar 4.7 Percobaan 5 dengan pembagian data 90% - 10%



Gambar 4.8 Hasil percobaan 6 dengan pembagian data 95% - 5%

Pada gambar 4.3 menunjukkan bahwa hasil model peramalan belum mampu mendekati target dengan cukup baik. Target yang dimaksud adalah data aktual yang diperoleh dari data BMKG Karangploso yang digunakan sebagai validasi untuk menguji model yang telah dibuat.

Pada gambar 4.4 menunjukkan bahwa hasil model peramalan belum mampu meramalkan dengan baik dan terjadi *error* rata-rata sebesar 140,128 W/m² sedangkan untuk gambar 4.5 juga belum mampu meramalkan dengan baik karena *error* rata-rata masih sebesar 108,4788 W/m².

Pada gambar 4.6 menunjukkan bahwa hasil model peramalan belum mampu meramalkan dengan baik dan terjadi *error* rata-rata sebesar 116,597 W/m² sedangkan untuk gambar 4.7 juga memiliki *error* rata-rata sebesar 100,762 W/m². Sedangkan pada percobaan keenam dapat dilihat pada gambar 4.8 hasil model peramalan mampu meramalkan 19 data dengan *error* rata-rata sebesar 106,2490 W/m².

Tabel 4.4
Hasil Peramalan Variasi Data *Training* dan *Testing*

No.	Intensitas Radiasi Matahari (W/m ²)						
	Data Aktual	70% – 30%	75% – 25%	80% – 20%	85% – 15%	90% – 10%	95% – 5%
1.	655,829	570,8286	597,1801	577,75	627,7443	630,4019	631,9171
2.	754,566	569,5744	562,9493	584,6855	582,0949	564,1104	564,4486
3.	366,982	522,7762	488,975	529,9922	543,6624	540,3023	536,2146
4.	366,982	522,7762	488,975	529,9922	543,6624	540,3023	536,2146
5.	408,842	455,3517	429,1909	453,0856	476,0535	462,7557	469,0652
6.	259,259	268,4967	256,3964	255,7928	277,357	268,3338	272,3042
7.	108,143	123,1943	130,7101	125,4545	119,1303	117,4772	118,4487
8.	72,795	87,21076	76,99045	75,63658	77,48094	77,43519	69,4944
9.	90,608	102,0655	109,7135	104,8743	95,23768	93,69825	96,37359
10.	108,143	123,1943	130,7101	125,4545	119,1303	117,4772	118,4487
11.	210,873	207,0316	202,4191	198,8784	210,6751	205,7102	205,5561
12.	259,259	268,4967	256,3964	255,7928	277,357	268,3338	272,3042
13.	259,259	268,4967	256,3964	255,7928	277,357	268,3338	272,3042
14.	225,760	226,3577	219,1178	216,3351	231,6447	225,4726	226,4035
15.	108,143	123,1943	130,7101	125,4545	119,1303	117,4772	118,4487
16.	90,608	102,0655	109,7135	104,8743	95,23768	93,69825	96,37359
17.	99,093	114,7766	122,8655	117,671	109,7164	108,1413	109,8561
18.	93,524	107,7748	115,9049	110,8514	101,7916	100,2443	102,5591
19.	90,608	102,0655	109,7135	104,8743	95,23768	93,69825	96,37359

Dari kelima percobaan diatas maka dilakukan perhitungan untuk mengetahui nilai *error* dengan cara melakukan perhitungan RMSE dan MAE seperti pada tabel 4.5 .

Tabel 4.5
Perbandingan *error* pada percobaan Variasi Data *Training* dan *Testing*

Percobaan	RMSE (W/m ²)	MAE (W/m ²)
70% - 30%	189,947	130,528
75% - 25%	184,1763	138,142
80% - 20%	163,136	120,3023
85% - 15%	181,289	127,113
90% - 10%	128,665	101,531
95% - 5%	124,0851	106,2490

Dapat dilihat pada tabel 4.5 Diatas bahwa nilai rmse terkecil diperoleh pada percobaan 90%-10% dan sedangkan nilai RMSE terbesar diperoleh pada data 70%-30%. Sedangkan untuk nilai MAE terkecil diperoleh pada percobaan 80%-20% namun pada percobaan 75%-25% diperoleh nilai MAE terbesar. Sehingga pada penelitian ini variasi data yang terbaik yaitu dengan 90% data *training* dan 10% data *testing*.

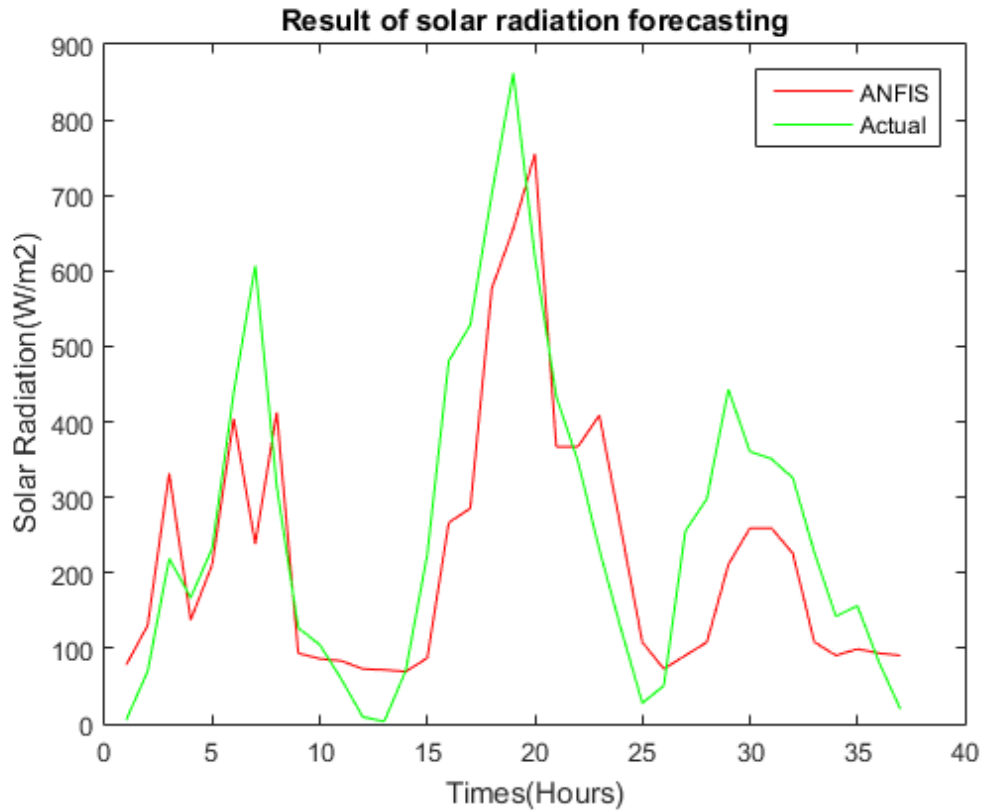
4.2.2 Percobaan Variasi Jumlah *Membership Function*

Pada percobaan kali ini, dilakukan simulasi dengan menggunakan data BMKG yang nantinya akan melakukan variasi Jumlah *Membership Function* yang akan digunakan dengan nilai *error* yang paling kecil.

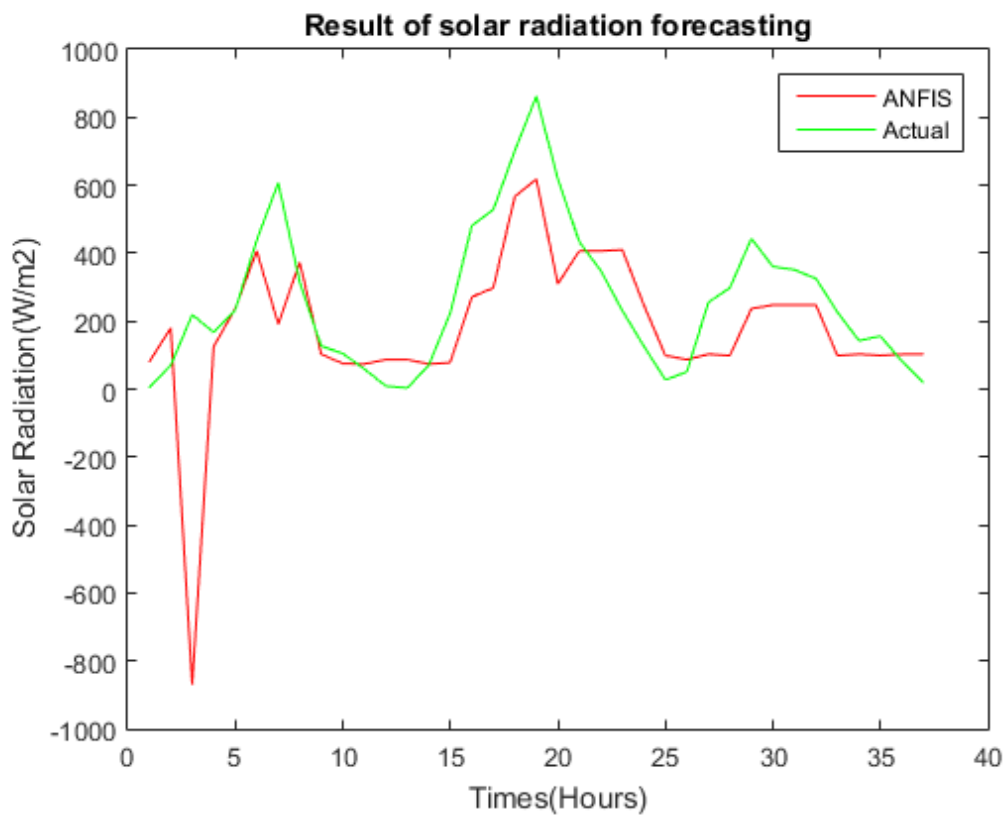
Tabel 4.6
Skenario Percobaan Variasi Jumlah *Membership Function*

Percobaan	Membership Funicton	Epoch	Jumlah MF
1	<i>Gaussian</i>	100	5
2	<i>Gaussian</i>	100	6
3	<i>Gaussian</i>	100	7
4	<i>Gaussian</i>	100	8
5	<i>Gaussian</i>	100	9

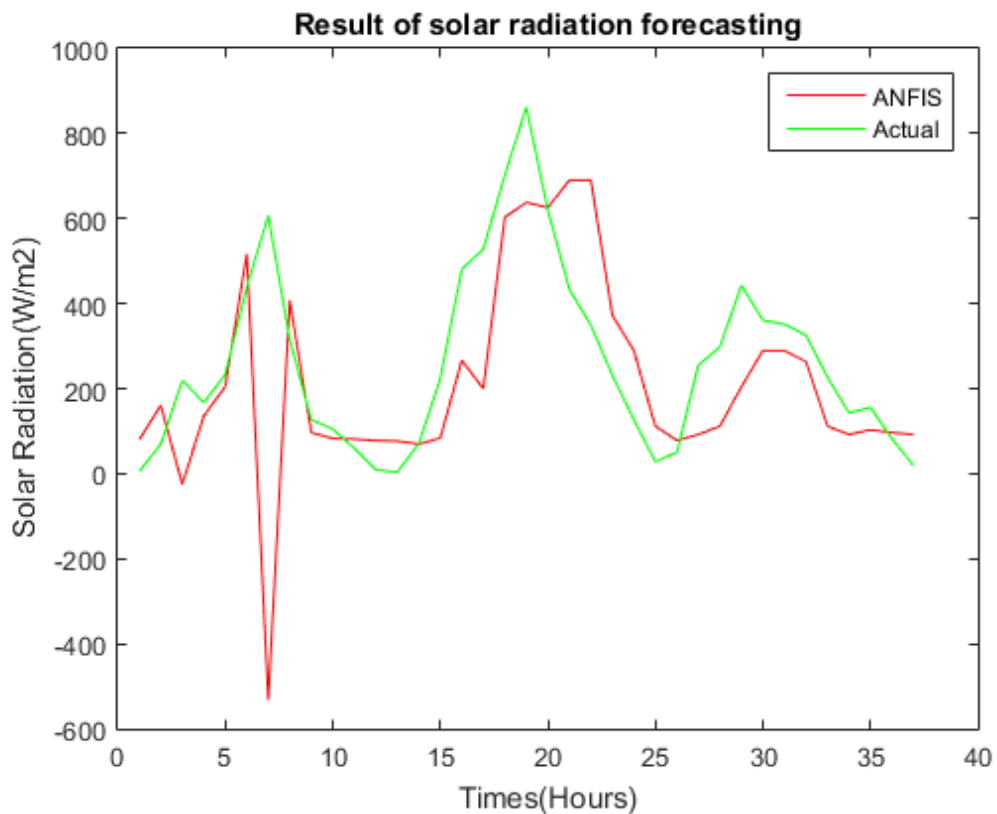
Kemudian dilakukan perhitungan dengan MATLAB menggunakan metode ANFIS.



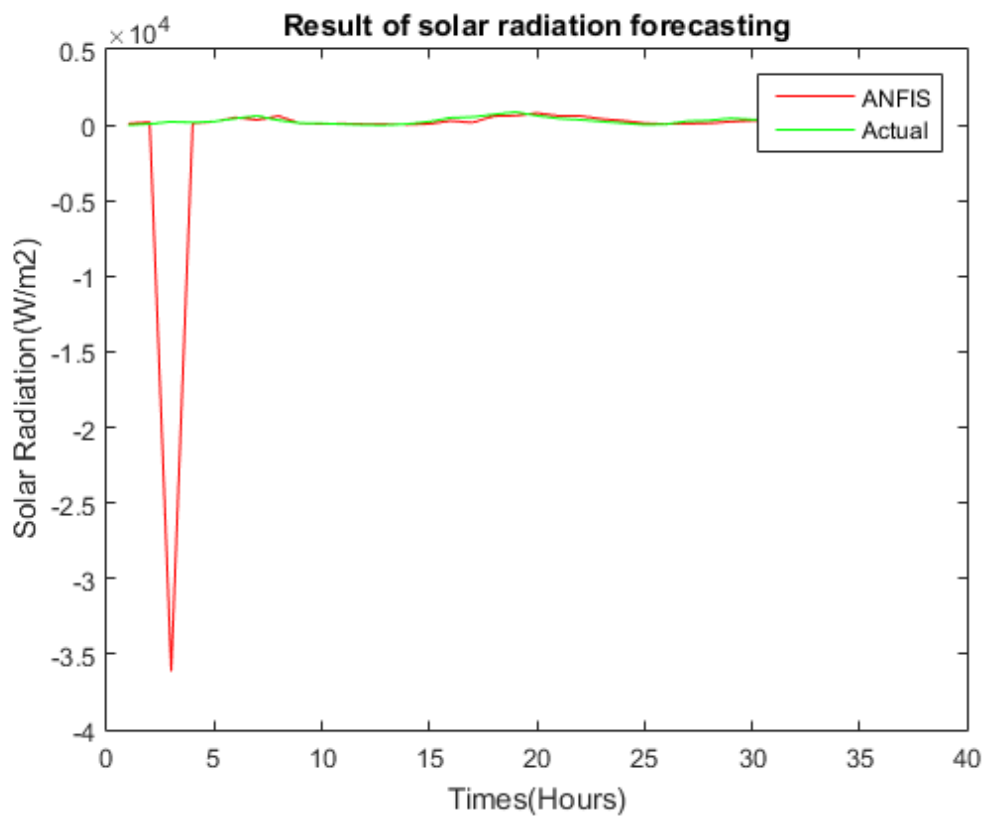
Gambar 4.9 Hasil percobaan 1 dengan Jumlah MF 5



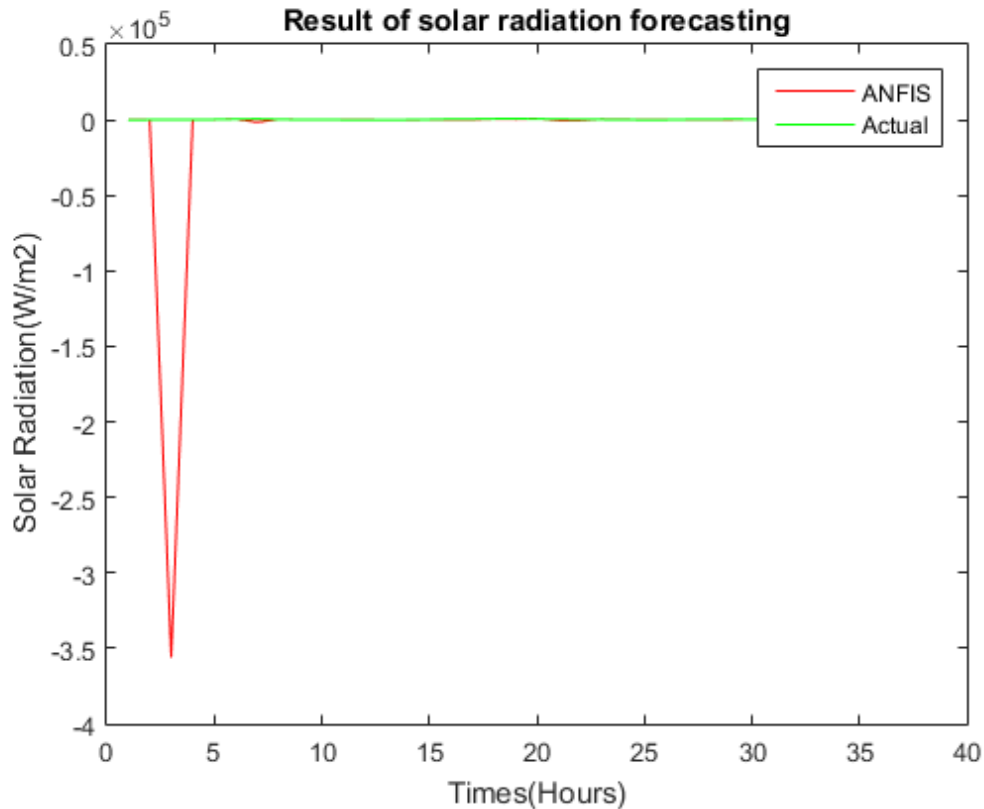
Gambar 4.10 Hasil percobaan 2 dengan Jumlah MF 6



Gambar 4.11 Hasil percobaan 3 dengan Jumlah MF 7



Gambar 4.12 Hasil percobaan 4 dengan Jumlah MF 8



Gambar 4.13 Hasil percobaan 5 dengan Jumlah MF 9

Pada gambar 4.9 percobaan dengan jumlah MF 5 menunjukkan bahwa hasil model peramalan meramalkan dengan cukup baik dan terjadi *error* rata-rata sebesar 101,531 W/m² sedangkan untuk gambar 4.10 percobaan dengan jumlah MF 6 belum mampu meramalkan dengan baik dengan *error* rata-rata sebesar 135,288 W/m².

Pada gambar 4.11 percobaan dengan jumlah MF 7 menunjukkan bahwa hasil model peramalan tidak mencapai target dan terjadi *error* rata-rata sebesar 1098,127 W/m² sedangkan untuk gambar 4.12 percobaan dengan jumlah MF 8 belum mampu meramalkan dengan baik dengan *error* rata-rata sebesar 1098,127 W/m². Karena pada data ke 3 peramalan nilainya sangat berbeda jauh dengan nilai aslinya, atau memiliki *error* yang cukup tinggi.

Pada gambar 4.13 percobaan dengan jumlah MF 9 menunjukkan bahwa hasil model peramalan meramalkan dengan cukup baik dan terjadi *error* rata-rata sebesar 9816,14 W/m². Hal ini dikarenakan terjadi *error* yang cukup tinggi pada nilai peramalan data ke 3 yang membuat simpangan rata-rata nya bernilai tinggi sekali.

Kemudian bandingkan hasil dari data aktual dan juga hasil percobaan 1 sampai dengan percobaan 5 pada tabel 4.7.

Tabel 4.7
Perbandingan Hasil Peramalan Percobaan 1-5 dan Data Aktual

Intensitas Radiasi Matahari (W/m²)					
Data Aktual	MF = 5	MF = 6	MF = 7	MF = 8	MF = 9
5,200	78,004	79,975	79,911	95,671	92,379
69,700	130,442	179,539	160,806	191,002	186,836
219,000	331,713	-869,565	-25,043	-36129,173	-356106,815
167,200	137,585	125,433	135,438	120,923	123,855
232,700	210,873	236,799	204,399	225,437	221,912
438,700	404,378	406,608	516,572	498,161	517,622
607,000	238,278	191,739	-532,182	341,380	-1486,622
314,600	412,500	373,124	407,878	597,846	407,393
126,900	93,524	102,485	96,499	110,214	105,147
104,900	86,218	75,387	82,718	80,270	82,079
59,400	83,478	73,690	81,271	91,481	90,327
9,100	72,795	87,004	77,926	69,705	70,189
3,300	71,480	86,786	76,605	57,457	59,874
70,600	69,360	73,826	69,544	37,295	42,486
224,200	87,187	78,099	83,619	75,333	78,340
480,700	266,681	271,412	266,387	277,609	221,922
528,400	285,408	297,887	199,824	161,979	204,570
701,700	576,624	566,696	603,193	591,111	622,999
861,800	655,829	618,088	637,895	617,763	551,674
619,600	754,566	309,797	625,633	789,876	798,543
433,300	366,982	406,769	690,168	607,210	-277,712
348,700	366,982	406,769	690,168	607,210	-277,712
230,900	408,842	410,181	372,356	402,825	419,941
126,400	259,259	247,762	289,321	288,377	277,242
27,600	108,143	98,765	111,624	116,160	126,777
50,500	72,795	87,004	77,926	69,705	70,189
255,300	90,608	102,823	92,193	98,642	92,696
298,100	108,143	98,765	111,624	116,160	126,777
443,100	210,873	236,799	204,399	225,437	221,912
360,700	259,259	247,762	289,321	288,377	277,242
351,200	259,259	247,762	289,321	288,377	277,242
325,500	225,760	247,992	263,480	249,374	289,476
226,800	108,143	98,765	111,624	116,160	126,777
142,600	90,608	102,823	92,193	98,642	92,696
156,100	99,093	99,354	102,848	115,725	117,237
81,900	93,524	102,485	96,499	110,214	105,147
19,400	90,608	102,823	92,193	98,642	92,696

Setelah melihat perbedaan antara kelima percobaan dan juga data aktual BMKG yang ada, selanjutnya akan dicari jumlah *error* yang ada pada masing-masing percobaan dengan menggunakan metode RMSE dan MAE, yang akan ditampilkan pada tabel 4.8.

Tabel 4.8

Perbandingan *Error* pada percobaan 1-5

Percobaan	RMSE(W/m²)	MAE W/m²)
MF = 5	128,6646	101,5313
MF = 6	227,1336	135,2878
MF = 7	233,9734	138,2098
MF = 8	5,9774 e+03	1,0981 e+03
MF = 9	5,8581 e+04	9,8161 e+03

Dapat dilihat pada tabel 4.8 bahwa percobaan yang memiliki nilai RMSE paling kecil yaitu pada percobaan dengan jumlah MF sebanyak 5, sedangkan untuk jumlah RMSE terbesar pada percobaan dengan jumlah MF sebanyak 8. Untuk percobaan dengan nilai MAE yang paling kecil juga pada percobaan dengan jumlah MF sebanyak 5, untuk percobaan dengan jumlah MAE terbanyak terjadi pada percobaan dengan jumlah MF sebanyak 9. Sehingga dapat diartikan bahwa untuk melakukan peramalan intensitas radiasi matahari yang baik yaitu dengan menggunakan jumlah MF sebanyak 5 pada MATLAB.

4.2.3 Percobaan Variasi Jenis *Membership Function*

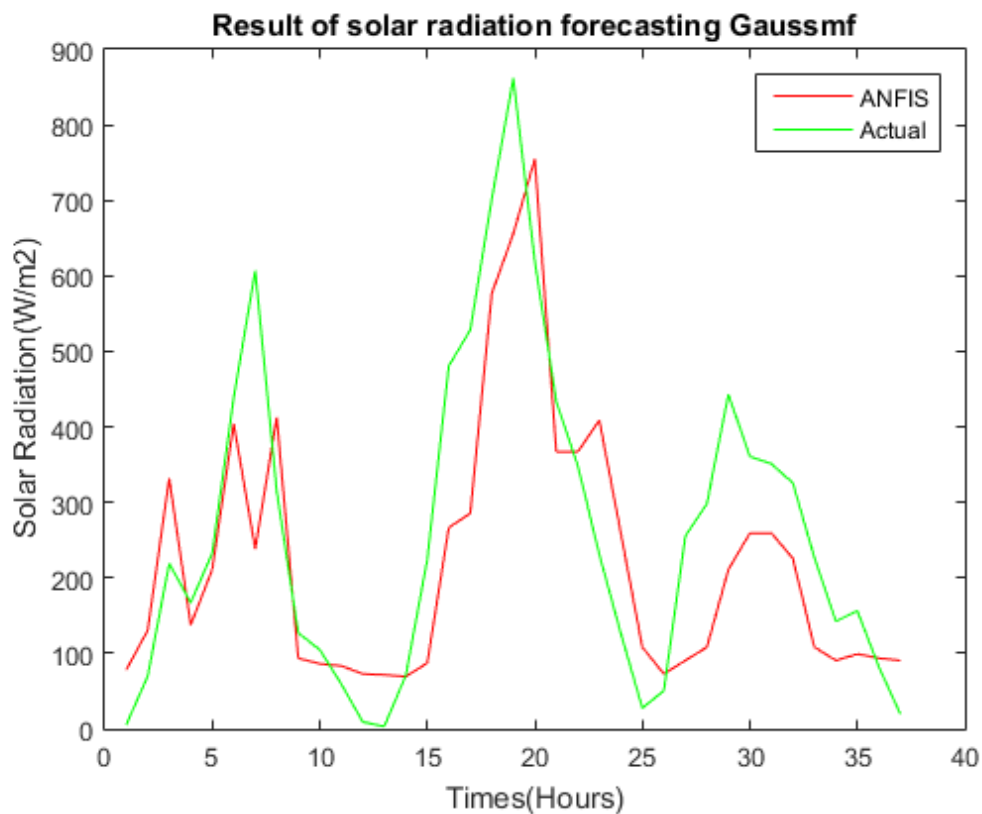
Percobaan kali ini bertujuan untuk mencari jenis membership function yang memiliki kemampuan yang baik dalam melakukan peramalan intensitas radiasi matahari. Data yang digunakan tetap menggunakan data sekunder BMKG Karangploso. Untuk jenis membership function yang digunakan yaitu *Gaussian*, *Generalized bell*, *Gaussian2*, *Pi* dan *Trapezium*. Semua percobaan dilakukan dengan jumlah MF sebanyak 5, dan 100 kali iterasi. Berikut merupakan hasil setelah dilakukan pengujian di MATLAB yang di tampilkan pada tabel 4.9.

Tabel 4.9

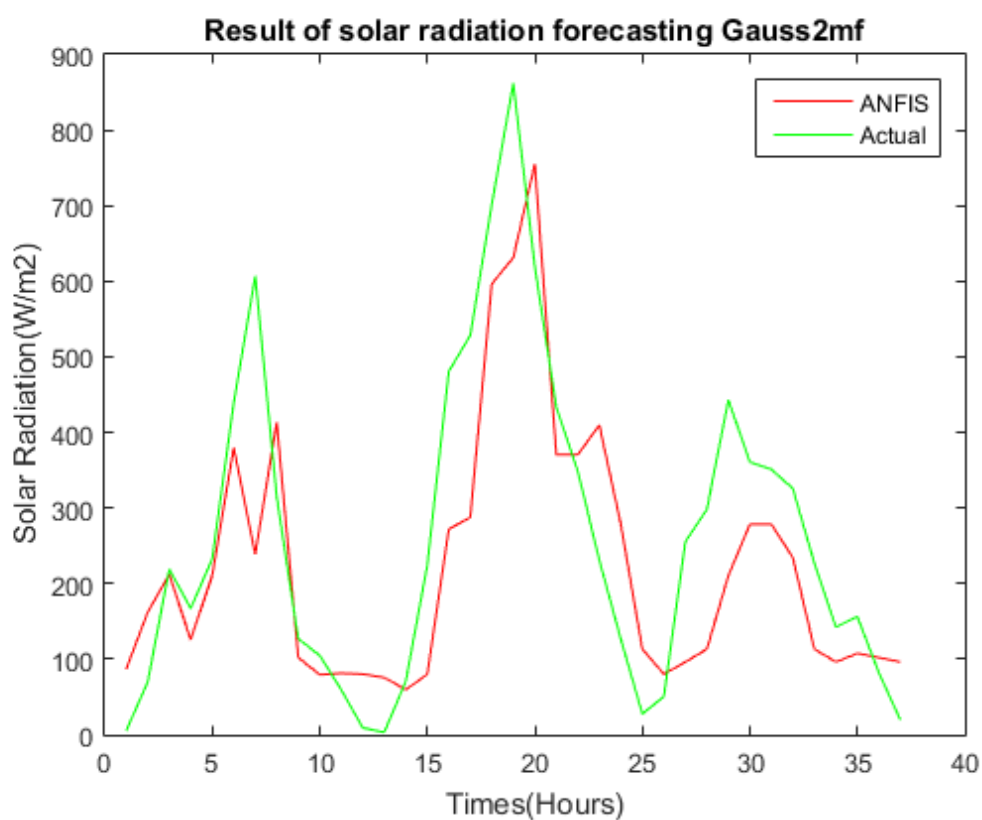
Skenario percobaan variasi jenis Membership Function

Percobaan	Epoch	Jumlah MF	Jenis MF
A	100	5	<i>Gaussian</i>
B	100	5	<i>Generalized bell</i>
C	100	5	<i>Gaussian combination</i>
D	100	5	<i>Pi-shaped</i>
E	100	5	<i>Trapezoidal</i>

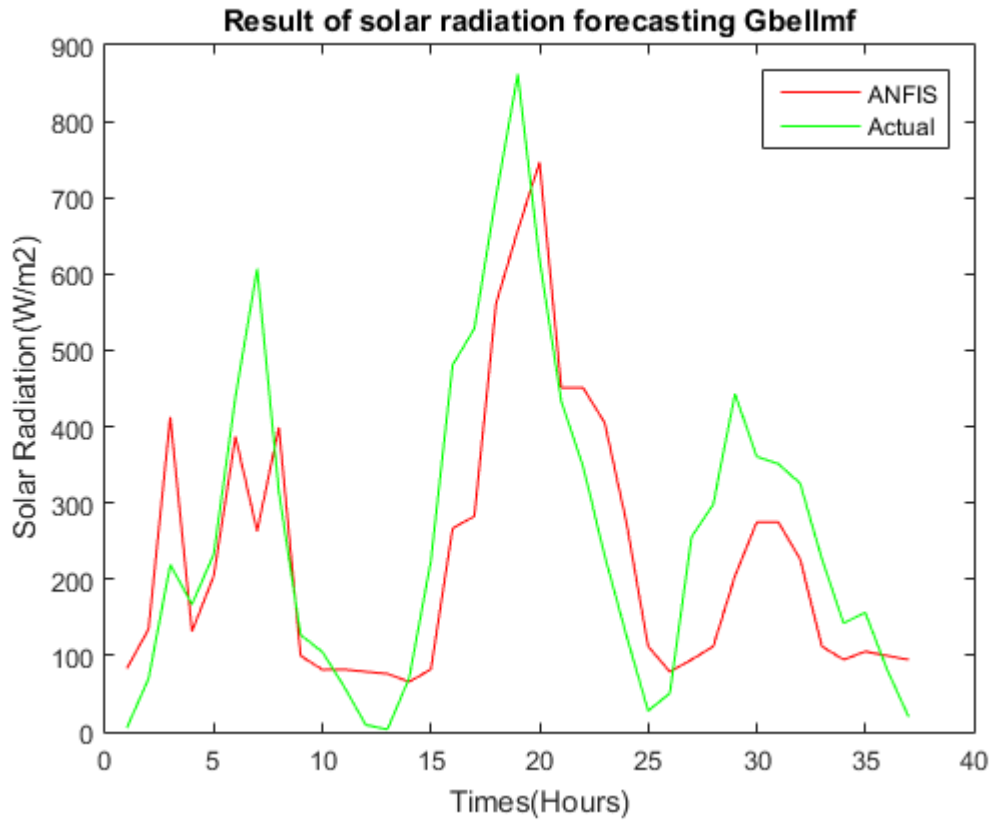
Kemudian dilakukan perhitungan dengan MATLAB menggunakan metode ANFIS, berikut merupakan hasil percobaan A – E :



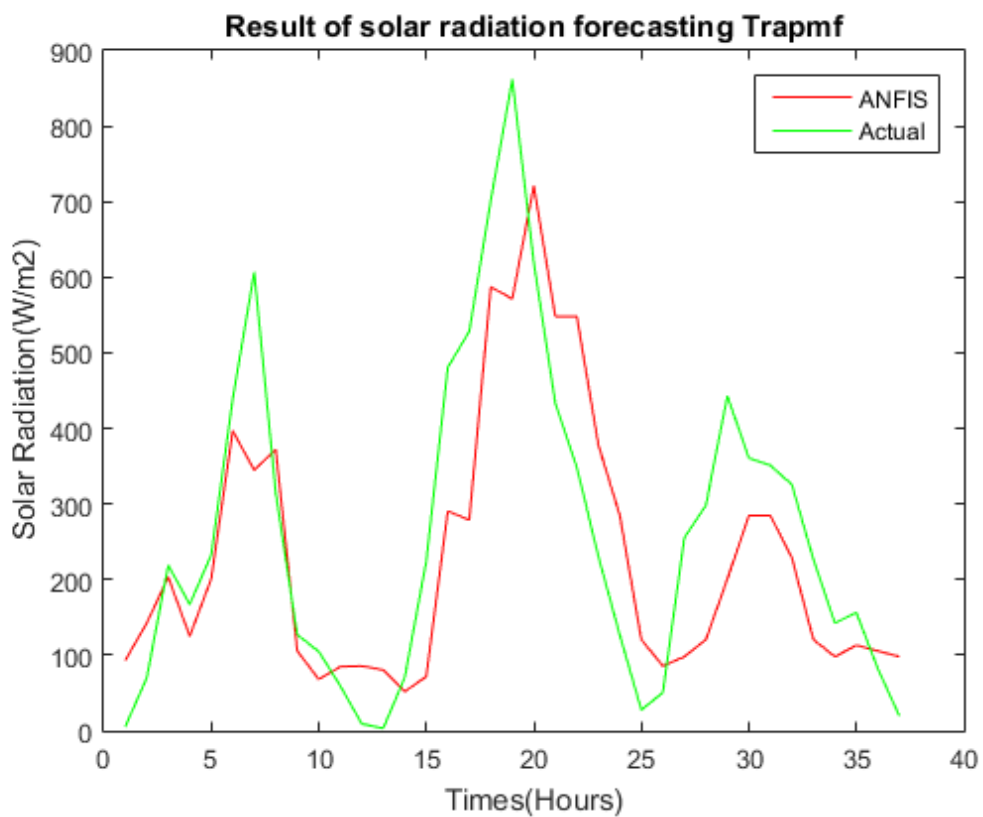
Gambar 4.14 Hasil percobaan A dengan Jenis MF Gaussian



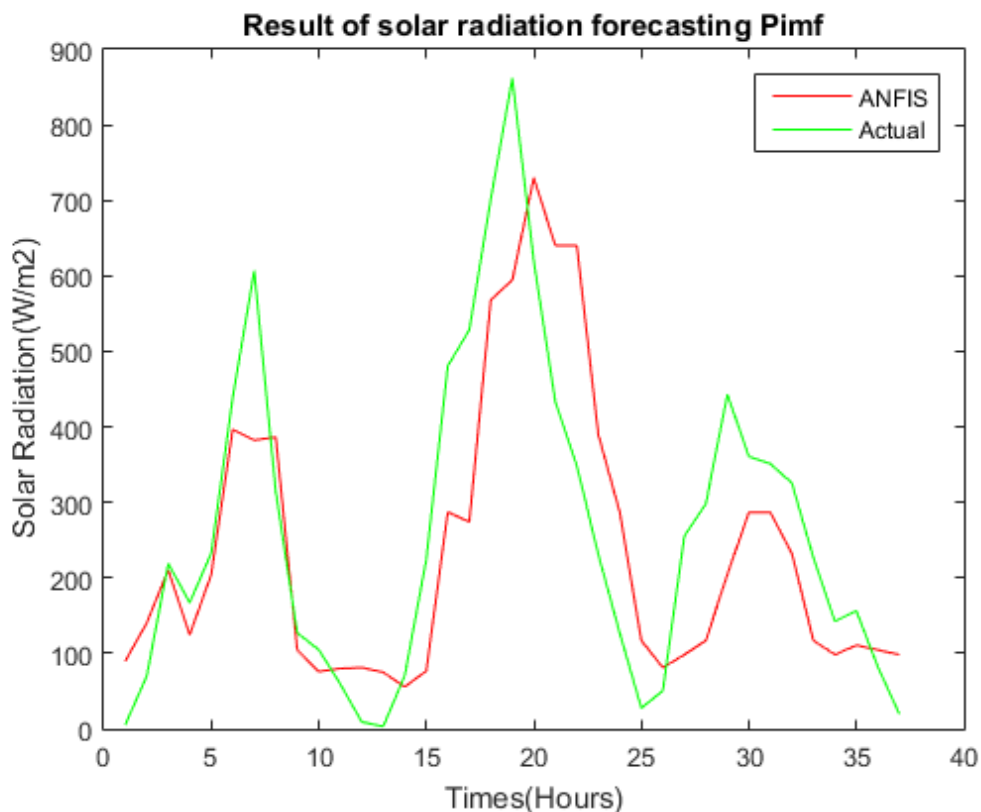
Gambar 4.15 Hasil percobaan B dengan Jenis MF Gaussian Combination



Gambar 4.16 Hasil percobaan C dengan Jenis MF *Generalized Bell*



Gambar 4.17 Hasil percobaan E dengan Jenis MF *Trapezium*



Gambar 4.18 Hasil percobaan D dengan Jenis MF *Pi*

Pada gambar 4.14 percobaan dengan jenis fungsi *Gaussian* menunjukkan bahwa hasil model peramalan meramalkan dengan cukup baik dan terjadi *error* rata-rata sebesar 101,531 W/m².

Pada gambar 4.16 percobaan dengan fungsi *Generalized Bell* menunjukkan bahwa hasil model peramalan meramalkan tidak mampu mencapai target dan terjadi *error* rata-rata sebesar 104,985 W/m² sedangkan untuk gambar 4.15 percobaan dengan fungsi *Gaussian2* meramalkan dengan cukup baik dimana nilai *error* rata-rata sebesar 100,5849 W/m².

Pada gambar 4.18 percobaan dengan fungsi *Pi* menunjukkan bahwa hasil model peramalan meramalkan tidak mampu mencapai target dan terjadi *error* rata-rata sebesar 106,963 W/m² sedangkan untuk gambar 4.17 percobaan dengan fungsi *Trapezium* meramalkan dengan tidak cukup baik dimana nilai *error* rata-rata sebesar 103,442 W/m².

Tabel 4.10
 Hasil Peramalan Percobaan Variasi Membership Function

Data Aktual	Intensitas Radiasi Matahari (W/m^2)				
	<i>Gaussian</i>	<i>Generalized bell</i>	<i>Gaussian combination</i>	<i>Pi-shaped</i>	<i>Trapezoidal</i>
5,200	78,004	82,885	86,857	89,692	92,964
69,700	130,442	134,688	162,014	140,188	142,305
219,000	331,713	412,436	212,095	210,662	203,333
167,200	137,585	131,737	125,695	124,414	125,020
232,700	210,873	204,075	210,357	204,406	200,790
438,700	404,378	386,819	379,732	396,247	396,692
607,000	238,278	262,943	238,700	382,287	344,641
314,600	412,500	398,995	413,529	386,543	372,335
126,900	93,524	99,688	102,042	104,491	105,562
104,900	86,218	81,479	79,409	75,923	68,070
59,400	83,478	81,834	81,383	79,994	84,801
9,100	72,795	78,815	80,270	81,150	85,628
3,300	71,480	76,117	75,705	74,955	80,491
70,600	69,360	65,611	59,585	55,601	51,776
224,200	87,187	81,958	79,987	76,649	71,780
480,700	266,681	266,877	272,143	287,324	290,509
528,400	285,408	282,424	287,363	273,954	278,885
701,700	576,624	561,498	596,501	568,224	587,146
861,800	655,829	657,125	631,315	594,585	571,336
619,600	754,566	746,489	754,880	730,001	720,985
433,300	366,982	451,050	370,556	640,080	548,154
348,700	366,982	451,050	370,556	640,080	548,154
230,900	408,842	405,193	409,687	389,664	378,303
126,400	259,259	274,729	278,483	286,777	284,748
27,600	108,143	111,986	113,253	117,000	120,577
50,500	72,795	78,815	80,270	81,150	85,628
255,300	90,608	94,582	96,302	98,237	98,055
298,100	108,143	111,986	113,253	117,000	120,577
443,100	210,873	204,075	210,357	204,406	200,790
360,700	259,259	274,729	278,483	286,777	284,748
351,200	259,259	274,729	278,483	286,777	284,748
325,500	225,760	226,260	234,148	232,042	228,776
226,800	108,143	111,986	113,253	117,000	120,577
142,600	90,608	94,582	96,302	98,237	98,055
156,100	99,093	105,347	107,729	110,745	113,069
81,900	93,524	99,688	102,042	104,491	105,562
19,400	90,608	94,582	96,302	98,237	98,055

Setelah melihat perbedaan antara kelima percobaan dan juga data aktual BMKG yang ada, selanjutnya akan dicari jumlah *error* yang ada pada masing-masing percobaan dengan menggunakan metode RMSE dan MAE, yang akan ditampilkan pada tabel 4.11.

Tabel 4.11
Perbandingan *Error* pada percobaan A - E

Percobaan	RMSE (W/m ²)	MAE (W/m ²)
<i>Gaussian</i>	128,6646	101,5313
<i>Generalized bell</i>	130,4714	104,9849
<i>Gaussian combination</i>	128,2806	100,5849
<i>Pi-shaped</i>	132,8514	106,9626
<i>Trapezoidal</i>	127,3451	103,4420

Dapat dilihat pada tabel 4.11 bahwa percobaan yang memiliki nilai RMSE paling kecil yaitu pada percobaan dengan jenis MF *Trapezoidal*, sedangkan untuk jumlah RMSE terbesar pada percobaan dengan jenis MF *Pi-shaped*. Untuk percobaan dengan nilai MAE yang paling kecil pada percobaan dengan jenis MF *Gaussian combination*, untuk percobaan dengan jumlah MAE terbanyak terjadi pada percobaan dengan jenis MF *Pi-shaped*. Sehingga dapat diartikan bahwa untuk melakukan peramalan intensitas radiasi matahari yang baik yaitu dengan menggunakan jenis MF *Gaussian combination* pada MATLAB

4.3 Analisis Regresi Linier Berganda Data BMKG

Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana dengan metode Regresi Linier Berganda dapat melakukan peramalan Intensitas Radiasi Matahari, Selain dengan Metode ANFIS. Metode Regresi Linier Berganda merupakan metode statistika / konvensional untuk melakukan peramalan. Selain itu peramalan menggunakan metode Regresi Linier Berganda juga sebagai metode pembandingan peramalan dengan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS).

Perhitungan menggunakan metode Regresi Linier Berganda terdapat dua cara yaitu dengan menggunakan Excel dan MATLAB.

*) N = Jumlah Data

Y = Intensitas Radiasi Matahari (W/m²)

X1 = Lama Penyinaran Matahari

X2 = Temperature (°C)

Tabel 4.12

Perhitungan Regresi Linier Berganda Excel 90% data *training* dan 10 % data *testing*

n	Y	X1	X2	X1Y	X2Y	X1X2	X1^2	X2^2
1	83,8	0	23,4	0	1960,92	0	0	547,56
2	435,4	0,8	25,2	20,16	10972,08	20,16	0,64	635,04
3	424,3	0,9	25,6	23,04	10862,08	23,04	0,81	655,36
4	766,9	0,6	27,2	16,32	20859,68	16,32	0,36	739,84
5	551,8	0,9	27,4	24,66	15119,32	24,66	0,81	750,76
6	416,4	0,5	27,6	13,8	11492,64	13,8	0,25	761,76
7	216,6	0	27,2	0	5891,52	0	0	739,84
8	624,2	0,3	27,8	8,34	17352,76	8,34	0,09	772,84
9	327,2	0,6	25	15	8180	15	0,36	625
10	99,5	0	23,6	0	2348,2	0	0	556,96
11	47,2	0	23,4	0	1104,48	0	0	547,56
12	11,9	0	23,4	0	278,46	0	0	547,56
13	149,3	0	22,4	0	3344,32	0	0	501,76
14	202,9	0	23,4	0	4747,86	0	0	547,56
15	284,1	0	24,2	0	6875,22	0	0	585,64
16	433,9	0	25,2	0	10934,28	0	0	635,04
17	571,1	0,3	25,4	7,62	14505,94	7,62	0,09	645,16
18	300,8	0,2	27	5,4	8121,6	5,4	0,04	729
19	591,9	0	28,2	0	16691,58	0	0	795,24
20	490	0,6	26,4	15,84	12936	15,84	0,36	696,96
21	517,4	0,5	27,2	13,6	14073,28	13,6	0,25	739,84
22	382,2	0,7	25,8	18,06	9860,76	18,06	0,49	665,64
23	152,2	0,2	24,7	4,94	3759,34	4,94	0,04	610,09
24	20,3	0	23,8	0	483,14	0	0	566,44
25	195,7	0,1	22,6	2,26	4422,82	2,26	0,01	510,76
26	273,3	0,5	23,6	11,8	6449,88	11,8	0,25	556,96
27	436,8	0,4	25,4	10,16	11094,72	10,16	0,16	645,16
28	461,1	0,6	26,4	15,84	12173,04	15,84	0,36	696,96
29	840,2	0,9	27,3	24,57	22937,46	24,57	0,81	745,29
30	531,1	0,8	24,6	19,68	13065,06	19,68	0,64	605,16
31	212,1	0	24,2	0	5132,82	0	0	585,64
32	451,8	0	24,8	0	11204,64	0	0	615,04
33	260,8	0	25,4	0	6624,32	0	0	645,16
34	176,2	0	25,6	0	4510,72	0	0	655,36
35	125,9	0	24,4	0	3071,96	0	0	595,36
36	27,1	0	23,6	0	639,56	0	0	556,96
37	195,7	0,4	23,2	9,28	4540,24	9,28	0,16	538,24
38	401,8	0,9	25	22,5	10045	22,5	0,81	625
39	436,8	0,9	26,8	24,12	11706,24	24,12	0,81	718,24
40	461,1	1	27,6	27,6	12726,36	27,6	1	761,76

Seterusnya di Lampiran

Persamaan Regresi Linier Berganda : $Y = -1544,23 + 281,4365 X_1 + 71,4263 X_2$

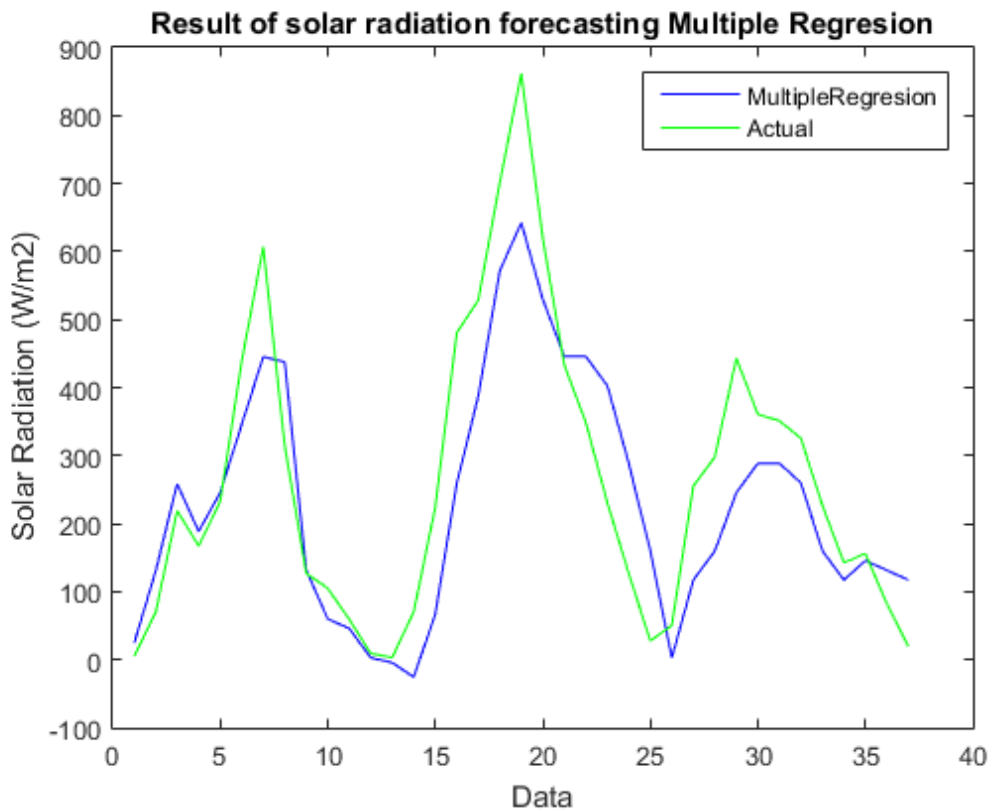
Berikut ini merupakan perbandingan data aktual dan data hasil peramalan menggunakan metode Regresi Linier Berganda dengan MATLAB.

Tabel 4.13

Hasil Peramalan Menggunakan Metode Regresi Linier Berganda

No.	Intensitas Radiasi Matahari (W/m^2)		<i>Error</i> (W/m^2)
	Data Aktual BMKG	Data Peramalan Regresi Linier Berganda	
1	5,200	24,316	19,116
2	69,700	130,602	60,902
3	219,000	258,315	39,315
4	167,200	188,596	21,396
5	232,700	245,737	13,037
6	438,700	345,734	92,966
7	607,000	445,304	161,696
8	314,600	437,735	123,135
9	126,900	131,455	4,555
10	104,900	60,029	44,871
11	59,400	45,744	13,656
12	9,100	2,888	6,212
13	3,300	-4,254	7,554
14	70,600	-25,682	96,282
15	224,200	67,172	157,028
16	480,700	259,169	221,531
17	528,400	387,736	140,664
18	701,700	571,737	129,963
19	861,800	642,310	219,490
20	619,600	529,735	89,865
21	433,300	445,731	12,431
22	348,700	445,731	97,031
23	230,900	402,875	171,975
24	126,400	288,593	162,193
25	27,600	160,026	132,426
26	50,500	2,888	47,612
27	255,300	117,170	138,130
28	298,100	160,026	138,074
29	443,100	245,737	197,363
30	360,700	288,593	72,107
31	351,200	288,593	62,607
32	325,500	260,023	65,477
33	226,800	160,026	66,774
34	142,600	117,170	25,430
35	156,100	145,741	10,359
36	81,900	131,455	49,555
37	19,400	117,170	97,770

Kemudian data tersebut diplot pada grafik untuk membandingkan data aktual dan data peramalan intensitas radiasi matahari



Gambar 4.19 Peramalan dengan metode Regresi Linier Berganda 90% - 10%

Gambar 4.19 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* peramalan Regresi Linier Berganda yaitu nilai RMSE sebesar 107,4813 W/m² dan nilai MAE sebesar 86,7716 W/m².

4.4 Percobaan Variasi Data *Training* dan *Testing* Metode Regresi Linier Berganda

Pada Penelitian ini dilakukan enam kali percobaan dengan memvariasikan jumlah pembagian data yang digunakan untuk *training* dan *testing* yang nantinya akan disimulasikan di MATLAB menggunakan Metode Regresi Linier Berganda. Data yang digunakan merupakan data tiap jam bulan Januari 2017 dari BMKG Karangploso sebanyak 372 pasang data.

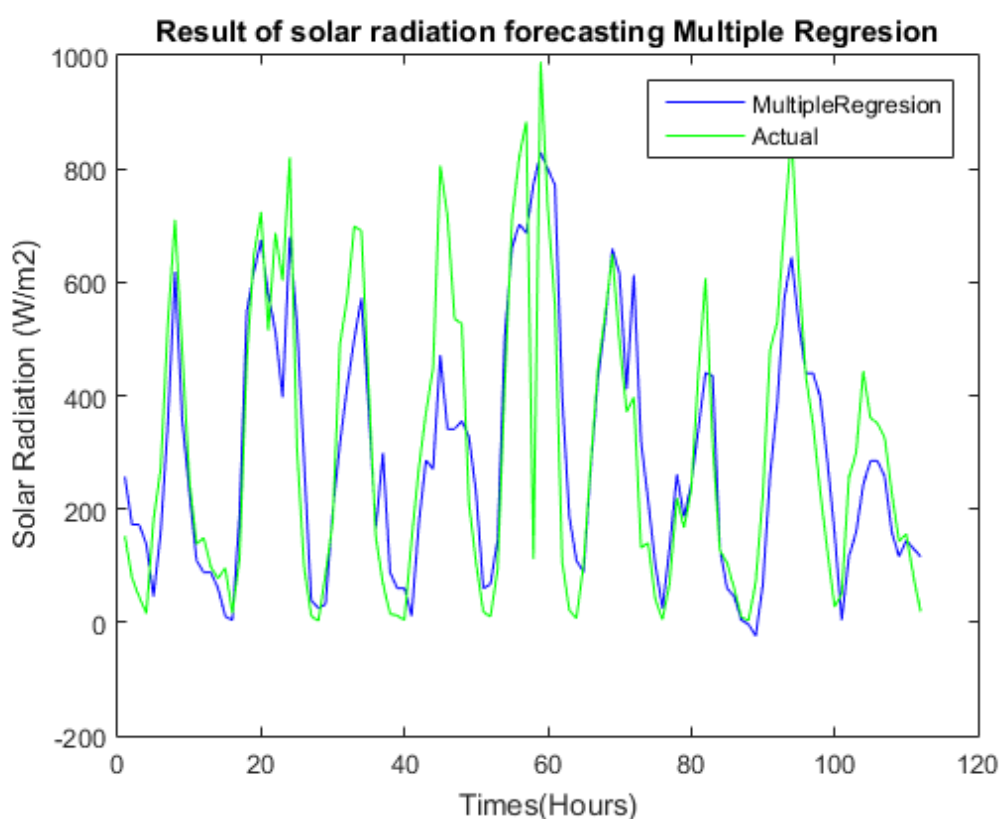
Percobaan pertama dengan jumlah pembagian 70% data *training* dan 30% data *testing*, dengan 260 pasang data *training* dan 112 pasang data *testing*. Percobaan kedua dengan jumlah pembagian 75 % data *training* dan 25% data *testing*. Percobaan ketiga dengan jumlah pembagian 80% data *training* dan 20% data *testing*. Percobaan keempat dengan jumlah pembagian 85% data *training* dan 15% data *testing*. Percobaan kelima dengan jumlah pembagian 90% data *training* dan 10% data *testing* yaitu sebanyak 335 pasang data *training*

dan 37 pasang data *testing*. Percobaan keenam dengan jumlah pembagian 95% data *training* dan 5% data *testing*. Untuk skenario percobaan dengan variasi data *training* dan *testing* ditampilkan pada tabel 4.14.

Tabel 4.14

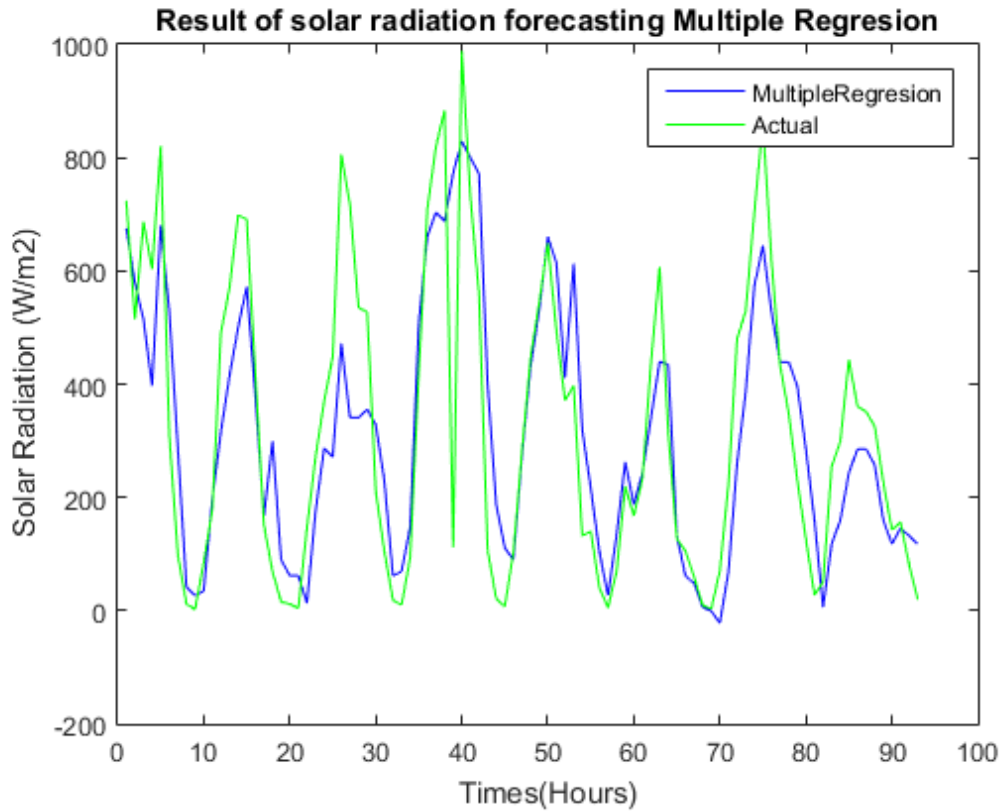
Skenario percobaan variasi jumlah data *training* dan *testing*

Percobaan	Data BMKG	Pembagian Data	Data Training	Data Testing
1	372	70% - 30%	260	112
2	372	75% - 25%	279	93
3	372	80% - 20%	298	74
4	372	85% - 15%	316	56
5	372	90% - 10%	335	37
6	372	95% - 5%	353	19

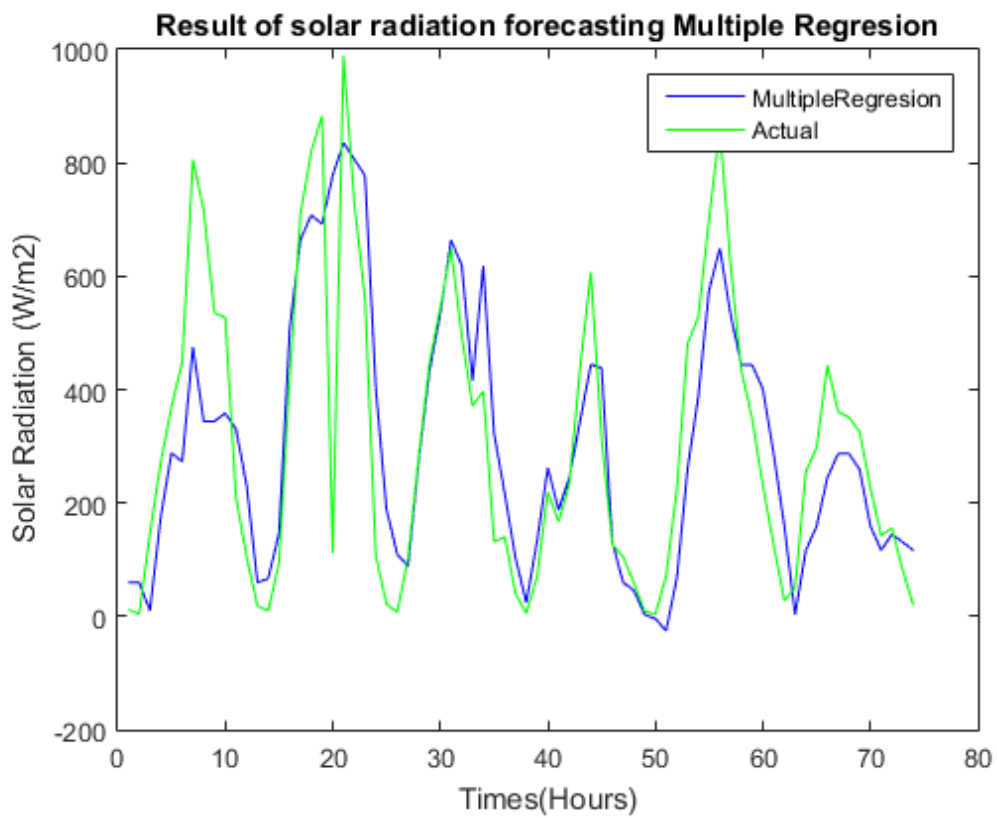


Gambar 4.20 Peramalan Regresi Linier Berganda Pembagian Data 70% - 30%

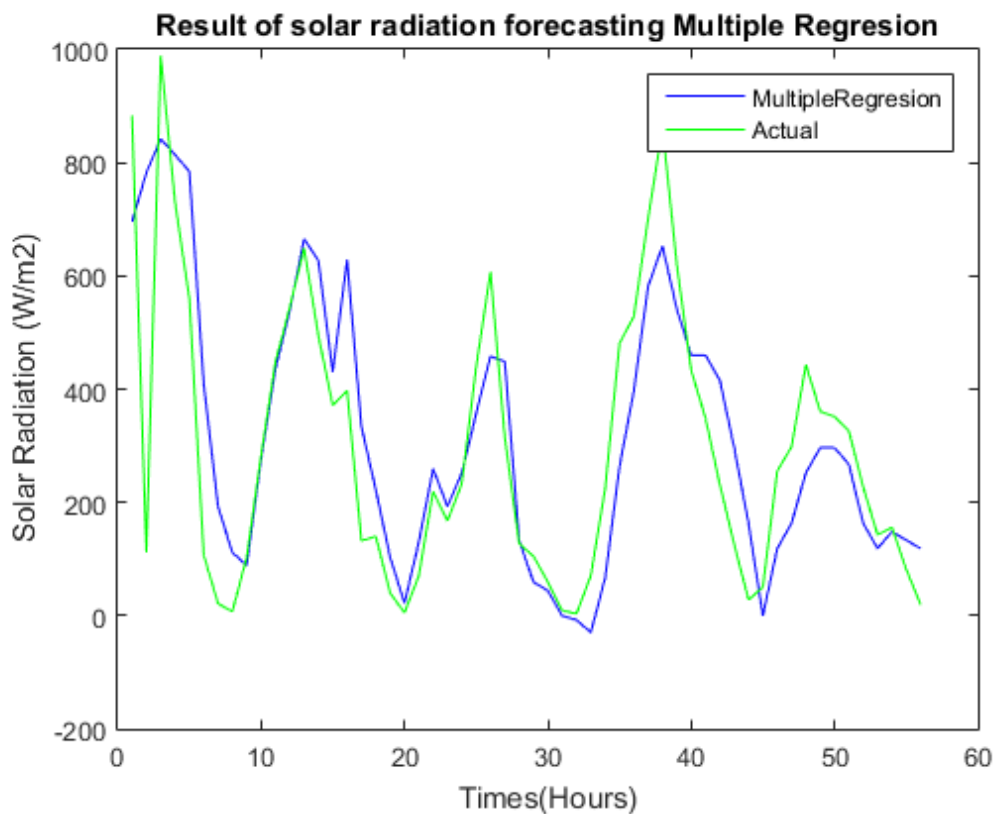
Gambar 4.20 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* peramalan Regresi Linier Berganda yaitu nilai RMSE sebesar 139,6009 W/m² dan nilai MAE sebesar 105,7458 W/m².



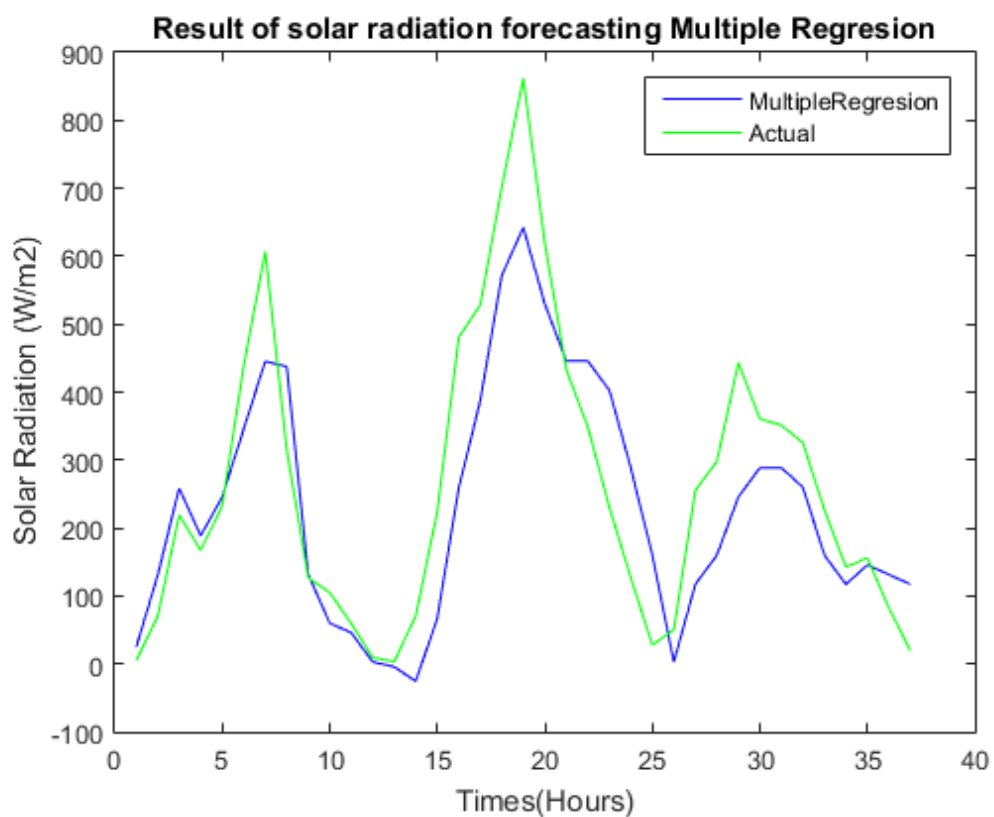
Gambar 4.21 Peramalan Regresi Linier Berganda Pembagian Data 75%-25%



Gambar 4.22 Peramalan Regresi Linier Berganda Pembagian Data 80%-20%



Gambar 4.23 Peramalan Regresi Linier Berganda Pembagian Data 85%-15%



Gambar 4.24 Peramalan Regresi Linier Berganda Pembagian Data 95%-5%

Gambar 4.21 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* rata-rata peramalan Regresi Linier Berganda yaitu sebesar 110,9742 W/m². Sedangkan *error* rata-rata peramalan data 80%-20% sebesar 110,1523 W/m² dapat dilihat pada gambar 4.22. Gambar 4.23 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* rata-rata peramalan Regresi Linier Berganda yaitu sebesar 105,5869 W/m². Sedangkan *error* rata-rata peramalan data 80%-20% sebesar 97,2096 W/m² dapat dilihat pada gambar 4.24

Berikut merupakan persamaan Regresi Linier Berganda yang diperoleh dari perhitungan keenam percobaan variasi data.

$$Y = -1527,6 + 291,0105X_1 + 70,2495X_2 \quad (70\% - 30\%)$$

$$Y = -1516 + 292,2513X_1 + 69,8180X_2 \quad (75\% - 25\%)$$

$$Y = -1546,7 + 292,2243X_1 + 71,0826X_2 \quad (80\% - 20\%)$$

$$Y = -1618,5 + 277,866X_1 + 74,2308X_2 \quad (85\% - 15\%)$$

$$Y = -1554,2 + 281,4365X_1 + 71,4263X_2 \quad (90\% - 10\%)$$

$$Y = -1558,5 + 277,6047X_1 + 71,7322X_2 \quad (95\% - 5\%)$$

Dimana : X_1 = Lama Penyinaran Matahari (jam) X_2 = Temperatur (° C)

4.5 Perbandingan ANFIS dan Regresi Linier Berganda Data BMKG

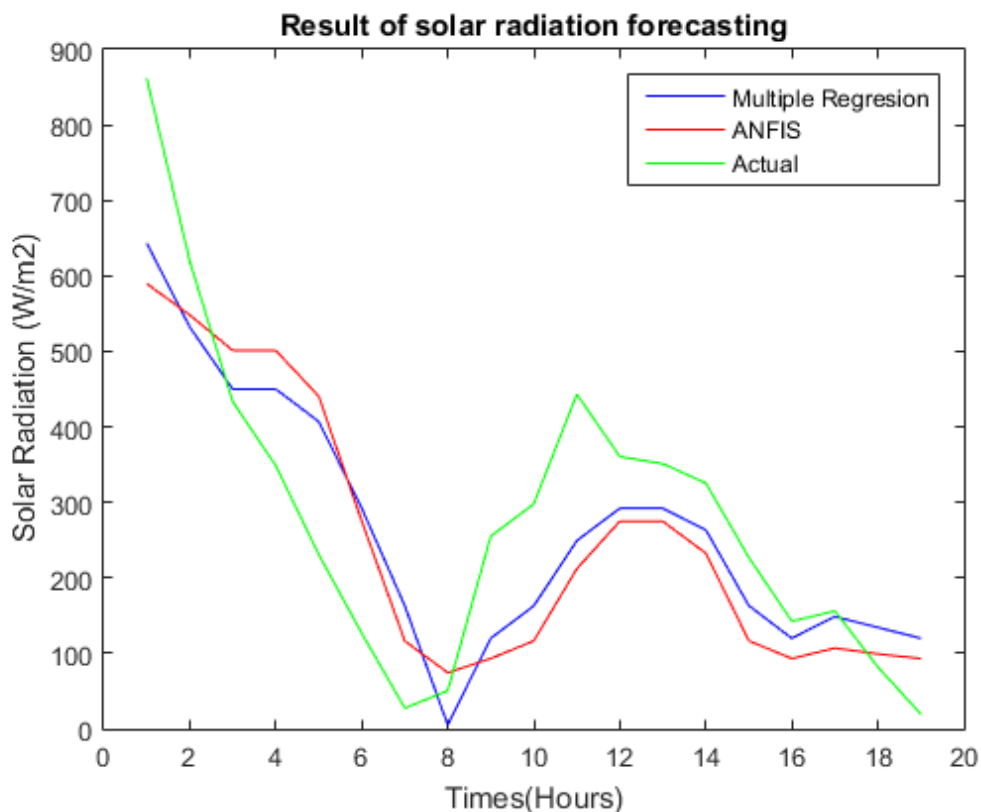
Pada percobaan kali ini bertujuan membandingkan hasil peramalan yang dihasilkan oleh metode Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS) dengan hasil peramalan metode Regresi Linier Berganda. Untuk mencari nilai *error* yang paling kecil diantara keduanya. Dimana data *training* yang digunakan sebanyak 95% sedangkan data *testing* 5%.

Tabel 4.15

Karakteristik ANFIS pembanding Regresi Linier Berganda

Keterangan	Karakteristik ANFIS
Fungsi Keanggotaan	<i>Gaussian combination</i>
Jumlah MF	5
Jumlah Rules	25
Input	Temperatur dan Lama Penyinaran Matahari
Output	Intensitas Radiasi Matahari
Epoch	100

Karakteristik diatas diperoleh dari percobaan sebelumnya mengenai variasi data perancangan model ANFIS untuk memperoleh hasil ramalan Intensitas Radiasi Matahari yang paling baik. Kemudian disimulasikan pada MATLAB.



Gambar 4.25 Perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda 95% - 5%

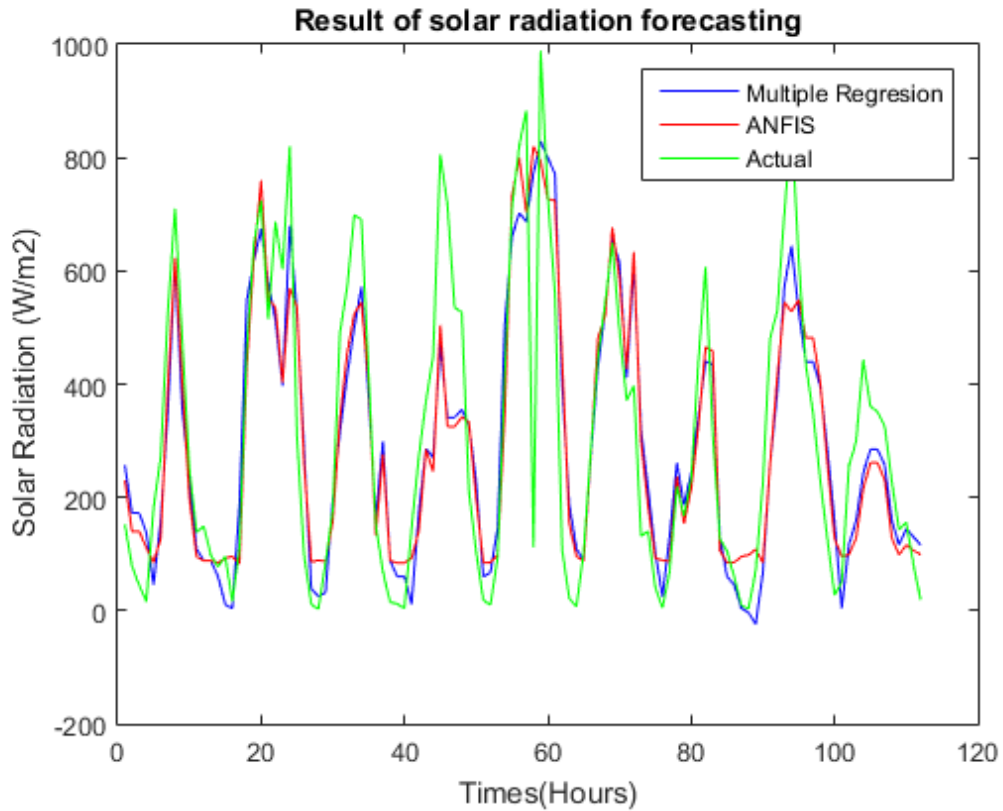
Gambar 4.25 menunjukkan perbandingan hasil peramalan dengan metode ANFIS, metode Regresi Linier Berganda dan Data Aktual BMKG. Dapat dilihat bahwa hasil peramalan yang dilakukan masih belum cukup baik. Dapat dilihat dari Tabel 4.15 yang menunjukkan perbandingan nilai *error* tiap metode dimana untuk ANFIS nilai RMSE sebesar 124,0851 W/m² dan nilai MAE sebesar 106,2490 W/m². Sedangkan nilai *error* Regresi Linier Berganda lebih kecil yaitu RMSE sebesar 114,3496 W/m² dan MAE sebesar 97,2096 W/m².

Tabel 4.16

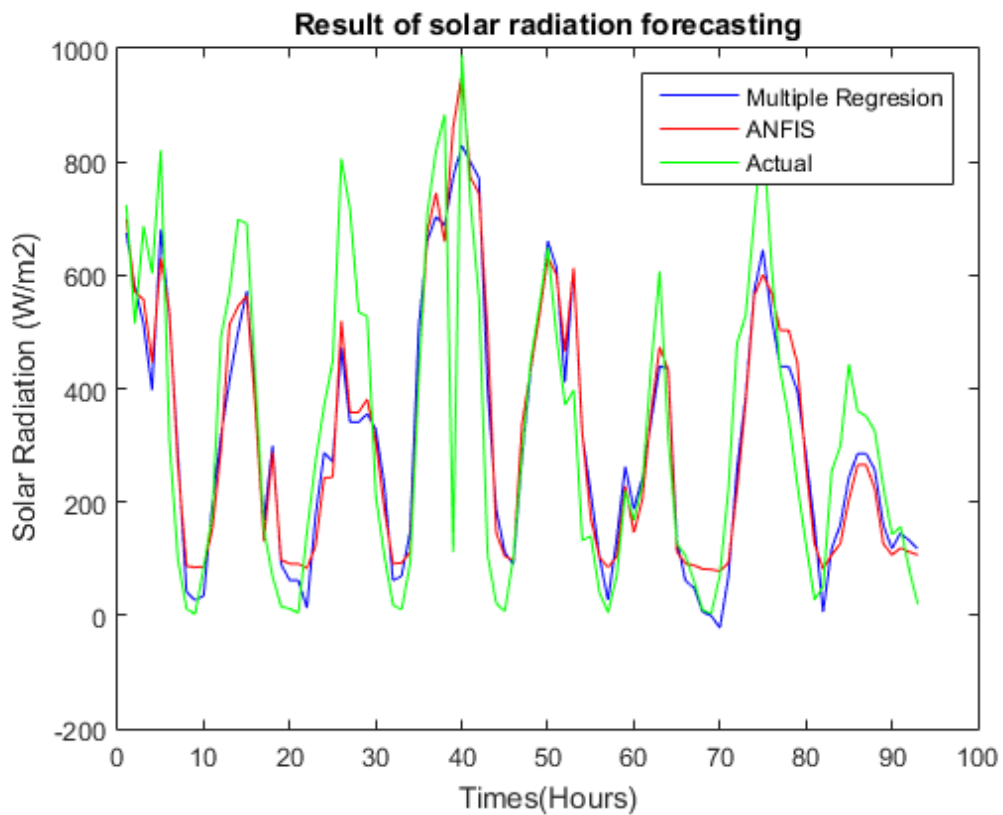
Perbandingan *error* peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda

METODE	RMSE (W/m ²)	MAE (W/m ²)
ANFIS	124,0851	106,2490
Regresi Linier Berganda	114,3495	97,2096

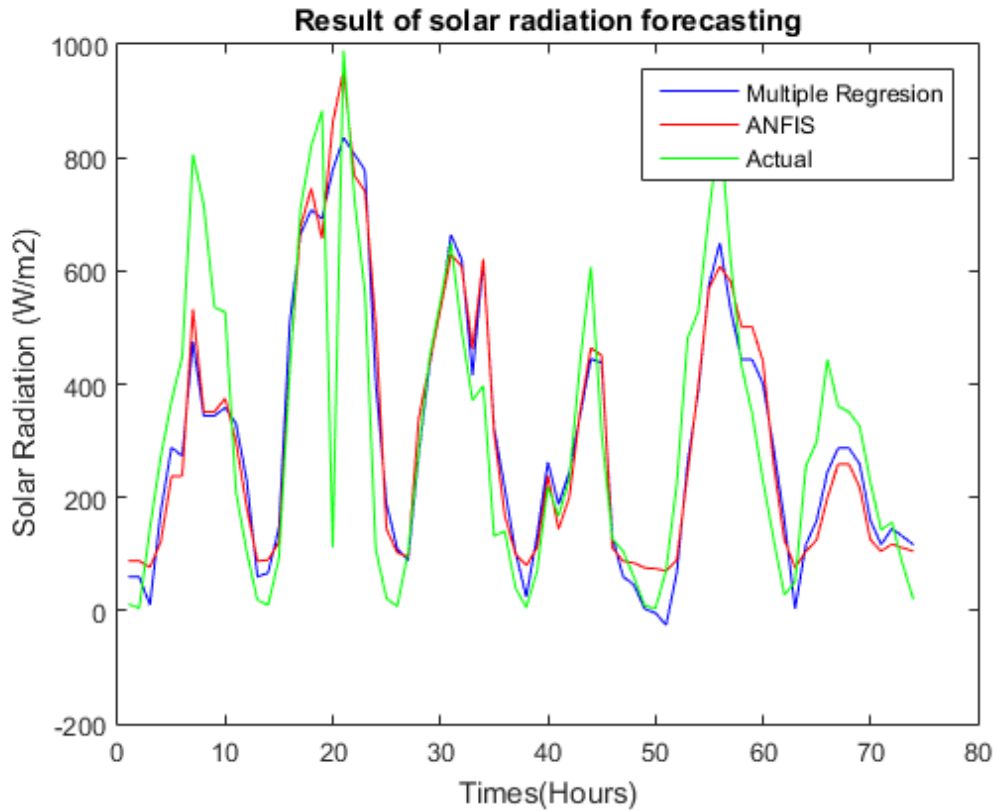
Gambar 4.26 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dan ANFIS dengan data aktual BMKG Karangploso menggunakan data *training* sebanyak 70% dan data *testing* sebanyak 30%. Kemudian dapat dilihat bahwa peramalan Regresi Linier Berganda lebih mendekati data aktual.



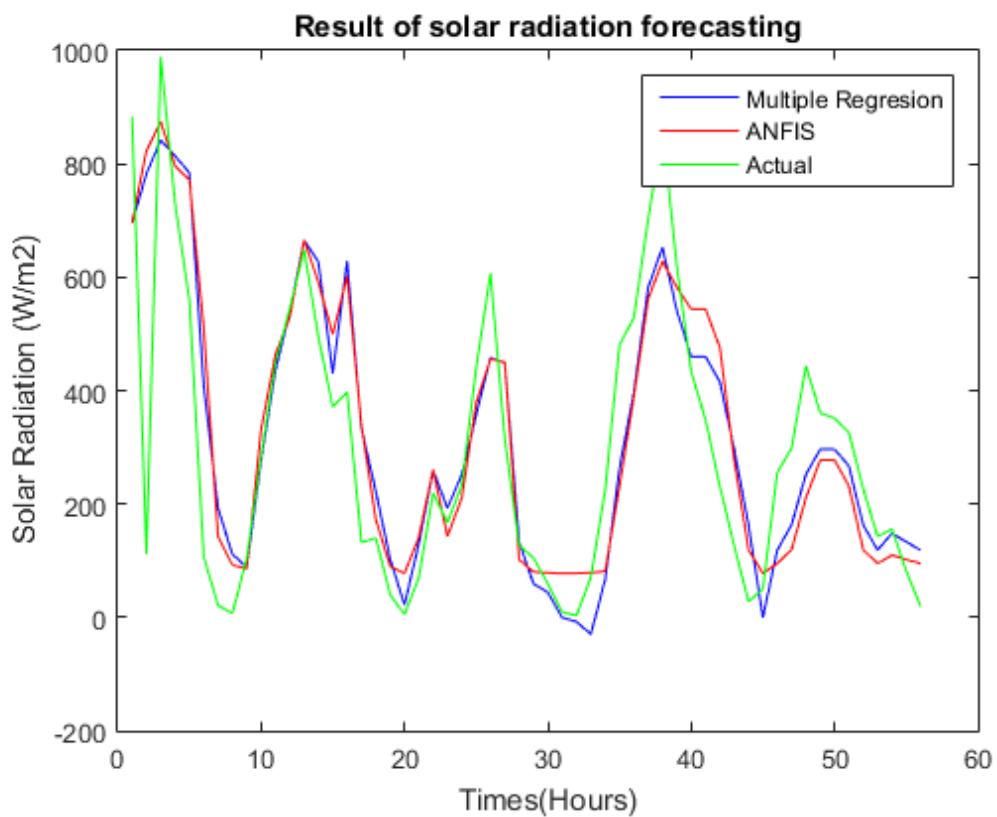
Gambar 4.26 Perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda 70% - 30%



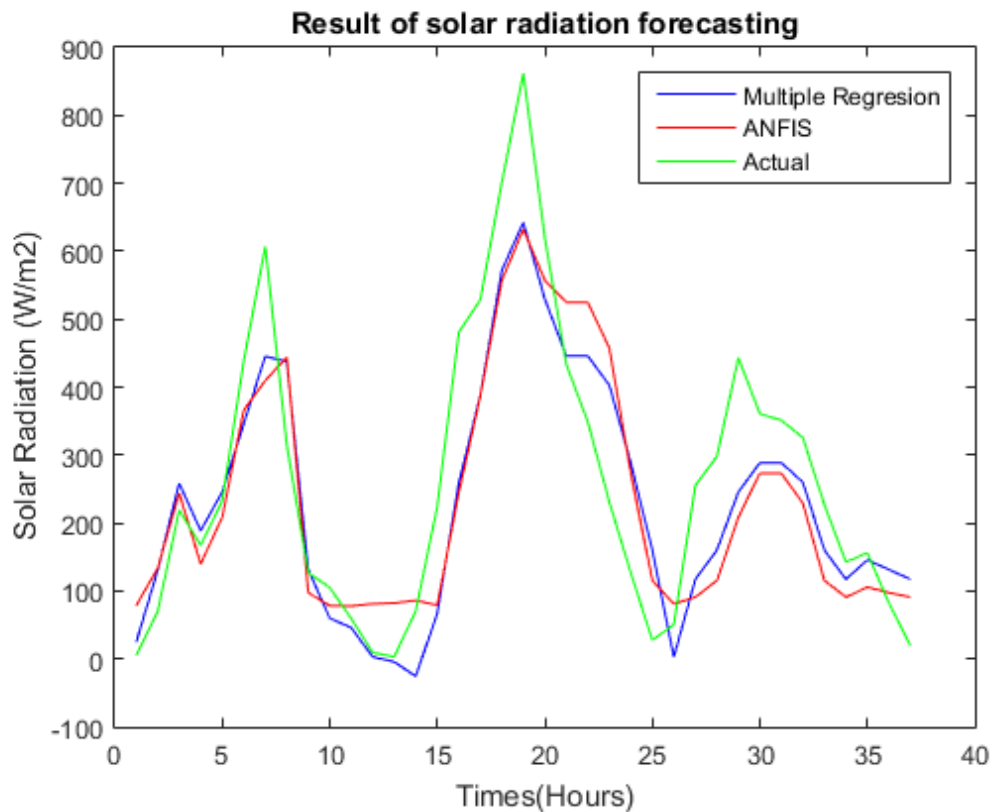
Gambar 4.27 Perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda 75% - 25%



Gambar 4.28 Perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda 80% - 20%



Gambar 4.29 Perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda 85% - 15%



Gambar 4.30 Perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda 90% - 10%

Berganda untuk pembagian data 75%-25%. Gambar 4.28 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 80%-20%.

Gambar 4.29 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 85%-15%. Gambar 4.30 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 90%-10%.

Tabel 4.17
perbandingan *error* peramalan data BMKG

Percobaan	ANFIS (W/m ²)		Regresi Linier Berganda(W/m ²)	
	RMSE	MAE	RMSE	MAE
70% – 30%	189,947	130,528	139,6009	105,458
75% – 25%	184,1763	138,142	147,2766	110,9742
80% – 20%	163,136	120,3023	149,9768	110,1523
85% – 15%	181,289	127,113	148,8381	110,1523
90% – 10%	128,665	101,531	107,4813	86,7716
95% – 5%	124,0851	106,2490	114,3495	97,2096

4.6 Data Basel Swiss

Sebelum melakukan analisis data, pertama mengambil data yang nantinya digunakan pada analisis data di MATLAB. Data yang digunakan untuk kali ini adalah data untuk tiap jam untuk durasi yang lama yang diambil dari *Website Meteobue Climatology NOAA* dengan periode Januari 2012 sampai Desember 2017. Data yang digunakan merupakan data cuaca tiap jam selama sebulan. Datanya terdiri dari data temperatur, kelembaban, curah hujan, lama penyinaran matahari dan intensitas radiasi matahari. Adapun karakteristik data Kota Basel Swiss.

Tabel 4.18
Karakteristik Data Cuaca Tiap Jam Kota Basel

	Maximum	Minimum	Average	Std. Dev	Range
Temperature (° C)	36,7	-12,52	12,2136	7,6689	-12,52 – 36,7
Kelembaban (%)	100	17	70,5291	15,0917	17 – 100
Curah Hujan (mm)	10,3	0	0,0891	0,3370	0 – 10,3
Lama Penyinaran Matahari (menit)	60	0	15,0991	24,0162	0 – 60
Intensitas Radiasi Matahari (W/m ²)	887,33	0	163,1815	229,7356	0 – 887,33

4.7 Analisis ANFIS Data Basel

Pada penelitian ini dilakukan percobaan dengan satu karakteristik ANFIS yang kemudian dianalisis menggunakan program MATLAB. Karakteristik data yang digunakan adalah seperti pada tabel 4.18.

Tabel 4.19
Karakteristik ANFIS yang akan digunakan sebagai acuan

Keterangan	Karakteristik ANFIS
Fungsi Keanggotaan Masukan	<i>Gaussian</i>
Fungsi Keanggotaan Keluaran	<i>Linier</i>
Input	Temperatur , Kelembaban, Curah Hujan dan Lama Penyinaran Matahari
Output	Intensitas Radiasi Matahari
Epoch	100

Dari tabel 4.19 menunjukkan karakteristik dalam model ANFIS untuk peramalan Intensitas Radiasi Matahari menggunakan kurva *Gaussian* dengan fungsi keanggotaan keluaran *Linier* dan jumlah Iterasi sebanyak 100. Selain itu pada percobaan kali ini menggunakan jumlah pasangan data yang lebih banyak dari percobaan sebelumnya dan juga melakukan variasi pembagian data *training* dan data *testing*.

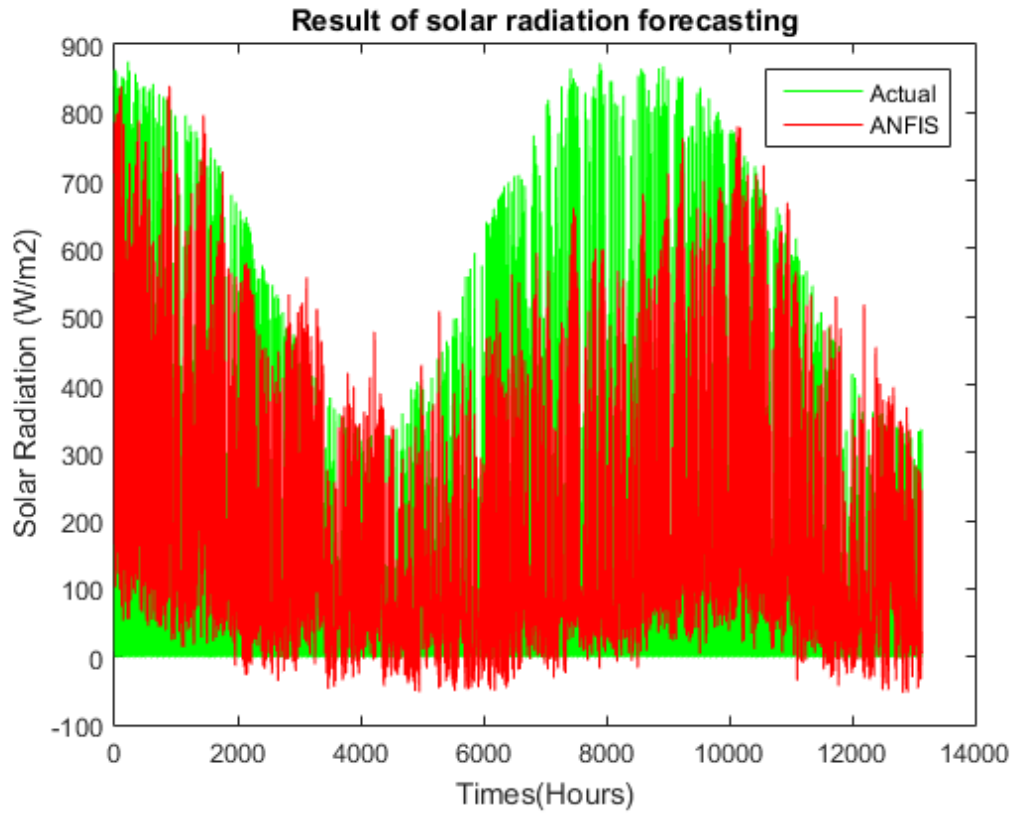
Pada Penelitian ini dilakukan lima kali percobaan dengan memvariasikan jumlah pembagian data yang digunakan untuk *training* dan *testing* yang nantinya akan disimulasikan di MATLAB menggunakan ANFIS.

Percobaan pertama dengan jumlah pembagian 60% data *training* dan 40% data *testing*, dengan 26.280 pasang data *training* dan 17.520 pasang data *testing*. Percobaan kedua dengan jumlah pembagian 70 % data *training* dan 30% data *testing*. Percobaan ketiga dengan jumlah pembagian 80% data *training* dan 20% data *testing*. Percobaan keempat dengan jumlah pembagian 90% data *training* dan 10% data *testing*. Untuk skenario percobaan dengan variasi data *training* dan *testing* ditampilkan pada tabel 4.20. Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan software MATLAB berikut merupakan hasil dari simulasi percobaan pertama sampai kelima.

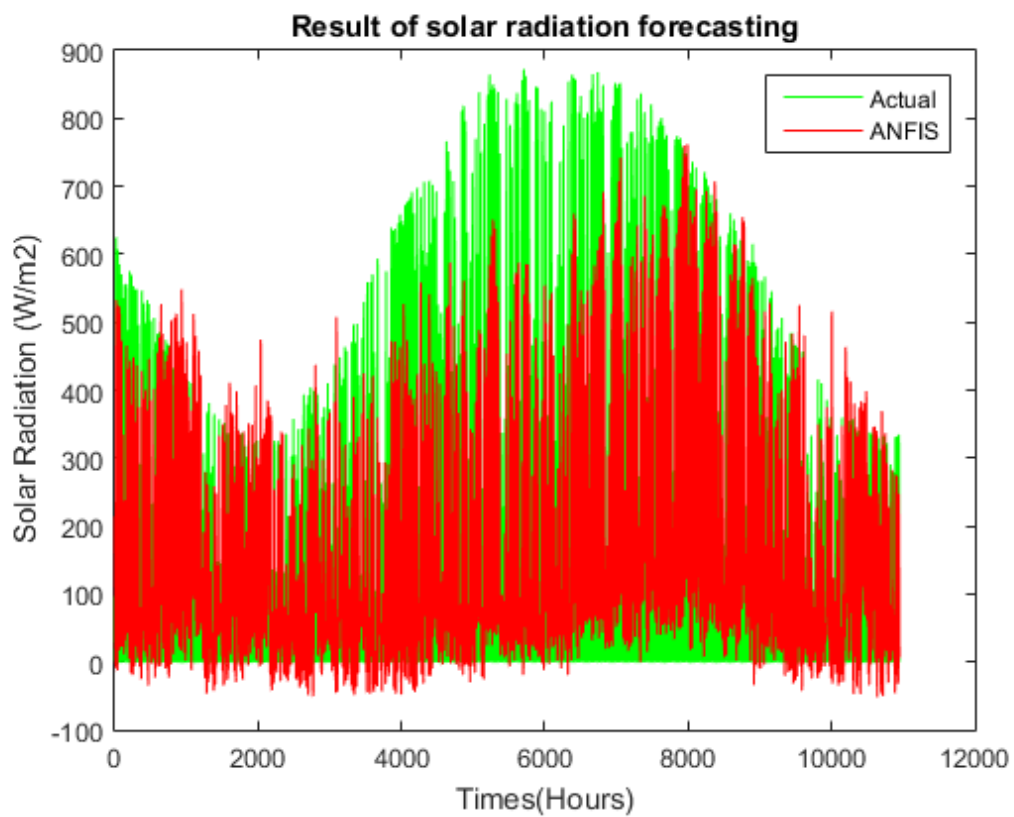
Tabel 4.20

Skenario percobaan variasi jumlah data *training* dan *testing*

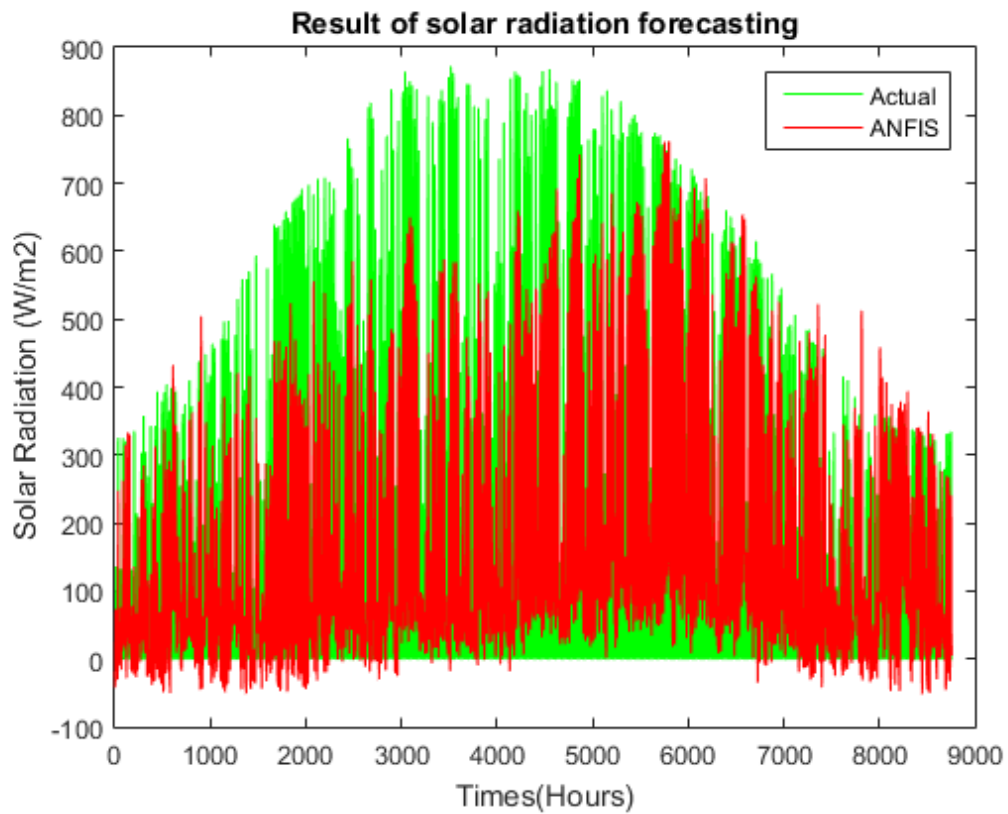
Percobaan	Data Bassel	Pembagian Data	Data Training	Data Testing
1	43.800	70% - 30%	30.660	13.140
2	43.800	75% - 25%	32.850	10.950
3	43.800	80% - 20%	35.040	8760
4	43.800	85% - 15%	37230	6570
5	43.800	90% - 10%	39.420	4380
6	43.800	95% -5%	41610	2190



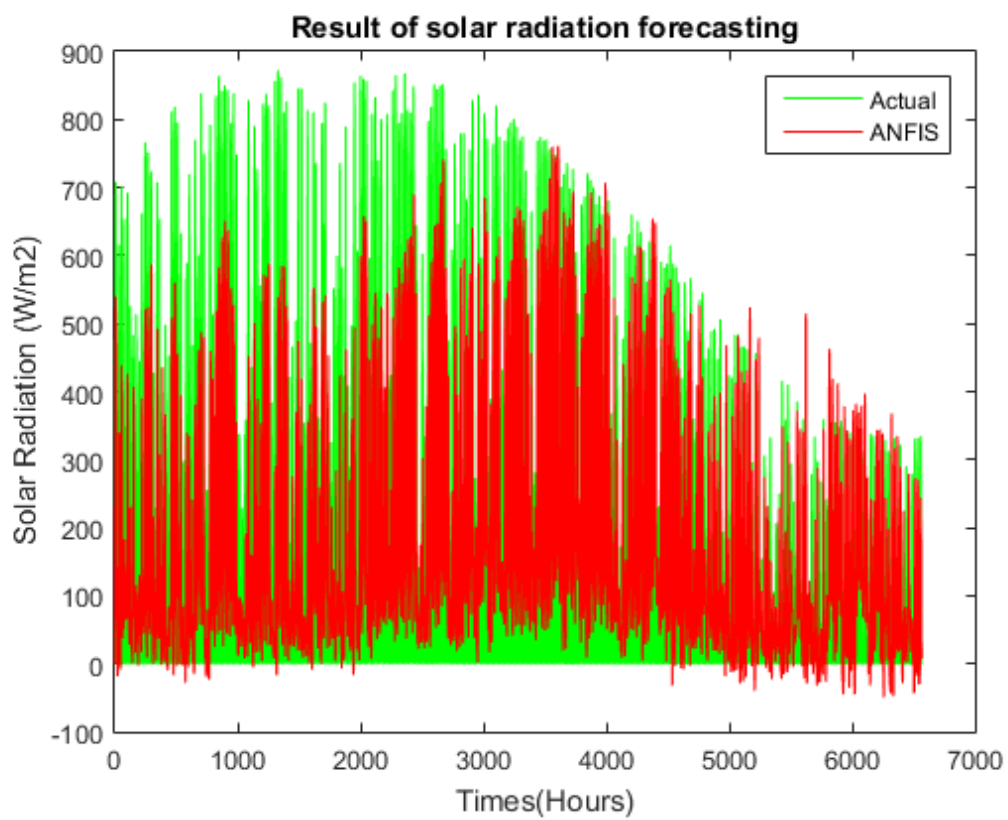
Gambar 4.31 Peramalan ANFIS data Bassel dengan data 70%-30%



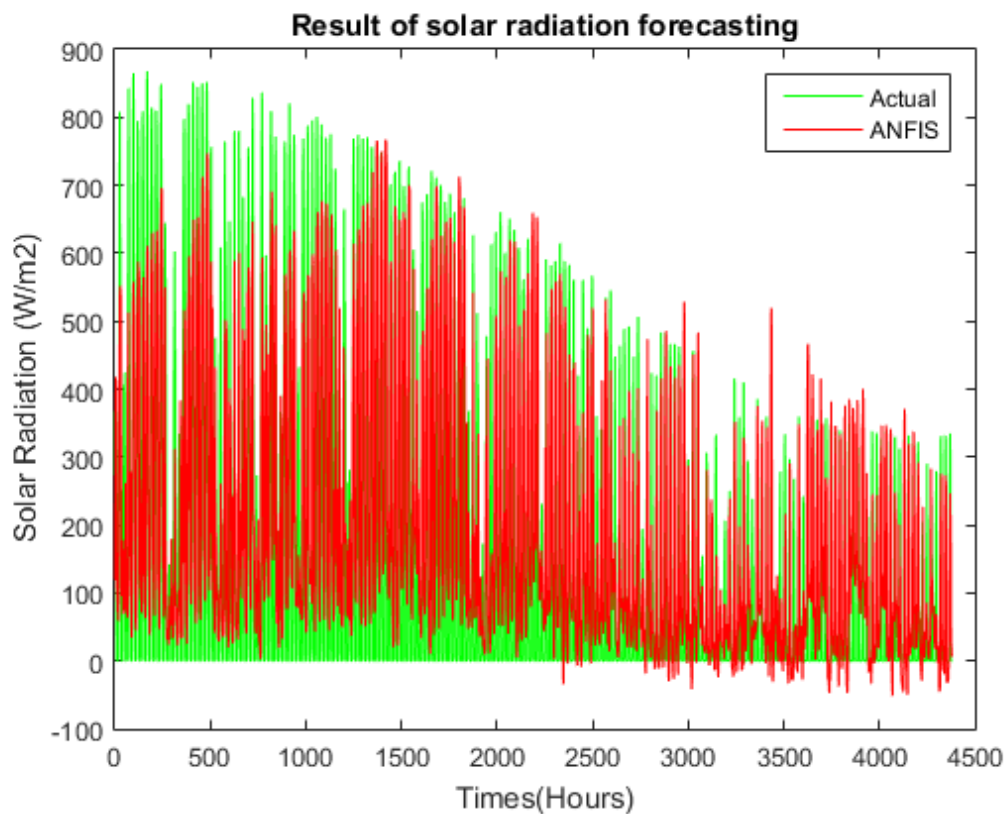
Gambar 4.32 Peramalan ANFIS data Bassel dengan data 75%-25%



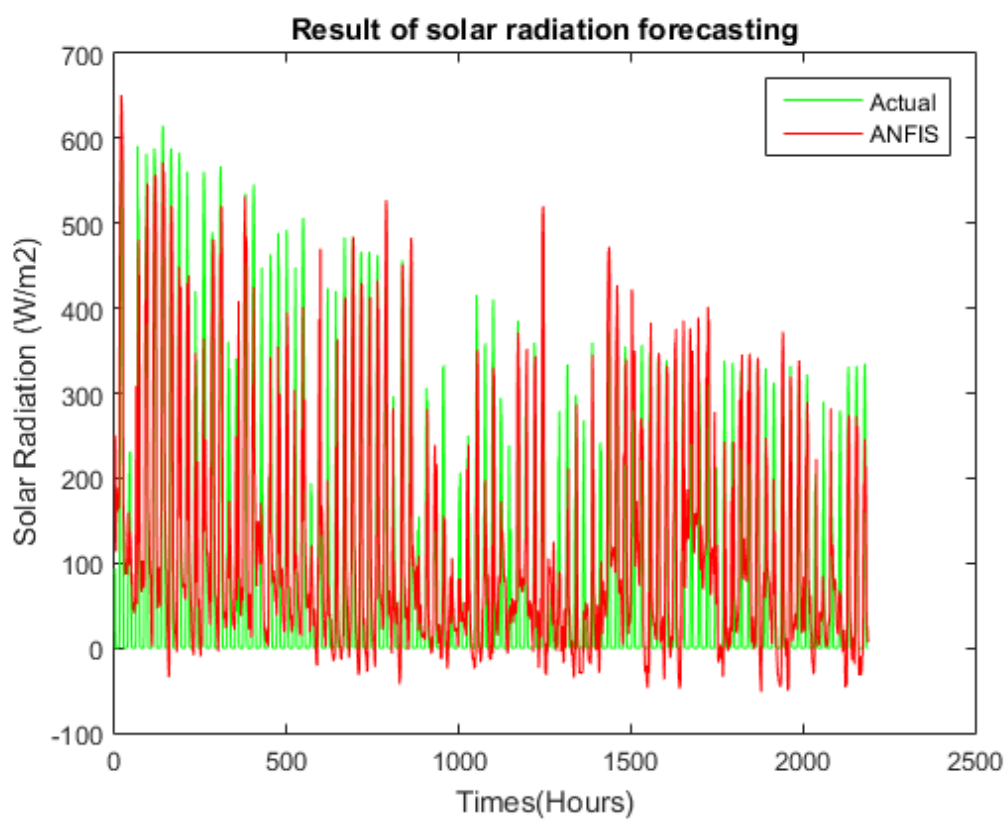
Gambar 4.33 Peramalan ANFIS data Basel dengan data 80%-20%



Gambar 4.34 Peramalan ANFIS data Basel dengan data 85%-15%



Gambar 4.35 Peramalan ANFIS data Basel dengan data 90%-10%



Gambar 4.36 Peramalan ANFIS data Basel dengan data 95%-5%

Pada gambar 4.31 menunjukkan hasil peramalan untuk data 30% dimana menggunakan data training sebanyak 70%. Parameter yang digunakan adalah temperature, kelembaban, curah hujan dan lama penyinaran. Diperoleh nilai *error* rata-rata sebesar 101,6278. Dikarenakan beberapa ramalan yang meramalkan nilainya sangat jauh dari nilai aslinya.

Pada gambar 4.32 menunjukkan hasil peramalan 25% data dimana menggunakan data training sebanyak 75%, sedangkan gambar 4.33 menunjukkan hasil peramalan untuk data 20% dimana menggunakan data training sebanyak 80%. Parameter yang digunakan adalah temperature, kelembaban, curah hujan dan lama penyinaran. Diperoleh nilai *error* rata-rata sebesar 95,1053 untuk gambar 4.32 sedangkan untuk gambar 4.33 diperoleh *error* rata-rata sebesar 98,4586. Gambar 4.34 menunjukkan peramalan dengan error rata-rata 106,5297 Dikarenakan ada beberapa hasil peramalan yang nilainya negatif.

Pada gambar 4.35 menunjukkan hasil peramalan untuk data 10% dimana menggunakan data training sebanyak 90%. Parameter yang digunakan adalah temperature, kelembaban, curah hujan dan lama penyinaran. Diperoleh nilai *error* rata-rata sebesar 99,9071.

Pada gambar 4.36 menunjukkan hasil peramalan untuk data 5% dimana menggunakan data training sebanyak 95% Parameter yang digunakan adalah temperature, kelembaban, curah hujan dan lama penyinaran. Diperoleh nilai *error* rata-rata sebesar 71,9695.

Tabel 4.21

Perbandingan *error* pada percobaan Variasi Data *Training* dan *Testing*

Percobaan	RMSE (W/m ²)	MAE (W/m ²)
70% - 30%	139,3358	101,6278
75% - 25%	132,5707	95,1053
80% - 20%	138,3495	98,4586
85% - 15%	146,3233	106,5297
90% - 10%	134,1946	99,9071
95% - 5%	99,2813	71,9695

Dapat dilihat dari tabel 4.21 diatas bahwa nilai RMSE terkecil diperoleh pada percobaan 95%-5% dan sedangkan nilai RMSE terbesar diperoleh pada data 85%-15%. Sedangkan untuk nilai MAE terkecil diperoleh pada percobaan 95%-5% sedangkan nilai MAE terbesar diperoleh pada percobaan 85%-15%. Sehingga pada penelitian variasi data untuk data peramalan yang lama diperoleh variasi terbaik dengan *error* rata-rata terkecil pada percobaan dengan 95% data *training* dan 5% data *testing*.

4.8 Analisis Regresi Linier Berganda Data Bassel

Pada Penelitian ini dilakukan enam kali percobaan dengan memvariasikan jumlah pembagian data yang digunakan untuk *training* dan *testing* yang nantinya akan disimulasikan di MATLAB menggunakan Regresi Linier Berganda .

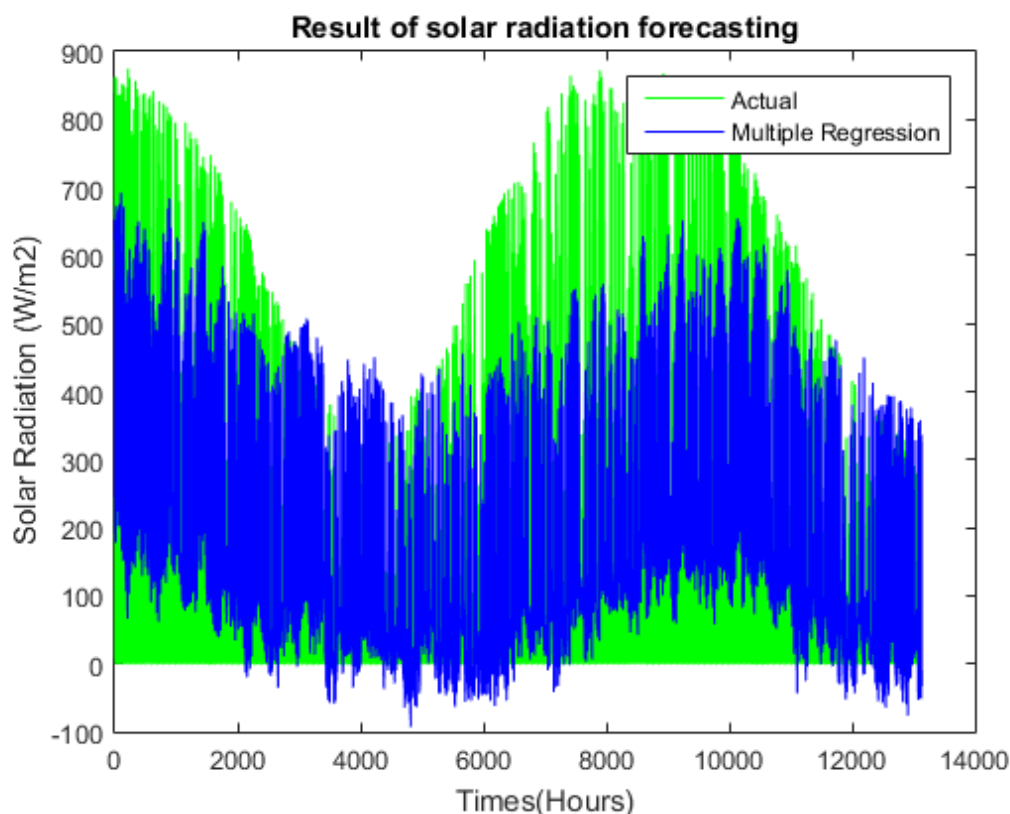
Percobaan pertama dengan jumlah pembagian 60% data *training* dan 40% data *testing*, dengan 26.280 pasang data *training* dan 17.520 pasang data *testing*. Percobaan kedua dengan jumlah pembagian 70 % data *training* dan 30% data *testing*. Percobaan ketiga dengan jumlah pembagian 80% data *training* dan 20% data *testing*. Percobaan keempat dengan jumlah pembagian 90% data *training* dan 10% data *testing*. Untuk skenario percobaan dengan variasi data *training* dan *testing* ditampilkan pada tabel 4.22.

Tabel 4.22

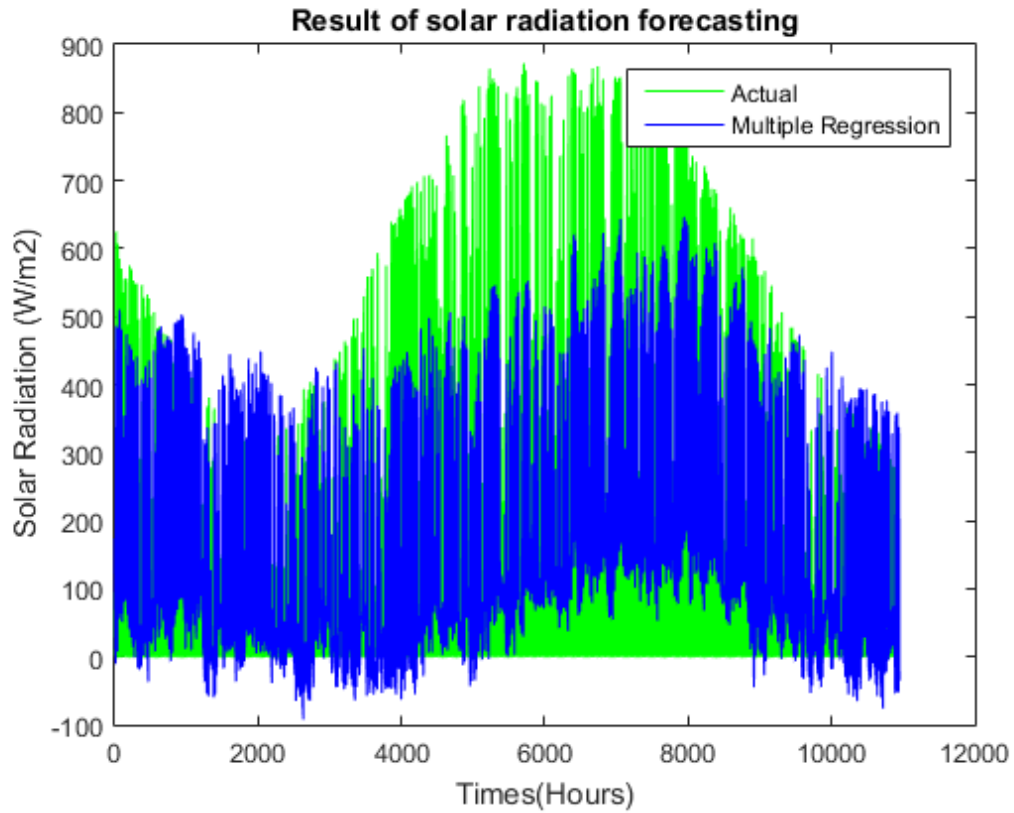
Skenario percobaan variasi jumlah data *training* dan *testing*

Percobaan	Data Bassel	Pembagian Data	Data Training	Data Testing
1	43.800	70% - 30%	30.600	13.140
2	43.800	75% - 25%	32.850	10.950
3	43.800	80% - 20%	35.040	8760
4	43.800	85% - 15%	37.230	6570
5	43.800	90% - 10%	39.420	4380
6	43.800	95% - 5%	41.610	2.190

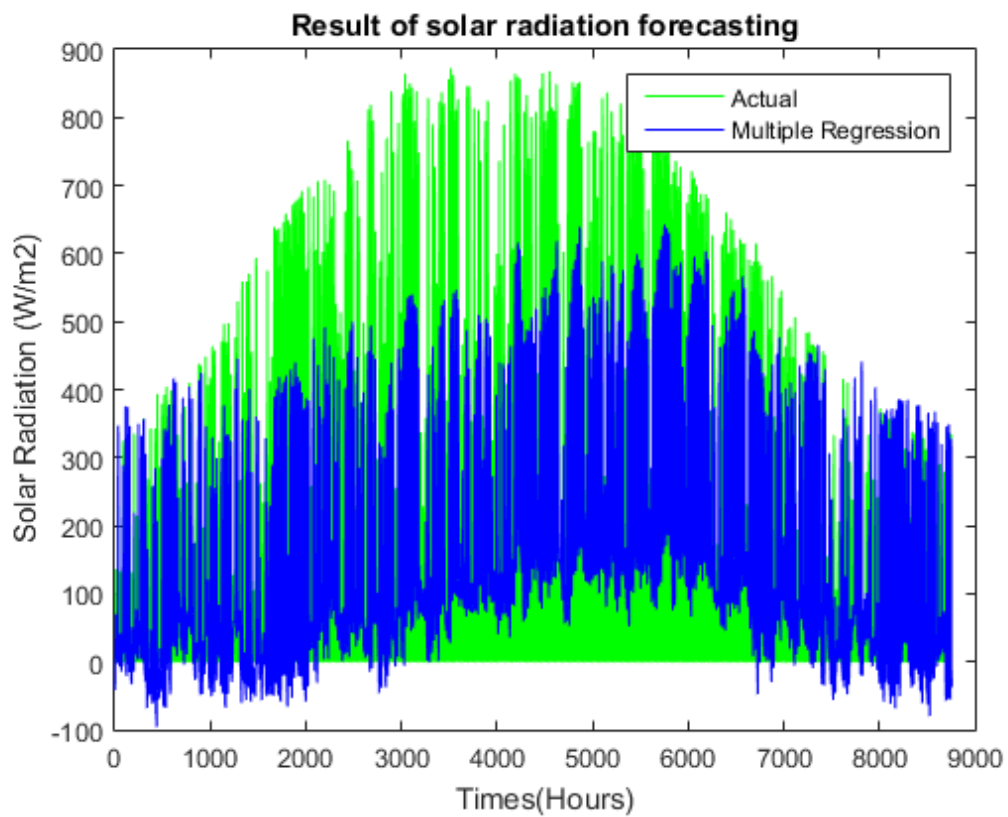
Kemudian dilakukan perhitungan menggunakan software MATLAB berikut merupakan hasil dari simulasi percobaan pertama sampai keenam.



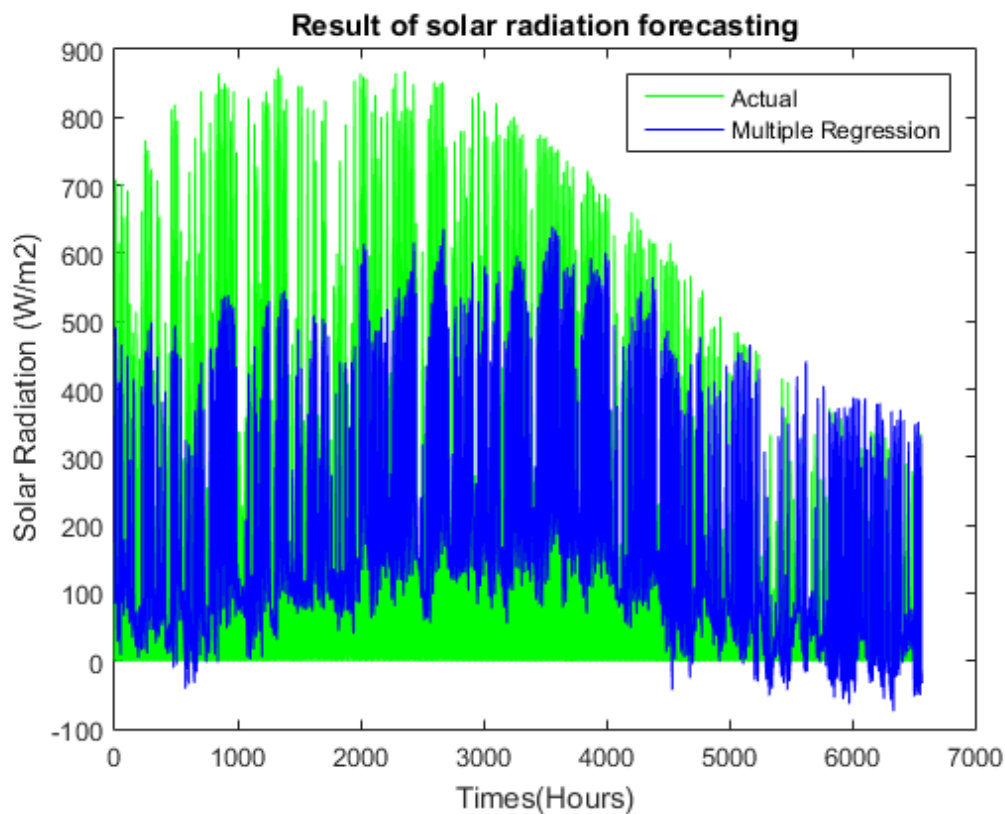
Gambar 4.37 Peramalan Regresi Linier Berganda 4 Prediktor data Bassel dengan data 70%-30%



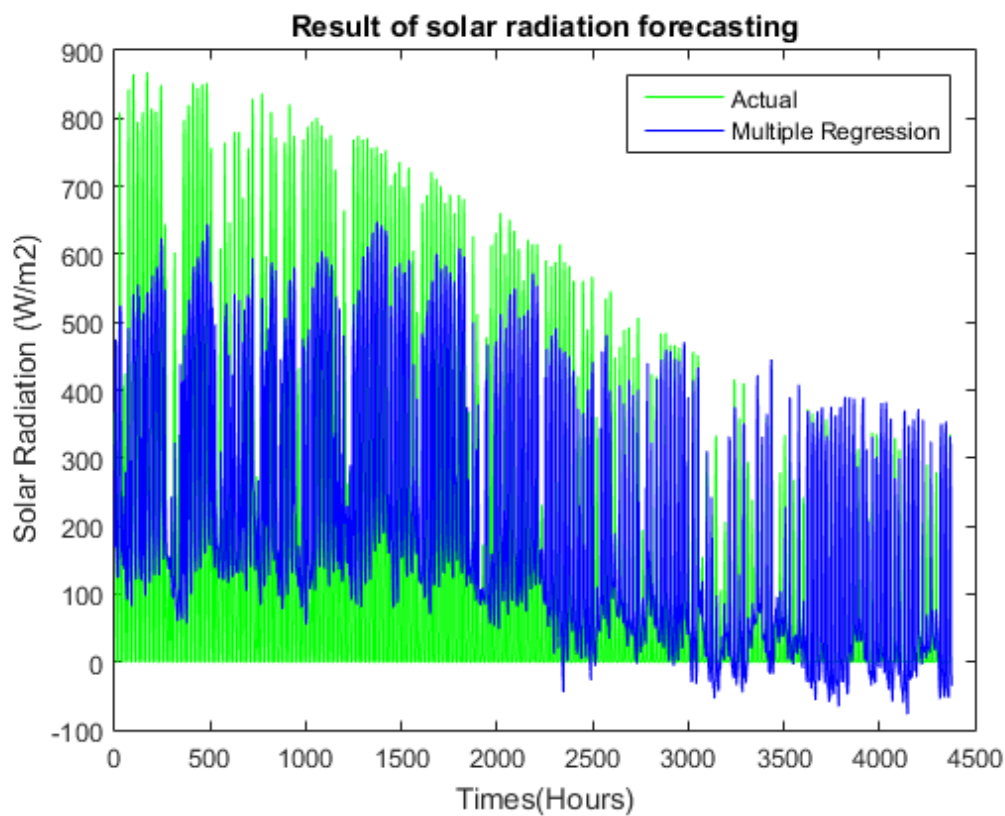
Gambar 4.38 Peramalan Regresi Linier Berganda 4 Prediktor data Basel dengan data 75%-25%



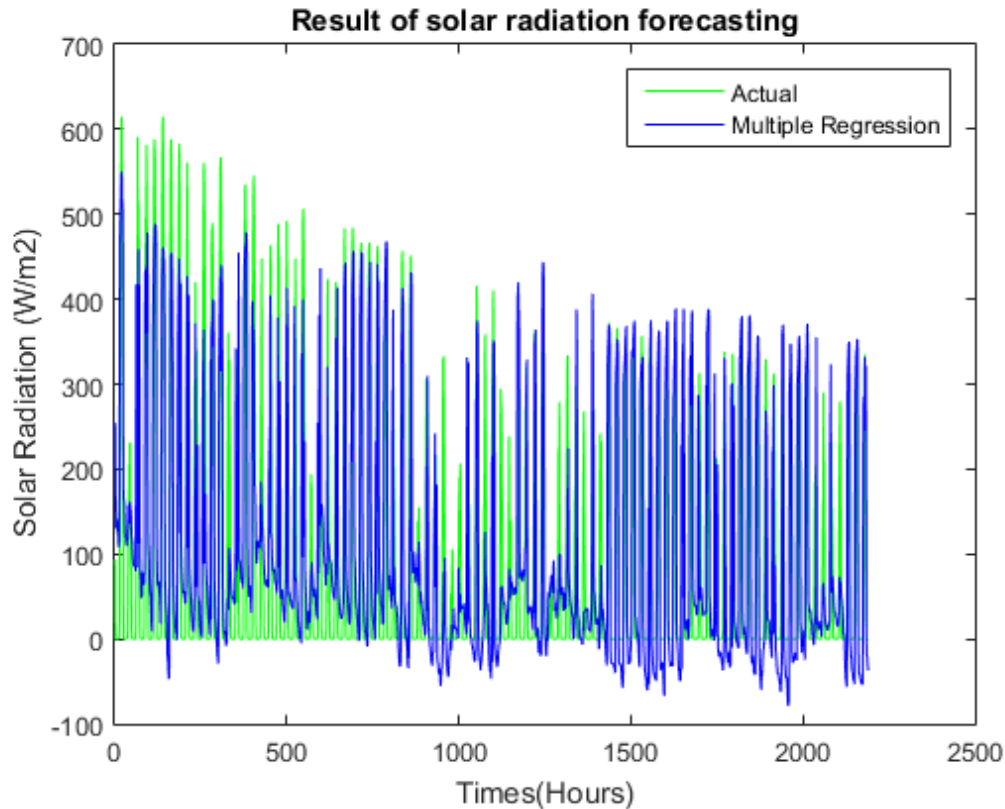
Gambar 4.39 Peramalan Regresi Linier Berganda 4 Prediktor data Basel dengan data 80%-20%



Gambar 4.40 Peramalan Regresi Linier Berganda 4 Prediktor data Basel dengan data 85%-15%



Gambar 4.41 Peramalan Regresi Linier Berganda 4 Prediktor data Basel dengan data 90%-10%



Gambar 4.42 Peramalan Regresi Linier Berganda 4 Prediktor data Bassel dengan data 95%-5%

Gambar 4.37 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* rata-rata peramalan Regresi Linier Berganda yaitu sebesar 113,4046. Sedangkan *error* rata-rata peramalan data 75%-25% sebesar 103,8055 dapat dilihat pada gambar 4.38. Gambar 4.39 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* rata-rata peramalan Regresi Linier Berganda yaitu sebesar 108,6453. Sedangkan *error* rata-rata peramalan data 85%-15% sebesar 119,2186 dapat dilihat pada gambar 4.40.

Gambar 4.41 merupakan hasil plot perbandingan hasil ramalan metode Regresi Linier Berganda dengan data aktual BMKG Karangploso. Kemudian Dapat diperoleh data *error* rata-rata peramalan Regresi Linier Berganda yaitu sebesar 113,0725. Sedangkan *error* rata-rata peramalan data 95%-5% sebesar 71,0880 dapat dilihat pada gambar 4.42.

Tabel 4.23

Perbandingan *error* pada percobaan Variasi Data *Training* dan *Testing*

Percobaan	RMSE (W/m ²)	MAE (W/m ²)
70% - 30%	150,5469	113,4046
75% - 25%	142,5206	103,8055
80% - 20%	148,2717	108,6453
85% - 15%	156,7411	119,2186
90% - 10%	147,0115	113,0725
95% - 5%	101,9780	71,0880

Dapat dilihat dari tabel 4.23 diatas bahwa nilai RMSE terkecil diperoleh pada percobaan 95%-5% dan sedangkan nilai RMSE terbesar diperoleh pada data 85%-15%. Sedangkan untuk nilai MAE terkecil diperoleh pada percobaan 95%-5% sedangkan nilai MAE terbesar diperoleh pada percobaan 85%-15%. Sehingga pada penelitian variasi data untuk data peramalan yang lama diperoleh variasi terbaik dengan *error* rata-rata terkecil pada percobaan dengan 95% data training dan 5% data testing.

Berikut merupakan persamaan Regresi Linier Berganda yang diperoleh dari perhitungan pada percobaan variasi data training dan testing yang dilakukan pada data di Kota Bassel.

$$Y = 7,1396 + 10,0717X_1 - 0,6250X_2 + 2,6584X_3 + 5,5729X_4 \quad (70\%-30\%)$$

$$Y = 7,2069 + 9,7151X_1 - 0,6386X_2 + 4,256X_3 + 5,6353X_4 \quad (75\%-25\%)$$

$$Y = 6,9204 + 9,8651X_1 - 0,6693X_2 + 4,3056X_3 + 5,5034X_4 \quad (80\%-20\%)$$

$$Y = 6,8270 + 9,9469X_1 - 0,6360X_2 + 6,2754X_3 + 5,4932X_4 \quad (85\%-15\%)$$

$$Y = 6,8417 + 9,9469X_1 - 0,6360X_2 + 6,2754X_3 + 5,5280X_4 \quad (90\%-10\%)$$

$$Y = 6,9725 + 9,7511X_1 - 0,6590X_2 + 7,2373X_3 + 5,5662X_4 \quad (95\%-5\%)$$

Dimana :

X_1 = Temperatur (° C)

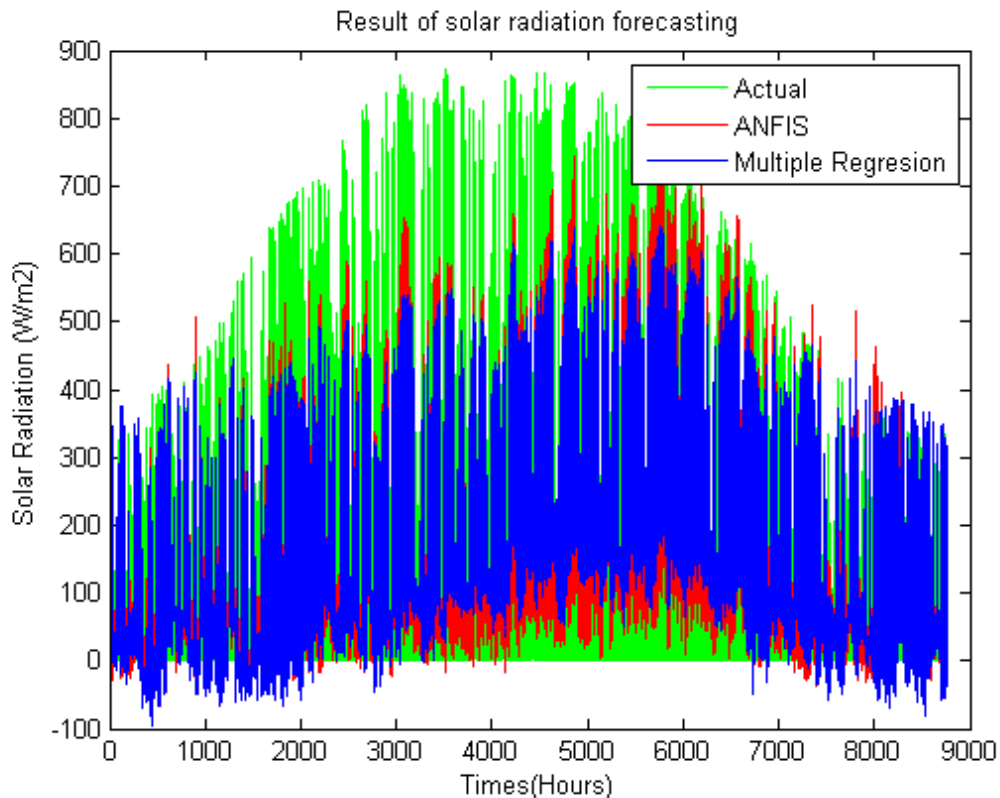
X_2 = Kelembaban (%)

X_3 = Curah Hujan (mm)

X_4 = Lama Penyinaran (W/m²)

4.9 Perbandingan ANFIS dan Regresi Linier Berganda Data Bassel

Setelah melakukan perhitungan peramalan pada data Kota Bassel menggunakan metode ANFIS dan Regresi Linier Berganda, kemudian dilakukan perbandingan hasil peramalan yang dilakukan pada enam percobaan variasi data training dan testing. Kemudian hasil yang diperoleh ditampilkan pada grafik yang sama untuk mengetahui hasil peramalan yang dilakukan. Kemudian dilakukan perhitungan error untuk mengetahui bagaimanakah performa hasil ramalan yang dilakukan oleh kedua metode tersebut.

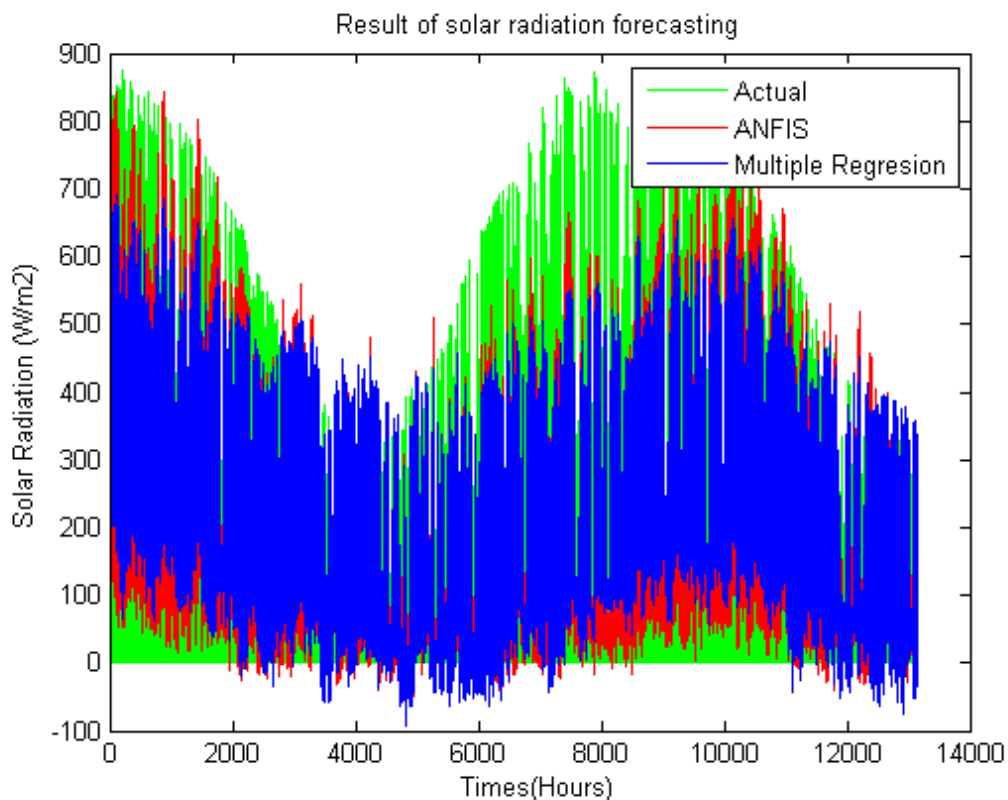


Gambar 4.43 Peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda data Bassel 80% – 20%

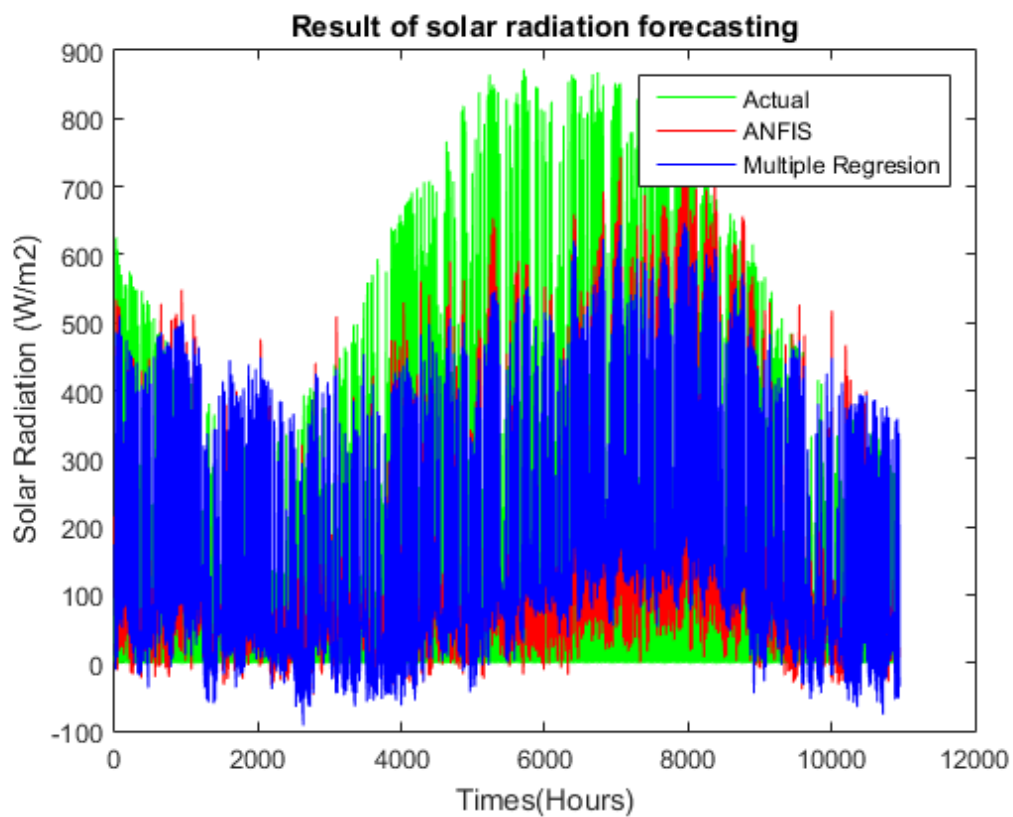
Tabel 4.24

Perbandingan *error* peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda

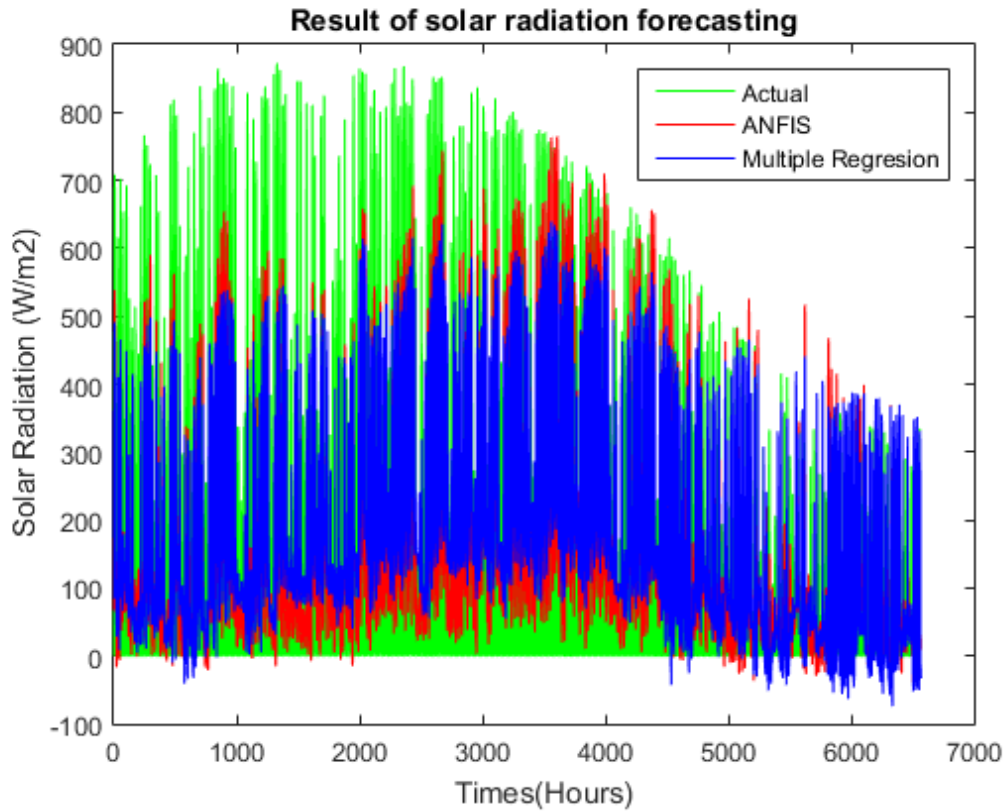
METODE	RMSE (W/m²)	MAE (W/m²)
ANFIS	136,5028	94,3753
Regresi Linier Berganda	148,2717	108,6453



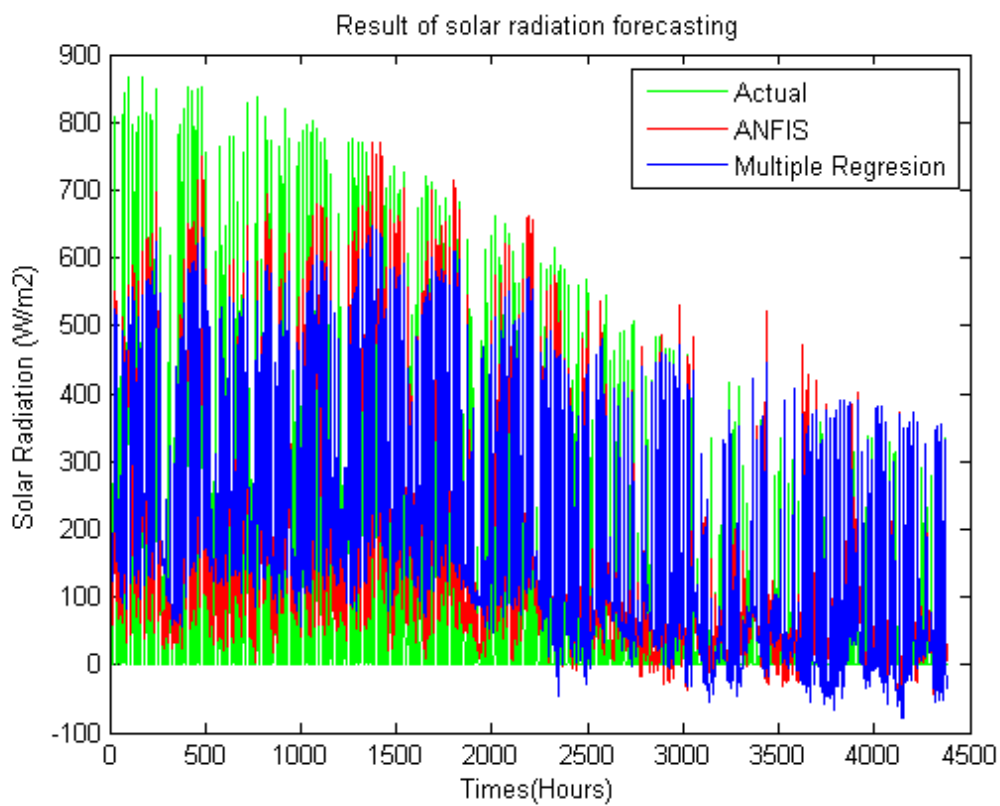
Gambar 4.44 Peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda data Basel 70% – 30%



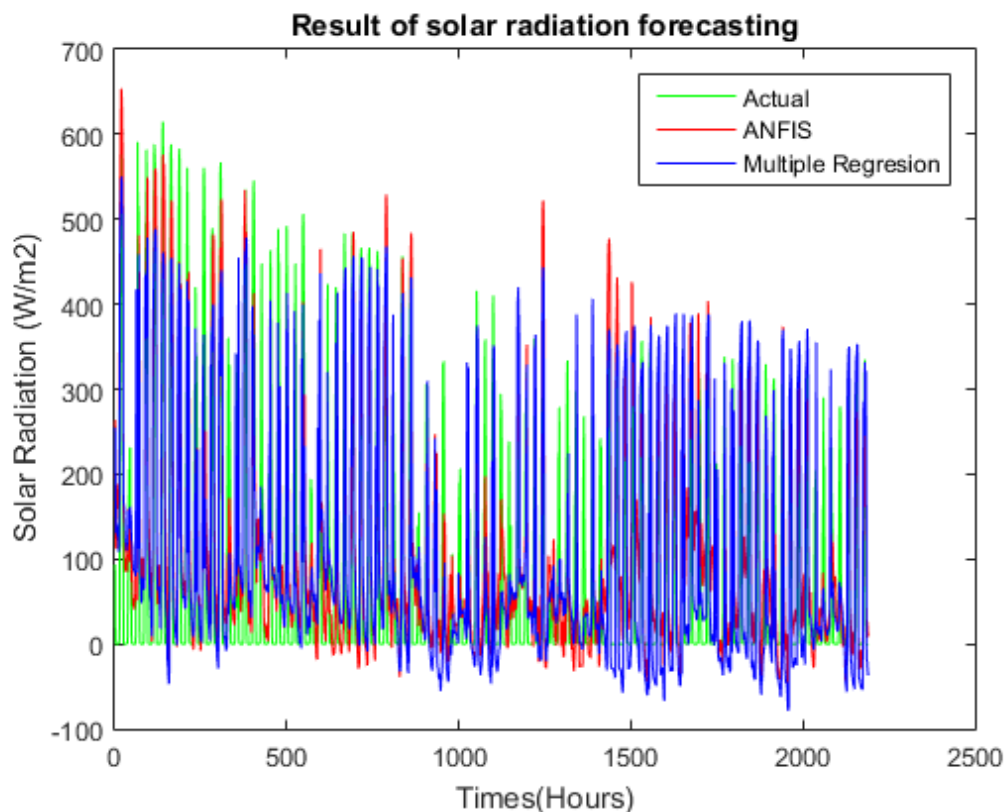
Gambar 4.45 Peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda data Basel 75% – 25%



Gambar 4.46 Peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda data Bassel 85% – 15%



Gambar 4.47 Peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda data Bassel 90% – 10%



Gambar 4.48 Peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda data Bassel 95% – 5%

Tabel 4.25

Perbandingan *error* peramalan metode ANFIS dan Regresi Linier Berganda Data Bassel

Percobaan	ANFIS (W/m ²)		Regresi Linier Berganda(W/m ²)	
	RMSE	MAE	RMSE	MAE
70% – 30%	139,3358	101,6278	150,5469	114,4046
75% – 25%	132,5707	95,1053	142,5206	103,8055
80% – 20%	138,3495	98,4586	148,2717	108,6453
85% – 15%	146,3233	106,5297	156,7411	119,2186
90% - 10%	134,1946	99,9071	147,0155	113,0725
95% - 5%	99,2813	71,9695	101,9780	71,0880

Gambar 4.43 menunjukkan perbandingan hasil peramalan dengan metode ANFIS, metode Regresi Linier Berganda dan Data Aktual Kota Bassel dengan meramalkan 8760 data dengan perbandingan data 80% data *training* dan 20% data *testing*. Dapat dilihat bahwa nilai RMSE ANFIS 136,5028 sedangkan untuk Regresi Linier Berganda 148,2717. *Error* rata-rata peramalan ANFIS sebesar 94,3753 *error* rata-rata regres berganda sebesar 108,6453. Dapat diketahui bahwa nilai *error* peramalan ANFIS lebih kecil daripada metode Regresi Linier Berganda. Gambar 4.44 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 70%-30%. Gambar 4.45 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 75%-25%. Hasil peramalan ANFIS lebih mendekati data aktual dibandingkan peramalan Regresi Linier Berganda. Gambar 4.46 merupakan hasil plot

perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 85%-15%. Gambar 4.47 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 90%-10%. Hasil peramalan ANFIS lebih mendekati data aktual dibandingkan peramalan Regresi Linier Berganda. Gambar 4.48 merupakan hasil plot perbandingan peramalan ANFIS dan Regresi Linier Berganda untuk pembagian data 95%-5%. Hasil peramalan ANFIS lebih baik dibandingkan Regresi Linier Berganda untuk peramalan Kota Bassel dimana menggunakan data yang banyak dibandingkan Kota Malang.

4.10 Peramalan Intensitas Matahari *Short Term*

Pada percobaan kali ini dilakukan peramalan *short term* dimana peramalan data dilakukan untuk waktu yang singkat yaitu satu hari. Data yang digunakan merupakan data harian(12jam) Kota Malang yang menggunakan variabel temperatur, lama penyinaran, dan Intensitas Matahari. Selain data Kota Malang peramalan *short term* juga dilakukan pada data harian(24jam) Bassel dengan menggunakan variabel temperatur, lama penyinaran, dan intensitas Matahari. Data yang digunakan dianalisis dengan metode Regresi Linier Berganda 2 prediktor, Regresi Linier Berganda 4 prediktor dan ANFIS.

Tabel 4.26

Perbandingan *error* peramalan *Short Term*

Percobaan	ANFIS		Regresi Linier Berganda	
	RMSE	MAE	RMSE	MAE
Malang				
Training = 30 Hari	114,0588	96,3178	95,6449	80,7259
Testing = 1 Hari				
Bassel				
Training = 1 Tahun	81,2167	63,66577	108,9498	70,1278
Testing = 1 Hari				

Berikut merupakan persamaan Regresi Linier Berganda 4 prediktor yang diperoleh dari perhitungan menggunakan metode Regresi Linier Berganda pada data Kota Malang dan Kota Bassel.

$$Y = -1536,607 + 287,3509X_1 + 70,7196X_2 \quad (\text{Kota Malang})$$

Dimana :

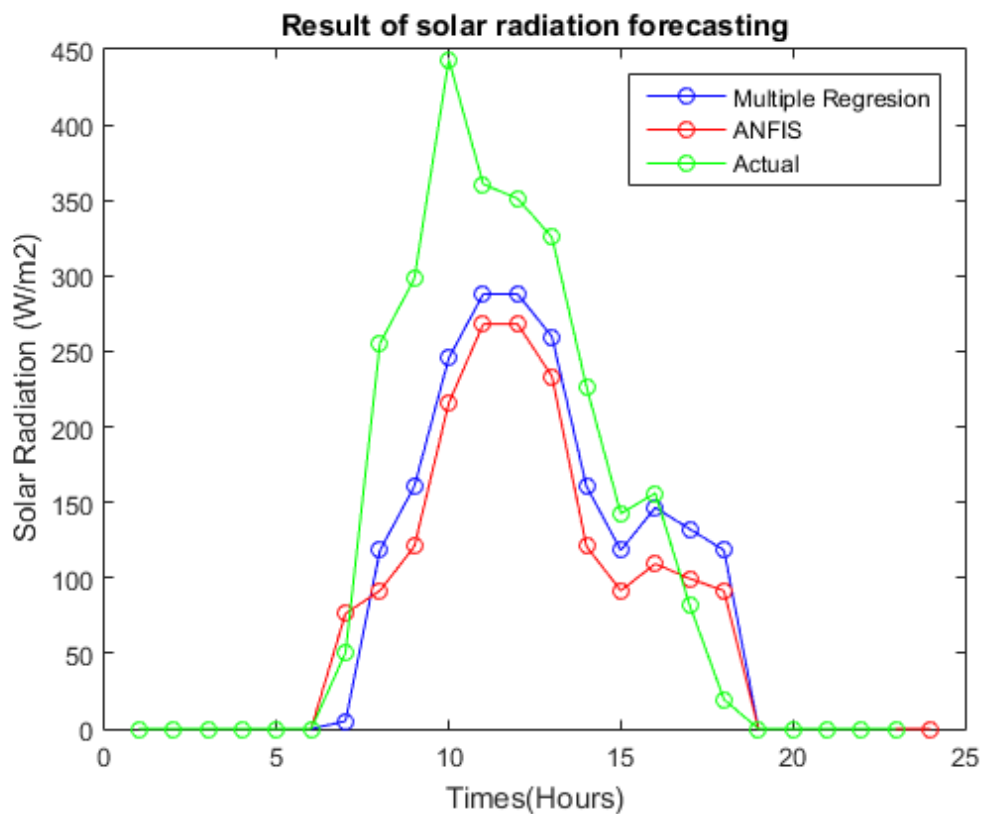
$$X_1 = \text{Lama Penyinaran Matahari} \quad X_2 = \text{Temperatur}$$

$$Y = 5,79 + 9,113X_1 - 0,4419X_2 - 6,9284X_3 + 5,8544X_4 \quad (\text{Kota Bassel})$$

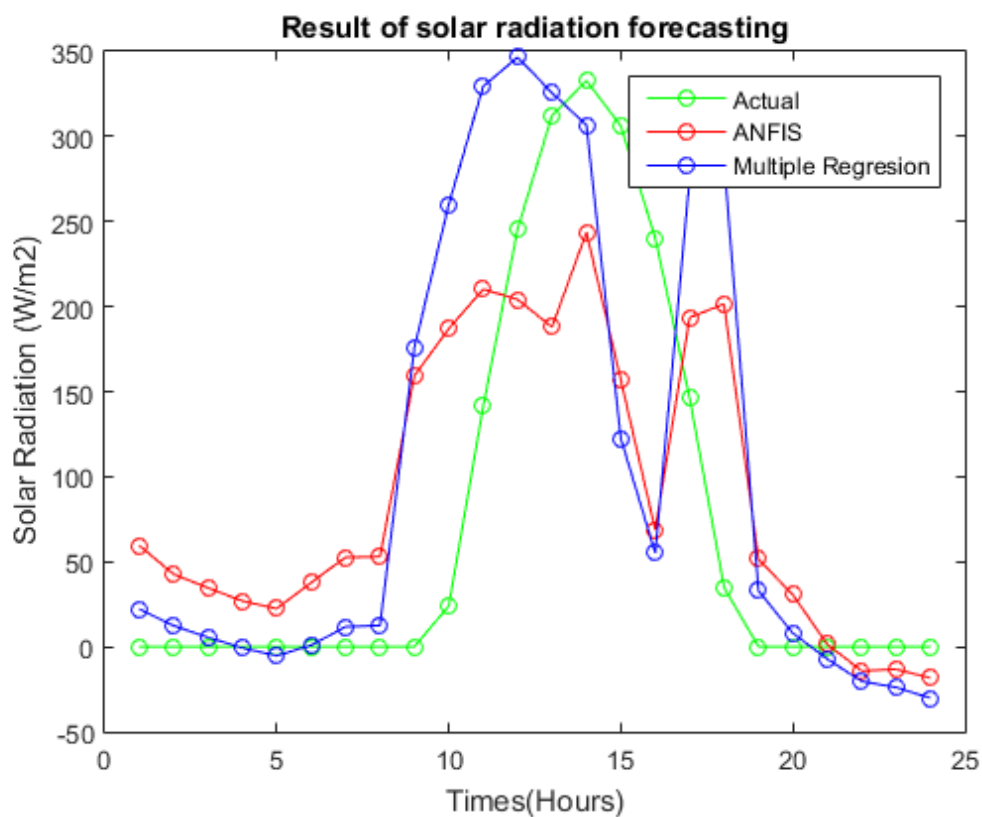
Dimana :

$$X_1 = \text{Temperatur} \quad X_2 = \text{Curah Hujan}$$

$$X_3 = \text{Lama Penyinaran Matahari} \quad X_4 = \text{Kecepatan Angin}$$



Gambar 4.49 Peramalan *Short Term* ANFIS dan Regresi Linier Berganda Data BMKG



Gambar 4.50 Peramalan *Short Term* ANFIS dan Regresi Linier Berganda Data Bassel

Hasil peramalan short term data Kota Malang menggunakan ANFIS dan Regresi Linier Berganda dapat dilihat pada gambar 4.49, dapat dilihat bahwa metode Regresi Linier Berganda lebih baik meramalkan dibandingkan ANFIS pada studi kasus data Kota Malang. Sedangkan untuk peramalan short term data Kota Bassel menggunakan ANFIS dan Regresi Linier Berganda dapat dilihat pada gambar 4.50 dilihat bahwa metode ANFIS mampu meramalkan lebih baik dibandingkan metode Regresi Linier Berganda pada kasus ini. Metode ANFIS lebih baik dalam peramalan saat data yang digunakan banyak sedangkan Reresi Linier Berganda lebih baik dalam peramalan saat data yang digunakan sedikit.

