

**ANALISIS PERBANDINGAN PRAKIRAAN INTENSITAS RADIASI
MATAHARI MENGGUNAKAN *EXTREME LEARNING MACHINE*
DAN REGRESI LINIER BERGANDA**

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



DIMAS MUDYA PERMADI

NIM. 145060301111028

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN
ANALISA PERBANDINGAN PRAKIRAAN INTENSITAS RADIASI
MATAHARI MENGGUNAKAN *EXTREME LEARNING MACHINE* DAN
REGRESI LINIER BERGANDA

SKRIPSI

TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Dimas Mudya Permadi
NIM. 145060301111028

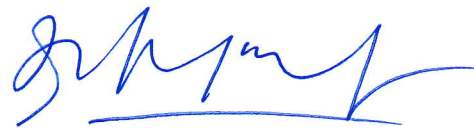
Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 11 Mei 2018

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Elektro



Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM
NIP. 19730520200801 1 013

Dosen Pembimbing I



Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM
NIP. 19730520200801 1 013

JUDUL SKRIPSI:

ANALISIS PERBANDINGAN PRAKIRAAN INTENSITAS RADIASI MATAHARI
MENGUNAKAN *EXTREME LEARNING MACHINE* DAN REGRESI LINIER
BERGANDA

Nama Mahasiswa : Dimas Mudya Permadi

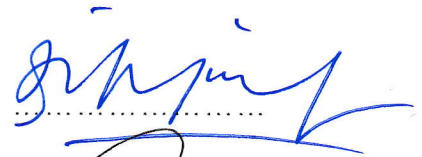
NIM : 145060301111028

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Energi Elektrik

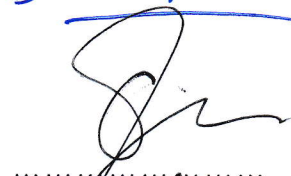
Komisi Pembimbing :

Ketua : Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM



Tim Dosen Penguji :

Dosen Penguji 1 : Ir. Unggul Wibawa, M.Sc.



Dosen Penguji 2 : Ir. Mahfudz Shidiq, M.T.



Dosen Penguji 3 : Ir. Wijono, M.T., Ph.D.



Tanggal Ujian : 26 April 2018

SK Penguji : 871/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 11 Mei 2018

Mahasiswa,



Dimas Mudya Permadi

NIM. 145060301111028

Daftar Riwayat Hidup

- Nama : Dimas Mudy Permadi
- Tempat / tanggal lahir : Ponorogo, 13 Juli 1995
- Alamat asal : Perumahan Singosaren B. 30, Jenangan,
Kabupaten Ponorogo
- Alamat di Malang : Jalan Gajayana V No. 581, Dinoyo, Kabupaten
Malang
- Riwayat pendidikan
1. TK : TK BA Aisyiyah Bangunsari Tahun : 2000 – 2002
 2. SD : SDN 3 Bangunsari Ponorogo Tahun : 2002 – 2008
 3. SMP : SMP Negeri 1 Ponorogo Tahun : 2008 – 2011
 4. SMA : SMA Negeri 1 Ponorogo Tahun : 2011 – 2014
 5. Perguruan tinggi : Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas
Brawijaya Malang Tahun : 2014 – 2018

***Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:
Ayahanda Mukhorobin dan Ibunda Dyah Retnowati***

RINGKASAN

Dimas Mudya Permadi, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, *Analisis Perbandingan Prakiraan Intensitas Radiasi Matahari Menggunakan Extreme Learning Machine dan Regresi Linier Berganda*, Dosen Pembimbing: Hadi Suyono.

Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) merupakan pembangkit energi listrik yang memanfaatkan energi matahari. PLTS sangat bergantung pada ketersediaan radiasi matahari. Radiasi matahari tidak tersedia sepanjang hari di setiap tempat. Ketersediaan radiasi matahari yang tidak menentu dapat diprediksi dengan metode-metode yang ada saat ini. Metode peramalan menggunakan *Artificial Intelligence* yaitu *Extreme Learning Machine* (ELM) memiliki akurasi peramalan yang cukup baik. Metode peramalan konvensional dengan Regresi linier berganda digunakan sebagai pembandingan metode ELM.

Penelitian ini, bertujuan: 1). Mengetahui pemodelan ELM yang optimal untuk melakukan prakiraan intensitas radiasi matahari; 2). Mengetahui prakiraan intensitas radiasi matahari yang ada di Kota Malang dan Kota Basel dengan metode ELM; 3). Mengetahui prakiraan intensitas radiasi matahari yang ada di Kota Malang dan Kota Basel dengan metode regresi linier berganda; 4). Mengetahui perbandingan prakiraan intensitas radiasi matahari antara metode ELM dan metode regresi linier berganda; 5). Mengetahui perbandingan prakiraan jangka pendek intensitas radiasi matahari di Kota Malang dan Basel dengan metode ELM dan Regresi linier berganda.

Hasil penelitian menunjukkan: 1). Pemodelan yang optimal untuk peramalan ELM adalah komposisi 85%-15% dengan 60 *hidden neuron*; 2). Peramalan ELM Kota Malang memiliki nilai kesalahan RMSE 54,431 dan MAE 31,919, lebih kecil dibanding Kota Basel yang memiliki nilai RMSE 85,064 dan MAE 56,749; 3). Peramalan Regresi Linier Berganda Kota Malang memiliki nilai kesalahan RMSE 107,575 dan MAE 86,899, lebih kecil dibanding Kota Basel yang memiliki nilai RMSE 101,978 dan MAE 71,088; 4). ELM dapat melakukan peramalan intensitas radiasi lebih baik dibandingkan Regresi Linier Berganda untuk peramalan jangka panjang; 5). ELM dapat melakukan peramalan intensitas radiasi lebih baik dibandingkan Regresi Linier Berganda untuk peramalan jangka pendek.

Kata kunci: *extreme learning machine*, intensitas radiasi matahari, prakiraan

SUMMARY

Dimas Mudya Permadi, Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering University of Brawijaya, April 2018, **Comparison Analysis of Solar Radiation Forecasting Using Extreme Learning Machine and Multiple Linear Regression**, Academic Supervisor: Hadi Suyono.

Solar power plant is one of the electric energy resource that utilizes solar energy. Solar power plant is very dependent on the availability of solar radiation. Solar radiation is not available all day in every place. The availability of unpredictable solar radiation can be predicted by the methods that exist today. Forecasting method using Artificial Intelligence with Extreme Learning Machine (ELM) has good forecasting accuracy. The conventional forecasting method using multiple regression is used as a comparison of the ELM method.

This research, aimed to : 1). know the optimal ELM modeling to predict the intensity of solar radiation; 2). know the forecast of solar radiation intensity in Malang and Basel City with ELM method; 3). know the forecast of solar radiation intensity in Malang and Basel City with multiple regression method; 4). know the comparison of solar radiation intensity forecasting between ELM and multiple regression method; 5). know the comparison of short-term forecasts of solar radiation intensity in Malang and Basel City with ELM and Multiple Regression methods.

The results showed: 1). The optimal modeling for ELM forecasting with 85% -15% composition of 60 hidden neurons; 2). ELM forecasting of Malang City has error value RMSE 54,431 and MAE 31,919, smaller than Basel City which has value of RMSE 85,064 and MAE 56,749; 3). Multiple Regression forecasting of Malang City has error value RMSE 107,575 and MAE 86,899, smaller than Basel city which has value RMSE 101,978 and MAE 71,088; 4). ELM can better forecast radiation intensity than Multiple Regression for long-term forecasting; 5). ELM can forecast radiation intensity better than Multiple Regression for short-term forecasting.

Keywords: extreme learning machine, solar radiation, forecasting

PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT karena berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul “Analisis Perbandingan Prakiraan Intensitas Radiasi Matahari Menggunakan *Extreme Learning Machine* dan Regresi linier berganda”. Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik dari Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Penyusunan laporan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
2. Ibu Ir. Nurussa’adah, M.T. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Sarjana Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
4. Ibu Dr. Rini Nur Hasanah, S.T., M.Sc. selaku KKDK Konsentrasi Teknik Energi Elektrik yang telah banyak memberi arahan dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini serta atas segala bentuk bantuan dan saran yang membangun.
5. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. IPM. selaku dosen pembimbing utama yang senantiasa memberi waktu, ilmu, arahan dan masukan yang baik dalam penelitian maupun tulisan.
6. Ibu Ir. Retnowati, M.T. dan Bapak Ramadhani Kurniawan Subroto, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik yang telah mengarahkan penulis selama perkuliahan.
7. Kedua orang tua penulis, Ibu Dyah Retnowati dan Bapak Mukhorobin yang dengan penuh kasih sayang dan kesabaran telah mengasuh, membesarkan, mendidik, memberikan pelajaran hidup yang tak ternilai harganya. Serta kakak dan adik tersayang, Dhetak Pramudyawan Nugroho dan Tiara Mudyanasari yang senantiasa memberi semangat dan dukungan.
8. Bapak Indra Setyawan S.ST dan keluarga besar Laboratorium Mesin Elektrik, khususnya angkatan 2013, 2014 dan 2015 yang telah memberi segala bantuan untuk penyelesaian skripsi ini.

9. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro angkatan 2014 “DIODA”, khususnya rekan-rekan konsentrasi Teknik Energi Elektrik (A) atas doa dan semangat yang diberikan dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Pengurus Stasiun Klimatologi BMKG Karangploso Malang yang telah membantu dalam pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu-persatu sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan karena keterbatasan ilmu serta kendala yang dialami selama pengerjaan penelitian ini. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran membangun agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan berguna. Semoga skripsi ini dapat membawa manfaat bagi kita semua. Aamiin.

Malang, April 2018

Penulis

DAFTAR ISI

PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Peramalan	5
2.2 Energi Matahari	5
2.3 Data.....	8
2.4 Regresi linier berganda.....	9
2.5 <i>Extreme Learning Machine</i> (ELM)	9
2.5.1 Konsep Jaringan Syaraf Tiruan	10
2.5.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan	10
2.5.3 <i>Supervised Learning</i>	12
2.5.4 Struktur ELM	13
2.5.5 Proses ELM	13
2.5.6 Fungsi Aktivasi	14
2.5.6 Inisialisasi Bobot dan Bias	15
2.5.7 Invers Semu (<i>Pseudoinvers</i>).....	15
2.6 Pengukuran Kesalahan dalam Prediksi.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Studi Literatur.....	18

3.2 Pengambilan Data	18
3.3 Prakiraan dengan Metode ELM	18
3.4 Praliraan Regresi Linier Berganda	20
3.5 Perbandingan Peramalan	21
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	21
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Data BMKG	23
4.2 Analisis <i>Extreme Learning Machine</i> (ELM).....	23
4.2.1 Normalisasi Data dan Denormalisasi Data.....	24
4.2.2 Variasi Komposisi Pasangan Data <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	24
4.2.3 Variasi Jumlah <i>Hidden Neuron</i>	29
4.3 Analisis Regresi linier berganda.....	34
4.4 Perbandingan Metode ELM dan Metode Regresi linier berganda	39
4.5 Data <i>Meteobue Climatology</i> NOAA	43
4.6 Analisis ELM Data <i>Meteobue Climatology</i> NOAA.....	43
4.7 Analisis Regresi linier berganda Data <i>Meteobue Climatology</i> NOAA.....	48
4.8 Perbandingan ANFIS dan Regresi linier berganda Data Basel.....	52
4.9 Perbandingan ELM dan Regresi linier berganda untuk Peramalan Jangka Pendek	56
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	59
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA	61
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 4. 1	Karakteristik data setiap 1 jam Stasiun Klimatologi Karangploso.....	23
Tabel 4. 2	Karakteristik ELM Acuan	24
Tabel 4. 3	Variasi jumlah data <i>training</i> dan data <i>testing</i> data BMKG	25
Tabel 4. 4	Hasil Peramalan ELM Variasi Komposisi Data BMKG	25
Tabel 4. 5	Nilai RMSE dan MAE ELM Variasi Komposisi Data BMKG.....	29
Tabel 4. 6	Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> Data BMKG.....	29
Tabel 4. 7	Hasil peramalan ELM variasi jumlah <i>hidden neuron</i> Data BMKG	33
Tabel 4. 8	Nilai RMSE dan MAE ELM variasi jumlah <i>hidden neuron</i> Data BMKG.....	34
Tabel 4. 9	Variasi data training dan data testing data BMKG.....	35
Tabel 4. 10	Hasil Peramalan Regresi linier berganda Variasi Komposisi Data BMKG	35
Tabel 4. 11	Nilai RMSE dan MAE regresi linier berganda Variasi Komposisi Data BMKG	39
Tabel 4. 12	Perbandingan nilai kesalahan ELM dan Regresi linier berganda Data BMKG.....	43
Tabel 4. 13	Karakteristik data setiap 1 jam Kota Basel.....	43
Tabel 4. 14	Karakteristik ELM data NOAA.....	44
Tabel 4. 15	Variasi jumlah data <i>training</i> dan data <i>testing</i> data NOAA.....	44
Tabel 4. 16	Nilai RMSE dan MAE ELM Variasi Komposisi data NOAA	48
Tabel 4. 17	Variasi jumlah data training dan testing Data NOAA	48
Tabel 4. 18	Nilai RMSE dan MAE Regresi linier berganda Variasi Komposisi Data NOAA	52
Tabel 4. 19	Perbandingan nilai kesalahan ELM dan Regresi linier berganda Data NOAA	56
Tabel 4. 20	Perbandingan Peramalan Jangka Pendek Data BMKG dan Data NOAA	57

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
	<i>Gambar 2. 1</i> Gerak Semu Tahunan Matahari.....	6
	<i>Gambar 2. 2</i> Radiasi Global	7
	<i>Gambar 2. 3</i> Nilai radiasi perhari.....	7
	<i>Gambar 2. 4</i> Jaringan Lapisan Tunggal	11
	<i>Gambar 2. 5</i> Jaringan Lapisan Banyak	12
	<i>Gambar 2. 6</i> Jaringan Lapisan Kompetitif	12
	<i>Gambar 2. 7</i> Struktur ELM	13
	<i>Gambar 2. 8</i> Fungsi Sigmoid Biner.....	14
	<i>Gambar 3. 1</i> Diagram Alir Penelitian	17
	<i>Gambar 3. 2</i> Diagram Alir ELM	19
	<i>Gambar 3. 3</i> Diagram Alir Regresi linier berganda	20
	<i>Gambar 3. 4</i> Diagram Alir Perbandingan Prakiraan ELM dan Regresi Linier Berganda...	21
	<i>Gambar 4. 1</i> Komposisi data 70% - 30% BMKG	26
	<i>Gambar 4. 2</i> Komposisi data 75% - 25% BMKG.....	26
	<i>Gambar 4. 3</i> Komposisi data 80% - 20% BMKG.....	27
	<i>Gambar 4. 4</i> Komposisi data 85% - 15% BMKG.....	27
	<i>Gambar 4. 5</i> Komposisi data 90% - 10% BMKG.....	28
	<i>Gambar 4. 6</i> Komposisi data 95% - 5% BMKG.....	28
	<i>Gambar 4. 7</i> Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> 10.....	30
	<i>Gambar 4. 8</i> Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> 20.....	30
	<i>Gambar 4. 9</i> Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> 30.....	31
	<i>Gambar 4. 10</i> Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> 40.....	31
	<i>Gambar 4. 11</i> Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> 50.....	32
	<i>Gambar 4. 12</i> Variasi jumlah <i>hidden neuron</i> 60.....	32
	<i>Gambar 4. 13</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda	36
	<i>Gambar 4. 14</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda	36
	<i>Gambar 4. 15</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda	37
	<i>Gambar 4. 16</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda	37
	<i>Gambar 4. 17</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda	38

<i>Gambar 4. 18</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	38
<i>Gambar 4. 19</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 70% - 30%	40
<i>Gambar 4. 20</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 75% - 25%	40
<i>Gambar 4. 21</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 80% - 20%	41
<i>Gambar 4. 22</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 85% - 15%	41
<i>Gambar 4. 23</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 90% - 10%	42
<i>Gambar 4. 24</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 95% - 5%	42
<i>Gambar 4. 25</i> Komposisi data 70% - 30% NOAA	45
<i>Gambar 4. 26</i> Komposisi data 75% - 25% NOAA	45
<i>Gambar 4. 27</i> Komposisi data 80% - 20% NOAA	46
<i>Gambar 4. 28</i> Komposisi data 85% - 15% NOAA	46
<i>Gambar 4. 29</i> Komposisi data 90% - 10% NOAA	47
<i>Gambar 4. 30</i> Komposisi data 95% - 5% NOAA	47
<i>Gambar 4. 31</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	49
<i>Gambar 4. 32</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	49
<i>Gambar 4. 33</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	50
<i>Gambar 4. 34</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	50
<i>Gambar 4. 35</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	51
<i>Gambar 4. 36</i> Peramalan menggunakan Metode Regresi linier berganda.....	51
<i>Gambar 4. 37</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 70% - 30%	53
<i>Gambar 4. 38</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 75% - 25%	53
<i>Gambar 4. 39</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 80% - 20%	54
<i>Gambar 4. 40</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 85% - 15%	54
<i>Gambar 4. 41</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 90% - 10%	55
<i>Gambar 4. 42</i> Perbandingan hasil ELM dan Regresi linier berganda 95% - 5%	55
<i>Gambar 4. 43</i> Peramalan jangka pendek ELM dan Regresi linier berganda data BMKG . 56	
<i>Gambar 4. 44</i> Peramalan jangka pendek ELM dan Regresi linier berganda data <i>Meteobue Climatology</i>	57