

IMPLEMENTASI ALGORITME *EXTREME LEARNING MACHINE* (ELM) UNTUK PREDIKSI BEBAN PEMANASAN DAN PENDINGINAN BANGUNAN

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

Disusun oleh:
Alif Fachrony
NIM: 115060800111029



PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2018

PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITME *EXTREME LEARNING MACHINE* (ELM) UNTUK PREDIKSI BEBAN PEMANASAN DAN PENDINGINAN BANGUNAN

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Komputer

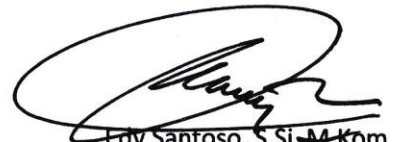
Disusun Oleh :
Alif Fachrony
NIM: 115060800111029

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
19 Januari 2018
Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Imam Cholissodin, S.Si, M.Kom
NIK: 201201 850719 1 001


Edy Santoso, S.Si, M.Kom
NIP: 19740414 200312 1 004

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP: 19710518 200312 1 001

IDENTITAS TIM PENGUJI

Penguji I

Nama : Dian Eka Ratnawati, S.Si, M.Kom

NIP : 19730619 200212 2 001

Penguji II

Nama : Ratih Kartika Dewi, S.T, M.Kom

NIK : 201503 890520 2 001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi ini 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 disitasi dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila ternyata didalam naskah skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur plagiasi, saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, 19 Januari 2018



Alif Fachrony

NIM: 115060800111029

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Nama : Alif Fachrony
Tempat, tanggal lahir : Malang, 28 Juli 1993
Riwayat Sekolah : SDN Kauman 1 Malang
SMPN 21 Malang
SMAN 1 Malang

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa karena hanya dengan berkat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Implementasi Algoritma Extreme Machine Learning (ELM) untuk Prediksi Beban Pemanasan dan Pendinginan Bangunan”. Penulisan skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat menjadi Sarjana Komputer.

Dalam pelaksanaan dan penulisan skripsi ini penulis mendapatkan banyak bantuan dari berbagai pihak baik secara moril dan materiil. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Imam Cholissodin, S.Si., M.Kom., selaku pembimbing utama dan Edy Santoso, S.Si., M.Kom., selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu memberikan pengarahan dan bimbingan kepada penulis.
2. Denny Sagita Rusdianto, S.Kom., M.Kom., selaku dosen penasihat akademik penulis.
3. Tri Astoto Kurniawan, S.T, M.T, Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer.
4. Ir. Heru Nurwasito, M.Kom, selaku Wakil Ketua I Bidang Akademik Fakultas Ilmu Komputer.
5. Agus Wahyu Widodo, S.T., M.Cs, selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika yang selaku memberikan dukungan kepada penulis baik berupa doa maupun hal yang bersifat administratif.
6. Muhammad Tanzil Furqon, S.Kom., M.CompSc, selaku Sekretaris Program Studi Teknik Informatika.
7. Staff Pendidikan BKPK Fakultas Ilmu Komputer Prasetyo Iskandar, S.T dan Wiwin Lukitohadi, S.H, S.Psi, CHRM, yang selalu memberikan dorongan semangat kepada penulis melalui bimbingan konseling.
8. Segenap dosen Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segenap ilmu pengetahuan dan perhatian yang diberikan.
9. Segenap staff dan pegawai Fakultas Ilmu Komputer Universitas Brawijaya atas segala bantuan yang bersifat administratif.
10. Keluarga terkasih Sugianto yang telah menjadi panutan dan inspirasi semangat bagi penulis, Sri Wati yang selalu memberikan dukungan dan doa yang tiada henti.
11. Seluruh teman-teman Teknik Informatika angkatan 2011 atas seluruh dukungan dan kebersamaannya dari awal perkuliahan sampai akhir.
12. Serta semua pihak yang telah membantu dan memberikan pengalaman berharga bagi penulis selama penulis menjalani masa perkuliahan.

Akhirnya atas segala bantuan semua pihak semoga mendapat balasan dari Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa. Penulis sadar bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi kesempurnaan penulisan selanjutnya.

Malang, 19 Januari 2018

Penulis

alifachrony@gmail.com

ABSTRAK

Konservasi Energi merupakan hal yang sangat penting seiring pertumbuhan zaman dan teknologi. Membuat bangunan yang hemat energi perlu dilakukan dengan cara mengoptimalkan penggunaan alat untuk pendingin dan pemanas ruangan tanpa mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan pengguna bangunan tersebut. Bangunan hemat energi dapat dicapai dengan memperhatikan beban pemanasan (HL) dan pendinginan (CL). HL dan CL adalah laju aliran kalor yang harus diambil atau ditambahkan dari suatu ruangan untuk mempertahankan temperatur dan kelembaban udara relatif ruangan pada kondisi yang diinginkan. Prediksi HL dan CL tersebut akan digunakan dalam perhitungan beban daya penggunaan alat pemanas atau pendingin ruangan. Saat ini perhitungan HL dan CL masih memiliki kendala antara lain perhitungan yang sangat rumit, membutuhkan waktu lama sebab banyak disiplin ilmu yang terlibat serta penggunaan parameter yang sangat bervariasi. Diperlukan *learning machine* untuk memprediksi HL dan CL dengan mudah, dan cepat. Penulis menggunakan algoritma *Extreme Machine Learning* (ELM) untuk memprediksi HL dan CL. Dalam Analisa pengujian menggunakan algoritma ELM yang dilakukan dengan fungsi aktivasi *sigmoid biner*, 3 input, 1 hidden neuron, output target sebanyak 2 serta jumlah data 130 menghasilkan *Mean Absolute Error Percentage* (MAPE) terbaik yaitu 24.73% dengan waktu proses 0.0176 detik.

Kata kunci: *Konservasi Energi, beban pemanasan, beban pendinginan, Jaringan Syaraf Tiruan, learning machine, ELM.*

ABSTRACT

Energy conservation is a very important thing as the growth of the times and technology. Making energy-efficient buildings needs to be done by optimizing the use of tools for cooling and heating the building without affecting the health and comfort of the user of the building. Energy-efficient buildings can be achieved by calculate heating (HL) and cooling (CL) loads. HL and CL are the heat flow rates to be taken or added from the building to maintain relative air temperature and humidity of the building under desired conditions. The prediction of HL and CL will be used in calculating the power loads of heater or air conditioner. Currently HL and CL calculations still have constraints such as very complex calculations, time consuming because many disciplines are involved and it use very varied parameters. It needs learning machine to predict HL and CL easily, and quickly. The author uses the algorithm Extreme Machine Learning (ELM) to predict HL and CL. In the test analysis using ELM algorithm performed using binary sigmoid activation function, 3 input, 1 hidden neurons, 2 output targets and 130 dataset, the best Mean Absolute Error Percentage (MAPE) is 24.73% and it takes 0.0176 seconds to complete the process.

Keywords: *Energy conservation, heating load, cooling load, Artificial Neural Network, learning machine, ELM.*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang.....	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan masalah	3
1.6 Sistematika pembahasan	3
BAB 2 LANDASAN KEPUSTAKAAN	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Beban Pemanasan dan Beban Pendinginan Bangunan	8
2.3 Normalisasi dan Denormalisasi.....	9
2.4 <i>Extreme Learning Machine</i> (ELM).....	9
2.4.1 Fungsi Aktivasi.....	11
2.4.2 Training ELM.....	11
2.4.3 Testing ELM	12
2.5 Nilai Evaluasi <i>MAPE</i>	12
BAB 3 METODOLOGI	14
3.1 Studi Literatur	14
3.2 Pengumpulan Data	15
3.3 Analisa Kebutuhan dan Perancangan Sistem	15
3.3.1 Analisa Kebutuhan	15

3.3.2 Perancangan Sistem	15
3.4 Impementasi	15
3.5 Pengujian	15
3.6 Analisis	16
3.7 Kesimpulan.....	16
BAB 4 PERANCANGAN.....	17
4.1 Identifikasi Permasalahan.....	17
4.2 Perancangan Antarmuka Pengguna	18
4.2.1 Rancangan Halaman Data	18
4.2.2 Rancangan Halaman Parameter ELM	19
4.2.3 Rancangan Halaman Hasil ELM.....	19
4.2.4 Rancangan Halaman Prediksi.....	20
4.3 Perancangan Algoritme	20
4.3.1 Tahap Training.....	21
4.3.2 Tahap Testing	30
4.4 Perhitungan Manual	33
4.4.1 Normalisasi Data	33
4.4.2 Tahap Training.....	34
4.4.3 Tahap Testing	41
4.5 Perancangan Skenario Pengujian	45
4.5.1 Pengujian Perbandingan Data Latih dan Data Uji	45
4.5.2 Pengujian Jumlah <i>Hidden Neuron</i>	45
4.5.3 Pengujian Fungsi Aktivasi	46
BAB 5 IMPLEMENTASI	47
5.1 Implementasi Sistem	47
5.1.1 Implementasi Normalisasi Data	47
5.1.2 Implementasi Inisialisasi Bobot <i>Input</i>	48
5.1.3 Implementasi Inisialisasi Bias	49
5.1.4 Implementasi Transpose Matriks.....	50
5.1.5 Implementasi Perkalian Matriks	50
5.1.6 Implementasi Penjumlahan Matriks dengan Bias	51
5.1.7 Implementasi <i>Training</i>	52

5.1.8 Implementasi Testing	57
5.1.9 Implementasi Perhitungan MAPE	59
5.2 Implementasi Antarmuka	60
5.2.1 Antarmuka Halaman Data.....	60
5.2.2 Antarmuka Halaman Parameter ELM	60
5.2.3 Antarmuka Halaman Hasil ELM.....	61
BAB 6 PENGUJIAN DAN ANALISA	62
6.1 Pengujian	62
6.2 Hasil dan Analisa Pengujian	62
6.2.1 Pengujian Perbandingan Data Latih dan Data Uji	62
6.2.2 Pengujian Jumlah <i>Hidden Neuron</i>	64
6.2.3 Pengujian Fungsi Aktivasi	66
BAB 7 KESIMPULAN.....	69
7.1 Kesimpulan.....	69
7.2 Saran	70
DAFTAR PUSTAKA.....	71
LAMPIRAN A DATA BANGUNAN	73
LAMPIRAN B GRAFIK HASIL PREDIKSI HL	75
LAMPIRAN C GRAFIK HASIL PREDIKSI CL.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Sampel Data	17
Tabel 4.2 Data <i>Training</i> Normalisasi	34
Tabel 4.3 Data <i>Testing</i> Normalisasi.....	34
Tabel 4.4 Data $X_{training}$	35
Tabel 4.5 Data $Y_{training}$	35
Tabel 4.6 Matriks Bobot Masukan	36
Tabel 4.7 Matriks bias	36
Tabel 4.8 Matriks Transpose bobot masukan (W^T).....	36
Tabel 4.9 Matriks H_{init}	37
Tabel 4.10 Matriks keluaran <i>hidden neuron</i> H	38
Tabel 4.11 Matriks <i>transpose</i> keluaran <i>hidden neuron</i> H	38
Tabel 4.12 Matriks hasil perkalian H^T dengan H	39
Tabel 4.13 Matriks <i>inverse</i> hasil perkalian H^T dengan H	40
Tabel 4.14 Matriks <i>pseudo-inverse</i> H^+	41
Tabel 4.15 Matriks bobot keluaran β	41
Tabel 4.16 Data $X_{testing}$	42
Tabel 4.17 Data $Y_{testing}$	42
Tabel 4.18 Data matriks H_{init}	42
Tabel 4.19 Matriks keluaran <i>hidden neuron</i> H	43
Tabel 4.20 Matriks prediksi Y	44
Tabel 4.21 Tabel Skenario Pengujian Perbandingan Data Latih dan Uji	45
Tabel 4.22 Tabel Skenario Pengujian Jumlah <i>Hidden Neuron</i>	46
Tabel 4.23 Tabel Skenario Pengujian Jumlah <i>Hidden Neuron</i>	46
Tabel 5.1 Tabel Kode Program Normalisasi Data.....	47
Tabel 5.2 Tabel Kode Program Inisialisasi Bobot <i>Input</i>	48
Tabel 5.3 Tabel Kode Program Inisialisasi Bias.....	49
Tabel 5.4 Tabel Kode Program Transpose Matriks	50
Tabel 5.5 Tabel Kode Program Perkalian Matriks.....	50
Tabel 5.6 Tabel Kode Program Penjumlahan matriks dengan bias	51
Tabel 5.7 Tabel Kode Program Perhitungan H_{init}	52

Tabel 5.8 Tabel Kode Program Perhitungan H	53
Tabel 5.9 Tabel Kode Program Perhitungan <i>Invers</i> Matriks	54
Tabel 5.10 Tabel Kode Program Perhitungan H^+	55
Tabel 5.11 Tabel Kode Program Perhitungan β	56
Tabel 5.12 Tabel Kode Program Perhitungan H_{init}	57
Tabel 5.13 Tabel Kode Program Perhitungan H	58
Tabel 5.14 Tabel Kode Program Perhitungan Y	58
Tabel 5.15 Tabel Kode Program Perhitungan MAPE.....	59
Tabel 6.1 Hasil Pengujian Perbandingan Data Latih dan Data Uji	63
Tabel 6.2 Hasil Pengujian <i>Jumlah Hidden Neuron</i> terhadap MAPE	64
Tabel 6.3 Hasil Pengujian <i>Jumlah Hidden Neuron</i> terhadap waktu.....	65
Tabel 6.4 Hasil Pengujian Fungsi Aktivasi	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Relative Compactness	8
Gambar 2.2 Arsitektur ELM.....	9
Gambar 3.1 Blok Diagram Metodologi Penelitian	14
Gambar 4.1 Halaman Data	18
Gambar 4.2 Halaman Parameter ELM	19
Gambar 4.3 Halaman Hasil ELM.....	19
Gambar 4.4 Halaman Prediksi.....	20
Gambar 4.5 Diagram Alir Algoritme ELM.....	20
Gambar 4.6 Diagram Alir Proses <i>Training</i>	21
Gambar 4.7 Diagram Alir Perhitungan H_{init}	22
Gambar 4.8 Diagram Alir Transpose Matriks	23
Gambar 4.9 Diagram alir perkalian matriks	24
Gambar 4.10 Diagram alir perhitungan matriks H	25
Gambar 4.11 Diagram alir fungsi sigmoid biner	25
Gambar 4.12 Diagram Alir Perhitungan Matriks H^+ Moore-Penrose	26
Gambar 4.13 Diagram Alir Invers Matriks.....	28
Gambar 4.14 Diagram Alir Perhitungan Bobot Keluaran β	29
Gambar 4.15 Diagram Alir Proses <i>Testing</i>	30
Gambar 4.16 Diagram Alir Perhitungan Y prediksi Y	31
Gambar 4.17 Diagram Alir Perhitungan <i>MAPE</i>	32
Gambar 5.1 Implementasi Halaman Data.....	60
Gambar 5.2 Implementasi Halaman Parameter ELM	61
Gambar 5.3 Implementasi Halaman Hasil ELM.....	61
Gambar 6.1 Hasil Pengujian Perbandingan Data Latih dan Data Uji	63
Gambar 6.2 Hasil Pengujian Jumlah <i>Hidden Neuron</i> Terhadap <i>MAPE</i>	66
Gambar 6.3 Hasil Pengujian Jumlah <i>Hidden Neuron</i> Terhadap Waktu	66
Gambar 6.4 Hasil Pengujian Fungsi Aktivasi	68