

PENERAPAN METODE EXTREME LEARNING MACHINE UNTUK PERAMALAN JUMLAH KEPADATAN PENDUDUK DI KALIMANTAN BARAT

Sy. Irfan Yudha Ardian¹, Tedy Rismawan², Dwi Marisa Midyanti³

^{1,2,3}Jurusan Rekayasa Sistem Komputer, Fakultas MIPA Universitas Tanjungpura

Jalan Prof Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak

Telp./Fax. : (0561) 577963

e-mail: ¹irfanyudha1991@gmail.com, ²tedyrismawan@siskom.untan.ac.id,

³dwi.marisa@siskom.untan.ac.id

Abstrak

Kepadatan penduduk merupakan hasil dari jumlah penduduk suatu wilayah dibagi dengan luas wilayahnya. Jumlah kepadatan penduduk yang tak terkendali dapat menyebabkan ledakan penduduk. Ledakan penduduk dapat mengakibatkan meningkatnya kemiskinan, pengangguran akibat daya saing tinggi, dan ruang perumahan yang terbatas. Dibutuhkan sistem yang mampu melakukan peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat untuk mengetahui jumlah kepadatan penduduk di masa depan. Metode yang digunakan sebagai sistem peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat adalah Extreme Learning Machine. Kinerja peramalan terbaik pada metode Extreme Learning Machine yaitu Mean Square Error (MSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ditentukan berdasarkan jumlah neuron lapisan tersembunyi yang digunakan. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data luas wilayah, data jumlah penduduk, data persentase distribusi penduduk, data angka harapan hidup dan data jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kinerja MSE sebesar 0.000000545, dan besar akurasi MAPE sebesar 7,75% untuk pelatihan dengan menggunakan 30 neuron lapisan tersembunyi.

Kata kunci: Kepadatan Penduduk, Extreme Learning Machine, Neuron, MSE, MAPE.

1. LATAR BELAKANG

Penduduk adalah setiap orang yang menempati suatu wilayah geografis selama enam bulan atau lebih dan atau mereka yang berdomisili kurang dari enam bulan dalam suatu wilayah dengan tujuan menetap untuk waktu yang lama. Jumlah penduduk dunia saat ini yang mencapai lebih dari 7 miliar jiwa dengan penyebaran yang tidak merata. Penyebaran penduduk yang tidak merata dapat menyebabkan perbedaan jumlah kepadatan penduduk. Kepadatan penduduk merupakan perbandingan dari jumlah penduduk dibagi dengan luas wilayahnya. Faktor yang menyebabkan suatu wilayah mengalami kepadatan adalah wilayah yang strategis, angka kelahiran yang tinggi dan rasa aman warga pada wilayah tersebut. Besar kecilnya jumlah kepadatan penduduk dapat mempengaruhi kualitas hidup masyarakat [1]. Semakin banyak jumlah penduduk yang

menempati suatu wilayah dalam waktu yang singkat berdampak pada ledakan penduduk. Ledakan penduduk dapat mengakibatkan meningkatnya kemiskinan, dan pengangguran akibat daya saing kerja yang tinggi, dan ruang perumahan yang terbatas. Hal tersebut menjadi tugas instansi pemerintah dan Badan Kependudukan dan Keluarga Berencana Nasional (BKKBN) untuk mencegah kepadatan penduduk meningkat dengan pesat.

Meningkatnya jumlah kepadatan penduduk sangat perlu diketahui demi menghindari dampak-dampak yang ditimbulkan oleh ledakan penduduk. Untuk itu dibutuhkan sistem peramalan yang mampu meramalkan jumlah kepadatan penduduk di masa depan. Sistem peramalan berbasis jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu sistem yang sering digunakan. Metode jaringan syaraf tiruan yang digunakan untuk melakukan peramalan antara lain

Backpropagation, *Radial Basis Function*, dan *Extreme Learning Machine*.

Extreme Learning Machine (ELM) adalah algoritma yang diperkenalkan oleh Huang pada tahun 2004. ELM merupakan jaringan *Single Hidden Layer Feedforward Network* (SLFN) dapat melakukan pelatihan yang cepat dibanding metode jaringan syaraf yang lain. Pada metode-metode jaringan syaraf tiruan sebelumnya mengalami pelatihan yang lambat. Hal itu dikarenakan pelatihan yang bersifat iteratif untuk mengubah bobot-bobot pelatihan [2].

Peramalan menggunakan metode *Extreme Learning Machine* untuk melakukan peramalan pernah dilakukan [3] untuk meramal kasus permintaan produk kaos dan pin dengan kesalahan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) sebesar 0.0042%. Kinerja ELM pada kasus peramalan telah dilakukan [4] dengan judul “Kinerja Metode *Extreme Learning Machine* Pada Sistem Peramalan” yang menghasilkan MAPE sebesar 0.31%. Penelitian yang dilakukan [5] yang berjudul “Meminimalisasi Nilai Error Peramalan Dengan Algoritma *Extreme Learning Machine*” mencoba meminimalisir nilai kesalahan pada pelatihan ELM dengan dua pendekatan yaitu perubahan nilai iterasi dan perubahan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi, dimana nilai kesalahan minimal didapat dengan melakukan perubahan iterasi. Untuk kasus peramalan jumlah penduduk menggunakan metode jaringan syaraf tiruan pernah dilakukan oleh [6] dengan judul “Jaringan Syaraf Tiruan Untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode *Backpropagation*” menghasilkan *Mean Square Error* (MSE) sebesar 0.075491.

2. LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu jaringan yang memproses data dari suatu neuron menuju neuron yang lain sehingga menghasilkan suatu informasi. Jaringan syaraf tiruan terinspirasi dari sistem jaringan syaraf manusia dalam mempelajari suatu pola data sehingga data tersebut dapat dikenali dan menjadi sebuah informasi baru yang bermanfaat. Jaringan syaraf tiruan dibentuk

untuk memecahkan suatu masalah tertentu seperti pengenalan pola, klasifikasi dan regresi melalui proses pembelajaran [7].

Model jaringan syaraf tiruan sederhana ditemukan pertama kali oleh McCulloch dan Pitts pada tahun 1943. Mereka menyimpulkan bahwa kombinasi dari beberapa neuron sederhana dapat menjadi sistem neural akan meningkatkan sistem komputasinya. Nilai bobot dalam jaringan diusulkan oleh McCulloch dan Pitts diatur untuk melakukan fungsi logika sederhana.

2.2 *Extreme Learning Machine*

Extreme Learning Machine (ELM) merupakan jaringan satu lapisan tersembunyi (SLFN)[8]. ELM merupakan jaringan pembelajaran terbaru yang diperkenalkan oleh Huang pada tahun 2004. Metode pembelajaran ELM dibuat untuk mengatasi kelemahan-kelemahan pada jaringan syaraf tiruan *feedforward* terutama dalam hal kecepatan pembelajaran (*learning speed*). Terdapat dua alasan yang menyebabkan pembelajaran *feedforward* memiliki *learning speed* rendah yaitu:

- Menggunakan *slow gradient based learning algorithm* untuk melakukan pelatihan.
- Semua parameter pada jaringan dihitung secara iteratif (berulang-ulang).

Fungsi aktivasi yang sering digunakan pada metode ELM adalah fungsi aktivasi sigmoid biner.

2.2.1 Algoritma *Extreme Learning Machine*

Secara umum algoritma *Extreme Learning Machine* terdiri dari 3 langkah yaitu [2]:

- Inisialisasi secara acak bobot dan bias antara lapisan masukan dan lapisan tersembunyi.
- Untuk masing-masing data hitung keluaran pada lapisan tersembunyi dengan persamaan:

$$Z_{net_i} = b_i + \sum_{j=1}^N x_{kj} \cdot w_{ji} \quad (1)$$

Dimana:

Z_{net_i} = Keluaran lapisan tersembunyi yang belum diaktivasi.

b_i = bias antara lapisan masukan menuju lapisan tersembunyi.

x_{kj} = nilai masukan pada lapisan masukan

w_{ji} = bobot antara lapisan masukan menuju lapisan tersembunyi.

Aktivasi keluaran lapisan tersembunyi dengan fungsi aktivasi sigmoid biner.

$$Z_i = \frac{1}{1+e^{-Z_{net_i}}} \quad (2)$$

c. Hitung bobot pada lapisan keluaran (β) menggunakan aturan Moore-Penrose inverse matriks.

$$\beta = H^*T \quad (3)$$

Dimana:

β = Bobot pada lapisan keluaran

H = Matriks pseudo-inverse Moore-Penrose, yaitu:

$$H^* = H^T(HH^T)^{-1}$$

T = Matriks target data

Hitung keluaran akhir pelatihan (y) menggunakan persamaan:

$$y_k = \sum_{i=1}^N \beta_i \cdot g(x_{kj} \cdot w_{ij} + b_i) \quad (4)$$

Dimana:

y_k = Keluaran ELM

β = Bobot lapisan keluaran

$g(x)$ = Fungsi aktivasi keluaran pada lapisan tersembunyi.

2.3 Normalisasi Data

Normalisasi data merupakan suatu proses untuk mentransformasi data ke dalam rentang tertentu [9]. Skala rentang data yang sering digunakan biasanya berkisar antara 0-1. Metode normalisasi data ke dalam rentang 0-1 yang sering digunakan adalah metode *min-max normalization*, ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$v' = \frac{v - \min_A}{\max_A - \min_A} \quad (5)$$

Dimana:

v' = Data normalisasi

v = Data aktual

\min_A = Nilai terkecil dari data aktual

\max_A = Nilai terbesar dari data aktual

Dengan rumus denormalisasi data sebagai berikut:

$$v = v'(\max_A - \min_A) + \min_A \quad (6)$$

2.4 Ketepatan Peramalan

Ketepatan dalam suatu peramalan dipengaruhi oleh penyimpangan antara data

aktual dengan data sistem dengan mencari unsur kesalahan (*error*). Penggunaan berbagai ukuran keakuratan metode peramalan dapat menjadi suatu alat bantu dalam menentukan metode peramalan yang terbaik yang dapat digunakan. Ukuran ketepatan yang dapat digunakan untuk melihat ketepatan metode peramalan antara lain *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

2.4.1 Mean Square Error (MSE)

Mean Square Error (MSE) merupakan salah satu metode untuk mengevaluasi metode peramalan dengan mencari rata-rata selisih kuadrat antara nilai data aktual terhadap nilai ramalan [10]. Nilai MSE didapat dari persamaan:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (x_t - f_t)^2 \quad (7)$$

Dimana:

n = Jumlah data

x_t = data aktual

f_t = hasil peramalan

2.4.2 Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dihitung dengan menggunakan rata-rata persentase kesalahan mutlak pada setiap data yang dibagi dengan nilai observasi nyata pada periode tersebut [10]. MAPE merupakan pengukuran kesalahan yang menghitung ukuran persentase penyimpangan antara data aktual dengan data peramalan dengan persamaan:

$$MAPE (\%) = \frac{100\%}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|x_t - f_t|}{x_t} \quad (8)$$

Dimana:

n = Jumlah data

x_t = data aktual

f_t = hasil peramalan

3. METODE PENELITIAN

Pada penelitian peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat akan dibuat aplikasi dengan menerapkan metode *Extreme Learning Machine* (ELM). Tahapan penelitian terdiri dari studi literatur, pengumpulan data, analisis, perancangan, implementasi, dan pengujian.

Tahap studi literatur dilakukan dengan mencari referensi teori-teori yang terkait dengan penelitian. Referensi dapat berupa buku, jurnal atau sumber internet. Referensi juga bisa didapat dari hasil wawancara terhadap pihak yang terkait dengan penelitian.

Pada tahap pengumpulan data dilakukan pengambilan data-data yang diperlukan pada penelitian yaitu data luas wilayah kabupaten dan kota, data jumlah penduduk kabupaten dan kota, data persentase distribusi penduduk kabupaten dan kota, data angka harapan hidup penduduk dan kota, dan data jumlah kepadatan penduduk kabupaten dan kota di Kalimantan Barat.

Pada tahap analisis terbagi menjadi 3 sub tahap yaitu analisa data untuk menentukan masukan dan keluaran data, serta pembagian data pelatihan dan pengujian, analisa solusi untuk menentukan metode yang akan digunakan pada penelitian, analisa kebutuhan untuk menentukan syarat minimum sistem yang dapat digunakan untuk membuat aplikasi peramalan jumlah kepadatan penduduk.

Tahap perancangan dibagi menjadi dua yaitu perancangan antarmuka dan perancangan basis data. Perancangan antarmuka yaitu mendesain tampilan aplikasi peramalan kepadatan penduduk di Kalimantan Barat berbasis *web*. Perancangan basis data yaitu merancang tabel-tabel penyimpanan data yang dibutuhkan pada aplikasi.

Pada tahap ini dilakukan penerapan metode *Extreme Learning Machine* pada pelatihan data untuk mendapatkan bobot-bobot pelatihan yang terbaik. Data masukan pelatihan dimulai dari tahun 2008 sampai 2014 dan data keluaran pelatihan dimulai dari tahun 2009 sampai tahun 2015. Tahap pelatihan dilakukan untuk menghitung kinerja kesalahan sistem yaitu *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan mengubah jumlah neuron pada lapisan tersembunyi. Bobot-bobot pelatihan yang menghasilkan kinerja kesalahan terkecil akan digunakan pada tahap pengujian.

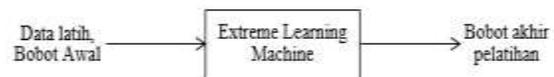
Tahap pengujian dilakukan dengan menerapkan metode *Extreme Learning Machine* pada bobot-bobot pelatihan yang menghasilkan kinerja kesalahan sistem terkecil akan digunakan untuk menguji data uji.

Kinerja MSE dan MAPE pada hasil pengujian akan dianalisa untuk mendapatkan kesimpulan akhir penelitian.

4. PERANCANGAN SISTEM

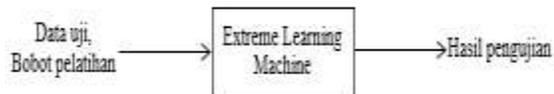
4.1 Perancangan Prosedural

Perancangan prosedural merupakan gambaran alur tahap pelatihan dan pengujian dan alur algoritma pelatihan dan pengujian. Pada penelitian peramalan jumlah penduduk di Kalimantan Barat menggunakan metode *Extreme Learning Machine*, blok diagram pelatihan ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Blok Pelatihan

Pada tahap pelatihan, data latih beserta bobot awal pelatihan akan dilatih menggunakan metode *Extreme Learning Machine* untuk mendapatkan bobot akhir pelatihan. Bobot-bobot hasil pelatihan yang menghasilkan kinerja pelatihan terbaik, yaitu nilai *Mean Square Error* (MSE) dan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) terkecil akan digunakan pada tahap pengujian. Gambar 3 menunjukkan blok diagram tahap pengujian.



Gambar 3. Diagram Blok Pengujian

Pada tahap pengujian, data uji beserta bobot terbaik dari hasil pelatihan akan diuji untuk mencari kinerja MSE dan MAPE pengujian.

4.2 Tahap Pelatihan

Tahap pelatihan pada penelitian peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat menggunakan metode *Extreme Learning Machine* dilakukan untuk mencari parameter jumlah neuron lapisan tersembunyi dan bobot-bobot pelatihan yang menghasilkan kinerja kesalahan pelatihan

minimal. Gambar 4 menunjukkan diagram alir pelatihan metode *Extreme Learning Machine*.



Gambar 4. Diagram Alir Pelatihan

Pada gambar 4.3, prosedur pelatihan *Extreme Learning Machine* adalah sebagai berikut:

- Menentukan data latih, jumlah neuron pada lapisan tersembunyi, nilai target minimum *error* pelatihan, maksimal percobaan pelatihan.
- Tentukan target awal *error* pelatihan (MSE) bernilai 1 dan nilai awal percobaan pelatihan.
- Normalisasi data latih ke dalam rentang 0 sampai 1.
- Selama kondisi pelatihan belum tercapai, yaitu target awal *error* pelatihan lebih besar dari target minimum *error* pelatihan dan percobaan awal pelatihan

- kurang dari maksimal percobaan pelatihan, kerjakan langkah e-h.
- Inisialisasi acak bobot-bobot dan bias pada lapisan masukan yang menuju lapisan tersembunyi dengan nilai antara 0 sampai 1.
- Untuk masing-masing data latih, hitung keluaran pada lapisan tersembunyi.
- Hitung bobot akhir pada lapisan tersembunyi yang menuju lapisan keluaran.
- Hitung keluaran pelatihan dan *error* pada masing-masing keluaran.

Data-data pelatihan disusun berdasarkan tahun, dari tahun 2008 sampai tahun 2015.

4.3 Tahap Pengujian

Tahap pengujian dilakukan untuk menguji bobot pelatihan terbaik yang telah diperoleh pada tahap pelatihan. Gambar 5 menunjukkan digram alir tahap pengujian.



Gambar 5. Diagram Alir Pengujian

Data masukan pengujian merupakan data luas wilayah kabupaten dan kota, data jumlah penduduk kabupaten dan kota, data persentase distribusi penduduk kabupaten dan

kota, data angka harapan hidup penduduk kabupaten dan kota dan data jumlah kepadatan penduduk kabupaten dan kota di Kalimantan Barat pada tahun 2015. Data keluaran pengujian adalah data jumlah kepadatan penduduk kabupaten dan kota di Kalimantan Barat pada tahun 2016.

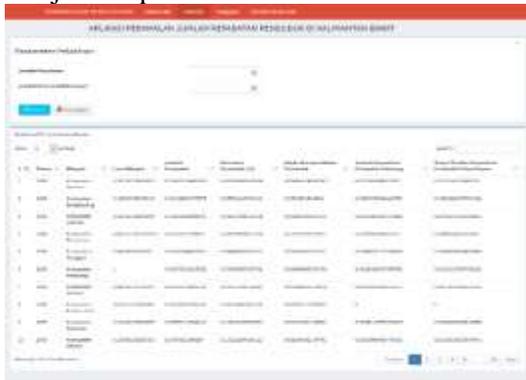
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tampilan Aplikasi

Berikut merupakan tampilan dari masing-masing antarmuka dalam sistem peramalan kepadatan penduduk.

a. Tampilan Halaman Pelatihan

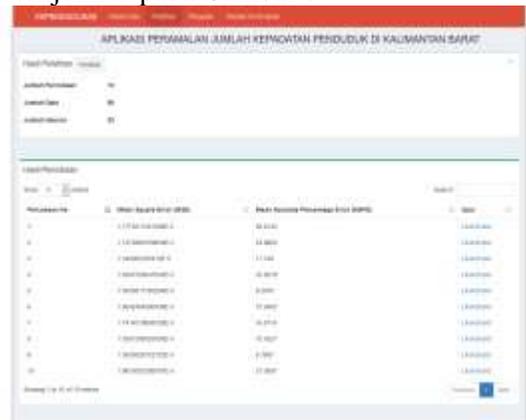
Tampilan halaman pelatihan ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Halaman Pelatihan.

b. Implementasi Halaman Hasil Pelatihan

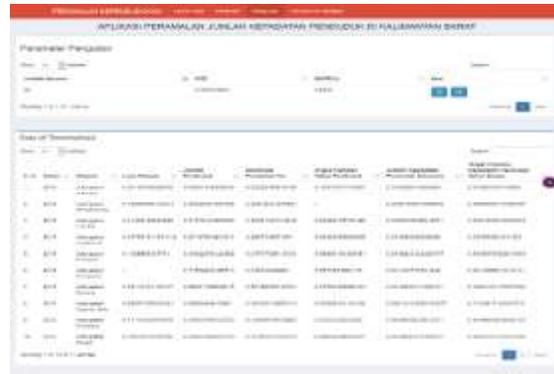
Tampilan halaman hasil pelatihan data ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan Hasil Pelatihan.

c. Implementasi Halaman Pengujian

Tampilan halaman pengujian ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Pengujian

d. Tampilan Halaman Hasil Pengujian

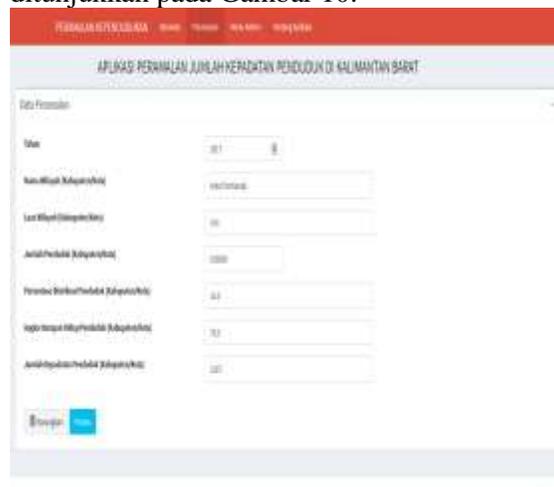
Tampilan halaman hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Hasil Pengujian.

e. Implementasi Halaman Peramalan

Tampilan halaman peramalan ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Tampilan Halaman Peramalan.

- f. Tampilan Halaman Hasil Peramalan
Tampilan halaman hasil peramalan ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Tampilan Halaman Hasil peramalan.

5.2 Pengujian

5.2.1 Tahap Pelatihan

Data pelatihan yang digunakan adalah data kependudukan dari tahun 2008 sampai tahun 2014, terdiri dari 98 baris data latih yang dengan 5 masukan, yaitu data luas wilayah kabupaten dan kota, data jumlah penduduk kabupaten dan kota, data persentase distribusi penduduk kabupaten dan kota, data angka harapan hidup kabupaten dan kota, dan data jumlah kepadatan penduduk kabupaten dan kota dan 1 data keluaran yaitu data jumlah kepadatan penduduk untuk 1 tahun ke depan pada kabupaten dan kota di Kalimantan Barat. Proses pelatihan dilakukan untuk mencari bobot-bobot pelatihan yang menghasilkan kinerja MSE dan MAPE terbaik berdasarkan jumlah neuron pada lapisan tersembunyi yang digunakan. Target minimum *error* pelatihan ditetapkan sebesar 10^{-5} sebagai batas minimal *error* pelatihan. Prosedur pelatihan untuk masing-masing neuron lapisan tersembunyi dilakukan 10 kali percobaan pelatihan. Jumlah neuron lapisan tersembunyi yang digunakan adalah 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 dan 100 neuron. Besar kecilnya jumlah neuron lapisan tersembunyi yang digunakan pada pelatihan mempengaruhi kinerja MSE dan MAPE pelatihan tersebut. Tabel 1 menunjukkan hasil kinerja MSE dan MAPE pelatihan terbaik

untuk masing-masing neuron lapisan tersembunyi dari setiap percobaan pelatihan yang telah dilakukan.

Tabel 1 Hasil Pelatihan

Jumlah Hidden Neuron	MSE	MAPE
5	0,000732	397,79%
10	0,000044	76,15%
15	0,000027	15,84%
20	0,000016	9,21%
25	0,000015	6,02%
30	0,000015	3,67%
35	0,000015	6,84%
40	0,000015	13,45%
45	0,000010	29,03%
50	0,000029	97,24%
55	0,000026	74,98%
60	0,000015	47,87%
65	0,001524	689,168%
70	0,009807	2087,99%
75	0,03113	3570,72%
80	0,000501	332,43%
85	0,002203	848,197%
90	0,000282	228,648%
95	0,000032	88,05%
100	0,0176659	2895,57%

Berdasarkan tabel 1, hasil kinerja MSE dan MAPE pelatihan terbaik didapat pada pelatihan *Extreme Learning Machine* dengan menggunakan 30 neuron lapisan tersembunyi yang menghasilkan MSE sebesar 0,000015 dan MAPE sebesar 3,67%. Berdasarkan hasil pelatihan, jumlah ideal neuron lapisan tersembunyi yang menghasilkan kinerja MAPE dibawah 10% berkisar antara 20 sampai 35 neuron

5.2.2 Tahap Pengujian

Berdasarkan hasil pelatihan, kinerja MSE dan MAPE terbaik didapat dari pelatihan menggunakan 30 neuron lapisan tersembunyi dengan MSE sebesar 0.000015 dan MAPE sebesar 3,67%. Data pengujian yang digunakan adalah data sebanyak 14 baris data dengan 5 unit masukan dan 1 unit keluaran. Pengujian nilai MSE dilakukan dengan

menormalisasi data uji dan menghitung keluaran *Extreme Learning Machine* pengujian. Hasil MSE pelatihan ditunjukkan pada tabel 5.2.

Tabel 2. Hasil MSE Pengujian

No	Target	Keluaran	Selisih Kuadrat
1	0,0130	0,0131	$6,28 \times 10^{-9}$
2	0,0066	0,0060	$2,58 \times 10^{-7}$
3	0,0052	0,0061	$8,85 \times 10^{-7}$
4	0,0336	0,0337	$1,64 \times 10^{-9}$
5	0,0048	0,0040	$6,32 \times 10^{-7}$
6	0,0015	0,0014	$3,23 \times 10^{-10}$
7	0,0020	0,0019	$1,29 \times 10^{-8}$
8	0,00008	0,00003	$2,39 \times 10^{-9}$
9	0,0050	0,0049	$4,28 \times 10^{-10}$
10	0,0020	0,0016	$1,86 \times 10^{-7}$
11	0,0027	0,0011	$2,75 \times 10^{-6}$
12	0,0125	0,0124	$3,94 \times 10^{-11}$
13	1,0000	1,0267	0,0007000
14	0,0721	0,0787	0,0000435
Rata-Rata			$5,45 \times 10^{-6}$

Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian menggunakan bobot-bobot hasil pelatihan untuk 30 neuron lapisan tersembunyi. Nilai MSE pengujian didapat sebesar 0,00000546. Berdasarkan tabel 2, hasil MSE pengujian lebih baik dari MSE pelatihan (0,000015), sehingga bobot-bobot pelatihan tersebut dapat digunakan untuk peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat.

Setelah menghitung nilai MSE pengujian, selanjutnya menghitung nilai MAPE pengujian. Data target dan nilai keluaran pengujian yang telah didapat dinormalisasi terlebih dahulu sebelum menghitung MAPE pengujian. Tabel 3 menunjukkan hasil MAPE pengujian metode *Extreme Learning Machine*.

Tabel 3. Hasil MAPE Pengujian

No	Target	Keluaran	Selisih Absolut
1	82	82,45	0,0055
2	45	42,09	0,0647
3	37	42,38	0,1454
4	200	200,23	0,0011

Tabel 3 Hasil MAPE Pengujian (Lanjutan)

No	Target	Keluaran	Selisih Absolut
5	35	30,45	0,1300
6	16	15,9	0,0062
7	19	18,35	0,0342
8	8	7,72	0,0350
9	36	35,88	0,0033
10	19	16,53	0,1300
11	23	13,51	0,4126
12	79	78,96	0,0005
13	5728	5880,95	0,0267
14	420	457,72	0,0898
Rata-Rata			0,0775

Berdasarkan tabel 3, rata-rata MAPE didapat sebesar 0,0775 sehingga persentase MAPE didapat sebagai berikut:

$$\%MAPE = 100 \times MAPE$$

$$\%MAPE = 100 \times 0,0775$$

$$\%MAPE = 7,75\%$$

Persentase MAPE pengujian didapat sebesar 7,75%. Nilai MAPE pengujian lebih besar dibanding dengan nilai MAPE pelatihan yang sebesar 3,67%. Tetapi dilihat dari hasil denormalisasi target dan keluaran *real* pada tabel 3, jarak nilai target dan keluaran tidak berbeda jauh dimana pola perhitungan data pengujian terhadap bobot-bobot pelatihan menghasilkan selisih yang tidak terlalu jauh juga pada *error* MAPE. Sehingga bobot-bobot pelatihan yang digunakan untuk menguji data pengujian dapat digunakan sebagai bobot-bobot peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat.

5.3 Pembahasan

Penelitian peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat menggunakan metode *Extreme Learning Machine* bertujuan untuk mencari kinerja peramalan terbaik yang kemudian diterapkan kedalam sistem agar mendapatkan hasil peramalan kepadatan penduduk secara akurat. Pada penelitian ini digunakan 112 data yang terbagi ke dalam 14 data tahunan. Data tersebut dibagi menjadi dua yaitu data pelatihan sebanyak 98 data dan data pengujian sebanyak 14 data. Pada pelatihan data diperlukan jumlah data latih yang banyak, hal ini bertujuan agar metode ELM dapat

mengenali pola pelatihan data dengan baik. Semakin baik hasil pelatihan maka semakin baik hasil pengujian. Kinerja MSE dan MAPE pelatihan ELM ditentukan berdasarkan jumlah neuron lapisan tersembunyi, hal ini telah dibuktikan pada penelitian-penelitian sebelumnya. Berdasarkan hasil pelatihan yang ditunjukkan pada tabel 1, dapat dilihat pada pelatihan yang menggunakan neuron lapisan tersembunyi sebanyak 5, 10, 15, 20, 25 dan 30 neuron menghasilkan nilai *error* menurun, dan kembali naik pada pelatihan menggunakan 35 sampai 60 neuron lapisan tersembunyi. Pada neuron 65 sampai 100 menghasilkan *error* MAPE di atas 100%. Hasil pelatihan terbaik diperoleh pada pelatihan dengan menggunakan 30 neuron lapisan tersembunyi dengan MSE sebesar 0,000015 dan MAPE sebesar 3,67%. Bobot yang diperoleh akan digunakan pada tahap pengujian untuk menghitung kembali kinerja MSE dan MAPE pengujian. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh MSE pengujian sebesar $5,45 \times 10^{-6}$ dan MAPE pengujian sebesar 7,75%. Jika membandingkan kinerja MSE pelatihan dan pengujian disimpulkan kinerja MSE pengujian lebih baik dari MSE pelatihan, sedangkan pada MAPE pelatihan lebih baik dari MAPE pengujian.

6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian terhadap sistem peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat menggunakan metode *Extreme Learning Machine* (ELM), maka kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode *Extreme Learning Machine* dapat digunakan sebagai metode peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat. Kinerja *Mean Square Error* (MSE) pelatihan didapat sebesar 0,000015. Sedangkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pelatihan didapat sebesar 3,67%.
2. Tahap pelatihan data pada penelitian peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat dilakukan dengan

mengubah jumlah neuron pada lapisan tersembunyi berkisar 5 sampai 100 neuron untuk masing-masing kelipatan 5 neuron. Berdasarkan hasil pelatihan, jumlah neuron yang menghasilkan kinerja MSE dan MAPE pelatihan terbaik didapat dengan menggunakan 30 neuron lapisan tersembunyi.

6.2 Saran

Adapun hal yang menjadi saran untuk pengembangan sistem peramalan jumlah kepadatan penduduk di Kalimantan Barat menggunakan metode *Extreme Learning Machine* agar menjadi lebih baik kedepannya adalah mencari kinerja terbaik pelatihan difokuskan pada neuron lapisan tersembunyi dari 20 sampai 30 dengan menggunakan fungsi aktivasi jaringan syaraf yang lain seperti sigmoid bipolar, tansig atau fungsi radial seperti gaussian untuk menghasilkan kinerja MSE dan MAPE yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Christiani, C. (2014). *Analisis Dampak Kepadatan Penduduk Terhadap Kualitas Hidup Masyarakat Provinsi Jawa Tengah*. Semarang: Serat Acitya - Jurnal Ilmiah.
- [2] Huang, G.-B., Qin-Yu, Z., & Chee-Kheong, S. (2006). *Extreme Learning Machine: A New Learning Scheme Of Feedforward Neural Network*. Nanyang: IJCNN2004.
- [3] Agustina, I. D. (2010). *Penerapan Metode Extreme Learning Machine untuk Peramalan Permintaan*. Surabaya: Institute Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Khotimah, B. K. (2010). *Kinerja Metode Extreme Learning Machine (ELM) Pada Sistem Peramalan*. Madura: Jurnal Simantec Vol.1 No.3.
- [5] Hidayat, R. (2012). *Meminimalisasi Nilai Error Peramalan Dengan Algoritma Extreme Learning Machine*. Madura: ISSN 2088-4842.
- [6] Sudarsono, A. (2016). *Jaringan Syaraf Tiruan untuk Memprediksi Laju Pertumbuhan Penduduk Menggunakan Metode*

- Backpropagation*. Bengkulu: Jurnal Media Infotama Vol.12 No.1.
- [7] Kusumadewi, S., & Hartati, S. (2009). *NEURO-FUZZY: Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf Edisi 2*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [8] Sun, Z., Choi, T., Au, K., & Yu, Y. (2008). *Sales Forecasting Using Extreme Learning Machine With Application in Fashion Retailing*. Elsevier Decision Support Systems 46 (2008) 411-419.
- [9] Junaedi,H. (2011). *Data Transformasi Pada Data Mining*. Surabaya: ISSN:2089-1121.
- [10] Margi, K. (2015). *Analisa dan Penerapan Metode Single Exponential Smoothing untuk Prediksi Penjualan Pada Periode Tertentu*. Jakarta: ISBN: 978-602-1180-21-1.