SISTEM PREDIKSI GEMPA BERBASIS *DEEP LEARNING*

Raka Adjie Kurniawan[1)], Basuki Rahmat[2)], Budi Nugroho[3)]
E-mail : [1)]rakakurniawan.if@gmail.com,
[2)]basukirahmat.if@upnjatim.ac.id [3)]budinugroho.if@upnjatim.ac.id

[1,2,3] Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, UPN Veteran Jawa Timur

Abstrak

Pengetahuan tentang prediksi gempa sangat penting, terutama untuk mengenali pola kejadian terjadinya gempa berdasarkan data-data yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG). Penelitian ini mengusulkan sistem prediksi gempa, dalam bentuk prediksi nilai-b sebagai parameter yang menunjukkan prekursor gempa bumi. Prekursor gempa adalah sesuatu yang mendahului atau diperkirakan menunjukkan tanda-tanda awal sebelum terjadinya gempa. Parameter gempa menggambarkan keadaan seismotektonik suatu wilayah yang dapat dilihat dari frekuensi relatif dari gempa bumi besar dan gempa bumi kecil yang terjadi dari tahun-tahun sebelumnya. Dalam penelitian ini nilai-b berdasarkan data deret waktu gempa, tanpa mempertimbangkan parameter fisik gempa lainnya.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Deep Learning*. Dengan pemrograman menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* yang dimana dalam pelatihan dan pengujian sistem berjalan pada lingkungan komputasi *Jupyter Notebook*. Dari hasil simulasi menunjukkan hasil proses pelatihan *Deep Learning* untuk sistem prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa dengan jumlah iterasi sebanyak 10.000 kali, diperoleh hasil *Mean Square Error* (MSE), *Root Mean Square Error* (RMSE), *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan Prosentase Keberhasilan prediksi masing-masing sebesar 3,57 x 10-5; 0,00597; 0,62092 dan 99,38%. Hasil proses pengujian *Deep Learning* untuk sistem prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa yang dilakukan selama lima kali pengujian diperoleh rata-rata MSE, RMSE, MAPE dan Prosentase Keberhasilan prediksi masing-masing sebesar 0,02515; 0,14835; 19,11118 dan 80,89%.

Kata Kunci : *Prediksi Gempa, Prekursor, Deep Learning, Badan Meteorologi dan Geofisika*

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran yang terjadi di permukaan bumi karena pelepasan energi secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik [1]. Gempa bumi biasanya disebabkan oleh pergerakan kerak bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa yang dialami selama periode waktu tertentu. Gempa bumi diukur menggunakan alat Seismometer. Magnitudo momen adalah skala paling umum di mana gempa bumi terjadi di seluruh dunia. Wilayah Sumatra-Andaman adalah salah satu wilayah gempa aktif di dunia. Ini memiliki pola tektonik yang unik, di bagian barat Sumatra membentang daerah subduksi sejajar dengan garis pantai Sumatera, di tanah yang membentang sesar Sumatra yang membagi Pulau Sumatra menjadi dua, dari Teluk Andaman di ujung utara ke Teluk Semangko di ujung selatan sejajar dengan subduksi kelurusan zona. Tercatat dalam dekade terakhir telah ada tiga gempa bumi besar, yaitu gempa bumi 26 Desember 2004, gempa bumi 28 Maret 2005, dan gempa bumi Padang pada 30 September 2009. Gempa yang terjadi di wilayah ini telah merenggut banyak nyawa dan memorak-porandakan infrastruktur.

Penelitian ini mengusulkan metode prediksi gempa untuk wilayah Sumatra berdasarkan data kejadian gempa dari tahun-tahun sebelumnya. Lokasi penelitian dibatasi untuk Wilayah Sumatra dari 92 ° -106 ° Bujur Timur (BT) dan 6,5 ° Lintang Selatan (LS) - 8 ° Lintang Utara (LU). Metode penelitian dalam prediksi gempa yang digunakan dalam

penelitian ini adalah *Deep Learning* yang digunakan untuk mengidentifikasi prediksi deret waktu gempa dengan bahasa pemrograman *Python* yang berjalan di lingkungan komputasi *Jupyter Notebook.*

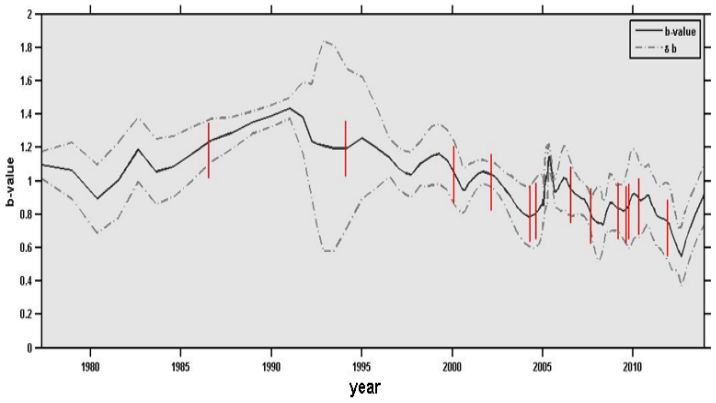
Tujuannya adalah untuk memprediksi nilai-b yang menggambarkan keadaan seismotektonik suatu wilayah yang dapat dilihat dari frekuensi relatif dari gempa bumi besar dan gempa bumi kecil yang terjadi. Parameter gempa yang diperkirakan dari nilai-b ini sebagai prekursor gempa kuat berdasarkan data deret waktu gempa dari tahun-tahun sebelumnya untuk digunakan sebagai data pelatihan dan pengujian prediksi gempa, tanpa mempertimbangkan karakteristik parameter fisik gempa lainnya.

2. METODOLOGI

2.1 Data Riset

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gempa bumi dari katalog International Seismological Center (ISC) wilayah Sumatera-Andaman, yang mencakup batas 92 ° -106 ° Bujur Timur (BT) dan 6,5 ° Lintang Selatan (LS) - 8 ° Lintang Utara (LU), periode Januari 1973 - November 2014. Magnitude lebih besar dari 3,0 SR, dengan kedalaman kurang dari 300 km [1].

Kurva perubahan b-nilai rata-rata untuk waktu untuk seluruh area penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 Bilah merah menunjukkan kapan gempa besar terjadi dengan M> 6,5. Kurva menunjukkan hampir semua kejadian gempa M> 6,5 yang mendekati kondisi ideal, yaitu nilai-b mengalami penurunan pada periode mendekati waktu gempa dan mengalami peningkatan dalam interval <1 tahun [1].

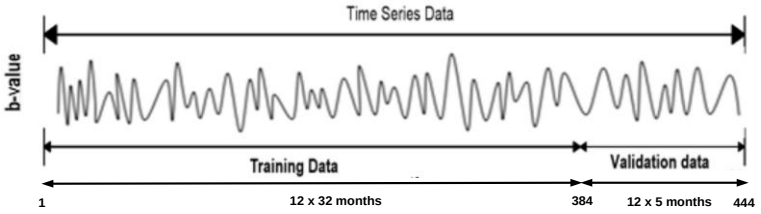


Gambar 1. Relasi Gutenberg-Richter yang menggambarkan hubungan logaritma jumlah gempa dan magnitude

2.2 Struktur Model

Data yang digunakan adalah data *b-value* dari Januari 1973 - November 2014, atau sebanyak 455 bulan. Untuk kemudahan format data, hanya 444 bulan yang digunakan (37 tahun). Sehingga data yang digunakan adalah data *b-value* mulai bulan Desember 1973 sampai dengan bulan November 2014. Struktur model data pelatihan dan data validasi dari penelitian ini dirancang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.

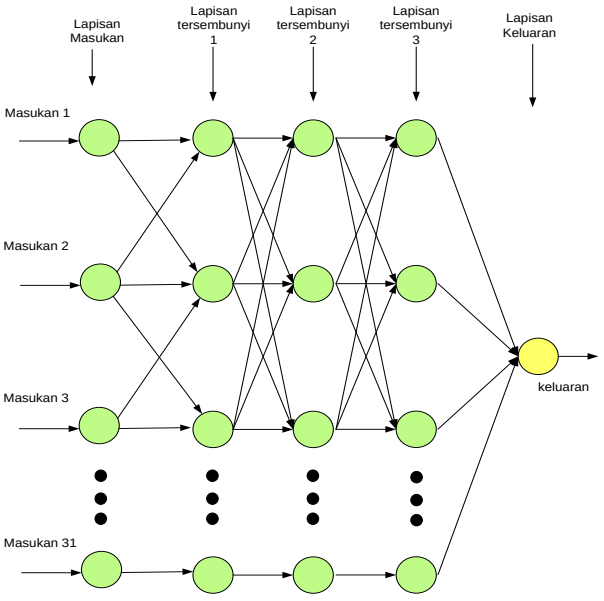
Pada rancangan struktur model seperti pada Gambar 2 dapat dilihat, dari dataset gempa 444 bulan, 12 x 32 bulan atau 384 bulan digunakan untuk proses pelatihan. Sisanya 60 bulan, digunakan untuk proses validasi. Selanjutnya dari struktur model data pelatihan nilai-b dan data validasi tersebut, digunakan untuk merancang arsitektur jaringan *Deep Learning.*



Gambar 2. Struktur model data pelatihan nilai-b dan data validasi

2.3 Arsitektur *Deep Learning*

Sesuai struktur model data pelatihan nilai-b pada Gambar 2, masing-masing data dibagi kedalam 12 bulan atau data 1 tahunan. Jika x adalah data latih dalam 12 bulan, maka data pelatihan disusun menjadi (x(1) ... x(31)) sebagai masukan data latih, x(32) sebagai keluaran data latih. Kemudian (x(33) ...x(37)) atau data 5 tahun (5 x 12 bulan) digunakan sebagai data uji. Digunakan dalam lima kali pengujian. Masing-masing digunakan untuk memprediksi satu tahun ke depan. Maka arsitektur jaringan *Deep Learning* yang sesuai untuk struktur ini adalah sistem dengan 31 masukan dan satu keluaran. Atau sistem dengan data 31 tahun (31 x 12 bulan) digunakan untuk memprediksi gempa satu tahun kedepan. Jika digunakan tiga lapisan tersembunyi, masing-masing dengan jumlah *node* yang sama dengan jumlah *node* masukan yaitu 31, maka arsitektur jaringan *Deep Learning* yang sesuai untuk model data latih ini dirancang seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Arsitektur Deep Learning

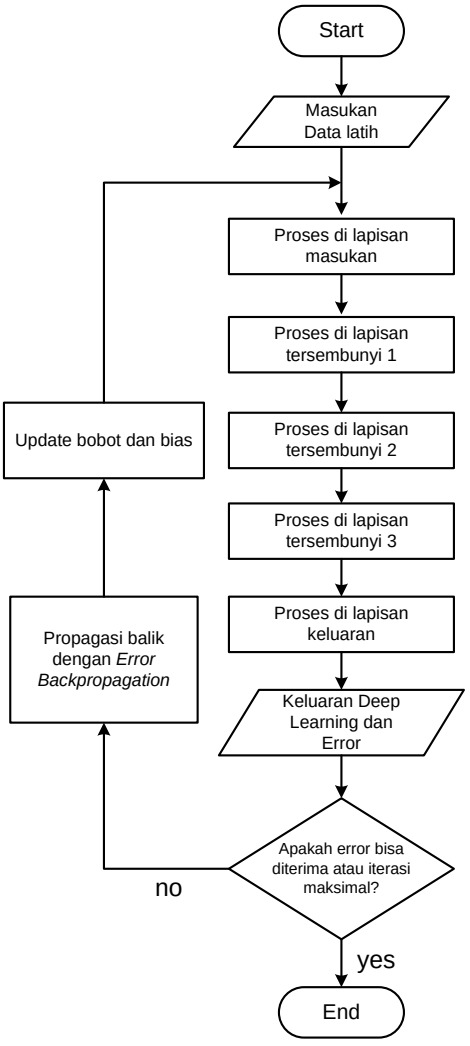
Dari Gambar 3 terdapat *node* berwarna hijau dan kuning. *Node* warna hijau pada lapisan masukan dan lapisan tersembunyi, dirancang menggunakan fungsi aktivasi *Rectified Linear Unit* (ReLU), sedangkan *node* warna kuning pada lapisan keluaran dirancang menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid.*

2.4 Diagram Alir Pelatihan

Sesuai dengan arsitektur *Deep Learning* pada Gambar 3, maka proses pelatihan *Deep Learning* dirancang seperti pada Gambar 4. Dimana jaringan *Deep Learning* dilatih menggunakan data latih yang berupa pasangan data masukan dan keluaran sesuai model

data latih. Pada lapisan masukan data latih diproses dengan bobot-bobot dan bias masukan menggunakan fungsi aktivasi ReLu. Dilanjutkan ke proses di lapisan tersembunyi 1, 2 dan 3, dengan bobot-bobot lapisan tersembunyi dan bias dengan menggunakan fugsi aktivasi ReLu. Sampai di lapisan keluaran digunakan bobot-bobot keluaran dan bias serta fungsi aktivasi sigmoid. Hingga diperoleh keluaran *Deep Learning*.

Selanjutnya keluaran *Deep Learning* ini dibandingkan dengan target atau keluaran yang diinginkan, maka diperoleh selisih atau *error*. Selanjutnya *error* ini diusahakan mengecil (menurun) menggunakan penurunan gradien dengan metode *Error backpropagation* (EBP). Dari EBP diperoleh bobot-bobot dan bias yang baru. Dengan bobot-bobot dan bias yang baru inilah kemudian proses diulang untuk iterasi berikutnya. Demikian proses ini diulang-
ulang sampai kesalahan atau selisih keluaran dengan target bisa diterima atau iterasi maksimal tercapai.

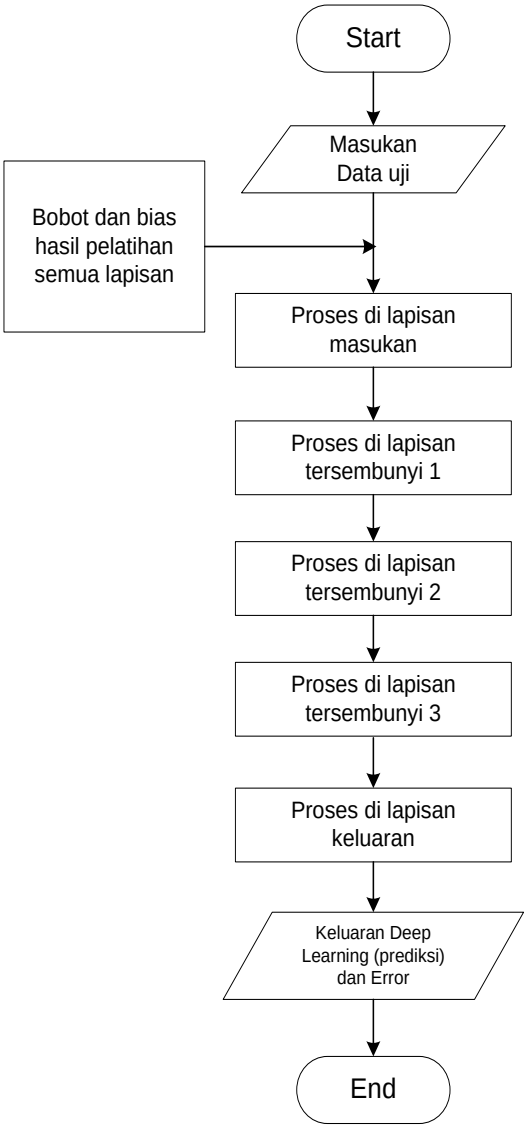


Gambar 4. Diagram alir proses pelatihan Deep Learning

2.5 Diagram Alir Pengujian

Berdasarkan diagram alir proses pelatihan *Deep Learning* pada Gambar 4, setelah *error* atau selisih keluaran *Deep Learning* dengan target sudah bisa diterima atau iterasi maksimal sudah tercapai, maka selanjutnya bobot-bobot dan bias hasil pelatihan ini disimpan. Untuk selanjutnya, jika jaringan *Deep Learning* diberikan data baru, maka diproses pada tiap lapisan sampai diperoleh keluaran jaringan *Deep Learning* yang disebut

prediksi. Hasil prediksi inilah yang nanti dalam penelitian ini digunakan untuk memprediksi nilai-b sebagai parameter yang dipercaya sebagai prekursor terjadinya gempa. Dengan demikian diagram alir dari proses pengujian *Deep Learning* ini seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram alir proses pengujian Deep Learning

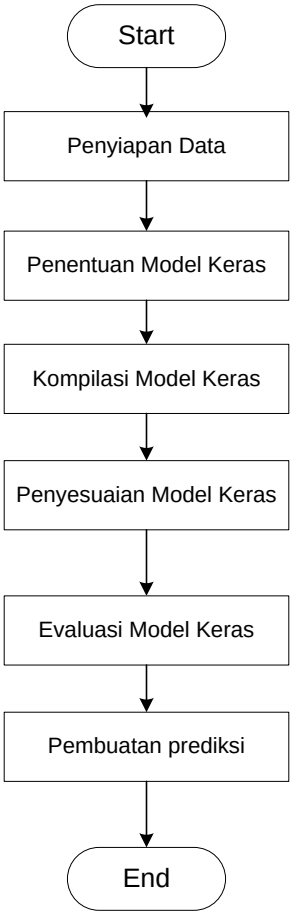
2.6 Perancangan Sistem

Selanjutnya langkah terakhir untuk persiapan pembuatan program sistem prediksi gempa berbasis *Deep Learning* ini, disiapkan rancangan programnya. Seperti yang telah disebutkan pada bagian perumusan masalah di Bab 1, yaitu program prediksi gempa dengan metode *Deep Learning* ini akan dibuat menggunakan Bahasa Pemrograman *Python* yang berjalan di lingkungan komputasi *Jupyter Notebook*. Dengan *library Python* yang digunakan yaitu *Keras*. Rancangan program prediksi gempa dengan *Deep Learning* menggunakan *Keras* ini dirancang dengan urutan pemrograman sebagai berikut:

1) Penyiapan Data.
2) Penentuan Model *Keras.*
3) Kompilasi Model *Keras.*
4) Penyesuaian Model *Keras.*

5) Evaluasi Model *Keras.*
6) Pembuatan prediksi

Sehingga program prediksi gempa berbasis *Deep Learning* dengan *library Keras* ini dirancang seperti pada Gambar 6



Gambar 6. Rancangan program prediksi gempa berbasis Deep Learning menggunakan Python dengan library Keras

2.7 Pengukuran Kinerja *Deep Learning*

Selanjutnya untuk mengukur keberhasilan proses pelatihan maupun proses pengujian *Deep Learning* yang digunakan untuk memprediksi nilai-b sebagai prekursor gempa, dinyatakan dalam :

1) Mean Square Error (MSE)
2) Root Mean Square Error (RMSE)
3) *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE), dan
5) Prosentase Keberhasilan.

Masing-masing dirumuskan sebagai berikut. Jika *e* menyatakan *error* atau selisih antara target atau nilai yang diinginkan dengan nilai hasil prediksi, dengan jumlah data sebanyak *n* data, maka:

Mean Square Error (MSE) dinyatakan dalam:

$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^{n} {e_i}^2}{n} \tag{3.1}$$

Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \sqrt{MSE} \tag{3.2}$$

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) dinyatakan dalam :

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left|\frac{Target_i - Prediksi_i}{Target_i} \text{ x } 100\right| \quad (3.3)$$

Prosentase Keberhasilan:

$$\text{Prosentase Keberhasilan} = (100 - \text{MAPE})\ \% \quad (3.4)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

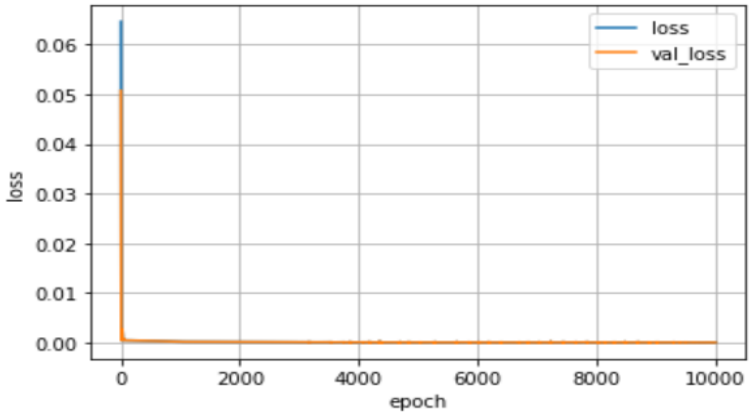
3.1 Implementasi Sistem

Sesuai dengan rancangan program prediksi gempa dengan *Deep Learning* menggunakan *Keras* seperti pada Gambar 5 maka implementasi sistem menggunakan *Python* dengan *library Keras* ini direalisasikan seperti dalam urutan langkah berikut ini.

1) Penyiapan Data.
2) Penentuan Model *Keras.*
3) Kompilasi Model *Keras.*
4) Penyesuaian Model *Keras.*
5) Evaluasi Model *Keras.*
6) Pembuatan prediksi

3.2 Proses Pelatihan

Dalam proses pelatihan akan berjalan untuk sejumlah iterasi melalui dataset yang ditentukan dengan argumen *epochs* dimana dalam setiap *epoch* harus diatur jumlah baris dataset yang dipertimbangkan sebelum bobot model diperbarui. Satu kali *epoch*, bekerja dalam pembelajaran mengidentifikasikan satu periode algoritma arsitektur jaringan saraf berdasarkan pada dataset pelatihan yang selanjutnya diproses menggunakan metode *Deep Learning* untuk mengeksekusi keteraturan lapisan satu per satu sampai pada semua lapisan. Dari proses itu didapat bobot set terbaik berdasarkan nilai-b sebagai prekursor gempa. Proses pelatihan jaringan *Deep Learning* sistem dengan 31 masukan dan 1 keluaran, menggunakan data masukan nilai-b mulai bulan Desember 1973 sampai dengan bulan November 2008. Data target atau keluaran yang diinginkan adalah data mulai bulan Desember 2008 sampai dengan bulan November 2009. Hasil-hasil proses pelatihan dengan menggunakan 10.000 iterasi, seperti diperlihatkan pada Gambar 7, Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 7. Kurva penurunan error hasil pelatihan Deep Learning

Gambar 8. Grafik keluaran hasil proses pelatihan

Gambar 9. Grafik nilai error hasil proses pelatihan

Dari hasil proses pelatihan *Deep Learning* untuk sistem prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa dengan jumlah iterasi sebanyak 10.000 kali, diperoleh hasil MSE, RMSE, MAPE dan prosentase keberhasilan prediksi masing-masing sebesar 3,57 x 10-5; 0,00597; 0,62092 dan 99,38%. Secara ringkas, disajikan dalam bentuk tabel, seperti terlihat pada Tabel 3.1.

Tabel 1. Hasil proses pelatihan Deep Learning

Jumlah Iterasi	**MSE**	**RMSE**	**MAPE**	**Prosentase Keberhasilan (%)**
10.000	$3{,}57 \times 10^{-5}$	0,00597	0,62092	99,38

3.2 Proses Pengujian

Dari keseluruhan rangkaian ujicoba pengujian prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa yang dilakukan selama lima kali pengujian diperoleh rata-rata MSE, RMSE, MAPE dan prosentase keberhasilan prediksi masing-masing sebesar 0,02515; 0,14835; 19,11118 dan 80,89%. Secara lengkap, masing-masing hasil pengujian dan rata-rata hasil pengujian, disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengujian prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa Berbasis Deep Learning

Pengujian ke	MSE	RMSE	MAPE	Prosentase Keberhasilan (%)
1	0,02782	0,16680	16,12439	83,88
2	0,00650	0,08062	7,63015	92,37
3	0,01299	0,11399	13,67402	86,33
4	0,06027	0,24550	40,02015	59,98
5	0,01819	0,13486	18,10718	81,89
Rata-rata	0,02515	0,14835	19,11118	80,89

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil proses pelatihan *Deep Learning* untuk sistem prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa dengan jumlah iterasi sebanyak 10.000 kali, diperoleh hasil MSE, RMSE, MAPE dan prosentase keberhasilan prediksi masing-masing sebesar 3,57 x 10-5; 0,00597; 0,62092 dan 99,38%.
2. Hasil proses pengujian *Deep Learning* untuk sistem prediksi nilai-b sebagai prekursor gempa yang dilakukan selama lima kali pengujian diperoleh rata-rata MSE, RMSE, MAPE dan prosentase keberhasilan prediksi masing-masing sebesar 0,02515; 0,14835; 19,11118 dan 80,89%.

4.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pelatihan dan pengujian menggunakan arsitektur yang berbeda agar diperoleh variasi-variase hasil yang lain, dengan harapan memberikan hasil yang lebih baik.
2. Perlu dilakukan pengembangan dengan menggabungkan metode *Deep Learning* dengan metode lain seperti *Support Vector Machine* (SVM) atau *Extreme Learning Machine* (ELM) untuk meningkatkan akurasi hasil pelatihan dan pengujian sistem.

5. DAFTAR RUJUKAN

[1] Rahmat, B., Afiadi, F. and Joelianto, E. (2018) 'Earthquake Prediction System using Neuro-Fuzzy and Extreme Learning Machine BT - International Conference on Science and Technology (ICST 2018)', in. Atlantis Press.

[2] Afiadi, F. (2015) 'Model Estimasi Variasi Spasial Seismisitas Sebagai Prekursor Gempa Bumi Kuat Menggunakan Extreme Learning Machine (ELM)', in *TESIS Program Studi Instrumentasi dan Kontrol*. ITB.

[3] Joelianto, E., Widiyantoro, S. and Ichsan, M. (2008) 'Time series estimation on earthquake events using ANFIS with mapping function', *International Journal of Artificial Intelligence*^{TM}

[4] Sompotan, A. *et al.* (2015) 'Analysis of Ionospheric Precursor of Earthquake using GIM-TEC, Kriging and Neural Network', *Asian Journal of Earth Sciences.*