

MENDIAGNOSIS PENYAKIT DIABETES MELITUS DENGAN MENGGUNAKAN METODE *EXTREME LEARNING MACHINE*

Jefri Junifer Pangaribuan

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pelita Harapan Medan

E-mail : jefrijunifer@yahoo.co.id

ABSTRACT

In 2010, the World Health Organization (WHO) through the Global Status Report reported that 60 percent of the cause of death of all ages in the world is because the disease is not contagious, and is one of the diseases are not contagious that seized much attention is diabetes mellitus. By 2030 it is predicted the upcoming Indonesia will have 21.3 million people with the world's oldest diseases. The increase in the number of diabetes caused terlambatnya diagnosis of the disease. Therefore, it is necessary a new forecast that can be a tool in the determination of whether a person suffering from diabetes or not. So many of the methods used to produce accurate forecasts, one of which is a method of artificial neural network. This research will implement a new method of artificial neural network that is Extreme Learning Machine (ELM). ELM is the neural network Adaptive feed-forward with one or more hidden layers that are known by the term single layer feed-forward hidden neural. Based on the results of experiments, seen that the method of ELM is capable of giving a good prediction accuracy results with the speed of a very good predictions.

Keywords: *diagnosis, diabetes mellitus, artificial neural networks, extreme learning machine*

ABSTRAK

Pada tahun 2010 lalu, World Health Organization (WHO) lewat Global Status Report melaporkan bahwa 60 persen penyebab kematian semua umur di dunia adalah karena penyakit tidak menular, dan salah satu penyakit tidak menular yang menyita banyak perhatian adalah diabetes melitus. Diperkirakan pada tahun 2030 mendatang Indonesia akan memiliki 21.3 juta jiwa penyandang penyakit tertua di dunia ini. Peningkatan jumlah diabetes disebabkan terlambatnya diagnosis penyakit tersebut. Oleh karena itu, diperlukan suatu ramalan baru yang dapat menjadi alat bantu dalam penentuan apakah seseorang menderita diabetes atau tidak. Begitu banyak metode yang digunakan untuk menghasilkan ramalan yang akurat, salah satunya adalah metode jaringan saraf tiruan. Penelitian ini akan mengimplementasikan suatu metode baru dari jaringan saraf tiruan yaitu Extreme Learning Machine (ELM). ELM merupakan jaringan saraf tiruan feed-forward dengan satu atau lebih hidden layer yang dikenal dengan istilah single hidden layer feed-forward neural. Berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan, terlihat bahwa metode ELM mampu memberikan hasil akurasi prediksi yang baik dengan kecepatan prediksi yang sangat baik.

Kata kunci: *diagnosa, diabetes melitus, jaringan saraf tiruan, extreme learning machine*

PENDAHULUAN

Diabetes adalah penyakit tertua di dunia. Diabetes berhubungan dengan metabolisme kadar glukosa dalam darah. Secara medis, pengertian diabetes melitus meluas pada suatu kumpulan aspek gejala yang timbul pada seseorang yang disebabkan oleh adanya peningkatan kadar gula darah (*hiperglikemia*) akibat kekurangan insulin.^[1]

Diabetes melitus sangat erat kaitannya dengan mekanisme pengaturan gula normal. Peningkatan kadar gula darah ini akan memicu produksi hormon insulin oleh kelenjar pankreas. Diabetes melitus merupakan penyakit yang paling banyak menyebabkan terjadinya penyakit lain (komplikasi). Komplikasi yang lebih sering terjadi dan mematikan adalah serangan jantung dan *stroke*. Hal ini berkaitan dengan kadar gula darah meninggi secara terus-menerus, sehingga berakibat rusaknya pembuluh darah, saraf dan struktur internal lainnya. Zat kompleks yang terdiri dari gula didalam dinding pembuluh darah menyebabkan pembuluh darah menebal. Akibat penebalan ini, maka aliran darah akan berkurang, terutama yang menuju ke kulit dan saraf.^[1]

Menurut Prof. Dr. Sidartawan Soegondo, Indonesia menjadi negara keempat di dunia yang memiliki angka diabetes terbanyak dan mengalami peningkatan hingga 14 juta orang. Hal ini berdasarkan laporan *World Health Organization* (WHO), dimana jumlah penderita diabetes di Indonesia pada tahun 2000 adalah 8,4 juta orang setelah India (31,7 juta), Cina (20,8 juta) dan Amerika Serikat (17,7 juta). Untuk penderita diabetes di seluruh dunia, WHO melaporkan terdapat lebih dari 143 juta orang penderita, dan jumlah ini diproyeksikan prevalensinya akan meningkat menjadi dua kali lipat pada tahun 2030 dan sebanyak 77%

diantaranya terjadi di negara berkembang.^[2]

Peningkatan jumlah diabetes disebabkan keterlambatan penegakan diagnosis penyakit tersebut. Pasien sudah meninggal akibat komplikasi sebelum adanya penegakan diagnosis. Penyebab keterlambatan penegakan diagnosis tersebut adalah banyaknya faktor yang berpengaruh terhadap pilihan-pilihan yang ada atau beragamnya variabel. Oleh karena itu diperlukan suatu ramalan yang dapat menjadi alat bantu dalam penentuan apakah seseorang menderita diabetes melitus atau tidak.

Banyak metode yang digunakan untuk mendapatkan hasil ramalan yang akurat. Salah satunya adalah metode jaringan saraf tiruan yang mengadopsi sistem pembelajaran pada otak manusia. Jaringan saraf tiruan banyak diaplikasikan secara intensif pada peramalan khususnya *sales forecasting*, karena kelebihanannya pada kontrol area, prediksi dan pengenalan pola. Banyak penelitian menyimpulkan bahwa metode jaringan saraf tiruan lebih baik daripada metode-metode peramalan konvensional.

Penelitian ini akan mengimplementasikan suatu metode baru dari jaringan saraf tiruan yaitu *Extreme Learning Machine* (ELM). ELM merupakan jaringan saraf tiruan *feed-forward* dengan satu *hidden layer* atau lebih dikenal dengan istilah *single hidden layer feed-forward neural*.^[3] Metode ELM mempunyai kelebihan dalam *learning speed*, serta mempunyai tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional seperti *Moving Average* dan *Exponential Smoothing*.^[4] Selain karena metodenya yang tergolong baru, implementasi ELM untuk mendiagnosis penyakit diabetes melitus belum pernah dilakukan.

Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana mendiagnosis penyakit diabetes melitus dengan menggunakan metode ELM dengan hasil yang akurat dibandingkan dengan metode *backpropagation*. Tujuan penelitian ini adalah implementasi ELM untuk diagnosis penyakit diabetes melitus serta menganalisis keakuratan hasil diagnosis. Data yang sudah dikumpulkan dari UC Irvine Machine Learning Repository akan diuji dan selanjutnya membangun model diagnosis menggunakan ELM dengan tool MATLAB.

Diabetes Melitus

Menurut American Diabetes Association (ADA) tahun 2010, diabetes melitus merupakan suatu kelompok penyakit metabolik dengan karakteristik hiperglikemia yang terjadi karena kelainan sekresi insulin, kerja insulin, atau kedua-duanya.^[5]

Berbagai keluhan dapat ditemukan pada penyandang diabetes. Kecurigaan adanya DM perlu dipikirkan apabila terdapat keluhan seperti di bawah ini :^[5]

- a. Keluhan klasik DM berupa: poliuria (buang air kecil yang berlebihan), polidipsia (rasa haus yang berlebihan), dan penurunan berat badan yang tidak dapat dijelaskan sebabnya.
- b. Keluhan lain dapat berupa: lemah badan, kesemutan, gatal, mata kabur, dan disfungsi ereksi pada pria, serta pruritus vulvae pada wanita

Sistem Pakar

Sistem pakar merupakan suatu sistem terkomputerisasi yang menggunakan pengetahuan bidang tertentu untuk mencapai solusi suatu masalah dari bidang tersebut. Untuk membangun sistem pakar yang baik diperlukan beberapa komponen, antara lain: antar muka pengguna (*user interface*), basis pengetahuan (*knowledge base*), mekanisme inferensi (*inference*

machine), dan memori kerja (*working memory*).^[6]

Data Mining

Data mining merujuk pada keseluruhan proses yang terdiri dari pengumpulan dan analisis data, pengembangan model pembelajaran induktif dan adopsi praktek pengambilan keputusan serta konsekuensi dari tindakan berdasarkan pengetahuan yang diperoleh.^[7]

Kegiatan *data mining* dapat dibagi menjadi dua bagian utama penelitian, sesuai dengan tujuan utama dari analisisnya yaitu interpretasi dan prediksi. Ada tujuh kegiatan dasar *data mining*, yaitu: karakterisasi dan diskriminasi, klasifikasi, regresi, *time series*, asosiasi, *clustering*, serta deskripsi dan visualisasi.

Jaringan Saraf Tiruan

Jaringan saraf tiruan telah secara luas diterapkan untuk klasifikasi pola dan masalah regresi. Alasan utama keberhasilan dari jaringan saraf tiruan adalah kemampuannya dalam memperoleh fungsi model perkiraan non-linier yang menggambarkan hubungan antara variabel dependen dan independen dengan menggunakan *input* sampel yang diberikan.^[8]

Meskipun jaringan saraf tiruan memiliki banyak kelebihan seperti kemampuan pendekatan yang lebih baik serta struktur jaringan yang sederhana, namun, masih memiliki kelemahan seperti minima lokal, tingkat pembelajaran yang kurang tepat, serta pemilihan jumlah *hidden neuron* yang kurang tepat.

Extreme Learning Machine (ELM)

ELM merupakan jaringan saraf tiruan *feed-forward* dengan satu *hidden layer* atau lebih dikenal dengan istilah *single hidden layer feed-forward neural network*. ELM memiliki fitur yang menarik dan signifikan, berbeda dengan algoritma pembelajaran berbasis

gradien yang populer untuk jaringan saraf *feed-forward*. Fitur yang dimaksud adalah :^[9]

- a. Kecepatan belajar ELM sangat cepat. Dalam simulasi yang dilaporkan dalam literatur, fase pembelajaran ELM dapat diselesaikan dalam hitungan detik untuk banyak aplikasi. Sebelumnya, tampaknya ada penghalang kecepatan virtual yang sebagian besar algoritma pembelajaran klasik tidak dapat menembusnya. Dan bukan hal yang tidak biasa lagi kalau pelatihan jaringan saraf *feed-forward* yang menggunakan algoritma pembelajaran klasik memerlukan waktu yang cukup lama bahkan untuk aplikasi yang sederhana.
- b. ELM memiliki kinerja generalisasi yang lebih baik dibandingkan pembelajaran berbasis gradien, seperti backpropagation dalam kebanyakan kasus.
- c. Algoritma pembelajaran klasik berbasis gradien dan beberapa algoritma pembelajaran lainnya menghadapi beberapa masalah seperti minima lokal, tingkat pembelajaran yang tidak tepat, dan lain-lain. Untuk menghindari masalah ini, beberapa metode seperti peluruhan bobot dan metode pemberhentian lebih awal sering digunakan pada algoritma klasik ini. Algoritma pembelajaran ELM terlihat jauh lebih sederhana dari algoritma pembelajaran jaringan saraf *feed-forward* kebanyakan.
- d. Tidak seperti algoritma pembelajaran berbasis gradien yang hanya bekerja untuk fungsi aktivasi terdiferensiasi, algoritma extreme learning machine dapat digunakan untuk melatih SLFNs dengan banyak fungsi aktivasi yang tidak terdiferensiasi.

Meskipun tergolong algoritma baru, beberapa penerapan ELM untuk prediksi telah dilakukan, seperti prediksi

properti material^[10], prediksi permintaan barang^[4] dan prediksi penjualan di industri retail.^[11]

Hasil penerapan metode ELM untuk prediksi permintaan barang menunjukkan bahwa metode ELM memiliki tingkat akurasi lebih baik dibandingkan dengan metode konvensional seperti *Moving Average* (MA) dan *Exponential Smoothing* (ES), dimana tingkat kesalahan (*Mean Square Error* dan *Mean Absolute Percentage Error*) metode ELM lebih kecil dibandingkan dengan dua metode konvensional tersebut.^[4]

Di dalam sebuah simulasi (11), *Grey Relation Analysis* (GRA) dan ELM dikombinasikan untuk model prediksi industri retail yang disebut dengan GELM. Kinerja GELM dibandingkan dengan model prediksi *Generalized ARCH* (GARCH), *Generalized Backpropagation Network* (GBPN), dan *GRA Multilayer Functional Link Network* (GMFLN) dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Hasil dari Model Prediksi yang berbeda

Tipe Model		MAD	Training Time
Model time series statistik	GARCH	0.13876	-
Model jaringan saraf tiruan	GBPN	0.09837	11.573
	GMFLN	0.08911	4.216
	GELM	0.07039	0.3750

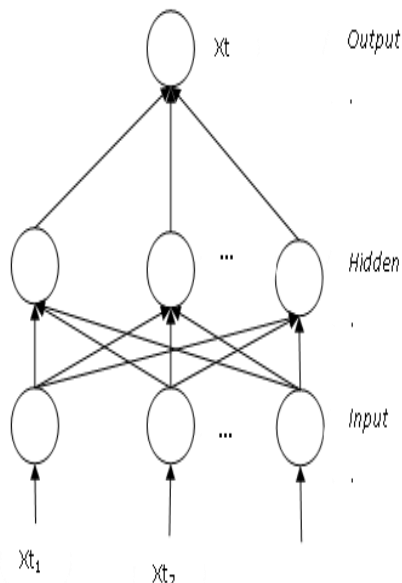
Sebagai teknik pembelajaran, ELM telah mendemonstrasikan potensi yang bagus untuk menyelesaikan masalah regresi dan klasifikasi. Akhir-akhir ini, teknik ELM menerima perhatian yang cukup banyak dari komunitas *computational intelligence* dan *machine*

learning, baik dari segi teori dan aplikasinya.^[12]

METODE PENELITIAN

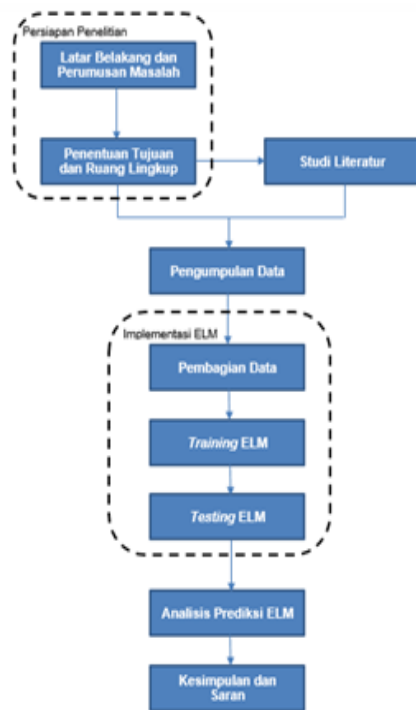
Tahapan Penelitian

Pada tahap awal penelitian dimulai dengan menentukan latar belakang dan tujuan penelitian serta mendefinisikan ruang lingkup. Studi literatur dilakukan untuk memperdalam pemahaman mengenai cara kerja metode ELM serta tahapan-tahapan apa saja yang diperlukan untuk diagnosis diabetes dengan menggunakan metode ELM.



Gambar 1. Metode ELM

Tahap kedua dari penelitian ini adalah pengumpulan data. Tahap ketiga adalah implementasi metode ELM melalui pembagian data, *training* dan *testing* ELM. Tahap keempat adalah analisis hasil prediksi ELM, kemudian tahap terakhir adalah menarik kesimpulan dan memberikan saran.



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Metode Pengumpulan Data

Data set diabetes yang digunakan pada penelitian ini adalah data set bersifat klasifikasi (*classification*) yang diambil dari UCI Repository. *Data set* diabetes ini diberikan oleh Vincent Sigillito dari The Johns Hopkins University dan diberikan untuk National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases pada 9 Mei 1990.

Data set ini terdiri dari populasi wanita yang berumur paling muda 21 tahun dan tinggal di daerah Phoenix, Arizona. *Data set* diambil menurut kriteria World Health Organization (WHO), dimana ada total 768 orang yang diambil menjadi *data set* pada penelitian ini yang nantinya akan dibagi menjadi data *training* dan data *testing*.

Metode Diagnosis dengan ELM

Diagnosis penyakit diabetes melitus dengan ELM ini akan menggunakan MATLAB sebagai *tool*-nya.

Langkah 1: Pembagian data *training* dan *testing*.

Proses *training* dan *testing* mutlak diperlukan pada proses diagnosis dengan menggunakan ELM. Proses *training* digunakan untuk mengembangkan proses ELM sedangkan proses *testing* digunakan untuk mengevaluasi kemampuan ELM sebagai alat diagnosis. Pembagian data *training* dan *testing* akan dibagi dengan komposisi sebagai berikut:

- a. Data *training* diambil sebanyak 75% dari total data
- b. Data *testing* diambil sebanyak 25% dari total data

Langkah 2: *Training ELM*

- a. Normalisasi Data *Training*

Data yang akan dimasukkan ke dalam ELM dinormalisasi sehingga mempunyai nilai dengan rentang tertentu. Hal ini diperlukan karena fungsi aktivasi yang digunakan akan menghasilkan *output* dengan rentang data [0,1] atau [-1,1]. Berikut ini merupakan rumus yang digunakan untuk normalisasi:

$$x = 2 \times \frac{(x_p - \min x_p)}{(\max x_p - \min x_p)} - 1 \quad (1)$$

Dimana:

x = nilai hasil normalisasi dengan rentang antara -1 sampai 1

x_p = nilai data asli yang belum dinormalisasi

$\min x_p$ = nilai minimum pada *data set*

$\max x_p$ = nilai maksimum pada *data set*

- b. Menentukan Fungsi Aktivasi dan Jumlah *Hidden Neuron*

Pada proses *training*, jumlah *hidden neuron* dan fungsi aktivasi dari ELM ditentukan terlebih dahulu. Penelitian ini akan menggunakan fungsi aktivasi sigmoid tan. ELM menghasilkan *output* peramalan

yang stabil dengan jumlah *hidden neuron* 0-30 (Sun, et al., 2008). Tetapi, jika *output* yang dihasilkan ELM kurang optimal, maka jumlah *hidden neuron*-nya akan diubah.

- c. Menghitung Bobot *Input*, bias dari *hidden neuron*, dan bobot *output*
- Output* dari proses *training* ELM adalah bobot *input*, bobot *output*, dan bias dari *hidden neuron* dengan tingkat kesalahan rendah yang diukur dengan *Mean Square Error* (MSE). Bobot *input* ditentukan secara *random*, sedangkan bobot *output* merupakan invers dari matriks *hidden layer* dan *output*. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$$\beta = H^T T \quad (2)$$

$$H = (w_i, \dots, w_N, b_i, \dots, b_N, x_i, \dots, x_N)$$

$$= \begin{matrix} g(w_i \cdot x_i + b_i) & \cdots & g(w_N \cdot x_i + b_N) \\ \vdots & & \vdots \\ g(w_i \cdot x_N + b_i) & \cdots & g(w_N \cdot x_N + b_N) \end{matrix}$$

$$\beta = \begin{matrix} \beta_1^T \\ \vdots \\ \beta_N^T \end{matrix} \quad T = \begin{matrix} t_1^T \\ \vdots \\ t_N^T \end{matrix}$$

- d. Denormalisasi Data *Training*

Output yang dihasilkan dari proses *training* selanjutnya di denormalisasi dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$x = 0.5 \times (x_p + 1) \times (\max x_p - \min x_p) + \min x_p \quad (3)$$

Dimana:

x = nilai data setelah denormalisasi

x_p = nilai data asli yang belum denormalisasi

$\min x_p$ = nilai minimum pada *data set* sebelum normalisasi

$\max x_p$ = nilai maksimum pada *data set* sebelum normalisasi.

Langkah 3: *Testing* ELM

Berdasarkan bobot *input* dan bobot *output* yang didapatkan dari proses *training*, maka tahap selanjutnya adalah melakukan diagnosis dengan ELM. Pada tahap ini, data *input* dinormalisasi dan didenormalisasi dengan rentang dan rumus yang sama dengan data *training*.

Metode Analisis Kinerja ELM

Analisis keakuratan hasil kinerja ELM akan dilakukan dengan melihat tingkat kesalahan *Mean Square Error* (MSE) yang kecil. Berikut ini adalah rumus dari MSE:

$$mse = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - t_i)^2 \quad (4)$$

Dimana:

N = jumlah data

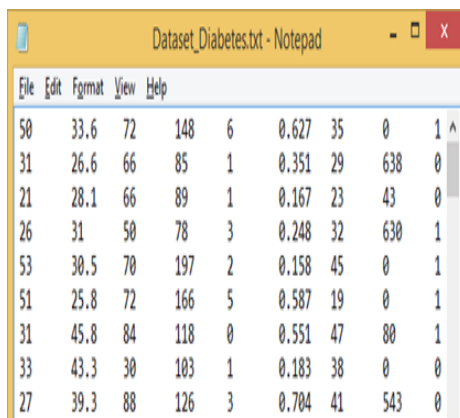
y_i = data *output*

t_i = data actual

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Data

Dengan melakukan pencarian pada situs UCI *Machine Learning Repository*, dapat diperoleh *data set* diabetes yang bersifat klasifikasi. *Data set* ini terdiri dari 769 populasi wanita yang tinggal di daerah Phoenix, Arizona, dan diambil menurut kriteria WHO. Informasi nilai *data set* disediakan dalam *file* teks.



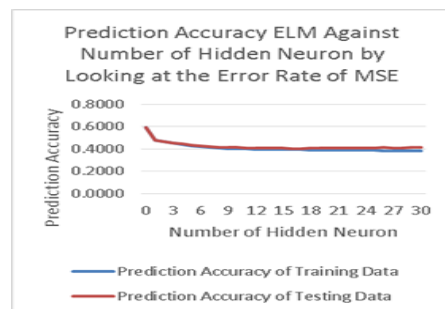
File	Edit	Format	View	Help					
50	33.6	72	148	6	0.627	35	0	1	
31	26.6	66	85	1	0.351	29	638	0	
21	28.1	66	89	1	0.167	23	43	0	
26	31	50	78	3	0.248	32	630	1	
53	30.5	70	197	2	0.158	45	0	1	
51	25.8	72	166	5	0.587	19	0	1	
31	45.8	84	118	0	0.551	47	80	1	
33	43.3	30	103	1	0.183	38	0	0	
27	39.3	88	126	3	0.704	41	543	0	

Gambar 3. Ekstraksi Data Set

Hasil Prediksi

Salah satu hal yang perlu ditentukan dalam prediksi menggunakan ELM adalah jumlah *input*. Penelitian ini akan menggunakan 8 buah variabel *input*, diantaranya umur, index masa tubuh, tekanan darah terendah pada setiap peredaran darah, glukosa darah yang konsentrasi pada tes oral toleransi glukosa, jumlah kehamilan, fungsi asal-asul diabetes, ketebalan lipatan kulit dan serum insulin.

Penentuan jumlah *hidden neuron* akan berpengaruh pada prediksi ELM yang optimal. Prediksi ELM sendiri menghasilkan output peramalan yang stabil dengan rentang jumlah *hidden neuron* 0 sampai dengan 30 (Sun, et al., 2008). Data tingkat akurasi yang dihasilkan dari prediksi menggunakan metode ELM berdasarkan nilai jumlah *hidden neuron* dapat dilihat pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Akurasi Prediksi ELM Terhadap Perubahan Jumlah Hidden Neuron

Tabel 2 di bawah ini menunjukkan perbandingan kinerja antara ELM dan backpropagation dari segi kecepatan. Meskipun kecepatan prediksi dihitung dalam satuan detik, hal ini tentu akan berpengaruh jika data yang diolah dalam jumlah besar.

Tabel 2. Perbandingan Kecepatan ELM dan Backpropagation pada Data Training dan data Testing

Data (person)	ELM		Backpropagation	
	Training Speed (s)	Testing Speed (s)	Training Speed (s)	Testing Speed (s)
1	0.5156	0.0085	0.9040	0.0116
2	0.0937	0.0057	0.5002	0.0501
3	0.0938	0.0009	0.6810	0.0140
4	0.0625	0.0064	0.4225	0.0204
5	0.0781	0.0006	0.1091	0.0170
Average	0.1687	0.0044	0.5234	0.0226

Berdasarkan tabel 2 di atas, dapat dilihat bahwa kecepatan prediksi ELM pada data *training* adalah 3.102 kali lebih cepat dari backpropagation dan pada data *testing* 5.136 kali lebih cepat dari backpropagation.

Tabel 3 di bawah ini menunjukkan perbandingan kinerja antara ELM dan backpropagation dari segi akurasi. Pada penelitian ini, keakuratan dianalisis dengan melihat tingkat kesalahan *Mean Square Error* (MSE) yang kecil.

Tabel 3. Perbandingan Tingkat Akurasi ELM dan Backpropagation pada Data Training dan data Testing

Data (person)	ELM		Backpropagation	
	Training Accuracy (mse)	Testing Accuracy (mse)	Training Accuracy (mse)	Testing Accuracy (mse)
1	0.370	0.387	0.483	0.894
2	0.368	0.382	0.425	0.901
3	0.361	0.392	0.372	0.854
4	0.362	0.405	0.390	0.763
5	0.373	0.399	0.386	0.798
Average	0.367	0.393	0.411	0.842

Berdasarkan tabel 3 di atas, dapat dilihat bahwa tingkat akurasi ELM dalam melakukan prediksi lebih baik

dibandingkan backpropagation. Tingkat akurasi ELM dalam melakukan prediksi menggunakan data training adalah 1.12 kali lebih baik dibandingkan backpropagation, dan pada data testing 2.14 kali lebih baik dari backpropagation

KESIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa ELM memiliki tingkat akurasi dan kecepatan yang sangat baik untuk mendiagnosis penyakit diabetes melitus. Dari segi kecepatan, kinerja ELM lebih baik dibandingkan backpropagation, dimana kecepatan data diukur ketika proses prediksi mulai dijalankan per setiap data. Kinerja ELM dari tingkat akurasi juga lebih baik dibandingkan backpropagation, dimana tingkat akurasi dianalisis dengan melihat tingkat kesalahan *Mean Square Error* (MSE). Secara keseluruhan data, tingkat kesalahan MSE untuk ELM pada data *testing* adalah 0.4036 dan tingkat kesalahan MSE untuk backpropagation pada data *testing* adalah 0.9425. Tingkat kesalahan yang mendekati 0 adalah hasil yang paling baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Sumadewi, N. L. U., 2011. *Isolasi Senyawa Tanin dan Uji Efek Hipoglikemik Ekstrak Kulit Batang Bungur (Lagerstroemia Speciosa Pers.) terhadap Darah Mencit yang Diinduksi Aloksan*, Bali, Indonesia: Unud Library.
- [2]Darmono, 2005. *Pengaturan Pola Hidup Penderita Diabetes Untuk Mencegah Komplikasi Kerusakan Organ-Organ Tubuh*, Semarang, Indonesia: Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro.

- [3]Sun, Z. L., Choi, T. M., Au, K. F. & Yu, Y., 2008. Sales Forecasting using Extreme Learning Machine with Application in Fashion Retailing. *Elsevier Decision Support System* 46, pp. 411-419
- [4]Agustina, I. D., Anggraeni, W. & Mukhlason, A., 2010. Penerapan Metode Extreme Learning Machine untuk Peramalan Permintaan. *ITS Library*.
- [5]PERKENI, 2011. *Konsensus Pengendalian dan Pencegahan Diabetes Mellitus Tipe 2 di Indonesia*, Jakarta, Indonesia: s.n.
- [6]Masykur, F., 2012. *Implementasi Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Diabetes Mellitus Menggunakan Metode Fuzzy Logic Berbasis Web*, Semarang, Indonesia: Undip Library.
- [7]Vercellis, C., 2009. *Business Intelligence: Data Mining and Optimization for Decision Making*. Chennai: John Wiley & Sons Ltd.
- [8]Singh, R. & Balasundaram, S., 2007. Application of Extreme Learning Machine Method for Time Series Analysis. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*.
- [9]Huang, G.-B., Zhu, Q.-Y. & Siew, C.-K., 2006. Extreme Learning Machine: Theory and Applications. *Neurocomputing*, pp. 489-501.
- [10]El-Sebakhy, E. A., 2008. *Extreme Learning Machine as a New Framework in Predicting Material Properties: Methodology and Comparison*. Goa, India, s.n.
- [11]Chen, F.-L. & Ou, T.-Y., 2011. Constructing a Sales Forecasting Model by Integrating GRA and ELM: A Case Study for Retail Industry. *International Journal of Electronic Business Management*, pp. 107-121.
- [12]Huang, G.-B., Wang, D. H. & Lan, Y., 2011. Extreme Learning Machine: A Survey. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics (IJMLC)*, pp. 107-122.