

PENERAPAN ALGORITMA BAYESIAN REGULARIZATION BACKPROPAGATION UNTUK MEMPREDIKSI PENYAKIT DIABETES

Suwarno^{1✉} AA Abdillah²

¹Universitas Bina Nusantara, Indonesia

²Politeknik Negeri Jakarta, Indonesia

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima Agustus 2016
Disetujui September 2016
Dipublikasikan Oktober
2016

Keywords:

*Diabetes; PIMA Indian
Female; Bayesian
Regularization
Backpropagation*

Abstrak

Pada tahun 2015, penderita diabetes di Indonesia sebanyak 10 juta jiwa. Banyaknya penderita diabetes ini semakin bertambah dari tahun ke tahun. Berdasarkan data International Diabetes Federation, diperkirakan pada tahun 2040 banyaknya penduduk Indonesia yang terkena penyakit diabetes akan meningkat menjadi 16.2 juta jiwa penduduk. Upaya pendeteksian sejak dini penyakit diabetes perlu dilakukan. Hal ini untuk mengurangi komplikasi penyakit pada penderita pada masa yang akan datang. Neural network merupakan salah satu metode klasifikasi yang dapat digunakan untuk memprediksi penyakit diabetes. Penelitian ini bertujuan membuat sistem prediksi penyakit diabetes. Kinerja diagnostik sistem Jaringan syaraf tiruan dievaluasi menggunakan analisis Receiver Operating Characteristic (ROC) untuk mengetahui tingkat accuracy, sensitivity, dan specificity. Hasil evaluasi menunjukkan klasifikasi menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan backpropagation masuk ke dalam kriteria *good classification*. Artinya, hasil klasifikasi ini dapat digunakan untuk membuat sistem prediksi penyakit diabetes.

Abstract

As 2015, an estimated 10 million people had diabetes in Indonesia. Trends suggested the rate would continue to rise year by year. According to the latest International Diabetes Federation, people living with diabetes is expected to rise to 16.2 million by 2040. Early detection of diabetes is needed to reduce number of people living with diabetes. Neural network classification is one method that can be used to predict diabetes. This research aims to make diabetes disease prediction systems. Artificial neural network diagnostic system performance was evaluated using analysis of Receiver Operating Characteristic (ROC) to determine the level of accuracy, sensitivity, and specificity. The results of the evaluation showed that the classification system using backpropagation neural network is good. The results of the classification is used to make diabetes disease prediction systems.

© 2016 Universitas Negeri Semarang

✉ Alamat korespondensi:
Kampus Kijang, Jl. Kemanggisan Ilir III No.45, Kemanggisan, Palmerah
E-mail: suwarno001@binus.ac.id

PENDAHULUAN

World Health Organization (WHO, 1999) mendefinisikan Diabetes mellitus sebagai gangguan metabolisme dari beberapa etiologi yang ditandai dengan hiperglikemia kronik dengan gangguan karbohidrat, lemak dan protein yang dihasilkan pada sekresi insulin, kerja insulin, atau keduanya. Keseimbangan kadar gula dalam darah diatur oleh hormon insulin. Dalam jangka panjang, efek diabetes mellitus mengakibatkan disfungsi dan kegagalan berbagai organ. Adapun efek jangka panjang diabetes mellitus meliputi potensi kebutaan, gagal ginjal, amputasi, bahkan bisa menyebabkan kematian.

Berdasarkan data International Diabetes Federation (IDF 2015) seperti pada Gambar 1, pada tahun 2015 total penduduk dunia sebanyak 7,3 miliar penduduk. Sebanyak 4,72 miliar penduduk berusia 20-79 tahun dan 1,92 miliar penduduk berusia 0-14 tahun. Penduduk dengan usia 20-79 tahun diketahui sebanyak 415 juta jiwa terkena diabetes dan 5 juta jiwa meninggal akibat diabetes. Pada tahun 2015, Indonesia berada di peringkat ketujuh untuk kategori negara dengan jumlah penderita diabetes terbesar yaitu sebanyak 10 juta jiwa. Diperkirakan pada tahun 2040 Indonesia akan naik pada peringkat keenam dengan total 16.2 juta jiwa penduduk yang terkena diabetes.

Rank	Country/territory	2015 Number of people with diabetes	Rank	Country/territory	2040 Number of people with diabetes
1	China	109.6 million (99.6-133.4)	1	China	150.7 million (138.0-179.4)
2	India	69.2 million (56.2-84.8)	2	India	123.5 million (99.1-150.3)
3	United States of America	29.3 million (27.6-30.9)	3	United States of America	35.1 million (33.0-37.2)
4	Brazil	14.3 million (12.9-15.8)	4	Brazil	23.3 million (21.0-25.9)
5	Russian Federation	12.1 million (6.2-17.0)	5	Mexico	20.6 million (11.4-24.7)
6	Mexico	11.5 million (6.2-13.7)	6	Indonesia	16.2 million (14.3-17.7)
7	Indonesia	10.0 million (8.7-10.9)	7	Egypt	15.1 million (7.3-17.3)
8	Egypt	7.8 million (3.8-9.0)	8	Pakistan	14.4 million (10.6-20.4)
9	Japan	7.2 million (6.1-9.6)	9	Bangladesh	13.6 million (10.7-24.6)
10	Bangladesh	7.1 million (5.3-12.0)	10	Russian Federation	12.4 million (6.4-17.1)

Gambar 1. Sepuluh negara dengan penderita diabetes terbesar (usia 20-79 tahun) pada tahun 2015 dan perkiraan tahun 2040

Menyikapi kondisi tersebut, perlu dilakukan upaya pendeteksian sejak dini penyakit diabetes sehingga diharapkan pada masa yang akan datang komplikasi penyakit pada penderita penyakit diabetes semakin berkurang. *Artificial neural network*, sering disebut dengan jaringan syaraf tiruan, merupakan salah satu model matematis yang dapat diterapkan dalam mendiagnosis diabetes dengan cara pengenalan pola gejala penyakit diabetes. Jaringan syaraf tiruan pertama kali diperkenalkan pada tahun 1940. Para pakar neurofisiologi Warren McCulloch dan matematikawan Walter Pits mendesain implementasi matematis pertama dari sebuah neuron buatan yang menggabungkan dasar-dasar ilmu syaraf dengan operasi matematika (Soares & Souza 2016). Dalam beberapa tahun terakhir,

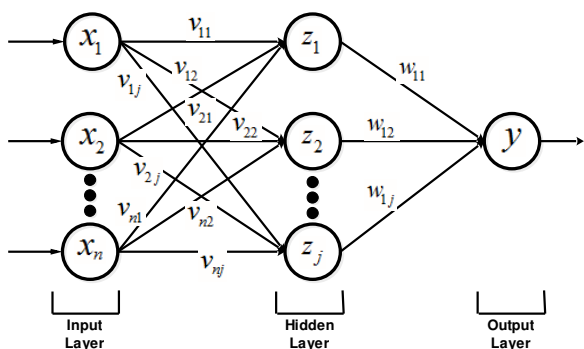
jaringan syaraf tiruan telah diusulkan sebagai alat alternatif untuk klasifikasi. Selain itu, jaringan syaraf tiruan juga dapat digunakan untuk pengenalan pola, mempelajari data dan melakukan peramalan (prediksi).

Beberapa penelitian pendeteksian penyakit menggunakan jaringan syaraf tiruan antara lain deteksi penyakit kanker payudara, pendeteksian radiasi surya, peramalan cuaca, pengenalan wajah dan pengenalan tulisan. Pada penelitian ini, Jaringan syaraf tiruan digunakan untuk mendesain dan menganalisis sistem deteksi penyakit diabetes. Algoritma *backpropagation* digunakan untuk mendesain sistem. Kinerja diagnostik sistem jaringan syaraf tiruan dievaluasi menggunakan analisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC)

untuk mengetahui tingkat *accuracy*, *sensitivity*, dan *specificity*.

Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation*

Backpropagation merupakan model jaringan syaraf tiruan *multilayer perceptron*. *Multilayer perceptron* merupakan jaringan syaraf tiruan dengan banyak lapisan yang memiliki satu atau lebih lapisan yang terletak di antara lapisan input dan lapisan output (memiliki satu atau lebih *hidden layer*). Jaringan syaraf tiruan dengan banyak lapisan dapat menyelesaikan permasalahan yang kompleks dibandingkan dengan *single layer*. Gambar 2 menunjukkan arsitektur *multilayer perceptron* dengan *n* buah unit input (x_1, x_2, \dots, x_n), sebuah *hidden layer* yang terdiri dari *m* buah unit (z_1, z_2, \dots, z_m) dan satu buah unit output.



Gambar 2. Arsitektur *multilayer perceptron*

Algoritma *backpropagation* merupakan contoh jenis pembelajaran dan secara luas diterapkan untuk berbagai keperluan. Proses pembelajaran berlangsung dengan memasukkan data yang akan dilatih oleh jaringan tersebut. Informasi dari lapisan input didistribusikan ke lapisan tersembunyi untuk memproses informasi. Selanjutnya, hasil prediksi pada lapisan output dibandingkan dengan nilai-nilai yang diinginkan untuk perhitungan kesalahan (Sapon *et al* 2011).

Algoritma *Backpropagation*

Pelatihan jaringan syaraf tiruan dilakukan untuk perhitungan bobot sehingga pada akhir pelatihan akan diperoleh bobot-bobot yang optimal. Selama proses pelatihan, bobot-bobot diatur secara iteratif untuk meminimumkan *error* yang terjadi.

Secara umum, algoritma *backpropagation* dijelaskan sebagai berikut (Ayodele *et al.* 2012).

1. Tentukan *output*.
2. Pilih arsitektur jaringan dan algoritma yang sesuai.
3. Tentukan data input dan pengolahan pendahuluan (*preprocess*) jika diperlukan.
4. Pilih fungsi pembelajaran yang tepat.
5. Pilih struktur jaringan yang sesuai.
6. Lakukan pelatihan dan pengujian untuk setiap siklus.
7. Jika jaringan menghasilkan hasil yang dapat diterima untuk semua siklus, lakukan langkah 8. Selain itu, lakukan langkah 5 untuk mencoba kembali struktur jaringan lainnya. Lakukan langkah 4 untuk mencoba fungsi pembelajaran yang lain. Jika tidak, kembali ke langkah 2 untuk mencoba arsitektur jaringan syaraf yang berbeda.
8. Selesai – catat hasil.

Bayesian Regularization Backpropagation

Bayesian Regularization (BR) merupakan algoritma pelatihan jaringan syaraf tiruan yang memperbaiki nilai bobot dan bias berdasarkan optimisasi Levenberg-Marquardt (Pan *et al.* 2013). Algoritma ini meminimalkan kombinasi kuadrat error dan bobot, kemudian menentukan kombinasi yang benar sehingga menghasilkan suatu jaringan yang baik (Pan *et al.* 2013). Proses ini disebut regularisasi Bayesian. Jaringan syaraf tiruan BR memperkenalkan bobot jaringan ke dalam fungsi objektif pelatihan. Fungsi objektif pelatihan dinotasikan sebagai berikut (Yue *et al.* 2011).

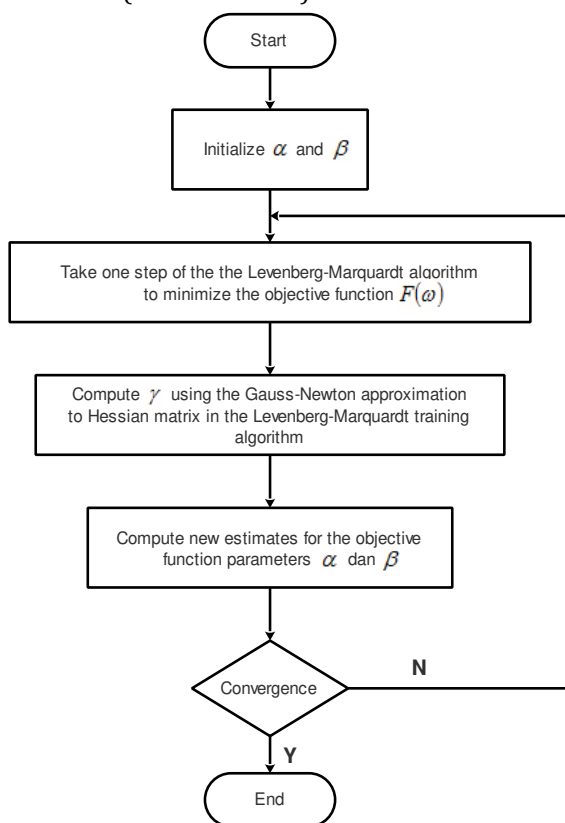
$$F(\omega) = \alpha E_{\omega} + \beta E_D \tag{1}$$

dengan E_{ω} adalah jumlah kuadrat dari bobot jaringan dan E_D jumlah kuadrat dari error jaringan. Nilai α dan β adalah parameter dari fungsi objektif. Dalam alur proses Bayesian, bobot jaringan dipandang sebagai variabel acak, kemudian distribusi sebelumnya dari bobot jaringan dan pelatihan dianggap sebagai distribusi Gaussian (Yue *et al.* 2011).

Berikut ini penerapan aturan Bayesien untuk mengoptimalkan parameter fungsi objektif α dan β (Yue *et al.* 2011).

$$P(\alpha, \beta | D, M) = \frac{P(D | \alpha, \beta, M) P(\alpha, \beta | M)}{P(D | M)} \quad 2)$$

Prinsip algoritma pelatihan jaringan syaraf tiruan Bayesian Regularization ditunjukkan pada Gambar 3 (Yue *et al.* 2011).



Gambar 3. Algoritma pelatihan Bayesian Regularization

Berdasarkan uraian pada latar belakang, rumusan masalah yang diperoleh yaitu bagaimana membangun sistem jaringan syaraf tiruan backpropagation yang dapat digunakan untuk memprediksi penyakit diabetes. Pada penelitian ini, jaringan syaraf tiruan digunakan untuk mendesain dan menganalisis sistem deteksi penyakit diabetes. *Algoritma Bayesian Regularization backpropagation* digunakan untuk mendesain sistem. Kinerja diagnostik sistem Jaringan syaraf tiruan dievaluasi menggunakan analisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC) untuk mengetahui tingkat *accuracy, sensitivity, dan specificity*.

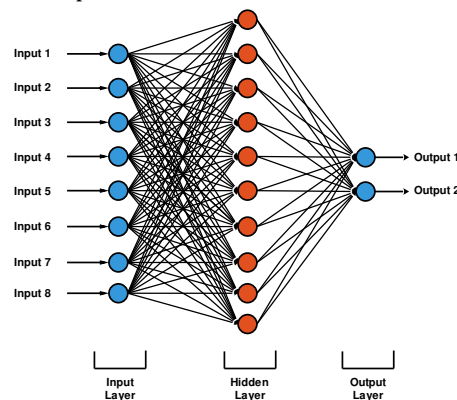
METODE PENELITIAN

Dataset

Mengumpulkan dan menyiapkan sampel data merupakan langkah pertama dalam merancang model jaringan syaraf tiruan. Data dalam penelitian ini diperoleh dari PIMA *Indian Female Population*. Data terdiri dari 768 data pasien perempuan dengan usia antara 21 tahun sampai 81 tahun. Sebanyak 500 pasien tidak terdeteksi penyakit diabetes dan 268 pasien terdeteksi penyakit diabetes. Delapan variabel dipilih untuk memprediksi penyakit diabetes di PIMA *Indian Female Population*. Delapan variabel tersebut meliputi (1) Jumlah kali hamil; (2) Konsentrasi glukosa plasma 2 jam dalam tes toleransi glukosa oral; (3) Tekanan darah diastolic (mm Hg); (4) Triceps ketebalan lipatan kulit (mm); (5) Serum insulin 2-jam (mu U / ml); (6) Indeks massa tubuh ($\frac{kg}{m^2}$); (7) Riwayat keturunan penyakit diabetes; (8) Umur (tahun)

Model Jaringan Syaraf Tiruan

Model jaringan syaraf tiruan dirancang mengikuti sejumlah prosedur yang sistematis. Adapun langkah-langkah dalam menyusun model meliputi (1) mengumpulkan data, (2) *preprocessing* data, (3) membangun jaringan, (4) melatih jaringan, dan (5) uji kinerja model jaringan syaraf tiruan. Pada penelitian ini, model jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah model *multilayer perceptron* dengan 8 neuron pada lapisan input, 10 neuron pada hidden layer, dan 2 neuron pada lapisan *output*. Arsitektur jaringan *multilayer perceptron* ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Arsitektur jaringan syaraf tiruan

Evaluasi Model

Pada penelitian ini, uji kinerja model jaringan syaraf tiruan dilakukan dengan menggunakan *Confusion Matrix* dan *Receiver Operating Characteristic Curve* (ROC). *Confusion Matrix* memberikan rincian dari kesalahan klasifikasi.

Confusion Matrix dideskripsikan pada Tabel 1 (Gorunescu 2011).

Tabel 1. Confusion Matrix

CLASSIFICATION	PREDICTED CLASS		
	Class=YES	Class=NO	
OBSERVED CLASS	Class=YES	<i>true positive-TP</i>	<i>false negative-FN</i>
	Class=NO	<i>false positive-FP</i>	<i>true negative-TN</i>

Ketepatan prediksi perlu dilakukan untuk melihat persentase ketepatan sistem jaringan syaraf tiruan dalam memprediksi pola. Adapun ketepatan prediksi model jaringan syaraf tiruan diukur menggunakan rumus *accuracy* sebagai berikut (Gorunescu 2011).

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{3}$$

Selain pengukuran nilai akurasi model, dilakukan pula pengukuran nilai *sensitivity*, dan *specificity* sebagai ukuran statistik untuk kinerja dari klasifikasi biner. *Sensitivity* mengukur proporsi '*true positive*' yang diidentifikasi dengan benar.

Sedangkan *specificity* mengukur proporsi '*true negative*' yang diidentifikasi dengan benar. Adapun rumus *sensitivity*, dan *specificity* sebagai berikut (Gorunescu 2011).

$$Sensitivity = \frac{\text{Banyaknya 'True Positives'}}{\text{Banyaknya 'True Positives'} + \text{Banyaknya 'False Negatives'}} \tag{4}$$

$$Specificity = \frac{\text{Banyaknya 'True Negatives'}}{\text{Banyaknya 'True Negatives'} + \text{Banyaknya 'False Positives'}}$$

Evaluasi hasil prediksi jaringan syaraf tiruan dianalisis secara visual menggunakan *Receiver Operating Characteristic Curve* (ROC Curve). Grafik ROC menggambarkan hubungan antara *observed*

class dan *predicted class*. Akurasi klasifikasi ROC dilakukan dengan cara menghitung luas daerah di bawah kurva ROC. Berikut ini rumus Area Under the ROC Curve (Abdillah & Suwarno 2016).

$$AUC = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n (x_{i+1} - x_i) (y_{i+1} - y_i) \tag{5}$$

Kriteria keakuratan tes diagnostik menggunakan AUC disajikan pada Tabel 2 (Gorunescu 2011).

Tabel 2. Kriteria nilai AUC

Nilai AUC	Interpretasi
0.90 - 1.00	excellent classification
0.80 - 0.90	good classification
0.70 - 0.80	fair classification
0.60 - 0.70	poor classification
0.50 - 0.60	failure

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, jaringan syaraf tiruan backpropagation digunakan untuk mengenali pola penyakit diabetes. Sistem jaringan syaraf tiruan

didesain menggunakan perangkat lunak Matlab. Pada tahap awal, Data PIMA *Indian Female Population* dibagi menjadi tiga bagian yaitu data training, data validation, dan data testing. Data training yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 500 data. Sedangkan data *validation* dan data testing sebanyak 81 data dan 187 data. Data training digunakan untuk membangun sistem jaringan syaraf tiruan. Setelah terbentuk sistem, kemudian dilakukan uji sistem dengan menggunakan data *validation* dan data testing. Peneliti melakukan lima kali percobaan untuk melihat rata-rata nilai *accuracy*, *sensitivity*, *specificity*, dan AUC. Data dalam penelitian ini terdiri dari delapan input dan dua output seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Data input dan output

Variabel	Tipe	Nilai Minimum dan Nilai Maksimum
Hasil Diagnosis	Output	$\frac{\text{tested_positive} (1 \ 0)}{\text{tested_negative} (0 \ 1)}$ [0; 1]
Jumlah kali hamil	Input 1	[0.0; 17]
Konsentrasi glukosa plasma 2 jam dalam tes toleransi glukosa oral	Input 2	[0.0; 199]
Tekanan darah diastolic	Input 3	[0.0; 122]
Triceps ketebalan lipatan kulit	Input 4	[0.0; 99]
Serum insulin 2-jam	Input 5	[0.0; 744]
Indeks massa tubuh	Input 6	[0.0; 67.1]
Riwayat keturunan diabetes	Input 7	[0.078; 2420]
Umur	Input 8	[21; 81]

Hasil perhitungan *accuracy*, *sensitivity*, dan *specificity* untuk seluruh percobaan disajikan dalam Tabel 4. Berdasarkan Tabel 4, rata-rata nilai

accuracy dan *specificity* untuk seluruh percobaan lebih dari 75%. Sedangkan rata-rata nilai *sensitivity* untuk seluruh percobaan kurang dari 75%.

Tabel 4. Hasil perhitungan accuracy, sensitivity, dan specificity

	Percobaan 1			Percobaan 2		
	Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing
Accuracy (%)	78.40	83.95	78.07	77.00	87.65	79.68
Sensitivity (%)	73.47	80.00	65.08	75.36	82.36	69.35
Specificity (%)	80.45	86.27	84.68	77.62	89.06	84.80
	Percobaan 3			Percobaan 4		
	Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing
Accuracy (%)	75.60	79.01	82.35	80.00	77.78	75.40
Sensitivity (%)	69.08	79.17	78.57	75.17	78.57	63.64
Specificity (%)	78.45	78.95	83.45	81.97	77.36	80.30
	Percobaan 5			Rata-rata		
	Training	Validation	Testing			
Accuracy (%)	79.80	81.48	78.61	79.65		
Sensitivity (%)	75.91	77.78	74.60	74.54		
Specificity (%)	81.27	82.54	80.65	81.85		

Tabel 5 menunjukkan nilai AUC untuk seluruh percobaan. Berdasarkan tabel tersebut dapat disimpulkan bahwa kriteria rata-rata nilai AUC untuk seluruh percobaan termasuk ke dalam kriteria good classification. Nilai AUC tertinggi pada saat data validation di percobaan 1 yaitu 0.930 dan nilai AUC

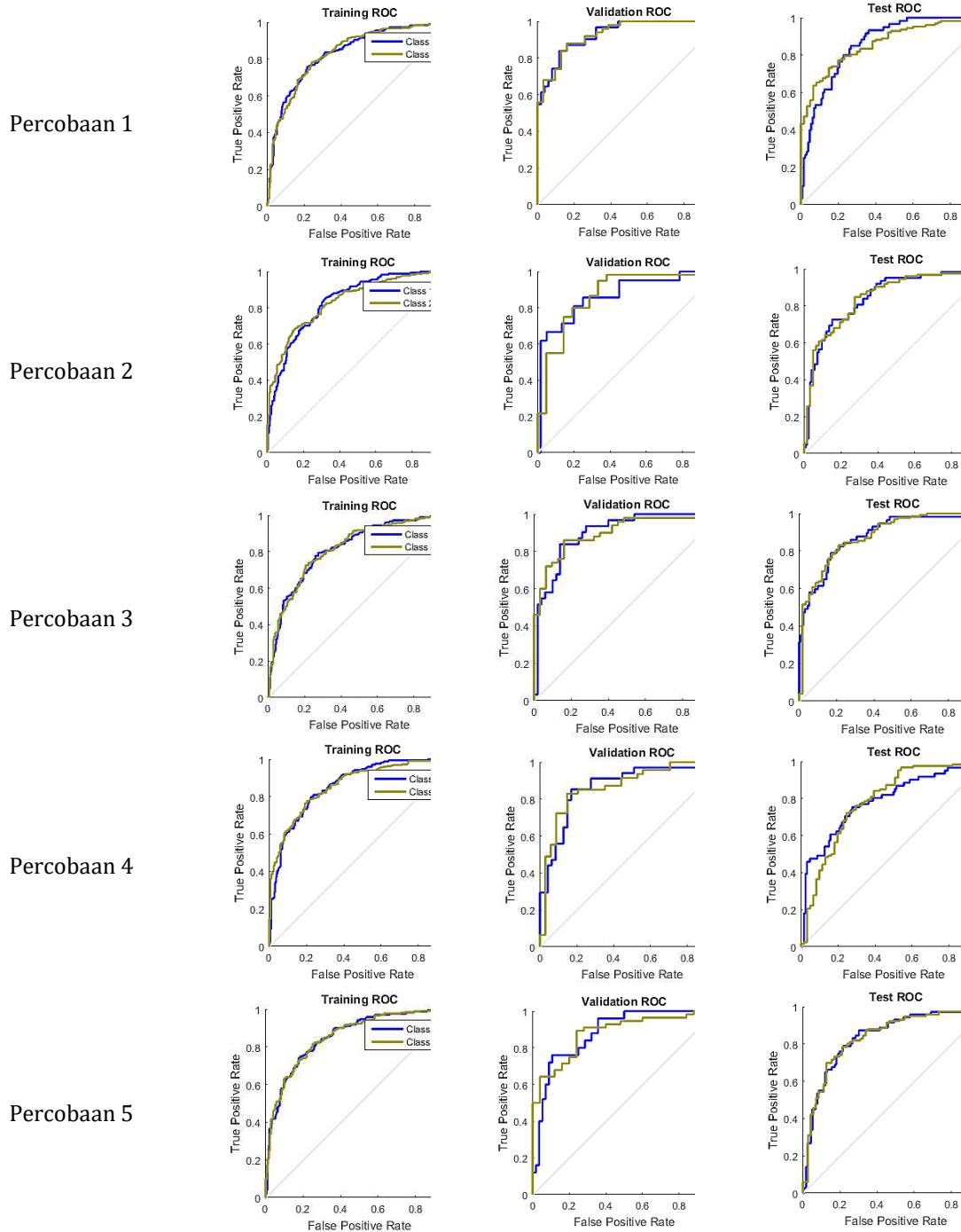
terendah pada saat data testing di percobaan 4 yaitu 0.788. Pada percobaan keempat, nilai AUC dari data testing sebesar 0.788. Nilai ini menunjukkan bahwa klasifikasi pada data testing termasuk ke dalam kriteria fair classification.

Tabel 5. Hasil perhitungan AUC

Percobaan 1			Percobaan 2			Percobaan 3		
Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing
0.835	0.930	0.863	0.838	0.870	0.849	0.819	0.899	0.880
Percobaan 4			Percobaan 5			Rata-rata		
Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing	Training	Validation	Testing
0.863	0.869	0.788	0.856	0.881	0.840	0.842	0.889	0.844

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dapat mengenali pola dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan rata-rata nilai AUC *training*, *validation* dan *testing* masing-masing sebesar 0.842, 0.889, dan 0.844. semua rata-rata nilai AUC tersebut termasuk ke dalam kriteria *good classification*.

Gambar 5 menunjukkan grafik ROC untuk seluruh percobaan. Class 1 menunjukkan grafik ROC dari data pasien yang terdeteksi penyakit diabetes (*tested_positive*). Sedangkan Class 2 menunjukkan grafik ROC dari data pasien yang tidak terdeteksi penyakit diabetes (*tested_negative*).



Gambar 5. Kurva ROC seluruh percobaan

PENUTUP

Sistem prediksi penyakit diabetes dibangun dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation*. Model jaringan syaraf tiruan yang digunakan adalah model *multilayer perceptron* dengan 8 neuron pada lapisan input, 10 neuron pada

hidden layer, dan 2 neuron pada lapisan *output*. Tahapan awal penelitian yaitu membagi data PIMA *Indian Female Population* ke dalam tiga data yaitu data *training*, data *validation*, dan data testing. Sebanyak 500 data digunakan sebagai data training, 81 data sebagai data *validation*, dan 187 sebagai data testing. Kinerja diagnostik sistem jaringan syaraf

tiruan dievaluasi menggunakan analisis *Receiver Operating Characteristic* (ROC) untuk mengetahui tingkat *accuracy*, *sensitivity*, dan *specificity*.

Setelah dilakukan 5 percobaan, deteksi penyakit diabetes menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* menghasilkan nilai rata-rata *accuracy* sebesar 79.65%, *sensitivity* 74.54%, *specificity* 81.85%, AUC training 0.842, AUC validation 0.889, dan AUC testing 0.844. Berdasarkan hasil yang diperoleh, klasifikasi menggunakan sistem jaringan syaraf tiruan *Bayesian Regularization backpropagation* termasuk ke dalam kriteria *good classification*. Hal ini menunjukkan bahwa jaringan syaraf tiruan *Bayesian Regularization backpropagation* dapat dijadikan alternatif model dalam memprediksi penyakit diabetes.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, Abdul A. & Suwarno. 2016. Diagnosis of Diabetes Using Support Vector Machines with Radial Basis Function Kernels. *International Journal of Technology* 5: 849-858.
- Ayodele A., Adebisi, Charles K., Ayo, Marion O., Adebisi, & Sunday O., Otokiti. 2012. *Stock Price Prediction using Neural Network with Hybridized Market Indicators. Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences* 3(1): 1-9.
- Gorunescu, F. 2011. *Data mining: concepts and techniques*. German: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-3-642-19721-5>
- International Diabetes Federation. 2015. *IDF Diabetes Atlas* (Seventh Edit). United Kingdom: IDF Press.
- Pan X, Lee B, Zhang C. 2013. A comparison of neural network backpropagation algorithm for electricity load forecasting. *Intelligent Energy System (IWIES). IEEE International Workshop on*, vol., no., pp 22, 27, 14-14 Nov. 2013.
- Sapon, Muhammad A., Ismail, Khadijah, & Zainudin, Suehazlyn. 2011. Prediction of Diabetes by using Artificial Neural Network. International Conference on Circuit, System and Simulation IPCSIT vol.7 (2011) IACSIT Press, Singapore.
- Soares, FM & Souza, AMF. 2016. *Neural network programming with Java: unleash the power of neural networks by implementing professional Java code* (First Edit). United Kingdom: Packt.
- World Health Organization. 1999. *Definition, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus and its Complication*. Geneva: WHO Press.
- Yue Z, Songzheng Z & Tianshi T. 2011. Bayesian regularization BP Neural Network model for predicting oil-gas drilling cost. *Business Management and Electronic Information (BMEI), International Conference on*, vol. 2, no., pp. 483, 487, 13-15 May 2011.