

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT DIABETES MELITUS TIPE 2 MENGGUNAKAN METODE *LEARNING* *VECTOR QUANTIZATION* (LVQ)

N. Aliyanti¹, R. Ratianingsih², J. W. Puspita³

^{1,2,3}Program Studi Matematika Jurusan Matematika FMIPA Universitas Tadulako
Jalan Soekarno-Hatta Km. 09 Tondo, Palu 94118, Indonesia.

¹nuraliyantiukkas@gmail.com, ²ratianingsih@yahoo.com, ³juni.wpuspita@yahoo.com

ABSTRACT

Diabetes is a chronic disease that occurs when the pancreas does not produce enough insulin, or when the body can not effectively use the insulin that is produced. Diabetes mellitus can be divided into two types: Type 1 diabetes mellitus and diabetes mellitus type 2. This study aims to detect diabetes mellitus and may predict the development status (Metabolic Syndrome) using Learning Vector Quantization. The data needed to detect type 2 diabetes are blood sugar levels, genetics, age, physical activity, diet, smoking habits, body mass index, gender and abdominal circumference. In addition, the data also used HbA1C and cholesterol levels to detect the status of the development of type 2 diabetes mellitus (Metabolic Syndrome). The classification process is divided into two stages: stage 1 to determine the type 2 diabetes or Non diabetes mellitus, and phase 2 to predict the prognosis of type 2 diabetes into Metabolic Syndrome or Non Metabolic Syndrome (the patient is still in the category of type 2 diabetes) performed on 200 data respectively divided into 80 training data and 120 testing data. Best detection results at stage 1 that is equal to 96.67% can be obtained using learning rate (α) of 0.7, and the rate of decrement ($deca$) of 0.75. While the best detection results at stage 2 average accuracy rate of 92.5% using a variety of learning rate (α) and the rate of decrement ($deca$). Error detection in stage 2 occurs only in the Metabolic Syndrome data detected as Type 2 diabetes mellitus.

Keywords : Accuracy, Diabetes Mellitus, Learning Vector Quantization

ABSTRAK

Diabetes adalah penyakit kronis yang terjadi ketika pankreas tidak menghasilkan insulin yang cukup, atau ketika tubuh tidak dapat secara efektif menggunakan insulin yang dihasilkan. Diabetes mellitus dibedakan menjadi 2 tipe yaitu Diabetes Melitus tipe 1 dan Diabetes Melitus tipe 2. Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi Diabetes Melitus dan dapat memprediksi perkembangan statusnya (Sindrom Metabolik) dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization*. Data yang diperlukan untuk mendeteksi penyakit DM tipe 2 yaitu kadar gula darah, genetika, usia, aktifitas fisik, pola makan, kebiasaan merokok, indeks massa tubuh, jenis kelamin dan lingkar perut. Selain itu, digunakan pula data HbA1c dan kadar kolesterol untuk mendeteksi perkembangan status Diabetes Melitus tipe 2 (Sindrom Metabolik). Proses klasifikasi terbagi atas 2 tahapan, yaitu tahap 1 untuk menentukan Diabetes Melitus tipe 2 atau Non Diabetes Melitus dan tahap 2 untuk memprediksi prognosis Diabetes Melitus tipe 2 menjadi Sindrom Metabolik atau Non Sindrom Metabolik (pasien masih dalam kategori Diabetes Melitus tipe 2) dilakukan terhadap 200 data yang masing-masing dibagi menjadi 120 data pelatihan dan 80 data pengujian. Hasil deteksi terbaik pada tahap 1 yaitu sebesar 96,67% dapat diperoleh dengan menggunakan laju pelatihan (α) sebesar 0,7 dan laju penurunan ($deca$) sebesar 0,75. Sedangkan hasil deteksi terbaik pada tahap 2 rata-rata tingkat akurasi sebesar 92,5% menggunakan berbagai variasi laju pelatihan (α) dan laju penurunan ($deca$). Kesalahan deteksi pada tahap 2 hanya terjadi pada data Sindrom Metabolik yang terdeteksi sebagai Diabetes Melitus tipe 2.

Kata Kunci : Akurasi, Diabetes Melitus, Learning Vector Quantization

I. PENDAHULUAN

Diabetes adalah penyakit kronis yang terjadi ketika pankreas tidak menghasilkan insulin yang cukup, atau ketika tubuh tidak dapat secara efektif menggunakan insulin yang dihasilkan. Hal ini menyebabkan peningkatan konsentrasi glukosa dalam darah (WHO, 2012). Diabetes melitus (DM) dibedakan menjadi 2 tipe yaitu *Insulin Dependent Diabetes Melitus* (IDDM) dikenal sebagai DM tipe 1 dan *Non Insulin Dependent Diabetes Melitus* (NIDDM) dikenal sebagai DM tipe 2. Penderita DM tipe 1 bergantung pada terapi insulin. Sedangkan penderita DM tipe 2 tidak tergantung pada terapi insulin. Secara umum, hampir 80% prevalensi DM adalah DM tipe 2, ini berarti gaya hidup yang tidak sehat menjadi pemicu utama meningkatnya prevalensi DM (Depkes, 2009). Sekitar 89 sampai 90% dari penderita DM tipe 2 mempunyai berat badan lebih atau obesitas (NHANES, 2010). Obesitas merupakan faktor resiko utama untuk terjadinya DM. Hubungannya dengan DM tipe 2 sangat kompleks. Ini berarti gaya hidup yang tidak sehat menjadi pemicu utama meningkatnya prevalensi DM (Gibney, 2009).

Penderita DM tipe 2 cepat atau lambat akan mengalami sindrom metabolik. Reaven (2002) menyatakan bahwa sindrom metabolik bukanlah suatu penyakit, tetapi merupakan sekumpulan kelainan metabolisme. Keberadaan sindrom metabolik pada DM tipe 2 meningkatkan resiko untuk penyakit jantung koroner dan penyakit vaskular lainnya secara signifikan (Sumantri, 2010).

Untuk dapat mengenali apakah seseorang menderita penyakit DM tipe 2 dapat dilihat dari gejala maupun dengan pemeriksaan darah. Tentu saja hal ini tidak mudah untuk dilakukan dan memerlukan bantuan dokter atau tenaga kesehatan lainnya untuk dapat mengidentifikasi penyakit ini dengan akurat. Oleh sebab itu, diperlukan sebuah aplikasi yang mampu mendeteksi karakteristik DM tipe 2 sehingga mempermudah dalam mengidentifikasi seseorang negatif DM, DM tipe 2 dan memprediksi perkembangan statusnya (SM).

Dalam penelitian ini akan dirancang aplikasi yang dapat dipergunakan untuk mendeteksi DM tipe 2 dan dapat memprediksi perkembangan statusnya dengan menggunakan metode *Learning Vector Quantization* (LVQ). Algoritma ini dikenal dengan kemampuannya dalam klasifikasi yang mempunyai tingkat akurasi tinggi dan kecepatan dalam hal proses pembelajaran (Hadnanto, 1996). Penelitian ini terdiri atas 2 tahapan, yaitu mendeteksi penderita DM tipe 2 atau non DM, dan mendeteksi perkembangan status DM tipe 2 menjadi SM. Pada tahap awal terdapat 10 variabel yang digunakan, yaitu kadar gula darah, genetika atau faktor keturunan, usia, aktifitas fisik olahraga, pola makan, kebiasaan merokok, IMT (indeks massa tubuh), jenis kelamin dan lingkar perut. Sedangkan untuk deteksi perkembangan status DM tipe 2 (sindrom metabolik) variabel yang digunakan, yaitu kadar HbA1c (hemoglobin A1c) dan kadar kolesterol.

II. METODE PENELITIAN

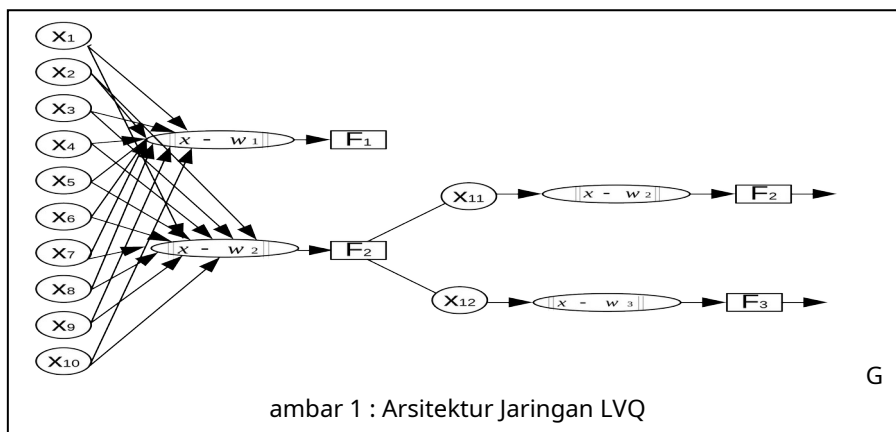
1. Analisis Data Masukan
2. Metode LVQ
3. Hasil dan Pembahasan
4. Kesimpulan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Perancangan Arsitektur JST

Penelitian ini terbagi atas 2 tahapan, yaitu tahap 1 untuk menentukan DM tipe 2 atau non DM, dan tahap 2 untuk memprediksi prognosis DM tipe 2 menjadi SM atau non SM (pasien masih dalam kategori DM tipe 2).

Arsitektur jaringan yang dirancang pada tahap 1 menggunakan 10 neuron pada lapisan *input*, yang terdiri atas variabel *input* dimana $i = 1, \dots, 10$. Sedangkan pada tahap 2, ditambahkan 2 neuron pada lapisan *input*-nya yaitu variabel input x_{11} dan x_{12} . Adapun Arsitektur jaringan LVQ yang dibangun dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. F_j dengan $jj = 1, 2, 3$, pada lapisan *output* yang menyatakan target kelas dari data pasien. Pada tahap 1, F_1 direpresentasikan sebagai kelas non DM dan diberi nilai 1, sedangkan F_2 direpresentasikan sebagai kelas DM tipe 2 dan diberi nilai 2. Apabila hasil pengujian masuk ke dalam kelas DM tipe 2 maka proses pengujian dilanjutkan ke tahap 2. Pada tahap 2 F_2 akan bernilai 1, sedangkan F_3 yang merepresentasikan sebagai kelas SM bernilai 2.



3.2. Pembentukan Jaringan Learning Vector Quantization (LVQ)

Secara garis besar, sistem yang dirancang terbagi menjadi proses pelatihan dan proses pengujian. Proses pelatihan (*training*) dilakukan untuk mendapatkan bobot terbaik yang selanjutnya akan digunakan untuk mengklasifikasikan data baru pada proses pengujian (*testing*).

3.2.1. Pelatihan Jaringan LVQ

Pada awal proses pelatihan, terlebih dahulu ditentukan parameter-parameter yang diperlukan dalam jaringan LVQ seperti bobot awal, target *error* (ϵ), maksimum *epoch*, penurunan α ($dec \alpha$) dan *learning rate* (α). Dalam penelitian ini, bobot awal ditentukan sendiri, sedangkan nilai target *error* yang digunakan adalah 0,0001 dan maksimum *epoch* sebesar 1000. Beberapa variasi nilai α , dimana $0 < \alpha < 1$ dan $dec \alpha$, dimana $0 < dec \alpha < 1$ juga digunakan dalam penelitian ini untuk mendapatkan akurasi terbaik. Proses pelatihan ini akan berlangsung selama syarat berhentinya proses ini belum terpenuhi. Jika syaratnya sudah terpenuhi maka akan didapatkan bobot akhir pelatihan sebagai bobot terbaik, yang selanjutnya akan digunakan pada proses pengujian. Selama proses pelatihan, jaringan akan melakukan perubahan bobot dalam batas iterasi yang ditentukan selama nilai $\alpha > \epsilon$, sedangkan perubahan nilai α akan mengalami penurunan nilai pada setiap kali *epoch*.

3.2.2. Pengujian Jaringan LVQ

Proses pengujian dilakukan dalam 2 tahapan. Data yang akan diuji terlebih dahulu melewati proses deteksi tahap 1, dengan cara menginputkan nilai dari 10 variabel *inputan* x_i , dimana $i = 1, \dots, 10$. Apabila hasil pengujian masuk ke dalam kelas Non DM maka proses pengujian berhenti. Namun jika hasil pengujian masuk ke dalam kelas DM maka proses pengujian akan dilanjutkan ke tahap 2. Akibat keterbatasan data pasien, dimana sebanyak 60 data pasien hanya memiliki informasi data untuk 10 variabel *inputan*, sehingga 60 data pasien tersebut hanya dapat digunakan pada proses deteksi tahap 1. Hasil pengujian tahap 1 dapat dilihat pada Tabel 1. Sebanyak 20 data pasien memiliki informasi data untuk 12 variabel *inputan*. Sehingga pasien yang terdeteksi DM pada tahap 1 dapat melanjutkan proses pengujian tahap 2 untuk memprediksi perkembangan statusnya menjadi SM. Adapun hasil pengujian pada sistem deteksi penyakit DM tipe 2 bagi 20 data tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 : Hasil Pengujian Tahap 1 Menggunakan 60 Data

Deca	α	Hasil Pengujian				Akurasi (%)
		DM		Non DM		
		Benar	Salah	Benar	Salah	
0,01	0,001	39	1	20	0	68,33
	0,01	37	3	20	0	95
	0,1	37	3	20	0	95
	0,3	37	3	20	0	95
	0,5	37	3	20	0	95
	0,7	37	3	20	0	95
	0,9	37	3	20	0	95
0,1	0,001	11	3	7	13	30
	0,01	39	1	2	18	68,33
	0,1	37	3	20	0	95
	0,3	37	3	20	0	95
	0,5	37	3	20	0	95
	0,7	37	3	20	0	95
	0,9	40	0	0	20	66,67
0,25	0,001	9	31	7	13	26,67
	0,01	37	3	0	20	61,67
	0,1	37	3	20	0	95
	0,3	37	3	20	0	95
	0,5	37	3	20	0	95

	0,7	37	3	20	0	95
	0,9	37	3	20	0	95
0,5	0,001	9	31	7	13	26,67
	0,01	19	21	6	14	41,67
	0,1	37	3	20	0	95
	0,3	37	3	20	0	95
	0,5	37	3	20	0	95
	0,7	37	3	20	0	95
	0,9	40	0	10	10	83,33
0,75	0,001	9	31	7	13	26,67
	0,01	11	29	7	13	30
	0,1	36	4	20	0	93,33
	0,3	36	4	20	0	93,33
	0,5	37	3	20	0	95
	0,7	39	1	19	1	96,67
	0,9	38	2	19	1	95

Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa tingkat akurasi hasil klasiifikasi terbaik dapat diperoleh dengan menggunakan laju pelatihan (α) sebesar 0,7 dan pengurangan laju pelatihan ($deca$) sebesar 0,75. Diketahui pula bahwa hasil diagnosa dokter dan hasil pengujian sistem terdapat perbedaan, dimana sistem hanya mampu mendeteksi dengan benar sebanyak 39 data pasien DM tipe 2 dan 19 data data pasien non DM, sehingga diperoleh akurasi sebesar 96,67 %.

Tabel 2 Hasil Proses Pengujian Sistem Tahap 2 menggunakan 20 data.

Deca	α	Pengujian Tahap 1		Akurasi Tahap 1 (%)	Pengujian Tahap 2		Akurasi Tahap 2 (%)	Rata-rata Akurasi (%)
		D M	Non DM		DM	SM		
0,01	0,001	20	0	100	10	6	80	90,0
	0,01	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,1	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,3	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,5	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,7	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,9	20	0	100	10	7	85	92,5
0,1	0,001	20	0	100	10	6	80	90,0
	0,01	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,1	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,3	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,5	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,7	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,9	20	0	100	10	7	85	92,5

0,25	0,001	20	0	100	10	6	80	90,0
	0,01	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,1	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,3	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,5	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,7	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,9	20	0	100	10	7	85	92,5
0,5	0,001	20	0	100	10	6	80	90,0
	0,01	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,1	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,3	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,5	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,7	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,9	20	0	100	10	7	85	92,5
0,75	0,001	20	0	100	10	6	80	90,0
	0,01	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,1	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,3	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,5	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,7	20	0	100	10	7	85	92,5
	0,9	20	0	100	10	7	85	92,5

Berdasarkan Tabel 2 hasil pengujian tahap 1 mencapai tingkat akurasi sebesar 100% untuk setiap variasi nilai α dan nilai $deca$. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dengan benar semua data pasien yang didiagnosis DM tipe 2 oleh dokter. Sedangkan pengujian tahap 2 dilihat dari nilai $deca$ dan nilai α diperoleh rata-rata tingkat akurasi yang hampir sama yaitu sebesar 92,5%. Kesalahan deteksi hanya terjadi pada data SM.

3.3. Aplikasi Sistem Pendukung Keputusan

Dalam merancang sebuah aplikasi yang berfungsi sebagai alat bantu pendukung keputusan untuk mendeteksi penyakit diabetes melitus serta dapat memprediksi perkembangan statusnya menggunakan metode LVQ, perlu memperhatikan kemudahan penggunaan aplikasi tersebut bagi pasien (*user*). Adapun tampilan utama aplikasi sistem pendukung keputusan yang dirancang dengan menggunakan GUI MATLAB R2010a dapat dilihat pada Gambar 2, deteksi Tahap 1 Hasil Diagnosa Non DM dapat dilihat pada Gambar 3 dan Deteksi Tahap 2 Pasien DM diprognosis SM dapat dilihat pada Gambar 4.

Pemeriksaan Pasien

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT DIABETES MELITUS TIPE 2

Pemeriksaan Fisik

Tekanan Darah

Normal $\leq 120/80 \leq 0$
Prategensi $121-139/81-89 \leq 0.5$
Hipertensi Tahap 1 $140-159/90-99 \leq 0.5$
Hipertensi Tahap 2 $\geq 160/100 \leq 1$

Gula Darah Sewaktu

Normal $<115 \leq 0$
Prediabetes ≤ 0.5
Diabetes ≤ 1

IMT

Underweight $<18.5 \leq 0$
Normal $18.5 - 24.9 \leq 0.5$
Overweight $25 - 29.9 \leq 0.5$
Obesitas ≤ 1

Lingkar Perut

Normal $P < 90, L < 80 \leq 0$
Lebih $P \geq 90, L \geq 80 \leq 1$

Intervensi Tambahan

Genetik

Tidak Memiliki Riwayat DM ≤ 0
Memiliki Riwayat DM ≤ 1

Aktifitas Fisik

Jarang ≤ 0
Sering ≤ 0

Pola Makan

Kurang Baik ≤ 0
Baik ≤ 1

Merokok

Tidak Merokok ≤ 0
Merokok ≤ 1

Identitas Pasien

Jenis Kelamin

Pemampuan ≤ 0
Laki-laki ≤ 1

Usia

35-55 tahun ≤ 0
65-85 tahun ≤ 1

Deteksi Tahap 1 **Diagnosa**

Selamat! Anda terbebas dari penyakit DM

RESET CLOSE

Gambar 3 : Deteksi Tahap 1 Hasil Diagnosa Non DM

Pemeriksaan Pasien

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT DIABETES MELITUS TIPE 2

Pemeriksaan Fisik

Tekanan Darah

Normal $\leq 120/80 \leq 0$
Prategensi $121-139/81-89 \leq 0.5$
Hipertensi Tahap 1 $140-159/90-99 \leq 0.5$
Hipertensi Tahap 2 $\geq 160/100 \leq 1$

Gula Darah Sewaktu

Normal $<115 \leq 0$
Prediabetes ≤ 0.5
Diabetes ≤ 1

IMT

Underweight $<18.5 \leq 0$
Normal $18.5 - 24.9 \leq 0.5$
Overweight $25 - 29.9 \leq 0.5$
Obesitas ≤ 1

Lingkar Perut

Normal $P < 90, L < 80 \leq 0$
Lebih $P \geq 90, L \geq 80 \leq 1$

Intervensi Tambahan

Genetik

Tidak Memiliki Riwayat DM ≤ 0
Memiliki Riwayat DM ≤ 1

Aktifitas Fisik

Jarang ≤ 0
Sering ≤ 0

Pola Makan

Kurang Baik ≤ 0
Baik ≤ 1

Merokok

Tidak Merokok ≤ 0
Merokok ≤ 1

Identitas Pasien

Jenis Kelamin

Pemampuan ≤ 0
Laki-laki ≤ 1

Usia

35-55 tahun ≤ 0
65-85 tahun ≤ 1

Deteksi Tahap 1 **Diagnosa**

RESET CLOSE

Gambar 2 : Tampilan Utama Aplikasi

SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK MENDETEKSI PENYAKIT DIABETES MELITUS TIPE 2

Pemeriksaan Fisik

Tekanan Darah

Normal $\leq 120/80 = 0$
 Prehipertensi $120-139/80-89 = 0.5$
 Hipertensi Tahap 1 $140-159/90-99 = 0.6$
 Hipertensi Tahap 2 $\geq 160/100 = 1$

Gula Darah Sewaktu

Normal $< 110 = 0$
 Prediabetes $= 0.5$
 Diabetes $= 1$

IMT

Underweight $< 18.5 = 0$
 Normal $18.5-24.9 = 0.3$
 Overweight $25-29.9 = 0.6$
 Obesitas $= 1$

Lingkar Perut

Normal P-40, L-40 $= 0$
 Lebih P-40, L-40 $= 1$

Informasi Tambahan

Genetik

Tidak Memiliki Riwayat DM $= 0$
 Memiliki Riwayat DM $= 1$

Aktivitas Fisik

Jarang $= 0$
 Sering $= 0$

Pola Makan

Kurang Baik $= 0$
 Baik $= 1$

Merokok

Tidak Merokok $= 0$
 Merokok $= 1$

Identitas Pasien

Jenis Kelamin

Pemempuan $= 0$
 Laki-laki $= 1$

Usia

35-39 tahun $= 0$
 40-49 tahun $= 1$

Deteksi Tahap 1

DM Tipe 2

Deteksi Tahap 2

Diagnosis

Kadar Kolesterol

Normal $\leq 180 = 0$
 Tinggi $> 180 = 1$

Kadar HbA1c

Baik $< 6.5\% = 0$
 Sedang $6.5-7.9\% = 0.5$
 Buruk $\geq 8\% = 1$

Hati-hati! Jaga pola hidup anda, Lanjutkan Pemeriksaan

RESET CLOSE

Gambar 4 : Deteksi Tahap 2 Pasien DM dipronosis SM

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Proses klasifikasi terbagi atas 2 tahapan, yaitu tahap 1 untuk menentukan DM tipe 2 atau non DM, dan tahap 2 untuk memprediksi prognosis DM tipe 2 menjadi SM atau non SM (pasien masih dalam kategori DM tipe 2) dilakukan terhadap 200 data yang masing-masing dibagi menjadi 120 data pelatihan (*training*) dan 80 data pengujian (*testing*). Hasil deteksi terbaik pada tahap 1 yaitu sebesar 96,67% dapat diperoleh dengan menggunakan laju pelatihan (α) sebesar 0,7 dan laju penurunan ($deca$) sebesar 0,75. Sedangkan hasil deteksi terbaik pada tahap 2 rata-rata tingkat akurasi sebesar 92,5% menggunakan berbagai variasi laju pelatihan (α) dan laju penurunan ($deca$).
- Kesalahan deteksi pada tahap 2 hanya terjadi pada data SM yang terdeteksi sebagai DM.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Depkes RI, *Tahun 2030 Prevalensi Diabetes Mellitus di Indonesia Mencapai 21,3 Juta Orang*, 2009, Diakses pada Kamis, 22 September 2017.
- [2] Gibney, M.J., et al., *Gizi Kesehatan Masyarakat*, 2009, Jakarta: EGC.
- [3] Hadnanto, M. A, *Perbandingan Beberapa Metode Algoritma JST untuk Pengenalan Pola Gambar*, 1996, Surabaya: Lab. Teknik Elektronika ITS.
- [4] Hariri, Fajar Rohman, *Implementasi Metode Learning Vector Quantization untuk Diagnosa Penyakit Diabetes Mellitus*, 2013, Yogyakarta: SEMNASTEKNOMEDIA.
- [5] Kusumadewi, Sri, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan menggunakan Matlab dan Excel Link*, 2004, Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [6] [NHANES] National Health and Nutrition Examination Survey, 2010, Prevalence of Obesity Among Children and Adolescents: United States, Trends 1963 – 1965.
- [7] Reaven, G, *Metabolic Syndrome, Pathophysiology and Implications for Management of Cardiovascular Disease*, 2002, *Circulation* 2002; 106:286.
- [8] [WHO] World Health Organization, *About Diabetes*. http://www.who.int/diabetes/action_online/basics/en/index3.html, 2012, Diakses pada Kamis, 22 September 2017.
- [9] Sumantri, S, *Sindrom Metabolik dan Nefropati Diabetik pada Diabetes Mellitus Tipe 2*, 2010, Departemen Ilmu Penyakit Dalam FKUI-RSCM.
- [10] Widodo, T. N, *Sistem Neuro Fuzzy*, 2005, Yogyakarta: Graha Ilmu.