

## APLIKASI METODE OTSU UNTUK IDENTIFIKASI BAKTERI TUBERKULOSIS SECARA OTOMATIS

Nelly Mirnasari, Kusworo Adi \*  
Jurusan Fisika Universitas Diponegoro  
Jalan Prof. H. Soedarto, SH. Tembalang Semarang 50275  
\*E-mail: [kusworoadi@undip.ac.id](mailto:kusworoadi@undip.ac.id)

### ABSTRACT

*Tuberculosis (TB) is an infectious disease caused by Mycobacterium tuberculosis. In this research, Ziehl-Neelsen sputum image is used to identify TB bacteria. Image segmentation process is done by using Otsu auto-thresholding to split object from its background in the ZN-stain sputum sample image. Morphology operation is done toward the splitting result to obtain the value of compactness, metric, and eccentricity of each object in the image which later will be used as input for the Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to be classified.*

*Result of the research show that segmentation using Otsu method is capable to properly split the object expected as bacteria from its background. The network testing show that ANFIS architecture with gbellmf as membership function type will work properly if it has 2 MFs on each input with epoch of 40.*

*Keywords: Tuberculosis, Ziehl-Neelsen (ZN) Stain, Otsu method, auto-thresholding, fuzzy, ANFIS.*

### ABSTRAK

*Tuberkulosis (TB) merupakan penyakit menular yang disebabkan oleh Mycobacterium tuberculosis. Penelitian ini menggunakan sampel dahak Ziehl-Neelsen stain untuk identifikasi bakteri TB. Proses segmentasi citra dilakukan menggunakan metode auto - thresholding Otsu untuk memisahkan objek dengan latar pada citra sampel dahak ZN-Stain. Operasi morfologi dilakukan terhadap hasil pemisahan tersebut untuk mendapatkan nilai compactness, metric, dan eccentricity dari masing-masing objek pada citra yang kemudian akan digunakan sebagai masukan pada Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) untuk diklasifikasikan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa segmentasi menggunakan metode Otsu dapat memisahkan dengan baik objek yang diduga sebagai bakteri dengan latarnya. Pengujian jaringan menunjukkan bahwa arsitektur ANFIS dengan tipe fungsi keanggotaan gbellmf akan bekerja dengan baik jika memiliki 2 MFs pada masing-masing input dengan 40 epoch.*

*Kata kunci: Tuberkulosis, Ziehl-Neelsen (ZN) Stain, metode Otsu, auto-thresholding, fuzzy, ANFIS.*

### PENDAHULUAN

Pesatnya kemajuan dalam perkembangan perangkat keras komputer, perangkat lunak, algoritma pengolahan citra dan kecerdasan buatan telah mengarah kepada penelitian dan pengembangan sistem diagnosis tuberkulosis (TB) berbasis komputer. Tujuan dari sistem ini adalah untuk membantu paramedis dalam proses diagnose [1]. Sejumlah teknik deteksi otomatis menggunakan pewarnaan dahak telah banyak dikerjakan oleh para peneliti. Beberapa diantaranya menggunakan citra mikroskopis fluorosens (Forero dkk., 2004; Veropoulus dkk., 1998; Veropoulus dkk.,

1999) sedangkan yang lainnya menggunakan citra mikroskopis cahaya (Khutlang dkk., 2009; Nayak dkk., 2010; Sadaphal dkk., 2008).

Pada algoritma Costa yang bertujuan untuk mengidentifikasi *background* pada citra sehingga nantinya citra bisa disegmentasi dengan benar, karakterisasi *background* citra dilakukan dalam *RGB-color space* dengan memperoleh kanal R minus G (R-G), dimana kontras antara bakteri *ZN-stain* dan *background* dimaksimalkan. Parameter global  $x$  dipilih secara empirik kemudian digunakan untuk menentukan nilai

*threshold* L dan mensegmentasi citra. *Thresholding* pada kanal R-G menggolongkan piksel-piksel berdasarkan informasi warna dan menyoroti piksel-piksel yang berpotensi sebagai bakteri. Filter morfologi digunakan untuk menyingkirkan citra positif bukan bakteri [2].

Pada algoritma Khutlang, *pixel classifier* untuk piksel-piksel citra *RGB* dipakai untuk mensegmentasi citra *ZN-stain*. Output dari semua *classifiers* adalah dua nilai per piksel, sesuai dengan kemungkinan piksel tersebut merupakan bakteri/non-bakteri. Kelas utama dari *classifiers* yang digunakan adalah Bayes', regresi linear, diskriminan kuadratik dan *K-nearest neighbor (kNN)*, deskriptor Fourier, penyamataan *RGB moments*, *eccentricity* dan nilai warna piksel kemudian diekstraksi dari citra yang disegmentasi sebagai deskriptor bentuk dan warna. Variasi *classifiers* diimplementasikan dalam paper Khutlang, termasuk *Probabilistic Neural Networks (PNNs)*, *Support Vector Machines (SVMs)* dan *kNN classifiers*. Hasil klasifikasi dihitung untuk kumpulan fitur dari berbagai kombinasi pola seleksi subset fitur dan pemetaan Fisher [2].

Sadaphal memperoleh histogram 3 dimensi dari probabilitas fungsi densitas yang menunjukkan kemungkinan sebuah piksel merupakan piksel bakteri untuk triplet khusus dari nilai piksel merah, hijau, dan biru menggunakan segmentasi manual citra positif TB pada dataset. Penutup biner diperoleh dengan men-*threshold* intensitas piksel pada tiap kanal (*RGB*) dan diperbaiki menggunakan morfologi dilasi dengan *structuring element* lingkaran. Piksel-piksel diuji terhadap berbagai orientasi dan bentuk bakteri yang diketahui setelah proses segmentasi. *Axis ratio* dan *eccentricity*

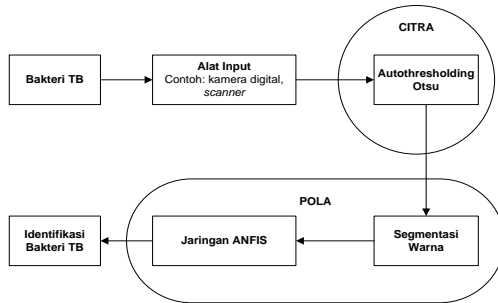
merupakan dua deskriptor yang digunakan di sini. Tidak ada hasil kuantitatif yang disajikan dalam *paper*nya [2].

Algoritma yang dikembangkan oleh Ibnu Siena dkk. dengan menggunakan proses segmentasi citra berdasarkan warna bertujuan untuk memisahkan bakteri dengan latar pada sampel dahak *ZN-Stain*. Proses segmentasi pada algoritma ini masih dilakukan secara manual. Hasil segmentasi berdasarkan warna menggunakan metode *k-means* ini kemudian melalui proses morfologi untuk mendapatkan nilai *eccentricity* dan *compactness* dari masing-masing objek pada citra. Kedua nilai deskriptor bentuk tersebut selanjutnya menjadi masukan pada jaringan syaraf tiruan. Arsitektur jaringan pada algoritma ini menggunakan fungsi pelatihan *Levenberg-Marquardt backpropagation* [3]. Kelemahan dari algoritma ini selain proses segmentasi yang masih dilakukan secara manual yaitu tidak mampu mengidentifikasi bakteri yang bertumpuk.

Berdasarkan beberapa permasalahan di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menghitung jumlah bakteri TB menggunakan *adaptive neuro - fuzzy inference system* secara otomatis dengan metode Otsu *automatic color thresholding*. Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya dimana pendeteksian bakteri tuberkulosis dengan metode yang hampir sama masih dilakukan secara manual.

## METODE PENELITIAN

Secara garis besar, proses identifikasi otomatis bakteri TB ditunjukkan pada Gambar 1.



**Gambar 1. Proses pada suatu citra [4]**

Metode Otsu digunakan untuk membagi histogram citra *gray level* ke dalam dua daerah yang berbeda secara otomatis tanpa membutuhkan bantuan *user* untuk memasukkan nilai ambang. Pendekatan yang dilakukan oleh metode Otsu adalah dengan melakukan analisis diskriminan yaitu menentukan suatu variabel yang dapat membedakan antara dua atau lebih kelompok yang muncul secara alami. Analisis Diskriminan akan memaksimumkan variable tersebut agar dapat membagi objek latar depan (*foreground*) dan latar belakang (*background*). Formulasi dari metode Otsu adalah sebagai berikut: Nilai ambang yang akan dicari dari suatu citra *gray level* dinyatakan dengan  $k$ . Nilai  $k$  berkisar antara 1 sampai dengan  $L$ , dengan nilai  $L = 255$ . Probabilitas setiap piksel pada *level* ke  $i$  dapat dinyatakan [5]:

$$p_i = n_i / N \quad (1)$$

dengan  $n_i$  menyatakan jumlah piksel level ke  $i$ ,  $N$  menyatakan total jumlah piksel citra

Nilai *Zeroth cumulative moment*, *First cumulative moment*, dan total nilai *mean* berturut-turut dapat dinyatakan dengan rumus berikut [5]:

$$\omega(k) = \sum_{i=1}^k p_i \quad (2)$$

$$\mu(k) = \sum_{i=1}^k i \cdot p_i \quad (3)$$

$$\mu_T = \sum_{i=1}^L i \cdot p_i \quad (4)$$

Nilai ambang  $k$  diperoleh melalui persamaan:

$$\sigma_B^2(k^*) = \max_{1 \leq k \leq L} \sigma_B^2(k) \quad (5)$$

dengan

$$\sigma_B^2(k) = \frac{[\mu_T \omega(k) - \mu(k)]^2}{\omega(k)[1 - \omega(k)]} \quad (6)$$

### Operasi Morfologi

Morfologi merupakan teknik pengolahan citra digital dengan menggunakan bentuk objek sebagai pedoman dalam pengolahan [4]. Nilai dari setiap piksel dalam citra digital diperoleh melalui proses perbandingan antara piksel yang bersesuaian pada citra digital masukan dengan piksel tetangganya. Operasi morfologi tidak memperhatikan nilai *numeric* dari piksel melainkan bergantung pada urutan kemunculan dari piksel,. Hal ini menyebabkan teknik morfologi sesuai apabila digunakan untuk melakukan pengolahan *binary image* dan *grayscale image*. Operasi morfologi standar yang biasa dilakukan adalah proses erosi dan dilasi.

### Operasi Dilasi

Dilasi adalah operasi morfologi yang akan menambahkan piksel pada batas antar objek dalam suatu citra digital. Dilasi antara  $A$  dan  $B$  dinyatakan  $A \oplus B$  dan dirumuskan dengan persamaan [6]:

$$A \oplus B = \{z \mid (B)_z \cap A \neq \emptyset\} \quad (7)$$

Persamaan ini didasarkan pada perefleksian  $B$  terhadap originnya, dan pergeseran refleksi oleh  $z$ . Dilasi  $A$  oleh  $B$  merupakan himpunan semua displacement  $z$ , sebagaimana  $B$  dan  $A$  overlap paling sedikit satu elemen. Berdasarkan pada interpretasi tersebut, persamaan (7) dapat ditulis kembali secara ekivalen sebagai [7]:

$$A \oplus B = \{z \mid [(B)_z \cap A] \subseteq A\} \quad (8)$$

Himpunan B adalah strel, sedangkan A himpunan (objek citra yang terdilasi). Operasi dilasi menggunakan aturan sebagai berikut: “Untuk citra *grayscale* maka nilai hasil operasi (*output pixel*) adalah nilai maksimal yang diperoleh dari himpunan piksel tetangganya. Dalam *binary image*, jika ada piksel tetangga yang bernilai 1 maka *output pixel* akan diset menjadi 1” [4].

### Operasi Erosi

Erosi adalah operasi morfologi yang akan mengurangi piksel pada batas antar objek dalam suatu citra digital. Erosi antara A dan B dinyatakan  $A \ominus B$  dan didefinisikan [6]:

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \subseteq A\} \quad (9)$$

Persamaan (9) menunjukkan bahwa erosi A oleh B adalah kumpulan semua titik di mana B ditranslasikan oleh z di dalam isi A. B di sini adalah *structuring elemen*. Persamaan erosi tersebut dapat ditulis ulang dengan bentuk ekivalennya [7]

$$A \ominus B = \{z | (B)_z \cap A^c \neq \emptyset\} \quad (10)$$

di mana  $A^c$  adalah komplement A dan  $\emptyset$  adalah himpunan kosong. Operasi ini menggunakan aturan sebagai berikut: “Untuk citra *grayscale* maka nilai hasil operasi (*output pixel*) adalah nilai minimal yang diperoleh dari himpunan piksel tetangganya. Dalam *binary image*, jika ada piksel tetangga yang bernilai 0 maka *output pixel* akan diset menjadi 0” [4].

### Deskriptor

Deskriptor yang digunakan dalam penelitian ini ada tiga, yaitu :

#### 1. Eccentricity

*Eccentricity* adalah perbandingan panjang antara *major* dan *minor axis* [8]. Nilai *eccentricity* dari sebuah daerah yang

berbentuk elips dapat dituliskan seperti persamaan berikut ini:

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad (11)$$

dimana  $e$  adalah nilai *eccentricity*,  $a$  adalah panjang dari *major axis*, dan  $b$  adalah panjang dari *minor axis* [8].

#### 2. Compactness

*Compactness* adalah perbandingan antara kuadrat keliling dengan luas dari suatu objek. Nilai *compactness* tidak terpengaruh oleh perubahan skala dari suatu objek maupun perubahan sudut rotasi karena merupakan nilai perbandingan dan tidak memiliki dimensi.

$$C = \frac{P^2}{A} \quad (12)$$

dimana  $C$  adalah nilai *compactness*,  $P$  adalah nilai keliling, dan  $A$  merupakan luas objek.

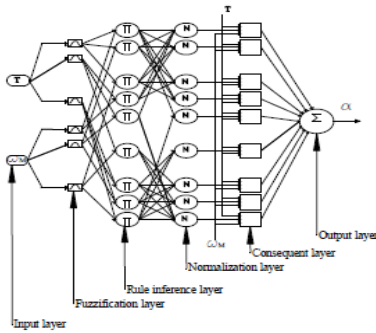
#### 3. Metric

*Metric* merupakan sebuah besaran yang menunjukkan tingkat kebulatan bentuk suatu objek. Nilai *metric* =  $4\pi \times \text{luas bakteri} / (\text{keliling bakteri})^2$ . Nilai ini berkisar antara 0 hingga 1. Semakin bulat suatu objek, maka nilai *metric*-nya semakin mendekati 1 [9].

### Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)

*ANFIS* adalah sebuah jaringan adaptif *multilayer* berbasis *fuzzy inference system* yang diusulkan oleh Jang [10]. Arsitektur *ANFIS* merupakan penggabungan dari jaringan syaraf tiruan dan logika *fuzzy*. *ANFIS* terdiri dari aturan-aturan *if-then* dan pasangan-pasangan *input-output*. Algoritma pembelajaran jaringan syaraf tiruan juga digunakan pada pelatihan *ANFIS* [11].

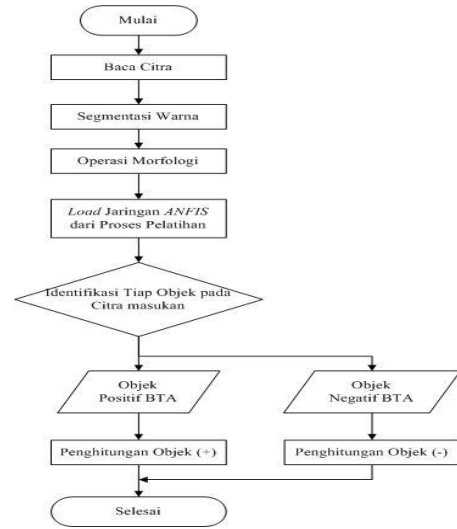
Struktur jaringan ANFIS ditunjukkan dalam lima *layer* yang dapat diuraikan sebagai sebuah jaringan syaraf tiruan *multilayer* seperti pada Gambar 2. *Layer* pertama menjalankan proses fuzzifikasi, *layer* kedua menjalankan *fuzzy AND* dari bagian premise pada aturan *fuzzy*, *layer* ketiga menormalisasi *membership functions (MFs)*, *layer* keempat menjalankan *consequent part* dari aturan *fuzzy*, dan *layer* terakhir menghitung keluaran dengan menjumlahkan keluaran-keluaran dari empat *layer* tersebut [12].



Gambar 2. Struktur jaringan ANFIS [13]

### Pengembangan Algoritma Identifikasi TB secara Otomatis

Proses pengolahan citra diawali dengan membuka *file* dataset bentuk bakteri TB yang akan dilatih. Tahap selanjutnya adalah proses segmentasi citra untuk memisahkan objek dengan latarnya menggunakan metode *auto-thresholding* Otsu kemudian dilakukan operasi morfologi. Setelah pelatihan sistem dilakukan terhadap data set, program diuji dengan menggunakan citra sampel dahak yang ada. Diagram alir pengolahan citra pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir algoritma pengolahan citra

### Arsitektur ANFIS

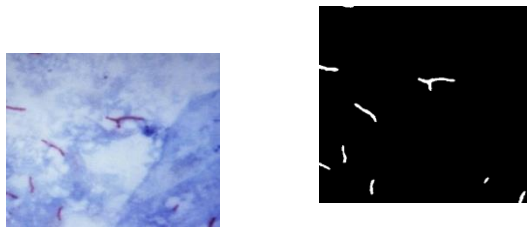
*Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System* yang digunakan pada penelitian ini menggunakan fungsi keanggotaan *gbellmf* dengan logika AND. Metode pelatihan yang digunakan adalah metode *backpropagation*. ANFIS tersusun atas lima lapisan dengan jumlah elemen pemroses yang berbeda-beda sebagai berikut :

- Lapisan *input* memiliki 3 (tiga) elemen, yaitu *compactness*, *metric*, dan *eccentricity*.
- Jumlah elemen pada lapisan *inputmf*, *rule*, dan *outputmf* digunakan sebagai variabel penelitian. Percobaan dilakukan mulai dari nilai 2 sampai dengan 6 elemen untuk tiap-tiap lapisan.
- Lapisan *output* mempunyai 1 (satu) elemen dengan rentang nilai antara 0 sampai 1.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Segmentasi Warna

Proses segmentasi warna dimulai dengan mengekstraksi komponen *hue* dari citra (mengubah citra *RGB* ke *HSV (Hue, Saturation, Value)*) kemudian mengubahnya menjadi citra biner. Pada penelitian ini, *auto-thresholding* menggunakan metode Otsu dilakukan untuk memisahkan objek dengan latarnya secara otomatis. Salah satu sampel citra dan hasil segmentasinya berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 4.



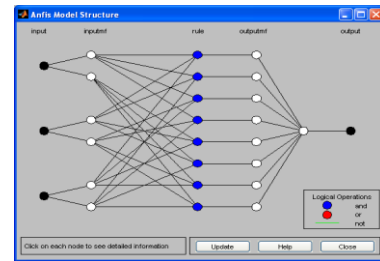
(a) (b)

Gambar 4. (a) Citra asli. (b) Citra hasil segmentasi

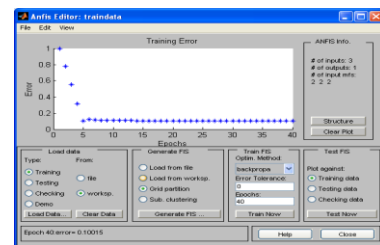
### Pelatihan ANFIS

Proses pelatihan *ANFIS* dimulai dengan pengumpulan data pelatihan berupa nilai *compactness*, *eccentricity* dan *metric* dari dataset 929 bentuk bakteri TB. Nilai-nilai ini kemudian digunakan sebagai *input*. Pada penelitian ini, metode *backpropagation* digunakan untuk pelatihan *ANFIS*. Metode ini dipilih karena bekerja berdasarkan pasangan data masukan dan target. Data masukan berupa matriks 4 (empat) kolom dimana kolom pertama sampai kolom ketiga merupakan masukan sementara kolom terakhir akan dianggap sebagai target keluaran secara otomatis oleh jaringan. Jumlah baris menyatakan jumlah data yang akan dilatih dimana semakin

banyak data yang dilatih, maka hasilnya akan semakin baik [14]. Tampilan arsitektur dan pelatihan *ANFIS* yang digunakan dalam penelitian ini berturut-turut ditunjukkan oleh Gambar 5 (a) dan (b).



(a)



(b)

Gambar 5. (a) Arsitektur ANFIS. (b) Pelatihan ANFIS

Jaringan memiliki 5 (lima) lapisan dimana lapisan kedua (*inputmf*) digunakan sebagai variabel optimalisasi jaringan. Setiap nilai input akan terhubung dengan fungsi keanggotaan *input (inputmf)* kemudian diproses melalui lapisan *rule*. Selanjutnya, data dari lapisan *rule* akan dikirim ke lapisan *outputmf* kemudian dilakukan pengambilan keputusan. Inisialisasi parameter pelatihan jaringan *ANFIS* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Epoch* adalah 40.

Jika nilai *epoch* telah mencapai nilai tersebut maka pelatihan jaringan akan berhenti.

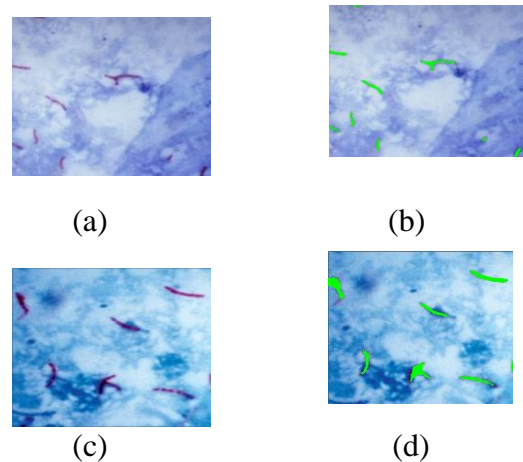


2. Toleransi kesalahan adalah 0.  
Pelatihan jaringan akan berhenti jika nilai toleransi kesalahan adalah 0.

Berdasarkan hasil pelatihan jaringan untuk setiap perubahan jumlah fungsi keanggotaan dan nilai *epoch* dapat disimpulkan bahwa semakin besar jumlah *epoch* diberikan maka errornya akan semakin kecil. Berdasarkan pelatihan, jumlah *membership functions* yang paling baik untuk penelitian ini adalah 2 karena sistem bisa mengidentifikasi bakteri dengan lebih baik dibandingkan dengan jumlah lainnya. Nilai *epoch* yang paling baik untuk penelitian ini adalah 40. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa performa terbaik jaringan diperoleh ketika jumlah *membership functions* untuk masing-masing *input* pada lapisan *inputmf* adalah 2 dengan jumlah *epoch* adalah 40.

### Identifikasi

Representasi dan deskripsi objek pada penelitian ini diberikan dalam bentuk nilai *compactness*, *metric* dan *eccentricity* dari masing-masing objek yang akan menunjukkan apakah suatu objek merupakan bakteri TB atau bukan. Ketiga deskriptor ini dipilih karena merupakan nilai perbandingan sehingga tidak terpengaruh oleh perbesaran citra maupun arah dan letak bakteri. *Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS)* yang telah dilatih digunakan untuk mengidentifikasi data masukan berupa citra sampel *ZN-Stain*. Citra 1 dan 2 yang digunakan sebagai masukan memiliki ketajaman dan pencahayaan yang baik sehingga hasilnya baik. Gambar 6 merupakan hasil identifikasi citra menggunakan *ANFIS*.



**Gambar 6. (a) (c) citra asli; (b) (d) citra hasil identifikasi.**

Hasil identifikasi bakteri TB pada citra *ZN-Stain* di atas menunjukkan bahwa jaringan dapat mengenali dan menghitung jumlah bakteri dengan baik. Pada Gambar 6 (b), dari 10 objek yang diduga sebagai bakteri, ada 10 objek yang terdeteksi sebagai bakteri TB (objek (+)). Sedangkan pada Gambar 6 (d), dari 8 objek yang diduga sebagai bakteri, ada 8 objek yang terdeteksi sebagai bakteri TB (objek (+)). Hal ini menunjukkan bahwa jaringan dapat mengidentifikasi semua objek yang diduga sebagai bakteri sebagai positif bakteri TB pada citra 1 dan citra 2.

### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan :

1. Program yang dibuat mampu mengidentifikasi dan menghitung jumlah bakteri tuberkulosis.
2. Pengujian jaringan menunjukkan bahwa performa terbaik diperoleh ketika jaringan diberikan 2 *membership functions (MFs)* untuk masing-masing *input* dan *epoch* 40.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Osman, M.K.; Mashor, M.Y. & Jaafar, H. 2011. *Combining Thresholding and Clustering Techniques for Mycobacterium Tuberculosis Segmentation in Tissue Sections*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 5 (12) : 1270-1279. ISSN 1991-8178.
- [2]. Chang, Jeannette. 2012. *Automated Tuberculosis Diagnosis Using Fluorescence Images from a Mobile Microscope*. Berkeley: University of California.
- [3]. Siena, Ibnu. 2012. *Pengolahan Citra Digital untuk Deteksi Bakteri Tuberkulosis dari Citra Sampel Dahak Ziehl-Neelsen Stain berbasis Jaringan Saraf Tiruan*. Semarang: FSM Undip.
- [4]. Wirayuda, T.A.B. 2006. *Pemanfaatan Operasi Morfologi untuk Proses Pendeteksian Sisi pada Pengolahan Citra digital*. Seminar Nasional Sistem dan Informatika. SNSI 06-018106. Bali.
- [5]. Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.
- [6]. Gonzalez, R.C. dan Woods, R.E. 2004. *Digital Image Processing Second Edition*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [7]. Prasetyo, Eko. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: ANDI.
- [8]. Gonzalez, R. C. dan Woods, R. E. 2002. *Digital Image Processing Second Edition*. ISBN 978-0201180756. New Jersey: Pearson Education.
- [9]. Pamungkas, Adi. 2012. *Penghitungan Otomatis Jumlah Sel Darah Merah dan Identifikasi Fase Plasmodium Falciparum menggunakan Operasi Morfologi*. Semarang: FSM Universitas Diponegoro.
- [10]. Wei, Mingzhen; Baojun Bai; Andrew H. Sung; Qingzhong Liu; Jiachun Wang dan Martha E. Carther. 2007. *Predicting Injection Profiles using ANFIS*. Information Sciences 177 (2007) 4445-4461. Diakses Tanggal 28 Februari 2013 Pukul 9:07 PM.
- [11]. Boyacioglu, M.A. dan Derya Avci. 2010. *An Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) for the Prediction of Stock Market Return: The Case of the Istanbul Stock Exchange*. Expert System with Applications 37 (2010) 7908-7912. Diakses Tanggal 28 Februari 2013 Pukul 9:04 PM.
- [12]. Odeh, Suhail M. 2011. *Using an Adapative Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) Algorithm for Automatic Diagnosis of Skin Cancer*. Journal of Communication and Computer 8 (2011) 751-755. Diakses Tanggal 28 Februari 2013 9:02 PM.
- [13]. Hou Z.X. dan LI H.Q. 2002. *Nonlinear System Identification based on Adaptive Neural Fuzzy Inference System*. IEEE vol. 1. Pp. 2067-2069.
- [14]. Widodo, Prabowo P. dan Rahmadya Trias H. 2012. *Penerapan Soft Computing dengan Matlab*. Bandung: Rekayasa Sains.