

Identifikasi Sperma Sapi Normal Dan Abnormal Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Algoritma Backpropagation

Ri Munarto, Endi Permata, Giovani Orlando

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Jl. Jenderal Sudirman Km. 3 Cilegon-Banten 42435

Email : rim_munarto@yahoo.com, endi_permata@yahoo.com, geovaniorlando@gmail.com

Abstrak – Kualitas spermatozoa dapat ditentukan berdasarkan beberapa kriteria, diantaranya bentuk dan ukuran, seperti bentuk kepala, daerah kepala, panjang dan lebar kepala, rasio panjang-lebar kepala, bentuk dan panjang ekor, dan dari perilaku gerakan (motilitas). Pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi sperma sapi normal dan abnormal berdasar ciri-ciri bentuk kepala dan ekor menggunakan algoritma jaringan saraf tiruan algoritma backpropagation. Objek penelitian adalah citra sperma sapi yang didapatkan dari website University of Wisconsin–Madison departemen of animal sciences Amerika Serikat yang terdiri dari 30 citra sperma sapi normal dan 30 citra sperma sapi abnormal. Segmentasi citra untuk memisahkan spermatozoa dari latarnya menggunakan pendeteksi tepi Canny, selanjutnya dilakukan pengkodean rantai menggunakan metode freeman chain code. Ekstraksi fitur menggunakan Elliptical Fourier Descriptor sehingga akan diperoleh koefisien harmonik fourier ke-n yaitu a_n , b_n , c_n dan d_n . Proses klasifikasi dan identifikasi sperma sapi normal dan abnormal menggunakan jaringan saraf tiruan algoritma backpropagation. Dari tiga kali pengujian yang dilakukan menunjukkan akurasi terbaik pada harmonik fourier sama dengan 6 ($N=6$), yaitu sebesar 80% dengan demikian bentuk kepala dan ekor dapat digunakan untuk mengidentifikasi sperma sapi normal dan abnormal.

Kata kunci : Sperma Sapi, Elliptical Fourier Descriptor, Kode Rantai, Jaringan Saraf Tiruan

Abstract – Quality of spermatozoa can be found based on several criteria, the length and width of the head, mid-piece and the length of the tail. This study aimed to identification normal and abnormal sperm of bulls with head and tail using artificial neural network with backpropagation algorithm. The object of research is the image of a bull sperm obtained from the website of the University of Wisconsin-Madison department of animal sciences United States, which consists of 30 images of a bull sperm normal and 30 images of a bull sperm abnormal. Segmentation using Canny edge detection method and then using freeman chain code method. Feature extraction using Elliptical Fourier Descriptor associated with harmonic fourier coefficients to-n namely a_n , b_n , c_n dan d_n . Harmonic fourier coefficients are used for the identification of normal and abnormal sperm bull by using backpropagation artificial neural network. The identification results of three tests performed showed the best accuracy on Fourier harmonic is equal to 6 ($N = 6$), amounting to 80% thereby shape feature can be used to identification the bull normal and abnormal sperm.

Keyword : Sperm Bull, Elliptical Fourier Descriptor, Chain Code, Artificial Neural Network

I PENDAHULUAN

Spermatozoid atau sel sperma atau spermatozoa (berasal dari Bahasa Yunani Kuno yang berarti benih dan makhluk hidup) adalah sel dari sistem reproduksi jantan. Sel sperma akan membentuk zigot. Zigot adalah sebuah sel dengan kromosom lengkap yang akan berkembang menjadi embrio. Peran aktif spermatozoon sebagai gamet jantan sehingga penting pada keberhasilan munculnya individu baru oleh karena itu di dalam reproduksi sering diperlukan adanya standar kualitas spermatozoa. Analisis sperma yang dimaksud meliputi pemeriksaan jumlah milt yang dapat distriping dari seekor sapi jantan masak kelamin, kekentalan sperma, warna, bau, jumlah spermatozoa mati, motilitas (bila mungkin kemampuan gerak per menit) dan morfologi (ukuran dan bentuk kepala, ukuran ekor, berbagai penyimpangan, ada tidaknya akrosoma).

Spermatozoa di produksi oleh testis, spermatogenesis harus berlangsung sempurna agar kualitas sperma yang dihasilkan baik dan dapat maksimal melakukan fertilisasi. Spermatogenesis terjadi melalui beberapa tahapan-tahapan yang spesifik.

Proses pembentukan dan pemasakan spermatozoa disebut spermatogenesis. Spermatogenesis terjadi di tubulus seminiferus. Spermatogenesis mencakup pematangan sel epitel germinal melalui proses pembelahan dan diferensiasi sel, yang bertujuan untuk membentuk sperma fungsional. Pematangan sel terjadi di tubulus seminiferus yang kemudian disimpan di epididimis. Dinding tubulus seminiferus tersusun dari jaringan ikat dan jaringan epitelium germinal (jaringan epitelium benih) yang berfungsi pada saat spermatogenesis. Pintalan-pintalan tubulus seminiferus terdapat di dalam ruang-ruang testis (lobulus testis). Satu testis umumnya mengandung sekitar 250 lobulus testis.

Tubulus seminiferus terdiri dari sejumlah besar sel epitel germinal (sel epitel benih) yang disebut spermatogonia.

Spermatogonia terletak di dua sampai tiga lapisan luar sel-sel epitel tubulus seminiferus. Spermatogonia terus-menerus membelah untuk memperbanyak diri, sebagian dari spermatogonia berdiferensiasi melalui tahap-tahap perkembangan tertentu untuk membentuk sperma.

Perkembangan teknologi di bidang reproduksi ternak terus dilakukan demi menyempurnakan dan meningkatkan produktivitas. Cairan semen merupakan cairan ejakulat dari hewan sapi berupa cairan kental dan keruh. Cairan semen yang normal berwarna keputih-putihan dan berisi sekret dari kelenjar prostat, *vesikula seminalis* dan spermatozoa. Cairan semen berisi spermatozoa dan sejumlah garam kecil, protein dan fruktosa gula. Kualitas cairan semen dipengaruhi antara lain oleh kadar hormon, RAS dan lain-lain.

Salah satu tes laboratorium yang dapat menentukan kualitas spermatozoa dalam cairan semen adalah dengan analisis spermatozoa. Umumnya berbagai parameter dalam analisis spermatozoa ditentukan secara subjektif oleh ahli, karena ketiadaan peralatan standar kecuali *pH* dan volume.

Proses manual yang dilakukan oleh ahli, menyita banyak waktu dan tenaga [1]. Di laboratorium analisis spermatozoa ditentukan secara acak dalam setiap layang pandang mikroskop. Setiap layang pandang diperoleh informasi jumlah tertentu spermatozoa sapi yaitu normal dan abnormal secara acak. Hasil yang diperoleh dalam setiap layang pandang kemudian dijumlah dan dirata-rata, sehingga diperoleh informasi persentase spermatozoa normal dan abnormal dari setiap sediaan sampel. Metode konvensional ini akan menimbulkan perbedaan hasil pengukuran jika dilakukan oleh ahli yang berbeda, karena perhitungan spermatozoa normal dan abnormal dilakukan secara acak.

Tujuan utama suatu usaha peternakan adalah untuk meningkatkan efisiensi ekonomi dalam memproduksi daging dan susu. Dalam peternakan modern kegiatan inseminasi buatan telah dilakukan secara luas, dengan demikian peningkatan mutu ternak terus dilakukan. Pengujian konsentarsi sperma dan morfologi spermatozoa merupakan dasar hubungan kondisi spermatozoa yang dapat menentukan tingkat abnormal dan dapat berpengaruh pada fertilitas ternak [2]. Korelasi antara tingkat motilitas dan tingkat fertilitas dapat menjadi parameter kualitas semen. Pengujian morfologi semen menggunakan mikroskop cahaya dengan teknik berbeda akan menghasilkan keakuratan yang berbeda. Penentuan morfologi yang akurat pada setiap ejakulat memperlihatkan tingkat kesuburan pejantan. Tetapi tidak ada korelasi antara bobot badan pejantan dengan panjang spermatozoa. Juga tidak ada hubungan antara dimensi kepala spermatozoa dan massa genom atau jumlah kromosom serta waktu estrus [3]. Evaluasi spermatozoa secara makroskopis dan mikroskopis dapat menentukan kualitas spermatozoa, karena menurut Revay, *et.al.* [4], teknik pewarnaan sel dapat menentukan morfologi dan integritas membran meliputi morfologi, spermatozoa normal, daya tahan hidup dan keutuhan akrosom.

Dalam sistem reproduksi, jantan memiliki organ genitalia primer yang berfungsi memproduksi spermatozoa, yang di sebut testis. Spermatozoa di produksi oleh testis. Proses pembentukan spermatozoa oleh testis di sebut spermatogenesis. Spermatozoa adalah unit penting yang berperan dalam system reproduksi.

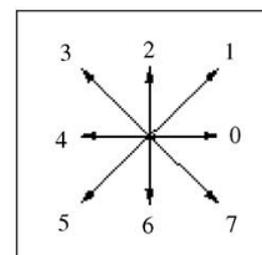
Dari penelitian sebelumnya oleh Winarno, Purnama, Hardiristanto, Mauridhi [5], tentang klasifikasi spermatozoa manusia normal dan abnormal menggunakan jaringan syaraf tiruan *backpropagation* tahun 2012, menggunakan data dari WHO Laboratory Manual For The Examination and Processing of Human Semen, terdiri dari 20 citra spermatozoa normal dan 92 abnormal, segmentasi menggunakan deteksi tepi *canny* dan code rantai, ekstraksi fitur dengan *elliptical fourier descriptor*, diperoleh saat harmonik fourier $N=4$ dengan akurasi 85,71%. Kemudian dari penelitian Hardiristanto, Eddy Wibawa, Mira, Budi, Munawir, Slamet, Nyoman, Dian, Lukman, tahun 2013 [6], tentang *Determining The Abnormality of Bull Sperm Tail Morphology Using Support Vector*, dengan 50 citra spermatozoa menggunakan bentuk ekor diperoleh akurasi 73,33%.

Penelitian ini untuk mengidentifikasi sperma sapi ke dalam kelas normal dan abnormal berdasarkan ciri-ciri morfologi bentuk kepala dan ekor dengan menggunakan jaringan syaraf tiruan algoritma *backpropagation*. Citra yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari website *University of Wisconsin-Madison departemen of animal sciences Amerika Serikat*. Terdapat 60 citra sperma sapi yang *cropping* secara manual terdiri dari 30 citra normal dan 30 abnormal. Citra sperma sapi semula dilakukan deteksi tepi menggunakan operator tepi *canny*. Selanjutnya dilanjutkan dengan pengkodean rantai *Freeman*. Ekstraksi fitur menggunakan *Elliptical Fourier Descriptor* dengan mengambil koefisien fourier beserta harmoniknya yaitu a_n , b_n , c_n dan d_n . Klasifikasi dan identifikasi menggunakan jaringan saraf tiruan algoritma *backpropagation*. Dilakukan masing-masing tiga percobaan untuk pelatihan dan pengujian, dengan data pelatihan masing-masing 20 spermatozoa normal dan abnormal, dan data pengujian 10 spermatozoa normal dan abnormal.

II. TEORI DASAR

1. Kode Rantai

Pengkodean rantai dimulai dari hasil pendeteksian tepi. Pengkodean ini berdasarkan pada Freeman pada kontur tertutup. Menurut deskripsi Freeman (Khul, 1982), sebuah kontur tertutup dapat dikodekan dengan 8 garis standar pada matriks 3x3 dimana elemen pusatnya adalah kaki garis dan ujungnya diberikan oleh satu elemen pada matriks seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1



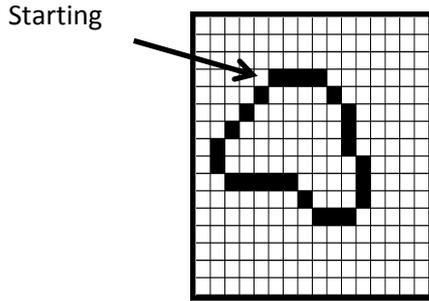
Gambar 1. Representasi pengkodean Freeman

Gambar 1 menunjukkan vektor arah pengkodean rantai dari tepi citra yang dapat direpresentasikan dalam bentuk kode angka antara 0 hingga 7. Masing-masing angka mewakili arah yang berbeda menyerupai arah mata angin. Dengan menggunakan pengkodean Freeman, sebuah kontur tertutup dapat digambarkan sebagai rantai.

$$C = u_1 u_2 u_3 u_4 \dots u_k \quad (1)$$

dimana $u \in \{0, 1, 2, \dots, 7\}$ merupakan vektor dengan arah $(\pi/4)u$. Panjang masing-masing u akan sama dengan 1 jika genap atau $\sqrt{2}$ jika ganjil.

Sebagai contoh pengkodean Freeman dari citra yang telah dilakukan pendeteksian tepi ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Contoh kontur citra biner

Berdasarkan kontur citra biner pada Gambar 2 dapat dikodekan sebagai berikut :

000776766544334444321111

Titik permulaan pengkodean rantai dimulai pada piksel yang terletak di sudut kiri atas. Misalkan u adalah elemen dari rantai Freeman, maka panjang (Δt) dari rantai tersebut adalah :

$$|u_i| = \Delta t = 1 + \left(\frac{\sqrt{2}-1}{2} \right) |1 - (-1)^{u_i}| \quad (2)$$

Sehingga jika p adalah banyaknya elemen pada rantai dari keseluruhan kontur, maka panjang rantai akan menjadi :

$$t_p = \sum_{i=1}^p \Delta t_i \quad (3)$$

jika Δx_i dan Δy_i merupakan proyeksi dari u_j pada

sumbu X dan Y , dengan nilai sebagai berikut :

$$\Delta x_i = \text{sign}(6 - u_i) x \text{sign}(2 - u_i) \quad (4)$$

$$\Delta y_i = \text{sign}(4 - u_i) x \text{sign}(u_i) \quad (5)$$

dengan

$$\text{sign}(\Omega) = \begin{cases} 1 & \text{jika } \Omega > 0 \\ 0 & \text{jika } \Omega = 0 \\ -1 & \text{jika } \Omega < 0 \end{cases} \quad (6)$$

Elemen generik p dari rantai Freeman yang memproyeksikan semua elemen 1 sampai p pada sumbu X dan Y dapat ditulis sebagai :

$$x_p = \sum_{i=1}^p \Delta x_i \quad (7)$$

$$y_p = \sum_{i=1}^p \Delta y_i \quad (8)$$

Elliptical Fourier Descriptor

Elliptical Fourier Descriptors merupakan suatu representasi parametrik dari kontur tertutup berbasis elips yang bergerak secara harmonik [7]. Untuk menghasilkan *Elliptical Fourier Descriptors* dari kurva dibutuhkan

ekspansi Fourier. Ekspansi Fourier dapat dilakukan dengan menggunakan bentuk kompleks atau trigonometri. Pada bagian ini, ekspansi Fourier didasarkan pada representasi trigonometri yang merujuk pada hasil penelitian Kuhl dan Giardina.

Ekspansi Fourier untuk proyeksi x dan y dari *chain code* pada kontur tertutup didefinisikan sebagai berikut:

$$x(t) = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos \frac{2n\pi}{T} + b_n \sin \frac{2n\pi}{T} \quad (9)$$

$$y(t) = C_0 + \sum_{n=1}^{\infty} c_n \cos \frac{2n\pi}{T} + d_n \sin \frac{2n\pi}{T} \quad (10)$$

dengan :

$$A_0 = \frac{1}{T} \int_0^T x(t) dt \quad (11)$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \cos \frac{2n\pi}{T} dt \quad (12)$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T x(t) \sin \frac{2n\pi}{T} dt \quad (13)$$

Koefisien harmonik berkaitan dengan harmonik ke- n , yaitu a_n dan b_n dapat ditentukan karena $x(t)$ merupakan potongan linier dan kontinu terhadap waktu. Turunan koefisien pada fungsi $x(t)$ dapat ditulis sebagai $\dot{x}(t)$ yang terdiri dari barisan potongan konstan turunan $\Delta x_p / \Delta t_p$ yang digabungkan dalam interval waktu $t_p < t < t_{p-1}$ untuk nilai p dalam rentang $1 \leq p \leq K$. Turunan terhadap waktu ini adalah periodic dengan periode T dan dapat direpresentasikan dengan barisan Fourier sebagai berikut :

$$\dot{x}(t) = \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \cos \frac{2n\pi}{T} + \beta_n \sin \frac{2n\pi}{T} \quad (14)$$

dengan :

$$\alpha_n = \frac{2}{T} \int_0^T \dot{x}(t) \cos \frac{2n\pi}{T} dt \quad (15)$$

$$\beta_n = \frac{2}{T} \int_0^T \dot{x}(t) \sin \frac{2n\pi}{T} dt \quad (16)$$

selanjutnya :

$$\alpha_n = \frac{2}{T} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta x_p}{\Delta t_p} \left(\sin \frac{2n\pi p}{T} - \sin \frac{2n\pi p-1}{T} \right) \quad (17)$$

$$\beta_n = \frac{2}{T} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta x_p}{\Delta t_p} \left(\cos \frac{2n\pi p}{T} - \cos \frac{2n\pi p-1}{T} \right) \quad (18)$$

dari definisinya $\dot{x}(t)$ dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$\dot{x}(t) = \sum_{n=1}^{\infty} -\frac{2n\pi}{T} a_n \sin \frac{2n\pi}{T} + \frac{2n\pi}{T} c_n \cos \frac{2n\pi}{T} \quad (19)$$

dari persamaan (9) dan (14) diperoleh :

$$a_n = \frac{T}{2n^2 \pi^2} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta x_p}{\Delta t_p} \left(\cos \frac{2n\pi p}{T} - \cos \frac{2n\pi p-1}{T} \right) \quad (20)$$

$$b_n = \frac{T}{2n^2 \pi^2} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta x_p}{\Delta t_p} \left(\sin \frac{2n\pi p}{T} - \sin \frac{2n\pi p-1}{T} \right) \quad (21)$$

Dengan cara yang sama seperti ekspansi barisan Fourier proyeksi x , dapat diperoleh ekspansi barisan Fourier proyeksi y dari *chain code* sebagai berikut :

$$c_n = \frac{T}{2n^2 \pi^2} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta y_p}{\Delta t_p} \left(\cos \frac{2n\pi p}{T} - \cos \frac{2n\pi p-1}{T} \right) \quad (22)$$

$$d_n = \frac{T}{2n^2 \pi^2} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta y_p}{\Delta t_p} \left(\sin \frac{2n\pi p}{T} - \sin \frac{2n\pi p-1}{T} \right) \quad (23)$$

Elemen pertama komponen Fourier (*d.c. component*) pada barisan Fourier dapat dituliskan sebagai berikut :

$$A_o = \frac{1}{T} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta x_p}{\Delta t_p} (t_p^2 - t_{p-1}^2) + \xi_p (t_p - t_{p-1}) \quad (24)$$

$$C_o = \frac{1}{T} \sum_{p=1}^K \frac{\Delta y_p}{\Delta t_p} (t_p^2 - t_{p-1}^2) + \delta_p (t_p^2 - t_{p-1}^2) \quad (25)$$

dengan :

$$\xi_p = \sum_{j=1}^{p-1} \Delta x_j - \frac{\Delta x_p}{\Delta t_p} \sum_{j=1}^{p-1} \Delta t_j \quad (26)$$

$$\delta_p = \sum_{j=1}^{p-1} \Delta y_j - \frac{\Delta y_p}{\Delta t_p} \sum_{j=1}^{p-1} \Delta t_j \quad (27)$$

dimana :

$$\xi_1 = \delta_1 = 0$$

Dapat disimpulkan bahwa tujuan utama dari analisis *Elliptical Fourier Descriptors* adalah untuk aproksimasi rantai tertutup sebagai jumlah harmonik eliptik. Setiap harmonik dapat digunakan empat koefisien Fourier a_n, b_n, c_n dan d_n , sedangkan untuk mengidentifikasi kontur tertutup K elemen dapat diperoleh dengan menggunakan N harmonik.

Penggalan pendekatan Fourier untuk kontur tertutup dapat ditulis sebagai berikut :

$$x(t) = A_o + \sum_{n=1}^N X_n \quad (28)$$

dan

$$y(t) = C_o + \sum_{n=1}^N Y_n \quad (29)$$

dimana proyeksi X_n dapat dituliskan :

$$X_n(t) = a_n \cos \frac{2n\pi t}{T} + b_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \quad (30)$$

$$Y_n(t) = c_n \cos \frac{2n\pi t}{T} + d_n \sin \frac{2n\pi t}{T} \quad (31)$$

Berdasarkan Khul, titik X_n dan Y_n memiliki *loci* (sekumpulan titik dengan sifat-sifat yang sama), dan pendekatan Fourier untuk kontur asli dapat dilihat sebagai penambahan fase tertentu yang berhubungan dengan perputaran *Phasor* yang ditentukan dengan proyeksi. Setiap *phasor* yang berotasi memiliki *locus* eliptik dan berotasi lebih cepat dari pada harmonik pertama terhadap banyaknya harmonik.

Pada Gambar 2 digambarkan contoh kedudukan (*locus*) eliptik (X_1, Y_1) untuk kode rantai tertentu. Eliptik *loci* yang sama pada titik (X_n, Y_n) akan dihasilkan tanpa memperhatikan titik awal kontur, akan tetapi *phasor* akan memberikan arah yang berbeda untuk aproksimasi kontur. Pendekatan ini ditunjukkan dengan memperkenalkan operator perputaran yang menghubungkan koefisien Fourier a_n, b_n, c_n dan d_n ($n \geq 1$) pada sembarang titik awal terhadap koefisien a_n^*, b_n^*, c_n^* dan d_n^* untuk titik awal lainnya yang berpindah λ unit disekeliling kontur dan dengan membandingkan *loci* (X_n, Y_n) pada dua titik awal.

Gambar 3. Pendekatan eliptik pada sebuah kontur

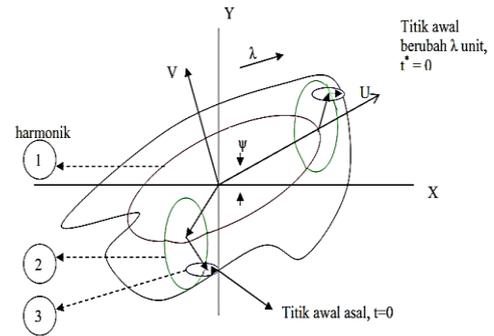
Perbedaan pada titik awal ditunjukkan pada bidang proyeksi sebagai pergeseran fase, yaitu pergeseran λ unit titik awal dalam arah perputaran di sekeliling kontur dari titik awal asli yang telah diproyeksikan untuk $n \geq 1$.

$$\left[X_n(t^* + \lambda) = a_n \cos \frac{2n\pi}{T} (t^* + \lambda) + b_n \sin \frac{2n\pi}{T} (t^* + \lambda) \right] \quad (32)$$

$$Y_n(t^* + \lambda) = c_n \cos \frac{2n\pi}{T} (t^* + \lambda) + d_n \sin \frac{2n\pi}{T} (t^* + \lambda) \quad (33)$$

dengan

$$t^* + \lambda = t$$



Gambar 3. Pendekatan eliptik pada sebuah kontur Setelah memperluas X_n, Y_n , diperoleh :

$$X_n^*(t^*) = a_n^* \cos \frac{2n\pi t^*}{T} + b_n^* \sin \frac{2n\pi t^*}{T} \quad (34)$$

$$Y_n^*(t^*) = c_n^* \cos \frac{2n\pi t^*}{T} + d_n^* \sin \frac{2n\pi t^*}{T} \quad (35)$$

dengan

$$\begin{bmatrix} a_n^* & c_n^* \\ b_n^* & d_n^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \frac{2n\pi\lambda}{T} & \sin \frac{2n\pi\lambda}{T} \\ -\sin \frac{2n\pi\lambda}{T} & \cos \frac{2n\pi\lambda}{T} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_n & c_n \\ b_n & d_n \end{bmatrix} \quad (36)$$

Koefisien a_n^*, b_n^*, c_n^* dan d_n^* benar untuk daerah t^* ($t^* = 0$) yang terletak pada pergeseran titik awal.

Kedudukan (*loci*) eliptik untuk titik (X_n, Y_n) ditunjukkan dengan menghapus keterkaitan pada fungsi sinus dan kosinus untuk menghasilkan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{(d_n^2 + c_n^2)X_n^2 + (a_n^2 + b_n^2)Y_n^2 - 2X_n^*Y_n^*(a_n c_n + b_n d_n)}{(a_n d_n - b_n c_n)} = 1 \quad (37)$$

Dengan cara yang sama dapat diperoleh *loci* eliptik untuk proyeksi X_n^* dan Y_n^* :

$$X_n^*(t^*) = X_n(t^* + \lambda) \quad (38)$$

$$Y_n^*(t^*) = Y_n(t^* + \lambda) \quad (39)$$

$$\frac{(d_n + c_n)X_n^{*2} + (a_n + b_n)Y_n^{*2} - 2X_n^*Y_n^*(a_n c_n + b_n d_n)}{(a_n d_n - b_n c_n)} = 1 \quad (40)$$

Sehingga *loci* eliptik yang sama dihasilkan untuk titik awal yang berbeda.

Perputaran sumbu koordinat X, Y searah jarum jam melalui ψ derajat kedalam sumbu U, V dipenuhi dengan operasi perputaran sebagai berikut,

$$\begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi \\ -\sin \psi & \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad (41)$$

Pengaruh rotasi disekitar sumbu (*axial*) pada koefisien Fourier a_n^*, b_n^*, c_n^* dan d_n^* tampak ketika proyeksi X_n^*, Y_n^* yang diekspresikan dalam bentuk matriks berikut :

$$\begin{bmatrix} X_n^* \\ Y_n^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_n^* & b_n^* \\ c_n^* & d_n^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \frac{2n\pi t^*}{T} \\ \sin \frac{2n\pi t^*}{T} \end{bmatrix} \quad (42)$$

Selanjutnya, proyeksi pada sumbu U, V (u_n, v_n) adalah :

$$\begin{bmatrix} u_n \\ v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \psi & \sin \psi \\ -\sin \psi & \cos \psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_n^* & b_n^* \\ c_n^* & d_n^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \frac{2n\pi t^*}{T} \\ \sin \frac{2n\pi t^*}{T} \end{bmatrix} \quad (43)$$

Rotasi aksial koefisien Fourier $a_n^{**}, b_n^{**}, c_n^{**}$ dan d_n^{**} didefinisikan sebagai :

$$\begin{bmatrix} a_n^{**} & b_n^{**} \\ c_n^{**} & d_n^{**} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi \\ -\sin\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_n^* & b_n^* \\ c_n^* & d_n^* \end{bmatrix} \quad (44)$$

Pengaruh kombinasi pada rotasi aksial dan penggantian titik awal pada koefisien a_n, b_n, c_n dan d_n dari titik awal pertamanya dinotasikan dengan matriks sebagai berikut :

$$\begin{bmatrix} a_n^{**} & b_n^{**} \\ c_n^{**} & d_n^{**} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\psi & \sin\psi \\ -\sin\psi & \cos\psi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_n & b_n \\ c_n & d_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos \frac{2n\pi\lambda}{T} & \sin \frac{2n\pi\lambda}{T} \\ -\sin \frac{2n\pi\lambda}{T} & \cos \frac{2n\pi\lambda}{T} \end{bmatrix} \quad (45)$$

Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation

Algoritma pelatihan backpropagasi pertama kali dirumuskan oleh Werbos dan dipopulerkan oleh Rumelhart bersama McClelland. Algoritma ini termasuk metoda pelatihan terbimbing (*supervised*) dan didesain untuk operasi pada Jaringan Syaraf Tiruan *feed forward* lapis jamak (*multi-layer*) [8].

Secara garis besar algoritma *backpropagation* dapat dijelaskan sebagai berikut, ketika Jaringan Syaraf Tiruan diberikan pola masukan sebagai pelatihan maka, pola tersebut menuju unit-unit pada lapisan tersembunyi untuk diteruskan ke unit lapisan keluaran. Unit-unit pada lapisan keluaran memberikan tanggapan yang disebut keluaran Jaringan Syaraf Tiruan. Saat keluaran idak sama dengan keluaran yang diharapkan, maka akan disebar mundur (*backward*) pada lapisan tersembunyi, diteruskan ke unit lapisan masukan. Pada tahap ini bobot pada masing-masing neuron selalu dianalisis dan berhenti pada *stopping point* yang telah ditentukan sebelumnya.

Algoritma pelatihan *backpropagation* terdiri dari dua tahapan, yaitu *feed forward* dan *backpropagation*.

Pada tahap maju (*feed forward*), misal H adalah himpunan pasangan pola-pola data pelatihan masukan dan target keluaran, yang dinotasikan dengan :

$$H = \{(x^1, t^1), (x^2, t^2), (x^3, t^3), \dots, (x^q, t^q)\} \quad (46)$$

Superskrip q menunjukkan banyaknya pola data pelatihan. Misalkan pola yang ke- p ($p \leq q$) dari himpunan H adalah :

$$x^p = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (47)$$

$$t^q = (t_1, t_2, t_3, \dots, t) \quad (48)$$

Dengan x^p dan t^q masing-masing adalah pola data masukan dan target keluaran ke- p .

Dalam x^p terdapat beberapa elemen $(1, 2, 3, \dots, n)$, kemudian elemen tersebut menjadi masukan untuk unit-unit pada lapisan masukan yang bersesuaian. Elemen pertama menjadi masukan untuk unit pertama, sedangkan dalam t^q terdapat beberapa elemen $(1, 2, 3, \dots, n)$ target keluaran yang bersesuaian dengan unit-unit pada lapisan masukan.

Tiap unit pada lapisan masukan mendistribusikan pola masukan tersebut ke unit-unit pada lapisan tersembunyi (*hidden*) dan dihitung sebagai nilai pengaktifnya. Kemudian tiap unit pada lapis tersembunyi menghitung jumlah total masukannya. Jumlah total masukan unit ke- j pada lapis tersembunyi adalah :

$$Z_{mj} = \sum_{i=1}^n X_i V_{ji} + V_{j0} \quad (49)$$

Dengan nilai pengaktif :

$$Z_j = \frac{1}{1 + \exp(-Z_{mj})} \quad (50)$$

Nilai pengaktif ini kemudian diteruskan ke unit pada lapisan keluaran. Jumlah total masukan untuk unit ke- k pada lapis keluaran adalah :

$$Y_{-mk} = \sum_{j=1}^p Z_j W_{kj} + W_{k0} \quad (51)$$

Dan nilai pengaktifnya adalah :

$$y_k = \frac{1}{1 + \exp(-y_{-mk})} \quad (52)$$

Pada tahap mundur (*backpropagation*), proses awalnya adalah membandingkan keluaran Jaringan Syaraf Tiruan dengan target keluaran. Galat yang diperoleh digunakan untuk memperbaiki tiap penimbang. Galat diminimalkan dengan persamaan :

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (\beta_k)^2 \quad (53)$$

Dengan nilai $\beta_k = (t_k - y_k)$. Persamaan tersebut merupakan mekanisme *backpropagation* dalam memperbaiki nilai tiap penimbangannya. Diasumsikan untuk satu perbaikan penimbang dari unit j ke unit k .

$$E = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (t_k - y_k)^2 \quad (54)$$

Sehingga gradient negatif E untuk tiap unit pada lapis keluaran :

$$\frac{\partial E}{\partial W_{kj}} = -\sum_{k=1}^m (t_k - y_k) f'(y_{-mk}) Z_j \quad (55)$$

Persamaan (55) dapat dituliskan menjadi :

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{-mk}) \quad (56)$$

Penimbang diperbaharui dengan persamaan :

$$\Delta W_{kj} = -\alpha \delta_k Z_j \quad (57)$$

Dengan demikian persamaan untuk memperbaiki penimbang dapat dituliskan menjadi :

$$W_{kj}(t+1) = W_{kj}(t) + \alpha \delta_k Z_j \quad (58)$$

Alpha (*learning rate*) adalah suatu parameter yang digunakan untuk mengatur laju perubahan nilai penimbang dan bernilai 0 dan 1.

Penimbang pada lapis tersembunyi diperbaiki dengan cara yang serupa seperti pada lapis keluaran, tetapi nilai target keluarannya tidak diketahui. Nilai galat (E) dapat diketahui berkaitan dengan nilai pengaktif pada lapis ini dengan persamaan minimasi galat (54). Maka gradient negatif dari E terhadap penimbang V_{ji} adalah :

$$\frac{\partial E}{\partial V_{ji}} = -\sum_{k=1}^m \delta W \frac{\partial}{\partial V_{ji}} f'(Z_{-mj}) X_i \quad (59)$$

Penimbang diperbaiki dengan :

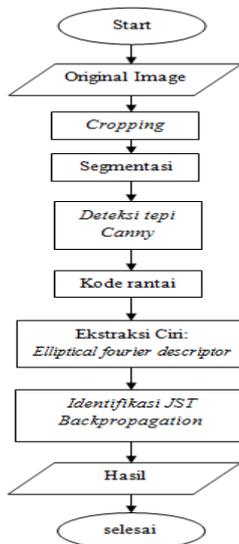
$$\Delta V_{ji} = \alpha \delta_j X_i \quad (60)$$

Maka persamaan untuk memperbaiki penimbang adalah :

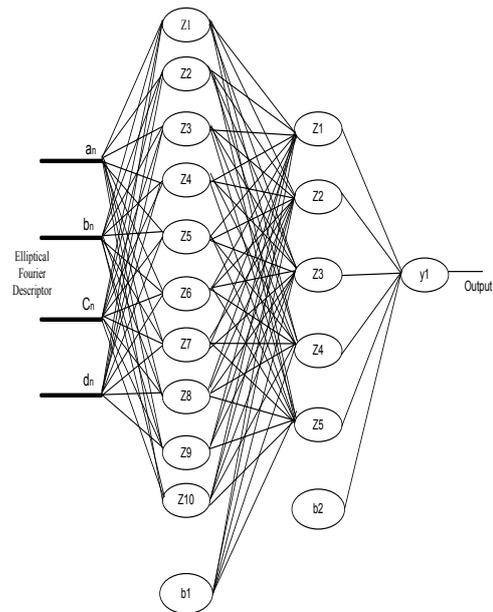
$$\Delta V_{ji}(t+1) = V_{ji}(t) + \alpha \delta_j X_i \quad (61)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Diagram dari metode yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram penelitian



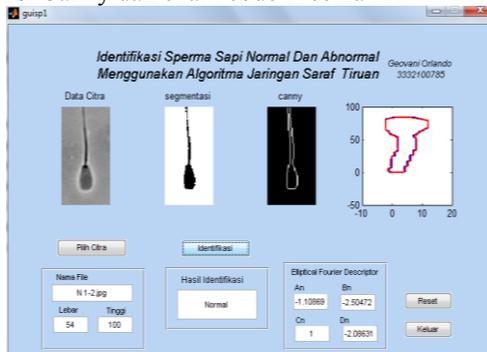
Gambar 5 Arsitektur Jaringan

Citra Masukan

Data citra yang diperoleh dari website University of Wisconsin–Madison Departemen of Animal Sciences Amerika Serikat sebelumnya dilakukan cropping secara manual.

Segmentasi Citra

Proses segmentasi citra untuk memisahkan antara background dengan objeknya. Dimulai dari pendeteksian tepi menggunakan operator *Canny*. Kemudian dilakukan pengkodean rantai dengan menggunakan *freeman chain code*. Setiap piksel pada tepi objek diwakili oleh angka dari 0 hingga 7 yang didasarkan pada kode rantai freeman. Gambar 4 contoh hasil proses segmentasi, deteksi Canny dan chain code Freeman



Gambar 4. Segmentasi, Deteksi Canny, Chain code Freeman

Ekstraksi Ciri

Pada metode *Elliptical Fourier Descriptor* dengan menggunakan barisan angka-angka hasil chain code maka akan dihasilkan koefisien a_n, b_n, c_n, d_n . Setelah dinormalisasi akan didapatkan kembali koefisien Fourier. Normalisasi dibutuhkan agar hasil klasifikasi invarian terhadap ukuran, translasi dan rotasi.

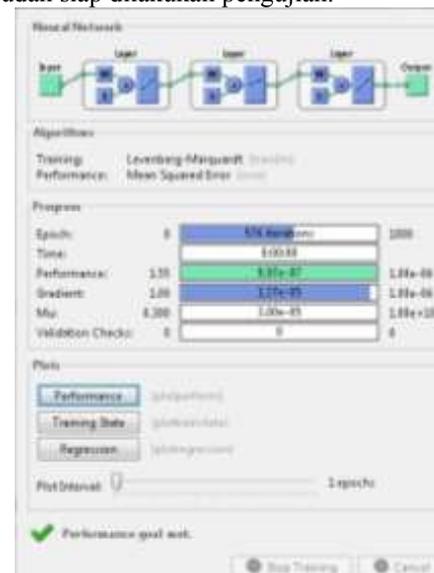
Klasifikasi

Klasifikasi untuk menentukan sperma sapi normal dan abnormal menggunakan metode jaringan saraf tiruan algoritma *backpropagation*. Jaringan syaraf tiruan terdiri dari lapisan input, hiden layer dan ouput layer, dapat dilihat pada Gambar 5

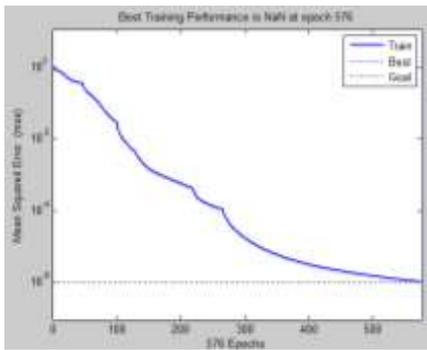
IV HASIL DAN ANALISA

Data dalam penelitian ini terdiri dari 30 citra sperma sapi normal dan 30 sperma sapi abnormal. Proses klasifikasi dilakukan dengan membagi data menjadi dua yaitu training terdiri dari 20 citra sperma sapi normal dan abnormal sedangkan testing terdiri dari 10 citra sperma sapi normal dan abnormal. Parameter yang digunakan untuk melatih jaringan syaraf tiruan klasifikasi sperma sapi normal dan abnormal terdiri lapisan input 4 node, *hidden layer* 1 dengan 10 node, *hidden layer* 2 dengan 5 node, iterasi maksimum 1000, *learning rate* 0,1 dan *momentum* 0.3, fungsi aktivasi yang digunakan adalah tangsig, logsig dan purelin.

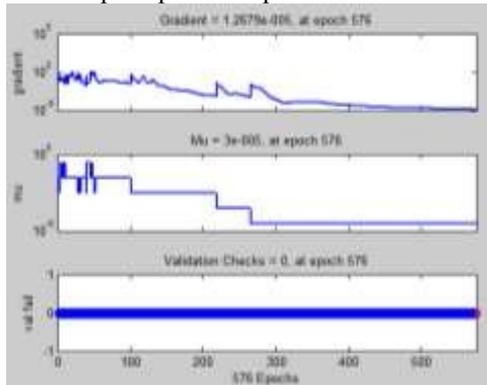
Dari hasil pelatihan yang dilakukan sebanyak tiga kali, seperti dapat dilihat dari gambar 6 sampai gambar 8, diperoleh hasil akurasi masing-masing 100%, sehingga jaringan sudah siap dilakukan pengujian.



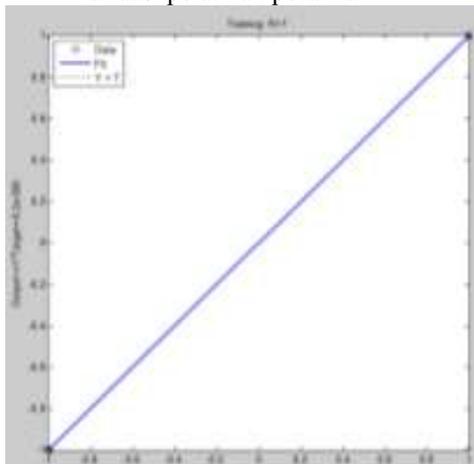
Gambar 6a: Hasil Pelatihan Pertama



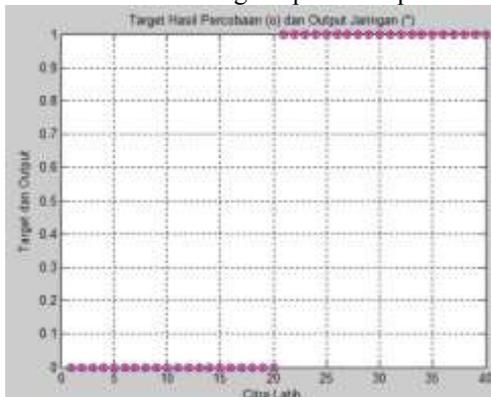
Gambar 6b: Grafik MSE terhadap jumlah epoch pada pelatihan pertama



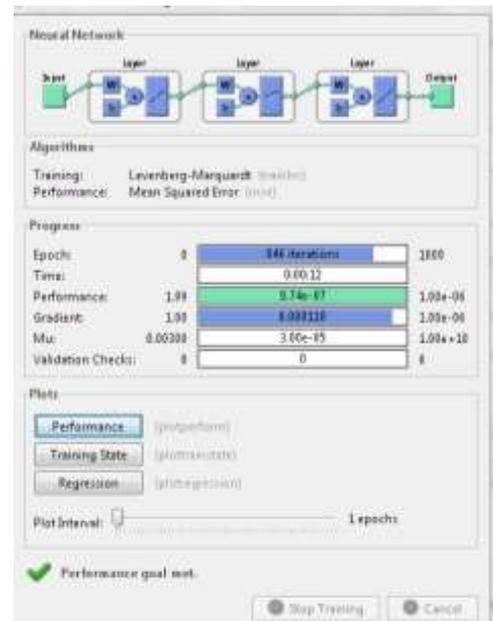
Gambar 6c: Grafik gradient, momentum, dan validasi pelatihan pertama



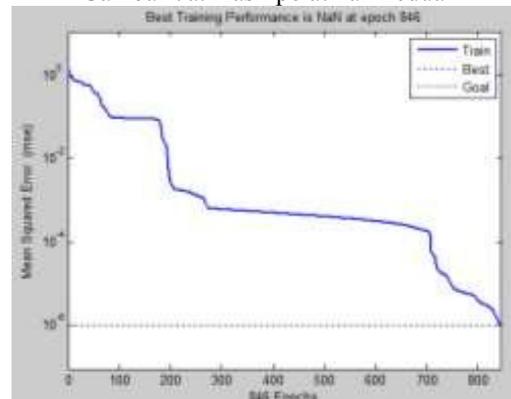
Gambar 6d: Hasil regresi pelatihan pertama



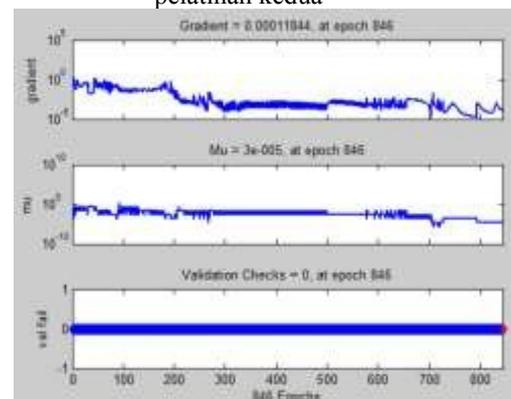
Gambar 6e: Grafik target dan output jaringan pelatihan pertama



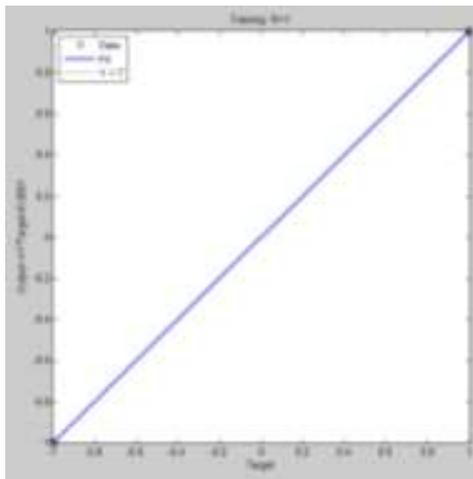
Gambar 7a: Hasil pelatihan kedua



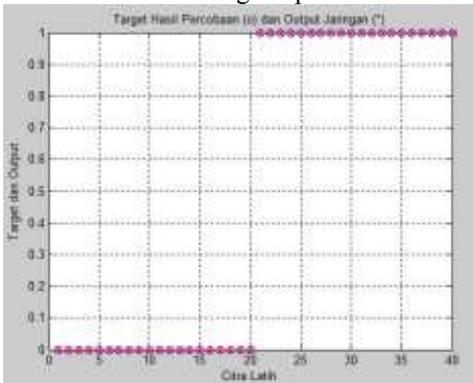
Gambar 7b: Grafik MSE terhadap jumlah epoch pelatihan kedua



Gambar 7c: Grafik gradient, momentum dan validasi pelatihan kedua



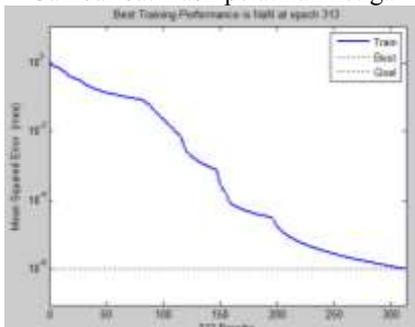
Gambar 7d: Hasil regresi pelatihan kedua



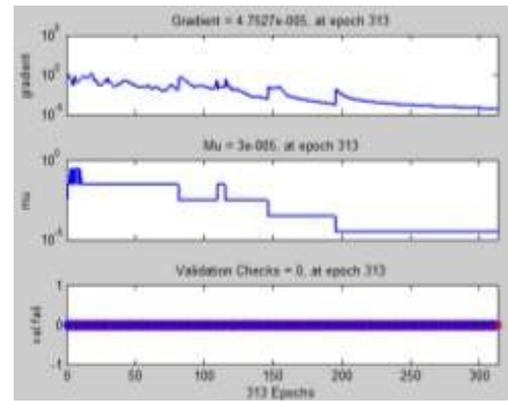
Gambar 7e: Grafik target dan output jaringan pelatihan kedua



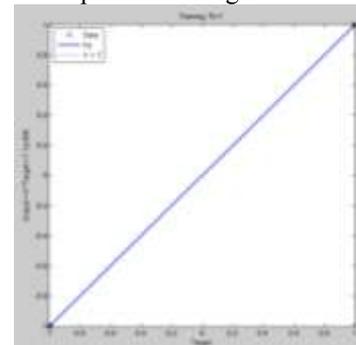
Gambar 8a: Hasil pelatihan ketiga



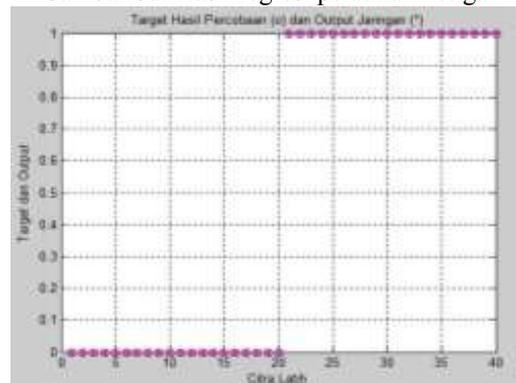
Gambar 8b: Grafik MSE terhadap jumlah epoch pelatihan ketiga



Gambar 8c: Grafik gradient, momentum dan validasi pelatihan ketiga



Gambar 8d: Hasil regresi pelatihan ketiga



Gambar 8e: Grafik target dan output jaringan pelatihan ketiga

Ketiga hasil pelatihan ini, menunjukkan proses pelatihan dengan menggunakan nilai parameter jaringan yang digunakan telah sesuai, sehingga diperoleh hasil terbaik untuk digunakan identifikasi sperma sapi.

Arsitektur jaringan syaraf tiruan optimal yang telah diperoleh, dapat dilihat pada Gambar 5. Selanjutnya jaringan tersebut digunakan untuk proses pengujian.

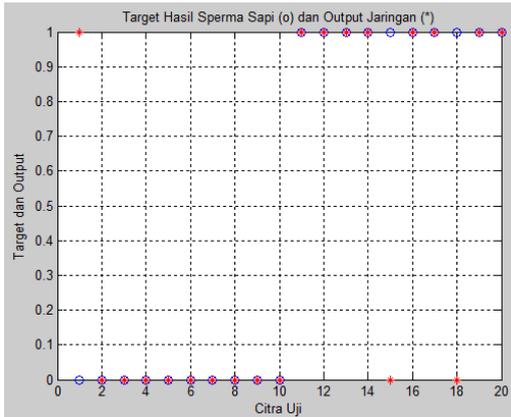
Klasifikasi spermatozoa normal dan abnormal dilakukan dengan membandingkan hasil terbaik yang dihasilkan mesin berdasarkan pada jumlah harmonik Fourier. Berdasarkan hasil tersebut didapatkan akurasi identifikasi terbaik pada saat harmonik Fourier sama dengan 6 ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Akurasi

Jumlah N	Akurasi (%)
2	63,33%
3	65%
4	63,33%
5	61,67%
6	80%

7	46,67%
8	58,33%
9	55%
10	56,675
16	43,33%
32	35%

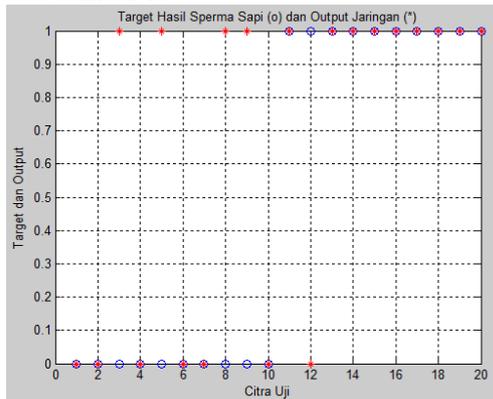
Pengujian dilakukan tiga kali, dengan masing-masing menggunakan 10 spermatozoa normal dan abnormal, dengan masing-masing menggunakan sebagian data dari data pelatihan. Hasil pengujian pertama dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 9. Hasil pengujian 1

Dari grafik hasil sperma sapi dan output jaringan, dapat diperoleh efektifitas sistem pada pengujian pertama untuk pengenalan sperma sapi normal dan abnormal, yaitu *sensitivity* sebesar 0.85, nilai *specificity* sebesar 0.15, dan nilai *accuracy* sebesar 85%.

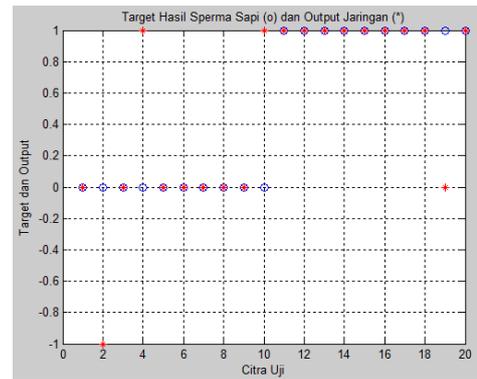
Pengujian kedua, dapat diperoleh hasil seperti dapat dilihat pada Gambar 10



Gambar 10. Hasil pengujian 2

Dari pengujian kedua ini, diperoleh efektifitas sistem, yaitu *sensitivity* sebesar 0.75, nilai *specificity* sebesar 0.25, dan nilai *accuracy* sebesar 75%.

Pengujian ketiga, diperoleh hasil seperti dapat dilihat pada Gambar 11



Gambar 11. Hasil pengujian 3

Efektifitas sistem pengujian ketiga untuk pengenalan sperma sapi normal dan abnormal didapat untuk nilai *sensitivity* sebesar 0.8, nilai *specificity* sebesar 0.2 dan nilai *accuracy* sebesar 80%.

Tabel 2 : Akurasi sistem data pengujian

	Accuracy Sperma Sapi
Pengujian 1	85%
Pengujian 2	75%
Pengujian 3	80%
Rata-Rata	80.00%

Dari (Tabel 2) terlihat hasil keakurasian data dari tiga kali pengujian masing-masing jenis sperma sapi normal dan abnormal adalah 80.00%. Ada banyak faktor yang mempengaruhi tingkat keakuratan pada saat identifikasi dilakukan. Mulai dari sampel, ekstraksi digunakan maupun proses pelatihan pada jaringan saraf tiruan dengan belum ditemukan cara terbaik untuk memprentasikan data input, memilih arsitektur serta jumlah node dan jumlah lapisan. ini berpengaruh pada proses selanjutnya.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan fitur bentuk morfologi dalam melakukan identifikasi sperma sapi normal dan abnormal. Hasil terbaik yang dicapai dalam melakukan identifikasi menggunakan jaringan saraf tiruan algoritma *backpropagation* diperoleh pada harmonik fourier sama dengan 6 (N=6). Dengan demikian sistem yang dibangun telah mampu mengidentifikasi sperma sapi normal dan abnormal dengan akurasi sebesar 80%.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Alias M.F., Mat Isa N.A., Sulaiman S.A., Mohamed M., 2011, *Sprague Dawley Rat Sperm Classification Using Hybrid Multilayered Perceptron Network*, WSEAS Transaction on Information Science and Applications Issue 2, Volume 8, ISSN : 1790-0832.

[2] Januskaukas, A. dan H. Zilinkas. *Bull Semen Evaluation Post-Thaw And Relation Of Semen Characteristics To Bull Fertility*. 2002. Veterinarija ir zootechnika. T. 17 (39).

-
- [3] Gage, M.J.G., *Mammalian Sperm Morphometry*, 1998, Proc. Royal Sci. Vol. 265 (97-103).
- [4] Revay, T., S. Nagy, A. Kovacs, M.E. Edvi, A. Hidas, W. Rens dan I. Gustavsson. Head Area Measurements of Dead, Live, X- and Y- Bearing Bovine Spermatozoa. *Reproduction*. 2004. *Fertility and Development* 16(7); 681-687.
- [5] Winarno, K.E. Purnama, S. Hardiristanto, Mauridhi HP. *Klasifikasi Spermatozoa Normal dan Abnormal Menggunakan Backpropagation neural Network*. 2012. Seminar Nasional Pascasarjana ITS.
- [6] Stevanus H, I Ketut EP, Adhi DW, Mira CK, Budi S, Munawir, Slamet H, I Nyoman TA, Dian R, Lukman A. *Determining The Abnormality of Bull Tail Morphology Using Support Vector*.2013. Vol.7, No.2.
- [7] Frank P. Kuhl. “*Elliptic Fourier Features of A Closed Contour*”.1981. *Computer Graphic and Image Processing* 18 : 236-258
- [8] Purnomo, M.H., Kurniawan A., *Supervised Neural Networks dan Alikasinya*, 2006, Graha Ilmu, Yogyakarta.