

Inspeksi Kualitas Untuk Pendeteksian Cacat Bentuk Pada Botol Minuman Plastik Berbasis Visi Komputer

Faisal Karim¹⁾, Feri Candra²⁾

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, ²⁾Dosen Teknik Informatika
Program Studi Teknik Informatika S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas Km. 12,5 Simpang Baru Panam,
Pekanbaru 28293
Email:faisalkarim96@gmail.com

ABSTRACT

Product quality inspection system plays an important role in industrial production. Manual inspection process based on human tends to have several deficiencies in recognizing defects, such as workers subjectivity, inconsistency of work, and boredom level. Therefore, this paper presents an automated computer vision systems of plastic bottle shape defect detection for quality inspection system as a solution for the problem that has been raised. In this study, Mizone Lychee Lemon 500ml was used as sample. Digital Image Processing Technique is used to extract shape feature of plastic bottle. Through this technique, the defects of the bottle structure is described from the feature set such as Area, Perimeter, Major Axis Length, and Solidity. Then, the bottle is classified whether it is passed or rejected from the estimated parameters using Backpropagation Neural Network Method. A total of 100 data of bottle images are used in this study, consisting of 70 Training Images and 30 Testing Images. The result of this study is that the system can be used to differentiate plastic bottles according to shape with 100% accurary rate.

Keywords: *Quality Inspection, Plastic Bottle, Computer Vision, Digital Image Processing, Backpropagation Neural Network*

LPENDAHULUAN

Kemajuan dan perkembangan zaman mendorong terjadinya perubahan pada cara pandang konsumen dalam memilih sebuah produk yang diinginkan. Kualitas menjadi faktor penting dalam memilih sebuah produk selain harga yang bersaing. Produk yang berkualitas sangat berpengaruh dalam menciptakan keuntungan bagi perusahaan, dan juga berhubungan erat dengan tingkat kepuasan konsumen. Semakin berkualitas produk yang dihasilkan oleh suatu perusahaan maka semakin tinggi kepuasan yang dirasakan oleh konsumen (Lasander, 2013).

Botol berbahan plastik saat ini sangat nyata digunakan sebagai wadah kemasan minuman. Bahkan penggunaan botol kaca dan kaleng merosot tajam setelah botol plastik muncul. Ini dikarenakan bahan plastik lebih mudah untuk didapatkan serta mudah diproduksi. Bahannya yang ringan untuk dibawa sebagai wadah serta biaya produksi yang lebih murah juga menjadi alasan mengapa bahan plastik lebih dipilih produsen industri minuman sebagai wadah produknya (Suchan & Endang, 2007).

Produk cacat merupakan produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan standar kualitas yang sudah ditentukan. Cacat pada suatu produk sangat mempengaruhi kualitas produk tersebut. Kualitas produk merupakan faktor utama yang tidak bisa ditawar lagi oleh perusahaan. Kualitas dari suatu hasil produksi dengan batas-batas spesifikasi tertentu menjadi pertimbangan mutlak bagi konsumen untuk memilih barang dan jasa yang mereka inginkan, karena itu kualitas menjadi salah satu faktor penentu dalam menjaga loyalitas konsumen (Ariani, 2004).

Cacat produk pada proses produksi terjadi disebabkan oleh lima faktor, yaitu manusia/pekerja, mesin produksi, metode kerja, material/bahan baku, dan lingkungan kerja. Faktor manusia dan mesin produksi sering menjadi faktor utama terjadinya cacat pada suatu produk (Muttaqien & Rahardjo, 2014).

Pemeriksaan kualitas (*quality inspection*) merupakan cara yang paling sering digunakan untuk mencapai standarisasi, keseragaman, dan pengerjaan mutu dari kegiatan produksi. Selain itu, pemeriksaan kualitas juga merupakan sebuah cara pengendalian terhadap kualitas produk. Apabila

dalam suatu kegiatan produksi, terdapat barang yang tidak sesuai dengan standar yang telah ditentukan setelah dilakukan pemeriksaan atau barang tersebut dikategorikan tidak lolos pemeriksaan, maka barang tersebut harus ditolak (Pasaribu, 2012).

Tantangan terbesar dalam proses produksi adalah tercapainya kualitas yang baik dengan tingkat cacat produk mendekati *zero defect*. Cacat pada produk biasanya berukuran kecil. Hal ini tentu sangat menyulitkan bagi pekerja untuk memeriksa setiap produk dalam jangka waktu yang lama. Dengan demikian pemeriksaan secara manual tentu tidak efektif dan efisien karena manusia mempunyai titik jenuh dan lelah jika bekerja dalam waktu yang lama. Oleh karena itu, dalam beberapa dekade terakhir pemeriksaan yang dilakukan manusia digantikan oleh pemeriksaan visual otomatis (Saad dkk, 2017).

Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan pemrosesan pada citra dengan menggunakan komputer sehingga kualitas citra menjadi lebih baik dan menghasilkan informasi nilai untuk tiap-tiap warnanya. (Pradhitya, 2015).

Visi Komputer

Visi komputer merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan (*recognition*), dan membuat keputusan. Visi komputer terdiri dari teknik-teknik untuk mengestimasi ciri-ciri objek dalam citra, pengukuran ciri yang berkaitan dengan geometri objek, dan menginterpretasikan informasi geometri tersebut (Pradhitya, 2015).

Operasi Morfologi

Operasi morfologi merupakan operasi yang umum dikenakan pada citra biner (hitam dan putih). Operasi morfologi digunakan untuk meningkatkan bentuk atau struktur sehingga lebih mudah untuk dikenali.

Ekstraksi Fitur Bentuk

Bentuk merupakan informasi geometris yang tetap ketika efek lokasi, skala, dan pemutaran dilakukan pada sebuah objek (Kendall dkk, 1999).

Deskriptor adalah parameter yang mewakili karakteristik tertentu sebuah objek, yang dapat digunakan untuk menyatakan fitur objek.

Adapun fitur dinyatakan dengan susunan bilangan yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi objek (Kadir, 2013).

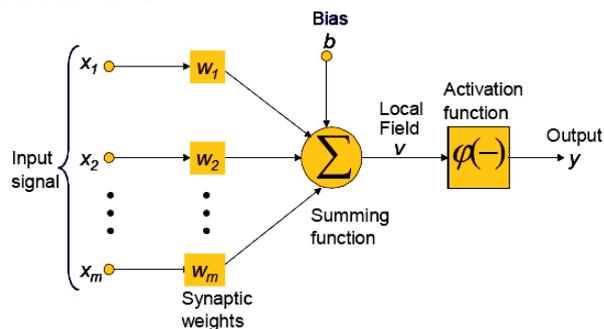
Artificial Neural Network

Artificial Neural Network (ANN) merupakan suatu metode komputasi yang meniru sistem jaringan syaraf biologis, khususnya jaringan otak manusia. Pemodelan ini didasari oleh kemampuan otak manusia dalam mengorganisasikan sel-sel penyusunnya yang disebut neuron, sehingga mampu memecahkan suatu masalah tertentu, seperti pengenalan pola atau klasifikasi melalui proses pembelajaran (Yani, 2005).

ANN terdiri dari kumpulan-kumpulan sel syaraf (*neuron*) yang disusun dalam kelompok, yang disebut dengan lapisan (*layer*). Pada dasarnya lapisan-lapisan penyusun ANN dibagi menjadi tiga, yaitu lapisan masukan (*input layer*), lapisan tersembunyi, (*hidden layer*), dan lapisan keluaran (*output layer*). Setiap neuron pada lapisan tertentu dihubungkan dengan neuron lain dengan suatu koneksi, yang direpresentasikan sebagai *weight* atau bobot. Metode untuk menentukan nilai bobot yang dapat memberikan nilai *output* yang benar disebut dengan pembelajaran.

Model Sel Syaraf

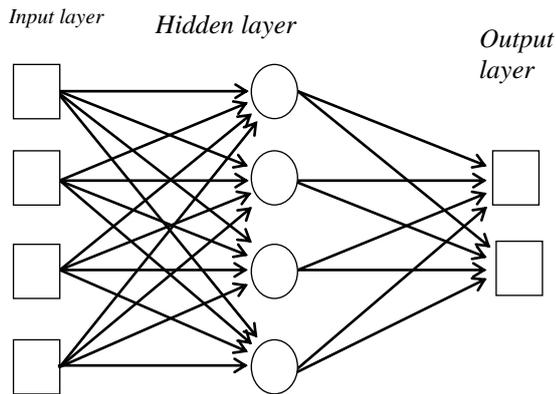
Sel syaraf (*neuron*) adalah unit pemrosesan informasi yang merupakan dasar dari operasi ANN (Suyanto, 2007). Berikut ini adalah model dari sebuah *neuron*:



Gambar 1. Model dari sebuah neuron

Multi Layer Network

Multi layer network adalah jaringan yang memiliki satu atau lebih lapisan tersembunyi dengan arah koneksi dimulai dari lapisan *input* menuju ke arah lapisan *output* tanpa adanya koneksi balik. Ilustrasi *multi layer network* dengan satu *hidden layer* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur multi layer network

Algoritma Pelatihan Backpropagation

Algoritma pelatihan untuk jaringan dengan satu layer tersembunyi (dengan fungsi aktivasi sigmoid biner) adalah sebagai berikut : (Siang, 2007)

Langkah 0 : Inialisasi semua bobot dengan bilangan acak kecil

Langkah 1 : Jika kondisi penghentian belum terpenuhi, lakukan langkah 2-9

Langkah 2 : Untuk setiap pasang data pelatihan, lakukan langkah 3 -8

Langkah 3 : tiap unit masukan menerima sinyal dan meneruskannya ke unit tersembunyi di atasnya.

Langkah 4 : Hitunglah Semua Keluaran di unit tersembunyi z_j ($j=1, 2, \dots, p$)

$$z_{net_j} = v_{j0} + \sum_{i=1}^n x_i v_{ji} \quad (1)$$

$$z_j = f(z_{net_j}) = \frac{1}{1 + e^{-z_{net_j}}} \quad (2)$$

Langkah 5 : Hitung semua keluaran jaringan di unit y_k ($k=1, 2, \dots, m$)

$$y_{net_k} = w_{k0} + \sum_{j=1}^n z_j w_{kj} \quad (3)$$

$$y_k = f(y_{net_k}) = \frac{1}{1 + e^{-y_{net_k}}} \quad (4)$$

Langkah 6 : Hitung faktor δ unit keluaran berdasarkan kesalahan di setiap unit keluaran y_k ($k=1, 2, \dots, m$)

$$\delta_k = (t_k - y_k) f'(y_{net_k}) \quad (5)$$

Hitung suku perubahan bobot w_{kj} (yang akan dipakai nanti untuk merubah bobot w_{kj}) dengan laju percepatan α

$$\Delta w_{kj} = \alpha \delta_k z_j \quad (6)$$

Langkah 7 : Hitung faktor δ unit tersembunyi berdasarkan kesalahan di setiap unit tersembunyi z_j

$$\delta_{net_j} = \sum_{k=1}^m \delta_k w_{kj} \quad (7)$$

Faktor δ unit tersembunyi :

$$\delta_j = \delta_{net_j} f'(z_{net_j}) \quad (8)$$

Hitung suku perubahan bobot v_{ji}

$$\Delta v_{ji} = \alpha \delta_j x_i \quad (9)$$

Langkah 8 : Hitung semua perubahan bobot. Perubahan bobot garis yang menuju ke unit keluaran :

$$\begin{aligned} w_{kj}(\text{baru}) &= w_{kj}(\text{lama}) + \Delta w_{kj} \\ v_{ji}(\text{baru}) &= v_{ji}(\text{lama}) + \Delta v_{ji} \end{aligned} \quad (10)$$

Langkah 9 : Uji syarat Berhenti

Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi yang biasanya digunakan untuk algoritma pelatihan backpropagation adalah :

Fungsi sigmoid biner ini digunakan untuk ANN yang dilatih dengan metode backpropagation. Memiliki range dari 0 hingga 1 dan didefinisikan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (11)$$

dengan turunan

$$f'(x) = f(x)(1 - f(x)) \quad (12)$$

Normalisasi

Jika ingin menggunakan fungsi aktivasi sigmoid biner, data harus ditransformasikan terlebih dahulu karena range keluaran dari fungsi aktivasi sigmoid adalah $[0,1]$. Data bisa ditransformasikan ke interval yang lebih kecil, misal pada interval $[0.1,0.9]$. Mengingat fungsi sigmoid adalah fungsi asimtotik yang nilainya tidak pernah mencapai 0 ataupun 1 (Siang, 2004).

Jika a adalah data minimum dan b adalah data maksimum, transformasi linier yang dipakai untuk mentransformasikan data ke interval $[0.1,0.9]$ adalah

$$x' = \frac{0.8(x - a)}{b - a} + 0.1 \quad (13)$$

Dimana :

x' = data hasil normalisasi

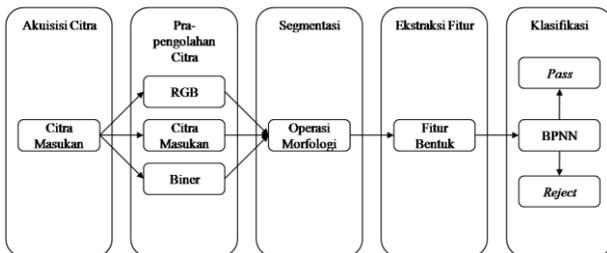
x = data asli/data awal

a = nilai maksimum data asli

b = nilai minimum data asli

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan *software* MATLAB R2013a. Alur kerja sistem inspeksi kualitas untuk pendeteksian cacat pada botol minuman plastik dapat dilihat pada Gambar 3. Kamera digital dengan resolusi tinggi digunakan untuk mendapatkan citra botol. Kemudian, citra akan dimanipulasi dengan menggunakan teknik *image processing*. Teknik *image processing* terdiri dari konversi citra dari RGB menjadi *grayscale*, *thresholding* (binerisasi), dan operasi morfologi (segmentasi). Lalu diikuti dengan proses ekstraksi fitur dan klasifikasi menggunakan metode BPNN. Pada tahap klasifikasi, data ekstraksi fitur bentuk yang didapatkan dari data citra botol digunakan untuk melatih BPNN. Dengan demikian, BPNN dapat belajar dan mengenali pola-pola yang ada. Botol yang memiliki bentuk baik akan lolos pemeriksaan sedangkan botol yang memiliki cacat akan ditolak oleh sistem.



Gambar 3. Alur kerja sistem inspeksi kualitas

Akuisisi Citra

Akuisisi citra merupakan proses pengambilan citra objek. Penggunaan bilik akuisisi citra seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4 dimaksudkan untuk mengurangi *noise* pada citra. Dengan demikian, akurasi sistem dapat meningkat. Akuisisi citra dilakukan dengan menggunakan kamera digital Canon EOS 1000D dengan resolusi 10 megapiksel yang akan menghasilkan citra dalam ukuran 2892x3888 piksel. Jarak antara botol dan kamera dibuat tetap sejauh 15 cm.



Gambar 4. Bilik akuisisi citra

Pra-pengolahan Citra

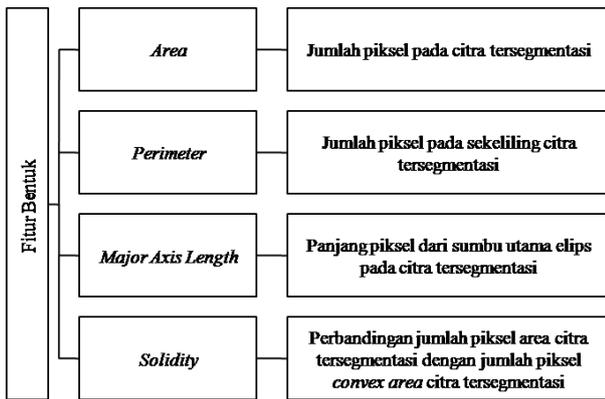
Pra-pengolahan citra merupakan tahap awal pada proses pengolahan citra. Pra-pengolahan citra bertujuan untuk mengubah intensitas piksel citra menjadi lebih sederhana agar mengurangi kompleksitas dalam proses analisis citra. Tahapan yang dilakukan dalam pra-pengolahan citra adalah mengubah citra berwarna menjadi *grayscale* dan kemudian mengubah citra *grayscale* menjadi citra biner.

Segmentasi

Pada tahap segmentasi dilakukan operasi morfologi yang bertujuan untuk meningkatkan bentuk citra. Operasi morfologi yang digunakan adalah operasi *closing* dan operasi *opening*. Operasi *closing* digunakan untuk mengisi lubang-lubang kecil pada objek. Sedangkan operasi *opening* digunakan untuk menghaluskan bagian tepi objek. Secara umum, operasi-operasi ini tidak mengubah ukuran asli citra.

Ekstraksi Fitur Bentuk

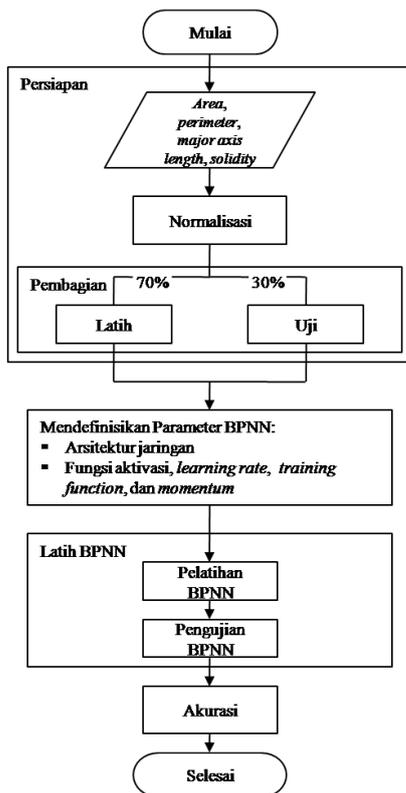
Tingkat akurasi dan ketepatan dalam klasifikasi citra sangat bergantung pada fitur yang digunakan. Pada penelitian ini digunakan fitur *area*, *perimeter*, *major axis length*, dan *solidity*. Gambar 5 merangkum semua fitur bentuk yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 5. Fitur bentuk

Klasifikasi

Metode klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah BPNN. Alur BPNN untuk pendeteksian cacat bentuk pada botol minuman plastik dapat dilihat pada Gambar 6.



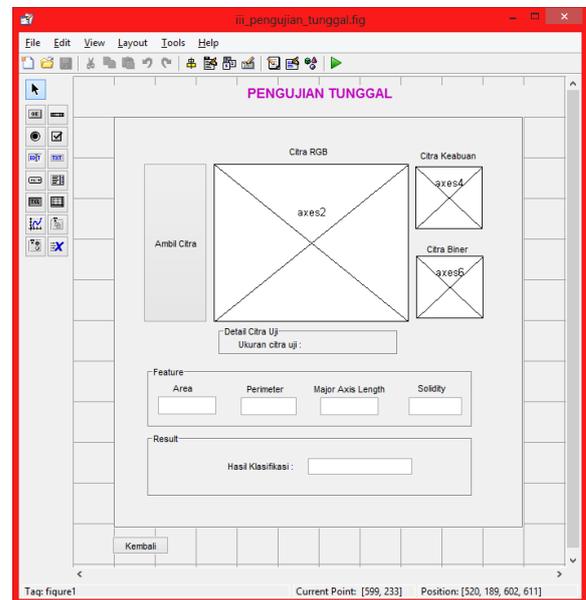
Gambar 6. Flowchart BPNN

Alur BPNN dimulai dengan persiapan data. Lalu, data tersebut dinormalisasikan. Setelah normalisasi, data dibagi menjadi dua yaitu data latih dan data uji. Tahap berikutnya adalah menentukan parameter BPNN. Misalnya, arsitektur jaringan, seperti jumlah node pada lapisan (lapisan masukan, lapisan tersembunyi, dan lapisan keluaran), dan fungsi untuk BPNN (fungsi aktivasi,

fungsi pelatihan, laju pelatihan, dan momentum). Data latih digunakan untuk pelatihan BPNN dan data uji digunakan untuk mengukur kemampuan prediksi dari model BPNN yang sudah didapatkan. Hasil klasifikasi dari BPNN ditampilkan tingkat akurasinya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Graphical User Interface (GUI) telah dirancang untuk melakukan pendeteksian cacat bentuk pada botol minuman plastik. Gambar 7 dan 8 menampilkan rancangan dan hasil implementasi untuk pengujian tunggal.



Gambar 7. Desain form pengujian tunggal



Gambar 8. Implementasi form pengujian tunggal

Data fitur bentuk yang telah dinormalisasi dari setiap citra botol minuman plastik dapat dilihat pada Gambar 9. Nilai fitur bentuk ini digunakan sebagai masukan pada BPNN.

	Area	Perimeter	Major Axis Length	Solidity	Class
1	0.7105	0.1021	0.1008	0.1000	1
2	0.7242	0.1021	0.1009	0.1000	1
3	0.7100	0.1021	0.1008	0.1000	1
4	0.6846	0.1021	0.1008	0.1000	1
5	0.6720	0.1022	0.1008	0.1000	1
6	0.7044	0.1021	0.1008	0.1000	1
7	0.7107	0.1022	0.1008	0.1000	1
8	0.6858	0.1021	0.1008	0.1000	1
9	0.6756	0.1021	0.1008	0.1000	1
10	0.6524	0.1021	0.1008	0.1000	1

Pengujian akurasi dan error

Pada penelitian ini, parameter yang digunakan pada BPNN adalah *learning rate*, *hidden layer*, *goal* dan, *epoch*. Sedangkan untuk data masukan, dilakukan pembagian sebesar 70% untuk data latih dan 30% untuk data uji. Keluaran dari BPNN ini terdiri dari dua jenis, bernilai satu jika botol minuman plastik berkualitas baik dan bernilai nol jika botol tersebut memiliki cacat bentuk. Hasil pengujian dengan menggunakan berbagai jenis parameter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian dengan berbagai model BPNN

No	Parameter				Hasil (%)	
	LR	HL	Goal	Epoch	Akurasi	Error
1	0.1	5	0.001	1000	90	10
2	0.1	10	0.001	1000	96.6667	3.3333
3	0.1	15	0.001	1000	83.3333	16.6667
4	0.01	5	0.001	1000	100	0
5	0.01	10	0.001	1000	96.6667	3.3333
6	0.01	15	0.001	1000	80	20
7	0.05	5	0.001	1000	93.3333	6.6667
8	0.05	10	0.001	1000	100	0
9	0.05	15	0.001	1000	86.6667	13.3333

Setelah dilakukan pengujian terhadap 30 data uji dengan menggunakan berbagai jenis parameter, didapatkan dua model yang mempunyai akurasi sebesar 100% seperti yang tertera pada Tabel 1. Untuk menentukan model BPNN yang terbaik maka dipilih model BPNN dengan arsitektur yang paling sederhana. Sehingga, model BPNN dengan *hidden layer* = 5 dan *learning rate* = 0.01 terpilih sebagai model BPNN yang paling

baik dan mampu untuk melakukan pendeteksian cacat bentuk pada botol minuman plastik.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan tentang inspeksi kualitas untuk pendeteksian cacat bentuk pada botol minuman plastik berbasis visi komputer, maka dapat ditarik kesimpulan, yaitu:

1. Sistem inspeksi kualitas untuk pendeteksian cacat pada botol minuman plastik dapat diciptakan dengan menggunakan *software* Matlab. Data citra botol berkualitas baik dan cacat yang sudah diakuisisi akan diekstrak fiturnya dengan menggunakan *image processing*. Fitur bentuk yang digunakan, yaitu *area*, *perimeter*, *major axis length*, dan *solidity*. Lalu, fitur-fitur ini akan dinormalisasikan terlebih dahulu sebelum masuk ke dalam tahap klasifikasi BPNN. Setelah data selesai dinormalisasi, data akan dibagi menjadi dua bagian, yaitu data untuk pelatihan dan data pengujian. Selanjutnya, tentukan parameter-parameter BPNN dengan cara *trial and error*. Setelah parameter ditentukan, proses pelatihan dan pengujian BPNN akan dilakukan dengan menggunakan data pelatihan dan data pengujian sampai didapatkan model BPNN yang paling baik akurasi. Dalam pembuatan sistem, tahap pertama dilakukan adalah pembuatan desain program dengan menggunakan *Graphical User Interface* (GUI) lalu dilanjutkan dengan melengkapi *coding* Matlab agar desain program dapat berfungsi. Setelah proses-proses tersebut dilakukan, sistem dapat digunakan untuk mendeteksi cacat bentuk pada botol minuman plastik.
2. Setelah dilakukan pengujian dengan berbagai jenis parameter, diperoleh model BPNN dengan tingkat akurasi sebesar 100% dan *error* 0% dengan parameter, yaitu:
Learning rate : 0.01
Hidden Layer : 5
Goal : 0.001
Epoch : 1000

Daftar Pustaka

- Ariani, D.W. 2004. *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Kuantitatif dalam Manajemen Kualitas)*. ANDI: Yogyakarta
- Kadir, Abdul, & Susanto, A. (2013). *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Kendall, D.G., Barden, D., Carne, T.K., & Le, H. (1999). *Shape and Shape Theory*. Chicester: John Wiley & Sons.
- Lasander, C. (2013). *Pengaruh Citra Merek, Kualitas Produk dan Promosi Terhadap Kepuasan Konsumen Sepeda Motor Honda Beat*. Jurnal EMBA Vol.1 No.3 pp.284-293 ISSN 2303-1174.
- Muttaqien, A. F., & Rahardjo, S. T. 2014. *Analisis Pengurangan Kuantitas Produk Cacat Pada Mesin Decorative Tiles dengan Metode SIX SIGMA (Studi Kasus Pada PT Aster Decorindo Abadi Tangerang)*. Diponegoro Journal of Management. Vol. 3 No.3, pp. 7.
- Pasaribu, Romindo M. (2015). *Manajemen mutu*. Medan: Universitas HKBP Nommensen.
- Pradhitya, Rio. (2015). *Pembangunan aplikasi deteksi dan tracking warna virtual drawing menggunakan algoritma color filtering*. Jurnal Komputer dan Informatika (KOMPUTA).
- Saad, N.M., Rahman, N.A., Abdullah, A.R., dan Wahab, F.A. (2017). *Shape Defect Detection for Product Quality Inspection and Monitoring System*.
- Siang, Jong Jek. (2005). *Jaringan Syaraf Tiruan Pemrograman Menggunakan Matlab*. Yogyakarta : Penerbit Andi.
- Suchan, M dan Endang, N.W. 2007. *Keamanan Pangan Kemasan Plastik dan Styrofoam*. Jakarta: UI Press.
- Suyanto. (2007). *Artificial Intellegence*. Bandung: Informatika.
- Yani, Eli. (2005). *Pengantar Jaringan Saraf Tiruan*. Artikel kuliah. http://trirezqariantoro.files.wordpress.com/2007/05/jaringan_syaraf_tiruan.pdf