

# IDENTIFIKASI PERMUKAAN ALUMINIUM DENGAN *IMAGE PROCESSING* DAN *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK*

Irwin Syahri Cebro<sup>1)</sup>, Nurdin<sup>1)</sup> dan Mohd Arskadius Abdullah<sup>1)</sup>  
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Email : [irwinsest@yahoo.com](mailto:irwinsest@yahoo.com)

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi permukaan suatu logam, khususnya Aluminium berdasarkan *image processing* yang ditampilkan logam dengan pendekatan komputasi menggunakan *Artificial Neural Network (ANN)*. Specimen dikerjakan dengan menggunakan beberapa mesin dan tingkat kecepatan putaran spindle dan kecepatan pemotongan yang berbeda sehingga didapatkan kekasaran permukaan yang berbeda. Specimen diambil image-nya menggunakan kamera digital 4 mega piksel dengan sumber pencahayaan, jarak dan jumlah pixel image yang sama. Image Aluminium selanjutnya di proses untuk dapat dikenali dengan ANN. Hasil penelitian menunjukkan model ANN 11 input 5 hidden dan 1 output; [11-5-1] menunjukkan hasil terbaik untuk mengidentifikasi bentuk permukaan Aluminium dengan RMSE yang terkecil: 0.0038 untuk training dan testing.

Kata kunci : *Roughness surface, Image Processing, ANN*

## PENDAHULUAN

Sifat dan keadaan suatu bahan logam perlu diketahui secara baik untuk dapat dipergunakan pada berbagai keperluan dan dalam berbagai keadaan untuk. Pada bahan logam sifat mekanik seperti kekuatan, kekerasan, ketahanan, keuletan, kepekaan takikan atau kekuatan impak sangat diperlukan, disamping itu untuk kondisi penggunaan tertentu kekasaran permukaan logam perlu diperhitungkan untuk mencapai tujuan. Keadaan permukaan logam sangat tergantung pada proses yang dialami logam tersebut. Tingkat kekasaran permukaan logam dapat diukur dengan berbagai alat yang telah berkembang saat ini seperti *roughness surface tester*, kekurangan alat yang telah ada adalah dapat merusak permukaan objek yang diukur.

*Image* adalah representasi informasi dua dimensi yang diciptakan atau dibuat dengan melihat atau lebih tepatnya merasakan sebuah gambar atau pemandangan. *Image processing* adalah salah satu cabang dari ilmu informatika. Pengolahan citra adalah suatu teknologi yang dikembangkan untuk mendapatkan informasi dari citra digital (*image*) dengan cara memodifikasi bagian dari *image* yang diperlukan sehingga menghasilkan *image* dalam bentuk lain yang lebih informatif. Pengolahan

*image* berkuat pada usaha untuk memanipulasi *image*/gambar yang telah ada menjadi gambar lain dengan menggunakan suatu algoritma atau teknik tertentu.

Prinsip dari *Artificial Neural Network (ANN)* adalah berusaha untuk meniru dan menggantikan sistem yang ditirunya agar dapat dihasilkan sesuatu sistem yang dapat dijalankan menggunakan ANN. ANN bisa diaplikasikan di berbagai bidang ilmu. Pendekatan komputasi menggunakan ANN dapat menyingkatkan waktu suatu proses.

Berdasarkan latar belakang hal diatas pada penelitian ini dikembangkan suatu sistem yang dapat mengenali atau mengestimasi tingkat kekasaran logam dengan metode pengolahan citra (*image processing*) dengan menggunakan pendekatan *artificial neural network* atau sistem jaringan syaraf tiruan.

Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu sistem yang dapat memprediksi kekasaran permukaan logam berdasarkan hasil pengambilan *image processing* yang ditampilkan oleh logam dengan pendekatan komputasi menggunakan ANN. Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem/media pengukur kekasaran

permukaan suatu logam secara cepat dan akurat tanpa merusak objek yang diukur khususnya untuk logam Aluminium.

## TEORI DASAR

### Kekasaran Permukaan Logam

Kekasaran permukaan logam bagian-bagian mesin pada proses pengerjaan permesinan atau proses lainnya perlu diperhatikan dan merupakan faktor yang sangat penting untuk menjamin mutu bagian-bagian agar berfungsi sesuai fungsinya pada bagian mesin tersebut, seperti misalnya suaian atau ketahanan. Menurut [2] kekasaran permukaan dari suatu proses pengerjaan mesin bubut merupakan faktor yang sangat penting dalam bidang produksi, dalam proses pengerjaan ini adalah untuk menjamin mutu, akurasi, dan kepresisian suatu komponen.

Untuk memperoleh kualitas dari hasil pengerjaan pemesinan dari hasil bubutan diperlukan pengerjaan akhir (*finishing*) dengan mengatur kecepatan putaran, *depth of cut* dan kecepatan langkah pemakanan, yang bertujuan untuk mencapai suatu angka standar yaitu angka kekasaran permukaan rata-rata ( $R_a$ ) dengan nilai tingkat kekasaran permukaan ( $N$ ) tertentu. Untuk menghitung nilai angka kekasaran permukaan rata-rata yaitu dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$R_a = \frac{A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n}{L}$$

$$= \frac{\sum A}{L} \quad (1)$$

### Image Processing

*Image* adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari gambar analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar diskrit melalui proses sampling. Gambar analog dibagi menjadi  $N$  baris dan  $M$  kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Persilangan antara baris dan kolom tertentu disebut dengan piksel. Contohnya adalah gambar/titik diskrit pada baris  $n$  dan kolom  $m$  disebut dengan piksel  $[n,m]$ .

Satuan citra terkecil disebut pixel (*picture element*) yang berarti elemen citra. Umumnya, citra dibentuk dari kotak-kotak persegi empat yang teratur sehingga jarak horisontal dan vertikal antar pixel adalah sama pada seluruh bagian citra.

Dalam komputer, setiap pixel diwakilkan oleh sebuah nilai dalam bilangan bulat (integer). Seringkali bilangan bulat tersebut besarnya 8-bit, dengan selang 0-255 dimana 0 untuk warna hitam, 255 untuk warna putih dan tingkat abu-abu berada diantaranya.

Kebanyakan kamera menangkap citra dalam bentuk analog yang kemudian disampel dan dikuantisasi untuk mengkonversinya ke dalam bentuk citra digital. Tingkat penyampelan menentukan tingkat resolusi citra digital (berapa garis dan berapa kolom atau berapa jumlah pixel yang membentuk suatu citra), sedang kuantisasi menentukan tingkat intensitas yang digunakan untuk menggambarkan tingkat pencahayaan titik sample (berapa tingkat digunakan pada citra untuk mewakili perbedaan intensitas cahaya pada benda). Jadi sample dan kuantisasi menentukan dalam hal menjaga informasi pada citra. Semakin tinggi tingkat sample dan kuantisasi suatu citra, semakin mendekati obyek aslinya.

Pengolahan citra adalah suatu teknologi yang dikembangkan untuk mendapatkan informasi dari citra digital (*image*) dengan cara memodifikasi bagian dari *image* yang diperlukan sehingga menghasilkan *image* dalam bentuk lain yang lebih informatif [4].

Dalam *image processing*, dilakukan operasi terhadap *image* asli menjadi *image* baru berdasarkan *image* asli. Operasi yang dilakukan pada *image* dikategorikan sebagai berikut :

- Point, yaitu operasi yang menghasilkan output dimana setiap piksel hanya dipengaruhi oleh piksel pada posisi yang sama dari *image* asli.
- Local, yaitu operasi yang menghasilkan output dimana pikselnya dipengaruhi oleh piksel-piksel tetangga pada *image* asli.
- Global, yaitu operasi yang menghasilkan output dimana pikselnya dipengaruhi oleh semua piksel yang ada dalam *image* asli.

Alat bantu matematika yang sering dipakai dalam *image processing* adalah sebagai berikut :

- Statistik
- Konvolusi
- Transformasi Fourier
- Representasi Kontur

Salah satu proses pengolahan citra untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dilakukan terhadap citra biner. Cita biner adalah citra yang hanya mempunyai 2 macam pixel yaitu pixel hidup (obyek) dan pixel mati (Latar belakang). Dalam sistem bilangan biner dikenal 2 angka yaitu 0 dan 1. Dala citra digital biner, 0 dipakai untuk latar belakang tetapi untuk obyek dapat dipakai bilangan selain 0 yang tergantung pada jumlah bit data disimpan. Umumnya citra biner yang disimpan dalam 8-bit akan menggunakan bilangan 0 untuk latar belakang dan bilangan 255 untuk obyek, agar obyek terlihat jelas.

Dalam pengambilan citra hanya citra yang berbentuk digital yang dapat diproses oleh komputer digital, data citra yang dimasukkan berupa nilai-nilai integer yang menunjukkan nilai intensitas cahaya atau tingkat keabuan setiap pixel. Citra  $(x,y)$  disimpan dalam memori komputer atau penyimpan binikai dalam bentuk array  $N \times M$  dari contoh diskrit dengan jarak yang sama [1] sebagai berikut:

$$f(x,y) = \begin{pmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,m-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,m-1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(n,0) & f(n,1) & \dots & f(n,m-1) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Setiap elemen dari array diatas disebut pixel yang merupakan suatu daerah empat persegi kecil dengan ukuran tertentu dan menunjukkan harga intensitas keabuan pixel pada lokasi yang bersangkutan. Ukuran pixel ini sering disebut sebagai resolusi pixel. Citra masukan diperoleh melalui suatu kamera didalamnya terdapat suatu alat digitasi yang mengubah citra masukan berbentuk analog menjadi citra digital.

Alat masukan citra yang umum digunakan adalah kamera CCD (Charge Coupled Device) dimana sensor citra alat ini menghasilkan keluaran berupa citra analog sehingga dibutuhkan alat digitasi. Sebelum dikuantisasi dan diubah menjadi citra digital, citra mengandung nilai intensitas yang kontinyu. Informasi intensitas dalam citra digital tak berwarna disimpan dalam bentuk *gray values* atau nilai abu-abu. Tingkat kuantitas intensitas yang umum digunakan untuk mempresentasikan citra adalah 256 tingkat nilai abu-abu. Pada komputer, intensitas 0 berarti warna hitam murni, 255 berarti warna putih murni dan nilai

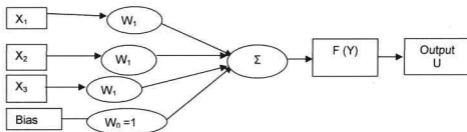
diantaranya untuk gabungan warna hitam dan putih.

Pengolahan warna pada citra didasarkan kepada spektrum cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia, dengan menggunakan tiga pusat stimulus warna yaitu merah, hijau, dan biru, ini menjadi dasar untuk mengklasifikasi warna yaitu dengan menggunakan model warna *red, green, blue* (R,G,B). Pada tingkat R,G,B pola bit angka dikomposisikan dari tiga nilai yang berkaitan dengan tingkat intensitas warna: satu untuk merah, satu untuk hijau dan satu untuk biru, masing-masing dari 0 sampai 255, untuk menentukan warna ketiga tingkat intensitas dikombinasikan pada angka yang dikehendaki.

### Artificial Neural Network

Prinsip dari *Artificial Neural Network* (jaringan syaraf tiruan) adalah berusaha untuk menirukan dan menggantikan sistem yang ditirunya agar dapat dihasilkan sesuatu sistem yang dapat dijalankan menggunakan jaringan syaraf tiruan. *Artificial Neural Network* merupakan sebuah sistem pemroses informasi yang mempunyai karakteristik dasar menyerupai jaringan syaraf biologis. Bentuk karakteristik dasar itu adalah: Pertama ANN terdiri dari beberapa elemen pemroses dasar (neuron) yang menerima masukan dari beberapa neuron yang berada didepannya. Kedua nilai masukan sinyal akan dikalikan dengan pembobot keterhubungan antar neuron, dan dijumlahkan secara menyeluruh dari semua masukan. Nilai ini kemudian disebut sebagai nilai total masukan neuron. Ketiga apabila apabila nilai total masukan neuron melebihi ambang batas tertentu, maka neuron tersebut akan mengirim sinyal keluaran kepada semua neuron yang berhubungan dengannya. Dan yang keempat, pembobot keterhubungan antar neuron dapat di rubah melalui proses pembelajaran.

Elemen dasar yang membangun sebuah sistem jaringan syaraf tiruan adalah sebuah simpul (unit) yang berfungsi untuk mengubah sinyal masukan menjadi sebuah output (keluaran). Model ini mempunyai masukan berupa vektor dengan  $n$  dimensi  $(X_1, X_2, X_3, \dots, X_n)$  dan keluarannya adalah  $U$ . Masukan (input) pertama dari perceptron selalu diberi nilai 1 dan nilai pembobot  $W_0$ . Nilai pembobot  $W_0$  dinamakan harga bias. Model dasar dari ANN adalah seperti disajikan pada Gambar (1) berikut;



Gambar 1. Model dasar Jaringan Syaraf Tiruan

Cara kerja dari ANN ini adalah menjumlahkan seluruh masukan setelah diberi pembobot dan memasukkan hasil penjumlahan ini kedalam sebuah fungsi aktivasi yang berfungsi untuk mengubah suatu nilai yang tidak terbatas (unbounded) menjadi nilai terbatas (bounded). Persamaan umum matematikanya adalah :

$$Y = \sum_{i=1}^N X_i W_i \quad (3)$$

$$U = f(Y) \quad (4)$$

Dimana :

$X_i$  = masukan data ke Neuron  
 $W_i$  = pembobot masukan

untuk menentukan aktivitas neuron

Kemampuan dari sebuah simpul terbatas pada pengenalan pola-pola yang linier dan fungsi logika sederhana. Kemampuan yang lebih tinggi dapat diperoleh dengan jalan menggabungkan beberapa buah simpul yang membentuk jaringan syaraf tiruan yang berlapis (multilayer).

Pada lapisan tersembunyi (Hidden Layer) dan lapisan keluaran melakukan perhitungan dengan suatu fungsi tertentu yang disebut dengan fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi sering disebut juga fungsi sigmoid yaitu fungsi kontinyu, monoton tidak turun secara drastis, keluaran terbatas dan mudah untuk didiferensialkan. Lapisan antara lapisan masukan dan lapisan keluaran disebut dengan lapisan tersembunyi (*hidden layer*).

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Peralatan

Bahan dan peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain adalah:

- Bahan/spesimen yang digunakan dari logam Aluminium berupa aluminium batang dengan diameter 36 mm dan panjang 10 mm sebanyak 72 buah.
- Sedangkan Peralatan yang digunakan terdiri dari:
  - Perangkat keras : Mesin CNC TU-2A, Mesin Bubut Konvensional, 1 unit kamera digital 4 mega piksel, Surface Roughness Tester dan 1 unit PC.
  - Perangkat Lunak : Bahasa program Delphi 7 dan Backpropagation Neural Network Learning [5].

### Metode Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu pengambilan data untuk setiap sampel meliputi pengerjaan mesin, pengambilan citra, pengukuran kekasaran yang dilanjutkan membangun program yang meliputi pengolahan citra dan pendekatan jaringan syaraf tiruan.

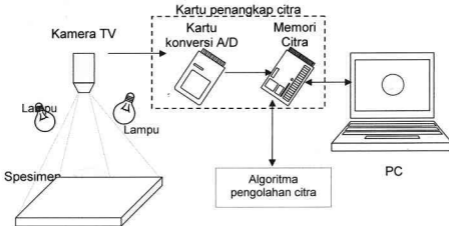
#### a. Pengerjaan Spesimen

Spesimen dibagi menjadi dua, separuhnya dikerjakan dengan mesin CNC TU-2A dan separuhnya dikerjakan dengan mesin bubut konvensional, putaran spindle divariasikan menjadi 9 tingkat putaran mulai dari 90, 110, 155, 190, 260, 320, 440, 540, dan 740 rpm. Dari hasil pengerjaan mesin dengan variasi putaran spindle akan didapatkan tingkat kekasaran permukaan yang berbeda.

b. Pengambilan Citra

Proses pengambilan citra dilakukan setelah spesimen dikorjakan dengan mesin dengan ketentuan jarak antara kamera dengan spesimen harus sama, selain itu

pencahayaannya juga harus sama. Secara skematis proses pengambilan citra digital spesimen dilihat pada Gambar (2).



Gambar 2. Skema perekaman obyek manggis ke dalam citra digital

c. Pengukuran Kekasaran Permukaan

Pengukuran kekasaran permukaan dilakukan setelah proses pengambilan citra.

d. Pembuatan Program

Program untuk pengolahan *image* dibangun dengan menggunakan bahasa pemrograman bahas Borland Delphi versi 5.

Algoritma pengolahan citra

- Pembuatan program pengolahan citra

Program pengolahan citra dibangun untuk dapat melakukan pengambilan citra dan menyimpan dalam format dengan ekstension JPEG. Pengolahan citra dilakukan secara *real time* meliputi perhitungan area, indeks RGB dan 4 komponen tekstur.

- Pengukuran Area

Pengukuran area dilakukan dengan terlebih dahulu mengubah citra warna menjadi citra biner untuk membedakan obyek dan latar belakang melalui proses *thresholding* dengan nilai *threshold* tertentu. Hasilnya objek berwarna putih dan latar belakang berwarna hitam. Kemudian dilakukan

proses *labelling* untuk menemukan obyek dengan luas area terbesar, untuk selanjutnya menentukan titik pusat objek dan melakukan perhitungan luas area dengan cara menghitung jumlah *pixel* warna putih (obyek). Pengukuran area objek (*A*), bertujuan untuk membedakan objek dengan warna latar belakang. Luas dihitung dengan cara menghitung jumlah *pixel* objek dengan menggunakan persamaan :

$$A = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n B[i, j] \quad (5)$$

Dimana :

*A* = area objek

*B* (*i, j*) = lokasi piksel objek pada

(*i, j*)

- Pengukuran Intensitas Warna

Model warna RGB dapat dinyatakan dalam bentuk indeks warna RGB. Untuk mendapatkan indeks warna RGB yaitu dengan menormalisasikan nilai *R, G, B* yang didapat dari pengolahan citra digital. Penormalan dilakukan dengan menghitung nilai *r, g, b* dengan persamaan (6-8).

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (6)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (7)$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad (8)$$

dimana:

R, G, B = nilai pembacaan pada berkas citra warna

r, g, b = nilai indeks warna merah, hijau, dan biru.

Komponen warna RGB kemudian dikonversi kedalam bentuk yang lebih sesuai untuk pengolahan citra, yaitu sistem HSI (Hue, Saturation, Intensity) dimana sistem merepresentasikan model warna yang sesuai dengan persepsi manusia. Konversi sistem HIS dengan komponen warna RGB adalah :

$$I = \frac{R + G + B}{3} \quad (9)$$

$$H = \arcsin \left[ \frac{2R - G - B}{2\sqrt{(R - G)^2 + (R - G)(G - B)}} \right] \quad (10)$$

$$S = 1 - \frac{3 \times \min(R, G, B)}{R + G + B} \quad (11)$$

#### • Pengukuran Tekstur

Tekstur merupakan salah satu karakteristik yang penting dari teknik pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi suatu objek yang telah direkam dengan kamera. Menurut [4] untuk menentukan tekstur diperlukan beberapa fitur ( 14 fitur), dengan hanya melakukan pengukuran dengan 5 buah fitur yaitu fitur mean, energi, kontras, homogenitas, dan entropi sudah dapat menentukan bentuk dari tekstur dari objek.

Fitur mean (rata-rata) menunjukkan rata-rata intensitas citra abu-abu (gray scale) dan dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$\text{Mean} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (iP[i, j] + jP[i, j]) \quad (12)$$

Fitur energi berfungsi untuk mengukur konsentrasi pasangan grey level pada matriks co-occurrence. Energi dapat

dihitung dengan menggunakan persamaan (13).

$$\text{Energi} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p(i, j) \quad (13)$$

dimana:

i dan j = Sifat keabuan dari resolusi 2 piksel yang berdekatan

P (i,j) = Frekwensi relatif matrik dari resolusi 2 piksel yang berdekatan

Fitur kontras berfungsi untuk mengukur perbedaan lokal dari hasil pengolahan citra, pada citra berukuran mxn. Persamaan fitur kontras (14).

$$\text{Kontras} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (i, j)^2 p(i, j) \quad (14)$$

Fitur homogenitas berfungsi mengukur kehomogenitas variasi perbedaan lokal (grey level) dalam suatu hasil pengolahan citra digital. Persamaan dari homogenitas (15).

$$\text{Homogenitas} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \frac{p(i, j)}{1 + |i - j|} \quad (15)$$

Fitur entropi berfungsi mengukur keteracakan dari distribusi perbedaan lokal hasil pengolahan citra digital. Fitur entropi dapat dicari dengan menggunakan persamaan (16):

$$\text{Entropi} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p(i, j) \log p(i, j) \quad (16)$$

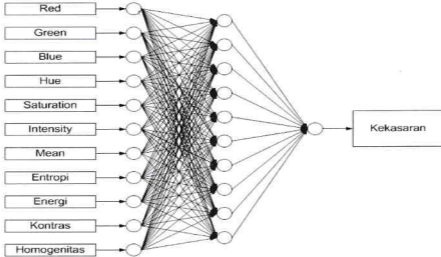
Analisis tekstur berfungsi untuk memprediksi kondisi suatu objek dari sifat permukaannya [4]. Fitur ini dicari dengan operator matriks *coocurance* (1,1). Pada pengukuran ini dicari jumlah matriks *coocurance* (i,j) yang didapat dari matriks tingkat keabuan (*gray level matrix*) sample objek dengan ukuran 25 x 25 piksel pada jendela yang dibentuk berada ditengah-tengah objek

- **Penyusunan Model Jaringan Syaraf Tiruan /ANN**

Data yang didapat dari pengolahan citra digunakan untuk masukan pada model jaringan syaraf tiruan, data tersebut terdiri dari delapan buah komponen pengolahan citra yaitu data area citra, indeks warna RGB dan HSI serta fitur tekstur (kontras, homogenitas, entropi dan energi) dan target keluaran berupa tingkat

kekasaran permukaan logam seperti ditunjukkan pada Gambar (3).

Aturan pembelajaran ANN yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembelajaran terawasi. Aturan ini dipilih karena dapat mempelajari data masukan yang diberikan dan dapat memproses data masukan yang bersifat non-linier dan metoda pelatihan penjarangan balik (*backpropagation*).



Gambar 3. Skema struktur ANN

- **Pelatihan Model**

Jaringan syaraf tiruan model untuk memprediksi tingkat kekasaran permukaan dilatih dengan menggunakan algoritma *error backpropagation*. Program computer yang digunakan untuk pelatihan model adalah bahasa pemrograman Visual Basic Ver. 6.0. Data komponen pengolahan citra dari tingkat kekasaran permukaan dibagi menjadi 2 kelompok set data yaitu 69% digunakan sebagai set data pelatihan yaitu sebanyak 50 buah data dan 31% sisanya digunakan sebagai data validasi model sebanyak 22 buah data.

Untuk melihat unjuk kerja dari ANN, maka tiap-tiap model diuji dengan jumlah lapisan tersembunyi yang berbeda. Jumlah lapisan tersembunyi yang diujikan kepada tiap model yaitu

pada penelitian ini menggunakan 5, 10 dan 15 lapisan tersembunyi.

Simpul pada lapisan masukan akan mendistribusikan sinyal ke simpul lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Persamaan untuk menghasilkan nilai masukan pada lapisan tersembunyi ( $Z_{inj}$ ) adalah :

$$Z_{inj} = \sum_{i=1}^n x_i V_{ij} \quad (17)$$

Setelah memasuki simpul pada lapisan tersembunyi maka akan terjadi perhitungan  $Z_{inj}$  dengan fungsi aktivasi. Fungsi aktivasi yang digunakan adalah:

$$F(x) = \frac{1}{1 + \exp(-\delta \cdot x)} \quad (18)$$

dimana :  $x$  = nilai masukan terhadap fungsi

$\delta$  = konstanta persamaan sigmoid

Nilai keluaran dari lapisan tersembunyi  $Z_j$  merupakan hasil masukan  $Z_{in_j}$  ke fungsi aktivasi :

$$Z_j = f(Z_{in_j})$$

Aturan belajar diturunkan dengan mengoptimalkan sebuah harga (*cost function*) yang dikenal dengan jumlah kuadrat galat dengan persamaan :

$$E = 1/2 \sum (T_k - Y_k)^2$$

dimana :  $T_k$  = target  
 $Y_k$  = keluaran dari jaringan syaraf tiruan

Sebelum melakukan pelatihan diperlukan penentuan nilai-nilai parameter pelatihan yaitu konstanta pembelajaran, konstanta momentum, fungsi aktivasi dan jumlah iterasi. Penentuan konstanta ini dilakukan dengan metode coba-coba (*trial and error*) dengan melihat grafik error dari program hingga tidak terjadi minimum lokal. Setelah bilangan tersebut didapatkan, model kemudian dilatih. Pada saat pelatihan ini akan didapatkan nilai perubahan error pada tiap-tiap iterasi, dan pada akhir pelatihan akan didapatkan data hasil training yaitu nilai pembobot tiap-tiap simpul serta nilai error terakhir dari pelatihan.

Pelatihan jaringan syaraf tiruan menggunakan algoritma backpropagation. Sebelum melakukan pelatihan terlebih dahulu menentukan nilai laju konstanta momentum dan fungsi aktivasi. Penentuan konstanta laju pembelajaran yang dilakukan dengan metoda coba-coba (*trial and error*) menghasilkan nilai 0.8 untuk konstanta momentum, nilai 0.8 untuk konstanta laju pembelajaran, konstanta fungsi aktivasi adalah 1, serta penetapan jumlah iterasi sebanyak 10000 iterasi.

Selama proses pelatihan didapatkan nilai RMS Error serta perubahan nilai pembobot untuk tiap iterasi pada setiap simpul

jaringan. Nilai RMS Error serta perubahan nilai pembobot terakhir akan disimpan dalam bentuk file dengan bentuk format text dan akan digunakan untuk pendugaan pada set data validasi. Semakin rendah nilai RMS Error yang dihasilkan selama pelatihan maka akan menghasilkan kinerja jaringan yang baik.

### g. Validasi Model

Validasi model bertujuan untuk mengetahui ketepatan ANN dalam memprediksi keluaran sebuah informasi. Pada proses validasi, setelah model ANN dilatih dengan menggunakan data pelatihan, model diuji dengan data yang lain. Hal dimaksudkan sejauh mana model dapat memprediksi nilai-nilai parameter keluaran dari nilai-nilai parameter masukan yang diberikan pada ANN.

Hasil validasi model untuk tiap lapisan tersembunyi dilakukan dengan membandingkan nilai target output yang telah ditetapkan dengan hasil prediksi jaringan yang telah dilatih dengan data validasi. Program akan memberikan hasil prediksi dan hasil dari program kemudian dibulatkan dimana nilai keluaran program bernilai  $> 0.5$  maka dibulatkan menjadi nilai keluaran 1 dari nilai target yang ditentukan sebelumnya dan nilai keluaran program bernilai  $< 0.5$  maka dibulatkan menjadi nilai keluaran 0 dari target yang ditentukan sebelumnya. Karena bentuk fungsi yang digunakan selama pelatihan adalah fungsi sigmoid, maka hasil yang diberikan oleh program memiliki kecenderungan tidak akan mencapai nilai maksimum 1 dan tidak akan mencapai nilai minimum 0. Oleh karena itu dilakukan pembulatan untuk mencapai nilai biner 0 atau 1. Untuk menentukan ketepatan model perlu dilakukan validasi model dengan persamaan :

Ketepatan (%) =  $(A/B) \times 100\%$   
A = Jumlah data hasil pendugaan yang sama dengan target  
B = Jumlah target

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Citra Digital

Sample difoto dihasilkan file \*.JPG dengan ukuran 2200 x 1700 pixel dengan resolusi radiometrik sebesar 8 bit untuk masing-masing komponen warna RGB. Pemisahan objek dengan background yang berwarna hitam dilakukan dengan threshold histogram pada intensitas warna biru jika nilai lebih dari 50-100 adalah objek sedangkan dibawahnya adalah background. Setelah dilakukan threshold; dilakukan filtering terhadap noise/kumpulan pixel background yang masih dianggap sebagai objek. Kumpulan pixel dibawah 10000 dijadikan objek.

Setelah terjadi pemisahan antara objek dan background dilakukan analisis terhadap indeks warna RGB (red, green dan blue), indeks warna HIS (hue, intensity dan

saturation) dan analisis tekstur (mean, entropy, energy, kontras dan homogeneity). Hasil analisis tersebut kemudian disimpan pada basis data. Jumlah keseluruhan data adalah 72 buah. Korelasi antara hasil analisis citra dengan data kekasaran dilakukan untuk melihat keterikatan data.

### MODEL ANN

Model ANN yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan 3 model untuk memprediksi tingkat kekasaran permukaan seperti diperlihatkan pada tabel (1). Sedangkan variasi data-data input menggunakan nilai parameter dari hasil pengolahan citra yaitu indeks warna merah, hijau dan biru, komponen warna hue, saturasi dan intensitas, serta komponen tekstur kontras, homogenitas, energi dan entropi Tabel (1)

Tabel 1. Tiga buah model ANN.

Model ANN	Node pada Input Layer	Node pada Hidden Layer	Node pada Output Layer
Model ANN [11-5-1]	11	5	1
Model ANN [11-10-1]	11	10	1
Model ANN [11-15-1]	11	15	1

Tabel 2 Variasi Data Input

Input ANN	Output ANN
Red	Kekasaran
Green	
Blue	
Hue	
Intensity	
Saturation	
Mean	
Entropy	
Energy	
Contras	
Homogeneity	

Pembelajaran dilakukan dengan backpropogation dengan parameter learning rate, momentum dan gain masing-masing model mempunyai nilai yang sama yaitu 0.1, 0.2 dan 0.9. Kreteria pemberhentian

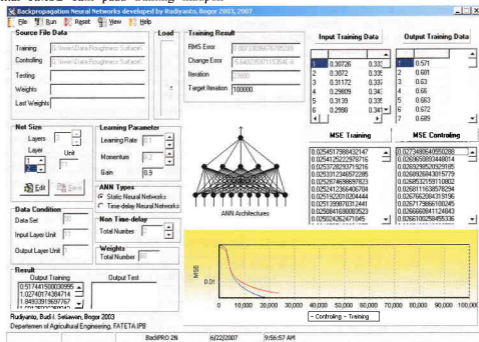
didasarkan atas validasi silang antara data training dengan data testing.

Data hasil analisis citra digital dibagi menjadi 2 kelompok data masing-masing

50 buah data atau 69% data digunakan untuk training dan sisanya sebanyak 22 buah data (31%) digunakan untuk testing.

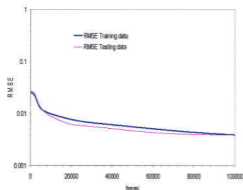
Kinerja ketiga model dibandingkan dengan indeks performance RMSE. Semakin kecil nilai RMSE baik pada training maupun

testing menunjukkan bahwa model tersebut adalah model terbaik. Gambar (4) menunjukan program Backpropagation Artificial Neural Network Learning yang digunakan.

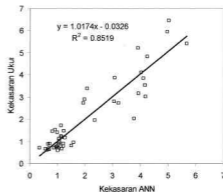


Gambar 4. Backpropagation ANN

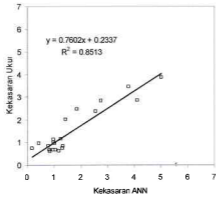
Kinerja Model ANN [11-5-1]  
Grafik RMSE pada training dengan validasi silang



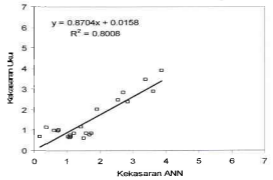
Training



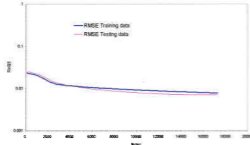
### Testing



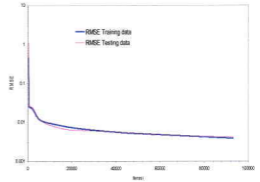
### Testing



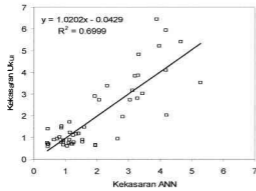
### Kinerja Model ANN [11-10-1] Grafik RMSE pada training dengan validasi silang



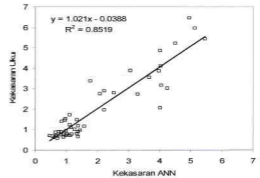
### Kinerja Model ANN [11-15-1] Grafik RMSE pada training dengan validasi silang



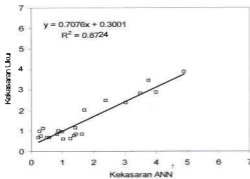
### Training



### Training



## Testing



### Perbandingan Model ANN

Model	RMSE Training	RMSE Testing
ANN [11-5-1]	0.0038	0.0038
ANN [11-10-1]	0.0078	0.0070
ANN [11-15-1]	0.0038	0.0042

Model ANN [11-5-1] nilai RMSE terkecil baik training maupun testing

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan diatas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut;

1. Parameter *image processing*: area, indeks warna RGB dan HSI serta komponen tekstur (kontras, homogenitas, energi dan entropi) dapat digunakan untuk mengidentifikasi permukaan aluminium dengan bantuan jaringan syaraf tiruan.
2. Teknik *image processing* dengan model ANN dapat digunakan untuk mengidentifikasi permukaan aluminium tanpa merusak spesimen yang diukur.
3. Model ANN [11-5-1] memberikan hasil terbaik untuk memprediksi tingkat kekasaran Aluminium dengan nilai RMSE terkecil; 0.0038 untuk training dan testing.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Buturovic, L.J. and LT. Citkusev. *Back Propagation and Forward Propagation*. International Joint Conference on Neural Networks. 1992.
2. Fu, L. *Neural Networks In Computer Intelligence*, McGraw-Hill, Inc. Singapore. 1994.
3. G. Takeshi Sato et.al, *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*, Jakarta, PT. Pradnya Paramita, Haralick, R.M., K. Shanmugam dan Dinstein. 1973. *Textural Features For Image Classification*. IEEE Transaction on System, man and Cybernetics, Vol 3, N0.6 p :610-621. 1989.
4. Jain, R., R. Kasturi, dan B.G. Schunck. *Machine Vision*. McGraw-Hill Book, Inc. N.Y., USA. 1995
5. Patterson, D. W. *Artificial Neural Networks Theory and Application*, Printice Hall. New York. 1996.
6. Rudyanto dan Budi I. Setiawan. *Backpropogation Artificial Neural Networks* Departemen Teknik Pertanian. FATETA IPB. 2004.