

## **Kajian Sistem Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS) Berbasis Algoritma Pengolahan Citra Untuk Menguji Kualitas Printed Circuit Board (PCB)**

Tatang Rohana  
Staf Pengajar, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika Dan Komputer Cikarang  
Jalan Kapten Sumantri No. 16 Cikarang, Bekasi

**Kontak Persen :**

Tatang Rohana  
Galuh Mas IV-A Metropolis Blok H No. 9 Karawang  
Telp.: 0812 90238939, email : cctatang@gmail.com

### **Abstrak**

Pengujian kualitas suatu produk dengan bantuan sistem atau alat merupakan model yang sangat populer karena hasil pengujiannya lebih valid dan cepat, baik dengan model inspeksi maupun pencocokan. Model pengujian tersebut divariasikan dengan metode atau algoritma dengan harapan tingkat akurasi dan kecepatan pengujian lebih baik. Penelitian yang penulis buat ini, merupakan bentuk sistem inspeksi atau sering juga disebut *Automated Visual Inspection System (AVIS)*. Obyek dari penelitian ini adalah *Printed Circuit Board (PCB)*, dimana akan dicari kualitas dari *PCB* mana yang baik dan yang jelek (rusak) dengan melihat dari citra *PCB* tersebut. Citra *PCB* mengalami proses pengolahan citra, untuk mencari nilai rata-rata citra biner, nilai ambang (threshold), dan nilai standar deviasi. Tiga variabel nilai ini diolah dengan menggunakan algoritma pengolahan citra *Niblack*, yang kemudian tiga variabel nilai yang dihasilkan tersebut menjadi input pada proses kajian model *Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)*. Alasan digunakannya model *Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)* karena merupakan alternatif metode pengujian *PCB* dari penelitian sebelumnya yang sudah dilakukan. Walaupun hasil penelitian yang sudah dilakukan itu cukup bervariasi hasilnya, baik dari aspek keakuratan, kecepatan maupun tingkat kesalahannya. Dalam kajian model *Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)* ini, digunakan dua model dari *ANFIS*, yaitu model *Hybrid* dan model *Backpropagation*. Teknik *trapezium mf* dan *gaussian mf* digunakan sebagai pembanding dari model *Hybrid* dan *Backpropagation*. Berdasarkan hasil pengujian terhadap model inferensi *ANFIS*, terbukti tingkat akurasi yang dihasilkan cukup baik, hal ini terbukti bahwa model *ANFIS* khususnya model *Hybrid* memiliki tingkat kesalahan yang lebih konsisten yaitu sebesar 2.0362e-006 dan memiliki tingkat akurasi pengujian data sampai 99%.

**Keyword :** *Automated Visual Inspection System (AVIS), Pengolahan Citra, ANFIS, PCB, Fuzzy Logic.*

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Perkembangan teknologi informasi berdampak kepada membaurnya keilmuan atau keahlian tertentu. Bidang pengolahan citra tidak menjadi satu – satunya metode dalam pemecahan suatu masalah, tetapi saat ini pengolahan citra dikombinasikan dengan kecerdasan tiruan untuk meneliti ataupun mencari suatu solusi dalam berbagai aplikasi. Hal ini terbukti dengan semakin banyaknya penyelesaian masalah yang menggunakan kedua teknik ini, dan salah satunya adalah dalam penggunaan sistem deteksi suatu objek yang sekarang lebih populer dengan istilah Sistem Inspeksi Visual Otomatis (SIVO) atau *Automated Vision Inspection Systems (AVIS)*.

Sistem Inspeksi Visual Otomatis (SIVO) merupakan suatu bentuk inovasi sistem yang tadinya berpihak kepada satu bidang keilmuan, sekarang menjadi bentuk kolaborasi. SIVO dapat digunakan sebagai suatu metode analisis, klasifikasi, dan deteksi cacat dalam bidang

industri suatu produk. SIVO memanfaatkan teknik pengolahan citra dan kecerdasan buatan yang dapat menerjemahkan / mendeskripsikan informasi yang telah diperoleh menjadi informasi lain yang lebih berguna untuk mengambil keputusan. Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Banyak penelitian dengan objek *Printed Circuit Board* (PCB) yang menggunakan Sistem Inspeksi Visual Otomatis (SIVO) yang telah dilakukan, tetapi dari penelitian – penelitian yang sudah dilakukan ada beberapa yang sudah memberikan hasil yang optimal dan ada juga yang belum optimal. Misalnya ada penelitian yang dari presentasi keakuratannya kecil, waktu akses yang masih lama, teknik pengolahan citra yang kurang tepat, Beberapa penelitian juga hanya mengandalkan teknik pengolahan citra belum dibantu dengan teknik kecerdasan buatan, sehingga berdampak pada keakuratan data yang diperoleh.

Berdasarkan permasalahan di atas, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dalam bidang pengujian kualitas *Printed Circuit Board* (PCB) dengan teknik dan model yang berbeda. Penelitian ini menggunakan model *Adaptive Neural Fuzzy Inference System* (ANFIS), dimana teknik yang digunakannya adalah *ANFIS Hybrid* dan *ANFIS Backpropagation*.

## 1.2. Tujuan dan Manfaat Penelitian

### 1.2.1. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan penjelasan yang menjadi dasar pengembangan model Sistem Inspeksi Visual Otomatis SIVO ini, maka penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengembangkan model Sistem Inspeksi Visual Otomatis (SIVO) secara off-line untuk mendeteksi kualitas keping PCB berdasarkan citra yang diambil menggunakan kamera.
- b. Mengimplementasikan teknik pengolahan citra, dengan analisis citra yang digunakan meliputi skala keabuan, segmentasi, dan proses binerisasi sebagai input untuk proses pelatihan klasifikasi kualitas keping PCB.
- c. Mengembangkan *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) sebagai model yang digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas keping PCB ke dalam kelompok *good* (G) dan *not good* (NG).

### 1.2.2. Manfaat Penelitian

- a. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi bahan masukan, sehingga sistem ini menjadi acuan dan prototype model Sistem Inspeksi Visual otomatis (SIVO) untuk para peneliti lainnya.
- b. Penelitian ini diharapkan menjadi model sistem, yang menggabungkan teknik pengolahan citra dan teknik *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS) yang memberikan nilai akurasi yang tinggi dalam menentukan kualitas keping PCB.

## II. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini digunakan metode eksperimen. Eksperimen adalah metode penelitian yang bertujuan untuk meneliti hubungan (bisa berupa hubungan sebab akibat atau bentuk hubungan lainnya) antar dua variabel atau lebih pada satu atau lebih kelompok eksperimental, serta membandingkan hasilnya dengan kelompok yang tidak mengalami manipulasi yakni yang disebut dengan kelompok kontrol. Objek dalam penelitian ini adalah *Printed Circuit Board* (PCB). Di mana akan dicari kualitas (PCB) dengan cara membandingkan citra PCB yang baik dan yang jelek. Kualitas dilihat berdasarkan ciri citra

PCB dari hasil pengolahan citra, yang dilihat dari tiga variabel nilai yaitu rata-rata citra biner, nilai ambang (threshold), dan nilai standar deviasi.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Proses Training Data Citra dengan Algoritma Niblack

Data input dalam penelitian ini adalah file citra keping *PCB* yang terdiri dari 38 citra *PCB* data sekunder, dengan ukuran dan pixel yang sama. Citra *PCB* ini digunakan untuk LED lampu elektronik. Gambar dari keping *PCB* tersebut dapat dilihat diawah ini.



Gambar 1. Objek Citra PCB

Dalam proses training, terdiri dari 32 file citra. Proses training ini, dilakukan dengan menggunakan algoritma pengolahan citra yang dikenal dengan algoritma Niblack. Hasil pengolahan algoritma ini mengidentifikasi ciri Citra Berdasarkan Tiga Variabel, Yaitu Nilai Rata – rata citra biner, nilai ambang (threshold), dan nilai standar deviasi. Tiga variabel inilah yang menjadi data input dalam penelitian ini.

Berikut tabel data hasil training citra PCB yang dihasilkan berdasarkan variael masing – masing.

Tabel 1. Data Citra Hasil Training Algoritma Niblack

No	Nilai			Bobot
	R (Citra)	Threshold	Ambang	
1	101.477	18.279	0.349	90
2	100.276	18.307	0.345	100
3	101.645	20.013	0.349	90
4	101.645	20.013	0.349	90
5	101.974	18.927	0.349	90
6	117.230	22.224	0.404	60
7	117.230	22.224	0.404	60
8	116.707	22.376	0.404	60
9	116.707	22.376	0.404	60
10	100.276	18.307	0.345	100
11	101.974	18.927	0.349	90
12	101.477	18.279	0.349	90
13	100.276	18.307	0.345	100
14	116.358	22.468	0.404	60
15	115.628	22.481	0.396	65
16	116.926	22.399	0.404	60
17	101.477	18.279	0.349	90

18	100.276	18.307	0.345	100
19	101.645	20.013	0.349	90
20	101.645	20.013	0.349	90
21	101.974	18.927	0.349	90
22	117.230	22.224	0.404	60
23	117.230	22.224	0.404	60
24	116.707	22.376	0.404	60
25	116.707	22.376	0.404	60
26	100.276	18.307	0.345	100
27	101.974	18.927	0.349	90
28	101.477	18.279	0.349	90
29	100.276	18.307	0.345	100
30	116.358	22.468	0.404	60
31	115.628	22.481	0.396	65
32	116.926	22.399	0.404	60

Selain tiga variabel hasil pengolahan algoritma Niblack yang meliputi rata – rata citra biner, nilai ambang (threshold), dan nilai standar deviasi, ditambahkan juga nilai bobot sebagai dasar dalam pengujian kualitas citra. Bobot ini diambil dari nilai kualitas PCB secara fisik. Nilai bobot terdiri dari diberikan antara range nilai 60 sampai dengan 100. Yang nilai bobotnya lebih besar dari 70, maka PCB tersebut berkondisi bagus (good). Sedangkan yang memiliki nilai dari 70 ke bawah berdasarkan tiga variabel tersebut memiliki kualitas jelek (no good).

Berikut algoritma Niblack yang digunakan dalam pencarian tiga variabel nilai input yang dituliskan dalam kode matlab :

```
function [imagBW,ambang,Rata] = niblack(imag)
% NIBLACK binarizes a gray scale image 'imag' to a binary image, using
% Niblack algorithm. The noises of the gray scale image are removed.
% Input:
%   imag: the gray scale image, with black foreground(0), and white
%   background(255).
% Output:
%   imagBW: the binary image of the gray scale image 'imag', with
%   Niblack algorithm.
tic;
k = -0.2; % the first manual parameter
b = 80; % the second manual parameter, about the width of the square neighborhood
choice = 1; % 1 for pixel-to-pixel computation, 2 for pixel averaging within the square neighborhood for fast
computation.

imag = imag( :, :, 1);
[Hei, Wid] = size(imag);
imag = padarray(imag, [b b], 'symmetric', 'both'); % Pad image array
Hei_pad = Hei + 2 * b;
Wid_pad = Wid + 2 * b;
imagBW = false(Hei_pad, Wid_pad);
switch choice
case 1
```

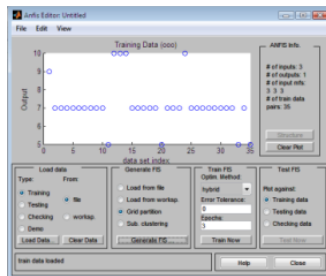
```

for i = 1+b : Hei+b
    for j = 1+b : Wid+b
        upR = i-floor(b/2-1/2);
        dnR = i+floor(b/2);
        lfC = j-floor(b/2-1/2);
        rtC = j+floor(b/2);
        m_ij = mean(mean(imag(upR : dnR, lfC : rtC)));
        sigma_squared = double(imag(upR : dnR, lfC : rtC)) - m_ij;
        sigma_squared = mean(mean(sigma_squared.^2));
        sigma = sqrt(sigma_squared);
        th_ij = m_ij + k * sigma;
        if double(imag(i,j)) > th_ij
            imagBW(i,j) = 1;
        end
    end
end
    
```

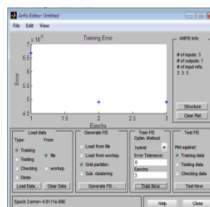
### 3.2. Proses Training Data

Pada proses ini training ini dipilih model Takagi-Sugeno dalam inferensinya, dimana output sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier. *Fuzzy inference system* merupakan proses pemetaan dari suatu input ke output dengan menggunakan logika fuzzy yang dapat menyediakan dasar pengambilan keputusan atau pola yang diperoleh. *Fuzzy inference system* memiliki beberapa proses, yaitu proses *Membership Function*, *Fuzzy Logic Operator*, dan *If Then Rule*.

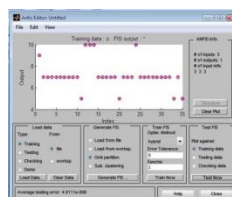
Pada sistem yang dibuat ini dipilih dua jenis tipe training, yaitu model *hybrid* dan *backpropagation*. Dimana pada masing – masing dari dua model ini akan menggunakan dua model mf, yaitu Gaussian dan Trapesium. Dua membership ini akan ditraining sebanyak 50 kali. Berikut cara pengaturan training dengan fungsi keanggotaan (mf) trapesium.



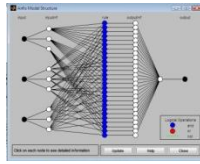
Gambar 2. Hasil Proses Training



Gambar 3. Training Error dengan Hybrid Trapesium



Gambar 4. Tingkat Rata – Rata Kesalahan Training Model Hybrid mf Trapesium



Gambar 5. Struktur ANFIS Yang Dihasilkan

Dalam proses training jumlah epoch mempengaruhi tingkat keakuratan data yang akan ditraining. Hasil proses training ini ditandai dengan diperolehnya nilai *average testing error*, dimana jika nilainya semakin kecil maka akan semakin baik proses pengenalan terhadap data masukan.

### 3.3. Pengujian Data

Proses pengujian hanya dilakukan terhadap model yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Adaptive Neural Fuzzy Inference System. Hal ini sejalan dengan tujuan dari penelitian yaitu seberapa efektif dan akurat model ini digunakan. Pengujian dilakukan hanya pada proses training data dan pengujian data yang digunakan pada saat menguji keping *PCB*. Pengujian dilakukan pada model hybrid dan backpropagation, sedangkan untuk implementasi sistemnya dibuat berdasarkan pada model yang paling baik tingkat akurasinya, yaitu model hybrid trapesium *mf*.

Tabel 2. Perbandingan Tingkat Akurasi Pengujian Pcb Antara Model Hybrid Trapesium Dan Backpropagation Trapesium

No	R	T	NA	NK	Tingkat Akurasi	
					HT-mf	Bk-mf
1	101.477	18.279	0.349	90	90.015	92.372
2	100.276	18.307	0.345	100	99.997	91.041
3	101.645	20.013	0.349	90	90.002	84.214
4	101.645	20.013	0.349	90	90.002	84.214
5	101.974	18.927	0.349	90	89.996	86.186
6	117.230	22.224	0.404	60	60.021	61.854
7	117.230	22.224	0.404	60	60.021	61.854
8	116.707	22.376	0.404	60	59.935	61.603
9	116.707	22.376	0.404	60	59.935	61.603
10	100.276	18.307	0.345	100	99.997	91.041
11	101.974	18.927	0.349	90	89.996	86.186
12	101.477	18.279	0.349	90	90.015	92.372
13	100.276	18.307	0.345	100	99.997	91.041
14	116.358	22.468	0.404	60	60.039	61.107
15	115.628	22.481	0.396	65	64.999	57.084
16	116.926	22.399	0.404	60	60.012	61.717

Tabel 3. Perbandingan Tingkat Akurasi Pengujian *PCB* Antara Model *Hybrid Trapezium* Dan *Backpropagation Gaussian*

No	R	T	NA	NK	Tingkat Akurasi	
					HT-mf	Bck_gaus
1	101.477	18.279	0.349	90	90.015	88.459
2	100.276	18.307	0.345	100	99.997	93.024
3	101.645	20.013	0.349	90	90.002	84.797
4	101.645	20.013	0.349	90	90.002	84.797
5	101.974	18.927	0.349	90	89.996	86.809
6	117.230	22.224	0.404	60	60.021	60.583
7	117.230	22.224	0.404	60	60.021	60.583
8	116.707	22.376	0.404	60	59.935	61.183
9	116.707	22.376	0.404	60	59.935	61.183
10	100.276	18.307	0.345	100	99.997	93.024
11	101.974	18.927	0.349	90	89.996	86.809
12	101.477	18.279	0.349	90	90.015	88.459
13	100.276	18.307	0.345	100	99.997	93.024
14	116.358	22.468	0.404	60	60.039	61.221
15	115.628	22.481	0.396	65	64.999	59.682
16	116.926	22.399	0.404	60	60.012	61.789

### 3.4. Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian yang dilakukan ini, ditemukan berbagai temuan – temuan yang berkaitan dengan model *Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)*, dari kombinasi training data yang dilakukan dengan mencoba antara teknik *hybrid* dan *backpropagation* dengan masing - masing mf trapesium dan gaussian, hybrid lebih baik dari sisi tingkat kesalahan. Dimana hybrid lebih konsisten tingkat kesalahan trainingnya yaitu sebesar  $4.0186e-007$  untuk *trapesium mf* dan  $2.0362e-006$  untuk *gaussian mf*. Sedangkan disisi lain model *backpropagation* akurasi kesalahannya lebih besar yaitu sebesar  $0.45509$  untuk *trapesium mf* dan  $0.27528$  untuk *gaussian mf*. Dari sisi pengujian datanya juga model hybrid baik *trapesium* maupun *gaussian mf* lebih baik dibanding *backpropagation*. Kemudian berdasarkan hasil pengujian terhadap 16 citra *PCB* yang dilakukan, tingkat akurasi dari model hybrid baik itu *trapesium mf* maupun *gaussian mf* mempunyai keakuratan antara 98% - 99 %. Sehingga model *ANFIS* khususnya model hybrid sangat layak menjadi teknik atau model yang digunakan sebagai inferensi kecerdasan buatan dalam menguji kualitas keping *PCB*.

## IV. SIMPULAN

Berdasarkan pembahasan dan pengujian yang dilakukan pada tahap sebelumnya, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Sistem Inspeksi Visual Otomatis (SIVO) dapat diterapkan dengan baik dalam mendeteksi kualitas keping *Printed Circuit Board (PCB)*, hal ini terbukti dengan hasil data yang diperoleh sudah sesuai dengan tujuan penelitian yaitu tingkat akurasi yang tinggi.
2. Kombinasi model yang digunakan antara teknik pengolahan citra dan kecerdasan buatan dalam hal ini model *Adaptive Neural Fuzzy Inference System (ANFIS)* dapat memberikan hasil pengujian yang diharapkan.
3. Model inferensi yang digunakan dalam hal ini *ANFIS* memiliki tingkat akurasi yang baik, hal ini terbukti bahwa model *ANFIS* khususnya model hybrid memiliki tingkat kesalahan yang kecil yaitu  $2.0362e-006$  dan memiliki tingkat akurasi pengujian data sampai 99%.

## DAFTAR PUSTAKA

- A.M. Arymurthy, Suryana, S, *Pengantar Pengolahan Citra*. Jakarta: PT. Elex Media Komputindo.1992
- A. Fanni, M.Lera, et.al, *Neuro Network Diagnosis for Visual Inspection in Printed Circuit Boards*, DIEE Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica, Universita' di Cagliari Piazza d'armi 09123 Cagliari, Italy.
- Dedy Wirawan Soedibyo, Kudang Boro Seminar, et.al, *The Development of Automatic Coffee Sorting System Based on Image Processing and Artificial Neuro Network*, AFITA 2010 International Conference, The Quality Information for Competitive Agricultural Based Production System and Commerce, 2010
- Deden. M.F. Shiddiq, Yul Y.Nazaruddin, Farida I. Muchtadi, *Estimation of Rice Milling Degree using Image Processing and Adaptive Network Based Fuzzy Inference System (ANFIS)*, *IEEE Journal*, 4577-1460, 2011.
- Fernando de Aguiar Faria, et.al, *Machine Vision And Artificial Neuro Networks For Seam Tracking And Weld Inspection*, ABCM Symposium Series in Mechatronics - Vol. 4 - pp.768-775.
- G. Acciani, G. Brunetti, et.al, *Multiple Neuro Network System to Classify Solder Joints on Integrated Circuits*, *International Journal of Computational Intelligence Research*. ISSN 0973-1873 Vol.2, No.4 (2006), pp. 337-348.
- Ismail Ibrahim, et.al, *A Printed Circuit Board Inspection System With Defect Classification Capability*, *International Journal of Innovative Management, Information & Production* Volume 3, Number 1, March 2012.
- Jonathan Killing, *Design And Development Of An Intelligent Neuro-Fuzzy System Automated Visual Inspection*, A thesis submitted to the Department of Mechanical and Materials Engineering, Queen's University Kingston, Canada July 2007.
- Kris Adhy Nugroho, R. Rizal Isnanto, *Identifikasi Cacat Pada Keping PCB Menggunakan Pencocokan Model (Template Matching)*, Makalah Seminar Tugas Akhir.
- Ms. Anuja Bujurge, et.al, *ANFIS Based Color Image Segmentation for Extraction of Salient Features: A Design Approach*, *Int. J. on Recent Trends in Engineering & Technology*, Vol. 05, No. 01, Mar 2011.
- Murtadha Basil Al – Taay, et.al, *Automated Visual Inspection for Surgical Instruments Based on Spatial Feature and K-Nearest Neighbor Algorithm*, *IIEA 2012*: 17-18 March 2012, Singapore.
- Sri Huning Arwariningsih, *Perhitungan Luas Dan Keliling Bangun Geometri Menggunakan Pendekatan Morfologi*, Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI 2009).
- Sharat Chandra Bhardwaj, *Machine Vision algorithm for PCB Parameters Inspection*, National Conference on Future Aspects of Artificial intelligence in Industrial Automation (NCFAAIIA 2012) Proceeding published by International Journal of Computer Applications (IJCA). 2012
- Shih Chieh Lin, Chia Hsin Su, *A Visual Inspection System for Surface Mounted Devices on Printed Circuit Board*, *IEEE Journal*, 2006
- Xin He, *An Outlier Detection Approach For Pcb Testing Based On Principal Component Analysis*, In partial fulfillment of the requirements For the Degree of Master of Science Colorado State University Fort Collins, Colorado Spring 2011.