

MAKALAH SEMINAR TUGAS AKHIR  
**IDENTIFIKASI CACAT PADA KEPING PCB MENGGUNAKAN  
PENCOCOKAN MODEL (*TEMPLATE MATCHING*)**

Kris Adhy Nugroho\*, R. Rizal Isnanto \*\*, Achmad Hidayatno \*\*

**Abstrak** – Inspeksi secara otomatis sangat diperlukan seiring meningkatnya kerapatan dan semakin mengecilnya jalur rangkaian PCB. Sedangkan inspeksi secara manual mengandalkan tenaga manusia untuk meneliti ada atau tidaknya cacat. Hal ini sudah tidak memungkinkan lagi apabila jalur rangkaian semakin kecil dan rapat. Oleh sebab itu, diperlukan penelitian agar identifikasi menjadi lebih otomatis dan lebih efisien.

Proses pengolahan citra dimulai dari pembacaan citra hasil pemindaian (*scanning*), pengubahan citra asli menjadi citra aras keabuan, peningkatan mutu citra melalui penapisan citra serta pengambangan, hingga deteksi akhir citra untuk menentukan bagian citra yang mengalami cacat (hubung singkat, hubung buka, pulau, dan gabungan dari ketiga cacat tersebut) dengan metode *template matching*. Bahasa pemrograman yang digunakan untuk membuat seluruh proses pengolahan citra adalah Delphi 6.

Apabila terjadi cacat pada keping PCB, program akan menginformasikan letak cacatnya. Sementara itu, jika PCB tidak mengalami cacat, program akan menginformasikan PCB dalam keadaan baik.. Tingkat keberhasilan program identifikasi 100%, apabila hanya mendeteksi cacat. Tetapi apabila terdapat dua cacat atau lebih, cacat yang satu mempunyai nilai korelasi besar (mendekati 1) dan yang lain nilai korelasinya sangat kecil, maka cacat dengan nilai korelasi terbesar tidak terdeteksi cacat. Jika nilai korelasi antara cacat yang satu dengan yang lain hampir sama, tingkat keberhasilan program 100%.

**Kata-kunci** : citra acuan, penapisan, *template matching*, cacat PCB, Delphi 6

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Identifikasi cacat pada keping PCB merupakan bagian tak terpisahkan dari pengawasan fabrikasi dan merupakan kendali kualitas hasil produksi. Tuntutan efisiensi fabrikasi dan kualitas menjadikan inspeksi otomatis menggeser inspeksi secara manual. Inspeksi secara manual mengandalkan tenaga manusia untuk meneliti satu per satu jalur sirkit PCB apakah ada yang cacat atau tidak. Hal ini sudah tidak memungkinkan lagi apabila jalur sirkit semakin kecil dan rapat.

Tuntutan dunia kerja yang serba cepat dan akurat ini, membuat orang mengembangkan proses pengolahan citra digital yang menawarkan waktu proses lebih cepat dan memungkinkan pemanfaatan yang seluas-luasnya. Sistem pengolahan citra digital sangatlah luas. Pencocokan model (*template matching*) dengan ciri khas sebagai patokan sebagai salah satu pengembangan dari pengolahan citra digital. Sistem pencocokan model dapat mengidentifikasi cacat pada keping PCB.

### 1.2 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat program simulasi yang mampu mendeteksi adanya cacat pada keping PCB secara otomatis pada citra digital menggunakan *template matching*. Diharapkan bermanfaat untuk membantu proses identifikasi cacat pada keping PCB dalam dunia industri pembuatan keping PCB.

### 1.3 Pembatasan Masalah

1. Citra yang diolah adalah hasil pemindaian citra PCB, tanpa membahas proses pemindaian.
2. Citra masukan adalah citra yang mempunyai sudut sama dengan citra acuan.
3. Cacat yang diidentifikasi adalah cacat hubung singkat, hubung buka, pulau, dan gabungan dari ketiga cacat tersebut.
4. Untuk keperluan analisis, citra yang digunakan berformat BMP tanpa kompresi.

## II. LANDASAN TEORI

### 2.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra adalah pemrosesan citra, khususnya dengan menggunakan komputer, menjadi citra yang kualitasnya lebih baik. Tujuan utama pengolahan citra adalah agar citra yang mengalami gangguan mudah diinterpretasi oleh manusia maupun mesin. Teknik pengolahan citra adalah mentransformasikan citra menjadi citra lain. Jadi masukannya berupa citra, keluarannya juga citra dengan kualitas yang lebih baik dari citra masukan. Beberapa contoh operasi pengolahan citra adalah pengubahan citra menjadi aras keabuan, penghilangan derau (*noise*) dengan operasi penapisan (*filtering*), pengambangan, dan sebagainya.

### 2.2 Peningkatan Mutu Citra

Peningkatan mutu citra dilakukan untuk memperoleh keindahan citra, kepentingan analisis

\* Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro UNDIP

\*\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Elektro UNDIP

citra, serta mengoreksi citra dari segala gangguan yang terjadi pada waktu perekaman data. Peningkatan mutu citra dilakukan sampai dengan citra siap dianalisis.

### 2.2.1 Penapisan Citra Digital

Penapisan citra dilakukan bila citra yang akan dianalisis memiliki derau sehingga perlu dihaluskan dengan tapis citra. Perancangan tapis dengan memanipulasi piksel-piksel tetangga membuat citra lebih halus, bentuk sudut, dan tepi citra tetap terjaga. Ada beberapa tapis yang digunakan untuk menghapus derau, yang secara teoritis masing-masing tapis itu sesuai untuk jenis derau yang berbeda-beda. Tapis median berguna untuk mempertahankan tepi citra sekaligus mengurangi derau acak. Tapis ini merupakan pengolahan tak linear yang berguna untuk mengurangi derau *salt-and-pepper*. Proses yang dilakukan oleh tapis median adalah mengganti piksel asli sebagai masukan dengan nilai tengah (median) dari nilai piksel di sekitarnya.

### 2.3 Segmentasi Citra

Segmentasi citra adalah membagi suatu citra menjadi wilayah-wilayah yang homogen berdasarkan kriteria keserupaan yang tertentu antara tingkat keabuan suatu piksel dengan tingkat keabuan piksel-piksel tetangganya. Proses segmentasi memiliki tujuan yang hampir sama dengan proses klasifikasi tidak terpandu. Segmentasi sering dideskripsikan sebagai proses analogi terhadap proses pemisahan latar depan-latar belakang. Beberapa contoh proses klasifikasi dan segmentasi citra yang telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi adalah: segmentasi berdasarkan histogram, klasifikasi citra dengan pendekatan terpandu, dan klasifikasi citra dengan pendekatan tidak terpandu.

### 2.4 PCB

Papan sirkuit cetak adalah sebuah papan yang penuh dengan jalur sirkuit dari logam yang menghubungkan komponen elektronik satu sama lain tanpa kabel. Papan sirkuit ini mendapatkan namanya karena diproduksi secara massal dengan cara pencetakan.

Pada tahun 1936 papan sirkuit cetak pertama ditemukan oleh *Paul Eisler* ilmuwan Austria yang memasukan penggunaan papan sirkuit ini dalam sebuah radio. Setelah tahun 1950 papan sirkuit cetak telah digunakan secara massal di industri elektronik. Saat ini industri elektronik PCB telah mengalami perkembangan yang sangat pesat. Sehingga ada bermacam-macam tipe PCB dilihat dari berbagai sudut pandang. Dilihat dari susunan lapis, dapat digolongkan atas beberapa jenis yaitu lapis tunggal, lapis ganda, dan multi lapis. Dilihat dari bahan baku

pembuatan PCB dapat digolongkan dalam PCB keras dan PCB lunak. Sedangkan dilihat dari teknologi pengelupasan lapisan tembaga, ada pengelupasan dengan mesin (*milling machine*) dan pengelupasan dengan larutan kimia.

### 2.5 Cacat Pada Keping PCB

Dalam industri pembuatan keping PCB tidak lepas dari hasil akhir yang kurang sempurna atau cacat. Yang terpenting adalah bagaimana cara memisahkan antara PCB baik dan PCB cacat yang efektif dan efisien. Cacat pada keping PCB ada yang cacat setelah proses pembuatan, sebelum pengemasan dan ada juga cacat setelah pengemasan. Cacat setelah pengemasan dapat diartikan bahwa PCB telah berada ditangan konsumen dan sudah mengalami proses distribusi dari pabrik. Ada beberapa jenis cacat pada keping PCB yaitu.

1. Cacat karena proses pelarutan atau pengelupasan lapisan tembaga yang tidak sempurna sehingga mengakibatkan pelebaran dan penyempitan lapisan tembaga. Dan juga mengakibatkan adanya bercak pada keping PCB.
2. Lapisan cat tembaga (*solder mask*) tidak merata dan rusak.
3. Penulisan tata letak komponen tepat.
4. PCB menjadi rapuh dan berubah warna.
5. Ujung siku PCB rusak karena pengemasan yang salah.

Cacat yang akan diidentifikasi pada Tugas Akhir ini adalah cacat pelebaran dan penyempitan jalur lapisan tembaga yang mengakibatkan adanya jalur hubung singkat, jalur hubung buka, dan pulau sehingga PCB tidak dapat berfungsi. Jadi tidak semua cacat pada PCB mengganggu proses kerja rangkaian dalam PCB.

### 2.6 Template Matching

Tujuan dari identifikasi cacat pada PCB adalah mengidentifikasi apakah terjadi cacat pada jalur sirkuit PCB atau tidak, dimana cacat tersebut berupa pelebaran dan penyempitan jalur tembaga yang menyebabkan PCB tidak berfungsi. Hal-hal yang mempengaruhi dalam identifikasi cacat pada PCB adalah sebagai berikut:

#### 1. Posisi

Citra PCB bisa berbeda-beda tergantung pada keadaan waktu diambil oleh pemindai, bisa karena pergeseran, perpindahan, dan perputaran posisi. Oleh karena itu posisi citra perlu diperbaiki apabila posisi citra tidak tepat, sebelum citra menuju ke proses *template matching*.

#### 2. Kondisi Citra

Ketika sebuah citra dibentuk, faktor seperti pencahayaan dan karakteristik pemindai mempengaruhi citra PCB.

Salah satu metode dalam pemisahan atau segmentasi citra adalah pencocokan (*matching*) dengan menggunakan *template*. Metode *template matching* digunakan untuk mengklasifikasikan objek, dengan cara membandingkan antara citra masukan PCB dengan citra PCB sumber acuan yang telah disimpan. Citra masukan dan citra sumber acuan didapatkan dari PCB yang dipindai. Citra sumber acuan PCB didapatkan dari PCB yang mempunyai kualitas baik dan tanpa cacat.

Metode *template matching* sering digunakan untuk mengidentifikasi citra karakter huruf, angka, objek sederhana.

Pada proses membandingkan antara citra masukan PCB yang berupa aras keabuan dengan citra PCB sumber acuan berupa aras keabuan, akan didapatkan nilai korelasi yang besarnya antara -1 dan +1. Adapun rumus yang digunakan adalah

$$r = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=0}^{N-1} (y_i - \bar{y})^2}}$$

Dengan :

- $x$  = *Template* berupa citra keabuan
- $\bar{x}$  = Nilai rata-rata *template* berupa citra keabuan
- $y$  = Citra sumber berupa citra keabuan
- $\bar{y}$  = Nilai rata-rata citra sumber, citra keabuan
- $N$  = Jumlah pixel pada citra
- $r$  = Nilai korelasi silang pada citra aras keabuan

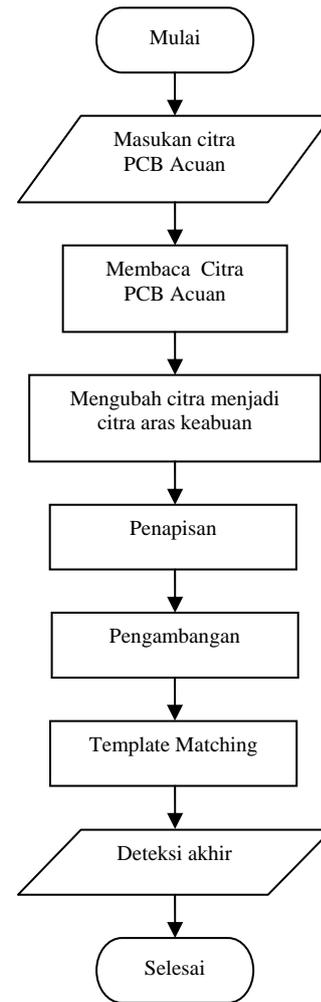
### III. PERANCANGAN PROGRAM

Pada perancangan ini menggunakan program bantu Delphi 6 yang mempunyai tombol perintah yang lengkap dan berguna untuk merancang program aplikasi yang memiliki tampilan seperti program aplikasi lain berbasis Windows.

Algoritma identifikasi cacat pada PCB menggunakan metode *template matching* adalah sebagai berikut.

1. Membaca berkas citra berwarna dengan format BMP. Citra yang dibaca ialah citra acuan yang berupa citra berwarna.
2. Melakukan proses pengubahan citra acuan menjadi citra aras keabuan
3. Melakukan proses penapisan citra.
4. Menerapkan proses pengambangan (*thresholding*) terhadap citra aras keabuan.
5. Melakukan pencocokan model (*template matching*) antara citra PCB masukan dengan citra PCB acuan.
6. Menggambar segiempat pada citra masukan apabila terjadi cacat pada keping PCB.

Secara umum pembuatan program simulasi ini mengikuti diagram alir seperti Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir simulasi identifikasi cacat pada PCB menggunakan metode *template matching*

#### 3.1 Pembacaan Citra

Citra yang diolah adalah citra digital yang diperoleh dari hasil pemindaian PCB. Citra tersebut dianggap sebagai citra acuan. Citra hasil pemotretan sudah dalam bentuk digital dengan berkas penyimpanan berekstensi **\*.bmp**.

Proses pembacaan pada program dengan menekan `button4` dan hasil pembacaan citra awal ditampilkan pada `image2`.

#### 3.2 Pengubahan Citra Warna menjadi Citra Aras Keabuan

Citra yang dibaca dikenali sebagai citra warna (RGB). Proses pengolahan citra warna lebih sulit dilakukan karena citra warna mengandung tiga komponen warna utama (merah, hijau, biru) yang membutuhkan pengolahan lebih kompleks, sehingga citra perlu diubah dahulu menjadi citra beraras keabuan (citra satu dimensi) untuk mempermudah pengolahan. Nilai warna Merah, Hijau, dan Biru

masing-masing dibagi tiga untuk mendapatkan citra aras keabuan.

Pada program proses perubahan citra warna menjadi citra aras keabuan melalui tombol `bottom2`

### 3.3 Peningkatan Mutu Citra

Penapisan citra ini bersifat pilihan, jika citra yang akan dianalisis masih mengandung derau, maka dilakukan penapisan. Penapisan dilakukan dengan tapis median, yaitu tapis untuk mengurangi derau *salt-and-pepper*.

Nilai penapisan dimasukan melalui kotak `edit1` dan `bottom8` untuk memproses penapisan dengan nilai yang telah dimasukan. Hasil dari proses penapisan ditampilkan pada `image2`.

### 3.4 Pengambangan

Karena wilayah tembaga mempunyai warna yang lebih terang dibandingkan bagian lain dari citra, maka wilayah tembaga dapat dipisahkan dari wilayah lainnya melalui proses pengambangan (*thresholding*).

Nilai ambangnya diatur supaya didapatkan citra biner PCB acuan yang mendekati sempurna. Pengaturan dilakukan dengan mengatur posisi `trackbar1`. Setiap pergeseran `trackbar1`, citra hasil proses pengambangan ditampilkan pada `image2`.

### 3.5 Template Matching

Dalam proses *template matching* akan didapatkan nilai korelasi-silang (*cross correlation value*) antara bagian dari citra PCB acuan dengan citra PCB masukan. Sebelum masuk ke proses *template matching*, dilakukan proses pengambilan citra masukan dan diikuti pengolahan citra dengan parameter seperti yang dilakukan oleh citra acuan.

Proses *template matching* diawali dengan mencentang `checkbox1` dan memasukan nilai blok korelasi pada `edit3`. Apabila semua sudah dilakukan, `button5` ditekan untuk mendapatkan hasil proses *template matching* yang akan menentukan ada tidaknya cacat pada keping PCB.

### 3.6 Deteksi Akhir

Hasil pengolahan dideskripsikan dalam bentuk teks yang menyatakan PCB dalam keadaan baik apabila tidak terjadi cacat dan apabila terjadi cacat maka akan ditampilkan posisi cacat citra PCB yang mengalami cacat. Penandaan letak cacat dengan pemberian warna merah yang besarnya sesuai nilai blok korelasi yang diisikan dan intensitasnya berdasarkan nilai korelasi yang didapatkan.

## IV. HASIL PENELITIAN DAN ANALISIS

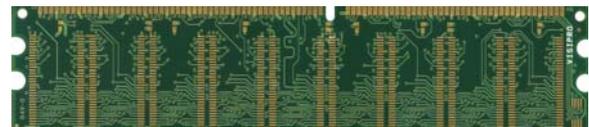
Hasil penelitian yang dibahas mulai dari proses prapengolahan citra, hingga deteksi cacat pada keping PCB yang dihasilkan melalui penunjukan bagian tertentu dalam citra untuk menampilkan informasi dalam bentuk teks atau citra.

### 4.1 Menjalankan Program

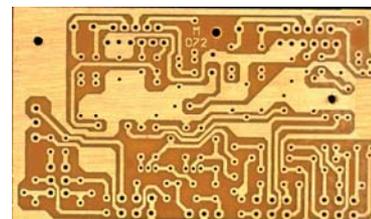
Program yang telah dibuat dengan Delphi 6 dapat langsung dijalankan dengan mengklik dua kali berkas `pcbdefect.exe` yang berada pada folder `ProgPcbDefect`. Jika tombol **Lanjut** ditekan, maka program akan dilanjutkan ke tampilan program utama. Jika tombol **Keluar** ditekan, tampilan awal program akan tertutup dan keluar dari program.

#### 4.1.1 Pengambilan Berkas Citra

Citra yang dibaca adalah citra warna 24 bit dengan format bitmap (**BMP**) yang ditampilkan pada bingkai utama **Citra PCB Acuan**. Pembacaan citra dilakukan dengan menekan tombol **Ambil Citra PCB Acuan**. Berkas citra diambil dari hasil pemindaian yang telah disimpan. Dalam tugas akhir ini contoh citra PCB acuan yang akan diuji adalah citra PCB sebuah memori komputer (RAM) dan citra PCB sebuah penguat.



(a)

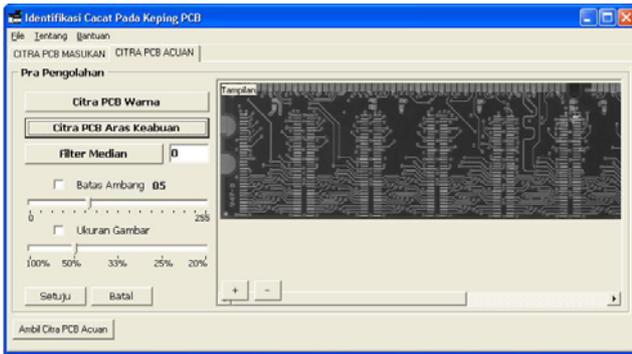


(b)

Gambar 4.1 Contoh citra awal PCB acuan.  
(a). Citra PCB RAM.bmp (b). Citra PCB Penguat.bmp

#### 4.1.2 Perubahan Aras Keabuan

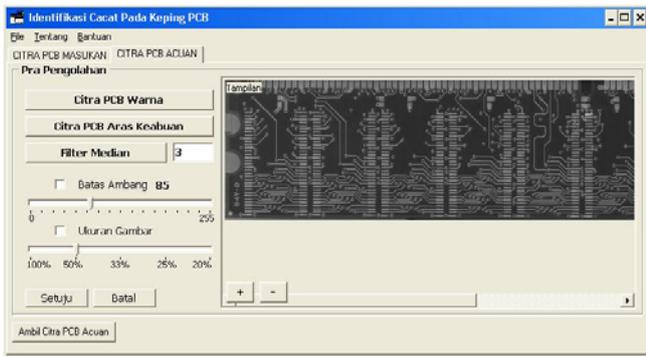
Setelah citra ditampilkan dalam bingkai utama dan bingkai **Prapengolahan**, maka dilanjutkan proses perubahan citra PCB acuan warna menjadi citra PCB aras keabuan. Proses ini dilakukan dengan cara menekan tombol **Citra Aras Keabuan**. Hasil dari proses perubahan citra warna menjadi citra aras keabuan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Citra PCB aras keabuan dalam bingkai

#### 4.1.3 Penapisan Citra

Penapisan citra ditampilkan hanya sebagai pilihan. Jika citra asli sudah dianggap baik atau tidak berderau, maka penapisan tidak perlu dilakukan. Namun jika citra asli dianggap masih berderau maka perlu dilakukan penapisan citra. Langkah ini dilakukan setelah tahap pengubahan citra PCB warna menjadi aras keabuan dilakukan. Gambar 4.3 merupakan citra PCB yang melalui proses penapisan.



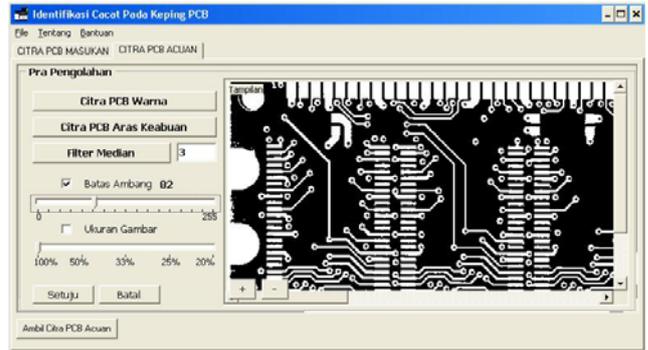
Gambar 4.3 Contoh tampilan citra PCB aras keabuan yang melewati penapisan

#### 4.1.4 Pengambangan

Pengambangan dilakukan pada citra yang telah ditingkatkan mutunya. Tujuan dari pengambangan pada pengolahan citra ini adalah untuk mempertegas batas antara objek yang akan dideteksi dengan latarbelakangnya.

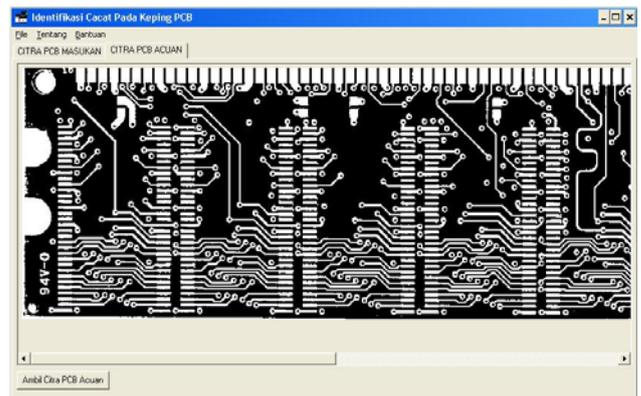
Proses pengambangan dilakukan sesuai rancangan, yaitu dengan nilai ambang yang dibuat kotak geser. Pengambangan citra PCB acuan diawali dengan memberikan tanda centang pada *checkbox*. Kotak geser nilai ambang dibuat dengan kenaikan 1 untuk tiap langkah geser ke kanan dan berkurang sebesar 1 untuk tiap langkah geser ke kiri, dalam rentang 0 – 255.

Setiap pergeseran batas ambang yang dilakukan, maka saat itu juga hasil dari pergeseran ditampilkan pada bingkai tampilan, seperti ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Citra PCB acuan setelah proses pengambangan

Tombol **Setuju** dipilih bila nilai batas ambang dinilai telah optimal. Gambar hasil batas ambang secara otomatis diplotkan ke tampilan bingkai utama program seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5. Tombol **Batal** dipilih bila akan mengambil lagi citra PCB acuan yang akan dipakai dan mengulang proses **Prapengolahan** lagi.



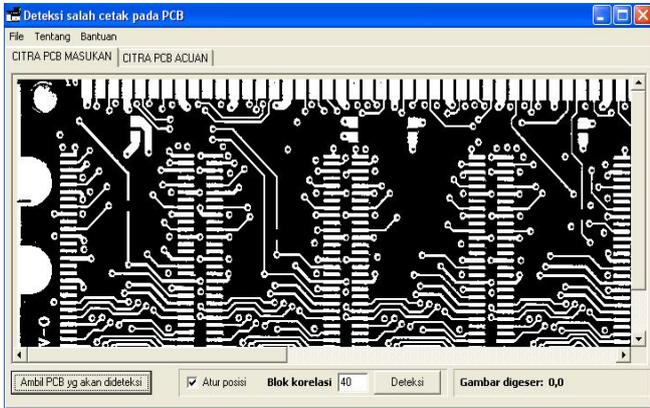
Gambar 4.5 Citra PCB acuan setelah pengambangan pada bingkai utama

#### 4.1.5 Pembacaan Citra PCB Masukan

Pilih pada bingkai utama program, bingkai **Citra PCB Masukan** dengan menekan label tulisan **Citra PCB Masukan**. Setelah label tersebut ditekan, Selanjutnya tombol **Ambil Citra PCB Masukan** ditekan untuk mengambil citra PCB masukan.

Pembacaan citra PCB masukan sama prosesnya dengan pembacaan citra PCB acuan. Citra PCB masukan yang ditampilkan pada bingkai utama akan langsung melakukan proses prapengolahan citra dengan parameter-parameter yang sama seperti yang dilakukan pada prapengolahan citra PCB acuan. Pembacaan citra PCB masukan, pengubahan citra PCB masukan menjadi citra aras keabuan, penapisan citra aras keabuan dengan nilai penapisan yang sama, dan pengambangan dengan nilai batas ambang yang sama juga dengan batas ambang citra PCB acuan. Citra PCB masukan yang diuji ini citra PCB yang mengalami cacat berupa jalur putus, jalur hubung singkat, adanya pulau pada jalur, ataupun cacat

gabungan dari ketiga cacat tersebut. Diuji pula citra PCB yang tidak mengalami cacat. Citra PCB masukan yang ditampilkan pada bingkai utama adalah citra hasil pengolahan akhir yang berupa citra biner. Gambar 4.6 merupakan tampilan citra PCB masukan hasil dari pengolahan citra tahap akhir.



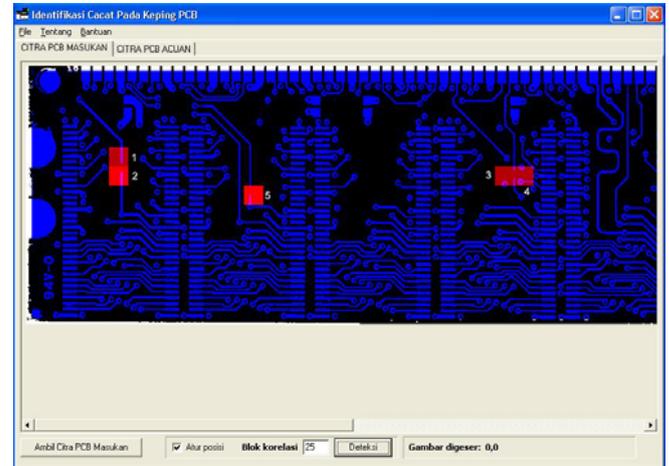
Gambar 4.6 Bingkai utama citra PCB masukan

Setelah tampil bingkai seperti Gambar 4.8, langkah selanjutnya adalah deteksi akhir untuk menentukan ada tidaknya cacat pada keping PCB.

#### 4.1.6 Deteksi Cacat

Tahap untuk mendeteksi cacat pada PCB adalah pengaturan posisi citra dan mengisi jumlah blok korelasi. Pengaturan posisi citra dalam tugas akhir ini hanya mengatur koordinat pergeseran (kanan, kiri, atas, dan bawah) citra agar posisi citra acuan dengan citra masukan sama. Proses ini sangat penting karena dapat disebut juga sebagai proses awal *template matching*, dengan mencuplik blok citra masukan pada pojok kiri atas lalu dicocokkan dengan citra acuan mulai pojok kiri atas. Pencocokan dilakukan hingga mendapatkan nilai korelasi tertinggi. Apabila sudah didapatkan pergeseran, nilai pergeseran ditampilkan pada bingkai dengan menampilkan koordinat pergeseran. Pada proses pengisian nilai blok korelasi, besarnya nilai blok ini yang menentukan letak cacat citra PCB masukan. Salah satu citra yang digunakan dalam pembahasan pada tugas akhir ini adalah citra **PCB RAM.bmp**. Citra ini mempunyai ukuran  $1567 \times 337$ , tapi untuk proses deteksi ukuran piksel dari citra diperkecil menjadi  $1557 \times 327$ . Masing-masing dikurangi 10 piksel, sehingga ukuran maksimal blok korelasi pada citra **PCB RAM.bmp** adalah 327 piksel. Artinya ukuran blok korelasi adalah  $327 \times 327$  piksel. Oleh sebab itu pada identifikasi citra PCB RAM, jumlah pencocokannya ada 4 dalam satu citra. Nilai ini didapatkan dari panjang citra 1557 dibagi 327, maka jumlah kemungkinan pencocokan yang bisa dilakukan adalah 4 kali.

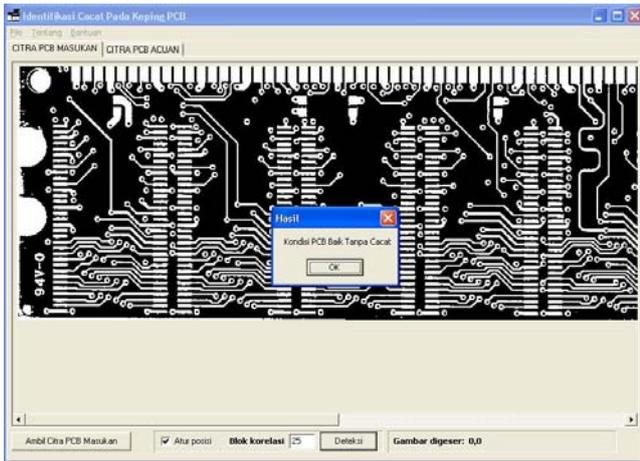
Dari jumlah pencocokan yang diperoleh, maka dapat diperoleh luas daerah pencocokan citra, sehingga luas daerah pencocokan citra  $654 \times 327$ . Luas daerah ini nantinya diplotkan dan ditampilkan dalam bingkai hasil pencocokan apabila terjadi cacat. Luas daerah ini ditampilkan dalam kanal biru.



Gambar 4.7 Contoh tampilan deteksi akhir dengan cacat putus jalur

Gambar 4.7 merupakan hasil identifikasi cacat PCB yang menunjukkan cacat putus jalur. Proses identifikasi menggunakan blok korelasi 25, sehingga jumlah pencocokan ada  $(1557 : 25) \times (327 : 25)$ . Besarnya nilai tersebut diplotkan pada bingkai citra pada kanal biru. Pada citra masukan yang teridentifikasi cacat ini terdapat 5 blok dengan nilai korelasinya kurang dari 1. Dari 5 blok tersebut ada 3 titik cacat putus jalur. Nilai dari korelasi blok pertama sampai blok kelima diurutkan, nilai korelasi terkecil akan diplotkan pada blok korelasi warna merah pada rentang nilai tertinggi. Pada Gambar 4.8 terlihat bahwa blok kelima memiliki blok korelasi warna merah paling tajam, sehingga blok kelima merupakan blok dengan nilai korelasi terkecil. Apabila rentang nilai korelasi antara blok korelasi yang satu dengan blok korelasi yang lain terlalu jauh maka nilai korelasi yang terkecil akan mendapatkan plot warna kanal merah yang sangat tipis.

Pada Gambar 4.8 merupakan citra PCB masukan dengan identifikasi tanpa cacat atau PCB dalam keadaan baik. Dengan menggunakan nilai blok korelasi 25, hasil pencocokan menunjukkan nilai korelasi citra PCB acuan dan citra PCB masukan mempunyai nilai korelasi 1. Dari 806 blok korelasi yang dicocokkan semua menghasilkan nilai korelasi 1.



Gambar 4.8 Citra masukan PCB RAM 5

## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

1. Untuk mendapatkan hasil akhir identifikasi yang tepat dan akurat maka kondisi atau lingkungan penangkap citra PCB harus sama antara citra PCB acuan dan masukan. Kondisi yang dimaksud di antaranya pencahayaan, ukuran, serta posisi objek citra.
2. Semakin besar nilai korelasi silang antara citra PCB acuan dengan PCB masukan maka tingkat cacat pada PCB semakin kecil. Semakin kecil nilai korelasi silang antara citra PCB acuan dengan citra PCB masukan maka tingkat cacat pada PCB semakin besar.
3. Besar kecilnya nilai blok korelasi menentukan ketepatan penunjukan letak cacat pada citra PCB. Semakin kecil nilai blok korelasi maka semakin akurat penunjukan letak cacat pada citra PCB, apabila terjadi cacat.
4. Apabila pada citra PCB masukan ditemukan cacat dengan nilai korelasi silang yang sangat kecil dan cacat dengan nilai korelasi silang yang sangat besar (mendekati nilai 1), maka blok cacat dengan nilai korelasi silang sangat besar, secara kasat mata tidak mengalami cacat. Dalam hal ini cacat tersebut diberi warna merah dengan intensitas kecil (tipis).

### 5.2 Saran

Berikut adalah saran-saran yang berkaitan dengan penelitian yang telah dilakukan.

1. Perlu dihilangkannya pembatasan jumlah resolusi warna dan format berkas pada citra masukan untuk menambah kemampuan sistem dalam mengolah berbagai berkas citra. Oleh sebab itu perlu penelitian lanjutan tentang optimalisasi

proses pada berkas berukuran sangat besar dengan format citra beragam.

2. Perlu penelitian lanjutan menggunakan bahasa-bahasa pemrograman yang lain, seperti C++, Visual Basic, Matlab dan sebagainya untuk kemudian diteliti efisiensi waktu pengolahan citra maupun keringkasn pengkodean program untuk masing-masing bahasa pemrograman
3. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan posisi citra masukan yang dirotasi dengan sudut yang bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Achmad, B. dan K. Firdausy, *Teknik Pengolahan Citra Digital Menggunakan Delphi*, Ardi Publising, Yogyakarta, 2005.
- [2] Fisher, R., S. Perkins, A. Walker, and E. Wolfart, *GrayscaleImages* <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/grvimage>, April 2006.
- [3] Gonzalez, R.C., *Digital Image Processing*, Addison-Wesley Publishing, 1987.
- [4] Jain, A.K., *Fundamental of Digital Image Processing*, Prentice Hall International, 1989.
- [5] Munir, R., *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*, Informatika, Bandung, 2004.
- [6] Murni, A., *Pengantar Pengolahan Citra*, PT. Elex Media Komputindo, Gramedia Jakarta, 1992.
- [7] ---, *More On Template Matching*, <http://cs.gmu.edu/~kosecka/cs682/cs682-template-matching>, Desember 2006.
- [8] ---, *Papan Sirkuit Cetak*, [http://id.wikipedia.org/wiki/Papan\\_sirkuit\\_cetak](http://id.wikipedia.org/wiki/Papan_sirkuit_cetak), Desember 2006
- [9] ---, *Template Matching*, [www.cs.berkeley.edu/~daf/bookpages/Slides/TemplateMatching](http://www.cs.berkeley.edu/~daf/bookpages/Slides/TemplateMatching), Desember 2006



Kris Adhy Nugroho (L2F303452)  
Lahir di Tegal, 24 Desember 1980.  
Mahasiswa Teknik Elektro Ekstensi  
2003, Konsentrasi Elektronika dan  
Telekomunikasi,  
Universitas Diponegoro.  
Email : krisna\_warna@yahoo.co.id

Menyetujui dan Mengesahkan

Pembimbing I

R. Rizal Isnanto, S.T., M.M., M.T.  
NIP. 132 288 515  
Tanggal.....

Pembimbing II

Achmad Hidayatno, S.T., M.T.  
NIP. 132 137 933  
Tanggal.....