

Pembuatan *Prototipe* Sistem Pendeteksi Cacat Jalur pada *Printed Circuit Board*

Dody Gunawan¹, Sani Muhammad Isa² dan Fany Indriaty¹

Abstract: Checking the defect line of PCB was generally done manually, in other words, still need human touch to do deed. This kind of job if done repeatedly has consequences to the exhaustion of the eyes that eventually degrades the performance and quality of PCB. As the time passes by, some method of image processing has become one of the digital technology due to the need of helping humans, in that context came a system that is able to check the damage line of PCB visually and automatically. This system uses a conveyor belt to run the PCB boards automatically and coarse resolution defect localization image algorithm to show the defects. With this system, the PCB boards which are detected as defects will be dropped from conveyor line, while the good ones will stay in conveyor line.

Keywords: Image processing, automatic, conveyor, coarse resolution defect localization image algorithm.

Abstrak: Pengecekan cacat jalur pada PCB yang dilakukan pada umumnya masih bersifat manual, dengan kata lain masih memerlukan tenaga manusia untuk melakukannya. Pekerjaan semacam ini yang dikerjakan berulang-ulang akan mengakibatkan kelelahan pada panca indra mata yang pada akhirnya akan mengakibatkan mutu dan kualitas dari papan PCB menjadi turun. Seiring dengan berkembangnya zaman, suatu metode pengolahan citra telah menjadi salah satu ilmu teknologi digital yang banyak digunakan untuk membantu kepentingan manusia, dalam konteks yang demikian maka dirancanglah sebuah sistem yang dapat memeriksa cacat jalur pada PCB secara visual dan otomatis. Sistem ini menggunakan conveyor agar papan PCB dapat berjalan dengan otomatis dan algoritma coarse resolution defect localization image untuk menampilkan cacat. Dengan sistem ini papan PCB yang terdeteksi sebagai cacat akan dikeluarkan dari jalur conveyor, sedangkan untuk papan PCB yang terdeteksi baik akan tetap dalam jalur conveyor.

Kata kunci: pengolahan citra, otomatis, conveyor, algoritma coarse resolution defect localization image

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi pada saat ini telah berkembang dengan pesat di berbagai bidang seperti di bidang elektronika, bidang komunikasi, bidang industri, *multimedia*, dan bidang-bidang lainnya. Kemudahan dalam melakukan kegiatan juga semakin dituntut seiring dengan kemajuan teknologi, dengan begitu maka kemajuan teknologi berkembang untuk membuat semua hal menjadi otomatis.

Dalam semua perkembangan teknologi, salah satu komponen dasar yang utama adalah *Printed Circuit Board* (PCB), dimana PCB merupakan wadah untuk menyusun IC dan berbagai komponen lainnya untuk menjadi suatu sistem tertentu. Proses pembuatan PCB dilakukan dengan beberapa tahapan dasar, yaitu tahap perancangan bentuk jalur tembaga dan tahap *etching* PCB.

Pada tahap perancangan bentuk jalur tembaga. Bentuk jalur tembaga ini digambarkan pada papan PCB dengan menggunakan tinta atau *blueprint*. Penggambaran papan PCB dengan tinta atau *blueprint* ini bertujuan untuk menghindari hilangnya lapisan tembaga yang ada dibawahnya pada saat tahap *etching*.

Tahap *etching* merupakan proses pembuangan tembaga yang tidak diinginkan dari papan PCB. Salah satu cara untuk melakukan proses *etching* ini adalah dengan menggunakan bahan ferri klorit (FeCl_3) yang dilarutkan ke dalam air bersuhu panas. Pada saat melakukan tahap *etching*, terkadang proses *etching* tidak terjadi dengan baik. Hal ini dapat menyebabkan cacat jalur tembaga pada PCB, cacat jalur tembaga pada PCB ini dapat berupa putusnya jalur tembaga atau jalur tembaga yang menempel karena tidak larutnya lapisan tembaga yang tidak diinginkan sehingga mengakibatkan kondisi *short*.

Di jaman modern ini PCB telah diproduksi secara massal, tetapi karena keterbatasan sumber daya manusia dan memerlukan kecepatan, pemeriksaan kualitas secara manual menjadi tidak efektif untuk memeriksa setiap jalur tembaga pada PCB. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem yang dapat memudahkan dalam melakukan pemeriksaan kualitas jalur tembaga. Salah satu sistem yang dapat memudahkan dalam melakukan pemeriksaan kualitas jalur tembaga adalah dengan pengolahan citra.

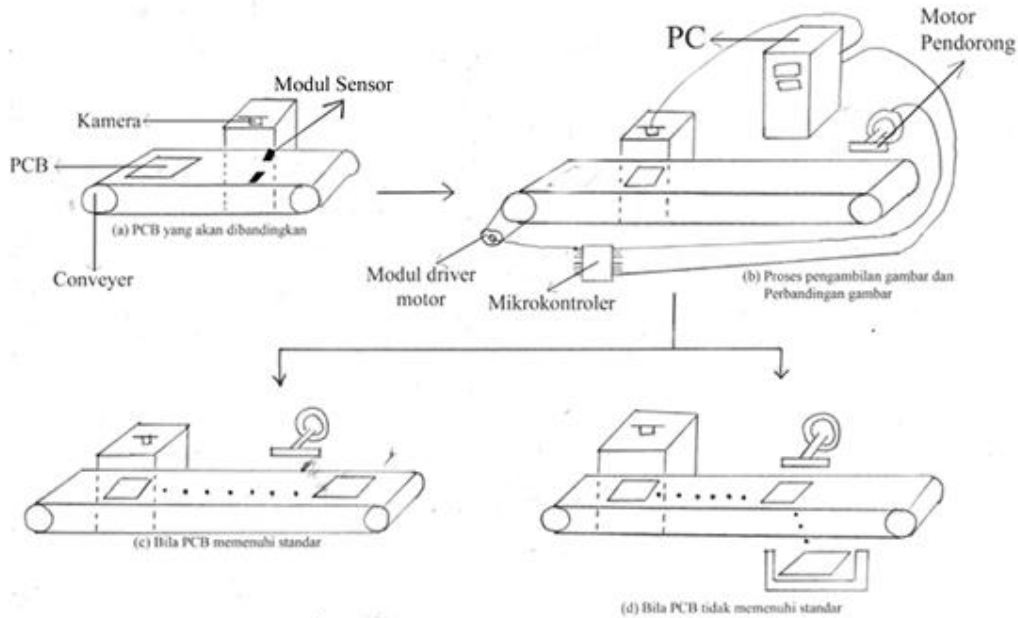
Sistem pendeteksi cacat jalur berfungsi sebagai pembanding gambar antara gambar yang benar dan gambar yang akan dibandingkan, dimana proses perbandingannya dilakukan pada sebuah program aplikasi. Gambar yang benar diperoleh dengan cara mengambil gambar sebuah papan PCB yang telah diperiksa jalur tembaganya secara manual. Modul sensor akan digunakan untuk mengetahui posisi PCB tepat dibawah *webcam*. Modul mikrokontroler berfungsi sebagai pengendali modul *driver* motor yang akan menjalankan *conveyor* dan menjalankan motor pendorong yang akan membuat PCB yang tidak sesuai dengan gambar yang benar agar keluar dari jalur *conveyor*. Mekanisme proses deteksi dapat dilihat pada ilustrasi di Gambar 1.

Hal tersebut perlu didukung oleh survei, dimana survei dilaksanakan pada perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan PCB yang bernama PT. Buana Duta Sarana dan pada karya Tugas Akhir berjudul Perancangan Aplikasi Pendeteksi Cacat pada PCB yang telah dirancang oleh Wirajaya Hobiyono,ST. yang merupakan alumni dari Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara. Survei ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui bagaimana cara melakukan pengontrolan kualitas hasil proses *etching* dan apakah telah terdapat sistem yang sama seperti yang akan dirancang. Dari hasil survei diketahui bahwa pengontrolan kualitas pada PT. Buana Duta Sarana masih dilakukan secara manual dan kadang terjadi *human error* dimana kesalahan tersebut dalam nilai persentase mencapai angka 10%, sedangkan pada Tugas Akhir yang dirancang oleh Wirajaya Hobiyono,ST hanya

¹ Jurusan Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara Jakarta

² Jurusan Informatika FTI, Universitas Tarumanagara Jakarta

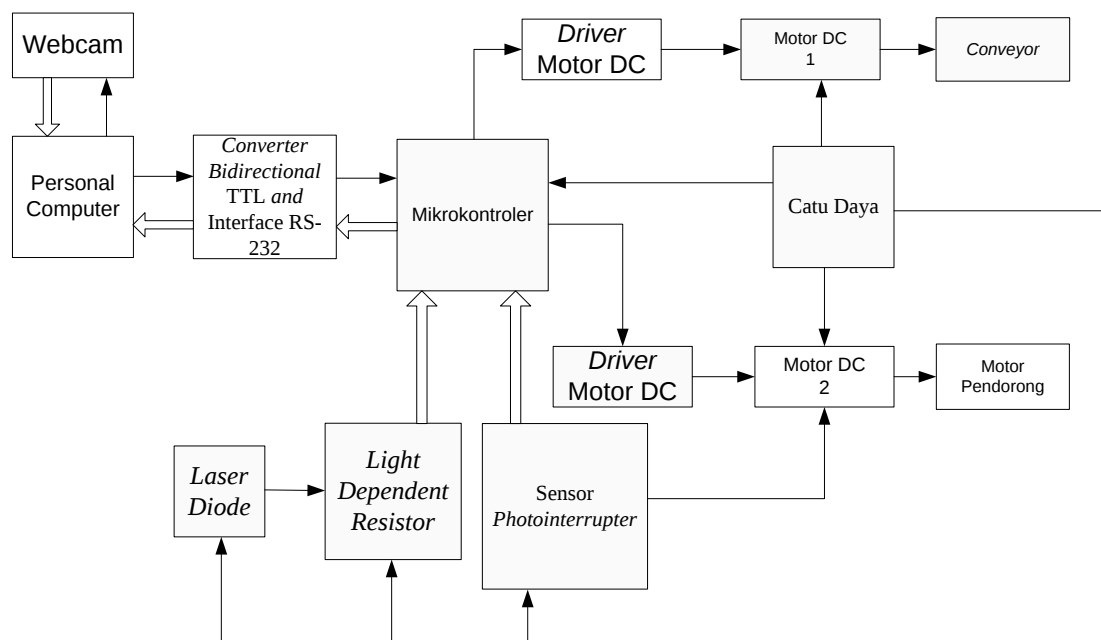
berupa program aplikasi. Oleh karena itu penulis berusaha membuat prototipe dari Tugas Akhir yang telah dirancang oleh Wirajaya Hobiyono, ST agar bisa dipakai dalam keadaan yang sebenarnya.



■ **Gambar 1.** Ilustrasi Rencana Sistem yang Dirancang

KAJIAN PUSTAKA

Diagram Blok Rancangan



Keterangan :

— = Data

— = Kontrol

■ **Gambar 2.** Diagram Blok Rancangan

Perancangan sistem ini berguna untuk melakukan pengontrolan kualitas pada PCB secara otomatis dengan melakukan pengecekan jalur tembaga pada PCB secara komputerisasi. Sehubungan dengan banyaknya PCB yang akan di cek, maka dibutuhkan suatu *conveyor* agar papan PCB tersebut dapat berjalan secara otomatis. *Conveyor* ini terhubung dengan motor DC 1 (satu) dan untuk menjalankannya dilakukan melalui komputer.

Sistem ini akan membandingkan antara jalur tembaga papan PCB yang benar dan jalur tembaga papan PCB yang akan dibandingkan. Proses perbandingan akan dilakukan di komputer secara *programming*. Kamera yang dapat dihubungkan langsung dengan komputer dibutuhkan untuk mengambil gambar papan PCB yang akan dibandingkan,

untuk itu digunakan *webcam* untuk mengambil gambar papan PCB yang terletak diatas *conveyor*. Sensor *laser diode* dan sensor LDR dibutuhkan untuk mengetahui letak posisi PCB tepat dibawah *webcam*.

Setelah proses perbandingan dilakukan, hasil keluaran dari komputer akan menyatakan apakah kondisi jalur tembaga pada papan PCB tersebut baik atau cacat. Bila hasil perbandingan menyatakan papan PCB tersebut cacat, maka papan PCB ini akan dipisahkan menggunakan pintu penghalang yang terhubung dengan motor DC 2 (dua). Pada pintu penghalang diperlukan suatu sensor yang membatasi ruang gerak dari pintu tersebut untuk itu digunakan sensor *photointerrupter*. Dimana motor DC 2 (dua) akan jalan bila diberi tegangan oleh *driver* motor yang dihubungkan dengan mikrokontroler, dan mikrokontroler ini memerlukan *Interface* RS-232 agar dapat berkomunikasi dengan komputer.

Sensor

Sensor pada perancangan ini menggunakan dua macam sensor, yaitu sensor *photointerrupter* dan sensor deteksi posisi PCB. Pada sensor deteksi posisi PCB terdiri dari *laser diode* dan LDR. *Laser Diode* digunakan sebagai sumber cahaya untuk sensor LDR, pada perancangan ini sensor LDR digunakan untuk mengetahui apakah ada sebuah objek pada tempat yang sudah ditentukan. Pada sensor *photointerrupter* digunakan untuk membatasi ruang gerak dari motor pendorong.

IC Comparator LM2903

Pada IC LM2903 terdapat dua buah komparator presisi yang tidak saling berhubungan. IC LM2903 dapat digunakan sebagai batas pembanding tegangan, generator *time delay*, dan konverter analog ke digital sederhana. IC LM2903 mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

- Tegangan keluaran cocok dengan TTL dan CMOS.
- Arus *supply* yang rendah (0,4 mA).
- Beroperasi pada tegangan 2V – 36V.

IC LM2903 yang digunakan sebagai pendeteksi posisi papan PCB. IC LM2903 merupakan komparator yang berfungsi untuk membandingkan tegangan antara pin *inverting* (LDR) dan *non-inverting* (tegangan referensi). Hasil perbandingan itu akan menghasilkan tegangan 5 Volt (logika “1”) yang pada perancangan ini menandakan tidak adanya papan PCB, pada 0 Volt (logika “0”) akan menandakan adanya suatu papan PCB didepan sensor tersebut. Sensor ini dipilih karena kesederhanaan dari kerja sensor ini yang hanya menghasilkan 2 tegangan atau 2 logika, yaitu tegangan 5 volt (logika “1”) dan 0 volt (logika “0”).

Photointerrupter

Photointerrupter merupakan suatu sensor elektronika yang menggunakan cahaya. Pada sensor *photointerrupter* terdapat sumber optik yang digandengkan dengan sebuah *receiver*. Pada dasarnya *photointerrupter* mempunyai dua rangkaian yang terpisah, yaitu rangkaian *input* dan *output*. Pada rangkaian *input* terdapat sebuah sumber radiasi. Radiasi yang dipancarkan tersebut akan diterima oleh sebuah detektor yang merupakan bagian dari rangkaian *output* yang disebut *receiver*.

Sensor *photointerrupter* yang gunakan pada perancangan ini adalah sensor standar *photointerrupter* tipe GP1S53VJ000F. GP1S53VJ000F merupakan sebuah sensor yang terbentuk dari rangkaian infra merah dan phototransistor. Sensor ini dipilih karena pada motor pendorong dibutuhkan suatu pembatas gerak untuk menentukan batas maju dan batas mundur pada motor.

Laser Diode

Light Amplification by Stimulated Emission Radiation atau *Laser* menghasilkan cahaya yang *coherent* dan *monochromatic*. Sebenarnya sinar yang dipancarkan oleh *laser* tidak membentuk suatu titik secara sempurna tetapi merupakan sebuah lingkaran yang berdiameter 61 μm [1]. Pada prinsipnya *laser diode* adalah sebuah *Light Emmiting Diode* (LED) yang ditambahkan kapasitas optiknya sehingga menghasilkan *feedback* dan menstimulasikan emisi. Tetapi yang menjadi perbedaan utama antara *laser* dan LED adalah spektrum yang dihasilkan.

Light Dependent Resistor

Light Dependent Resistor (LDR) adalah resistor yang bergantung pada berbagai macam nilai resistansi elektrik didalam semikonduktor yang disebabkan oleh indikasi dari radiasi optik. Dimana radiasi elektromagnetik dengan panjang 10 nm sampai dengan 1 mm dan mempunyai frekuensi sebesar 300 GHz sampai 30 PHz [3]. LDR dibentuk dari *Cadmium Sulfied* (CdS) dimana CdS dihasilkan dari serbuk keramik, dan CdS disebut juga sebagai *photo conductor*. Macam-macam bentuk fisik dari LDR dapat dilihat pada LDR mempunyai nilai resistansi yang besar. LDR bila terkena cahaya maka nilai resistansinya akan menurun sehingga arus akan mengalir, LDR bila tidak terkena cahaya maka nilai resistansinya akan naik dan tidak akan mengalirkan arus.

Driver Motor DC

Driver motor merupakan suatu *hardware* yang berfungsi untuk mengendalikan tegangan dan arus. *Driver* motor bekerja untuk menjembatani perbedaan tegangan dan arus dari mikrokontroler agar motor DC menjadi berfungsi. *Driver* ini terdapat *switching* dan *relay*. *Switching* menggunakan transistor yang mengontrol *relay*. Penggunaan transistor juga untuk mendapat penguatan tegangan agar sesuai dengan spesifikasi dari motor yang digunakan.

IC L293D merupakan komponen utama pada modul *driver motor*. IC L293D dapat digunakan untuk menggerakkan motor DC dua arah. Pada perancangan ini IC L293D digunakan untuk membuat motor DC 1 berputar secara searah jarum jam, dan pada motor DC 2 berputar secara berlawanan arah jarum jam untuk maju mendorong papan PCB dan searah jarum jam untuk kembali ke posisi awal. Komponen ini berfungsi untuk memperkuat arus sebesar 600mA dan tegangan antara 4,5 sampai 36 Volt. IC L293D mempunyai empat jalur pengendali motor searah atau dua jalur pengendali motor dua arah. Komponen ini dipilih karena dapat membuat motor DC berputar sesuai dengan rancangan, yaitu searah dengan jarum jam dan berlawanan arah jarum jam. Penjelasan konfigurasi pin sebagai berikut:

- Pin 1 dan 9 sebagai pin *enable* dari *drivers*
- Pin 2, 7, 10, dan 15 sebagai pin untuk mengatur pergerakan dari motor.
- Pin 3, 6, 11, dan 14 sebagai pin keluaran menuju motor
- Pin 4, 5, 12, dan 13 sebagai pin GND
- Pin 8 merupakan pin Vcc untuk *input* motor DC berkisar 4,5 – 6 Volt DC
- Pin 16 merupakan pin Vcc untuk IC +5 Volt DC

Motor DC

Motor adalah suatu mesin listrik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Motor DC merupakan motor listrik yang bekerja dengan menggunakan arus searah atau DC. Berdasarkan jenisnya motor DC dibagi dalam 2 jenis motor, yaitu motor *stepper* dan motor *servo*. Pada umumnya motor arus searah terdiri dari tiga komponen utama, yaitu:

- Kutub medan. Secara sederhana digambarkan bahwa interaksi dua kutub magnet akan menyebabkan perputaran pada motor DC. Motor DC memiliki kutub medan yang stasioner dan rotor yang menggerakkan *bearing* pada ruang diantara kutub medan.
- Dinamo. Bila arus masuk menuju dinamo, maka arus ini akan menjadi elektromagnet. Dinamo yang berbentuk silinder dihubungkan ke as penggerak untuk menggerakkan beban.
- Komutator. Mempunyai fungsi untuk membalikan arah arus listrik ke dalam dinamo.

Alat ini penulis menggunakan dua buah motor DC dengan catu daya maksimal sebesar 25 Volt. Motor DC dengan *gearbox* digunakan pada *conveyor* dan pendorong papan PCB. Hal ini dilakukan karena untuk menggerakkan *conveyor* dan mendorong papan PCB membutuhkan torsi yang besar. Motor DC *gearbox* ini dipilih karena kekuatannya cukup untuk menggerakkan *conveyor* yang akan memuat PCB dan motor pendorong.

Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan sebuah *single chip microcomputer* yang dapat diprogram dan digunakan untuk tugas-tugas yang berorientasi kontrol. Mikrokontroler mempunyai *Central Processing Unit* (CPU), *memory*, *port input/output* (I/O), *timers*, *counters*, *Analog-to-Digital Converter* (ADC), *Digital-to-Analog Converter* (DAC), dan lain-lain (tergantung dari fasilitas yang telah disediakan oleh mikrokontroler tersebut). Terdapat berbagai vendor yang terkenal, diantaranya adalah Intel, ATMEL, Motorola, dan Maxim. Ada beberapa tipe mikrokontroler antara lain mikrokontroler mempunyai 4 Kbyte *Flash Programmable and Erasable Read Only Memory* (PEROM) dan ada pula yang memiliki 8 Kbyte *Flash* PEROM. Mikrokontroler mempunyai 2 (dua) macam memori yang sifatnya berbeda yaitu *Random Access Memory* (RAM) dan *Read Only Memory* (ROM), sedangkan untuk jumlah kaki pin terdapat mikrokontroler yang mempunyai 20 kaki pin dan 40 kaki pin.

Microprocessor (MPU) adalah titik pusat dari setiap mikrokontroler yang mempunyai fungsi sebagai berikut:

1. Mengambil instruksi dan data dari memori.
2. Mentransfer data dari dan ke memori dan bagian I/O.
3. Mengeksekusi instruksi.

Operasi pada mikrokontroler keseluruhannya dikendalikan oleh *Central Processing Unit* (CPU), dimana CPU mempunyai 2 (dua) bagian yaitu : *Control Unit* (CU) dan *Aritmetic Logic Unit* (ALU). Pada CU memiliki fungsi untuk mengambil instruksi dari memori kemudian menerjemahkan susunan instruksi tersebut menjadi suatu proses kerja sederhana dan melakukan langkah-langkah berdasarkan yang ditentukan oleh program. ALU berhubungan dengan manipulasi data secara logika dan operasi aritmatika. Memori data pada mikrokontroler memiliki dua bagian, yakni:

- *Random Access Memory* (RAM), biasanya digunakan untuk menyimpan variabel atau data yang bersifat sementara.

- *Read Only Memory* (ROM), bersifat *nonvolatile*, dimana memori tidak akan hilang walaupun tidak diberi tegangan sumber. Oleh karena itu, ROM digunakan untuk menyimpan program.

I/O pada mikrokontroler digunakan sebagai jalur yang berfungsi menjadi *input* dan *output* bagi mikrokontroler dalam menjalankan program.

Mikrokontroler yang digunakan adalah AT89S51 yang merupakan keluaran dari ATMEL. Mikrokontroler ini dipilih karena memiliki berbagai kelebihan, yaitu:

- Mempunyai 32 pin *input-output* yang terbagi dalam 4 *port*, pin-pin tersebut telah memenuhi kebutuhan I/O dalam perancangan ini.
- Kapasitas memori internal yang mendukung perancangan alat sehingga tidak memerlukan tambahan memori eksternal.
- Menggunakan *In-System Programming*. Pemrograman dapat dilakukan secara langsung tanpa memindahkan mikrokontroler ke modul *downloader*.

Konfigurasi pin mikrokontroler AT89S51 dengan penjelasan kegunaan masing-masing pin adalah sebagai berikut:

- *Port 0*
Merupakan *port* yang berfungsi sebagai *general purpose I/O* dengan lebar 8 bit dan memiliki fungsi sebagai *multiplex address/data* (pada saat *flash programming*).
- *Port 1*
Merupakan salah satu *port* yang berfungsi sebagai *general purpose I/O* dengan lebar 8 bit, dan dapat berfungsi baik sebagai *input* maupun *output*.
- *Port 2*
Merupakan *port* yang berfungsi sebagai *general purpose I/O* dengan lebar 8 bit dan berfungsi sebagai *high byte address bus* (pada penggunaan memori eksternal).
- *Port 3*
Merupakan *port* yang terdiri dari 8 bit I/O, mirip dengan *port 1*. Bedanya *port 3* memiliki fungsi khusus yang lain, dapat dilihat pada Tabel 1.
- VCC
Pin ini berfungsi sebagai tempat sumber tegangan sebesar +5 volt
- RST
Pin ini berfungsi sebagai input untuk melakukan reset terhadap mikrokontroler.
- GND
Pin ini berfungsi sebagai ground.
- *Program Store Enable* (PSEN)
Merupakan pulsa pengaktif untuk membaca program yang berasal dari memori eksternal.
- *Address Latch Enable* (ALE)
ALE berfungsi untuk *me-latch low by address* pada saat mengakses memori eksternal.
- XTAL 1 dan XTAL 2
Merupakan pin I/O untuk kristal osilator.
- *External Access* (EA)
Pada kondisi *high*, pin ini berfungsi untuk menjalankan program yang ada pada memori eksternal. Pada kondisi *low* akan menjalankan program yang ada pada memori eksternal setelah sistem direset.

Fungsi khusus port 3 dapat dilihat pada Tabel 1.

■ Tabel 1. Fungsi Khusus Port 3

Pin	Fungsi
P3. 0	RXD masukan <i>port</i> serial
P3. 1	TXD keluaran <i>port</i> serial
P3. 2	INT0 masukkan interupsi 0
P3. 3	INT1 masukkan interupsi 1
P3. 4	T0 masukkan <i>Timer/Counter</i> 0
P3. 5	T1 masukan <i>Timer/Counter</i> 1
P3. 6	WR pulsa penulisan data memori luar
P3. 7	RD pulsa pembacaan data memori luar

Converter Bidirectional TTL and RS-232

Modul RS-232 dibutuhkan sebagai penghubung antara komputer dan mikrokontroler untuk dapat melakukan komunikasi. RS-232 merupakan ciptaan dari *Electronic Industry Alliance* (EIA). RS-232 ini berfungsi untuk menghubungkan antara *Data Terminal Equipment* (DTE) dan *Data Communication Equipment* (DCE). Contoh dari DTE adalah computer atau terminal lainnya, sedangkan contoh dari DCE adalah modem. RS-232 memiliki spesifikasi yang sesuai dengan ketentuan EIA-232, yaitu [4] :

- Logika “1” (*high*) berada pada level tegangan antara -3 sampai +25 volt.
- Logika “0” (*low*) berada pada level tegangan antara +3 sampai +25 volt.
- Level tegangan antara -3 volt dan +3 volt tidak terdefiniskan, dimana daerah ini merupakan tegangan yang tidak memiliki level logika pasti.
- Kecepatan maksimum transmisi data pada RS-232 adalah 20 kbps.

Pada komunikasi dari PC ke TTL, *converter* akan mengubah tegangan -10V dengan logika “1” menjadi tegangan +5V dengan logika “1” dan tegangan +10V dengan logika “0” menjadi tegangan 0V dengan logika “0”. Hal ini berlaku juga untuk sebaliknya.

EIA menentukan spesifikasi pin-pin sinyal untuk RS-232, serta konektor jantan untuk DTE dan konektor betina untuk DCE. Konektor port serial tersedia dalam dua jenis, yaitu konektor 25 pin (DB-25) dan konektor 9 pin (DB-9). Gambar 6 memperlihatkan bentuk fisik DB-25 dan DB-9.

Alat ini membutuhkan komunikasi *bidirectional* (dua arah) antara PC dan mikrokontroler, untuk itu digunakan IC MAX-232. IC MAX-232 digunakan untuk mengubah *level* tegangan antara TTL yang digunakan oleh mikrokontroler dan *level* tegangan RS-232 yang digunakan pada PC sehingga dapat terjalin sebuah komunikasi diantara kedua modul tersebut. Kegunaan dari setiap kaki pin pada IC MAX-232 dapat dilihat pada Tabel 2.

■ Tabel 2. Konfigurasi Pin-Pin IC MAX-232

Pin	Nama	Fungsi
1, 3	C1+, C1-	Terminal untuk Kapasitor <i>Charge-Pump</i> Positif
2	V+	Tegangan +2 x V _{CC} yang dibangkitkan oleh <i>Charge-Pump</i>
4, 5	C2+, C2-	Terminal untuk Kapasitor <i>Charge-Pump</i> Negatif
6	V-	Tegangan -2 x V _{CC} yang dibangkitkan oleh <i>Charge-Pump</i>
7, 14	T_OUT	<i>Output Driver</i> RS-232
8, 13	R_IN	<i>Input Receiver</i> RS-232
9, 12	R_OUT	<i>Output Receiver</i> RS-232
10, 11	T_IN	<i>Input Driver</i> RS-232
15	GND	<i>Ground</i>
16	VCC	Supply tegangan 5 Volt

Program Aplikasi

Program aplikasi pada perancangan ini menggunakan perangkat lunak *Borland Delphi 7.0*. Dua citra dibutuhkan dalam program aplikasi ini, yaitu citra referensi dan citra *testing*. Transformasi *haar wavelet* akan dilakukan pada citra referensi dan citra *testing*, transformasi ini dilakukan setelah gambar papan PCB pada kedua citra tersebut telah berada pada posisi yang sama. Hasil transformasi pada citra referensi disebut sebagai *coarse reference image*, sedangkan untuk citra *testing* disebut sebagai *coarse test image*. Tujuan dilakukannya transformasi *haar wavelet* ini adalah untuk memperkecil piksel kedua citra tersebut sehingga waktu proses perbandingan citra semakin singkat.

Pada program aplikasi ini menggunakan teknik yang membandingkan dua citra secara piksel per piksel dengan menggunakan logika XOR, proses tersebut dilakukan setelah proses dari transformasi *haar wavelet* telah selesai dilakukan. Teknik ini akan menyatakan cacat apabila terdapat perbedaan piksel antara citra referensi dan citra *testing*. Kemudian hasil perbedaan tersebut akan di perluas wilayahnya oleh operasi dilasi. Algoritma *coarse resolution defect localization image* akan menampilkan daerah yang cacat pada citra, dimana di dalam algoritma *coarse resolution localization image* terdiri dari empat tahap, yaitu *connected component labeling operation* yang digunakan untuk mengelompokkan piksel, *window coordinate searching operation* untuk mencari empat titik koordinat dari setiap objek, *mapping operation* untuk mengembalikan ukuran citra dari *haar wavelet* kembali ke ukuran semua, dan yang terakhir adalah *windowing operation* yang digunakan untuk menampilkan garis dimana daerah cacat tersebut terdeteksi. Diagram alir bagian proses perbandingan dapat dilihat pada Gambar 4.

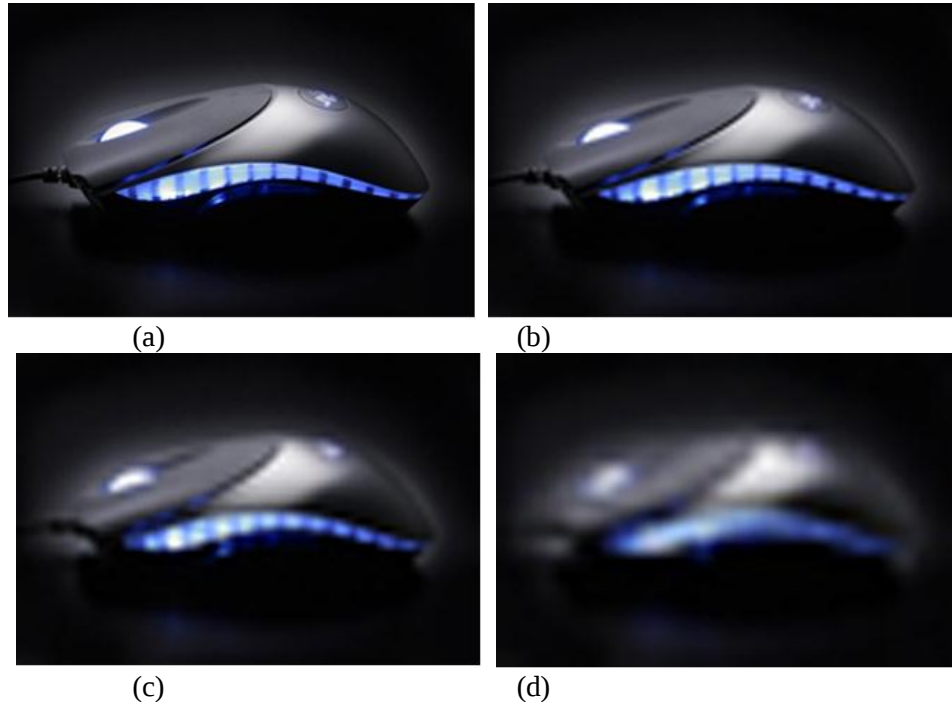
Citra Digital

Satuan atau bagian terkecil dari suatu citra disebut *pixel* (*Picture element*) yang berarti elemen citra. Umumnya citra dibentuk dari kotak-kotak persegi empat yang teratur sehingga jarak *horizontal* dan *vertical* antar piksel diwakili oleh dua buah bilangan bulat (integer) untuk menunjukkan lokasinya dalam bidang citra. Lokasi suatu piksel ditunjukkan dengan menggunakan koordinat (0,0) untuk posisi kiri atas dalam bidang citra, dan koordinat (m-1,n-1) digunakan untuk posisi kanan bawah dalam citra berukuran m x n piksel. Tingkat pencahayaan suatu piksel

ditunjukkan oleh bilangan bulat yang besarnya 8-bit, dengan lebar selang nilai 0-255 dimana nilai 0 (nol) untuk warna hitam dan nilai 255 untuk warna putih, sedangkan diantara nilai 0 (nol) sampai 255 untuk tingkat abu-abu[10].

Piksel bisa mempunyai satu atau lebih informasi yang berbentuk bit. Setiap bit merepresentasikan suatu intensitas cahaya dari citra pada suatu titik dan dapat pula berisi informasi warna yang dikodekan dalam format *Red Green Blue* (RGB).

Dalam citra digital terdapat berbagai macam tingkat resolusi. Bila semakin tinggi tingkat resolusi sebuah citra maka makin tinggi pula tingkat ketajaman citra tersebut. Hal ini terjadi karena bila resolusi semakin besar maka tingkat kerapatan piksel semakin tinggi. Perbedaan tingkat resolusi dapat dilihat pada Gambar 3.



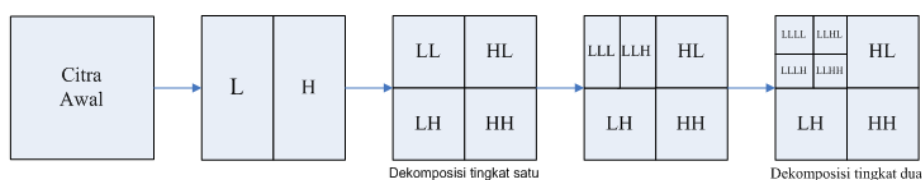
■ **Gambar 3.** Citra dengan Tingkat Resolusi yang Berbeda,
(a) 256x171 piksel, (b) 128x86 piksel, (c) 64x44 piksel, (d) 32x22 piksel

Citra digital mempunyai beberapa jenis format gambar, diantaranya adalah *Bitmap* (BMP), *Joint Photographic Expert Group* (JPEG), *Graphics Interchange Format* (GIF). *Bitmap* adalah format gambar yang masih asli dan belum mengalami proses kompresi sama sekali dan ukuran citra format BMP ini besar jika dibandingkan dengan JPEG dan GIF. Pada JPEG dan GIF merupakan format citra yang sudah mengalami proses kompresi. Format JPEG dan GIF mempunyai ukuran yang relatif lebih kecil dibanding format BMP, karena pada format JPEG adanya informasi yang hilang akibat proses kompresi, sedangkan pada GIF hanya mempunyai sedikit warna.

Transformasi *Haar Wavelet*

Transformasi *haar wavelet* merupakan salah satu algoritma untuk mengecilkan resolusi citra. Dalam *digital image processing* terdapat berbagai macam metode *wavelet* seperti *Daubechies wavelet*, *Haar wavelet*, *Morlet wavelet*, dan *Beta wavelet*. Dari 4 (empat) metode tersebut yang paling sederhana adalah *Haar Wavelet* dan data citra asli yang hilang akibat dari proses pengecilan resolusi lebih sedikit dibanding metode lainnya. *Wavelet* membagi sebuah matriks menjadi 2 (dua) *filter* yang berbeda, yaitu *low pass filter* dan *high pass filter*. *Low pass filter* adalah proses *filter* yang mengambil citra dengan gradiasi intensitas yang halus dan perbedaan intensitas yang tinggi akan dikurangi atau dibuang. Sedangkan *high pass filter* adalah proses *filter* yang mengambil citra dengan gradiasi intensitas yang tinggi dan perbedaan intensitas yang rendah akan dikurangi atau dibuang.

Pada proses awal *Haar wavelet* melakukan transformasi baris pada citra sehingga menghasilkan dua *sub-band*, yaitu *low pass filter* (L) dan *high pass filter* (H). Proses ini dilanjutkan dengan transformasi kolom yang akan membentuk empat *sub-band* yakni *Low-Low* (LL), *Low-High* (LH), *High-Low* (HL), dan *High-High* (HH). Proses transformasi yang dilakukan hingga menghasilkan *sub-band* LL, LH, HL, dan HH dinamakan dekomposisi *wavelet* tingkat satu. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.



■ **Gambar 4.** Transformasi *Wavelet*

Pada perancangan ini transformasi *Haar Wavelet* dilakukan sampai tingkat dua. Pada transformasi tingkat dua ini dilakukan transformasi baris dan kolom pada sub-band LL untuk mendapatkan *sub-band* LLLL, LLHL, LLLH, LLHH, LH, HH, dan HL. Dengan melakukan transformasi *wavelet* akan mengecilkan ukuran citra sampai 1/16 dari ukuran citra awal. *Low pass filter* dan *high pass filter* pada matriks M dengan ukuran AxB dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$l_{ij} = \frac{m_{i,(2j-1)} + m_{i,2j}}{2} \text{ untuk } \textit{low pass filter} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan: l_{ij} merupakan elemen matriks L
 m_{ij} merupakan elemen matriks M

$$h_{ij} = \frac{m_{i,(2j-1)} - m_{i,2j}}{2} \text{ untuk } \textit{high pass filter} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan: h_{ij} merupakan elemen matriks H
 m_{ij} merupakan elemen matriks M

Thresholding

Thresholding atau binerisasi yaitu pengelompokan piksel dalam citra berdasarkan batas nilai intensitas tertentu. Dalam proses *thresholding*, suatu piksel pada suatu citra asal akan dipetakan menjadi piksel objek atau latar belakang pada citra hasil operasi tergantung pada intensitas piksel itu sendiri pada citra asalnya. Bila intensitasnya sesuai dengan persyaratan intensitas obyek, maka citra asal akan dipetakan menjadi piksel obyek pada citra hasil operasi, dan sebaliknya jika tidak memenuhi syarat, maka citra asal akan dipetakan menjadi piksel yang merupakan bagian latar belakang. Citra hasil proses *Thresholding* terdiri dari dua warna yaitu hitam 0 (nol) dan putih 1 (satu). Algoritmanya dapat ditulis sebagai berikut [6]:

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{jika } f(x, y) \geq T \\ 0 & \text{jika } f(x, y) < T \end{cases} \text{ dimana } T \text{ adalah nilai } \textit{threshold} \dots\dots\dots (3) [6]$$

Image Difference Operation

Image difference Operation menggunakan operator logika *Exclusive OR*. *Exclusive OR* atau sering disingkat XOR merupakan salah satu operator logika *Boolean* yang membandingkan nilai dua bit. Apabila nilai ke-2 (dua) bit sama maka diberi nilai 0 (nol) dan apabila nilai bit yang dibandingkan berbeda maka diberi nilai 1 (satu). *Truth table* logika XOR dapat dilihat pada Tabel 3.

■ **Tabel 3.** *Truth table* logika XOR

Bit 1	Bit 2	Output
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Operasi perbandingan pada citra dilakukan ke setiap piksel dari kedua citra. Misalkan terdapat dua citra dengan nama *Img1* dan *Img2*, masing-masing dengan ukuran M x N dimana M merupakan panjang dan N merupakan lebar dari citra. Setiap piksel pada lokasi (x,y) untuk x dari 1 sampai M dan y dari 1 sampai N, *Img1*(x,y) dan *Img2*(x,y) mempunyai nilai antara 0 sampai 255. Aturan untuk perbandingan citra sebagai berikut[14]:

1. Untuk *Img1*, ambil nilai piksel pada lokasi (x,y) dan namai sebagai *PixVal1*.
2. Untuk *Img2*, ambil nilai piksel pada lokasi (x,y) dan namai sebagai *PixVal2*.
3. Jika nilai *PixVal1* sama dengan *PixVal2*, tandai piksel pada *img2* sebagai *background pixel*.
 Jika nilai *PixVal1* tidak sama dengan *PixVal2*, tandai piksel pada *img2* sebagai *foreground pixel*.

Dilasi

Operasi dilasi merupakan salah satu dasar dari algoritma morfologi. Operasi dilasi dilakukan untuk memperbesar ukuran segmen obyek dengan menambah lapisan di sekeliling obyek. Terdapat 2 (dua) cara untuk melakukan operasi ini, yaitu dengan cara mengubah semua titik di sekeliling titik batas menjadi titik obyek, atau lebih mudahnya set semua titik tetangga sebuah titik obyek menjadi titik obyek. Cara kedua yaitu dengan cara mengubah semua titik latar yang bertetangga dengan titik batas menjadi titik obyek, atau lebih mudahnya set setiap titik yang tetangganya adalah titik obyek menjadi titik obyek. Algoritma untuk operasi dilasi pada citra biner sebagai berikut:

- Untuk semua titik dalam citra, cek apakah titik tersebut titik obyek.
- Jika ya, maka ubah semua tetangganya menjadi titik obyek.
- Jika tidak, maka harus dilanjutkan.

Secara matematis, dilasi set A oleh set B didefinisikan dengan persamaan [5]:

$$A \oplus B = \{c \mid c = a + b, a \in A, b \in B\} \dots\dots\dots (4) [5]$$

Keterangan :

A = Citra asli.

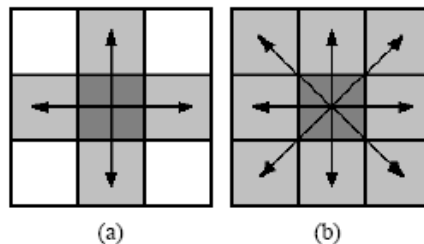
B = Elemen penstruktur dan komposisinya akan menentukan hasil dari operasi dilasi yang dilakukan.

C = Hasil dari operasi dilasi A oleh B

Connected Component Labelling Operation

Connected components labeling Operation men-scan dan mengelompokkan piksel-piksel menjadi beberapa komponen berdasarkan konektivitas piksel. Cara kerja *Connected component* adalah dengan men-scan sebuah citra, piksel per piksel (dari atas ke bawah dan kiri ke kanan) dengan tujuan untuk mengidentifikasi daerah konektivitas piksel.

Konektivitas antar piksel diartikan sebagai hubungan atau relasi antar dua atau lebih piksel. Dua piksel dianggap terhubung, jika piksel-piksel tersebut mempunyai kumpulan nilai yang sama. Pada citra dua dimensi terdapat dua jenis konektivitas. Pertama adalah *4-connected pixel* dan yang kedua adalah *8-connected pixel*, konsep dari kedua konektivitas piksel dijelaskan melalui Gambar 5.

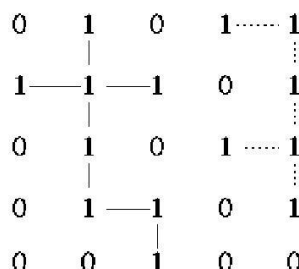


■ **Gambar 5.** Konsep Konektivitas *Pixel* [7],
(a) *4-connected pixel* (b) *8-connected pixel*

Pada *4-connected pixel* setiap elemen yang terdapat di koordinat (x,y) merupakan *connected component* jika sekurang-kurangnya mempunyai satu elemen yang terdapat pada notasi sebagai berikut :

$$\{(x, y-1), (x, y+1), (x-1, y), (x+1, y)\} \dots\dots\dots (5)$$

Contoh dua *connected component 4-connected pixel* pada citra biner dijelaskan pada Gambar 10. Dalam gambar ini piksel bernomor 1 menunjukkan empat arah konektivitas (atas, bawah, kiri, kanan) sesuai dengan konsep *4-connected pixel* yang ditunjukkan pada Gambar 6, bahwa piksel tersebut tidak dapat terhubung dengan arah diagonal.

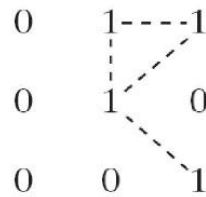


■ **Gambar 6.** Contoh *4-Connected Pixel* pada Citra Biner

8-connected pixel, disebut *connected component* jika *pixel* tetangganya memenuhi notasi sebagai berikut :

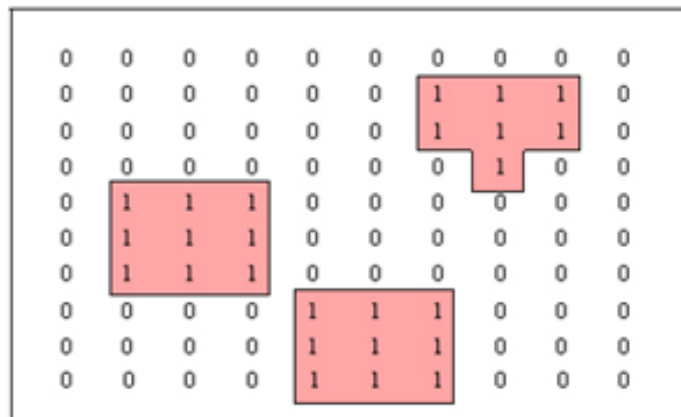
$$\left\{ \begin{array}{l} (x-1, y-1), (x-1, y), (x-1, y+1), (x, y-1), \\ (x, y+1), (x+1, y-1), (x+1, y), (x+1, y+1) \end{array} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

Contoh *connected component 8-connected pixel* pada citra biner dijelaskan pada Gambar 7. Pada *8-connected pixel* memungkinkan dilakukan konektivitas dengan arah diagonal.



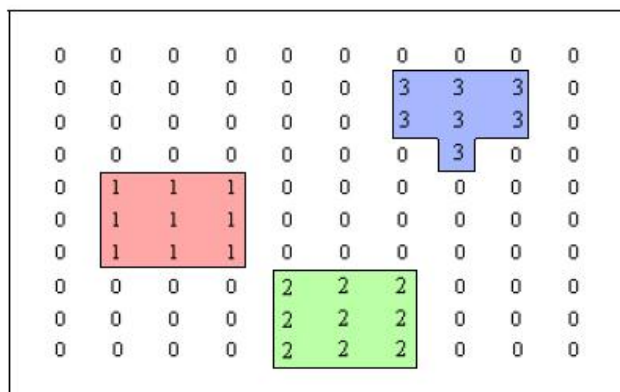
■ **Gambar 7.** Contoh *8-Connected Pixel* pada Citra Biner

Connected component labelling operation juga digunakan untuk mengidentifikasi setiap obyek dalam citra berdasarkan informasi yang didapat dari *coarse differenced image*. Hasil dari operasi ini dinamakan *coarse labelled image*. Ukuran dari *coarse labeled image* ini sama dengan ukuran dari *coarse differenced image*. Obyek dari *coarse differenced image* dapat dilihat dari perbedaan nilai bit pada *coarse labelled image*, Sebagai contoh dapat dilihat pada Gambar 8.



■ **Gambar 8.** Daerah Cacat pada *Coarse Differenced Image*

Berdasarkan notasi *4-connected pixel* maka hasil dari pelabelan *4-connected pixel* dalam perancangan ini dijelaskan pada Gambar 9. Gambar ini menunjukkan *Connected component labelling operation* telah berhasil mengenali 3 obyek yang masing-masing obyek diartikan sebagai daerah yang cacat pada *coarse differenced image*. Setiap obyek ditandai dengan nomor mulai 1 sampai 3, nomor obyek tergantung dari banyaknya obyek pada *coarse differenced image*.



■ **Gambar 9.** Hasil Dari Pelabelan *4-Connected Pixel*

Sesuai dengan notasi *8-connected pixel* maka hasil *connected components labeling operation* dalam perancangan ini dapat dilihat pada Gambar 10. Jika dibandingkan dengan Gambar 9, obyek nomor 1 dan 2 digabungkan menjadi satu obyek karena obyek nomor 2 masih termasuk dalam *pixel* tetangga dari obyek nomor 1, oleh karena hal tersebut *8-connected pixel* dipilih untuk *Connected component labelling operation* dengan tujuan mengurangi jumlah obyek yang diidentifikasi.

Catu Daya

Catu daya berfungsi untuk memberikan tegangan listrik ke modul-modul *hardware* yang membutuhkannya. Catu daya memiliki 4 (empat) komponen utama yaitu *transformator*, *rectifier*, *filter*, dan *voltage regulator* [7]. Blok diagram yang menunjukkan bagian-bagian dari catu daya terlihat dalam Gambar 15.

Transformator berfungsi untuk mengubah besarnya tegangan listrik. Dalam perancangan ini yang digunakan adalah trafo *step-down* yang berfungsi untuk menurunkan tegangan listrik PLN 220 volt *alternate current* (AC). Keluaran tegangan dari *transformator step down* masih berupa tegangan AC, maka digunakan *diode bridge* sebagai penyearah tegangan AC menjadi tegangan DC. Tegangan DC yang dihasilkan belum dapat dikategorikan baik karena masih memiliki denyut (*ripple*), maka digunakan filter pada catu daya ini berupa kapasitor. Kapasitor berguna untuk meratakan denyut (*ripple*) gelombang pada arus DC, kemudian tegangan DC tersebut akan diteruskan ke *voltage regulator*. *Voltage regulator* berfungsi untuk mempertahankan agar tegangan listrik yang dikeluarkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dan tidak mudah berubah naik atau turun sewaktu dipasang beban (*load*).

IC regulator LM7805 dipilih karena mampu meregulasikan tegangan yang stabil sebesar yang dibutuhkan untuk modul mikrokontroler, *driver motor*, sensor LDR, dan sensor *photointerrupter* serta kesederhanaan dari IC ini yang mempunyai hanya 3 pin, yakni kaki *input* tegangan (*Vin*), kaki *ground* (GND), dan kaki tegangan keluar (*Vout*). Pada perancangan ini IC LM7805 digunakan untuk menstabilkan tegangan yang akan dipakai pada modul-modul yang membutuhkannya.

HASIL PENGUJIAN DAN ANALISIS

Modul Sensor *Photointerrupter*

Pengujian dilakukan dengan memberikan penghalang diantara pemancar dan penerima *photointerrupter* berupa potongan kertas, serta dilakukan pengukuran tegangan *output* dan melihat nyala LED yang dihasilkan. Hasil pengujian dapat dilihat Tabel 5.

■ Tabel 5. Hasil pengujian modul *photointerrupter*

Pengukuran Ke-	Dengan/tanpa penghalang	LED	Tegangan Output
1	Ada penghalang	Nyala	4,76
2	Ada penghalang	Nyala	4,75
3	Ada penghalang	Nyala	4,77
4	Tanpa penghalang	Tidak nyala	010
5	Tanpa penghalang	Tidak nyala	0,12
6	Tanpa Penghalang	Tidak nyala	0.11

Pengujian dengan adanya penghalang dilakukan sebanyak tiga kali, jika hasil tegangan dirata-rata maka didapat tegangan sebesar 4,76 Volt dan ditandai dengan nyala LED. Pada pengujian tanpa penghalang dilakukan sebanyak tiga kali dengan hasil tegangan rata-rata 0.11 Volt..

Modul Sensor Deteksi Posisi PCB

Pengujian modul sensor deteksi posisi PCB terdiri dari sensor LDR. Pengujian ini dilakukan untuk melihat kemampuan dari sensor ini untuk mendeteksi sebuah objek. Pengujian dilakukan dengan memberikan penghalang untuk mengurangi cahaya yang diterima oleh LDR, lalu dilihat tegangan keluarannya pada multimeter. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6.

■ Tabel 6. Hasil pengujian modul sensor deteksi posisi PCB

Pengukuran ke-	Dengan/Tanpa Penghalang	LED	Tegangan Output
1	Ada penghalang	Tidak Nyala	0.15
2	Ada penghalang	Tidak Nyala	0.14
3	Ada penghalang	Tidak Nyala	0.16
4	Tanpa penghalang	Nyala	5.01
5	Tanpa penghalang	Nyala	5.03
6	Tanpa penghalang	Nyala	5.02

Modul *Driver Motor* dan Motor DC

Pengujian motor DC dilakukan dengan cara menguji perputaran yang dihasilkan oleh *driver motor* ketika diberi *input* tertentu. Pada pengujian kali ini, *output* yang diinginkan adalah motor DC akan berhenti, berputar searah jarum jam, dan berputar berlawanan arah jarum jam. Tiga macam perputaran motor DC tersebut dapat dihasilkan dengan memberikan *input* melalui pin 2 dan 7 serta pin 10 dan 15 pada *driver motor*. Pengujian untuk melihat

apakah motor DC dapat berputar sesuai dengan yang diinginkan, penulis memasukkan kode biner pada kaki pin 2, 7, 10, dan 15 untuk mengetahui arah perputaran ini. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

■ **Tabel 7.** Hasil pengujian modul *driver* motor

Input Pin 2	Input Pin 3	Putaran Motor Pendorong	Input Pin 10	Input pin 15	Putaran Motor Conveyor
0	0	Berhenti	0	0	Berhenti
0	1	Searah jarum jam	0	1	Searah jarum jam
1	0	Berlawanan arah jarum jam	1	0	Berlawanan arah jarum jam
1	1	Berhenti	1	1	Berhenti

Modul Mikrokontroler

Pengujian mikrokontroler dilakukan untuk melihat apakah mikrokontroler dapat menjalankan program yang telah diunduh pada *memory* mikrokontroler tersebut. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan modul mikrokontroler *project logic board* dan 8 buah LED yang bertujuan untuk menjalankan LED tersebut menyala secara bergantian.

Pada pengujian ini, *port* 1 mikrokontroler yang dihubungkan dengan 8 buah LED yang telah dirangkai pada *project logic board*. Program yang digunakan untuk pengujian adalah program *running* LED yang berjalan secara berurutan, mulai dari LED 1 sampai LED 8. Berdasarkan hasil pengujian seperti Tabel 8 dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler yang digunakan dapat bekerja dengan baik.

■ **Tabel 8.** Hasil pengujian mikrokontroler dengan menggunakan program

Periode (detik ke-)	Kondisi LED (LED ke-)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	On	Off						
2	Off	On	Off					
3	Off		On	Off				
4	Off			On	Off			
5	Off				On	Off		
6	Off					On	Off	
7	Off						On	Off
8	Off							On

Modul Catu Daya

Pengujian catu daya bertujuan untuk mengetahui tingkat kestabilan tegangan yang didistribusikan dalam rangkaian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan multimeter digital untuk mengukur keluaran tegangan dari catu daya. Catu daya yang akan diuji terdiri dari catu daya 5 Volt dan Catu daya 25 Volt. Pengujian ini dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan tanpa beban dan dengan beban keseluruhan rangkaian.

Pengujian dilakukan dua kali yang masing-masing untuk catu daya 5 Volt dan 25 Volt. Pada hasil pengujian pertama didapat tegangan sebesar 5.01 Volt dan arus sebesar 93.7 mA, serta tegangan 24.8 Volt dan arus sebesar 320.4 mA. Dari pengujian pertama didapat nilai tahanan rancangan sebesar 53.46 Ohm dan pada pengujian kedua didapat nilai tahanan 77.4 Ohm. Setelah tahanan pada alat didapat, nilai tahanan tersebut dijumlahkan sehingga mendapat tahanan total sebesar 130.86 Ohm. Hasil pengujian catu daya dengan beban dapat dilihat pada Tabel 9.

■ **Tabel 9.** Hasil pengujian modul catu daya dengan beban rangkaian keseluruhan

Pengukuran Ke-	V Output pada catu daya 5 (Volt)	V Output pada catu daya 25 (Volt)
1	5.1	24.8
2	5.1	24.9
3	5.1	25.1
4	4.9	25.1
5	5.2	25.2

Pada pengujian catu daya 5 volt DC dan 25 volt DC didapatkan rata-rata tegangan yang dihasilkan dari lima kali pengukuran adalah 5.08 volt DC dan 25.02 volt DC.

Pengujian dan Analisis Software

Pengujian *software* ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui *software* dibuat dapat dengan akurat mendeteksi cacat yang terletak pada jalur PCB. Pengujian ini dilakukan dengan empat tahap. Pengujian pertama dilakukan dengan melihat hasil perhitungan dari algoritma pada *software* ini apakah sesuai dengan hasil perhitungan algoritma yang telah dilakukan secara manual, apabila hasilnya sesuai dengan perhitungan algoritma yang telah dilakukan secara manual maka dapat dikatakan bahwa *software* ini telah sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya.

Selain pada pengujian hasil perhitungan pada *software*, pengujian kedua dilakukan dengan memberikan nilai *threshold* yang berbeda. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui tingkat akurasi program dalam mendeteksi daerah cacat jalur pada PCB. Pengujian dilakukan dengan memberikan nilai *threshold* yang berbeda, dalam hal ini pengujian dilakukan dengan memberikan nilai *threshold* masing-masing sebesar 25, 50, dan 75.

Pada pengujian dengan nilai *threshold* 25 didapatkan hasil dari pengujian tersebut tidak baik. Banyak daerah yang terdeteksi sebagai cacat walaupun papan PCB dari sumber citra referensi dan pengujian yang digunakan sama-sama baik

Pada pengujian dengan nilai *threshold* 50 didapatkan hasil pengujian tersebut baik. Pada hasil pengujian dengan nilai *threshold* 50, papan PCB yang baik yang digunakan pada citra referensi dan pengujian tidak terdapat daerah yang cacat, dan dapat mendeteksi daerah cacat pada papan PCB yang telah diberi cacat pada citra pengujian.

Pada pengujian dengan nilai *threshold* 75 didapatkan hasil pengujian tersebut tidak baik, dikarenakan hasil dari perbandingan tidak dapat menunjukkan daerah yang cacat. Berdasarkan dari pengujian yang telah dilakukan maka nilai *threshold* 50 merupakan hasil yang terbaik.

Pada pengujian ketiga dilakukan dengan menguji sebuah citra referensi yang diambil dari internet dan citra yang akan dibandingkan adalah citra referensi itu sendiri yang sengaja diberikan cacat. Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa program telah bekerja dengan baik.

Pengujian keempat dilakukan pada kondisi ruang *capture* terkena pengaruh cahaya dari luar dan kondisi ruang *capture* tidak terkena pengaruh cahaya dari luar. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah pendeteksian cacat akan berjalan dengan baik bila terkena atau tidak terkena cahaya dari luar.

Dari pengujian ini di dapat bahwa cahaya dari luar ruang *capture* sangat mempengaruhi hasil perbandingan yang dilakukan oleh program. Hal ini dikarenakan nilai intensitas cahaya yang ditangkap dapat berubah-ubah sehingga menyebabkan nilai matriks yang di olah oleh program menjadi berbeda-beda.

Pengujian dan Analisis Sistem

Semua modul yang telah diuji dan sudah dapat berjalan dengan baik. Pengujian dilanjutkan dengan menguji sistem rancangan secara keseluruhan. Pengujian dilakukan mula-mula dengan menyusun setiap modul pada fungsinya masing-masing sesuai dengan rancangan yang telah ditetapkan. Selanjutnya setiap modul tersebut dihubungkan dengan rangkaian catu daya yang sudah dirancang.

Rangkaian dihubungkan ke PC dan kontak PLN, kemudian dari komputer nyalakan *software* deteksi cacat PCB. Pada saat *software* sudah siap tekan *start* yang tertera pada *form software* tersebut untuk mengaktifkan komunikasi antara PC dan mikrokontroler. Bila komunikasi antara mikrokontroler dan PC sudah aktif maka dilakukan pengambilan untuk gambar referensi dengan menekan tombol "ambil referensi" yang tertera pada *form software*. Papan PCB yang telah diletakkan diatas *conveyor* akan bergerak ke ruang *capture*, dan *conveyor* akan berhenti secara otomatis apa bila sensor LDR terhalang oleh papan PCB. Referensi yang telah diambil dapat disimpan dengan cara menekan tombol "save referensi" pada *form software* dan apa bila ingin me-load file yang lama, cukup menekan tombol "load referensi". *Form software* deteksi cacat PCB dapat dilihat pada Gambar 4.24.

Papan PCB yang ingin dibandingkan diletakkan ke atas *conveyor* dan tekan tombol "start conveyor" untuk memulai membandingkan papan PCB. Papan PCB yang telah diletakkan diatas *conveyor* akan berjalan keruang *capture* dan akan berhenti bila mengenai sensor LDR. Pada saat papan PCB berhenti maka akan diambil citranya untuk dibandingkan dan hasil perbandingannya akan diteruskan ke mikrokontroler yang nantinya akan menggerakkan motor pendorong atau tidak.

Pada proses perbandingan bila menyatakan hasilnya cacat, papan PCB akan dibawa tepat di depan motor pendorong untuk dikeluarkan dari jalur *conveyor*. Bila hasilnya dianggap benar oleh PC maka *conveyor* akan terus berjalan dan hanya akan berhenti apabila mendapat *input* dari sensor LDR ketika papan PCB yang baru telah terdeteksi lagi.

KESIMPULAN

Peletakan posisi papan PCB di *conveyor* sangat berpengaruh. PCB yang akan dibandingkan letak posisinya harus sama dengan letak posisi PCB yang dijadikan referensi. PCB yang letak posisinya tidak sesuai dengan letak posisi awal gambar referensi akan dinyatakan sebagai cacat. Pada beberapa hasil perbandingan masih terdapat kotak

yang dianggap cacat, hal ini disebabkan karena intensitas cahaya yang berubah-ubah pada waktu pengambilan gambar.

Kualitas hasil deteksi dipengaruhi oleh besarnya nilai *threshold* yang digunakan. Proses pengambilan gambar menggunakan *webcam* tidak menghasilkan sebuah citra yang baik dan optimal, karena pada *webcam* masih terdapat *noise* berupa bercak hitam pada citra dan letak bercak tersebut dapat berpindah-pindah di setiap pengambilan gambar, serta kondisi warna pada setiap pengambilan gambar dapat berbeda-beda hasilnya.

Pencahayaan sangat berpengaruh untuk sensor LDR, kondisi pencahayaan di ruang *capture* harus stabil.

DAFTAR ACUAN

- [1] E. Uiga, *Optoelectronics*, USA: Prentice Hall, 1995, pp. 152.
- [2] R. P-Areny and J. G. Webster, *Sensors and Signal Conditioning*, 2nd ed, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2001, pp.114.
- [3] R. J. Tocci, *Digital Systems Principles and Applications*, 5th ed, USA: Prentice Hall, 1991, pp. 682.
- [4] J. S. Beasley and G. M. Miller, *Modern Electronic Communication*, 9th ed, Upper Saddle River: Prentice Hall, 2008, pp. 436.
- [5] 5 U. Ahmad, *Pengolahan Citra Digital*, Jakarta: Graha Ilmu, 2005, hal. 14, 167
- [6] R. C. Gonzalez and R. E. Woods, *Digital Image Processing*, 2nd ed, USA: Prentice Hall, 2002, pp. 594.
- [7] R. Boylestad and L. Nashelsky, *Electronic Devices & Circuit Theory*, 5th ed, USA: Prentice Hall, 1992, pp. 805.