

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

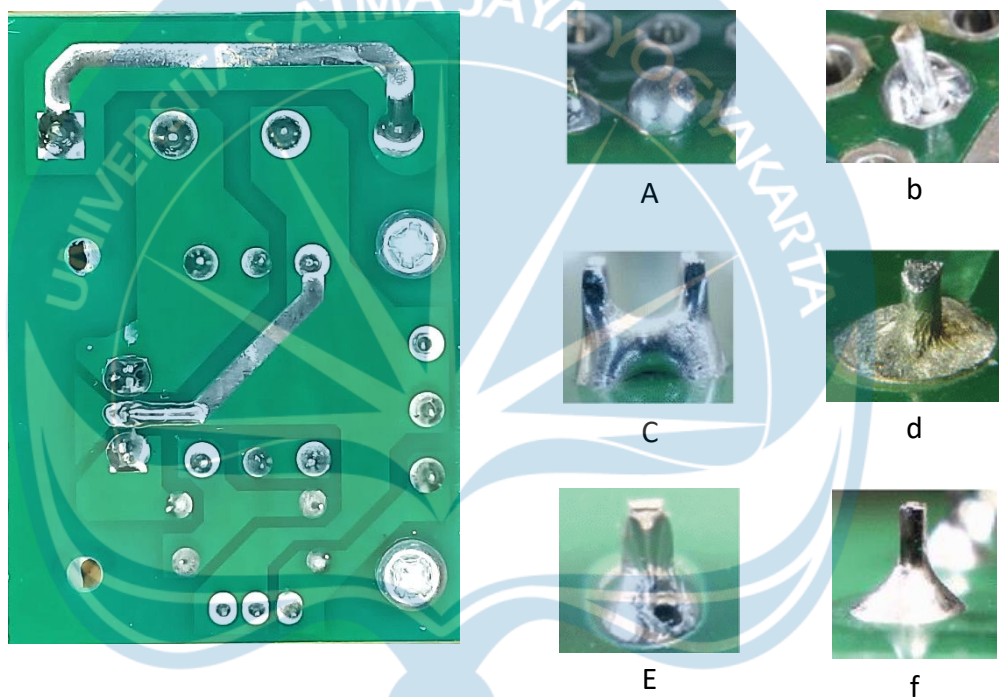
*Soldering* merupakan salah satu tahap penting pada proses manufaktur rangkaian elektronika, dimana performa dan masa pakai produk elektronik dipengaruhi oleh kualitas sambungan solder pada papan sirkuit cetak [1]. Cacat dalam proses *soldering* dapat menyebabkan penurunan kinerja produk elektronik. Penelitian mengenai berbagai jenis cacat pada sambungan solder pernah dilakukan oleh Sankar pada tahun 2022 yang berhasil mengelompokkan 19 jenis cacat pada sambungan solder. Cacat yang terjadi pada sambungan solder disebabkan oleh sulitnya menentukan akurasi parameter proses mekanik dan kimia pada proses *soldering* baik dengan mesin ataupun secara manual oleh operator [2]. Akurasi semakin sulit diperoleh ketika proses *soldering* rangkaian elektronik dikerjakan oleh operator secara manual. Diperlukan keahlian dan pengalaman yang tinggi agar teknisi solder dapat menghasilkan sambungan solder berkualitas tinggi. Dengan kompetensi dan pengalaman yang dimiliki oleh seorang teknisi *soldering*, maka kualitas hasil solder yang sempurna dapat diperoleh dengan baik pada kondisi apapun seperti yang pernah dipaparkan oleh Franz pada penelitiannya [3]. Walaupun sebagian besar produksi rangkaian elektronik dilakukan dengan mesin otomatis, proses *soldering* secara manual masih banyak digunakan dalam dunia industri karena memiliki fleksibilitas yang tinggi.

Pada industri perakitan rangkaian elektronika, proses *soldering* secara manual

banyak diperlukan terutama untuk penyambungan komponen yang tidak dapat dilakukan oleh proses *soldering* otomatis seperti *induction soldering*, *laser soldering*, dan *arm robot*. Pemasangan komponen seperti kabel dan komponen dengan pemasangan khusus lainnya, memerlukan peran tenaga kerja manusia untuk melakukan proses *soldering*. Hal ini menimbulkan dampak yang signifikan terhadap tingginya kebutuhan tenaga kerja ahli di bidang *soldering* serta berdampak juga pada meningkatnya kebutuhan lulusan sekolah vokasi yang ahli pada bidang *soldering*. Kebutuhan ini telah diakomodasi secara baik oleh Kementerian Tenaga Kerja Indonesia dalam bentuk penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia atau SKKNI pada bidang elektronika. Penetapan ini berupa standar unit kompetensi dengan kode unit C.26ELT03.006.1 (kompetensi: menyolder komponen dengan solder tangan). Melalui standar ini pula, sekolah vokasi di Indonesia dapat menyelenggarakan kurikulum pembelajaran berbasis pelatihan yang sesuai dengan kebutuhan industri. Dalam penelitian ini akan digunakan standar penilaian praktikum yang berlaku di Politeknik ATMI Surakarta.

Pelatihan *soldering* yang diberikan di sekolah vokasi bertujuan agar peserta didik mampu melakukan *soldering* dengan hasil yang sempurna. Dalam kegiatan praktikum *soldering* akan dihasilkan rangkaian elektronika dengan jenis THT PCB seperti pada Gambar 1. Pada pelaksanaannya, berbagai cacat pada sambungan solder banyak terjadi dimana lima jenis cacat menjadi fokus penilaian praktikum sesuai dengan standar penilaian praktikum *soldering* di Politeknik ATMI Surakarta. Kelima cacat tersebut meliputi *Exceeds solder* yang ditunjukkan pada Gambar 1(a), *Void on solder pad* seperti pada Gambar 1(b), *Bridge soldering* pada

Gambar 1(c), *Disturbed soldering* pada Gambar 1(d), dan *Void inside drill hole* seperti ditunjukkan Gambar 1(e). Hasil *soldering* yang baik memiliki ciri-ciri dimana tidak ditemukan satu atau lebih dari lima cacat yang dipertimbangkan pada penilaian praktikum *soldering* seperti ditunjukkan pada Gambar 1(f).



Gambar 1 Jenis cacat yang dipertimbangkan dalam penilaian praktikum.  
(a) *Exces solder*. (b) *Void on solder pad*. (c) *Bridge soldering*. (d) *Disturbed soldering*. (e) *Void inside drill hole*. (f) *Good soldering*

Untuk menjamin kualitas rangkaian elektronika yang sudah dikerjakan oleh peserta didik maka perlu dilakukan inspeksi pada sambungan solder elektronika seperti yang disampaikan oleh Ma, dkk. pada tahun 2020 dalam penelitiannya [4]. Pemeriksaan sambungan solder hasil praktikum merupakan bagian dari proses

evaluasi dan asesmen praktikum yang dilakukan oleh instruktur. Instruktur akan melakukan pemeriksaan pada seluruh titik sambungan solder secara langsung dengan visual mata, kemudian memberikan evaluasi terhadap sambungan solder yang tidak sempurna. Namun demikian, pemeriksaan sambungan solder dengan visual mata memerlukan banyak waktu dan tenaga. Pendampingan terhadap peserta didik oleh instruktur menjadi kurang efektif dikarenakan sebagian besar waktu instruktur digunakan untuk memeriksa rangkaian elektronik hasil praktikum. Oleh karena itu, perlu dipikirkan bentuk pemeriksaan sambungan solder yang lebih cepat dan dapat mengurangi beban kerja instruktur. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah pemeriksaan menggunakan *Automatic Optical Inspection* (AOI).

*Automatic Optical Inspection* (AOI) merupakan sistem inspeksi otomatis dengan memanfaatkan *Computer Vision* untuk memeriksa kualitas sambungan solder rangkaian elektronika [5][6]. Menurut Chin dan Harlow penggunaan AOI untuk inspeksi sambungan solder dapat mengurangi penggunaan tenaga manusia, meningkatkan kinerja inspeksi, dan efisiensi biaya dalam hal upah tenaga kerja serta mengurangi waktu pemeriksaan. Dengan demikian penggunaan AOI dapat secara signifikan mengurangi ketergantungan perusahaan terhadap tenaga berpengalaman untuk melakukan pemeriksaan sambungan solder [7]. Oleh sebab itu AOI memberikan solusi untuk pemeriksaan kualitas sambungan solder karena kemampuannya untuk mengumpulkan sejumlah besar informasi untuk menggantikan kerja manusia dalam menjamin kualitas produk elektronika [8]. AOI sebagaimana telah disampaikan oleh [7],[8],[9] telah banyak membantu

manusia dalam melakukan inspeksi secara otomatis.

Inspeksi otomatis pada AOI meliputi akuisisi citra, pra-pemrosesan citra, ekstraksi fitur, dan klasifikasi sambungan solder [10]. Tahap akuisisi citra merupakan tahap dimana informasi citra diubah menjadi informasi digital melalui kamera. Citra yang diambil terkadang memiliki ukuran dan level yang berbeda-beda sehingga diperlukan tahap pra pemrosesan citra yang di dalamnya termasuk normalisasi dan seleksi. Ekstraksi fitur merupakan proses pengambilan ciri sebuah citra yang dapat menggambarkan karakteristik dari objek tersebut sehingga dapat dilakukan klasifikasi. Salah satu metode yang terbukti handal untuk melakukan analisis pada tekstur adalah *Gray Level Coocurance Matrix* (GLCM) seperti pernah dilakukan pada penelitian [11], [12],[13]. Dalam ekstraksi fitur terkadang diperlukan pemilihan terhadap elemen spesifik pada citra dengan menggunakan segmentasi [12], [14], [15]. Berdasarkan hasil penelitian terdahulu dapat diketahui bahwa ekstraksi fitur tekstur GLCM memiliki performa yang baik pada analisis tekstur sehingga berpotensi untuk diterapkan pada sambungan solder. Tahap akhir dari AOI adalah klasifikasi dimana pada tahap ini keputusan hasil deteksi ditentukan.

Menurut Ebayyeh dkk. [5] pada tahap klasifikasi, terdapat berbagai metode yang dapat dikelompokkan menjadi klasifikasi berbasis *deep learning* dan klasifikasi berbasis segmentasi dan ekstraksi fitur (*non-deep learning*). Wu, dkk. menyampaikan secara lebih mendalam pada peneltian [16], bahwa pada AOI berbasis *deep learning*, tahapan proses pengolahan citra lebih pendek jika dibandingkan dengan AOI berbasis *non-deep learning* karena ekstraksi fitur diikuti

sertakan ke dalam *hidden layer*. Namun Li dkk. dalam penelitian [17] juga menyampaikan bahwa proses komputasi *deep learning* memiliki struktur yang kompleks dan mendalam sehingga menimbulkan beberapa masalah antara lain, diperlukan banyak citra untuk komparasi, diperlukan komputer dengan kemampuan tinggi (seperti parallel GPU), sehingga memerlukan anggaran biaya yang tinggi. Ebayyeh, dkk. [5] melakukan review terhadap berbagai penelitian yang termasuk kedalam ruang lingkup AOI dan memberikan fakta bahwa deteksi cacat dengan menggunakan metode *machine learning* klasik memiliki kebutuhan komputasi yang jauh lebih sederhana dibandingkan dengan klasifikasi berbasis *deep learning* sehingga dapat ditangani oleh komputer dengan spesifikasi yang lebih rendah. Pemilihan jenis algoritma AOI penting untuk dipertimbangkan karena akan berpengaruh terhadap anggaran pengadaan perangkat komputer yang akan digunakan. Jaya, dkk. pada tahun 2020 menyampaikan dalam penelitian [18] bahwa salah satu kendala dalam pelaksanaan praktikum di sekolah vokasi adalah terbatasnya anggaran dana operasional penunjang kegiatan praktikum. Oleh sebab itu, pada penelitian ini klasifikasi berbasis segmentasi dan ekstraksi fitur dipilih dengan pertimbangan komputasi yang ringan sehingga anggaran pengadaan perangkat komputer sesuai dengan kemampuan dari sekolah vokasi. Tantangan yang dihadapi dalam penelitian ini adalah menerapkan sistem AOI yang umumnya digunakan pada dunia industri untuk diterapkan pada dunia pendidikan vokasi.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan optimasi pada AOI sehingga diperoleh model yang optimal untuk digunakan pada pemeriksaan sambungan solder pada praktikum *soldering* di sekolah vokasi. Berdasarkan pembagian kelas

cacat *soldering* menurut Sankar, dkk. [2] seperti ditunjukkan pada Tabel 1, terdapat 19 jenis cacat pada sambungan solder. Meskipun demikian, dalam praktikum *soldering* yang dilaksanakan di sekolah vokasi, hanya 5 dari 19 tipe cacat yang menjadi fokus penilaian seperti ditunjukkan pada Gambar 1. Dari 5 jenis cacat yang menjadi fokus penilaian *soldering* di sekolah vokasi, metode yang diusulkan Fonseka dkk. [19] telah mampu mendeteksi 4 tipe cacat, namun metode yang diusulkan belum mampu mendeteksi cacat *disturbed soldering* yang juga termasuk ke dalam jenis cacat yang menjadi fokus penilaian praktikum di sekolah vokasi.

Tabel 1 Jenis-jenis cacat pada sambungan solder

No	Tipe cacat	Dapat muncul pada
1	<i>Solder bridge*</i>	SMD, THT
2	<i>Too much solder*</i>	SMD, THT
3	<i>Solder projection</i>	SMD, THT
4	<i>Disturbed / dull solder joint**</i>	SMD, THT
5	<i>Solder balls</i>	SMD, THT
6	<i>Solder spilling</i>	SMD, THT
7	<i>Flux residue</i>	SMD, THT
8	<i>Lead clinched</i>	THT
9	<i>Blow hole *</i>	SMD, THT
10	<i>Fractured solder joint</i>	SMD, THT
11	<i>Open Connection</i>	SMD, THT
12	<i>C-side Wetting</i>	SMD, THT
13	<i>Insufficient solder</i>	SMD, THT
14	<i>S-side wetting*</i>	SMD, THT
15	<i>Corrosion</i>	THT
16	<i>Over Heating</i>	SMD, THT
17	<i>De Wetting</i>	SMD, THT
18	<i>Cold soldering</i>	SMD, THT
19	<i>Incompletes reflow</i>	SMD, THT

\* Jenis cacat ini dapat dideteksi pada model yang diusulkan pada riset [19]

\*\* Jenis cacat yang akan menjadi fokus penelitian

Tipe cacat sambungan solder seperti yang ditampilkan pada tabel tersebut

menunjukkan kemungkinan munculnya cacat pada jenis sambungan solder (SMD atau THT). Shankar pada penelitian [2] juga menyatakan bahwa tipe defect nomor 8 dan 15 hanya dapat terjadi pada sambungan solder dengan jenis THT, sedangkan tipe cacat selain pada kedua nomor tersebut dapat terjadi baik pada sambungan THT maupun sambungan SMT. Dengan mengamati Table 1, terlihat bahwa model dari penelitian [19] telah mampu mendeteksi dengan baik empat kelas jenis cacat hasil *soldering* dengan tanda “\*”, sedangkan deteksi terhadap kelas cacat yang belum pernah atau jarang dikerjakan oleh peneliti lainnya [13], [23], [24], [25], [26], [27], [28], [29] menjadi kebaruan dalam studi ini (ditunjukkan dengan tanda “\*\*”).

Sambungan solder yang akan diperiksa memiliki profil berbentuk lingkaran, sedangkan ekstraksi fitur dilakukan pada *frame* berbentuk persegi. Untuk menyesuaikan bentuk citra terhadap *frame* dilakukan operasi transformasi *log polar*. Study yang dilakukan akan menggunakan ekstraksi fitur tekstur berbasis GLCM untuk menghasilkan tekstur *data set*. Klasifikasi dilakukan terhadap feature dataset dengan menggunakan *Support Vector machine* dengan kernel trick untuk memetakan data *non-linear* berdimensi rendah dan mengubahnya ke dalam ruang dimensi yang lebih tinggi. Akurasi dan presisi dari model akan diuji dengan menggunakan *confusion matrix*, sedangkan target yang harus dicapai oleh model adalah akurasi 85% dan presisi 85%. Luaran dari penelitian ini adalah model algoritma AOI yang mampu mendeteksi 5 tipe cacat seperti disampaikan pada Gambar 1 dan memiliki komputasi yang ringan sehingga dapat diaplikasikan pada komputer raspberry pi 4B yang sesuai dengan kemampuan belanja sekolah



vokasi pada umumnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Proses inspeksi sambungan solder pada rangkaian elektronika hasil praktikum di sekolah vokasi saat ini dilakukan dengan pengamatan langsung oleh instruktur. Proses assesmen yang demikian memerlukan banyak waktu sehingga proses pendampingan oleh instruktur menjadi kurang optimal. Diperlukan solusi untuk meringankan kerja instruktur dalam melakukan inspeksi terhadap sambungan solder hasil praktikum *soldering*, sehingga waktu pendampingan terhadap peserta didik dapat lebih optimal.

Dalam dunia industri pemeriksaan sambungan solder telah menggunakan *Automatic Optical Inspection*. Model AOI yang biasa digunakan dalam industri umumnya menggunakan algoritma *deep learning* yang memerlukan komputer GPU untuk menangani komputasi yang kompleks. Penggunaan komputer GPU memerlukan biaya yang tinggi sehingga tidak cocok digunakan pada sekolah vokasi yang memiliki anggaran terbatas. Oleh karena itu diperlukan sistem AOI yang dapat bekerja pada komputer CPU namun memiliki kemampuan deteksi yang memadai untuk digunakan pada praktikum *soldering*.

## 1.3 Pertanyaan Penelitian

1. Bagaimana mengoptimalkan kinerja model AOI untuk inspeksi sambungan solder hasil praktikum *soldering* melalui penyesuaian algoritma, sehingga dapat memberikan hasil deteksi yang akurat dan dapat diandalkan?

2. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan model AOI dengan kemampuan deteksi yang memadai, namun dapat berjalan pada komputer CPU sebagai alternatif efisiensi biaya bagi sekolah vokasi dengan anggaran terbatas?

#### **1.4 Batasan Masalah**

1. Pengambilan data dan pengujian model dilakukan pada Prodi Mekatronika Politeknik ATMI Surakarta saja.
2. Model dijalankan dengan kamera yang selalu sama dengan seri : *Digital microscope USB Camera model X4 magnification 1600X*, dengan pencahayaan *ring led*.
3. Pengaturan posisi kamera terhadap titik sambungan solder dilakukan secara manual dengan mengatur ketinggian stand kamera.
4. Capaian kecepatan pemeriksaan tidak ditetapkan namun akan tetap dilakukan pengambilan data dan analisis.

#### **1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

Berdasarkan berbagai permasalahan yang telah dijabarkan pada bagian rumusan masalah, maka diperlukan langkah-langkah penelitian yang memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Meningkatkan kemampuan deteksi pada algoritma AOI untuk THT-PCB dari peneliti sebelumnya agar dapat memenuhi persyaratan pengujian sambungan

solder pada rangkaian elektronika yang dihasilkan pada praktikum *soldering*.

2. Merencanakan perbaikan prosedur pengujian kualitas hasil *soldering* dengan menerapkan teknologi AOI pada praktikum *soldering* pada sekolah vokasi (studi kasus di Politeknik ATMI Surakarta).

Pada akhir dari penelitian ini diharapkan akan diperoleh manfaat penelitian yang signifikan bagi masyarakat dan perkembangan ilmu pengetahuan, sehingga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang positif dalam memecahkan permasalahan yang dihadapi dan meningkatkan pemahaman kita tentang topik yang diteliti. Berbagai manfaat yang dapat diberikan dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan kontribusi di bidang *computer vision* untuk *solder defect detection*, yang diterapkan pada bidang pelatihan kompetensi *soldering* di sekolah vokasi.
2. Penerapan teknologi *computer vision* diharapkan dapat mengurangi waktu proses pengujian kualitas sambungan solder pada praktikum *soldering* di Politeknik ATMI Surakarta.