

**TESIS**  
**DETEKSI CACAT PADA SAMBUNGAN SOLDER THT**  
**DENGAN SEGMENTASI CITRA DAN GLCM**



**EKO PURWANTO ARIBOWO**  
**NPM. 215311586**

**MAGISTER INFORMATIKA PROGRAM**  
**PASCASARJANA**  
**UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA 2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir Berjudul

DETEKSI CACAT PADA SAMBUNGAN SOLDER THT DENGAN SEGMENTASI CITRA DAN GLCM

yang disusun oleh

Eko Purwanto Aribowo

215311586

dinyatakan telah memenuhi syarat pada tanggal 22 Juni 2023

		Keterangan
Dosen Pembimbing 1	: Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T.	Telah Menyetujui
Dosen Pembimbing 2	: Dr. Pranowo, S.T., M.T.	Telah Menyetujui
Tim Penguji		
Penguji 1	: Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T.	Telah Menyetujui
Penguji 2	: Paulus Mudjihartono, S.T., M.T., Ph.D	Telah Menyetujui

Yogyakarta, 22 Juni 2023

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Teknologi Industri

Dekan

ttd.

Dr. A. Teguh Siswanto, M.Sc.

Dokumen ini merupakan dokumen resmi UAJY yang tidak memerlukan tanda tangan karena dihasilkan secara elektronik oleh Sistem Bimbingan UAJY. UAJY bertanggung jawab penuh atas informasi yang tertera di dalam dokumen ini

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Eko Purwanto Aribowo

NPM : 215311586

Dengan ini menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul “ Deteksi Cacat Pada Sambungan Solder THT Dengan Segmentasi Citra Dan GLCM” merupakan hasil penelitian saya yang belum pernah diajukan sebelumnya untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak mengandung *plagiasi* dari karya manapun, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Yogyakarta, 15 Juni 2023

Eko Purwanto Aribowo

## INTISARI

Praktikum *soldering* yang dilakukan di sekolah vokasi pada umumnya menggunakan papan rangkaian elektronik dengan lubang tembus atau *Trough Hole Technology – Printed Circuit Board* (THT-PCB). Dalam kegiatan tersebut, penilaian kualitas produk hasil praktikum siswa dilakukan secara visual dengan penglihatan mata secara langsung oleh instruktur. Penelitian ini mengusulkan penerapan *Automatic Optical Inspection* (AOI) untuk membantu para guru dan instruktur dalam memeriksa hasil pekerjaan siswa pada praktikum *soldering* di sekolah vokasi. Pengujian otomatis dengan AOI telah diterapkan secara luas pada dunia industri, namun belum banyak diterapkan pada pendidikan vokasi. Di sisi lain, spesifikasi perangkat komputer yang dimiliki sekolah vokasi tidak setinggi komputer yang digunakan untuk sistem AOI pada Industri. Dengan demikian diperlukan algoritma AOI yang sesuai dengan kebutuhan pengujian dan sesuai dengan spesifikasi komputer di sekolah vokasi. Penelitian sebelumnya pernah dilakukan oleh Fonseka yang menghasilkan model AOI untuk THT-PCB dimana tidak memerlukan komputasi kompleks. Namun, model yang diusulkan belum mampu mendeteksi cacat *disturbed soldering* pada sambungan solder. Dalam penelitian ini akan dilakukan sejumlah modifikasi untuk menambahkan kemampuan deteksi cacat *disturbed soldering* pada model sebelumnya. Segmentasi citra dan *transformasi log-polar* akan diterapkan untuk mendapatkan *Region of Interest* (ROI) pada citra sambungan solder sehingga dapat dilakukan ekstraksi fitur. Fitur tekstur di-ekstraksi menggunakan *Gray Level Coocurance Matrix* (GLCM) untuk menghasilkan data fitur. Klasifikasi dilakukan dengan menerapkan *Support Vector Machine* untuk menghasilkan keputusan deteksi. Pengujian akurasi dan presisi dilakukan dengan menggunakan *corelation matrik* dengan target akurasi dan presisi masing masing 80%.

**Kata kunci:** Automatic Optical Inspection (AOI), Segmentasi, Ekastraksi fitur tekstur, Transformasi Log Polar, Sambungan solder.

## ABSTRACT

The practical soldering training conducted in vocational schools typically involves the use of Trough Hole Technology – Printed Circuit Board (THT-PCB) electronic circuit boards with through holes. In this activity, the quality of students' practical work is assessed visually by the instructor. This study proposes the implementation of Automatic Optical Inspection (AOI) to assist teachers and instructors in inspecting students' practical soldering work in vocational schools. Automated testing with AOI has been widely applied in the industry, but it has not been widely used in vocational education. On the other hand, the computer specifications of vocational schools are not as high as those used for AOI systems in the industry. Therefore, an AOI algorithm is needed that is suitable for testing requirements and compatible with the computer specifications in vocational schools. Previous research has been conducted by Fonseka, which resulted in an AOI model for THT-PCBs that does not require complex computations. However, the proposed model was unable to detect disturbed soldering defects in solder joints. In this study, several modifications will be made to add the ability to detect disturbed soldering defects to the previous model. Image segmentation and log-polar transformation will be applied to obtain the Region of Interest (ROI) in solder joint images to enable feature extraction. Texture features will be extracted using the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) to generate feature data. Classification will be performed by applying Support Vector Machine to produce detection decisions. Accuracy and precision testing will be performed using correlation matrices with target accuracy and precision of 80%.

**Keywords:** Automatic Optical Inspection (AOI), Segmentation, Feature Extraction, Log Polar Transform, Solder Joint.

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis persembahkan demi kemuliaan Allah Tritunggal Maha Kudus yang senantiasa memberikan berkat dan anugerah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik. Dengan segala kerendahan hati, penulis mempersembahkan karya ilmiah berupa tesis dengan judul "Deteksi Cacat pada Sambungan Solder THT dengan Segmentasi Citra dan GLCM" sebagai bagian dari persyaratan untuk menyelesaikan program studi S2.

Penulis menyadari bahwa tesis ini tidak mungkin terwujud tanpa bantuan dan masukan berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam penyusunan tesis ini. Secara khusus, penulis ingin berterima kasih kepada:

1. Bapak Yonathan Dri Handarkho, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang memberikan kesempatan untuk menempuh studi S2 baik dalam dukungan moril maupun materil kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
3. Bapak Dr. Pranowo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah meluangkan waktu dan pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan tesis ini.
4. Seluruh Dosen dan Staf Pengajar Program Studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah membantu penulis selama masa kuliah.
5. Teman-teman seangkatan pada Fakultas Pascasarjana terkhususnya program studi Magister Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
6. Istri dan Anak tercinta Anastasia Dwi Setyani dan Fidelis Hugo Arianata yang selalu memberikan semangat dukungan dan doa dalam pengerjaan tesis ini.

7. Kedua orang tua terkasih Bapak dan Ibu, serta keluarga besar lainnya yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dan semangat kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman, keluarga dan kerabat lainnya yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ini masih jauh dari kesempurnaan yang diharapkan. Oleh karena itu, segala saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan untuk meningkatkan kualitas penulisan ini. Akhirnya penulis berharap agar karya tulis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pembaca dan pihak yang berkepentingan.

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN .....	i
HALAMAN PERNYATAAN .....	ii
INTISARI .....	iii
ABSTRACT .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
NOMENKLATUR .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	9
1.3 Pertanyaan Penelitian .....	9
1.4 Batasan Masalah .....	10
1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	12
BAB III LANDASAN TEORI .....	18
3.1 Jenis Sambungan Solder .....	18
3.2 Proses <i>Soldering</i> .....	20
3.3 Cacat Pada Sambungan Solder .....	21
3.4 Artificial Intelligence .....	24
3.5 Computer Vision .....	26
3.6 Automatic Optical Inspection .....	27
3.7 Algoritma Pada AOI.....	27
3.7.1 Tahap Pra Proses.....	28
3.7.2 Tahap Ekstraksi Fitur .....	29
3.7.3 Tahap Klasifikasi .....	30
3.8 Segmentasi.....	31
3.9 Ekstraksi Fitur.....	32
3.10 Gray Level Coocurance Matrix (GLCM).....	33
3.11 Klasifikasi berbasis Support Vector Machine .....	38
BAB IV METODE PENELITIAN .....	45
4.1 Tahapan Penelitian .....	45



4.1.1	Identifikasi Masalah .....	46
4.1.2	Studi Literatur .....	48
4.1.3	Pengujian Algoritma Awal.....	48
4.1.4	Perancangan Algoritma Program.....	49
4.1.5	Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	50
4.1.6	Penyajian Hasil Pengolahan Data.....	50
4.2	Metode Pengujian Algoritma Sebelumnya .....	51
4.2.1	Metode Pengujian Algoritma Pendeteksi cacat Solder Bridging .....	51
4.2.2	Metode Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Void Inside Drill Hole.....	52
4.2.3	Metode Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Void on Pad .....	53
4.2.4	Metode Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Excess Soldering .....	53
4.3	Rancangan Algoritma Program .....	54
4.3.1	Persiapan Dataset dan <i>Pre-processing</i> .....	56
4.3.2	Segmentasi Citra .....	57
4.3.3	Transformasi Log-Polar .....	60
4.3.4	Ekstraksi Fitur Tekstur (GLCM).....	62
4.3.5	Klasifikasi.....	63
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN .....		65
5.1	Analisis Hasil Algoritma Sebelumnya .....	65
5.1.1	Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Solder Bridging.....	65
5.1.2	Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Void Inside Drill Hole .....	66
5.1.3	Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Void on Pad.....	67
5.1.4	Pengujian Algoritma Pendeteksi Cacat Excess Soldering.....	69
5.2	Hasil Pengembangan Algoritma.....	70
5.2.1	Pengujian Hasil Segmentasi .....	70
5.2.2	Pengujian hasil Transformasi Log Polar .....	72
5.2.3	Pengujian Hasil Ekstraksi Fitur GLCM.....	73
5.3	Analisis Kinerja Program .....	76
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....		79
6.1	Kesimpulan.....	79
DAFTAR PUSTAKA.....		80

## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jenis-jenis cacat pada sambungan solder .....	7
Tabel 2 Tipe Cacat Pada Sambungan Solder [2] .....	22
Tabel 3 Kondisi praktikum ideal.....	47
Tabel 4 Hasil klasifikasi data fitur GLCM.....	74
Tabel 5 Waktu komputasi .....	77



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Jenis cacat yang dipertimbangkan dalam penilaian praktikum.....	3
Gambar 2 Perbedaan THT dengan SMT.....	19
Gambar 3 Tahapan Penelitian .....	45
Gambar 4 Rancangan Model Algoritma (a) Citra Grayscale, (b) Citra Biner, (c) <i>Active Conturing</i> , (d) Citra Tersegmentasi, (e) Citra setelah ditransformasi, (f) <i>Gray Level Coocurrence Matrix</i> , (g) Klasifikasi SVM, (h) Hasil Deteksi .....	55
Gambar 5 Deteksi Cacat Solder Bridging.....	66
Gambar 6 Void Inside drill hole, (a) Citra asli, (b) Citra deteksi cacat void inside drill hole .....	67
Gambar 7 Deteksi <i>void on pad</i> , (a) Citra Sambungan solder, (b) Cacar Void on PAD ditandai tepian merah, (c) Sambungan solder yang baik .....	68
Gambar 8 Deteksi <i>Excess Soldering</i> , (a) Citra asli, (b)Citra dengan <i>color clustering</i> .....	69
Gambar 9 Hasil Segmentasi. (a) Image in GRB color format. (b) Active conturing. (c) Convex hull. (d) Finding the centroid .....	71
Gambar 10 Transformasi Log Polar. (a) Kemunculan area hitam (b) citra setelah area hitam dihilangkan .....	73

## NOMENKLATUR

Simbol	Definisi
AI	Artificial Intelligence
AOI	Automatic Optical Inspections
$b$	Bias
BNSP	Badan Nasional Sertifikasi Profesi
CNN	Convolutional Neural Networks
CPU	Central Processing Unit
FFT	Fast Fourier Transform
GAN	Generative Adversarial Network
GLCM	Gray Level Coocurance Matrix
GPU	Graphic Processing Unit
$L$	Tingkat intensitas
LDA	Linear Discriminant Analysis
Pad	Soldering area
PCA	Principal Component Analysis
PCB	Printed Circuit Board
$r \rightarrow$	Vektor arah spasial citra
R-CNN	Region-based Convolutional Neural Networks
ROI	Region of Interest

SKKNI	Standar Kualifikasi Kerja Nasional Indonesia
SMT	Surface Mounted Technology
SVM	Suport Vector Machine
THT	Trough Hole Technology
$W$	Bobot
$w$	Parameter pembentuk hyperplane
YOLO	You Only Look Once
$\sigma_i$	Simpangan baku tingkat keabuan $i$
$\sigma_j$	Simpangan baku tingkat keabuan $j$
$\alpha$	<i>Koefisien langrangian</i>

---