

TUGAS AKHIR

**DETEKSI KERUSAKAN PERMUKAAN MATERIAL
INDUSTRI DAN PERMUKAAN MATERIAL POLIMER
BERDASARKAN GAMBAR MIKROSTRUKTUR DENGAN
METODE MASK REGION - BASED CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK**



Oleh :

Dame Jeremia Hutapea

1461700173

**PROGRAM STUDI INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2021**

Halaman ini sengaja dikosongkan

TUGAS AKHIR

**DETEKSI KERUSAKAN PERMUKAAN MATERIAL
INDUSTRI DAN PERMUKAAN MATERIAL POLIMER
BERDASARKAN GAMBAR MIKROSTRUKTUR DENGAN
METODE MASK REGION - BASED CONVOLUTIONAL
NEURAL NETWORK**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer di Program Studi Informatika



Oleh:

Dame Jeremia Hutapea

1461700173

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2021**

Halaman ini sengaja dikosongkan

FINAL PROJECT

DETECTION OF SURFACE DEFECT IN INDUSTRIAL
MATERIALS AND POLYMER MATERIALS BASED ON
MICROSTRUCTURAL IMAGES USING MASK REGION -
BASED CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK
METHODS

Prepare as partial fulfilment of the requirement of the degree of
Sarjana Komputer at Informatics Department



By:

Dame Jeremia Hutapea

1461700173

INFORMATICS DEPARTMENT
FACULTY OF ENGINEERING
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA
2021

Halaman ini sengaja dikosongkan

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nama : Dame Jeremia Hutapea
NBI : 1461700173
Prodi : S-1 Informatika
Fakultas : Teknik
Judul : Deteksi Kerusakan Permukaan Material Industri dan Permukaan Material Polimer Berdasarkan Gambar Mikrostruktur Dengan Metode Mask Region - Based Convolutional Neural Network

Mengetahui / Menyetujui
Dosen Pembimbing



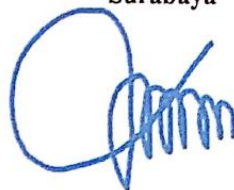
Dr. Fajar Astuti Hermawati, S.Kom., M.Kom.
NPP. 20460.00.0512

Dekan Fakultas Teknik
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Dr. Ir. Sarjivo, M.Kes.
NPP. 240410.90.0197

Ketua Program Studi Informatika
Universitas 17 Agustus 1945
Surabaya



Geri Kusnanto, S.Kom., MM
NPP. 20460.94.0401

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa dan Yang Maha Kuasa yang senantiasa melimpahkan Rahmat dan AnugerahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “DETEKSI KERUSAKAN PERMUKAAN MATERIAL INDUSTRI DAN PERMUKAAN MATERIAL POLIMER BERDASARKAN GAMBAR MIKROSTRUKTUR DENGAN METODE MASK REGION-BASED CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK” sebagai salah satu persyaratan untuk menyelesaikan studi di Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya dan mendapatkan gelar Sarjana Komputer di Program Studi Informatika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.

Selain itu, penulis juga mengucapkan terimakasih kepada pihak – pihak berikut ini:

1. Kepada Tuhan Yesus yang telah menyertai setiap langkah penulis dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.
2. Dr. Fajar Astuti Hermawati, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk, semangat serta mengarahkan dalam penyusunan tugas akhir.
3. Geri Kusnanto, S.Kom, MM, selaku Ketua Prodi Teknik Informatika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
4. Keluarga tercinta, Bapak dan Ibu sebagai orang tua serta kakak yang selalu mendoakan, memotivasi, memperhatikan dan melengkapi segala keperluan penulis hingga terselesaikannya Tugas Akhir ini.
5. Teman – teman satu angkatan dan satu perjuangan yang telah melewati proses Tugas Akhir bersama. Mulai dari briefing bersama, bimbingan bersama, makan bersama, sedih bersama, dan senang bersama.
6. Sahabat – sahabat yang senantiasa mendengarkan dan memberikan semangat serta doa yang terbaik.

Akhir kata, semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tugas akhir ini bermanfaat.

Surabaya, 29 Juni 2021

Dame Jeremia Hutapea

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERNYATAAN KEASLIAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Dame Jeremia Hutapea
NBI : 1461700173
Fakultas/Program Studi : Teknik/Informatika
Judul Tugas Akhir : Deteksi Kerusakan Permukaan Material Industri dan Permukaan Material Polimer Berdasarkan Gambar Mikrostruktur Dengan Metode Mask Region - based Convolutional Neural Network

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa:

1. Tugas Akhir dengan judul diatas bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari Tugas Akhir yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik di lingkungan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.
2. Tugas Akhir dengan judul diatas bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material non – material, ataupun segala kemungkinan lain yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinal dan otentik.
3. Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan hak atas Tugas Akhir ini kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya untuk menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.
4. Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak maupun demi menegakan integritas akademik di institusi ini dan bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan.

Surabaya, 29 Juni 2021



Dame Jeremia Hutapea
1461700173

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRAK

Nama : Dame Jeremia Hutapea
Program Studi : Informatika
Judul Tugas Akhir : Deteksi Kerusakan Permukaan Material Industri dan Permukaan Material Polimer Berdasarkan Gambar Mikrostruktur Dengan Metode Mask Region-Based Convolutional Neural Network

Dalam dunia industri, terdapat tugas untuk memastikan kualitas dari material industri bebas dari kerusakan terutama pada permukaan produk. Seringkali untuk melakukan kontrol kualitas permukaan material dilakukan secara manual oleh manusia yang ahli dibidangnya untuk mengidentifikasi kerusakan permukaan material yang kompleks. Untuk melakukan identifikasi tersebut memerlukan waktu dan tidak efisien. Penelitian ini ditujukan untuk melakukan deteksi kerusakan material pada permukaan produk industri. Dengan teknologi computer vision dapat dilakukan klasifikasi kerusakan material pada permukaan produk industri seperti permukaan material yang retak, tergores dan tertimpa benda. Dataset yang digunakan sebanyak 399 data yang berisikan data dengan *defect* sebanyak 52 data dan 347 data tanpa *defect* dan dataset yang digunakan untuk *void* sebanyak 17 data. Dalam 17 data terdapat 247 area kerusakan yang digunakan untuk deteksi *void*. Area yang mengalami kerusakan dideteksi dan disegmentasi dengan metode *Mask Region Based-Convolutional Neural Network (Mask R-CNN)*. Metode ini terdiri dari dua langkah utama, yaitu deteksi area kerusakan menggunakan metode *faster r-cnn* dan tahap segmentasi area tersebut menggunakan jaringan *segnet deep convolutional encoder – decoder*. Dari hasil segmentasi yang diperoleh dapat diukur prosentase luasan kerusakan serta sebaran kerusakan pada permukaan material untuk menentukan kekuatannya. Evaluasi kinerja pada segmentasi untuk *defect* memiliki nilai rata – rata *precision* 50,60 %, *sensitivity* 87,84 %, *specificity* 15,38 % dan *dice similarity* 62,76 % dan segmentasi untuk *void* rata – rata *precision* 87,97 %, *sensitivity* 78,46 %, *specificity* 85,37% dan *dice similarity* 76,41 %. Pada pengujian pertama deteksi kerusakan *defect* tingkat *confidence level* sebesar 89,80 % dan *void* tingkat *confidence level* sebesar 99,99 %

Kata kunci : Mask R-CNN, Material Industri, Komposit Polimer, Segmentasi, Segnet.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ABSTRACT

Nama : Dame Jeremia Hutapea
Program Studi : Informatics Engineering
Judul Tugas Akhir : Detection of Surface Defect in Industrial Materials and Polymer Materials Based on Microstructural Images Using Mask Region-Based Convolutional Neural Network Methods

In the industrial world, there is a duty to ensure the quality of industrial materials is free from damage, especially on the product's surface. Often to carry out material surface quality control is done manually by humans who are experts in identifying complex material surface damage. To carry out the identification takes time and is not efficient. This research is aimed at detecting material damage on the surface of industrial products. With computer vision technology, it is possible to classify material damage on industrial products such as cracked, scratched, and crushed material surfaces. The dataset used is 399 data which contains 52 data with defects and 347 data without defects and the dataset that is used to void a total of 17 data. Damaged areas were detected and segmented using the Mask-Region-based Convolutional Neural Network (Mask R-CNN) method. This method consists of two main steps: detecting the damaged area using the Faster R-CNN method and the segmentation stage of the area using a deep convolutional encoder-decoder Segnet network. From the segmentation results obtained, we can measure the percentage of damage area and the distribution of damage on the material's surface to determine its strength. The evaluation of the performance of the segmentation for the defect has an average value of precision 50,60 %, sensitivity 87,84 %, specificity 15,38 % and dice similarity 62,76 % and segmentation for void the average precision 87,97 %, sensitivity 78,46 %, specificity 85,37% and dice similarity of 76.41 %. In testing the first detection of damage to the defect level of confidence level of 89,80 % and voids the level of confidence level of 99.99 %

Keyword — Industrial Materials, Mask R-CNN, Polymer Composites, Segmentation, Segnet.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR.....	vii
PERNYATAAN KEASLIAN & PERSETUJUAN PUBLIKASI TA	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR PERSAMAAN.....	xxi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Kajian Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	10
2.2.1 <i>Artificial Neural Network</i>	10
2.2.2 <i>Training Neural Network</i>	11
2.2.3 <i>Convolutional Neural Network</i>	12
2.2.4 <i>Mask Region-Based Convolutional Neural Network (R-CNN)</i> ...	14
2.2.5 <i>Segmentasi Segnet Deep Convolutional Encoder – Decoder</i>	16
2.2.6 Pengukuran Performa Segmentasi.....	16
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Bahan dan Perangkat Penelitian	17
3.2 Obyek Penelitian	17

3.3	Tahapan Penelitian	18
3.3.1	Deskripsi Sistem.....	19
3.3.2	Persiapan Data Citra	19
3.3.3	Proses <i>Preprocessing</i>	20
3.3.4	Penentuan <i>Ground Truth</i>	20
3.3.5	Proses <i>Cropping</i> Pada <i>Area Ground Truth</i>	21
3.3.6	Pelabelan Pada <i>Ground Truth</i>	21
3.3.7	Proses Training Pada Segnet Deep Encoder – Decoder	22
3.3.8	Proses Training Pada <i>Convolutional Neural Network</i>	22
3.3.9	Proses Training Pada <i>Faster R-CNN</i>	23
3.3.10	Tahap Deteksi Area Kerusakan	24
3.3.11	Tahap Segmentasi.....	25
3.3.12	Rancangan Antarmuka Sistem.....	25
3.4	Skenario Pengujian.....	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....		29
4.1	Implementasi Tahap <i>Preprocessing</i>	29
4.2	Implementasi Tahap Penentuan <i>Ground Truth</i>	30
4.3	Implementasi Tahap <i>Cropping Ground Truth</i>	31
4.4	Implementasi Tahap Pemberian Label Pada Citra.....	33
4.5	Tahap Segmentasi.....	36
4.6	Hasil Perhitungan Performa Segmentasi	38
4.7	Hasil Training Pada <i>Convolutional Neural Network</i>	47
4.8	Tahap Training Data dengan <i>Faster R-CNN</i>	48
4.9	Tahap Deteksi Dari Hasil Training <i>Faster R-CNN</i>	52
4.10	Implementasi Antarmuka Sistem.....	57
4.11	Tahap Perhitungan Sebaran Void	60
BAB 5 PENUTUP		69
5.1	Kesimpulan.....	69
5.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	: Contoh dari kerusakan pada permukaan material terdiri dari 6 tipe yaitu: (a) retak; (b) inklusi; (c) tambalan; (d) permukaan berlubang; (e) berguling dalam skala; (f) goresan	6
Gambar 2.2	: Framework klasifikasi dengan Deep ConvNets	6
Gambar 2.3	: Contoh 6 Kelas Citra dari NEU Surface Defect Database	7
Gambar 2.4	: Deep Neural Network	10
Gambar 2.5	: Biological Neural Network	10
Gambar 2.6	: Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN).....	12
Gambar 2.7	: Proses Konvolusi	12
Gambar 2.8	: Proses dari Max Pooling	13
Gambar 2.9	: Fully Connected Layer.....	13
Gambar 2.10	: Flattening untuk multiple feature maps (Hermawati, 2020).....	14
Gambar 2.11	: Flattening untuk single pooled feature maps.....	14
Gambar 2.12	: Arsitektur Faster R-CNN (Ren et al., 2017).....	15
Gambar 2.13	: Arsitektur Segnet Encoder - Decoder.....	16
Gambar 3.1	: Komutator Listrik.....	17
Gambar 3.2	: Contoh Void Pada Permukaan Komposit Polimer	18
Gambar 3.3	: Tahapan Penelitian	18
Gambar 3.4	: Alur Perancangan Sistem	19
Gambar 3.5	: Situs Resmi Vicos	19
Gambar 3.6	: Filtering Pada Material Industri (a) Sebelum Filtering; (b) Sesudah Filtering	20
Gambar 3.7	: Filtering Pada Material Polimer (a) Sebelum Filtering; (b) Sesudah Filtering	20
Gambar 3.8	: Penentuan Ground Truth untuk (a) Void; (b) Defect	21
Gambar 3.9	: Hasil Crop Dari Area Ground Truth (a) Void; (b) Defect.....	21
Gambar 3.10	: Pelabelan Pada Ground Truth	21
Gambar 3.11	: Alur Proses Training Faster R-CNN	24
Gambar 3.12	: Alur Pengenalan Deteksi Area Kerusakan	24
Gambar 3.13	: Alur Proses Segmentasi Segnet.....	25
Gambar 3.14	: Tampilan awal program	26
Gambar 3.15	: Tampilan setelah memilih sistem yang akan dideteksi	26
Gambar 3.16	: Tampilan saat memilih input gambar.....	26
Gambar 3.17	: Tampilan setelah pilih gambar	27
Gambar 3.18	: Tampilan setelah pendeteksian	27

Gambar 4.1	: Hasil Perbandingan Filter Dengan Menggunakan Filter Gaussian + Contrast Stretching dan Gamma Correction.....	29
Gambar 4.2	: Citra Berdasarkan Filter: (a) Tanpa Filter; (b) Gaussian dengan filter 3x3 dan standar derivasi 1,2; (c) Gamma Correction; (d) Filter Gaussian dan Contrast Stretching.....	30
Gambar 4.3	: Citra Berdasarkan Filter: (a) Tanpa Filter; (b) Average Filter Size 5x5; (c) Median Filter Size 3x3; (d) Filter Laplacian	30
Gambar 4.4	: Penentuan Area Ground Truth Defect.....	30
Gambar 4.5	: Penentuan Area Ground Truth Void	31
Gambar 4.6	: Data Citra Yang Terdapat Bounding Box	31
Gambar 4.7	: Letak Bounding Box	32
Gambar 4.8	: Source Code Untuk Cropping	32
Gambar 4.9	: Hasil Cropping Void	33
Gambar 4.10	: Hasil Cropping Defect.....	33
Gambar 4.11	: Proses Pelabelan Pada Image Labeler	34
Gambar 4.12	: Hasil Label Setelah Diekspor	34
Gambar 4.13	: Source Code Untuk Menampilkan Citra Hitam Putih	34
Gambar 4.14	: Hasil Citra Label Defect Pada Hitam Putih.....	35
Gambar 4.15	: Hasil Citra Label Void Pada Hitam Putih	35
Gambar 4.16	: Proses Training Defect Dengan Segnet.....	36
Gambar 4.17	: Proses Training Segmentasi Dengan Segnet Void	37
Gambar 4.18	: Grafik Training Akurasi CNN Kelas Defect	47
Gambar 4.19	: Grafik Training Akurasi Kelas Void	48
Gambar 4.20	: Tampilan awal GUI.....	58
Gambar 4.21	: Tampilan Antarmuka Input Citra Pada Deteksi Defect.....	58
Gambar 4.22	: Hasil Uji Deteksi Defect.....	59
Gambar 4.23	: Tampilan Antarmuka Input Citra Pada Deteksi Void.....	59
Gambar 4.24	: Hasil Uji Deteksi Void	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : State of the Art	8
Tabel 3.1 : Jaringan dari VGG16	22
Tabel 3.2 : Jaringan dari Alexnet	23
Tabel 4.1 : Hasil Training Segmentasi Defect Dengan Segnet <i>Deep Encoder – Decoder</i>	36
Tabel 4.2 : Hasil Training Segmentasi Void Dengan Segnet <i>Deep Encoder – Decoder</i>	37
Tabel 4.3 : Hasil Perbandingan Ground Truth Defect dengan Hasil Segmentasi Serta Hasil Perhitungan Performa.....	38
Tabel 4.4 : Hasil Perbandingan Ground Truth Void dengan Hasil Segmentasi Serta Hasil Perhitungan Performa.....	43
Tabel 4.5 : Hasil Training Faster R-CNN Tahap 1 defect.....	48
Tabel 4.6 : Hasil Training Faster R-CNN Tahap 2 defect.....	49
Tabel 4.7 : Hasil Training Faster R-CNN Tahap 3 defect.....	50
Tabel 4.8 : Hasil Training Faster R-CNN Tahap 4 defect.....	51
Tabel 4.9 : Hasil Perbandingan Deteksi dengan Ground Truth dan Confidence Level Defect	53
Tabel 4.10 : Hasil Perbandingan Deteksi Confidence Level Void.....	55
Tabel 4.11 : Hasil Deteksi Void Pada Setiap Bounding Box	60
Tabel 4.12 : Hasil Sebaran Void	65

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1 : <i>Forward Pass</i>	11
Persamaan 2.2 : <i>Dice Similarity</i>	16

Halaman ini sengaja dikosongkan