

SKRIPSI

**DETEKSI OTOMATIS BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* DARI CITRA
TRYPTIC SOY AGAR MENGGUNAKAN METODE *DEEP LEARNING***



YUSRIL PUTRA YONANDA

**PROGRAM STUDI S1-TEKNIK BIOMEDIS
DEPARTEMEN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS AIRLANGGA
2022**

**DETEKSI OTOMATIS BAKTERI *ESCHERICHIA COLI* DARI CITRA
TRYPTIC SOY AGAR MENGGUNAKAN METODE *DEEP LEARNING***

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Bidang Biomedis
pada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga

Yusril Putra Yonanda
NIM. 081811733053

Disetujui oleh:

Pembimbing I.



Endah Purwanti, S.Si., M.T.
NIP. 197710312009122003

Pembimbing II,



Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc.
NIP. 199207232018031014

LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI

Judul : Deteksi Otomatis Bakteri *Escherichia coli* dari Citra
Tryptic Soy Agar Menggunakan Metode *Deep Learning*
Penyusun : Yusril Putra Yonanda
NIM : 081811733053
Pembimbing I : Endah Purwanti, S.Si., M.T.
Pembimbing II : Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc.
Tanggal Seminar : 18 Agustus 2022

Disetujui oleh:

Pembimbing I,



Endah Purwanti, S.Si., M.T.

NIP. 197710312009122003

Pembimbing II,

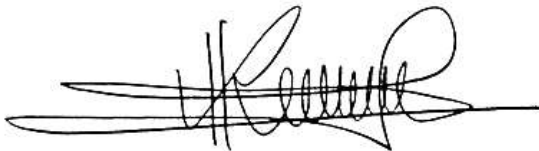


Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc.

NIP. 199207232019031014

Mengetahui,

Ketua Departemen Fisika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D

NIP. 197712282003121003

Ketua Program Studi S1 Teknik Biomedis
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Airlangga



Dr. Riris Rulaningtyas, S.T., M.T.

NIP 197903152003122002

PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI

Skripsi ini tidak dipublikasikan, namun tersedia di perpustakaan dalam lingkungan Universitas Airlangga, diperkenankan untuk dipakai sebagai referensi kepustakaan, tetapi pengutipan harus seizin penyusun dan harus menyebutkan sumbernya sesuai kebiasaan ilmiah.

Dokumen skripsi ini merupakan hak milik Universitas Airlangga.

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yusril Putra Yonanda

NIM : 081811733053

Program Studi : Teknik Biomedis

Judul : Deteksi Otomatis Bakteri *Escherichia coli* dari Citra
Tryptic Soy Agar Menggunakan Metode *Deep Learning*

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa bagian atau keseluruhan isi Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademis pada bidang studi dan/atau universitas lain dan tidak pernah dipublikasikan/ditulis oleh individu selain penyusun kecuali bila dituliskan dengan format kutipan dalam isi Skripsi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku di Universitas Airlangga. Pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Surabaya, 8 Agustus 2022

Yang membuat pernyataan,



Yusril Putra Yonanda

NIM. 081811733053

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa berkat rahmat, hidayah dan karunia-Nya, sehingga proposal skripsi dengan judul “Deteksi Otomatis Bakteri *Escherichia coli* dari Citra *Tryptic Soy Agar* Menggunakan Metode *Deep Learning*” dapat diselesaikan. Proposal skripsi ini disusun sebagai acuan penyusunan skripsi yang merupakan salah satu syarat akademik untuk mendapatkan Gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Biomedis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis mendapat banyak bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tulus kepada:

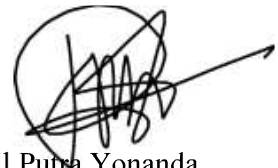
1. Kedua orangtua dan kedua saudara penulis, yang selalu memberikan dukungan penuh dalam bentuk apapun agar penulis dapat menyelesaikan pendidikan dengan baik.
2. Herri Trilaksana, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Kepala Departemen Fisika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.
3. Dr. Riries Rulaningtyas, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi S-1 Teknik Biomedis di Universitas Airlangga
4. Endah Purwanti, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing I yang telah membantu melancarkan proses penulisan skripsi, serta memberikan bimbingan, arahan, dan kritikan dalam penulisan skripsi.
5. Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing II yang telah membantu melancarkan proses penulisan skripsi, serta memberikan bimbingan, arahan, dan kritikan dalam penulisan skripsi.
6. Dr. Prihartini Widiyanti, drg., M.Kes., S. Bio., CCD., selaku dosen wali yang telah memberi arahan, bimbingan, serta motivasi dalam penyelesaian proposal skripsi.

7. Dosen pengajar S1 Teknik Biomedis yang telah membimbing serta memberikan wawasan ilmu pengetahuan selama perkuliahan.
8. Rheannisa Priyanka, S.T, yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam penulisan skripsi.
9. Teman-teman satu Metode Penelitian yang sama dengan penulis serta mahasiswa Teknik Biomedis 2018 Universitas Airlangga, yang selalu saling mendukung dan membantu proses penulisan skripsi.
10. Teman-teman lain yang sedang menyusun skripsi, sehingga dapat dijadikan tolak ukur dan penyemangat oleh penulis.
11. Pihak-pihak dalam daftar pustaka yang telah membantu melancarkan proses penyusunan skripsi.

Penulis berharap proposal skripsi ini dapat memberi manfaat baik kepada penyusun sendiri dan juga kalangan lain.

Surabaya, 8 Agustus 2022

Penulis

A handwritten signature in black ink, consisting of a circular loop followed by several vertical strokes and a long horizontal line extending to the right.

Yusril Putra Yonanda

Yusril Putra Yonanda, 2022. **Deteksi Otomatis Bakteri *Escherichia coli* dari Citra Tryptic Soy Agar Menggunakan Metode Deep Learning**. Skripsi dibawah bimbingan Endah Purwanti, S.Si., M.T. dan Alfian Pramudita Putra, S.T., M.Sc. Program Studi S1 Teknik Biomedis, Departemen Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga.

ABSTRAK

Escherichia coli merupakan bakteri flora normal yang hidup di usus manusia, tidak berbahaya, dan merupakan bagian dari saluran pencernaan yang sehat. Akan tetapi terdapat beberapa *strain Escherichia coli* patogen yang dapat menyebabkan infeksi pada saluran pencernaan yakni diare. Penyakit diare di Indonesia yang perlu penanganan dan kajian dikarenakan sebagian besar diagnosis masih berdasarkan diagnosis klinis. Metode konvensional yang digunakan untuk deteksi bakteri *Escherichia coli* antara lain metode biakan (kultur), uji biokimia, dan uji serologis. Metode tersebut mempunyai kelemahan yaitu membutuhkan waktu yang lama, jumlah sampel yang banyak, dan kesalahan pembacaan hasil yang relatif tinggi. Oleh karena itu proses pendeteksian perlu dilakukan secara otomatis menggunakan metode *deep learning* berjenis *Faster R-CNN*. Pada penelitian kalin ini digunakan *Faster R-CNN* dengan arsitektur Inception v2 dan ResNet-50 serta menambahkan augmentasi dan *Image Enhancement* pada dataset citra *Tryptic Soy Agar*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan *Image Enhancement* sangat mempengaruhi kinerja model dan model yang memiliki kinerja paling baik dan paling tepat untuk digunakan adalah *Faster R-CNN* arsitektur ResNet-50 dengan penambahan *Gaussian Filter* pada dataset citra. Model tersebut memiliki akurasi 91%, presisi 90%, recall 95%, dan F-1 *score* 92%.

Kata Kunci: *Escherichia coli*, Deteksi Otomatis, *Deep Learning*, *Faster R-CNN*

Yusril Putra Yonanda, 2022. **Automatic Detection of Escherichia coli Bacteria from Tryptic Soy Agar Image Using Deep Learning Method**. Thesis under guidance of Endah Purwanti, B.Sc., M.Sc. and Alfian Pramudita Putra, B.Sc., M.Sc. Program of Study Biomedical Engineering, Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Airlangga University.

ABSTRACT

Escherichia coli is a normal flora bacteria that lives in the human intestine, is harmless, and is part of a healthy digestive tract. However, there are several pathogenic *Escherichia coli* strains that can cause infections in the digestive tract, namely diarrhea. Diarrhea disease in Indonesia that needs treatment and study because most of the diagnoses are still based on clinical diagnosis. Conventional methods used for the detection of *Escherichia coli* include culture, biochemical and serological tests. This method has weaknesses, it takes a long time, large number of samples, and relatively high error reading results. Therefore, the detection process needs to be done automatically using a deep learning method of Faster R-CNN type. In this study, Faster R-CNN with Inception v2 and ResNet-50 architecture was used and added augmentation and Image Enhancement to the *Tryptic Soy Agar* image dataset. The test results show that the addition of Image Enhancement greatly affects the performance of the model and the model that has the best performance and is most appropriate to use is the Faster R-CNN ResNet-50 architecture with the addition of a Gaussian Filter to the image dataset. The model has 91% accuracy, 90% precision, 95% recall, and an F-1 score of 92%.

Keywords: *Escherichia coli*, Automatic Detection, *Deep Learning*, Faster R-CNN

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN NASKAH SKRIPSI	iii
PEDOMAN PENGGUNAAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 <i>Escherichia coli</i>	7
2.1.1 Karakteristik <i>Escherichia coli</i>	7
2.1.2 Genetika <i>Escherichia coli</i>	8
2.1.3 Patogenitas <i>Escherichia coli</i>	9
2.1.4 Gejala Klinis yang Ditimbulkan.....	10
2.1.5 Analisis <i>Escherichia coli</i> Patogen.....	11
2.2 Pengolahan Citra Digital.....	12
2.2.1 Citra.....	12
2.2.2 Pengolahan Citra Digital	13
2.3 Citra <i>Tryptic Soy Agar</i>	14
2.4 Deteksi objek.....	16
2.5 <i>Convolutional Neural Network</i>	16

2.5.1	<i>Convolution Layer</i>	17
2.5.2	<i>Activation Function</i>	18
2.5.3	<i>Pooling Layer</i>	19
2.5.4	<i>Fully-connected Layer</i>	19
2.5.5	<i>Softmax Classifier</i>	20
2.6	Arsitektur CNN.....	21
2.6.1	Inception v2.....	21
2.6.2	ResNet-50.....	24
2.7	<i>Faster R-CNN</i>	25
2.7.1	<i>Region Proposal Network</i>	26
2.7.2	<i>Intersection over Union</i>	27
2.7.3	<i>Loss Function</i>	27
2.8	<i>Confusion Matrix</i>	28
BAB III METODE PENELITIAN		31
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	31
3.1.1	Tempat Penelitian.....	31
3.1.2	Waktu Penelitian	31
3.2	Alat dan Bahan Penelitian.....	31
3.3	Prosedur Penelitian.....	31
3.3.1	Studi Literatur	32
3.3.2	Persiapan Dataset	32
3.3.3	<i>Preprocessing Data</i>	33
3.3.4	Persiapan Proses <i>Training</i>	34
3.3.5	Proses <i>Training</i>	37
3.3.6	Testing <i>Faster R-CNN</i>	38
3.3.7	Analisis Data	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
4.1	Hasil Anotasi dataset Persiapan Dataset	41
4.2	Hasil <i>Preprocessing</i> Dataset	43
4.3.1	<i>Resize</i>	43
4.3.2	Hasil <i>Brightness Adjustment</i>	44
4.3.3	<i>Contrast Stretching</i>	44

4.3.4	<i>Median Filter</i>	45
4.3.5	<i>Gaussian Filter</i>	46
4.3	Hasil Eksperimen Model.....	47
4.4.1	<i>Global step/sec</i>	47
4.4.2	<i>Classification Loss</i>	48
4.4.3	<i>Localization Loss</i>	49
4.4.4	<i>RPN Localization Loss</i>	50
4.4.5	<i>RPN Objectness Loss</i>	51
4.4.6	<i>Total Loss</i>	52
4.5	Hasil Proses <i>Testing</i>	53
4.6	Analisis Eksperimen Model	54
4.7	Pembahasan.....	57
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	64
5.1	Kesimpulan	64
5.2	Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA		66
LAMPIRAN.....		72

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Waktu generasi <i>Escherichia coli</i> O157:H7 pada media TSB	8
2.2	Komposisi <i>Tryptic Soy Agar</i>	15
2.3	Tabel <i>Confusion Matrix</i>	28
3.1	Variasi Kombinasi Model	40
4.1	Perbandingan Penelitian Penulis dengan Penelitian Lain	61

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Pili pada permukaan sel <i>Escherichia coli</i>	10
2.2	Sistem Koordinat yang dipergunakan untuk Mewakili Citra	13
2.3	Citra TSA	15
2.4	Ilustrasi Proses <i>Convolution</i>	18
2.5	<i>Rectified Linear Unit</i>	18
2.6	Proses <i>Max Pooling</i>	19
2.7	<i>Inception Module Naive Version</i>	21
2.8	<i>Inception Module</i> Dengan Pengurangan Dimensi Input	22
2.9	<i>Inception Module</i> dengan Penguraian <i>Convolution</i> 5×5	23
2.10	<i>Inception Module</i> dengan Penggunaan <i>Convolution</i> 1×n dan n×1	23
2.11	<i>Inception Module</i> dengan Perluasan Jaringan	24
2.12	<i>Residual Block</i> Resnet	25
2.13	Arsitektur ResNet-50	25
2.14	Skema <i>Faster R-CNN</i>	25
2.15	<i>Region Proposal Network</i>	26
2.16	<i>Anchor</i> dalam RPN	26
2.17	<i>Intersection over Union</i>	27
3.1	Diagram Alir Prosedur Penelitian	32
3.2	Diagram Alir Diagram Alir Persiapan <i>Training</i>	38
3.3	Diagram Alir Tahap <i>Training</i>	39
3.4	Diagram Alir Tahap <i>Testing</i>	39
4.1	File (.json) pada Masing-Masing Citra	41
4.2	Tampilan ROBOFLOW	42
4.3	Hasil Anotasi dalam Format *.csv	42
4.4	<i>Label Map</i>	43
4.5	Hasil <i>Brightness Adjustment</i>	44

4.6	Hasil penambahan <i>Contrast Stretching</i>	45
4.7	Hasil Penambahan <i>Median Filter</i>	46
4.8	Hasil Penambahan <i>Gaussian Filter</i>	48
4.9	Hasil <i>Global step/sec</i> masing-masing model	48
4.10	Hasil <i>Classification Loss</i> masing-masing model	49
4.11	Hasil <i>Localization Loss</i> masing-masing model	50
4.12	Hasil RPN <i>Localization Loss</i> masing-masing model	51
4.13	Hasil RPN <i>Objectness Loss</i> masing-masing model	52
4.14	Hasil <i>Total Loss</i> masing-masing model	53
4.15	Hasil proses <i>testing</i> dari salah satu <i>test image</i>	54
4.16	Contoh <i>True Positive</i> dan <i>False Positive</i>	55
4.17	Contoh <i>False Negative</i>	56
4.18	Hasil Perhitungan Komponen <i>Confusion Matrix</i>	56
4.19	Hasil Kinerja Masing-Masing Model	57
4.20	Perbandingan Nilai Akurasi pada Setiap Model	58
4.21	Perbandingan Nilai <i>Recall</i> pada Setiap Model	59
4.22	Perbandingan Nilai Presisi pada Setiap Model	60
4.23	Perbandingan Nilai <i>F1-Score</i> pada Setiap Model	60