

## **LAPORAN TUGAS AKHIR**

# **ANALISIS CITRA PADA POTRET BOTOL MINUMAN BEKAS MENGGUNAKAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK***

Diajukan guna melengkapi sebagian syarat dalam mencapai  
gelar Sarjana Strata Satu (S1)



UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Disusun Oleh:

Nama : Nandiko Ramadhani

N.I.M. : 41418010025

Pembimbing : Zendi Iklima, S.T., S.Kom., M.Sc.

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

# ANALISIS CITRA PADA POTRET BOTOL MINUMAN BEKAS MENGGUNAKAN ALGORITMA *CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*



UNIVERSITAS  
**MERCU BUANA**

Disusun Oleh:

Nama : Nandiko Ramadhani

N.I.M. : 41418010025

Program Studi : Teknik Elektro

Mengetahui,  
Pembimbing Tugas Akhir

  
(Zendi Homa, S.T., S.Kom., M.Sc.)

Kaprodi Teknik Elektro

Koordinator Tugas Akhir



(Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng.)



(Muhammad Hafidz Ibnu Hajar, S.T., M.Sc.)

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Nandiko Ramadhani

N.I.M. : 41418010025

Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : ANALISIS CITRA PADA POTRET BOTOL MINUMAN  
BEKAS MENGGUNAKAN ALGORITMA  
*CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK*

Dengan ini menyatakan bahwa hasil penulisan laporan tugas akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata dikemudian hari penulisan laporan tugas akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Jakarta, 26 Desember 2022



(Nandiko Ramadhani)

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji serta syukur kepada Allah Subhanahu wa ta'ala karena atas hidayah dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir atau skripsi dengan judul “**Analisis Citra Pada Potret Botol Minuman Bekas Menggunakan Algoritma *Convolutional Neural Network***”. Shalawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada manusia terbaik di muka bumi, manusia termulia, serta suri teladan bagi kita, Nabi Muhammad Shallallaahu ‘alaihi wa sallam.

Laporan tugas akhir ini tidak terlepas dari doa, kemudian bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan terima kasih sebesar-besarnya atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak dalam penyusunan laporan tugas akhir ini hingga berjalan dengan lancar. Di antaranya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Eko Ihsanto, M.Eng., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Muhammad Hafizd Ibnu Hajar, S.T., M.Sc., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Elektro Universitas Mercu Buana.
3. Bapak Zendi Iklima, S.T., S.Kom., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang sangat memberikan dukungan dan bantuan kepada penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak dan ibu selaku para dosen penguji sidang laporan tugas akhir.
5. Seluruh dosen Teknik Elektro yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Mercu Buana.
6. Ayah, ibu, adik, serta keluarga besar yang selalu mendukung dan menyemangati penulis dalam penyusunan laporan tugas akhir ini, baik dari segi spiritual, segi finansial, maupun segi moral.
7. Teman-teman seperjuangan dari Teknik Elektro Reguler 1 angkatan 2018, serta teman-teman dari kelas karyawan Reguler 2.
8. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, baik dari segi tata bahasa, segi isi, segi tata tulis, serta cara penyampaian. Hal ini dikarenakan keterbatasan ilmu, pengalaman, serta berbagai kekurangan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari para pembaca dengan senang hati penulis terima demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan, khususnya bagi penulis sendiri.

Semoga Allah Subhanahu wa ta'ala selalu memberikan perlindungan, kesehatan, rahmat, dan berbagai nikmat lainnya kepada kita semua. Aamiin yaa Robbal 'Aalamiin.



Jakarta, 26 Desember 2022

  
Nandiko R.

(Nandiko Ramadhani)

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Metodologi Penelitian .....	5
1.6 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b> .....	8
2.1 Tinjauan Pustaka .....	8
2.1.1 Studi Kepustakaan.....	8
2.1.2 Keterbaruan Penelitian .....	20
2.2 <i>Deep Learning</i> .....	21
2.3 <i>Image Classification</i> .....	23
2.3.1 <i>Binary Classification</i> .....	23
2.3.2 <i>Multiclass Classification</i> .....	24
2.3.3 <i>Multilabel Classification</i> .....	24
2.4 <i>Convolutional Neural Network</i> .....	25
2.4.1 <i>Convolution Layer</i> .....	26
2.4.2 <i>Pooling Layer</i> .....	27
2.4.3 <i>Fully Connected Layer</i> .....	29
2.5 <i>Rectified Linear Unit (ReLU)</i> .....	30

2.6	<i>Softmax</i> .....	30
2.7	<i>Cross-Entropy</i> .....	31
2.8	<i>Adam</i> .....	32
2.9	<i>Dropout Regularization</i> .....	33
2.10	<i>Ensemble Learning</i> .....	33
2.11	Arsitektur <i>MobileNetV2</i> .....	35
2.12	<i>Confusion Matrix</i> .....	37
2.13	Google Colaboratory.....	39
<b>BAB III</b>	<b>METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	41
3.1	Analisis Masalah .....	41
3.2	Strategi Pemecahan Masalah .....	41
3.3	Spesifikasi Perangkat Penelitian .....	42
3.4	Tahapan Penelitian.....	42
3.5	Penentuan <i>Class</i> dan Pengumpulan Dataset .....	45
3.6	Diagram Alur Sistem.....	48
3.7	Pengolahan Dataset.....	50
3.8	Perancangan Model CNN .....	54
3.9	Pelatihan Model CNN.....	59
3.10	Pengujian Model CNN.....	60
3.11	<i>Ensemble Model</i> .....	62
<b>BAB IV</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	65
4.1	Pengalokasian Dataset.....	65
4.2	<i>Hyperparameter</i> dan Pelatihan Model CNN Tunggal .....	66
4.2.1	Pelatihan Arsitektur dengan <i>Head Model 1</i> .....	67
4.2.2	Pelatihan Arsitektur dengan <i>Head Model 2</i> .....	70
4.2.3	Pelatihan Arsitektur dengan <i>Head Model 3</i> .....	73
4.3	Perbandingan Nilai <i>Accuracy</i> , <i>Loss</i> , dan Waktu Pelatihan Model CNN Tunggal .....	75
4.4	Hasil Pengujian Model CNN Tunggal dengan <i>Test Data</i> .....	78
4.4.1	Arsitektur dengan <i>Head Model 1</i> .....	78
4.4.2	Arsitektur dengan <i>Head Model 2</i> .....	80

4.4.3	Arsitektur dengan <i>Head Model 3</i> .....	82
4.4.4	Perbandingan Waktu Pengujian .....	84
4.5	Hasil Pengujian Model CNN Tunggal dengan <i>Random Image</i> ...	84
4.5.1	Arsitektur dengan <i>Head Model 1</i> .....	85
4.5.2	Arsitektur dengan <i>Head Model 2</i> .....	86
4.5.3	Arsitektur dengan <i>Head Model 3</i> .....	87
4.5.4	Perbandingan Hasil dan Waktu Pengujian .....	88
4.6	Hasil Pengujian <i>Ensemble Model</i> dan Komparasi <i>Classification Report</i> serta Waktu Pengujian.....	91
<b>BAB V</b>	<b>PENUTUP</b> .....	96
5.1	Kesimpulan .....	96
5.2	Saran.....	97
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....		xiii
<b>LAMPIRAN</b> .....		xviii





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema hubungan antara AI, ML, dan DL .....	22
Gambar 2.2 Contoh <i>binary classification</i> .....	23
Gambar 2.3 Contoh <i>multiclass classification</i> .....	24
Gambar 2.4 Contoh <i>multilabel classification</i> .....	25
Gambar 2.5 Arsitektur <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i> .....	26
Gambar 2.6 Operasi <i>convolution</i> pada <i>convolution layer</i> .....	27
Gambar 2.7 Contoh proses <i>convolution</i> pada <i>input gambar</i> .....	27
Gambar 2.8 Contoh proses <i>pooling</i> pada <i>pooling layer</i> .....	28
Gambar 2.9 Contoh operasi <i>max pooling</i> dan <i>average pooling</i> .....	28
Gambar 2.10 Ilustrasi <i>flatten</i> dan <i>fully-connected</i> .....	29
Gambar 2.11 <i>Rectified linear unit (ReLU)</i> .....	30
Gambar 2.12 Sebelum dan sesudah <i>dropout regularization</i> .....	33
Gambar 2.13 Ilustrasi <i>bagging ensemble learning</i> .....	34
Gambar 2.14 Ilustrasi <i>boosting ensemble learning</i> .....	34
Gambar 2.15 Ilustrasi <i>stacking ensemble learning</i> .....	35
Gambar 2.16 Struktur dasar <i>MobileNetV2</i> .....	36
Gambar 2.17 <i>Convolutional blocks</i> pada <i>MobileNetV2</i> .....	37
Gambar 2.18 Tampilan <i>interface</i> pada Google Colaboratory.....	40
Gambar 3.1 Diagram alur penelitian.....	44
Gambar 3.2 Diagram alur sistem .....	49
Gambar 3.3 Program pengimporan dataset gambar botol minuman bekas .....	51
Gambar 3.4 Program pemberian label pada tiap <i>class</i> dataset.....	51
Gambar 3.5 Program pembagian dataset untuk <i>train dataset</i> dan <i>test data</i> .....	52
Gambar 3.6 Program persiapan <i>data augmentation</i> .....	52
Gambar 3.7 Program <i>augmentation</i> dan pembagian <i>train data</i> dengan <i>val data</i> ..	53
Gambar 3.8 Program <i>augmentation</i> pada <i>test data</i> .....	53
Gambar 3.9 Arsitektur <i>pre-trained model</i> dari <i>MobileNetV2</i> .....	54
Gambar 3.10 Bagian <i>bottleneck</i> dengan 1 <i>stride</i> (atas) dan 2 <i>stride</i> (bawah).....	55
Gambar 3.11 Program pengimporan <i>MobileNetV2</i> sebagai <i>base model</i> .....	55

Gambar 3.12 Program <i>head model 1</i> .....	56
Gambar 3.13 Program <i>head model 2</i> .....	57
Gambar 3.14 Program <i>head model 3</i> .....	58
Gambar 3.15 Rancangan arsitektur <i>ensemble model</i> .....	58
Gambar 3.16 Program <i>compile</i> model CNN .....	59
Gambar 3.17 Program pelatihan dan validasi model CNN.....	60
Gambar 3.18 Program pengujian model CNN dengan <i>test data</i> .....	61
Gambar 3.19 Program pengujian model CNN tunggal dengan <i>random image</i> .....	62
Gambar 3.20 Contoh program pengeksporan model pertama .....	63
Gambar 3.21 Program pengimporan seluruh model CNN.....	63
Gambar 3.22 Program <i>ensemble</i> model .....	63
Gambar 4.1 Distribusi dataset tiap <i>class</i> .....	65
Gambar 4.2 Alokasi dataset .....	66
Gambar 4.3 <i>Accuracy</i> pelatihan dan validasi pada <i>head model 1</i> .....	69
Gambar 4.4 <i>Loss</i> pelatihan dan validasi pada <i>head model 1</i> .....	70
Gambar 4.5 <i>Accuracy</i> pelatihan dan validasi pada <i>head model 2</i> .....	72
Gambar 4.6 <i>Loss</i> pelatihan dan validasi pada <i>head model 2</i> .....	72
Gambar 4.7 <i>Accuracy</i> pelatihan dan validasi pada <i>head model 3</i> .....	74
Gambar 4.8 <i>Loss</i> pelatihan dan validasi pada <i>head model 3</i> .....	75
Gambar 4.9 Perbandingan <i>accuracy</i> pelatihan model CNN tunggal.....	76
Gambar 4.10 Perbandingan <i>loss</i> pelatihan model CNN tunggal .....	76
Gambar 4.11 Perbandingan waktu pelatihan model CNN tunggal .....	77
Gambar 4.12 <i>Confusion matrix</i> arsitektur <i>head model 1</i> .....	79
Gambar 4.13 <i>Confusion matrix</i> arsitektur <i>head model 2</i> .....	81
Gambar 4.14 <i>Confusion matrix</i> arsitektur <i>head model 3</i> .....	82
Gambar 4.15 Perbandingan waktu pengujian dengan <i>test data</i> .....	84
Gambar 4.16 Contoh hasil pengujian dengan <i>random image</i> (a) hasil prediksi benar (b) hasil prediksi salah .....	89
Gambar 4.17 Perbandingan waktu pengujian dengan <i>random image</i> .....	90
Gambar 4.18 <i>Confusion matrix</i> model E-CNN.....	91
Gambar 4.19 Perbandingan nilai hasil <i>classification report</i> .....	95

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Literatur jurnal ke-1 .....	9
Tabel 2.2 Literatur jurnal ke-2 .....	11
Tabel 2.3 Literatur jurnal ke-3 .....	12
Tabel 2.4 Literatur jurnal ke-4 .....	14
Tabel 2.5 Literatur jurnal ke-5 .....	15
Tabel 2.6 Literatur jurnal ke-6 .....	17
Tabel 2.7 Literatur jurnal ke-7 .....	18
Tabel 2.8 Literatur jurnal ke-8 .....	19
Tabel 2.9 Rancangan penelitian .....	20
Tabel 2.10 <i>Confusion matrix</i> .....	38
Tabel 3.1 Penentuan <i>class</i> .....	45
Tabel 3.2 Persebaran dataset pada tiap <i>class</i> .....	46
Tabel 3.3 Contoh dataset gambar pada tiap <i>class</i> .....	46
Tabel 4.1 Deskripsi pelatihan model beserta <i>hyperparameter</i> .....	67
Tabel 4.2 Hasil pelatihan arsitektur <i>head model 1</i> .....	68
Tabel 4.3 Hasil pelatihan arsitektur <i>head model 2</i> .....	71
Tabel 4.4 Hasil pelatihan arsitektur <i>head model 3</i> .....	73
Tabel 4.5 Distribusi dataset pengujian dengan <i>test data</i> .....	78
Tabel 4.6 <i>Classification report</i> arsitektur <i>head model 1</i> .....	80
Tabel 4.7 <i>Classification report</i> arsitektur <i>head model 2</i> .....	81
Tabel 4.8 <i>Classification report</i> arsitektur <i>head model 3</i> .....	83
Tabel 4.9 Hasil pengujian arsitektur <i>head model 1</i> dengan <i>random image</i> .....	85
Tabel 4.10 Hasil pengujian arsitektur <i>head model 2</i> dengan <i>random image</i> .....	86
Tabel 4.11 Hasil pengujian arsitektur <i>head model 3</i> dengan <i>random image</i> .....	87
Tabel 4.12 Perbandingan hasil pengujian arsitektur dengan <i>random image</i> .....	88
Tabel 4.13 Perbandingan nilai <i>classification report</i> .....	92