



**PENERAPAN *OPTICAL MARK RECOGNITION* (OMR) UNTUK
PENILAIAN KERTAS UJIAN PILIHAN GANDA OTOMATIS
MENGUNAKAN *CNN BUBBLENET***

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**
SEBASTIANUS LUKITO
41522110051

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**



**PENERAPAN *OPTICAL MARK RECOGNITION* (OMR) UNTUK
PENILAIAN KERTAS UJIAN PILIHAN GANDA OTOMATIS
MENGUNAKAN *CNN BUBBLENET***

**TUGAS AKHIR
SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA
SEBASTIANUS LUKITO
41522110051**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
2026**

HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SEBASTIANUS LUKITO
NIM : 41522110051
Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer/Teknik Informatika

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:
“Penerapan *Optical Mark Recognition (OMR)* Untuk Penilaian Kertas Ujian Pilihan Ganda Otomatis Menggunakan *CNN BubbleNet*” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 31 Juli 2026



Sebastianus Lukito

PERNYATAAN SIMILARITY CHECK
/SIMILARITY CHECK STATEMENT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan, bahwa karya ilmiah yang ditulis oleh

/The undersigned, hereby declare that the scientific work written by

Nama /Name	: Sebastianus Lukito
NIM /Student ID Number	: 41522110051
Program Studi /Study Program	: Teknik Informatika

Dengan Judul Tugas Akhir

/The title:

“PENERAPAN OPTICAL MARK RECOGNITION (OMR) UNTUK PENILAIAN KERTAS UJIAN PILIHAN GANDA OTOMATIS MENGGUNAKAN CNN BUBBLETNET”

telah dilakukan pengecekan *similarity* dengan sistem Turnitin pada tanggal:

/Similarity checks have been carried out with the Turnitin system on the date:

22 Juli 2026

dengan nilai persentase sebesar :

/with a percentage value of:

9%

dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan berlaku di **Fakultas Ilmu Komputer** Universitas Mercu Buana. */declared to meet standards in accordance with applicable regulations at the Faculty of Computer Science, Universitas Mercu Buana.*

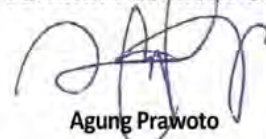
File hasil cek similarity turnitin:

/Turnitin similarity report file

https://drive.google.com/file/d/1wcUzy6sgZpm5ifOOWZUfSTd0u5X9rA6S/view?usp=drive_link



Jakarta, 22 Juli 2026
Admin Turnitin Fasilkom UMB



Agung Prawoto, S.Kom., B.Sc
NIK : 322970503

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Sebastianus Lukito
NIM : 41522110051
Fakultas/Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer / Teknik Informatika
Judul Tugas Akhir : Penerapan *Optical Mark Recognition (OMR)* Untuk
Penilaian Kertas Ujian Pilihan Ganda Otomatis
Menggunakan *CNN BubbleNet*

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 31 Juli 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



Dr. Bagus Priambodo, S.T., M.TI.
NIDN/NUPTK: 0313057905

Jakarta, 31 Juli 2026

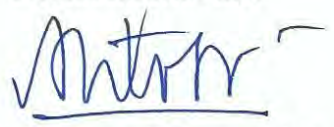
Mengetahui,

Dekan Fakultas Ilmu Komputer



Dr. Bambang Jokonowo, S.Si., MTI
NIDN/NUPTK: 0320037002

Ketua Program Studi
Teknik Informatika



Dr. Hadi Santoso, S.Kom., M.Kom
NIDN/NUPTK: 0225067701

KATA PENGANTAR

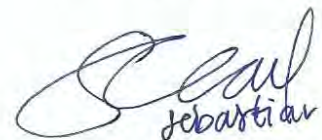
Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Esa, atas segala rahmat dan ridha-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal penelitian yang merupakan salah satu persyaratan kelulusan Program Studi Strata Satu (S1) pada jurusan Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana.

Penulis menyadari proposal ini belum sempurna, sehingga masukan yang membangun senantiasa diterima dengan senang hati. Berkat dukungan dan bimbingan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Bambang Jokonowo, S.Si., MTI selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer.
3. Bapak Dr. Hadi Santoso, S.Kom., M.Kom. selaku Ketua Program Studi Teknik Informatika Universitas Mercubuana.
4. Bapak Dr. Bagus Priambodo, S.T., M.TI. selaku dosen pembimbing MPTI yang telah memberikan pengarahan, motivasi, menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran sehingga selama pembuatan proposal penelitian ini terjadwal dengan baik.
5. Kedua Orang Tua saya yang selalu mendukung saya selama menjalani masa studi sebagai mahasiswa Universitas Mercubuana.
6. Dan terakhir adalah pasangan saya, Prisca Julian, yang selalu memberi dukungan moral serta masukan yang sangat membantu.

Akhir kata, penulis berharap semoga Tuhan yang Maha Esa membalas kebaikan dan selalu mencurahkan rahmat, hidayah, serta panjang umur kepada kita semua, aamiin. Terima Kasih.

Jakarta, 31 Juli 2026



Sebastianus Lukito

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS
AKHIR DI REPOSITORI UMB**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : SEBASTIANUS LUKITO
NIM : 41522110051
Program Studi : Fakultas Ilmu Komputer/Teknik Informatika
Penerapan *Optical Mark Recognition (OMR)*
Judul Laporan Skripsi : Untuk Penilaian Kertas Ujian Pilihan Ganda
Otomatis Menggunakan *CNN BubbleNet*

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 31 Juli 2026
Yang menyatakan,



Sebastianus Lukito

**PENERAPAN *OPTICAL MARK RECOGNITION (OMR)* UNTUK
PENILAIAN KERTAS UJIAN PILIHAN GANDA OTOMATIS
MENGUNAKAN *CNN BUBBLENET***

SEBASTIANUS LUKITO

ABSTRAK

Koreksi manual pada lembar jawaban ujian konvensional memakan waktu dan rentan kesalahan manusia, sedangkan perangkat pemindai OMR komersial memerlukan kertas khusus dan biaya yang relatif mahal. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem *Optical Mark Recognition (OMR)* otomatis berbasis integrasi computer vision dan deep learning yang akurat, cepat, dan terjangkau menggunakan kamera standar pada kertas HVS biasa.

Sistem dibangun menggunakan *Python*, *framework Flask*, pustaka *OpenCV*, dan *PyTorch*. *Pipeline* prapemrosesan citra meliputi normalisasi iluminasi menggunakan koreksi Auto-Gamma, transformasi ruang warna LAB dengan penerapan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*, dan Unsharp Masking. Sistem melakukan penentuan orientasi lembar secara otomatis, deteksi kontur area *grid*, dan koreksi perspektif menggunakan transformasi homografi. Inovasi utama dalam penelitian ini adalah penggunaan arsitektur *Convolutional Neural Network (CNN)* ringan bernama *BubbleNet* sebagai pengambil keputusan utama pada tingkat sel, yang mengatasi kelemahan metode konvensional berbasis *pixel density*. Sebagai cadangan kelayakan operasional *fallback*, metode klasik dengan *Otsu thresholding* tetap disediakan.

Pengembangan model CNN BubbleNet melibatkan optimasi *hyperparameter* menggunakan *framework Optuna*. Hasil pelatihan yang telah menangani ketidakseimbangan kelas mencapai tingkat akurasi mutlak sebesar 100% pada data validasi. Hasil studi ablasi membuktikan bahwa prapemrosesan *Gaussian Blur* dan *CLAHE* sangat krusial dalam mereduksi noise frekuensi tinggi seperti tekstur kertas dan bayangan iluminasi ekstrem. Evaluasi sistem *end-to-end* menunjukkan robusitas yang sangat tinggi terhadap berbagai kondisi dunia nyata, termasuk pencahayaan gelap, rotasi 90 derajat, distorsi perspektif, penanganan aturan jawaban ganda, serta pengenalan variasi gaya pengisian. Kesimpulannya, sistem ini menawarkan solusi OMR yang tangguh terhadap gangguan visual, sangat presisi, dengan kebutuhan komputasi inferensi yang tetap ringan.

Kata kunci: *Optical Mark Recognition, Computer Vision, Deep Learning, CNN BubbleNet, Transformasi Homografi, CLAHE, Koreksi Auto-Gamma.*

**IMPLEMENTATION OF OPTICAL MARK RECOGNITION (OMR) FOR
AUTOMATED MULTIPLE-CHOICE EXAM GRADING USING CNN
BUBBLENET**

SEBASTIANUS LUKITO

ABSTRACT

Manual grading of conventional exam answer sheets is time-consuming and prone to human error, whereas commercial OMR scanning devices require specialized paper and are relatively expensive. This study aims to design and implement an automated Optical Mark Recognition (OMR) system based on the integration of computer vision and deep learning that is accurate, fast, and affordable, utilizing standard cameras on regular paper.

The system was developed using Python, the Flask framework, OpenCV, and PyTorch libraries. The image preprocessing pipeline includes illumination normalization using Auto-Gamma correction, LAB color space transformation with the application of Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE), and Unsharp Masking. The system performs automatic sheet orientation estimation, grid area contour detection, and perspective correction using homography transformation. The main innovation in this study is the utilization of a lightweight Convolutional Neural Network (CNN) architecture named BubbleNet as the primary decision-maker at the cell level, which overcomes the weaknesses of conventional pixel density-based methods. As an operational fallback, a classical method using Otsu thresholding is retained.

The development of the BubbleNet CNN model involved hyperparameter optimization using the Optuna framework. The training results, which successfully handled class imbalance, achieved an absolute accuracy rate of 100% on the validation data. The ablation study results proved that Gaussian Blur and CLAHE preprocessing are highly crucial in reducing high-frequency noise such as paper texture and extreme illumination shadows. The end-to-end system evaluation demonstrated exceptionally high robustness against various real-world conditions, including low-light environments, 90-degree rotation, perspective distortion, multiple-answer rule handling, and the recognition of various filling styles. In conclusion, this system offers an OMR solution that is robust against visual disturbances and highly precise, while maintaining lightweight inference computational requirements.

Keywords: Optical Mark Recognition, Computer Vision, Deep Learning, CNN BubbleNet, Homography Transformation, CLAHE, Auto-Gamma Correction

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	I
HALAMAN PERNYATAAN KARYA SENDIRI.....	II
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	III
HALAMAN PENGESAHAN	IV
KATA PENGANTAR.....	V
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS	
AKHIR DI REPOSITORI UMB.....	VI
ABSTRAK	VII
ABSTRACT	VIII
DAFTAR ISI.....	IX
DAFTAR TABEL	XI
DAFTAR GAMBAR.....	XII
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Penelitian Terdahulu	7
2.2 Teori Utama	20
2.3 Teori Pendukung	25
2.4 Gap Penelitian.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....	34
3.1 Pendekatan Penelitian	34
3.2 Tahapan Penelitian	35
3.3 Metode Pengumpulan Data	36
3.4 Desain Penelitian.....	38
3.5 Subjek Penelitian.....	61
3.6 Teknik Pengumpulan Data	62
3.7 Analisis Data.....	64

3.8	Evaluasi Hasil Penelitian.....	68
3.9	<i>Timeline</i> Penelitian.....	69
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		71
4.1.	Hasil <i>Hyperparameter Tuning (Optuna)</i>	71
4.2.	Hasil Pelatihan Model <i>CNN BubbleNet</i>	73
4.3.	Evaluasi Kerja Model.....	76
4.4.	Studi Ablasi	78
4.5.	Evaluasi Robusitas Sistem pada Berbagai Kondisi Pemindaian dan Variasi Arsiran83	
4.6.	Evaluasi Kecepatan dan Waktu Pemrosesan Sistem.....	90
4.7.	Pembahasan dan Implikasi Pada Sistem OMR.....	91
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		93
5.1	Kesimpulan.....	93
5.2	Saran.....	94
DAFTAR PUSTAKA.....		96
LAMPIRAN		99



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Penelitian Terkait	7
----------------------------------	---



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 End-to-End OMR Grader Pipeline	22
Gambar 2 Template Lembar Jawaban Komputer.....	36
Gambar 3 Variasi Arsiran Yang Dapat Diisi	37
Gambar 4 Arsiran yang Telah Diubah Menjadi Grayscale.....	37
Gambar 5 Klasifikasi Bubble Terisi dan Kosong.....	37
Gambar 6 Use Case Diagram OMR Grading Computer Vision	38
Gambar 7 Flowchart Login Ke Dalam Website	39
Gambar 8 Pop-Up Halaman Login.....	40
Gambar 9 Activity Login Diagram.....	40
Gambar 10 Flowchart Registrasi User	41
Gambar 11 Halaman Registrasi Pengguna.....	42
Gambar 12 Registrasi Activity Diagram.....	42
Gambar 13 Flowchart Hapus Akun.....	43
Gambar 14 Halaman Hapus Akun.....	44
Gambar 15 Hapus Akun Activity Diagram.....	44
Gambar 16 Flowchart Membuat Kunci Jawaban	45
Gambar 17 Gambar Halaman Pembuatan Kunci Jawaban	46
Gambar 18 Buat Kunci Jawaban Activity Diagram	46
Gambar 19 Flowchart Edit Kunci Jawaban	47
Gambar 20 Halaman Edit Kunci Jawaban	48
Gambar 21 Edit Kunci Jawaban Activity Diagram	48
Gambar 22 Flowchart Hapus Kunci Jawaban	49
Gambar 23 Hapus Kunci Jawaban.....	50
Gambar 24 Hapus Kunci Jawaban Activity Diagram.....	50
Gambar 25 Flowchart Scan Jawaban.....	51
Gambar 26 Scan Jawaban Activity Diagram	52
Gambar 27 Halaman Scan Jawaban	53
Gambar 28 Penyesuaian Sudut Kertas Manual	55
Gambar 29 Flowchart Pengaturan Perspektif Manual.....	56
Gambar 30 Flowchart BubbleNet CNN.....	58

Gambar 31 Splitting Dataset	59
Gambar 32 Hasil Grading	60
Gambar 33 ERD Website OMR	61
Gambar 34 Arsiran Tebal dan Penuh.....	62
Gambar 35 Arsiran Tipis atau Tidak Merata	62
Gambar 36 Tanda Silang.....	62
Gambar 37 Bubble Kosong.....	62
Gambar 38 Variasi Pencahayaan Foto.....	63
Gambar 39 Variasi Sudut & Kemiringan Foto.....	63
Gambar 40 Timeline Penelitian.....	70
Gambar 41 Optimization History	71
Gambar 42 Hyperparameter Importance	72
Gambar 43 Slice Plot.....	72
Gambar 44 Parallel Coordinate	73
Gambar 45 Bubble Dataset	74
Gambar 46 Loss per Epoch.....	75
Gambar 47 Accuracy per Epoch.....	76
Gambar 48 Confusion Matrix	77
Gambar 49 Classification Report	77
Gambar 50 Loss & Accuracy Epoch Graph Comparison.....	79
Gambar 51 Perbandingan Confusion Matrix Tanpa CLAHE & Gaussian Blur ...	80
Gambar 52 Perbandingan Classification Report	81
Gambar 53 Penilaian Dalam Kondisi Ideal.....	83
Gambar 54 Penilaian Dalam Foto Dengan Kondisi Terotasi 90 Derajat.....	84
Gambar 55 Penilaian Dalam Kondisi Terdistorsi.....	85
Gambar 56 Hasil Penilaian Dalam Kondisi Gelap	86
Gambar 57 Penilaian OMR Pada Arsiran Pensil.....	87
Gambar 58 Penilaian OMR Pada Arsiran Pulpen	87
Gambar 59 Penilaian OMR Pada Arsiran Spidol	88
Gambar 60 Penilaian OMR Pada Coretan Silang.....	89
Gambar 61 Penilaian OMR Jika Ada Jawaban Ganda	90
Gambar 62 Hasil Pengukuran Waktu Pemrosesan Batch Lembar Jawaban	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kartu Asistensi	99
Lampiran 2 Curriculum Vitae	100
Lampiran 3 Surat Pernyataan dan Pengalihan HAKI	101
Lampiran 4 Surat Pernyataan dan Pengalihan HAKI	102
Lampiran 5 Sertifikat BNSP	103

