

PENGENALAN ANGKA PADA CITRA TASBIH DIGITAL
MENGUNAKAN METODE *PRINCIPAL COMPONENT
ANALYSIS* (PCA) DAN *K-NEAREST NEIGHBOR* (KNN)

Diajukan Sebagai Syarat Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Program Strata-1 Pada
Jurusan Teknik Informatika



Oleh:

Prita Puja Astuti
NIM: 09021181823009

Jurusan Teknik Informatika
FAKULTAS ILMU KOMPUTER UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

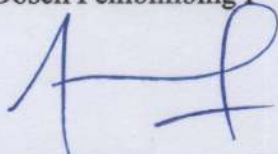
Pengenalan Angka pada Citra Tasbeih Digital
Menggunakan Metode *Principal Component
Analysis (PCA)* dan *K-Nearest Neighbor (KNN)*

Oleh:

PRITA PUJA ASTUTI
NIM: 09021181823009

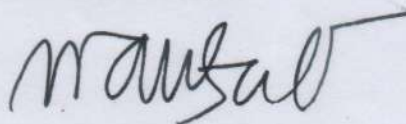
Palembang, Januari 2023

Dosen Pembimbing I



Dr. M. Fachrurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002

Dosen Pembimbing II



M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika



Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

TANDA LULUS UJIAN KOMPREHENSIF SKRIPSI

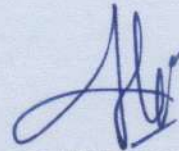
Pada hari Jumat tanggal 23 Desember 2022 telah dilaksanakan ujian komprehensif skripsi oleh Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Nama : Prita Puja Astuti
NIM : 09021181823009
Judul : Pengenalan Angka pada Citra Tasbih Digital Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN)

dan dinyatakan LULUS.

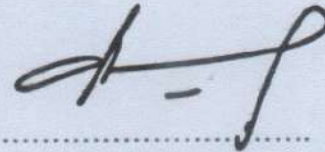
1. Ketua

Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003



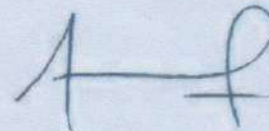
2. Penguji

Julian Supardi, M.T.
NIP. 197207102010121001



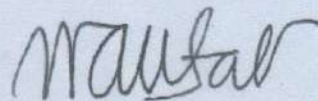
3. Pembimbing I

Dr. M. Fachrurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002



4. Pembimbing II

M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Informatika

Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003



HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Prita Puja Astuti
NIM : 09021181823009
Program Studi : Teknik Informatika
Judul Skripsi : Pengenalan Angka pada Citra Tasbih Digital Menggunakan Metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN)

Hasil Pengecekan Software *iThenticate/Turnitin*:

Menyatakan bahwa laporan proyek saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan /plagiat dalam laporan proyek ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan tidak ada paksaan oleh siapa pun.



Palembang, Januari 2023



Prita Puja Astuti
NIM. 09021181823009

Motto:

- If you never try, you'll never know. ~ John Barrow*
- There is one way to happiness and that is to cease worrying about things which are beyond the power of our will. ~Epictetus*

Kupersembahkan karya tulis ini kepada:

- Allah SWT & Nabi Muhammad SAW
- Kedua orang tuaku
- Saudaraku
- Dosen pembimbing
- Sahabat dan teman seperjuangan
- Almamater

**DIGIT RECOGNITION IN DIGITAL PRAYER BEADS IMAGE USING
PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS (PCA) AND K-NEAREST
NEIGHBOR (KNN) METHODS**

Prita Puja Astuti
09021181823009

ABSTRACT

The process of recognizing numbers in digital prayer beads requires an appropriate method for recognizing numbers. The challenge that arises in the prayer beads image is to have a small image display, and the numbers on the digital prayer beads image only display vertical and horizontal lines. This challenge can be a complex problem because the image has a variety of backgrounds and lighting. The purpose of this study is to develop a system to recognize numbers in digital prayer beads images using the Principal Component Analysis (PCA) and K-Nearest Neighbor (KNN) methods. The PCA method is used as a feature extraction to reduce the dimensions of the data without significantly reducing the characteristics of the data, thus speeding up the classification and recognition process. The KNN method is a classification for recognizing numbers in digital prayer beads images. The advantage of KNN is that it is strong against noisy training data, effective for a large number of training examples, and simple and easy to implement, so it can solve classification problems accurately. The results show that number recognition in digital prayer beads imagery using the PCA and KNN methods achieves the best performance with an accuracy value of 99%. The PCA and KNN methods have been successfully applied to become a system that can be used for number recognition in digital prayer beads images. Changing the size of digital prayer beads digits by following the previous research's digit size obtained a fixed accuracy of 99% in each size.

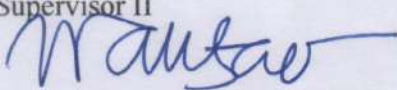
Keywords: Digit Recognition, Digital Prayer Beads, PCA, KNN

Palembang, January 2023

Supervisor I


Dr. M. Fachrurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002

Supervisor II


M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008

Approved
Head of Informatics Department


Alvi Syahrini Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

**PENGENALAN ANGKA PADA CITRA TASBIH DIGITAL
MENGUNAKAN METODE PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS
(PCA) DAN K-NEAREST NEIGHBOR (KNN)**

**Prita Puja Astuti
09021181823009**

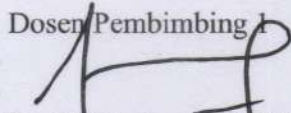
ABSTRAK

Proses pengenalan angka pada citra tasbih digital membutuhkan metode yang tepat dalam mengenali angka. Tantangan yang muncul pada citra tasbih digital ialah memiliki tampilan citra yang kecil dan angka pada citra tasbih digital yang hanya menampilkan garis vertikal dan horizontal saja. Tantangan ini dapat menjadi masalah yang kompleks, karena citra memiliki variasi latar belakang dan pencahayaan yang beragam. Tujuan dari penelitian ini mengembangkan suatu sistem untuk mengenali angka pada citra tasbih digital menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) dan *K-Nearest Neighbor* (KNN). Metode PCA sebagai ekstraksi fitur untuk mengurangi dimensi data tanpa menurunkan karakteristik data secara signifikan sehingga mempercepat proses klasifikasi dan pengenalan. Metode KNN sebagai klasifikasi untuk mengenali angka pada citra tasbih digital. Keunggulan KNN adalah kuat terhadap data pelatihan yang memiliki noise, efektif untuk sejumlah besar contoh pelatihan, sederhana, dan mudah diterapkan, sehingga dapat menyelesaikan masalah klasifikasi secara akurat. Hasil menunjukkan pengenalan angka pada citra tasbih digital menggunakan metode PCA dan KNN mencapai performa terbaik dengan nilai accuracy 99%. Metode PCA dan KNN berhasil diterapkan menjadi sistem yang dapat digunakan untuk pengenalan angka pada citra tasbih digital. Perubahan ukuran digit tasbih digital dengan mengikuti ukuran digit penelitian sebelumnya mendapatkan akurasi tetap sebesar 99% di masing-masing ukuran.

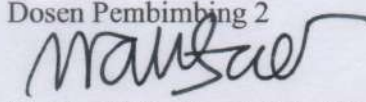
Kata Kunci: Pengenalan Angka, Tasbih Digital, PCA, KNN

Palembang, Januari 2023

Dosen Pembimbing 1



Dr. M. Fachrurrozi, M.T.
NIP. 198005222008121002

Dosen Pembimbing 2


M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T.
NIP. 199212012022031008

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika


Atvi Syahni Utami, M.Kom.
NIP. 197812222006042003

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat rahmat-Nya yang telah diberikan kepada Penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat guna menyelesaikan Pendidikan program Strata-1 pada jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini ada banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan baik secara langsung maupun secara tidak langsung. Pada kesempatan ini, Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Jaidan Jauhari, S.Pd., M.T. selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Alvi Syahrini Utami, M.Kom. selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Dr. M. Fachrurrozi, M.T. selaku dosen pembimbing I dan Bapak M. Naufal Rachmatullah, S.Kom., M.T. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan arahan serta dukungan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Julian Supardi, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan untuk Tugas Akhir.
5. Bapak M. Qurhanul Rizqie, M.T., Ph.D. selaku dosen pembimbing akademik.

6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Informatika Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
7. Kak Ricy dan seluruh staf tata usaha yang telah membantu dalam kelancaran proses administrasi dan akademik selama masa perkuliahan.
8. Orang tua dan saudaraku yang telah memberikan doa, dukungan moril dan materil kepada penulis selama penyelesaian Tugas Akhir hingga selesai.
9. Diri sendiri, Prita yang telah melangkah sampai sejauh ini. Terima kasih.
10. Sahabat seperjuanganku, Dahlia, Desry, Nala, Ayin yang telah banyak mendukung dan memberi semangat kepada penulis selama kuliah dan menulis Tugas Akhir ini.
11. Semua teman-teman kelas TI Regceh yang telah berbagi ilmu, semangat dan motivasi.
12. Seluruh teman organisasi yang telah memberikan banyak pelajaran dan pengalaman yang berharga kepada penulis.
13. Semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu dan berperan dalam Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan disebabkan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kemajuan penelitian selanjutnya. Akhir kata dengan segala kerendahan hati, semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Palembang, Januari 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Pintu', written in a cursive style.

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|---------|
| ABSTRACT | vi |
| ABSTRAK | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | xi |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvi |
| DAFTAR LAMPIRAN | xviii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | I-1 |
| 1.1 Pendahuluan | I-1 |
| 1.2 Latar Belakang Masalah | I-1 |
| 1.3 Rumusan Masalah | I-4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian | I-5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian | I-6 |
| 1.6 Batasan Masalah | I-6 |
| 1.7 Sistematika Penulisan | I-6 |
| 1.8 Kesimpulan | I-8 |
| | |
| BAB II KAJIAN LITERATUR | II-1 |
| 2.1 Pendahuluan | II-1 |
| 2.2 Landasan Teori | II-1 |
| 2.2.1 Pengenalan Pola | II-1 |
| 2.2.2 <i>Seven Segment</i> | II-3 |
| 2.2.3 Tasbih Digital | II-3 |
| 2.2.4 Pengolahan Citra Digital | II-4 |
| 2.2.5 Pra-Pengolahan | II-6 |
| 2.2.5.1 Resize | II-6 |
| 2.2.5.2 <i>Grayscale</i> | II-7 |
| 2.2.5.3 <i>Gaussian Blur</i> | II-8 |
| 2.2.5.4 Segmentasi | II-8 |
| 2.2.5.4.1 <i>Adaptive Thresholding</i> | II-8 |
| 2.2.5.4.2 Erosi | II-9 |
| 2.2.5.4.3 <i>Inverse</i> | II-10 |
| 2.2.5.4.4 <i>Closing</i> | II-10 |
| 2.2.6 Ekstraksi Fitur | II-10 |
| 2.2.6.1 Deteksi Kontur | II-10 |
| 2.2.6.2 PCA | II-11 |
| 2.2.7 <i>K-Nearest Neighbor (KNN)</i> | II-13 |
| 2.2.8 <i>Confusion Matrix</i> | II-15 |
| 2.2.9 <i>Rational Unified Process</i> | II-16 |
| 2.3 Penelitian Lain yang Relevan | II-18 |

| | | |
|---|--|--------|
| 2.4 | Kesimpulan..... | II-20 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN..... | | |
| 3.1 | Pendahuluan | III-1 |
| 3.2 | Pengumpulan Data | III-1 |
| 3.2.1 | Jenis Data | III-1 |
| 3.2.2 | Sumber Data | III-1 |
| 3.2.3 | Metode Pengumpulan Data | III-2 |
| 3.3 | Tahapan Penelitian | III-2 |
| 3.3.1 | Kerangka Kerja..... | III-3 |
| 3.3.1.1 | Citra Tasbih Digital..... | III-5 |
| 3.3.1.2 | Pra-Pengolahan..... | III-5 |
| 3.3.1.2.1 | <i>Cropping</i> | III-5 |
| 3.3.1.2.2 | <i>Resize LCD</i> | III-17 |
| 3.3.1.2.3 | <i>Grayscale</i> | III-18 |
| 3.3.1.2.4 | <i>Gaussian Blur</i> | III-19 |
| 3.3.1.2.5 | Segmentasi..... | III-22 |
| 3.3.1.3 | Ekstraksi Fitur | III-26 |
| 3.3.1.3.1 | Deteksi kontur <i>digit</i> | III-26 |
| 3.3.1.3.2 | PCA | III-27 |
| 3.3.1.4 | Klasifikasi..... | III-33 |
| 3.3.2 | Kriteria Pengujian..... | III-35 |
| 3.3.3 | Format Data Pengujian..... | III-36 |
| 3.3.4 | Alat yang Digunakan..... | III-37 |
| 3.3.5 | Pengujian Penelitian | III-38 |
| 3.3.6 | Analisis Hasil Pengujian | III-38 |
| 3.4 | Metode Pengembangan Perangkat Lunak..... | III-38 |
| 3.5 | Metode Proyek Penelitian | III-40 |
| BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK..... | | |
| 4.1 | Pendahuluan | IV-1 |
| 4.2 | <i>Rational Unified Process</i> | IV-1 |
| 4.2.1 | Fase Insepsi | IV-1 |
| 4.2.1.1 | Pemodelan Bisnis | IV-2 |
| 4.2.1.2 | Kebutuhan Sistem | IV-2 |
| 4.2.1.3 | Analisis dan Desain..... | IV-2 |
| 4.2.1.3.1 | Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak .. | IV-3 |
| 4.2.1.3.2 | Desain Perangkat Lunak..... | IV-4 |
| 4.2.2 | Fase Elaborasi..... | IV-7 |
| 4.2.2.1 | Pemodelan Bisnis | IV-7 |
| 4.2.2.1.1 | Perancangan Data | IV-8 |
| 4.2.2.1.2 | Perancangan Antarmuka..... | IV-8 |
| 4.2.2.2 | Kebutuhan Sistem | IV-10 |
| 4.2.2.3 | <i>Activity Diagram</i> | IV-10 |
| 4.2.2.4 | <i>Sequence Diagram</i> | IV-12 |
| 4.2.3 | Fase Konstruksi | IV-15 |

| | | |
|--|---|-------|
| 4.2.3.1 | Kebutuhan Sistem | IV-15 |
| 4.2.3.2 | <i>Class Diagram</i> | IV-15 |
| 4.2.3.3 | Implementasi | IV-16 |
| 4.2.3.3.1 | Implementasi Kelas | IV-16 |
| 4.2.3.3.2 | Implementasi Antarmuka..... | IV-17 |
| 4.2.4 | Fase Transisi..... | IV-20 |
| 4.2.4.1 | Pemodelan Bisnis | IV-20 |
| 4.2.4.2 | Kebutuhan Sistem | IV-20 |
| 4.2.4.3 | Rencana Pengujian | IV-21 |
| 4.2.4.3.1 | Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan Load Citra Pengenalan..... | IV-21 |
| 4.2.4.3.2 | Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan Pengenalan..... | IV-21 |
| 4.2.4.4 | Implementasi | IV-23 |
| 4.2.4.4.1 | Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan <i>Load</i> Citra Pengenalan..... | IV-23 |
| 4.2.4.4.2 | Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan Pengenalan | IV-24 |
| 4.3 | Kesimpulan..... | IV-24 |
| BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN..... | | V-1 |
| 5.1 | Pendahuluan | V-1 |
| 5.2 | Data Hasil Penelitian..... | V-1 |
| 5.2.1 | Hasil Pengenalan Data..... | V-3 |
| 5.2.2 | Data Hasil Konfigurasi Model 1 | V-18 |
| 5.2.3 | Data Hasil Konfigurasi Model 2 | V-20 |
| 5.2.4 | Data Hasil Konfigurasi Model 3 | V-21 |
| 5.2.5 | Data Hasil Konfigurasi Model 4 | V-23 |
| 5.2.6 | Data Hasil Konfigurasi Model 5 | V-24 |
| 5.2.7 | Data Hasil Konfigurasi Model 6 | V-26 |
| 5.2.8 | Data Hasil Konfigurasi Model 7 | V-27 |
| 5.2.9 | Data Hasil Konfigurasi Model 8 | V-29 |
| 5.2.10 | Data Hasil Konfigurasi Model 9 | V-30 |
| 5.2.11 | Data Hasil Konfigurasi Model 10 | V-32 |
| 5.2.12 | Data Hasil Konfigurasi Model 11 | V-33 |
| 5.2.13 | Data Hasil Konfigurasi Model 12 | V-35 |
| 5.3 | Analisis Hasil Penelitian | V-36 |
| 5.3.1 | Pembahasan..... | V-50 |
| 5.4 | Kesimpulan..... | V-51 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN | | VI-1 |
| 6.1 | Kesimpulan..... | VI-1 |
| 6.2 | Saran..... | VI-2 |
| DAFTAR PUSTAKA | | xii |
| LAMPIRAN KODE PROGRAM..... | | xv |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|---|---------|
| Tabel II-1. Performa Metrik untuk <i>Confusion Matrix</i> Multikelas | II-16 |
| Tabel III-1. <i>Resize</i> Citra Tasbih Digital | III-7 |
| Tabel III-2. Citra RGB | III-8 |
| Tabel III-3. Contoh Matriks Citra RGB | III-8 |
| Tabel III-4. Elemen Matriks Kernel | III-10 |
| Tabel III-5. Nilai Elemen Matriks Kernel Gaussian | III-10 |
| Tabel III-6. Matriks Citra Input dan Kernel | III-13 |
| Tabel III-7. Matriks Citra Erosi | III-14 |
| Tabel III-8. Matriks Citra Input dan Citra <i>Output</i> pada Operasi <i>Invers</i> | III-14 |
| Tabel III-9. Hasil <i>Resize</i> Citra LCD | III-17 |
| Tabel III-10. Matriks Citra RGB | III-18 |
| Tabel III-11. Elemen Matriks Kernel | III-20 |
| Tabel III-12. Nilai Elemen Matriks Kernel Gaussian | III-20 |
| Tabel III-13. Matriks Citra Input dan Kernel | III-23 |
| Tabel III-14. Matriks Citra Erosi | III-23 |
| Tabel III-15. Matriks Citra Input dan Citra Ouput pada Operasi <i>Inverse</i> | III-24 |
| Tabel III- 16. Contoh Operasi <i>Closing</i> | III-25 |
| Tabel III-17. Deteksi Digit | III-26 |
| Tabel III-18. Matriks X | III-27 |
| Tabel III-19. Standarisasi Data | III-28 |
| Tabel III-20. <i>Covariance Matrix</i> | III-28 |
| Tabel III-21. Hasil <i>Covariance Matrix</i> | III-29 |
| Tabel III-22. Matriks Determinan | III-30 |
| Tabel III-23. <i>Eigen vectors</i> (4x4 matrix) | III-31 |
| Tabel III-24. <i>Eigenvalues</i> | III-31 |
| Tabel III-25. <i>Eigenvalues</i> teratas | III-32 |
| Tabel III-26. Hasil Fitur PCA | III-32 |
| Tabel III-27. Contoh Data Latih | III-33 |
| Tabel III-28. Contoh Data Uji | III-34 |
| Tabel III-29. Tabel Hasil Prediksi | III-36 |
| Tabel III-30. Tabel <i>Confusion Matrix</i> | III-36 |
| Tabel III-31. Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian | III-37 |
| Tabel III-32. Pengembangan Perangkat Lunak dengan Metode RUP | III-39 |
| Tabel III-33. <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS) | III-41 |
| Tabel IV-1. Kebutuhan Fungsional | IV-3 |
| Tabel IV-2. Kebutuhan Non-Fungsional | IV-3 |
| Tabel IV-3. Definisi Aktor <i>Use Case</i> | IV-5 |
| Tabel IV-4. Definisi <i>Use Case</i> | IV-5 |
| Tabel IV-5. Skenario <i>Use Case</i> 01 | IV-6 |
| Tabel IV-6. Skenario <i>Use Case</i> 02 | IV-6 |
| Tabel IV- 7. Implementasi Kelas | IV-16 |

| | |
|--|-------|
| Tabel IV-8. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan Load Citra Pengenalan ..IV-21 | IV-21 |
| Tabel IV-9. Rencana Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan Pengenalan.....IV-22 | IV-22 |
| Tabel IV-10. Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan <i>Load Citra</i> PengenalanIV-23 | IV-23 |
| Tabel IV-11. Pengujian <i>Use Case</i> Melakukan PengenalanIV-24 | IV-24 |
| Tabel V-1. Pembagian Dataset..... V-1 | V-1 |
| Tabel V-2. Bentuk Input dari Pengujian V-2 | V-2 |
| Tabel V-3. Konfigurasi Parameter Tuning Model V-3 | V-3 |
| Tabel V-4. Hasil Pengujian Sampel Data Citra Tasbih Digital V-4 | V-4 |
| Tabel V-5. Hasil Pengujian Data Citra Tasbih Digital V-18 | V-18 |
| Tabel V- 6. Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 1 V-19 | V-19 |
| Tabel V-7. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 2..... V-20 | V-20 |
| Tabel V-8. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 3..... V-22 | V-22 |
| Tabel V-9. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 4..... V-23 | V-23 |
| Tabel V-10. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 5..... V-25 | V-25 |
| Tabel V-11. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 6..... V-26 | V-26 |
| Tabel V- 12. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 7..... V-28 | V-28 |
| Tabel V-13. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 8..... V-29 | V-29 |
| Tabel V-14. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 9..... V-31 | V-31 |
| Tabel V-15. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 10..... V-32 | V-32 |
| Tabel V-16. Tabel Laporan Hasil Pengujian Pengenaan Model 11..... V-34 | V-34 |
| Tabel V-17. Tabel Laporan Klasifikasi Hasil Pengujian Model 12..... V-35 | V-35 |
| Tabel V-18. Hasil Perbandingan Performa Model..... V-36 | V-36 |
| Tabel V-19. Perbandingan Performa Model dalam Klasifikasi Angka 0 V-38 | V-38 |
| Tabel V-20. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 1 V-38 | V-38 |
| Tabel V-21. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 2 V-39 | V-39 |
| Tabel V-22. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 3 V-39 | V-39 |
| Tabel V-23. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 4 V-40 | V-40 |
| Tabel V- 24. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 5 V-41 | V-41 |
| Tabel V-25. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 6 V-41 | V-41 |
| Tabel V-26. Performa Model dalam Pengenalan Klasifikasi 7..... V-42 | V-42 |
| Tabel V-27. Perbandingan Performa Model dalam Klasifikasi Angka 8 V-43 | V-43 |
| Tabel V-28. Performa Model dalam Klasifikasi Angka 9 V-43 | V-43 |
| Tabel V-29. Contoh Citra LCD Tasbih Digital Terdeteksi..... V-45 | V-45 |
| Tabel V-30. Citra LCD Tasbih Digital yang Gagal Dideteksi..... V-46 | V-46 |
| Tabel V-31. Contoh Citra Tasbih Digital yang Berhasil Dikenali..... V-48 | V-48 |
| Tabel V-32. Citra Tasbih Digital yang Gagal Dikenali V-49 | V-49 |
| Tabel V-33. Pengenalan Angka 7 V-50 | V-50 |
| Tabel V-34. Hasil Akurasi Ukuran Digit <i>Seven Segment</i> Penelitian Sebelumnya V-50 | V-50 |
| Tabel V-35. Hasil Akurasi Digit Tasbih Digital Menggunakan Ukuran Digit Penelitian Sebelumnya V-51 | V-51 |
| Tabel V-36. Tampilan Digit Tasbih Digital V-51 | V-51 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar II-1. Proses Umum Pengenalan Pola..... | II-2 |
| Gambar II-2. Format <i>Seven Segment</i> | II-3 |
| Gambar II-3. Segmen Individu dari <i>Seven Segment</i> | II-3 |
| Gambar II-4. Tampilan <i>Seven Segment</i> Digit 8 | II-3 |
| Gambar II-5 Tasbih Digital..... | II-4 |
| Gambar II-6. Representasi citra digital dalam 2 dimensi..... | II-6 |
| Gambar II-7. Kontur Tertutup..... | II-11 |
| Gambar II-8. Kontur Terbuka | II-11 |
| Gambar II-9. Algoritma KNN..... | II-13 |
| Gambar II-10. <i>Multiclass Confusion Matrix</i> | II-15 |
| Gambar II-11. Rational Unified Process..... | II-17 |
| Gambar II-12. Fase dalam RUP | II-18 |
| Gambar III-1. Citra Tasbih Digital Asli..... | III-2 |
| Gambar III-2. Citra Tasbih Digital LCD..... | III-2 |
| Gambar III-3. Tahapan Penelitian..... | III-3 |
| Gambar III-4. Kerangka Kerja Penelitian | III-4 |
| Gambar III-5. Citra Tasbih Digital..... | III-5 |
| Gambar III-6. <i>Cropping</i> Otomatis Citra Tasbih Digital..... | III-6 |
| Gambar III-7. Konversi citra warna ke citra abu-abu | III-9 |
| Gambar III-8. Kernel <i>Gaussian</i> 3x3..... | III-10 |
| Gambar III-9. Konvolusi <i>Gaussian</i> | III-11 |
| Gambar III-10. Hasil Matriks Citra <i>Gaussian</i> | III-11 |
| Gambar III-11. Citra Hasil <i>Gaussian</i> | III-12 |
| Gambar III-12. Citra Hasil <i>Adaptive Gaussian Thresholding</i> | III-13 |
| Gambar III-13. Citra Hasil Erosi..... | III-14 |
| Gambar III-14. Citra Hasil <i>Inverse</i> | III-14 |
| Gambar III-15. Citra Hasil Pra-pengolahan | III-15 |
| Gambar III-16. Deteksi LCD | III-16 |
| Gambar III-17. LCD Tasbih Digital..... | III-16 |
| Gambar III-18. LCD tidak terdeteksi | III-16 |
| Gambar III-19. <i>Cropping</i> Manual | III-16 |
| Gambar III-20. <i>Resize</i> Citra..... | III-16 |
| Gambar III-21. Konversi Citra RGB ke Citra <i>Grayscale</i> | III-19 |
| Gambar III-22. Kernel <i>Gaussian</i> 3x3..... | III-20 |
| Gambar III-23. Konvolusi <i>Gaussian</i> | III-21 |
| Gambar III-24. Hasil Matriks Citra <i>Gaussian</i> | III-21 |
| Gambar III- 25 Citra Hasil <i>Gaussian</i> | III-22 |
| Gambar III-26. Citra Hasil <i>Adaptive Gaussian Thresholding</i> | III-22 |
| Gambar III-27. Citra Hasil Erosi..... | III-24 |
| Gambar III-28. Citra Hasil <i>Inverse</i> | III-24 |
| Gambar III-29. Citra Hasil <i>Closing</i> | III-26 |

| | |
|--|--------|
| Gambar III-30. Transformasi Data..... | III-32 |
| Gambar IV-1. <i>Use Case Diagram</i> | IV-4 |
| Gambar IV-2. Perancangan Antarmuka Halaman 1 | IV-8 |
| Gambar IV-3. Perancangan Antarmuka Halaman 2 | IV-9 |
| Gambar IV-4. <i>Activity Diagram</i> Melakukan Load Citra Pengenalan | IV-11 |
| Gambar IV-5. <i>Activity Diagram</i> Melakukan Pengenalan | IV-12 |
| Gambar IV-6. <i>Sequence Diagram</i> Melakukan <i>Load Citra</i> | IV-13 |
| Gambar IV- 7. <i>Sequence Diagram</i> Melakukan Pengenalan..... | IV-14 |
| Gambar IV-8. <i>Class Diagram</i> | IV-15 |
| Gambar IV-9. Antarmuka Perangkat Lunak Halaman Awal | IV-17 |
| Gambar IV-10. Buka File Citra Tasbih Digital..... | IV-18 |
| Gambar IV-11. Antarmuka Halaman Awal Menampilkan Hasil Pengenalan . | IV-18 |
| Gambar IV-12. Antarmuka Perangkat Lunak Halaman Kedua | IV-19 |
| Gambar IV-13. Antarmuka Halaman Kedua Menampilkan Hasil Pengenalan | IV-19 |
| Gambar V-1. Contoh Data Latih..... | V-2 |
| Gambar V-2. Contoh Data Uji | V-2 |
| Gambar V-3. Contoh Pengenalan Data Citra Tasbih Digital | V-4 |
| Gambar V-4. <i>Confusion Matrix</i> Model 1 | V-18 |
| Gambar V-5. <i>Confusion Matrix</i> Model 2..... | V-20 |
| Gambar V-6. <i>Confusion Matrix</i> Model 3..... | V-21 |
| Gambar V-7. <i>Confusion Matrix</i> Model 4..... | V-23 |
| Gambar V-8. <i>Confusion Matrix</i> Model 5..... | V-24 |
| Gambar V-9. <i>Confusion Matrix</i> Model 6..... | V-26 |
| Gambar V-10. <i>Confusion Matrix</i> Model 7 | V-27 |
| Gambar V-11. <i>Confusion Matrix</i> Model 8..... | V-29 |
| Gambar V-12. <i>Confusion Matrix</i> Model 9..... | V-30 |
| Gambar V-13. <i>Confusion Matrix</i> Model 10..... | V-32 |
| Gambar V-14. <i>Confusion Matrix</i> Model 11 | V-33 |
| Gambar V-15. <i>Confusion Matrix</i> Model 12..... | V-35 |
| Gambar V-16. Catatan Hasil Perbandingan Performa dari 12 Model | V-37 |

DAFTAR LAMPIRAN

1. Kode Program

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Pendahuluan

Bab pendahuluan berisi tentang dasar-dasar pemikiran penelitian, meliputi latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, sistematika penulisan, dan kesimpulan pendahuluan.

1.2 Latar Belakang Masalah

Mengenali pola angka tidaklah sulit bagi manusia, namun berbeda halnya dengan komputer. Komputer mempunyai masalah dalam penglihatan untuk membaca angka dari citra dan membutuhkan algoritma atau metode tersendiri dalam mendeteksi dan mengenali pola angka dari citra yang akan dikenali (Truong et al., 2020). Citra tasbeih digital merupakan citra yang menampilkan angka atau bilangan desimal berupa *seven segment* pada layar LCD tasbeih digital. Citra tasbeih digital digunakan untuk menyetor sholawat dan mengevaluasi progress harian jamaah yang dikirimkan ke Grup Camp Shalawat. Selanjutnya, untuk mengetahui progress harian jamaah, tim Camp Shalawat harus melakukan pencatatan jumlah sholawat secara manual. Pencatatan ini dilakukan untuk mengukur jumlah sholawat setiap harinya karena sesuai sabda Rasulullah yaitu “Yang paling dekat denganku nanti di hari kiamat ialah yang paling banyak bersholawat kepadaku” (HR.

Tirmidzi)¹. Namun, pencatatan yang dilakukan secara manual rentan mengalami kesalahan, memakan banyak waktu, dan melelahkan

Solusi untuk permasalahan di atas dapat diselesaikan dengan membangun sistem pengenalan angka pada citra tasbih digital. Dengan memanfaatkan sistem pengenalan angka tersebut, pencatatan jumlah sholawat dapat dilakukan secara cepat dan mudah. Tantangan muncul, citra tasbih digital memiliki tampilan yang kecil dan angka yang hanya menampilkan garis vertikal dan horizontal. Tantangan ini dapat menjadi masalah yang kompleks, karena citra memiliki variasi latar belakang dan pencahayaan yang beragam. Citra tasbih digital yang dikirim ke grup dianalisis dan diubah menjadi data numerik menggunakan algoritma pengolahan citra. Sebelumnya, citra diproses untuk memotong area yang diinginkan demi mengurangi komputasi. Teknik pengenalan diterapkan untuk mengenali setiap digit dari data numerik citra tasbih digital. Teknik pengenalan paling banyak digunakan adalah *K-Nearest Neighbor* (KNN) (Alfeilat et al., 2019) yang berfungsi sebagai klasifikasi untuk mengenali angka pada citra tasbih digital. Untuk mempercepat proses klasifikasi dalam mengenali angka, ekstraksi fitur harus digunakan. Metode (*Principal Component Analysis*) PCA adalah metode lama untuk mengekstraksi fitur. Kedua metode tersebut telah berhasil diterapkan oleh Wu et al (2018) dan Gunawan et al (2019) yang membahas tentang pengenalan tulisan tangan karakter cina dan pengenalan plat nomor secara otomatis. Kedua metode tersebut belum tentu sukses untuk diterapkan pada penelitian ini, karena citra tasbih digital

¹ “Tentang Kami – Camp Sholawat Official,” [Online]. Available: <https://campsholawat.com/tentang-kami/>

memiliki karakteristik tersendiri dan berbeda dengan penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, penelitian ini menjadi sangat penting untuk menyelam jauh ke dalam area tersebut.

Penelitian sebelumnya oleh Wu et al (2018) menggunakan metode yang sama dengan objek yang berbeda. Penelitian ini, membahas tentang pengenalan tulisan tangan resep obat Cina. Masalah penelitian ini adalah metode pengklasifikasi tunggal tradisional memiliki efek yang baik pada pengenalan fitur tunggal. Namun, pengenalan dan klasifikasi beberapa fitur buruk (seperti campuran angka, huruf, dan karakter Cina). Penelitian ini menggabungkan dua metode untuk diterapkan. Metode PCA digunakan untuk mengekstrak komponen utama dari citra karakter Cina, dan metode KNN untuk mencapai klasifikasi yang akurat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mencapai akurasi sebesar 92,7%.

Penelitian berikutnya oleh Gunawan et al (2019) yang bertujuan untuk mengenali citra plat nomor secara otomatis menggunakan metode PCA dan KNN sebagai ekstraksi fitur dan pengenalan. Penelitian ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan otomatisasi dalam pengawasan transportasi. Metode PCA sebagai ekstraksi fitur untuk mengurangi dimensi data dengan mempertahankan informasi sebanyak mungkin dari dataset asli. Kemudian, memanfaatkan metode KNN sebagai pengganti *optical character recognition* dalam mengenali plat nomor. Metode KNN mengklasifikasikan objek dengan menentukan objek terdekat berdasarkan data latih. Hasil penelitian menunjukkan tingkat keberhasilan pengenalan plat nomor sebesar 92,86%.

Penelitian lain oleh Haque et al (2019) membahas pengenalan bahasa isyarat Bangla dua tangan menggunakan metode PCA dan KNN. PCA digunakan untuk mengekstraksi fitur, mengurangi dimensi data, dan mengubah data berdimensi tinggi menjadi data berdimensi lebih rendah. PCA mengekstrak sebagian besar informasi yang relevan dari kumpulan data sambil mempertahankan informasi sampel yang penting. Algoritma KNN berfungsi mengklasifikasikan fitur yang diekstraksi berdasarkan jarak *euclidean*. Cara ini sangat efisien dengan berbagai latar belakang dan efek dan menunjukkan hasil *precision*, *recall*, dan *f-measure* sebesar 98,11%, 83,87%, dan 90,46%.

Penelitian ini mengusulkan metode PCA sebagai ekstraksi fitur untuk mengurangi dimensi data dan mempertahankan informasi sebanyak mungkin, sehingga jumlah perhitungan untuk klasifikasi dan pengenalan sangat berkurang (Wu et al., 2018). Kemudian, metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) sebagai klasifikasi untuk mengenali angka pada citra tasbih digital. Keunggulan utama yang dimiliki KNN yaitu kuat dalam hal ruang pencarian (Alhamza & Alaythawy, 2020), kuat terhadap data pelatihan yang memiliki *noise*, efektif untuk sejumlah besar contoh pelatihan, sederhana, dan mudah diterapkan, sehingga dapat menyelesaikan masalah klasifikasi secara akurat (Boateng et al., 2020).

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan bahwa citra tasbih digital memiliki karakteristik tersendiri, seperti tampilannya yang kecil dan angka pada citra tasbih digital merupakan angka *seven segment* yang hanya menampilkan

garis vertikal dan horizontal saja. Selain itu, pengenalan angka pada citra tasbih digital dapat menjadi masalah yang kompleks, karena citra memiliki variasi latar belakang dan pencahayaan yang beragam. Metode PCA dan KNN adalah metode lama paling banyak digunakan untuk ekstraksi fitur dan pengenalan pola serta berhasil dikembangkan oleh penelitian sebelumnya. Kedua metode tersebut belum tentu sukses diterapkan pada penelitian ini, karena citra tasbih digital memiliki karakteristik tersendiri. Dengan demikian, penelitian ini menjadi sangat penting untuk menyelam jauh ke dalam area tersebut. Adapun rumusan masalah yang didapatkan adalah:

1. Bagaimana implementasi metode PCA sebagai ekstraksi fitur dan KNN sebagai klasifikasi untuk mengenali angka pada citra tasbih digital?
2. Bagaimana tingkat akurasi pengenalan angka pada citra tasbih digital menggunakan metode PCA dan KNN?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengembangkan suatu sistem untuk mengenali angka pada citra tasbih digital menggunakan metode PCA dan KNN.
2. Mengetahui tingkat akurasi pengenalan angka pada citra tasbih digital menggunakan metode PCA dan KNN.

1.5 Manfaat Penelitian

Berikut manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai sistem pencatatan jumlah sholawat.
2. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai penelitian angka pada citra tasbih digital selanjutnya.

1.6 Batasan Masalah

Adapun batasan permasalahan dalam penelitian ini adalah:

1. Angka citra tasbih digital yang dilatih berformat *png*.
2. Citra tasbih digital yang diuji berformat *jpeg* dan *jpg*.
3. Angka pada citra tasbih digital berupa *seven segment*.
4. Maksimal angka pada citra tasbih digital yaitu lima *digit*.
5. Sumber data berasal dari Grup *Whatsapp* Camp. Sholawat 303.
6. Komponen PCA yang dipakai sebanyak 256 komponen.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian ini adalah sebagai berikut:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah serta sistematika penulisan.

BAB II. KAJIAN LITERATUR

Bab ini menjelaskan dasar-dasar teori yang digunakan dalam penelitian dan menguraikan penelitian yang dilakukan sebelumnya yang relevan dengan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini memaparkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini. Setiap langkah dari rencana penelitian dijelaskan secara rinci dengan mengacu pada kerangka kerja. Pada akhir bab ini adalah konsep manajemen proyek dalam melakukan penelitian.

BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas perancangan perangkat lunak dan implementasi metode, analisis kebutuhan, pembuatan diagram, dan pengujian perangkat lunak.

BAB V HASIL DAN ANALISIS PENELITIAN

Bab ini menyajikan hasil penelitian berdasarkan tahapan yang telah direncanakan dan analisis untuk menarik kesimpulan dari penelitian.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memuat kesimpulan dari semua uraian yang disajikan pada bab-bab sebelumnya dan memuat saran-saran yang berguna dalam penerapan metode penelitian ini.

1.8 Kesimpulan

Bab ini menjelaskan apa yang melatarbelakangi penelitian ini. Dimulai dengan penjelasan tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta batasan masalah, yang dijelaskan secara rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, R., & Sarwoko, A. (2016). Studi Analisis Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka Arabic (Indian) Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors dan Connected Component Labeling. *Dinamika Rekayasa*, 12(2), 45–51. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20884/1.dr.2016.12.2.144>
- Alfeilat, H. A. A., Hassanat, A. B. A., Lasassmeh, O., Tarawneh, A. S., Alhasanat, M. B., Eyal Salman, H. S., & Prasath, V. B. S. (2019). Effects of Distance Measure Choice on K-Nearest Neighbor Classifier Performance: A Review. *Big Data*, 7(4), 221–248. <https://doi.org/10.1089/big.2018.0175>
- Alhamza, D. A. A., & Alaythawy, A. D. (2020). Iraqi License Plate Recognition Based on Machine Learning. *Iraqi Journal of Information & Communications Technology*, 3(4), 1–10. <https://doi.org/10.31987/ijict.3.4.94>
- Anggraeni, D. T. (2021). Perbaikan Citra Dokumen Hasil Pindai Menggunakan Metode Simple, Adaptive-Gaussian, dan Otsu Binarization Thresholding. *EXPERT: Jurnal Manajemen Sistem Informasi Dan Teknologi*, 11(2), 71. <https://doi.org/10.36448/expert.v11i2.2170>
- Basu, A., & Sathya, M. (2020). Handwritten Digit Recognition Using Neural Networks. *ArXiv*. <https://arxiv.org/abs/2111.05483>
- Bhamare, D., & Suryawanshi, P. (2018). Review on Reliable Pattern Recognition with Machine Learning Techniques. *Fuzzy Information and Engineering*, 10(3), 362–377. <https://doi.org/10.1080/16168658.2019.1611030>
- Boateng, E. Y., Otoo, J., & Abaye, D. A. (2020). Basic Tenets of Classification Algorithms K-Nearest-Neighbor, Support Vector Machine, Random Forest and Neural Network: A Review. *Journal of Data Analysis and Information Processing*, 08(04), 341–357. <https://doi.org/10.4236/jdaip.2020.84020>
- Finnegan, E., Villarroel, M., Velardo, C., & Tarassenko, L. (2019). *Automated method for detecting and reading seven-segment digits from images of blood glucose metres and blood pressure monitors*. <https://doi.org/10.1080/03091902.2019.1673844>
- Fitriyah, H., & Wihandika, R. C. (2018). An Analysis of RGB, Hue and Grayscale under Various Illuminations. *3rd International Conference on Sustainable Information Engineering and Technology, SIET 2018 - Proceedings*, 38–41. <https://doi.org/10.1109/SIET.2018.8693160>
- Gunawan, D., Rohimah, W., & Rahmat, R. F. (2019). Automatic Number Plate Recognition for Indonesian License Plate by Using K-Nearest Neighbor Algorithm. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 648(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/648/1/012011>
- Hidayah, M. R., Akhlis, I., & Sugiharti, E. (2017). Recognition Number of The Vehicle Plate Using Otsu Method and K-Nearest Neighbour Classification. *Scientific Journal of Informatics*, 4(1), 66–75. <https://doi.org/10.15294/sji.v4i1.9503>
- Hutahaean, D. J., Wardani, N. H., & Purnomo, W. (2019). Pengembangan Sistem Informasi Penyewaan Gedung Berbasis Web dengan Metode Rational Unified Process (RUP) (Studi Kasus: Wisma Rata Medan). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(Vol. 3, No. 6, Juni), 5789–5798.

- Kanan, C., & Cottrell, G. W. (2012). Color-to-grayscale: Does the method matter in image recognition? *PLoS ONE*, 7(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029740>
- Kasar, T. (2019). Recognition of Seven-Segment Displays from Images of Digital Energy Meters. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 43, 413–419. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2514-4>
- Khetan, N., Kejriwal, L., & Indu, S. (2017). Enhancement of Degraded Manuscript Images using Adaptive Gaussian Thresholding. *International Journal of Future Generation Communication and Networking*, 10(1), 47–60. <https://doi.org/10.14257/ijfgcn.2017.10.1.05>
- Kusumanto, R., & Tompunu, A. N. (2011). Pengolahan Citra Digital untuk Mendeteksi Obyek Menggunakan Pengolahan Warna Model Normalisasi RGB. *Studies in Environmental Science*. [https://doi.org/10.1016/S0166-1116\(08\)71924-1](https://doi.org/10.1016/S0166-1116(08)71924-1)
- Markoulidakis, I., Kopsiaftis, G., Rallis, I., & Georgoulas, I. (2021). Multi-Class Confusion Matrix Reduction method and its application on Net Promoter Score classification problem. *ACM International Conference Proceeding Series*, 412–419. <https://doi.org/10.1145/3453892.3461323>
- Mohammed, S., Khalid, A., Osman, S., & Helali, R. G. (2016). Usage of Principal Component Analysis (PCA) in AI Applications. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 5(12), 372–375. www.ijert.org
- Munir, R. (2012). Operasi-operasi Dasar Pengolahan Citra Digital. *Operasi-Operasi Dasar Pengolahan Citra Digital*, 41–60. <https://asanisembiring.wordpress.com/modul-kuliah/pengolahan-citra-s1/>
- Popayorm, S., Titijaroonroj, T., Phoka, T., & Massagram, W. (2020). Data augmentation based on multiscale radon transform for seven segment display recognition. *KST 2020 - 2020 12th International Conference on Knowledge and Smart Technology*, 47–51. <https://doi.org/10.1109/KST48564.2020.9059315>
- Priandini, D. A., Nangi, J., Muchtar, M., & Sari, J. Y. (2018). Deteksi area plat mobil menggunakan operasi morfologi citra. *Seminar Nasional Teknologi Terapan Berbasis Kearifan Lokal (Snt2Bkl)*, December 2018, 294–302.
- Saad, N. M., Noor, N. S. M., Abdullah, A. R., Fong, O. Y., & Rahman, N. N. S. A. (2017). Real-time LCD digit recognition system. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 6(2), 402–411. <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v6.i2.pp402-411>
- Said, K. A. M., & Jambek, A. B. (2021). Analysis of Image Processing Using Morphological Erosion and Dilation. *Journal of Physics: Conference Series*, 2071(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2071/1/012033>
- Shenoy, V. N., & Aalami, O. O. (2017). Utilizing Smartphone-Based Machine Learning in Medical Monitor Data Collection: Seven Segment Digit Recognition. *AMIA ... Annual Symposium Proceedings. AMIA Symposium, 2017*, 1564–1570.
- Smallman, L., & Artemiou, A. (2022). A Literature Review of (Sparse) Exponential Family PCA. *Journal of Statistical Theory and Practice*, 16(1), 1–19.

<https://doi.org/10.1007/s42519-021-00238-4>

- Truong, C. N., Ton, N. Q. H., Do, H. P., & Nguyen, S. P. (2020). Digit detection from digital devices in multiple environment conditions. *Proceedings - 2020 RIVF International Conference on Computing and Communication Technologies, RIVF 2020*. <https://doi.org/10.1109/RIVF48685.2020.9140775>
- Tsiktsiris, D., Kechagias, K., Dasygenis, M., & Angelidis, P. (2019). Accelerated Seven Segment Optical Character Recognition Algorithm. *5th Panhellenic Conference on Electronics and Telecommunications, PACET 2019*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PACET48583.2019.8956283>
- Varma, P. R. K., Ganta, S., Hari Krishna, B., & Svsrk, P. (2020). A Novel Method for Indian Vehicle Registration Number Plate Detection and Recognition using Image Processing Techniques. *Procedia Computer Science*, 167, 2623–2633. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.03.324>
- Velankar, M., & Kulkarni, P. (2022). Melodic Pattern Recognition and Similarity Modelling : A Systematic Survey in Music Computing. *Journal of Trends in Computer Science and Smart Technology*, 4(4), 272–290. <https://doi.org/10.36548/jtcsst.2022.4.005>
- Wannachai, A., Boonyung, W., & Champrasert, P. (2020). Real-Time Seven Segment Display Detection and Recognition Online System Using CNN. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, 329 LNICST, 52–67. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57115-3_5
- Wu, P., Wang, F., & Liu, J. (2018). An Integrated Multi-Classifer Method for Handwritten Chinese Medicine Prescription Recognition. *Proceedings of the IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences, ICSESS*, 711–714. <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2018.8663789>
- Yang, R., Jin, X., & Li, L. (2019). A method to locate and recognize LCD display screen using FCN. *Proceedings - 10th International Conference on Information Technology in Medicine and Education, ITME 2019*, 587–591. <https://doi.org/10.1109/ITME.2019.00137>