

**APLIKASI PENGENALAN POLA
TULISAN TANGAN ANGKA ARABIC (INDIAN)
MENGUNAKAN METODE *CONNECTED COMPONENT LABELING*
DAN *TEMPLATE MATCHING***



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Pada Jurusan Ilmu Komputer/Informatika**

**Disusun Oleh:
RONI AKBAR
24010310141046**

**JURUSAN ILMU KOMPUTER/ INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2016

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir/ skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah saya tulis atau terbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Semarang, 3 Februari 2016

Roni Akbar
24010310141046

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka *Arabic (Indian)* menggunakan Metode *Connected Component Labeling* dan *Template Matching*

Nama : Roni Akbar

NIM : 24010310141046

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 26 Januari 2016 dan dinyatakan lulus pada tanggal 3 Februari 2016

Semarang, 3 Februari 2016

Mengetahui,

Ketua Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika
FSM UNDIP

Panitia Penguji Tugas Akhir
Ketua,

Ragil Saputra, S.Si, M.Cs.
NIP. 198010212005011003

Nurdin Bahtiar, S.Si, MT
NIP. 197907202003121002

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka *Arabic (Indian)* menggunakan Metode *Connected Component Labeling* dan *Template Matching*

Nama : Roni Akbar

NIM : 24010310141046

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 26 Januari 2016.

Semarang, 3 Februari 2016

Pembimbing

Drs. Eko Adi Sarwoko, M.Kom
NIP. 196511071992031003

ABSTRAK

Tulisan tangan merupakan hasil menulis, barang yang ditulis ataupun cara menulis dengan tangan (bukan ketikan). Tulisan tangan dapat dikenali karena hasil dari proses pembelajaran manusia. Gaya penulisan setiap orang tidak sama, hal ini menjadi kendala dalam mengenali hasil tulisan tangan. Pengenalan tulisan tangan menjadi lebih sulit apabila objek tulisan berbeda dari yang biasa digunakan, contohnya tulisan dalam bahasa lain. Salah satu bahasa resmi Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), bahasa Arab, memiliki penulisan angka yang dikenal sebagai angka *Arabic (Indian)*. Identifikasi ciri-ciri membantu manusia untuk membedakan suatu pola dengan pola lainnya. Pengelompokan pola ini dapat diterapkan kepada mesin untuk tujuan mengenali suatu objek tulisan pada citra. Penelitian ini merancang dan membangun aplikasi pengenalan pola tulisan tangan angka *Arabic (Indian)* menggunakan metode *connected component labeling* dan *template matching*. *Connected component labeling* digunakan untuk pemotongan karakter menjadi bagian yang tidak saling terhubung satu sama lain agar mudah dikenali. *Template matching* adalah metode yang digunakan untuk mencari seberapa besar kecocokan antara citra uji dengan citra latih menggunakan *classifier k- Nearest Neighbors* (KNN). Fitur yang dimiliki aplikasi ini di antaranya dapat menyimpan citra latih angka *Arabic (Indian)*, melakukan klasifikasi angka *Arabic (Indian)*, dan pemotongan karakter. Aplikasi ini memberikan hasil pengenalan berupa angka modern yang dipakai sehari-hari. Aplikasi ini dikembangkan dengan metode *sequential linear* yang diimplementasikan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB dan *database* Microsoft Access. Aplikasi ini diuji dengan menggunakan 100 citra uji. Tiga hasil klasifikasi terbaik dari pengenalan pola tulisan tangan angka *Arabic (Indian)* menggunakan metode *k- Nearest Neighbors* (KNN) adalah 86% saat nilai $k=1$, 84% dengan nilai $k=3$, dan 83% dengan $k=5$.

Kata Kunci: Pengenalan Pola, Tulisan Tangan, Angka *Arabic (Indian)*, *Connected Component Labeling*, *Template Matching*, *k- Nearest Neighbors* (KNN)

ABSTRACT

Handwriting refers to the result of writing, a thing's writing, or the way of writing by hand (not typed). Handwriting can be recognized by human because of human's learning process. The writing style of people are not the same, this is an obstacle on recognition of handwriting object. Handwriting recognition can be more tough when the letter different from the daily use object, for example the letter from other language. One of the United Nations official languages, Arabic, has a numerical system known as Arabic (Indian) numeral. The identification of feature help humans to be able distinguish the patterns. The grouping patterns can be applied to the machine for recognizing object in the image. This research designed and implemented pattern recognizing application of handwritten Arabic (Indian) numeral using connected component labeling and template matching method. Connected component labeling is used for separating characters to be easily recognizable. Template matching is used to find the similarity value between query image and template images with k- Nearest Neighbors (KNN) classifier. The features of this application can save template images of Arabic (Indian) numeral, numerical Arabic (Indian) numeral classification, and separating the characters. The result of this application is recognition as modern numbers in commonly used. This application was developed with sequential linear method which implemented using the MATLAB programming language and Microsoft Access database. This application was tested using 100 test images. The top three classification results of Arabic (Indian) handwritten recognition use k- Nearest Neighbors (KNN) are 86% when k= 1, 84% when k= 3, and 83% with k= 5.

Keywords : Pattern Recognition, Handwriting, Arabic (Indian) Numbers, Connected Componet Labeling, Template Matching, k- Nearest Neighbors (KNN).

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Aplikasi Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka *Arabic (Indian)* menggunakan Metode *Connected Component Labeling* dan *Template Matching*” dengan baik dan lancar. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.

Pada pelaksanaan dan penyusunan laporan ini, penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa hormat dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Widowati, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Sains Dan Matematika (FSM) Universitas Diponegoro (UNDIP)
2. Ragil Saputra, S.Si., M.Cs., selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika FSM UNDIP
3. Helmie Arief Wibawa, S.Si, M.Cs., selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir Jurusan Ilmu Komputer/ Informatika FSM UNDIP
4. Drs. Eko Adi Sarwoko, M.Kom., selaku Dosen Pembimbing yang telah membantu dalam proses bimbingan hingga terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini
5. Rusnir dan Ratna Wilis, selaku Orang Tua penulis yang telah banyak memberikan dukungan moril maupun materil kepada penulis
6. Semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam pelaksanaan tugas akhir ini yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan baik dari segi materi maupun dalam penyajiannya karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Semarang, 3 Februari 2016

Roni Akbar

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR KODING	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan dan Manfaat.....	4
1.4. Ruang Lingkup	4
1.5. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Pengolahan Citra	7
2.2. Pengenalan Pola	8
2.3. <i>Handwriting Recognition</i>	9
2.4. <i>Grayscale</i>	10
2.5. <i>Thresholding</i>	11
2.6. <i>Filtering</i>	13
2.7. <i>Auto Cropping</i>	15

2.8.	<i>Scalling</i>	17
2.9.	<i>Invert / Logical NOT</i>	19
2.10.	<i>Segmentation</i>	20
2.11.	<i>Connected Component Labeling (CCL)</i>	21
2.12.	<i>Template Matching</i>	21
2.13.	<i>K- Nearest Neighbors (KNN)</i>	22
2.14.	<i>Structured Programming</i>	23
2.14.1.	<i>Flowchart</i>	24
2.14.2.	Pemodelan Fungsional.....	24
2.14.3.	Pengujian Fungsional	25
2.15.	<i>Sequential Linear</i>	25
BAB III ANALISIS KEBUTUHAN DAN PERANCANGAN		27
3.1.	Analisis Kebutuhan	27
3.1.1.	Analisis Kebutuhan Fungsional.....	27
3.1.2.	Analisis Kebutuhan Non Fungsional	28
3.2.	Analisis Sistem.....	28
3.3.	Desain Data	30
3.3.1.	Tabel <i>Template</i>	30
3.3.2.	<i>Data Flow Diagram</i>	30
3.3.2.1.	DFD level 0 (<i>Data Context Diagram</i>).....	30
3.3.3.2.	DFD level 1	31
3.4.	Perancangan Aplikasi Pengenalan Tulisan Tangan Angka <i>Arabic (Indian)</i>	32
3.5.	Perancangan Antarmuka.....	41
3.5.1.	Halaman Awal	41
3.5.2.	<i>Form Template</i>	41
3.5.3.	<i>Form Utama</i>	42
3.5.4.	Halaman <i>Help</i>	43
BAB IV IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN ANALISIS HASIL		44
4.1.	Implementasi	44
4.1.1.	Implementasi Halaman Awal	44
4.1.2.	<i>Form Template</i>	45
4.1.3.	<i>Form Utama</i>	45

4.1.3.1. Fungsi <i>Input</i>	46
4.1.3.2. Fungsi <i>Preprocessing</i>	47
4.1.3.3. Fungsi <i>Select</i>	48
4.1.3.4. Fungsi <i>Segmentation</i>	48
4.1.3.5. Fungsi <i>Auto cropping</i>	49
4.1.3.6. Fungsi <i>Normalization</i>	50
4.1.3.7. Fungsi <i>Classification</i>	50
4.1.4. Halaman <i>Help</i>	51
4.1.5. Fungsi <i>Exit</i>	52
4.2. Analisa <i>Classification k- Nearest Neighbors (KNN)</i>	52
4.3. Implementasi Fungsi	54
4.3.1. Fungsi <i>Input</i>	54
4.3.2. Fungsi <i>Preprocessing</i>	54
4.3.3. Fungsi <i>Grayscale</i>	55
4.3.4. Fungsi <i>Thresholding</i>	55
4.3.5. Fungsi <i>Filtering</i>	56
4.3.6. Fungsi <i>Select</i>	57
4.3.7. Fungsi <i>Segmentation</i>	57
4.3.8. Fungsi <i>Auto Cropping</i>	59
4.4. Pengujian	60
4.4.1. Lingkungan Pengujian	60
4.4.1.1. Perangkat Keras	60
4.4.1.2. Perangkat Lunak	60
4.4.2. Pelaksanaan Pengujian.....	61
4.4.3. Analisis Hasil Pengujian.....	65
BAB V PENUTUP	66
5.1. Kesimpulan.....	66
5.2. Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....	67

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Perkembangan sistem penomoran dari India ke Eropa (Sarcone, 2015).....	2
Gambar 2.1. Gambaran umum pengenalan pola (Munir, 2004).....	8
Gambar 2.2. Citra karakter ‘A’ yang digunakan sebagai masukan untuk pengenalan huruf (Munir, 2004).....	9
Gambar 2.3. Derajat keabuan (Indraani, 2014)	10
Gambar 2.4. Contoh proses <i>grayscale</i> pada citra angka <i>Arabic (Indian)</i> (a) Citra asli dan (b) Citra setelah proses <i>grayscale</i>	11
Gambar 2.5. Operasi pengambangan pada citra Lena (a) Citra lena asli, (b) T = 128 dan (c) T = 150 (Munir, 2004)	12
Gambar 2.6. Gambaran penggunaan filter median (Kadir & Susanto, 2013)	14
Gambar 2.7. Ilustrasi (a) citra yang telah diberi <i>salt and pepper noise</i> , (b) filter median 3x3, (c) filter median 5x5, (d) filter median 9x9 (Kadir & Susanto, 2013)	15
Gambar 2.8. Proses pemotongan citra (Minartiningtyas, 2013).....	16
Gambar 2.9. Proses <i>auto cropping</i> (a) Citra asli dan (b) Hasil <i>auto cropping</i>	16
Gambar 2.10. Proses perbesaran citra dengan menyertakan ‘ruang putih’ (John, 2009)....	18
Gambar 2.11. Ilustrasi <i>bilinear interpolation</i> (Purnomo, 2014).....	19
Gambar 2.12. (a) Citra <i>input invert</i> (b) Citra <i>output invert</i> (Putra, 2010).....	20
Gambar 2.13. Ilustrasi dari <i>classifier k-Nearest Neighbors</i> (KNN) (Purnomo, 2014).....	22
Gambar 2.14. Model proses sekuensial linier (Pressman, 2002).....	26
Gambar 3.1. Diagram aplikasi pengenalan pola tulisan tangan angka <i>Arabic (Indian)</i> secara umum secara umum	29
Gambar 3.2. DFD level 0 aplikasi pengenalan pola tulisan tangan angka <i>Arabic (Indian)</i>	31
Gambar 3.3. DFD level 1 aplikasi pengenalan pola angka <i>Arabic (Indian)</i>	32
Gambar 3.4. <i>Flowchart</i> proses <i>grayscale</i>	33
Gambar 3.5. <i>Flowchart</i> proses <i>thresholding</i>	34
Gambar 3.6. <i>Flowchart</i> proses <i>filtering</i>	35
Gambar 3.7. <i>Flowchart</i> proses <i>segmentation</i> menggunakan <i>connected component labeling</i>	36
Gambar 3.8. <i>Flowchart</i> proses <i>auto cropping</i>	38

Gambar 3.9. <i>Flowchart</i> proses <i>scalling</i>	39
Gambar 3.10. <i>Flowchart</i> proses <i>character recognition</i> menggunakan <i>k- Nearest Neighbors</i>	40
Gambar 3.11. Rancangan halaman awal	41
Gambar 3.12. Rancangan <i>form template</i>	42
Gambar 3.14. Rancangan <i>form</i> utama	42
Gambar 3.15. Rancangan halaman <i>help</i>	43
Gambar 4.1. Antarmuka halaman awal	44
Gambar 4.2. Antarmuka <i>form template</i>	45
Gambar 4.3. Antarmuka <i>form</i> utama	45
Gambar 4.4. Antarmuka kotak dialog " <i>Pick an Image File</i> "	46
Gambar 4.5. Antarmuka <i>form</i> utama setelah proses " <i>Pick an Image File</i> "	47
Gambar 4.6. Antarmuka <i>form</i> utama dengan fungsi <i>preprocessing</i>	47
Gambar 4.7. Antarmuka <i>form</i> utama dengan fungsi <i>select</i>	48
Gambar 4.8. Antarmuka <i>form</i> utama dengan fungsi <i>segmentation</i>	49
Gambar 4.9. Antarmuka <i>form</i> utama dengan fungsi <i>auto cropping</i>	49
Gambar 4.10. Antarmuka <i>form</i> utama dengan fungsi <i>normalization</i>	50
Gambar 4.11. Antarmuka <i>form</i> utama dengan fungsi <i>classification</i>	51
Gambar 4.12. Antarmuka <i>form help</i>	51
Gambar 4.13. Antarmuka <i>form exit</i>	52
Gambar 4.14. Contoh pencarian kelas objek dengan KNN (Abidrahmank, 2013)	52

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Tabel kebenaran untuk logika <i>NOT</i>	20
Tabel 2.2. Notasi <i>flowchart</i>	24
Tabel 2.3. Notasi <i>data flow diagram</i> (Pressman, 2002)	25
Tabel 3.1. Tabel <i>template</i>	30
Tabel 4.1. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k=1$	61
Tabel 4.2. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 2$	62
Tabel 4.3. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 3$	62
Tabel 4.4. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 4$	62
Tabel 4.5. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 5$	63
Tabel 4.6. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 6$	63
Tabel 4.7. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 7$	63
Tabel 4.8. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 8$	63
Tabel 4.9. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 9$	64
Tabel 4.10. Hasil pengujian klasifikasi angka <i>Arabic (Indian)</i> dengan nilai $k= 10$	64
Tabel 4.11. Tabel analisis pengujian sample metode KNN	65

DAFTAR KODING

Koding 2.1. Algoritma proses <i>grayscale</i>	11
Koding 2.2. Algoritma proses <i>thresholding</i>	12
Koding 2.3. Algoritma proses <i>median filtering</i>	14
Koding 2.4. Algoritma proses <i>auto cropping</i>	17
Koding 2.5. Algoritma proses <i>scaling</i>	19
Koding 2.6. Algoritma proses <i>euclidean distance</i>	23
Koding 2.7. Algoritma klasifikasi <i>k- Nearest Neighbors(KNN)</i>	23
Koding 4.1. Fungsi <i>input</i> citra	54
Koding 4.2. Fungsi <i>preprocessing</i>	54
Koding 4.3. Fungsi <i>grayscale</i> citra	55
Koding 4.4. Fungsi <i>thresholding</i> citra	55
Koding 4.5. Fungsi <i>filtering</i> citra	56
Koding 4.6. Fungsi <i>select</i>	57
Koding 4.7. Fungsi <i>segmentation</i>	58
Koding 4.8. Fungsi <i>auto cropping</i> citra	60

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Citra Latih Tulisan Tangan Angka <i>Arabic (Indian)</i>	69
Lampiran 2. Citra Uji Tulisan Tangan Angka <i>Arabic (Indian)</i>	73
Lampiran 3. Koding <i>k- Nearest Neighbors</i>	77

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan, dan manfaat serta ruang lingkup penelitian tugas akhir mengenai Aplikasi Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka *Arabic (Indian)* menggunakan Metode *Connected Component Labeling (CCL)* dan *Template Matching*.

1.1. Latar Belakang

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia atau biasa dikenal sebagai KBBI (2012), tulisan tangan bermakna hasil menulis, barang yang ditulis, ataupun cara menulis yang ditulis dengan tangan (bukan ketikan). Manusia memiliki kemampuan dalam pengenalan tulisan tangan melalui proses pembelajaran, namun ada beberapa kendala yang mungkin ditemukan saat pengenalan, sehingga tulisan tangan menjadi sulit dibaca. Setiap orang memiliki pola penulisan yang berbeda, hal ini menjadi alasan mengapa sebuah tulisan tangan sulit untuk dimengerti. Tulisan tangan menjadi lebih sulit dibaca apabila objek tulisan bukanlah karakter yang biasa digunakan, contohnya tulisan tangan dalam bahasa lain.

Dalam kehidupan sehari-hari, digit-digit angka umum yang dikenal adalah sepuluh simbol berikut: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. Digit-digit ini merupakan kombinasi dari sistem penomoran Hindu-Arab. Pada sistem penomoran Hindu terdapat nilai murni, itu sebabnya diperlukan nilai 0. Hanya orang Hindu dalam konteks peradaban Indo-Eropa yang telah secara konsisten menggunakan nol. Kemudian orang Arab muncul dan memainkan peran penting dalam penyebaran sistem penomoran ini. Digit-digit ini diperkenalkan di Eropa sekitar abad ke-12 oleh Leonardo Pisano, seorang Matematikawan berkebangsaan Itali (lebih dikenal dengan sebutan Fibonacci) (Sarcone, 2015).

Sebelum mengadopsi sistem penomoran Hindu-Arab, sistem penomoran yang digunakan adalah sistem penomoran Romawi, yang merupakan warisan periode Etruscan. Contoh untuk menulis angka 7 dalam penomoran Romawi menggunakan V + I + I = VII atau angka 9 menggunakan simbol IX (I sebelum X). Sistem penomoran

ini digunakan hingga akhir abad ke-16 (Sarcone, 2015). Gambar 1.1 menunjukkan perkembangan sistem penomoran Brahmi hingga penomoran Modern.

Brahmi	↓		—	=	≡	+	୯	୧	୨	୩	୪	୫	୬	୭	୮	୯
Hindu	↓	୦	୧	୨	୩	୪	୫	୬	୭	୮	୯					
Arabic	↓	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩					
Medieval	↓	୦	୧	୨	୩	୪	୫	୬	୭	୮	୯					
Modern		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9					

Gambar 1.1. Perkembangan sistem penomoran Brahmi hingga penomoran Modern (Sarcone, 2015)

Berdasarkan *official languages* Perserikatan Bangsa-Bangsa (PBB), ada 6 bahasa yang ditetapkan sebagai bahasa resmi di lembaga internasional tersebut, yakni China, Inggris, Prancis, Rusia, Spanyol, dan Arab (Nations, 2014). Dalam bahasa Arab, walaupun menggunakan sistem penomoran yang sama, namun bentuk karakter angka yang digunakan berbeda dari angka modern yang dipakai saat ini.

Pemanfaatan teknologi komputer pun tidak hanya digunakan untuk pengolahan kata dan angka, namun juga dimanfaatkan untuk melakukan proses pengenalan seperti kemampuan manusia dalam mengenali objek. Hal ini ditandai dengan berkembangnya kemampuan komputer untuk mengenali objek seperti *fingerprints recognition*, *iris recognition*, *face recognition*, *voice recognition*, maupun *handwriting recognition*. Berdasarkan hal ini, muncul ide penulis untuk mengenali pola angka dari salah satu bahasa resmi pada PBB, yakni angka dalam bahasa Arab yang dikenal sebagai angka *Arabic (Indian)* (Mahmoud & Olatunji, 2009).

Dalam bukunya, Rinaldi Munir menjelaskan bahwa pola merupakan entitas yang terdefinisi dan dapat diidentifikasi melalui ciri-cirinya. Ciri-ciri tersebut digunakan untuk membedakan suatu pola dengan pola lainnya. Ciri yang bagus adalah ciri yang memiliki daya pembeda yang tinggi, sehingga pengelompokan pola berdasarkan ciri yang dimiliki dapat dilakukan dengan keakuratan yang tinggi. Ciri pada suatu pola diperoleh dari hasil pengukuran terhadap objek uji. Khusus pada pola yang terdapat di dalam citra, ciri-ciri yang dapat diperoleh berasal dari informasi (Munir, 2004):

- a. Spasial: intensitas *pixel*, histogram
- b. Tepi: arah, kekuatan

- c. Kontur: garis, elips, lingkaran
- d. Wilayah atau bentuk: keliling luas, pusat massa
- e. Hasil transformasi fourier: frekuensi

Ada dua fase dalam sistem pengenalan pola, yakni fase pelatihan dan fase pengenalan. Pada fase pelatihan, beberapa contoh citra dipelajari untuk menentukan ciri yang akan digunakan dalam proses pengenalan serta prosedur klasifikasinya. Pada fase pengenalan, citra diambil cirinya kemudian ditentukan kelas kelompoknya (Munir, 2004). Untuk dapat mengenali pola pada saat pengenalan pola diperlukan metode untuk pencocokan data.

Angka *Arabic (Indian)* mempunyai karakteristik tersendiri, untuk dapat mengenali angka *Arabic (Indian)* diperlukan metode untuk pencocokan data. *Template matching* adalah salah satu metode yang dapat digunakan dalam tahapan terakhir pengenalan pola, yakni tahapan klasifikasi. Tahapan klasifikasi dengan menggunakan *template matching* ini bekerja dengan cara mencocokkan tiap-tiap bagian dari suatu citra uji dengan citra yang menjadi *template*, kemudian hasil dari pencocokan citra diterima sebagai pengenalan dari data input. Oleh karena itu, data input hanya dikenali bila ada kecocokan dengan *template* yang sudah ada (Prayudi & Wardhana, 2008).

Metode *template matching* untuk penelitian pengenalan angka tulisan tangan pernah diteliti sebelumnya oleh Maya Rini Handayani dengan judul Model *Deformable* untuk Mengenali Angka Tulisan Tangan. Dijelaskan bahwa *template matching* (pencocokan *template*) telah lama digunakan untuk pengenalan karakter hasil cetakan. Untuk mengenali karakter tulisan tangan yang memiliki bentuk yang sangat bervariasi, diperlukan jumlah *template* yang sangat banyak untuk merepresentasikan semua perubahan bentuk (*deformation*) yang mungkin terjadi, atau digunakan model yang dapat berubah bentuk (Handariningsih, 2012). *Classifier* yang digunakan adalah *k- Nearest Neighbors* (KNN). Pada penelitian Fernanda Angga Resmana mengenai Analisis dan Implementasi Pengenalan Tulisan Tangan secara *Realtime* pada Sistem Operasi Android menggunakan *Principal Component Analysis* dan *k- Nearest Neighbors*, KNN dalam klasifikasinya mampu memberikan akurasi sebesar 88.07% (Resmana, 2013).

Selanjutnya, untuk segmentasi karakter menggunakan metode *connected component labeling* (CCL). Segmentasi digunakan untuk memisahkan karakter yang

ada pada citra agar tidak bergabung satu sama lain. Penggunaan CCL sebagai proses segmentasi karakter telah dilakukan oleh Tari Mardiana pada penelitian yang berjudul Pengenalan Plat Nomor Kendaraan menggunakan Metode *Connected Component Labeling* dan *k- Nearest Neighbors*. Metode *connected component labeling* pada penelitian Mardiana berfungsi untuk memotong objek yang dianggap sebagai karakter plat nomor. Dalam pengujiannya, proses segmentasi menggunakan metode *connected component labeling* (CCL) berhasil mencapai 80% dalam melakukan segmentasi karakter plat dengan tepat. Sehingga, keandalannya untuk memisahkan objek tidak terpengaruh pada kemiringan objek. Jika karakter-karakter hasil segmentasi telah didapatkan, maka proses selanjutnya yaitu pengenalan karakter (Mardiana, 2011).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah bagaimana merancang serta mengimplementasikan sebuah aplikasi utuh untuk dapat mengenali pola tulisan tangan angka *Arabic (Indian)* pada citra dengan menggunakan metode *connected component labeling* dan *template matching*.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini yakni:

1. Mengetahui performa penggunaan metode *connected component labeling* dan *template matching* untuk menghasilkan sebuah aplikasi yang dapat mengenali pola angka *Arabic (Indian)* pada citra tulisan tangan
2. Memberikan kesimpulan dari penggunaan metode *connected component labeling* dan *template matching* dengan *classifier k- Nearest Neighbors* (KNN)

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian tugas akhir ini adalah untuk mengenali dan mengklasifikasikan nilai tulisan tangan berupa objek dari bahasa negara lain, yakni angka *Arabic (Indian)*.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup pengembangan aplikasi pengenalan pola angka *Arabic (Indian)* pada citra tulisan tangan dengan menggunakan metode *connected component labeling* dan *template matching* adalah sebagai berikut:

1. Citra yang digunakan adalah citra dengan objek angka *Arabic (Indian)* berupa *file* citra digital dengan format .jpg

2. Fokus pengenalan citra input adalah citra angka *Arabic (Indian)* hasil tulisan tangan dengan menggunakan alat tulis pulpen atau spidol
3. Dimensi citra dan semua citra pada direktori penyimpanan citra berukuran 128×128 piksel
4. Metode segmentasi citra yang digunakan adalah metode *connected component labeling (CCL)*
5. Metode klasifikasi yang digunakan adalah metode *template matching* dengan penggunaan *classifier k- Nearest Neighbors (KNN)*
6. Hasil yang ditampilkan berupa nilai angka modern dari citra angka *Arabic (Indian)*
7. Aplikasi yang dibuat berbasis *desktop* dan tidak terhubung ke dalam jaringan (lokal maupun internet)
8. Aplikasi menampilkan maksimal 6 (enam) hasil pengenalan dari objek yang dipilih secara manual dalam satu baris
9. Pengenalan objek angka *Arabic (Indian)* dilakukan untuk satu baris
10. Pembuatan aplikasi menggunakan bahasa pemrograman MATLAB

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini terbagi dalam beberapa pokok bahasan, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup dan sistematika penulisan tugas akhir mengenai Aplikasi Pengenalan Pola Tulisan Tangan Angka *Arabic (Indian)* menggunakan Metode *Connected Component Labeling* dan *Template Matching*

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan teori pendukung yang berhubungan dengan topik tugas akhir. Pustaka yang digunakan dalam penyusunan tugas akhir ini meliputi pengolahan citra, pengenalan pola, *handwriting recognition*, *grayscale*, *thresholding*, *filtering*, *invert/ logical NOT*, *auto cropping*, *scaling*, *template matching*, *k- Nearest Neighbors (KNN)*, *segmentation*, *connected component labeling (CCL)*, *structured programming*, dan *sequential linear*

BAB III ANALISIS KEBUTUHAN DAN PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan proses pengembangan aplikasi pada tahapan analisis kebutuhan dan perancangan dalam aplikasi yang dibangun, dengan hasilnya berupa desain dan rancangan aplikasi yang dibangun

BAB IV IMPLEMENTASI, PENGUJIAN DAN ANALISIS HASIL

Bab ini memaparkan implementasi, pengujian, dan analisis hasil pengujian perangkat lunak pengenalan pola tulisan tangan angka *Arabic (Indian)* menggunakan metode *connected component labeling* dan *template matching*

BAB V PENUTUP

Penutup berisi tentang kesimpulan yang diambil berkaitan dengan aplikasi yang dibangun, penulisan tugas akhir, dan saran-saran untuk pengembangan selanjutnya