

**PEMBUATAN APLIKASI *MOBILE* PENGENALAN POLA IRIS MATA
MENGUNAKAN METODE *TEMPLATE MATCHING*
DENGAN *LIBRARY OPENCV***



SKRIPSI

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

Disusun Oleh :

SAHID NUR AFRIZAL

24010311140085

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

2015

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Sahid Nur Afrizal

NIM : 24010311140085

Judul : Pembuatan Aplikasi *Mobile* Pengenalan Pola Iris Mata Menggunakan Metode *Template Matching* Dengan *Library OpenCV*

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

Semarang, 21 April 2015



Sahid Nur Afrizal

24010311140085

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pembuatan Aplikasi *Mobile* Pengenalan Pola Iris Mata Menggunakan Metode *Template Matching* Dengan *Library OpenCV*

Nama : Sahid Nur Afrizal

NIM : 24010311140085

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 7 April 2015 dan dinyatakan lulus pada tanggal 21 April 2015.


Semarang, 21 April 2015

Mengetahui,
Ketua Jurusan Ilmu Komputer / Informatika
FSM UNDIP



Nurhan Bahhar, S Si, M T
NIP. 19790720 200312 1 002

Panitia Penguji Tugas Akhir
Ketua,



Aris Sugiharto, S Si, M Kom
NIP. 19710811 199702 1 004

HALAMAN PENGESAHAN

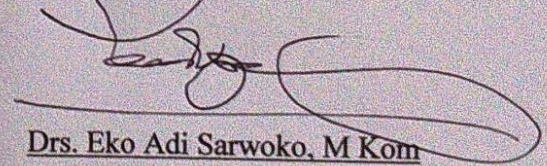
Judul : Pembuatan Aplikasi *Mobile* Pengenalan Pola Iris Mata Menggunakan Metode *Template Matching* Dengan *Library OpenCV*

Nama : Sahid Nur Afrizal

NIM : 24010311140085

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 7 April 2015.

Semarang, 21 April 2015
Dosen Pembimbing,



Drs. Eko Adi Sarwoko, M Kom
NIP. 19651107 199203 1 003

ABSTRAK

Biometrik merupakan teknologi yang digunakan pada sistem komputer dalam pengenalan seseorang menggunakan suatu bagian dari tubuh manusia. Salah satu bagian tubuh yang dapat digunakan pada sistem biometrik ini adalah iris mata manusia, karena sifat dari iris mata itu yang tidak akan berubah dan unik antara seseorang dengan orang lain. Salah satu aplikasi dari teknologi biometrik menggunakan iris mata manusia ini adalah pada *smartphone*. Metode yang diajukan dalam pengenalan iris mata manusia ini adalah *template matching*, dimana metode ini merupakan metode dasar yang digunakan dalam bidang pengenalan pola. Sistem ini dibangun menggunakan OpenCV sebagai *library* utama dalam pemrosesan. Sistem pengenalan yang diajukan dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap pengambilan iris mata, dan tahap pencocokan iris mata. Tahap pengambilan iris mata yang diajukan terdiri dari beberapa metode, yaitu diawali dengan pengambilan citra, lalu dilakukan tahap *pre-processing* yang terdiri dari operasi penskalaan ke ukuran lebih kecil dan *grayscale*, lalu dilanjutkan ke tahap segmentasi, yaitu dengan pendeteksian tepi menggunakan metode Canny, penggunaan metode Transformasi Lingkaran Hough untuk mendeteksi lingkaran iris dan pupil, dan penggunaan metode *Daugman's rubber sheet model*, setelah itu dilanjutkan ke tahap ekstraksi fitur menggunakan Gabor Filter dan *Average Absolute Deviation*. Fitur yang didapatkan disimpan dalam *memory*. Tahap pencocokan iris dibuat menggunakan metode *euclidean distance* untuk melakukan pengukuran jarak kemiripan antara kedua fitur iris. Pengujian dilakukan dengan 10 citra mata, yang masing-masing 5 citra mata kanan dan kiri yang berasal dari satu subjek penelitian. Hasil dari penelitian ini disimpulkan bahwa *threshold* yang optimal untuk sistem ini adalah 0.475 dengan prosentase *False Reject Rate* 36%, *False Acceptance Rate* 40%, rasio kesalahan sistem 38%, dan *Genuine Acceptance Rate* 64%.

Kata kunci : Pengenalan pola iris mata, *Template matching*, biometrik, OpenCV, Android.

ABSTRACT

Biometrics is a technology that is used on computer systems in the introduction of a person using a part of the human body. One part of the body that can be used in biometric systems are human iris, due to the nature of the iris of the eye that will not change and is unique among person with another person. One application of biometrics technology that used human iris was on the smartphone. The method proposed in this human iris recognition was template matching, where this method was the basic method used in the field of pattern recognition. The system built used by OpenCV as the main library in the processing. Proposed recognition system were divided into two stages of iris recognition, and iris matching stage. Stage proposed in this iris recognition consists of several methods, which started by taking the image, and then carried out the pre-processing stage which consists of scaling operations to a smaller size and grayscaling, then proceed to the segmentation stage, using the Canny edge detection method, Circle Hough transform method for detecting circular iris and pupil, and Daugman's rubber sheet models at normalization, then proceed to the feature extraction stage using Gabor Filter and Average Absolute Deviation. Obtained features was stored in memory. Iris matching phase was made using euclidean distance method to measure the similarity distance between two iris features. Tests carried out with 10 eye images, consist of 5 left and right eye images that derived from one research subject. The results of this study concluded that the optimal threshold for this system was 0.475 with 36% of False Reject Rate, 40% of False Acceptance Rate, 38% of system error ratio, and the 64% of Genuine Acceptance Rate.

Keywords : Human Iris Recognition, Template matching, biometrics, OpenCV, Android.

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang mempunyai judul “Pembuatan Aplikasi *Mobile* Pengenalan Pola Iris Mata Menggunakan Metode *Template Matching* Dengan *Library OpenCV*”.

Skripsi ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana komputer pada Jurusan Ilmu Komputer/Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam pelaksanaan tugas akhir serta penyusunan dokumen skripsi ini, penulis menyadari banyak pihak yang membantu sehingga akhirnya dokumen ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Nurdin Bahtiar, S Si, M T, selaku Ketua Jurusan Ilmu Komputer /Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.
2. Bapak Indra Waspada, S T, M TI, selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Ilmu Komputer/Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.
3. Bapak Drs. Eko Adi Sarwoko, M Kom, selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membantu dalam membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dokumen skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 21 April 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR KODE	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	2
1.4. Ruang Lingkup.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Citra Digital.....	6
2.2. Metode <i>Template Matching</i>	7
2.3. Pendeteksian Tepi Metode Canny (<i>Canny Edge Detection</i>).....	7
2.4. Transformasi Lingkaran Hough	10
2.5. Daugman's Rubber Sheet Model	12
2.6. 2D Gabor Filter	14
2.7. Average Absolute Deviation	15
2.8. Euclidean Distance	16

2.9.	Operasi Pada Pengolahan Citra	17
2.9.1.	Operasi <i>Scaling</i>	17
2.9.2.	Operasi Grayscale	18
2.9.3.	Thresholding	19
2.9.4.	Konvolusi	19
2.10.	Evaluasi Sistem Biometrik	20
2.11.	OpenCV	21
2.12.	<i>Unified Process</i>	22
2.13.	<i>Unified Modelling Language</i>	25
BAB III	DEFINISI KEBUTUHAN, ANALISIS DAN PERANCANGAN	27
3.1.	Definisi Kebutuhan	27
3.1.1.	Deskripsi Sistem	27
3.1.2.	Model <i>Use case</i>	36
3.2.	Analisa	37
3.2.1.	Analisa Fungsional	37
3.2.2.	<i>Class Analysis</i>	39
3.3.	Perancangan	40
3.3.1.	Perancangan Fungsional	40
3.3.2.	Perancangan Antarmuka	42
BAB IV	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM	49
4.1.	Implementasi Sistem	49
4.1.1.	Spesifikasi Perangkat Pada Lingkungan Pengembangan	49
4.1.2.	Implementasi Antarmuka	50
4.1.3.	Implementasi Fungsi	53
4.2.	Pengujian Sistem	59
4.2.1.	Spesifikasi Perangkat Pada Lingkungan Pengujian	59
4.2.2.	Rencana Pengujian	60

4.2.3. Hasil Pengujian.....	60
4.2.4. Evaluasi Pengujian	62
BAB V PENUTUP	63
5.1. Kesimpulan.....	63
5.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN-LAMPIRAN	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Representasi Citra Digital Pada Komputer.....	6
Gambar 2.2. Metode <i>template matching</i> untuk pengenalan pola iris	7
Gambar 2.3. Ilustrasi tepi citra dalam bentuk grafik derajat keabuan dan matriks	8
Gambar 2.4. Citra hasil dari masing-masing langkah pada Canny edge detection	10
Gambar 2.5. Ilustrasi titik-titik pada transformasi lingkaran Hough.....	11
Gambar 2.6. Citra mata yang dilakukan deteksi tepi dengan berbagai gradien	12
Gambar 2.7. Daugman's Rubber Sheet Model.....	13
Gambar 2.8. Contoh penggunaan wavelet Gabor.....	15
Gambar 2.9. Penskalaan <i>zoom out</i> dengan faktor skala 2	17
Gambar 2.10. Penskalaan <i>zoom in</i> dengan faktor skala $\frac{1}{2}$	18
Gambar 2.11. Ilustrasi operasi konvolusi pada citra	20
Gambar 2.12. Hubungan fase-fase pada Unified process dengan Workflow.....	23
Gambar 3.1. Gambaran umum sistem	27
Gambar 3.2. Alur proses dari tahap pengambilan	28
Gambar 3.3. Alur proses dari <i>pre-processing</i>	29
Gambar 3.4. Alur proses dari segmentasi.....	30
Gambar 3.5. Alur proses dari normalisasi	31
Gambar 3.6. Alur proses dari ekstraksi fitur	32
Gambar 3.7. Ilustrasi satu buah <i>iris code</i>	32
Gambar 3.8. Ilustrasi satu buah <i>region</i>	33
Gambar 3.9. Alur proses dari tahap pencocokan.....	34
Gambar 3.10. Alur proses dari operasi <i>matching</i> menggunakan <i>Euclidean Distance</i>	35
Gambar 3.11. <i>Use case diagram</i> dari sistem.....	37

Gambar 3.12. Model Analisis <i>Use Case</i> Membuat template	38
Gambar 3.13. Model Analisis <i>Use Case</i> Matching	39
Gambar 3.14. Class Diagram untuk Use case Membuat template	44
Gambar 3.15. Sequence Diagram untuk Use case Membuat template.....	45
Gambar 3.16. <i>Class Diagram</i> untuk <i>Use case</i> Matching	46
Gambar 3.17. <i>Sequence Diagram</i> untuk <i>Use case</i> Matching	47
Gambar 3.18. Rancangan Antarmuka untuk activity_main	47
Gambar 3.19. Rancangan antarmuka untuk activity_matching.....	48
Gambar 3.20. Rancangan antarmuka untuk activity_openfile	48
Gambar 4.1. Implementasi activity_main Pada Saat <i>Startup</i>	50
Gambar 4.2. Implementasi activity_main Setelah Tombol Bantuan ditap.....	51
Gambar 4.3. Implementasi activity_matching.....	51
Gambar 4.4. Implementasi activity_openfile pada saat terpanggil	52
Gambar 4.5. Implementasi activity_openfile pada saat <i>user</i> telah memilih citra.....	53
Gambar 4.6. Sampel citra mata yang digunakan	60
Gambar 4.7. Grafik tren nilai FRR dan FAR	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Notasi <i>Use case</i> Diagram	25
Tabel 2.2. Notasi <i>Class diagram</i>	26
Tabel 2.3. Notasi <i>Sequence diagram</i>	26
Tabel 3.1. Daftar aktor.....	36
Tabel 3.2. Daftar <i>Use case</i>	36
Tabel 3.3. Daftar <i>class</i> hasil dari <i>class analysis</i>	40
Tabel 3.4. Class responsibility collaboration	41
Tabel 3.5. Identifikasi kelas perancangan untuk <i>use case</i> Membuat template.....	42
Tabel 3.6. Identifikasi kelas perancangan untuk <i>use case</i> Matching.....	43
Tabel 4.1. Rekapitulasi hasil pengujian sistem	61

DAFTAR KODE

Kode 4.1. Kode untuk kelas “PreProcessor”	54
Kode 4.2. Kode untuk kelas “Segmentor”	54
Kode 4.3. Kode untuk kelas “Normalizer”	56
Kode 4.4. Kode untuk kelas “FeatureExtractor”	57
Kode 4.5. Kode untuk <i>use case</i> “Menghitung jarak <i>Euclidean</i> ”	58

BAB I PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini menjelaskan tentang latar belakang dari pemilihan tema dan judul tugas akhir ini, rumusan masalah dalam pelaksanaan tugas akhir, tujuan dan manfaat yang dapat diperoleh, ruang lingkup yang menjadi batasan-batasan dari tugas akhir, dan sistematika penulisan dokumen skripsi atau tugas akhir ini.

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi yang begitu pesat membuat peranan komputer semakin dibutuhkan untuk mempermudah pekerjaan manusia. Banyak pekerjaan manusia yang saat ini sudah dikerjakan oleh komputer. Salah satu aplikasi yang dapat digantikan perannya oleh komputer adalah pada proses pengenalan seseorang. Biometrik merupakan salah satu teknologi yang berkembang pesat saat ini, dimana teknologi ini memungkinkan komputer melakukan pengidentifikasian seseorang melalui salah satu bagian dari tubuh manusia yang dinilai unik dan tidak akan berubah lagi dalam waktu kedepannya. Nilai keunikan yang dimiliki oleh suatu bagian tubuh tersebut membuat bagian tubuh tersebut dapat digunakan sebagai identitas dari seseorang.

Salah satu bagian tubuh yang dapat digunakan dalam proses pengenalan seseorang ini adalah iris mata, karena iris mata memiliki pola yang unik dan berbeda dengan manusia lainnya, dan pola iris mata ini dapat bertahan tanpa adanya perubahan lagi kedepannya (Masek, 2003).

Sistem pengenalan seseorang ini sudah banyak dikembangkan sebagai sistem presensi dan otentikasi pada suatu perusahaan, tetapi dengan berkembangnya gaya hidup manusia, sistem ini dapat dikembangkan agar menjadi lebih personal, yaitu pada ponsel atau *smartphone*.

Beberapa penelitian sebelumnya tentang pengenalan iris mata adalah yang dilakukan oleh Libor Masek. Ia membangun sistem pengenalan pola iris menggunakan metode ekstraksi fitur 1D Log-Gabor Wavelet (Masek, 2003). Kulkarni pada tahun 2011 menyempurnakan metode *template matching* yang diteliti oleh Masek, yaitu dengan tidak mengikutkan semua bit yang ada pada *iris*

code atau *template* pada proses *matching* (Kulkarni et al., 2011). Kedua penelitian tersebut menggunakan domain frekuensi dalam ekstraksi fiturnya, sehingga apabila diterapkan pada *smartphone*, maka akan menjadi tidak efisien dalam penggunaan *resource* yang terlalu banyak. Adi dalam penelitiannya tentang biometrik sidik jari menggunakan metode ekstraksi fitur Gabor Filter yang dilanjutkan dengan *Average Absolute Deviation*. Gabor filter bekerja pada domain spasial, sehingga lebih hemat akan sumber daya. Gabor filter digunakan karena memiliki keunggulan yaitu dapat merepresentasikan sistem visual mata manusia, sehingga sangat cocok untuk penggunaan dalam bidang biometrik (Adi, 2003).

Metode *template matching* yang dijelaskan Kulkarni terdiri dari tiga tahapan, yaitu *image preprocessing*, *feature extraction*, dan *template matching* (Kulkarni et al., 2011). Sedikit berbeda dengan Kulkarni, metode *template matching* yang digunakan oleh Gupta untuk pengenalan iris dalam jurnalnya terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pengambilan citra, segmentasi, normalisasi, ekstraksi fitur, dan pencocokan atau *matching* (Gupta et al., 2010). Pada dasarnya kedua metode ini memiliki dasar yang sama, hanya saja pada metode Kulkarni, tahap segmentasi dan normalisasi digabung menjadi satu, yaitu pada tahap *image preprocessing*.

Metode ekstraksi yang digunakan oleh Adi dan metode *template matching* yang dijelaskan oleh Gupta dan Kulkarni merupakan metode yang diajukan pada penelitian ini. Penggunaan metode ini diimplementasikan menggunakan bantuan dari *library* OpenCV, agar kompleksitas algoritma yang terbentuk menjadi lebih ringkas dan dapat menghemat *resource* perangkat.

1.2. Rumusan Masalah

Melihat dari latar belakang yang sudah disebutkan di atas, maka dapat dirumuskan suatu permasalahan, yaitu membangun suatu aplikasi *mobile* yang dapat mengenali pola iris mata manusia menggunakan metode *template matching*.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan tugas akhir mengenai pembangunan aplikasi pengenalan pola iris mata manusia ini adalah :

1. Membangun sebuah sistem yang dapat mengenali pola iris mata manusia dan membedakannya dengan pola iris mata lain pada *platform* Android dengan *library* OpenCV.
2. Menghitung tingkat kesuksesan, FAR (*False Acceptance Rate*), FRR (*False Reject Rate*) dari sistem yang dibangun.
3. Menyimpulkan tingkat kesuksesan sistem yang dibangun dari hasil penelitian yang dicapai.

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini diantaranya :

1. Meningkatkan pengetahuan pada bidang pengenalan pola, khususnya pada pengenalan pola pada iris mata manusia.
2. Menambah wawasan tentang pembangunan aplikasi biometrik pada ponsel yang memiliki sistem operasi Android.
3. Menambah wawasan tentang penggunaan *library* OpenCV pada sistem operasi Android.

1.4. Ruang Lingkup

Pada tugas akhir ini terdapat beberapa pembatasan ruang lingkup agar nantinya pengerjaan tugas akhir ini tidak keluar dari target yang diharapkan, diantaranya adalah sebagai berikut.

1. Citra yang digunakan pada saat proses pengenalan pola iris mata manusia adalah citra yang sudah diambil menggunakan kamera belakang ponsel sebelumnya, sehingga nantinya sistem mengambilnya dari Gallery Android.
2. Citra mata yang digunakan merupakan citra mata yang diambil dari mata yang tidak tertutupi benda apapun termasuk lensa kontak.
3. Pengambilan citra mata dilakukan dengan menempatkan lensa kamera tepat tegak lurus dengan mata, dan diambil pada jarak kurang dari 20 cm dengan menggunakan lampu *flash* menyala secara terus menerus.
4. Citra mata yang diambil akan dilakukan proses penskalaan (*scaling*) ke dimensi 1280x720 pixel, lalu citra iris yang sudah melalui proses penerongan (*cropping*) akan diseragamkan dan memiliki dimensi 200x200 pixel.
5. *Template* yang dipakai pada proses *matching* merupakan data *iris code* hasil dari ekstraksi fitur citra mata.

6. Orientasi yang digunakan dalam ekstraksi ciri menggunakan 2D Gabor Filter adalah 0° , 45° , 90° , dan 135° .
7. Pembangunan aplikasi ini menggunakan bahasa Java yang dibantu dengan software *Integrated Development Environment* (IDE) Eclipse Juno yang sudah dibundel dengan Android Development Tools (ADT) dengan *library Software Development Kit* (SDK) OpenCV untuk Android.
8. Sistem operasi *mobile* yang digunakan dalam pengembangan aplikasi ini adalah Google® Android versi 4.4.2 dengan sistem operasi minimum yang dapat dites adalah Android versi 4.0.
9. Sistem operasi yang dimaksud sudah terinstal dengan aplikasi OpenCV Manager sebagai *runtime library* yang dapat diunduh dari Google® PlayStore.
10. Ponsel yang digunakan dalam pengembangan aplikasi ini adalah Sony® XPERIA C3 yang memiliki prosesor Qualcomm® Snapdragon 400 MSM8926 dengan gambar iris mata yang digunakan sebagai pengujian diambil menggunakan kamera belakang yang mempunyai resolusi 8 Megapixel.

1.5. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan tugas akhir ini, ada beberapa sistematika penulisan dokumen yang diikuti, agar dokumen menjadi rapih dan pembaca lebih mudah untuk memahami hal yang disampaikan dalam dokumen tugas akhir ini. Sistematika penulisan yang digunakan dokumen tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang hal-hal yang melatar belakangi dari pembuatan tugas akhir ini, rumusan permasalahan yang dikerjakan, tujuan dan manfaat yang diharapkan, ruang lingkup yang membatasi, dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang keseluruhan dari teori-teori yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

BAB III DEFINISI KEBUTUHAN, ANALISIS DAN PERANCANGAN

Bab ini menjelaskan tentang definisi kebutuhan, analisis serta perancangan dari sistem yang dibuat dari tugas akhir ini, sehingga nantinya dapat dilanjutkan pada proses implementasi sistem yang menghasilkan satu program utuh.

BAB IV IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN SISTEM

Bab ini menjelaskan tentang implementasi sistem yang dibangun berdasarkan perancangan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, beserta hasil pengujian dari sistem yang dibuat.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari pengerjaan tugas akhir ini, beserta dengan saran yang dapat diajukan guna pengembangan sistem ini ke depannya.