



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA

Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya 60111

Telepon: +62-31-5947280 (hunting) Faksimile: +62-31-5946114

Laman: <http://www.pens.ac.id> Email: pens@pens.ac.id

Nomor : 3002/PL14/TK/2020
Perihal : **Izin Penelitian**

Kepada : Yth. Direktur Rumah Sakit Mata Undaan
Surabaya

Dengan hormat,
Dalam rangka penyelesaian Proyek Akhir Mahasiswa Program Studi Diploma IV Teknik Komputer Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. Maka bersama ini kami mohon bantuan Bpk/Ibu Direktur Rumah Sakit Mata Undaan, untuk memberikan kesempatan melaksanakan Penelitian kepada mahasiswa kami.

Nama mahasiswa tersebut adalah :

No	Nama	NRP	Judul PA
1.	Anisa Habsari	2210171014	Deteksi <i>Microaneurysm</i> Pada Mata Sebagai Langkah Awal Untuk Penentuan <i>Diabetic Retinopathy</i> Menggunakan Pengolahan Citra Digital.

Adapun data penelitian yang akan diambil sebagai berikut :

- Data Citra Retina dari kamera Fundus penderita diabetes Retinopati (Diabetic Retinopati)

Demikian atas perhatian dan kerjasama yang baik kami sampaikan terima kasih.

Surabaya, 12 Agustus 2020

Ketua Program Studi

Teknik Komputer D4



Riyanto Sigit, ST., M.Kom., Ph.D

NIP 197008111995121001



Tugas Pendahuluan Proyek Akhir

**DETEKSI *MICROANEURYSM* PADA MATA SEBAGAI
LANGKAH AWAL UNTUK PENENTUAN *DIABETIC
RETINOPHATY* MENGGUNAKAN PENGOLAHAN
CITRA DIGITAL.**

ANISA HABSARI

NRP. 2210171014

DOSEN PEMBIMBING:

Tri Harsono, S.Si., M.Kom., Ph.D.

NIP. 19690107 199403 1 001

Heny Yuniarti, S.ST., M.T

NIP. 19900615 201903 2023

**PROGRAM STUDI TEKNIK KOMPUTER
DEPARTEMEN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK ELEKTRONIKA NEGERI SURABAYA
2020**

ABSTRAK

Diabetik Retinopati adalah penyakit komplikasi mikrovaskular dari diabetes mellitus dengan angka prevalensi yang cukup tinggi. Menurut *WHO (World Health Organization)* terdapat lebih dari 347 miliar orang yang menderita diabetes dan hal ini dapat menjadi tujuh penyebab kematian tertinggi di dunia tahun 2030. Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan di berbagai daerah di Indonesia, diperkirakan terdapat 42,6% diabetik retinopati yaitu setidaknya sebanyak 24.600 orang. Dokter dalam mendeteksi diabetik retinopati melalui kamera fundus maupun pemeriksaan langsung melalui *ophthalmoscope*. Namun cara tersebut masih terdapat kesulitan karena beberapa citra sulit dideteksi secara visual karena intensitas warna fitur diabetik retinopati hampir sama dengan obyek lain. Pengamatan tersebut juga memerlukan waktu yang relatif lama sehingga mengakibatkan keputusan dalam penanganan diabetik retinopati juga relatif lama. Oleh karena itu, proyek akhir ini merencanakan sebuah sistem untuk membantu dokter dalam mengidentifikasi diabetik retinopati melalui ciri-ciri awal, yaitu adanya *Microaneurysm(MA)*. Sistem ini diawali dengan sebuah *input* citra retina yang berasal dari kamera fundus. Kemudian *input* akan diproses dalam *preprocessing* dengan melakukan peningkatan kontras menggunakan *green channel*. Tahapan selanjutnya yang akan dilalui adalah segmentasi *blood vessel* untuk menghilangkan pembuluh darah. Dalam tahap ini digunakan *filter gabor* untuk mengetahui tepi-tepi pembuluh darah, dan untuk menghilangkannya digunakan *median filter*. Langkah berikutnya adalah *feature extraction* dimana proses ini memanfaatkan luasan dari MA dan jumlah MA. *Microaneurysms* dan *entropy* (nilai ketidakteraturan citra) didapatkan dari nilai *feature extraction* yang kemudian akan dijadikan sebagai penentuan sebuah citra *Diabetic Retinopathy* atau bukan. Penelitian ini diharapkan dapat membantu para dokter untuk mengevaluasi citra retina dan mempermudah dalam mendiagnosis penyakit diabetik retinopati.

Keywords- Microaneurysm, Detection, Diabetic Retinopathy, Image Processing

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL	v
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Tujuan	3
E. Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kajian Pustaka	5
2.1.1. Identifikasi <i>Microaneurysm</i> Penyakit <i>Diabetic Retinopathy</i>	5
2.1.2. <i>Preprocessing</i> pada Citra Retina	6
2.1.3. Segmentasi Citra Retina	7
2.1.4. <i>Feature Extraction</i> pada citra retina	8
2.1.5. <i>Classification</i> Hasil Citra Retina	8
2.2 Dasar Teori	9
2.2.1. Penyakit <i>Diabetic Retinopathy</i>	9
2.2.2. <i>Microaneurysm</i>	11
2.2.3. <i>Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)</i>	11
2.2.4. <i>Shade Corection</i>	11
2.2.5. <i>Median Filter</i>	12
2.2.6. <i>Matched Filter</i>	12
2.2.7. <i>Filter Gabor</i>	12
2.2.8. <i>Thresholding</i>	13
2.2.9. <i>Entropy</i>	14
2.2.10. <i>Naïve Bayyessian</i>	14
BAB III METODOLOGI	16
3.1 Rancangan Penelitian	16
3.1.1. Studi Literatur	16
3.1.2. Perancangan Sistem	16
3.1.3. Pembuatan Sistem	19
3.1.4. Pengujian dan Analisa Sistem	20
3.1.5. Pembuatan Laporan	20
3.2 Instrumen Penelitian	20
3.3 Prosedur Pengambilan Data	21
3.4 Perencanaan Jadwal Pelaksanaan	22
3.5 Perkiraan Biaya Proyek Akhir	22
PERSONALIA PROYEK AKHIR	23
DAFTAR PUSTAKA	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diabetic Retinopathy [12]	9
Gambar 2. 2 Karakteristik DR [13]	10
Gambar 2. 3 Microaneurysms [14]	11
Gambar 2. 4 Representasi Nilai real Gabor Kernel [15]	13
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian	16
Gambar 3. 2 Diagram Rancangan Sistem	17
Gambar 3. 3 Diagram <i>Preprocessing</i>	18
Gambar 3. 4 Diagram Segmentasi Citra	18
Gambar 3. 5 Diagram <i>Feature Extraction</i>	19
Gambar 3. 6 Diagram <i>Output</i>	19
Gambar 3. 7 Instrumen Penelitian	21

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Proyek Akhir	22
Tabel 3.2 Estimasi Biaya Proyek Akhir.....	22

BAB 1 PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Diabetik Retinopati merupakan suatu penyakit mata yang diderita oleh penderita diabetes mellitus. Penyakit ini dapat menyebabkan kebutakan dan sering diderita pada usia 20-74 tahun. Diabetik Retinopati adalah suatu mikroangiopati progresif yang ditandai dengan kerusakan dan sumbatan pembuluh-pembuluh kecil. Kelainan patologik yang paling awal dikenali adalah penebalan membran basal endotel kapiler dan berkurangnya jumlah perisit. Kapiler tersebut akan membentuk kantung-kantung kecil menonjol seperti titik-titik yang sering disebut *microaneurysm*. MA berukuran kecil antara 10-100 mikron atau sekitar 7-15 piksel. [1]

Diabetik Retinopati adalah penyakit komplikasi mikrovaskular dari diabetes mellitus dengan angka prevalensi yang cukup tinggi. Berdasarkan data penelitian yang telah dilakukan di berbagai daerah di Indonesia, diperkirakan terdapat 42,6% diabetik retinopati. Hal ini dapat diartikan ada kemungkinan ditemukannya paling sedikit 24.600 orang dengan diabetik retinopati dan setidaknya 10% dari jumlah tersebut mengalami kebutaan. Estimasi jumlah akan terus meningkat pada tahun 2030 dengan jumlah sekitar 98.400 orang akan menderita diabetes dan sebanyak 11.000 diantaranya akan mengalami kebutaan. Berdasarkan estimasi tersebut maka diperlukan pencegahan dan deteksi dini agar dapat ditangani dengan baik. [2]

Penelitian yang dilakukan oleh Ravindra D Badgular dan Pramod J Deora tahun 2018 mengenai *Diabetic Retinopathy* yang dideteksi dengan indikator paling awal *microaneurysm* dengan *automatic algorithm* dalam empat langkah besar yaitu *preprocessing*, *segmentation*, *morphological operation (Niblack Adaptive Thresholding)* dan pengoptimalan fitur untuk mendeteksi *Microaneurysm*. Penelitian ini memperoleh hasil yaitu *sensitivity* 87.88%, *specificity* 58.82%, *accuracy* 78.00% dan *positive predictive* 83.33%. [3]

Penelitian lain yang dilakukan oleh Vineeta Das, N.B. Puhan, dan Rashmi Panda mengenai deteksi *microaneurysm* dengan menggunakan *entropy thresholding*. Algoritma yang diusulkan dalam penelitian ini juga memiliki empat tahapan besar yaitu *preprocessing*, *matched filter*, *entropy based thresholding*, dan *Naïve Bayes Classification*. Hasil penelitian ini yaitu nilai *shannon entropy* yang menunjukkan maksimum sensitivitas 58.28% di *False Positive*. Metode yang digunakan perlu ditingkatkan dalam mendeteksi MA yang sulit dilihat. [4]

Penelitian yang dilakukan oleh Shailesh Kumar dan Basant Kumar meneliti *microaneurysm* yang terdapat pada kamera fundus. Deteksi *Diabetic Retinopathy* melalui tahapan yaitu *preprocessing*, *features extraction*, dan *classification SVM(Support Vector Machine)*. Penelitian ini menghasilkan hasil yang cukup akurat dimana nilai dari sensitifitas 96% dan spesifik mencapai 92%. Penelitian ini menyarankan untuk lebih mempertimbangkan keabnormalan dari pembuluh darah. [5]

Evaluasi klinis yang dilakukan dokter dalam mendeteksi Diabetik Retinopati yaitu melalui kamera fundus maupun pemeriksaan langsung melalui *ophthalmoscope*. Terdapat beberapa citra yang sulit dideteksi secara visual oleh dokter dikarenakan intensitas warna yang memiliki kemiripan dengan object lain. [1] Pengamatan secara visual yang dilakukan dokter terkadang memerlukan waktu yang lama sehingga untuk menentukan tindakan lanjut dari penderita diabetik retinopati juga akan semakin lama.

Sistem akan dibuat pada proyek akhir ini diharapkan dapat membantu dokter dalam melakukan diagnose penyakit *Diabetic Retinopathy* dengan karakteristik *microaneurysm* sehingga dokter dapat dengan cepat dan tepat menangani penderita. Input sistem berupa citra retina dari kamera fundus. Sistem akan mendeteksi *microaneurysm*, bintik merah gelap berukuran kecil antara 10-125 mikron [6] dan dapat menyebabkan pendarahan intra retina, sebagai indikator awal yang muncul pada penyakit *Diabetic Retinopathy* kemudian diakhir sistem dapat menentukan sebuah citra retina dari kamera fundus tersebut sehat atau teridentifikasi sebagai citra *Diabetic Retinopathy*.

B. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi dini *diabetic retinopathy*?
2. Bagaimana proses pengolahan citra digital yang digunakan dalam deteksi dini *diabetic retinopathy* ?
3. Bagaimana cara menentukan hasil suatu citra termasuk *diabetic retinopathy* atau bukan?

C. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang diterapkan dalam penelitian ini adalah

1. Citra yang digunakan sebagai input adalah citra retina yang berasal dari kamera fundus mata.
2. Sistem bekerja secara offline.
3. Sistem mendeteksi *microaneurysm* pada citra
4. Sistem mengidentifikasi suatu citra merupakan citra sehat atau citra *Diabetic Retinopathy* tanpa mengidentifikasi tingkat keparahan *Diabetic retinopathy*.

D. Tujuan

Tujuan dari sistem penelitian ini dibangun adalah mendeteksi suatu citra dari kamera fundus yang kemudian akan digunakan dokter untuk membantu dalam mendiagnosa suatu citra merupakan citra sehat maupun memiliki penyakit *diabetic retinopathy*. Penyakit *diabetic retinopathy* dikenali dengan kelainan yang paling awal yaitu penebalan membrane basal endotel kapiler dan berkurangnya jumlah perisit. Kapiler tersebut akan membentuk kantung-kantung kecil menonjol seperti titik-titik yang sering disebut *Microaneurysm(MA)*. MA berukuran kecil antara 10-100 mikron atau sekitar 7-15 piksel.

Proses yang digunakan dalam mendeteksi *Microaneurysm* dalam citra dapat melalui beberapa proses yaitu *preprocessing*, segmentasi citra, *feature extraction*, dan *classification*. Suatu citra akan diklasifikasikan oleh sistem sebagai citra sehat atau citra tidak sehat. Diharapkan sistem ini dapat berkontribusi dalam bidang kesehatan untuk mendiagnosa penyakit *Diabetic Retinopathy*.

E. Manfaat

Manfaat dari dibuatnya sistem penelitian adalah sebagai berikut:

1. Sistem penelitian untuk membangun sebuah aplikasi yang digunakan untuk mendeteksi dini *diabetic retinopathy*.
2. Sistem penelitian diharapkan dapat membantu para dokter maupun ahli mata dalam mengidentifikasi gejala dini *diabetic retinopathy*.
3. Sistem penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang medis melalui pengolahan citra.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

2.1.1. Identifikasi *Microaneurysm* Penyakit *Diabetic Retinopathy*

Diabetic Retinopathy(DR) dapat terjadi pada penderita diabetes yang sudah sangat lama dan tidak terkontrol. Diabetes merupakan salah satu penyakit yang berbahaya. *Diabetic Retinopathy* merupakan suatu penyakit yang gejalanya tidak dapat dianalisa secara signifikan, sering terjadi apabila gejala sudah jelas terlihat bertanda keterlambatan dalam perawatan. Ciri-ciri yang muncul apabila terjadi *Diabetic Retinopathy* adalah munculnya *microaneurysm*, *exudate*, dan *hemorrhages*. Dalam penelitian yang berjudul *Region Growing Based Segmentation using Forstner Corner Detection Theory for Accurate Microaneurysm Detection in Retinal Fundus Image* dilakukan oleh Ravindra D Badgajar dan Pramod J Deora menunjukkan penelitian untuk mendeteksi *Microaneurysm (MA)* secara akurat. *Microaneurysm* merupakan ciri paling awal yang muncul daripada ciri yang lainnya. *Microaneurysm* terlihat seperti lingkaran kecil yang terlihat pada kamera fundus. Metode yang diusulkan dalam penelitian ini menggunakan *automatic algorithm* dengan melalui 4 tahapan yaitu *preprocessing*, *segmentation*, *morphological operation*, dan pengoptimalan fitur. Penelitian ini memperoleh hasil yaitu *sensitivity* 87.88%, *specificity* 58.82%, *accuracy* 78.00% dan *positive predictive* 83.33%. [3]

Penelitian yang berjudul *Entropy Thresholding based Microaneurysm Detection in Fundus Image* dilakukan oleh Vineeta Das, N.B. Puhan, dan Rashmi meneliti *microaneurysm* sebagai titik merah kecil yang terdapat pada retina selama tahap awal *Diabetic Retinopathy*. *Microaneurysm* merupakan gejala melemahnya fisik didalam dinding kapiler dan menyebabkan pendarahan. Penelitian ini mengusulkan algoritma *entropy thresholding* untuk keefektifan dalam mendeteksi *microaneurysm* dengan empat tahapan yaitu *preprocessing*, *matched filter*, *entropy based thresholding*, dan *naïve bayes classification*. Penelitian dengan menggunakan *Shannon entropy*

menunjukkan maksimum sensitivitas 58.28% di *False Positive* dari 16 dataset percobaan, dan maksimum sensitifitas 57.6% dari 15 dalam dataset DIARETDB1. Metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat mendeteksi MA yang terlihat secara akurat, namun perlu ditingkatkan untuk mendeteksi MA yang tidak terlihat ataupun sulit terlihat. [4]

Tanda awal dari *Diabetic Retinopathy* adalah adanya pelebaran vena di retina, perubahan awal pada kapiler kecil dan mengarah pada okulasi sehingga menimbulkan tonjolan-tonjolan kecil di dinding pembuluh darah yang disebut *microaneurysms*. Penelitian yang dilakukan oleh Shailesh Kumar dan Basant Kumar dalam judulnya *Diabetic Retinopathy Detection by Extracting Area and Number of Microaneurysm from Colour Fundus Image* berfokus pada pencarian *microaneurysm* yang terdapat pada gambar fundus. Pada penelitian ini menggunakan langkah berupa *preprocessing* yang kemudian akan menghilangkan area yang kurang dari 25 piksel untuk diidentifikasi sebagai *microaneurysms*, selanjutnya *feature extraction*, dan *classification SVM(Support Vector Machine)*. Penelitian ini menghasilkan hasil yang cukup akurat dimana nilai dari sensitifitas 96% dan spesifik mencapai 92%. [5]

2.1.2. *Preprocessing* pada Citra Retina

Penelitian yang berjudul *Diabetic Retinopathy Detection by Extracting Area and Number of Microaneurysm from Colour Fundus Image* menyajikan tahapan dari *preprocessing* untuk meningkatkan kontras. Tahapan ini diperlukan karena gambar fundus retina sering menunjukkan variasi warna, kontras yang buruk dan adanya noise. Untuk meningkatkan kontras, beberapa informasi perlu dihilangkan seperti *red* dan *blue components* dari gambar. *Green channel* digunakan dalam *preprocessing* karena mampu menunjukkan kontras pembuluh darah/latar belakang terbaik. [5]

Pada penelitian yang berjudul *Deteksi Microaneurysm pada Citra Retina Mata Menggunakan Matched Filter* menunjukkan bahwa tidak semua hasil citra akan mudah dilakukan segmentasi setelah dilakukan proses *green channel*, hal ini disebabkan karena kualitas citra kurang baik sehingga hasil segmentasi menjadi kurang akurat. Untuk mengatasi hal ini diperlukan

Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE) yaitu teknik untuk memperbaiki kualitas citra dengan memperbaiki kontras hasil citra pada proses *green channel*. CLAHE akan memperbaiki kontras citra sehingga akan menampilkan bagian-bagian tersembunyi, dalam hal ini *microaneurysm*. Tahapan ini memiliki *input* berupa citra hasil dari *green channel* dan *output* berupa citra *green channel* yang diperbaiki sehingga akan menampilkan citra dengan warna piksel gelap akan semakin gelap begitupun sebaliknya. Citra akan menghasilkan intensitas yang beragam pada *background* yang dapat mempersulit kinerja sistem dalam mendeteksi *microaneurysm*. Pencahayaan dengan berbagai intensitas akan diperbaiki dengan menerapkan *shade correction*, pencarian citra *background* dan mengurangi hasil CLAHE. Pencarian *background* menerapkan *median filter* pada hasil citra CLAHE. [7]

2.1.3. Segmentasi Citra Retina

Segmentasi citra yang dilakukan pada tahapan ini adalah menentukan calon *microaneurysm* dan *blood vessel*. Pada penelitian yang berjudul Deteksi *Microaneurysm* pada Citra Retina Mata Menggunakan *Matched Filter* menentukan *microaneurysm* dari hasil citra *shade correction* dengan melakukan proses inversi dan *top-hat transform* dimana piksel putih berubah menjadi piksel hitam dan sebaliknya. Proses selanjutnya akan terbentuk citra baru yang terdapat *blood vessel* dan calon *microaneurysm* dari nilai maksimum proses *top-hat transform* yang diambil. Kemudian untuk meningkatkan kontras antara *background* dan calon *microaneurysm* dilakukan proses *matched filter* dengan *gaussian kernel*. Kemudian citra tersebut akan dilakukan inversi *thresholding* dimana piksel putih akan berubah hitam begitupun sebaliknya, dan perubahan citra menjadi citra biner yang mengandung *blood vessel* dan calon *microaneurysm*. [7]

Kemudian pada sebuah penelitian yang berjudul Pengenalan Pola Citra Fundus pada Deteksi Diabetik Retinopathy Berbasis Pengolahan Citra menggunakan *filter gabor* untuk proses segmentasi pembuluh darah. *Filter Gabor* adalah proses yang dapat menampilkan tepi-tepi objek citra secara

detail. Proses *preprocessing* dilakukan untuk menghilangkan warna *background* dan menampilkan secara jelas pembuluh darah / *blood vessel* seperti percabangan pembuluh darah abnormal juga akan terdeteksi. [8] kemudian citra akan diproses dengan *thresholding* untuk citra biner yang berisi *blood vessel*.

2.1.4. *Feature Extraction* pada citra retina

Penelitian yang berjudul *Diabetic Retinopathy Detection by Extracting Area and Number of Microaneurysm from Colour Fundus Image* mendeteksi *microaneurysm* dengan mengurangi hasil citra calon *microaneurysm* dan *blood vessel* pada proses segmentasi. Fitur *microaneurysm* yang diekstraksi terdapat dua fitur yaitu luas area *microaneurysm* dan jumlah *microaneurysm*.

Area *microaneurysm* diperoleh dari jumlah total piksel putih dalam citra dan jumlah *microaneurysm* diperoleh dari jumlah diskontinuitas dari piksel putih ke hitam. [5]

2.1.5. *Classification* Hasil Citra Retina

Analisis *texture* berdasarkan nilai *entropy* merupakan suatu ukuran statistik ketidakteraturan yang dapat digunakan untuk menggambarkan tekstur citra masukan. *Entropy* diuraikan dengan rumus $-\sum(p_i \cdot \log_2(p_i))$ dimana p_i merupakan jumlah histogram. Pada penelitian yang berjudul *Klasifikasi Diabetic Retinopathy* menggunakan Metode *Naïve Bayesian* [9] melakukan klasifikasi berdasarkan nilai *feature extraction* yang diperoleh dari pengolahan citra retina. Teori *Naïve Bayesian* merupakan pendekatan statistik yang fundamental dalam pengenalan pola. Pendekatan ini didasari kuantitatif antara berbagai keputusan klasifikasi dengan probabilitas dari ciri-ciri tersebut. Beberapa fitur yang digunakan dalam proses klasifikasi dari hasil ekstraksi adalah *microaneurysm* dan *entropy*. Citra retina yang akan diklasifikasi akan dihitung nilai *mean* (nilai rata-rata) dan *standart deviasi* untuk setiap ciri dan kelas dari data training. Kelas yang dimaksud adalah kelas Normal maupun DR (*Diabetic Retinopathy*). Setelah ditentukan nilai *mean* dan *standart deviasi* maka akan dilakukan pengambilan nilai dari ekstraksi

fitur berupa *Microaneurysm* dan *entropy*. Setelah itu akan dihitung probabilitas priori dari kelas masing-masing dengan rumus (1) berikut:

$$p(h_i) = \frac{N_i}{N} \quad (1)$$

dimana $p(h_i)$ = probabilitas kelas, N_i = jumlah data dalam kelas, dan N = jumlah data keseluruhan. Kemudian akan dihitung probabilitas posteriori dengan rumus yaitu

$$p(K = K_i | F = f_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}(\sigma)} e^{-\frac{(f-\mu)^2}{2(\sigma)^2}} \quad (2)$$

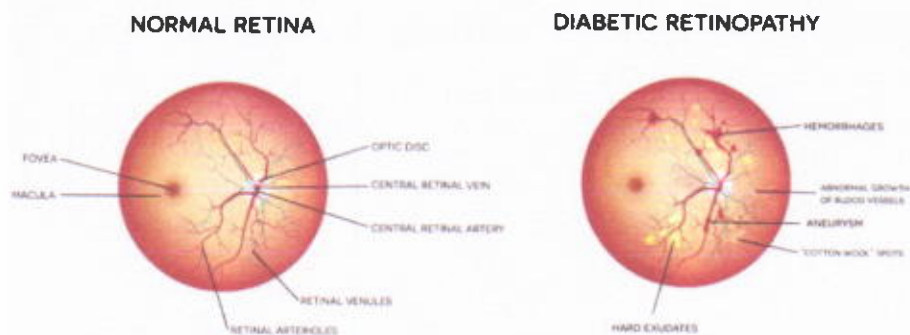
Dimana

- K –Ki adalah kelas ke-i
- F =fi, F adalah fitur ke=i
- σ = standart deviasi kelas
- μ = rata-rata kelas.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Penyakit *Diabetic Retinopathy*

Diabetic Retinopathy merupakan suatu kelainan mata yang disebabkan oleh diabetes. Diabetes adalah suatu kelainan yang terjadi pada kemampuan tubuh dalam menyimpang dan memproses gula dalam tubuh. Secara umum orang yang menderita diabetes memiliki kadar gula yang tinggi sehingga menyebabkan aliran darah menyebabkan kerusakan pada indera penglihatan.



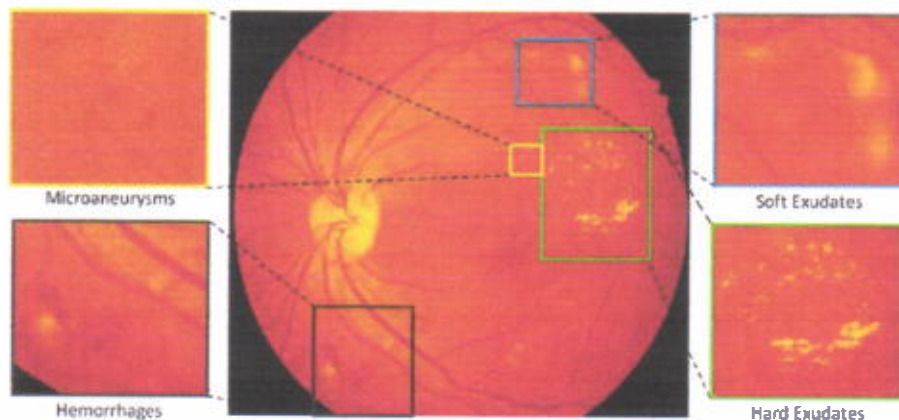
Gambar 2. 1 Diabetic Retinopathy [12]

Diabetic retinopathy terdapat dua jenis yaitu *Non Proliferasi Diabetic Retinopathy* (NPDR) dan *Proliferasi Diabetic Retinopathy* (PDR). NPDR merupakan tipe dari *Diabetic Retinopathy* dimana mengalami kelemahan pada pembuluh darah retina. Beberapa kasus menyebutkan bahwa kapiler terdapat cairan dan akan terjadi pembocoran darah pada retina. Diameter pembuluh darah akan membesar dan tepi pembuluh berbentuk tidak teratur. NPDR dapat berubah menjadi PDR dimana PDR mengakibatkan pertumbuhan pembuluh darah baru yang tidak normal pada retina sehingga menyebabkan gangguan pada aliran cairan normal pada mata. *Diabetic Retinopathy* mengalami beberapa gejala yang muncul diantaranya [1] :

1. Penglihatan kabur
2. Terdapat objek hitam yang menghalangi penglihatan
3. Fungsi penglihatan akan memudar sebagian maupun keseluruhan
4. Area mata mengalami sakit.

Beberapa karakteristik yang dapat ditemukan saat tahap NPDR [1] yaitu:

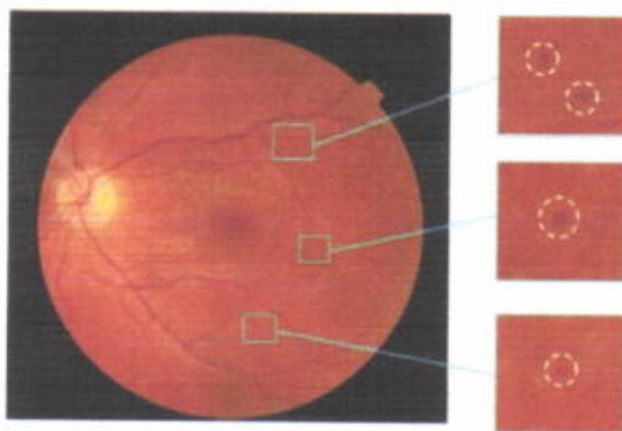
1. *Microaneurysms*, sebuah kapiler kantung-kantung kecil menonjol seperti titik-titik.
2. *Exudate*, sesuatu yang keluar dari luka, cairan luka atau kelebihan cairan normal tubuh.
3. *Hemorrhages*, suatu pendarahan yang terjadi di retina.



Gambar 2. 2 Karakteristik DR [13]

2.2.2. *Microaneurysm*

Microaneurysm merupakan kapiler yang membentuk kantung-kantung kecil menonjol seperti titik-titik. Tahapan awal dari *Diabetic Retinopathy* adalah melemahnya pembuluh darah sehingga menyebabkan kebocoran dan membentuk titik-titik pendarahan yang disebut *microaneurysm*. [1]



Gambar 2. 3 Microaneurysms [14]

Microaneurysm merupakan ciri awal yang dapat dideteksi. *Microaneurysm* dapat dilihat seperti titik merah dan terkadang terlihat disebelah pembuluh darah di retina mata. [7]

2.2.3. *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)*

CLAHE (*Contrast limited Adaptive Histogram Equalization*) adalah suatu metode yang digunakan untuk mengatasi keterbatasan standard pemetaan histogram pada suatu citra, merupakan metode lanjutan dari *Adaptive histogram Equalization (AHE)*. Kedua metode ini berfungsi untuk meningkatkan kualitas citra agar menghasilkan citra yang baik sebagai pemberi informasi yang sesuai tujuan dari *image processing*. [7]

2.2.4. *Shade Corection*

Beberapa asumsi yang mendasari sebagian metode *shade correction* adalah mengekstraksikan gambar yang terdistorsi oleh faktor yang mana merupakan asal sumber masalah, dinamakan gambar bayangan. Gambar bayangan akan diperoleh yang kemudian nilai negatifnya akan digunakan untuk memperbaiki citra awal dengan menerapkannya pada citra awal. [10]

2.2.5. Median Filter

Median filter merupakan salah satu dari *filtering non-linier* yang berfungsi mengurutkan nilai intensitas sekumpulan piksel dan mengganti nilai piksel tersebut ke nilai mediannya. *Median filter* pada dasarnya difungsikan sebagai penghalus dan mengurangi noise atau gangguan yang terdapat pada citra. [7]

Nilai yang terdapat dalam gambar dengan *filter* untuk menentukan nilai rata-rata piksel diperoleh dari sebuah persamaan matematika (3) yaitu sebagai berikut [16]:

$$F(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{x-1}^m \sum_{y-1}^n G(x, y) \quad (3)$$

Dimana

$F(x, y)$ adalah hasil dari nilai *filter*

$G(x, y)$ adalah piksel dari *input* gambar

M, n – rata-rata dari ukuran matrix

2.2.6. Matched Filter

Matched Filter merupakan salah satu metode dari teknik *template matching*. Sifat-sifat dari objek akan mendasari metode ini dalam proses pengenalan. *Matched filtering* dikonvolusikan dengan sebuah kernel yang terdapat pada citra. Suatu kernel dari *matched filter* yang digunakan dapat dinyatakan dengan persamaan (4) berikut:

$$f(x, y) = -\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \text{ for } |y| \leq L/2 \quad (4)$$

Gaussian filter merupakan salah satu filter linier dengan nilai bobot semua anggota dipilih berdasarkan bentuk dari filter *Gaussian*. Filter ini merupakan filter yang baik dalam menghilangkan derau yang bersifat sebaran normal. [7]

2.2.7. Filter Gabor

Filter Gabor merupakan sebuah filter yang terbukti dapat menjadi model untuk sel-sel sensitive terarah pada visual primer korteks. Dalam ruang konti-

nuitas terdapat rumus *filter gabor* yaitu persamaan (5) berikut

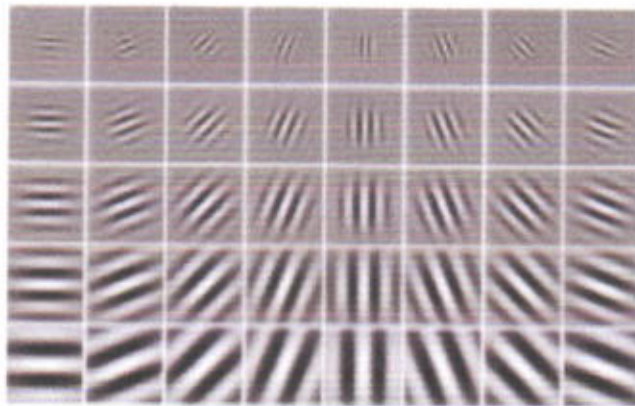
$$G_{\sigma,\alpha,\gamma,\lambda,\psi}(x,y) = \exp\left(-\frac{s^2 + \gamma t^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi\frac{s}{\lambda} + \psi\right) \quad (5)$$

Dimana

$$s = x \sin \alpha + y \cos \alpha, \quad (6)$$

$$t = x \cos \alpha - y \sin \alpha \quad (7)$$

Persamaan eksponensial merupakan fungsi dari penghalusan yang lebih lebar daripada panjang tegak lurus terhadap s . parameter γ membagi panjang fungsi. Nilai dari kosinus menghasilkan perbedaan nilai sepanjang s . λ merupakan nilai panjang gelombang dimana ia mengontrol lebar dari rentang perbedaan yang diambil. Sedangkan parameter ψ merupakan offset yang digunakan untuk perbedaan fungsi. Dengan demikian, *filter gabor* dapat digunakan sebagai metode untuk meningkatkan tepi berdasarkan arah, lengkung dan kecuraman. [11]



Gambar 2. 4 Representasi Nilai real Gabor Kernel [15]

Filter gabor merupakan suatu proses metode yang dapat menghasilkan tepian-tepian objek citra dengan cara menandai bagian yang menjadi rincian suatu citra. [8]

2.2.8. *Thresholding*

Thresholding merupakan sebuah proses dimana menggunakan nilai batas(*threshold*) dalam mengubah nilai piksel yang terdapat pada citra *greyscale* menjadi suatu citra berwarna hitam putih. Proses kerja dari *thresholding* adalah ketika suatu citra memiliki nilai *greyscale* yang lebih besar dari nilai *threshold*,

maka piksel tersebut akan berganti nilai menjadi 1 atau berwarna putih. Namun, apabila suatu citra *grayscale* memiliki nilai piksel yang lebih kecil daripada *threshold* maka citra tersebut akan berubah nilai menjadi 0 atau berwarna hitam. Persamaan *thresholding* ditunjukkan pada persamaan (8) berikut:

$$g(x, y) \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (8)$$

Dimana $g(x, y)$ merupakan piksel suatu citra hasil binerisasi, $f(x, y)$ merupakan nilai piksel asal, dan T merupakan nilai dari *threshold*.

2.2.9. Entropy

Entropy sebagai ukuran dari suatu kontras meliputi karakteristik histogram dalam pengukuran. Hal ini menghitung suatu *normalized histogram* dalam intensitas suatu citra. Suatu histogram $H(l)$ dari suatu citra $l(x, y)$ memberikan frekuensi dari ketepatan setiap intensitas. Sebuah *normalized histogram* $H_{norm}(l)$ dihitung dengan $H(l)$ sebagai berikut:

$$H_{norm}(l) = \frac{H(l)}{\sum_{k=l_{min}}^{l_{max}} H(k)} \quad (9)$$

Entropy dihitung dari persamaan (9) H_{norm} sebagai penentuan kapasitas informasi rata-rata suatu piksel dalam teori informasi. [11]

Analisis *texture* berdasarkan nilai *entropy* merupakan suatu ukuran statistik ketidakteraturan yang dapat digunakan untuk menggambarkan tekstur citra masukan. *Entropy* diuraikan dengan rumus $-\sum(p \cdot \log_2(p))$ dimana p merupakan jumlah histogram [9]

2.2.10. Naïve Bayesian

Teorema *Bayesian* merupakan sebuah teori yang dapat dimanfaatkan dalam perhitungan keanggotaan suatu kelas. Teori *Naïve Bayesian* merupakan pendekatan statistik yang fundamental dalam pengenalan pola. Pendekatan ini didasari kuantitatif antara berbagai keputusan klasifikasi dengan probabilitas dari ciri-ciri tersebut. [9]

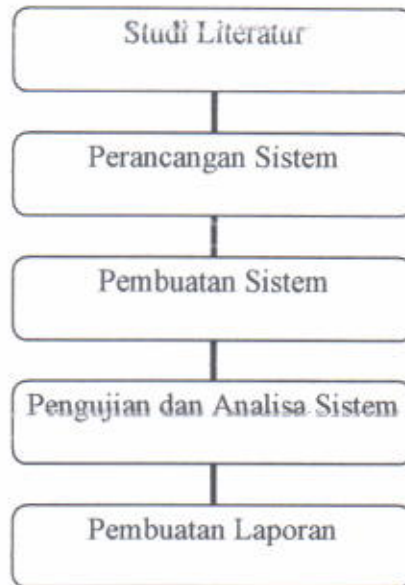
Teori *bayyesian* menyatakan kemungkinan kondisi probabilitas $P(c_k|f)$ bahwa sampel dari kelas c_k memberikan ciri-cirinya yang bernilai f yang bergantung pada nilai $P(f|c_k)$ untuk memperoleh nilai f dalam anggota kelas c_k dan probabilitas priori yang dihasirkan dalam rumus persamaan (10) berikut [11]:

$$P(c_k|f) = \frac{P(f|c_k)P_{c_k}}{P(f)} \quad (10)$$

BAB III METODOLOGI

3.1 Rancangan Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilalui dalam menyelesaikan sistem proyek akhir akan menggunakan metodologi pengerjaan seperti gambar 3.1 berikut ini:



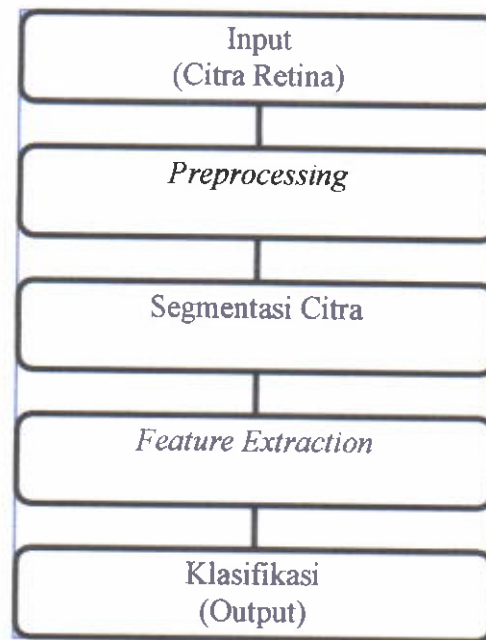
Gambar 3. 1 Diagram Metodologi Penelitian

3.1.1. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan yang digunakan untuk mengumpulkan, memahami, dan menguraikan bahan referensi yang akan digunakan sebagai dasar mengenai implementasi yang berkaitan dengan proyek akhir sebagai sumber data maupun informasi. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara mencari sumber informasi dari jurnal, prosiding, laporan penelitian, dan lain sebagainya dengan cara *searching* di internet maupun perpustakaan berdasarkan *keywords*. selain dengan cara tersebut, peneliti juga dapat melakukan bimbingan kepada para ahli untuk mengetahui secara valid mengenai cara menentukan penyakit *diabetic retinopathy* pada pasien.

3.1.2. Perancangan Sistem

Sebuah sistem perlu dirancang sebelum dapat diimplementasikan untuk memperoleh hasil yang maksimal. Rancangan sistem dalam proyek akhir direncanakan sebagai berikut pada gambar 3.2:



Gambar 3. 2 Diagram Rancangan Sistem

1. *Input*

Input yang digunakan dalam sistem penelitian proyek akhir merupakan sebuah citra retina yang berasal dari kamera fundus. Citra yang digunakan untuk input akan dilakukan *resize* berukuran gambar 480 x 640 sebagai standart input. Proses *resize* digunakan untuk memudahkan dalam proses segmentasi citra.

2. *Preprocessing*

Tahapan *preprocessing* merupakan sebuah tahapan yang digunakan untuk memperjelas suatu citra yang nantinya akan digunakan sebagai sumber informasi tahap selanjutnya yaitu segmentasi. Gambar dari kamera fundus memiliki variasi warna, kontras dan noise yang mengganggu sehingga perlu dilakukan tahapan *preprocessing*. Tahapan ini menggunakan *green channel* untuk menunjukkan kontras antara pembuluh darah dan latar belakang. Proses selanjutnya akan diterapkan *Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization (CLAHE)* untuk memperbaiki citra dari *green channel* yang masih buruk. Langkah selanjutnya akan dilakukan penerapan *shade correction* dimana memperbaiki pencahayaan dengan mencari citra *background* dan mengurangi hasil dari CLAHE.



Gambar 3. 3 Diagram Preprocessing

3. Segmentasi Citra

Tahapan segmentasi citra digunakan untuk menentukan calon *microaneurysm* dan *blood vessel* untuk mempermudah dalam proses identifikasi. Dalam mencari calon *microaneurysm* hasil dari *preprocessing* akan dilakukan proses inversi dimana piksel putih akan berubah hitam begitupun sebaliknya. Untuk meningkatkan kontras akan diterapkan *matched filter* dengan *gasussian kernel* menggunakan sebuah persamaan matematika (4). Persamaan matematika (4) berfungsi sebagai perhitungan *matched filter* dalam melakukan konvolusi citra dengan kernel. Setelah itu akan dilakukan inversi *thresholding* dimana piksel putih berubah hitam dan sebaliknya. Citra ini mengandung calon *microaneurysm* dan *blood vessel*. Setelah itu dilakukan segmentasi pada *blood vessel* dimana proses ini menggunakan *filter gabor* untuk memperjelas tepian dari pembuluh darah. Kemudian akan diproses dengan *thresholding* untuk citra biner yang berisikan *blood vessel*.



Gambar 3. 4 Diagram Segmentasi Citra

4. Feature Extraction

Tahapan pada *feature extraction* merupakan sebuah tahapan untuk mengekstraksi fitur maupun ciri-ciri *microaneurysm* pada citra. Dalam penelitian ini digunakan dua fitur *microaneurysm* yaitu luas area dan jumlah dari *microaneurysms*. Area dari *microaneurysm* diperoleh dari jumlah total piksel putih yang terdapat pada citra. Sedangkan jumlah *microaneurysm* akan diperoleh dari jumlah diskontinuitas piksel putih ke

hitam. Pada tahapan ini *microaneurysm* dideteksi dengan mengurangi hasil citra pada segmentasi (*calon microaneurysms* dan *blood vessel*).

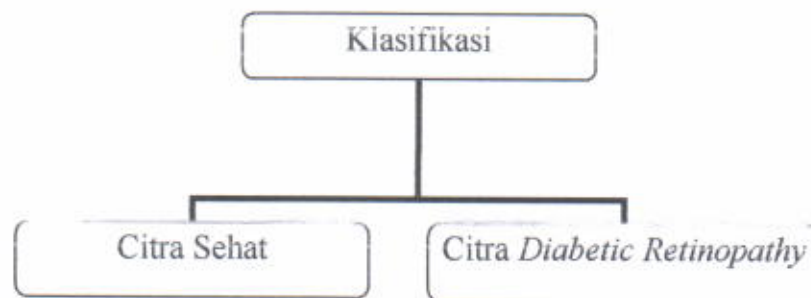
Hasil dari proses tersebut akan terdapat *microaneurysms* dan *non-microaneurysm*. Kemudian akan dilakukan penghapusan *non-microaneurysm* berdasarkan bentuk bulat dan luas area *microaneurysms* yaitu sekitar 125 μm .



Gambar 3. 5 Diagram *Feature Extraction*

5. *Output*(Klasifikasi)

Proses klasifikasi sistem akan dilakukan dengan *Naïve Bayessian* dimana pendekatan statistik ini menggunakan fitur-fitur yang diperoleh yaitu *microaneurysm* dan *entropy*. *Entropy* didapatkan dari persamaan (9) yang tercantum pada bab II. Dari fitur tersebut akan dibuat kelas retina sehat dan sakit *Diabetic Retinopathy* dengan menghitung nilai probabilitas masing-masing kelas. Persamaan yang digunakan untuk menghitung probabilitas tercantum pada persamaan matematika (10). *Output* dari sistem kemudian adalah klasifikasi suatu citra termasuk citra retina sehat maupun sakit *diabetic retinopathy*.



Gambar 3. 6 Diagram *Output*

3.1.3. Pembuatan Sistem

Berdasarkan rancangan sistem yang telah dibuat, akan diimplementasikan pembuatan sistem. Dalam tahap ini juga diperlukan referensi-referensi yang terdapat pada studi literature untuk proses pembuatan dengan hasil maksimal.

3.1.4. Pengujian dan Analisa Sistem

Sistem akan dilakukan tahap pengujian dalam semua bagian sistem dalam proyek akhir sehingga dapat berfungsi sesuai dengan rancangan yang diharapkan. Hasil pengujian akan dianalisa dalam setiap proses serta hasil secara keseluruhan. Pengujian dilakukan dengan percobaan menggunakan data masukan dari kamera fundus citra retina yang diperoleh sementara dari database internet. Database dari sumber internet didapatkan dalam alamat website sebagai berikut:

<https://academictorrents.com/details/3bb974ffdad31f9df9d26a63ed2aea2f1d789405>

3.1.5. Pembuatan Laporan

Laporan akan dibuat guna sebagai dokumentasi dan penjelasan seluruh kegiatan pembuatan dan perancangan sistem proyek akhir. Tahapan pembuatan laporan dilaksanakan pada akhir tahapan pembuatan proyek akhir dan disusun berdasarkan pedoman yang telah disepakati.

3.2 Instrumen Penelitian

Instrumentan penelitian dalam proyek akhir yang dikerjakan yaitu *input* sistem berupa citra retina yang berasal dari kamera fundus yang kemudian akan diproses melalui tahapan *preprocessing* untuk meningkatkan kualitas citra agar dapat diproses dengan mudah pada proses segmentasi. Proses segmentasi berfungsi untuk menentukan calon dari *microaneurysms* dan *blood vessel* agar dapat mudah mendeteksi *microaneurysm* pada tahapan selanjutnya. Tahapan selanjutnya yang dilalui oleh citra retina adalah *feature extraction* dimana tahapan ini menentukan *microaneurysms* dan *non-microaneurysms* melalui fitur luas area dan jumlah dari *microaneurysms*. Setelah diketahui dan terdeteksi ada atau tidaknya *microaneurysm* akan dilakukan klasifikasi menggunakan *naïve bayesian*. Berikut merupakan gambaran dari instrument penelitian dari proyek akhir.



Gambar 3. 7 Instrumen Penelitian

3.3 Prosedur Pengambilan Data

Pengambilan data akan melalui prosedur yang akan diuraikan sebagai berikut:

1. Citra retina dari kamera fundus akan digunakan sebagai *input* yang akan diproses dan dianalisa. Citra retina akan didapatkan dari internet dan beberapa rumah sakit mata yang ada di Surabaya. Untuk data sementara akan diperoleh dari database yang ada pada alamat link yaitu :
<https://academictorrents.com/details/3bb974ffdad31f9df9d26a63ed2aea2f1d789405>
2. Citra tersebut akan dilakukan *resize* menjadi berukuran gambar 480 x 640, kemudian akan dilanjutkan proses *preprocessing* untuk diperbaiki citra dan mengambil informasi yang akan digunakan tahap selanjutnya
3. Hasil dari *preprocessing* kemudian akan diproses pada tahapan segmentasi citra dimana proses ini digunakan untuk menentukan calon *microaneurysms* dan *blood vessel* untuk mempermudah dalam mendeteksi fitur *microaneurysms*.
4. Proses selanjutnya yaitu *feature extraction* dimana proses ini menghitung luas area dan jumlah dari *microaneurysm* yang kemudian akan diperoleh *microaneurysm* asli.
5. Untuk menentukan *output* dilakukan klasifikasi untuk menentukan suatu citra merupakan suatu citra sehat atau citra penderita *diabetic retinopathy*. Dalam menentukan output, akan digunakan metode klasifikasi yaitu *naïve bayessian*.

3.4 Perencanaan Jadwal Pelaksanaan

Proyek akhir akan dikerjakan dengan melalui beberapa tahapan dan dikerjakan berdasarkan estimasi jadwal sebagai berikut pada tabel 3.1:

No	Kegiatan	Bulan Ke-											
		8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7
1	Studi Literatur												
2	Pengumpulan Data												
3	Perencanaan Sistem												
4	Pembuatan Sistem												
5	Pengujian dan Analisa												
6	Pembuatan Laporan												

Tabel 3.1 Rencana Jadwal Proyek Akhir

3.5 Perkiraan Biaya Proyek Akhir

Proyek akhir yang akan dikerjakan akan menghabiskan estimasi biaya sebagai berikut pada tabel 3.2:

No	Barang	Harga Satuan	Jumlah	Total
1	Dataset Citra Retina	Rp. 500.000,00	1 set	Rp. 500.000,00
2	Print dan ATK	Rp. 50.000,00	4 rim	Rp. 200.000,00
Total				Rp. 700.000,00

Tabel 3.2 Estimasi Biaya Proyek Akhir

PERSONALIA PROYEK AKHIR

1. Mahasiswa

Nama : Anisa Habsari
NRP : 2210171014
Jurusan : D4 Teknik Komputer
Program Studi : D4 Teknik Komputer

2. Dosen Pembimbing I

Nama : Tri Harsono, S.Si, M.Kom, PhD.
Gelar : S.Si, M.Kom, PhD
Golongan Pangkat : IV/A
NIP : 196901071994031001
Jabatan Fungsional : Lektor
Jabatan Struktural : Ketua Departemen Teknik Informatika dan Komputer
Jurusan/Program Studi : Teknik Komputer
Bidang Keahlian : Pemodelan dan Simulasi

3. Dosen Pembimbing II

Nama : Heny Yuniarti, S.ST., M.T
Gelar : S.ST., M.T
NIP : 199006152019032023
Jabatan Fungsional : Lektor
Jurusan/Program Studi : Teknik Komputer
Bidang Keahlian : Biomedic, Sensors

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. T. Susetianigtias, S. Madenda, Rodiah and Firianingsih, "Pengolahan Citra Fundus Diabetik Retinopati Edisi 1," in *Pengolahan Citra Fundus Diabetik Retinopati Edisi 1*, Jakarta, Gunadarma, 2017.
- [2] A. S. Kartasasmita, "Kementerian Kesehatan Republik Indonesia," 2018. [Online]. Available: <http://www.yankes.kemkes.go.id/read-retinopati-diabetik-pergeseran-paradigma-kebutaan-pada-era-milenial-5984.html>. [Accessed 14 May 2020].
- [3] R. D. Badgajar and P. J. Deore, "Region Growing Based Segmentation using Forstner Corner Detection Theory for Accurate Microaneurysm Detection in Retinal Fundus Images," *Fourth International Conference on Computing Communication Control and Automation (ICCUBEA)*, 2018.
- [4] V. Das, N. Puhan and R. Panda, "Entropy Thresholding based Microaneurysm Detection in Fundus Images," *IEEE*, 2015.
- [5] S. Kumar and B. Kumar, "Diabetic Retinopathy Detection by Extracting Area and Number of Microaneurysm from Colour Fundus Image," *5th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*, pp. 359-364, 2018.
- [6] S. S. Puranik and V. Malode, "Morphology Based Approach for Microaneurysm Detection from Retinal Image," *International Conference on Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques*, pp. 635-639, 2016.
- [7] M. Santoso, T. Indriyani and R. E. Putra, "Deteksi Microaneurysm pada Citra Retina Mata Menggunakan Matched Filter," *INTEGER: Journal of Information Technology*, vol. II, no. 2, pp. 59-68, 2017.
- [8] N. Azumi, "Pengenalan Pola Citra Fundus pada Deteksi Diabetic Retinopathy Berbasis Pengolahan Citra Digital," *Unidus Repo*, 2015.
- [9] N. Laili, *Klasifikasi Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Naive Bayesien*, Malang: Central Library of Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang, 2013.

- [10] A. G. Moszczak, L. Wpjnar and A. Piwowarczyk, "Comparison of Selected Shading Correction Methods," *Sciendo*, vol. I, no. 1, pp. 819-826, 2019.
- [11] K. D. Toennies, *Guide to Medical Image Analysis-Methods and Algorithms*, London: Springer, 2012.
- [12] C. Chen, L. Harries, A. C. Kopel, B. L. Lee, P. C. Salmonsens and A. H. Shaikh, "Houston Eye Associates," Glacial Multimedia. Inc, [Online]. Available: <https://www.houstoneye.com/retinal-disorders-houston/diabetic-retinopathy/>. [Accessed 20 July 2020].
- [13] P. Porwal, S. Paachade, R. Kamble and dkk, "Indian Diabetic Retinopathy Image Dataset: A Database for Diabetic Retinopathy Screening Research," *MPDI*, 2018.
- [14] B. Wu, W. Zhu, F. Shi, S. Zhu and X. Chen, "Automatic detection of microaneurysms in retinal fundus images," *ScienceDirect*, vol. LV, pp. 106-112, 2017.
- [15] D. J. Sundoro, "Klasifikasi Retinopati Diabetik Non-Proliferatif dan Proliferatif Berdasarkan Citra Fundus Menggunakan Metode Gabor Wavelet dan Klasifikasi Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *e-proceeding of Engineering*, vol. VI, no. 2, pp. 4178-4185, 2019.
- [16] R. Sigit, M. M. Bachtar and M. I. Fikri, "Identification of Leukemia Diseases Based on Microscopic Human Blood Cells Using Image Processing," *IEEE*, 2018.

