



**ANALISIS CITRA UNTUK IDENTIFIKASI NILAI
MATA UANG LOGAM RUPIAH**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Pendidikan Program Studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer

Oleh
Titi Sumarni NIM.5302411085



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister dan doctor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku diperguruan tinggi ini.

Semarang, 12 Februari 2016

Penulis



Titi Sumarni

NIM 5302411085



UNNES

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul **Analisis Citra Untuk Identifikasi Nilai Mata Uang Logam Rupiah** telah dipertahankan 'di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang pada hari Jum'at tanggal 26 Februari 2016.

Oleh

Nama : Titi Sumarni
NIM : 5302411085
Program Studi : Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer, S1.

Panitia :

Ketua Panitia

Sekretaris



Dr. Ing Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T.
NIP. 19780531200501 1 002

Ir. Ulfah Mediaty Arief, M.T.
NIP.19660505 199802 2 001

Penguji I

Penguji II

Penguji III/Pembimbing



Dr. Ing Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. NIP. 19780531200501 1 002
Angraini Mulwinda, S.T., M.Eng. NIP. 19781226 200501 2 002
Dr. Hari Wibawanto, M.T. NIP. 19650107 199102 1 001

UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UNNES



Dr. Nur Qudus, M.T.
NIP. 19691130 199403 1 001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada Tuhanmulah kamu berharap (Q.S Al-Insyiroh: 6-8).
- Barangsiapa yang mempelajari ilmu pengetahuan yang seharusnya yang ditunjukkan untuk mencari ridho Allah bahkan hanya untuk mendapatkan kedudukan/kekayaan duniawi maka tidak akan mendapatkan baunya surga pada hari kiamat nanti (riwayat Abu Hurairah radhiallahu anhu).
- Kesuksesan akan terjadi ketika kita berusaha untuk meraihnya dengan semangat tanpa mengenal kata lelah, karena hanya orang yang bersungguh-sungguh yang akan mendapatkan kesuksesan.

PERSEMBAHAN

Skripsi ini adalah bagian dari ibadahku kepada Allah SWT, karena hanya kepadaNya lah kami menyembah dan kepadaNya lah kami mohon pertolongan.

Sekaligus sebagai ungkapan terima kasihku kepada :

Bapak Sokiman dan Ibu Siti Rokhimah yang selalu memberikan motivasi dan do'a dalam hidupku

Kakakku dan segenap keluarga yang selalu memberikan inspirasi dalam hidupku dan motivasi dalam hidupku.

Keluarga Rufaidha dan teman- teman kader Ristek FT UNNES 2011 yang selalu memberikan semangat dalam hidupku

Teman- teman PTIK 2011 (You are my sweet memorial).

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan kasih sayang karunia-Nya yang besar, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Analisis Citra untuk Identifikasi Nilai Mata Uang Logam Rupiah*.

Laporan skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana program studi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan, motivasi dan bantuan dari berbagai pihak lain, maka pada kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Hari Wibawanto, M.T, selaku dosen pembimbing.
2. Dr. Ing. Dhidik Prastiyanto, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro yang telah memberikan arahan dan izin dalam penyusunan skripsi.
3. Seluruh Dosen dan staf karyawan Jurusan Teknik Elektro.
4. Bapak Sokiman, Ibu Siti Rokhimah, Mba Widya, Mba Ristu, Mas Bagus dan semua keluarga tercinta yang selalu memberikan do'a, kasih sayang, serta dukungan, baik material maupun spiritualnya.
5. Sahabat seperjuangan Silvia, Arum, Novi, Dian, Listi, Windi, Zeli, Iga dan teman-teman kos di Ikhwah Rosul 50, sahabat Ristek yang telah memberikan semangat dalam mengerjakan skripsi.
6. Teman-teman prodi Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer angkatan 2011.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam laporan Skripsi ini. Untuk itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan dari semua pihak.

Semarang, Februari 2016

Penulis

ABSTRAK

Sumarni, Titi. 2015. “Analisis Citra Untuk Identifikasi Nilai Mata Uang Logam Rupiah”. Skripsi. Jurusan Teknik Elektro: Fakultas Teknik. Universitas Negeri Semarang. Pembimbing: Dr. Hari Wibawanto, M.T.

ABSTRAK

Sistem digitalisasi citra sangat bermanfaat bagi proses pengolahan citra digital. Salah satu penerapannya adalah identifikasi mata uang logam, yang sudah banyak diterapkan pada mesin- mesin penjualan otomatis sebagai salah satu alat pembayaran untuk membantu proses transaksi misalnya mesin penjualan (*vending machine*). Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi mata uang logam dalam bentuk citra digital berdasarkan ekstraksi fitur area dan ruang warna *hue, saturation, value* (HSV).

Pengembangan perangkat lunak ini menggunakan metode prototipe. Pengembangan prototipe ini menggunakan pendekatan *throw-away* dan pengujian *blackbox*, sedangkan hasil pengujian dianalisis dengan statistik multivariat dependensi pendekatan *two group discriminant analysis*.

Analisis citra untuk identifikasi mata uang logam dengan fitur area dan warna HSV menghasilkan akurasi klasifikasi sebesar 97,2% untuk mata uang logam 100, 93,1% untuk mata uang logam 200, 100% untuk mata uang logam 500 *gold*, 97,2% untuk mata uang logam 500 *silver*, 98,6% untuk mata uang logam 1000 *gold* dan 97,2% untuk mata uang logam 1000 *silver*. Dengan demikian fitur area dan ruang warna HSV sangat akurat untuk mengidentifikasi jenis mata uang logam. Menciptakan sistem otomatis pada sebuah aplikasi pengenalan mata uang logam bisa menggunakan metode ekstraksi fitur area dan warna HSV.

Kata Kunci: *Two Group Discriminant Analysis, Prototipe Throw-away, Mata uang logam, Ekstraksi fitur, Area dan Ruang warna HSV.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN.....	ii
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	5
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Rumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	7
1.6 Manfaat Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi	7
BAB II LANDASAN TEORI.....	9
2.1 Deskriptif Teorik.....	9
2.1.1 Mata Uang Logam	9
2.1.2 Pengertian Citra Digital	12
2.1.3 Kuantisasi dan Sampling Citra	14
2.1.4 Kualitas Citra.....	16
2.1.5 Representasi Citra Digital.....	17
2.1.5.1 Konversi Koordinat	18

2.1.5.2	Citra Sebagai Matriks	18
2.1.6	Membaca Citra.....	19
2.1.7	Mengetahui Ukuran Citra	20
2.1.8	Menampilkan Citra	20
2.1.9	Jenis Citra	21
2.1.9.1	Citra Biner	21
2.1.9.2	Citra <i>Grayscale</i>	23
2.1.9.3	Citra Berwarna.....	24
2.1.10	Format Citra Digital.....	26
2.1.10.1	Bitmap.....	27
2.1.10.2	<i>Graphic Interchange Format</i> (GIF).....	28
2.1.10.3	<i>Portable Network Graphic</i> (PNG).....	29
2.1.10.4	<i>Joint Photographic Experts</i> (JPEG)	30
2.1.11	Operasi Pixel dan Histogram	32
2.1.12	Pengertian Pengolahan Citra Digital	32
2.1.13	Mengkonversi Citra	34
2.1.14	Restorasi Citra	34
2.1.14.1	Pengertian Restorasi Citra	34
2.1.14.2	Derau dalam Citra	35
2.1.14.3	Derau Garam dan Merica	35
2.1.14.4	Filter Median	36
2.1.15	Segmentasi Citra.....	38
2.1.16	Operasi Citra Biner.....	40
2.1.16.1	Pelabelan Objek.....	40
2.1.16.2	<i>Boundary Segments</i>	41
2.1.17	Pengolahan Citra Berwarna	48
2.1.17.1	Dasar Citra.....	48
2.1.17.2	Ruang Warna.....	49
2.1.17.3	Menghitung Jumlah Warna	56
2.1.18	Ekstraksi Fitur.....	57
2.1.19	Matlab.....	57

2.2 Kajian Penelitian Relevan	59
BAB III METODE PENELITIAN.....	62
3.1 Model Pengembangan	62
3.2 Tahapan Pengembangan.....	65
3.2.1 Persyaratan <i>Outline</i>	66
3.2.2 Algoritma Identifikasi Mata Uang Logam.....	68
3.2.3 Rancang Desain Prototipe	70
3.2.4 Evaluasi Prototipe	70
3.2.5 Spesifikasi Sistem	71
3.2.6 Pengembangan Perangkat Lunak	71
3.2.7 Validasi Sistem	71
3.3 Pengujian Sistem.....	71
3.3.1 Teknik Pengujian	72
3.3.2 Analisis Data.....	74
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	76
4.1 Hasil Penelitian	76
4.1.1 Ekstraksi Fitur.....	76
4.1.1.1 Mata Uang Logam 100.....	77
4.1.1.2 Mata Uang Logam 200.....	78
4.1.1.3 Mata Uang Logam 500 <i>Gold</i>	80
4.1.1.4 Mata Uang Logam 500 <i>Silver</i>	81
4.1.1.5 Mata Uang Logam 1000 <i>Gold</i>	82
4.1.1.6 Mata Uang Logam 1000 <i>Silver</i>	84
4.1.2 Analisis Diskriminan Fitur Mata Uang Logam	86
4.1.2.1 Uji <i>Multivariate Normality</i>	87
4.1.2.2 Uji <i>Multikolinieritas</i>	87
4.1.2.3 Uji Data <i>Outlier</i>	88
4.1.2.4 Hasil <i>Two Group Discriminant Analysis</i>	89
4.2 Prototipe Identifikasi Mata Uang Logam.....	93
4.2.1 Hasil Perancangan Prototipe dan Implementasi Fitur dalam Prototipe	93

4.2.2 Pengujian <i>Blackbox</i>	99
4.2.3 Implementasi Fungsi Algoritma	101
4.3 Pembahasan.....	102
BAB V PENUTUP.....	105
5.1 Simpulan.....	105
5.2 Saran.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Daftar Mata Uang Logam Rupiah.....	11
Tabel 2.2	Warna dan nilai penyusun warna	25
Tabel 2.3	Fungsi Konversi Citra	34
Tabel 2.4	Data Penelitian Relevan	61
Tabel 3.1	Contoh Citra Digital Mata Uang Logam.....	67
Tabel 3.2	Skenario pengujian <i>blackbox</i> identifikasi mata uang logam.....	73
Tabel 4.1	Data Ekstraksi Fitur Mata Uang Logam 100	77
Tabel 4.2	<i>Descriptive Statistics</i> mata uang logam 100	78
Tabel 4.3	Data Ekstraksi Fitur Mata Uang Logam 200	79
Tabel 4.4	<i>Descriptive Statistics</i> mata uang logam 200	79
Tabel 4.5	Data Ekstraksi Fitur Mata Uang Logam 500 <i>Gold</i>	80
Tabel 4.6	<i>Descriptive Statistics</i> mata uang logam 500 <i>Gold</i>	80
Tabel 4.7	Data Ekstraksi Fitur Mata Uang Logam 500 <i>Silver</i>	81
Tabel 4.8	<i>Descriptive Statistics</i> mata uang logam 500 <i>Silver</i>	82
Tabel 4.9	Data Ekstraksi Fitur Mata Uang Logam 1000 <i>Gold</i>	83
Tabel 4.10	<i>Descriptive Statistics</i> mata uang logam 1000 <i>Gold</i>	83
Tabel 4.11	Data Ekstraksi Fitur Mata Uang Logam 1000 <i>Silver</i>	84
Tabel 4.12	<i>Descriptive Statistics</i> mata uang logam 1000 <i>Silver</i>	84
Tabel 4.13	Uji <i>Multikolinieritas</i>	88
Tabel 4.14	Akurasi Setiap Mata Uang Logam.....	89
Tabel 4.15	Contoh Hasil Ekstraksi fitur Mata Uang Logam	99
Tabel 4.16	Pengujian fungsi algoritma identifikasi mata uang logam.....	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Mata Uang Logam Indonesia	11
Gambar 2.2	Sistem Koordinat Citra.....	12
Gambar 2.3	Citra dan Nilai Penyusun Piksel.....	13
Gambar 2.4	Notasi Piksel dalam Citra.....	14
Gambar 2.5	Perbandingan antara isyarat analog dan isyarat diskret	15
Gambar 2.6	Digitalisasi citra biner 8 x 8 piksel.....	15
Gambar 2.7	Citra Kuantisasi menggunakan 8 bit	16
Gambar 2.8	Efek Resolusi berdasarkan Jumlah Piksel pada Citra	17
Gambar 2.9	Konvensi Sistem Koordinat Citra	18
Gambar 2.10	Fungsi <i>Imshow</i>	20
Gambar 2.11	Citra Biner.....	22
Gambar 2.12	Representasi Citra Biner.....	22
Gambar 2.13	Citra <i>Grayscale</i>	24
Gambar 2.14	RGB pada ruang berdimensi 3	25
Gambar 2.15	Contoh citra berwarna dan representasinya	26
Gambar 2.16	Warna Bitmap	27
Gambar 2.17	Diagram Blok Pengolahan Citra	33
Gambar 2.18	Efek derau dalam isyarat satu dimensi.....	35
Gambar 2.19	Citra berderau garam dan merica	36
Gambar 2.20	Hasil Segmentasi Citra.....	38
Gambar 2.21	Ilustrasi jarak antar piksel.....	44
Gambar 2.22	Garis Merah menyatakan area daun.....	45
Gambar 2.23	Citra pusat massa daun.....	47
Gambar 2.24	Proses Citra RGB	50
Gambar 2.25	Konversi Citra RGB ke CMY	52
Gambar 2.26	Model warna HSV.....	54
Gambar 2.27	Komponen Citra HSV	55
Gambar 3.1	Proses Pengembangan Prototipe	63
Gambar 3.2	Ilustrasi Pembuatan Prototipe <i>Throw-away</i> dan	

Prototipe <i>Evolusioner</i>	64
Gambar 3.3 Pembuatan Prototipe <i>Evolusioner</i>	64
Gambar 3.4 Pembuatan Prototipe <i>Throw-away</i>	65
Gambar 3.5 Diagram blok sistem pengembangan prototipe	68
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Identifikasi Mata Uang Logam.....	69
Gambar 3.7 Rancang Desain Prototipe	70
Gambar 3.8 Pengujian <i>BlackBox</i>	72
Gambar 4.1 Algoritma Ekstraksi Fitur Identifikasi Mata Uang Logam	76
Gambar 4.2 <i>ROC Curve</i> Mata Uang Logam.....	92
Gambar 4.3 Layout Identifikasi Mata Uang Logam	93
Gambar 4.4 Kotak Dialog Analisis Citra	94
Gambar 4.5 <i>Open</i> Citra	94
Gambar 4.6 <i>Input</i> Citra	95
Gambar 4.7 Tombol <i>Process, Reset, Back</i>	95
Gambar 4.8 Konversi <i>Grayscale</i>	96
Gambar 4.9 Filter Median.....	96
Gambar 4.10 Konversi Biner	96
Gambar 4.11 Matriks Label	97
Gambar 4.12 <i>Boundaries of Image</i>	97
Gambar 4.13 Hasil konversi ke Warna HSV	98
Gambar 4.14 Identitas Citra	98
Gambar 4.15 Implementasi Fitur Identifikasi Mata Uang Logam	99
Gambar 4.16 Fungsi Ekstraksi Fitur Area.....	101
Gambar 4.17 Fungsi Ekstraksi Fitur Warna HSV.....	101

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Surat Pertimbangan Judul Skripsi	110
Lampiran 2. Surat Usulan Topik Skripsi	111
Lampiran 3. Surat Usulan Pembimbing Skripsi.....	112
Lampiran 4. Surat Keputusan Dosen Pembimbing	113
Lampiran 5. Formulir Laporan Selesai Bimbingan Skripsi	114
Lampiran 6. Formulir Bimbingan Skripsi	115
Lampiran 7. Hasil Evaluasi Algoritma Prototipe	116
Lampiran 8. Hasil Uji <i>Multivariate Normality</i>	117
Lampiran 9. Hasil Uji <i>Outlier</i>	118
Lampiran 10. Hasil Analisis Diskriminan Fitur Mata Uang Logam dalam SPSS	120
Lampiran 11. Hasil <i>Classification Result</i> setiap Mata Uang Logam	122
Lampiran 12. Hasil <i>Casewise Statistics</i> setiap Mata Uang Logam dalam SPSS	123

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi komputer berkembang dengan sangat pesat. Perkembangan teknologi komputer yang semakin pesat, setiap orang dituntut untuk memanfaatkan teknologi komputer dalam kehidupan sehari-hari. Pemanfaatan teknologi merupakan salah satu peran implementasi dari disiplin ilmu pengetahuan (Prasetyo, 2011: 9).

Pengolahan citra digital merupakan salah satu pemanfaatan teknologi komputer yang digunakan untuk menyelesaikan masalah mengenai pengolahan gambar atau citra sehingga mudah diproses (Usman, 2005).

Bidang pengolahan citra digital menjadi populer diminati mulai awal tahun 1921. Sekitar tahun 1960 baru tercatat suatu perkembangan pesat seiring dengan munculnya teknologi komputer yang sanggup memenuhi suatu kecepatan proses dan kapasitas memori yang dibutuhkan oleh berbagai algoritma pengolahan citra. Sejak itu berbagai aplikasi mulai dikembangkan. Kemampuan dasar sebuah komputer dari generasi terakhir ini selalu dikaitkan dengan bidang grafika desain dan juga multimedia yang tidak hanya dapat mengelolah gambar tetapi juga dapat dalam bentuk video (Ardhianto, 2013: 91).

Salah satu penerapan pengolahan citra digital yaitu mengidentifikasi suatu objek, misalnya mengidentifikasi mata uang logam. Penelitian ini menggunakan mata uang logam sebagai objek penelitian, karena sudah banyak diterapkan pada macam- macam mesin penjualan otomatis sebagai salah satu alat pembayaran untuk membantu proses transaksi. Mesin penjualan otomatis ini dapat ditemukan di tempat tertentu seperti supermarket, bandara, rumah sakit, misalnya mesin penjualan air minum, makanan ringan, koran dan sebagainya.

Identifikasi mata uang logam ini terdapat tiga metode yang dapat dilakukan, yakni berbasis metode mekanis, berbasis metode elektromagnetis, dan berbasis metode pengolahan citra digital. Identifikasi mata uang logam berbasis metode mekanis ini menggunakan diameter atau jari- jari, ketebalan, berat dan magnet mata uang logam sebagai parameter untuk membedakan antar mata uang logam. Tetapi metode mekanis ini tidak dapat digunakan untuk membedakan antara bahan mata uang logam yang berbeda, hal ini berarti jika terdapat dua mata uang logam yang asli dan palsu dengan parameter diameter, ketebalan, berat dan magnet yang berbeda dengan bahan yang berbeda juga, maka sistem identifikasi mata uang logam berdasarkan metode mekanis ini akan mengenali kedua mata uang logam tersebut sebagai mata uang logam asli, sehingga akan terjadi kesalahan dalam mendeteksi mata uang logam. Metode selanjutnya adalah metode elektromagnetik, metode ini mampu mengenali mata uang logam antar bahan yang berbeda dan parameter diameter, ketebalan, berat, magnet yang berbeda pula. Oleh karena itu, pengenalan mata uang logam berbasis metode elektromagnetik dapat meningkatkan akurasi pengakuan mata uang logam, tetapi

metode elektromagnetik ini dapat terjadi kesalahan pengenalan juga oleh beberapa koin *game* yang dianggap sebagai mata uang logam asli. Metode lain untuk identifikasi mata uang logam adalah berbasis metode pengolahan citra digital. Pada metode pengolahan citra digital ini menggunakan teknik pengolahan citra digital untuk mengenali mata uang logam yang berbeda dalam bentuk citra digital (Modi, 2012: 1).

Penelitian yang menggunakan metode pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi mata uang logam diantaranya Shatrugan Modi dan Dr. Seema Bawa dengan judul penelitian *Automated Coin Recognition System using Artificial Neural Network (ANN)* menggunakan teknik *hough transformasi* dan pola *Averging* menghasilkan akurasi penelitian 97,74% berhasil teridentifikasi dengan baik. Penelitian lain oleh Paul Davidsson dengan judul penelitian *Coin classification using a novel technique for learning characteristic decision trees by controlling the degree of generalization* dengan teknik *decision trees* menghasilkan akurasi 99,7% berhasil teridentifikasi dengan baik juga. Penelitian lain juga oleh Wahyu Saputra Wibawa, dengan judul penelitian *Perancangan dan Pembuatan Aplikasi untuk mendeteksi Uang Logam dengan metode Euclidean* menghasilkan penelitian bahwa teknik *Euclidean* baik dalam mengenali maupun mendeteksi mata uang logam dengan tingkat keberhasilan 80%.

Berdasarkan tingkat keberhasilan penelitian di atas, bahwa identifikasi mata uang logam berbasis metode pengolahan citra digital dapat meningkatkan akurasi pengenalan mata uang logam. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan identifikasi mata uang logam dengan menggunakan teknik ekstraksi fitur citra

mata uang logam berbasis metode pengolahan citra digital. Penerapan teknik ekstraksi fitur pengolahan citra digital dalam mengidentifikasi mata uang logam ini mudah dilakukan, karena teknik ekstraksi fitur pengolahan citra digital ini dimisalkan seperti cara kerja sistem saraf pusat mata sebagai indera penglihatan yang mampu mengenali benda berdasarkan ciri-cirinya. Identifikasi mata uang logam akan mudah dikenali nominalnya berdasarkan fitur mata uang logam tersebut, sehingga perlu dilakukan analisis citra mata uang logam agar mendapatkan akurasi fitur yang akurat.

Proses identifikasi mata uang logam berbasis metode pengolahan citra digital menggunakan software Matlab versi R2008a sebagai software yang mampu menyediakan fungsi-fungsi yang dapat membantu proses identifikasi mata uang logam.

Proses identifikasi mata uang logam dilakukan melalui beberapa tahap, diantaranya *input* citra, proses pengolahan citra digital, *output* citra. Informasi yang ada dalam suatu citra dapat dilakukan dengan menyederhanakan struktur citra. Proses pengolahan citra antara lain: (1) konversi dari citra digital warna *red green blue* (RGB) menjadi warna *grayscale* merupakan salah satu metode untuk menormalisasi sebuah citra menjadi skala keabuan, (2) konversi citra digital warna RGB menjadi citra digital warna *hue saturation value* (HSV), (3) filter median citra merupakan fungsi yang digunakan untuk menghilangkan derau pada citra, (4) segmentasi citra (*image segmentation*) merupakan proses yang ditunjukkan untuk mendapatkan objek-objek yang terkandung di dalam citra atau membagi citra kedalam beberapa daerah setiap objek atau daerah memiliki

kemiripan atribut, (5) *binerisasi* merupakan mengubah citra menjadi citra biner menjadi hitam putih, (6) *matriks label* citra merupakan salah satu proses membedakan objek citra berdasarkan urutan matriks dan bekerja pada citra biner, (7) operasi pada citra dengan perhitungan *regionprops* berupa area dan pengolahan ruang warna HSV dengan menghitung intensitas setiap ruang warna HSV yang muncul dicitra sebagai proses identifikasi mata uang logam.

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, penulis mengemukakan gagasan untuk mengembangkan penelitian tentang analisis citra untuk identifikasi nilai mata uang logam Rupiah yang berbeda berbasis metode pengolahan citra digital menggunakan *software* Matlab versi R2008a.

1.2 Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini ditekankan pada kemampuan komputer dalam mengidentifikasi mata uang logam berdasarkan fitur area dan ruang warna *hue saturation value* (HSV), sehingga menghasilkan akurasi fitur yang kuat dengan menerapkan teknik pengolahan citra digital dengan tepat.

1.3 Pembatasan Masalah

Agar pembahasan yang akan dituju menjadi lebih sederhana dan terfokus pada permasalahan identifikasi mata uang logam, maka penelitian ini dibatasi pada :

- 1) Pengujian sistem identifikasi hanya pada mata uang logam Indonesia .

- 2) Pengujian sistem identifikasi mata uang logam menggunakan kamera digital Sony 16,1 MP dan jarak pengambilan citra setiap mata uang logam harus sama ukurannya yaitu 21 cm karena dapat mengubah jumlah piksel pada citra mata uang logam sehingga dibuat statis.
- 3) Pengambilan citra dengan kamera digital dilakukan pada kotak hitam yang tertutup rapat.
- 4) Fitur yang digunakan mengidentifikasi mata uang logam adalah fitur area dan ruang warna *hue, saturation dan value (HSV)*.
- 5) Pengujian sistem hanya sampai pada identifikasi mata uang logam.
- 6) Analisis citra dengan menggunakan analisis diskriminan *two group*.
- 7) Citra mata uang logam rupiah yang diuji adalah mata uang logam rupiah bernilai 100, 200, 500 Gold, 500 Silver, 1000 Gold dan 1000 Silver.
- 8) Sistem identifikasi mata uang logam dibuat menggunakan Matlab versi R2008a.

1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan berikut:

- 1) Bagaimanakah akurasi identifikasi setiap mata uang logam berdasarkan fitur area dan ruang warna *hue, saturation dan value (HSV)* ?

1.5 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka dapat dirumuskan tujuan penelitian, yaitu mengetahui akurasi identifikasi setiap mata uang logam berdasarkan fitur area dan ruang warna HSV menggunakan pengolahan citra digital dan analisis citra pada *software* Matlab R2008a.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diantaranya :

- 1) Memberikan masukan, sumbangan pemikiran dan wawasan pengetahuan bagi mahasiswa tentang pengidentifikasian objek pada sebuah citra melalui pengolahan citra digital terutama untuk sebuah objek mata uang logam berdasarkan ukuran area dan ruang warna HSV.
- 2) Memberikan informasi mengenai akurasi fitur area dan ruang warna HSV untuk identifikasi mata uang logam rupiah

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk mempermudah dalam memahami keseluruhan isi dari penelitian skripsi, maka disusun dalam 3 bagian, yaitu:

1. Bagian Awal Skripsi, terdiri dari :
 - a. Halaman Judul.
 - b. Halaman Pengesahan.
 - c. Motto dan Persembahan.
 - d. Kata Pengantar.

- e. Abstrak.
 - f. Daftar Isi.
 - g. Daftar Tabel.
 - h. Daftar Gambar.
 - i. Daftar Lampiran.
2. Bagian Isi Skripsi, terdiri dari :
- a. BAB I Pendahuluan, berisi tentang :
 - 1) Latar Belakang.
 - 2) Identifikasi Masalah.
 - 3) Pembatasan Masalah.
 - 4) Perumusan Masalah.
 - 5) Tujuan Penelitian.
 - 6) Manfaat Penelitian.
 - 7) Sistematika Penulisan Skripsi.
 - b. BAB II Landasan Teori.
 - c. BAB III Metode Penelitian.
 - d. BAB IV Hasil Penelitian dan Pembahasan.
 - e. BAB V Simpulan dan Saran.
3. Bagian Akhir Skripsi, terdiri dari :
- a. Daftar Pustaka.
 - b. Lampiran.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Deskriptif Teorik

2.1.1 Mata Uang Logam

Menurut Ilyas, M (1989: 118) uang merupakan apa yang dikeluarkan ketika hendak membeli sesuatu. Orang Indian mempergunakan manik-manik, orang Eskimo mempergunakan mata pancing dan lainnya mempergunakan uang (*currency*) seperti mata uang logam, mata uang kertas dan juga cek. Adapun uang itu digunakan untuk:

- 1) Alat pembayaran, yaitu perantara dalam tukar menukar
- 2) Alat satuan nilai apabila orang melakukan pembayaran
- 3) Kesatuan hitung atau standar nilai kalau orang membandingkan harga dengan barang-barang lainnya.

Tetapi secara umum uang itu adalah sesuatu yang dikeluarkan dan umumnya diterima sebagai perantara untuk menukar apabila membayar sesuatu barang atau membayar hutang-hutang (Ritter and Silber, 1984).

Mata uang logam atau koin rupiah Indonesia pertama kali beredar pada tahun 1951 dan 1952. Meskipun mata uang rupiah sudah dicetak oleh pemerintahan Republik Indonesia, namun bentuknya adalah kertas, karena logam terlalu langka untuk pemerintahan yang baru dibentuk. Karena inflasi yang tinggi pada akhir tahun 1950-an hingga awal tahun 1960-an, tidak ada mata uang logam

yang dikeluarkan setelah tahun 1961, dan mata uang logam yang masih beredar tidak berharga. Rupiah baru dicetak sebagai usaha untuk mengurangi inflasi tahun 1965. Pada tahun 1971, ekonomi dan inflasi menjadi stabil, dan mata uang logam kembali beredar dengan nilai 1, 5, 10, 25 dan 50 rupiah, dengan 100 ditambah dua tahun kemudian. Karena inflasi, nilai mata uang logam rupiah ada kini adalah 25, 50, 200, 200, 500 dan 1000 rupiah. Kini terdapat dua seri mata uang logam rupiah yang beredar dipasar, mata uang logam aluminium perunggu dan bi-metalik tahun 1991-1998, serta mata uang logam aluminium yang lebih ringan yang beredar sejak 1999 hingga sekarang.

Uang logam Indonesia yang telah diproduksi dan berlaku saat penelitian ini dilakukan terbuat dari beberapa bahan, seperti *cupro nikel* dan *aluminium bronze*. Uang logam ini merupakan uang logam yang dipergunakan sebagai alat pembayaran yang sah. Bank Indonesia juga mengeluarkan mata uang logam yang terbuat dari perak dan emas dengan pecahan yang beragam seperti 250 rupiah, 750 rupiah, 2000 rupiah, 5000 rupiah dan 10000 rupiah, bahkan ada yang 850 ribu rupiah. Uang logam jenis ini merupakan uang logam peringatan, dikeluarkan dalam jumlah amat terbatas dan mempunyai nilai koleksi yang sangat tinggi. Pada penelitian identifikasi mata uang logam yang berlaku sekarang ini dibagi menjadi 2 kategori yaitu mata uang logam *Silver* terdiri dari 100, 200, 500 dari material aluminium dan 1000 dari material nikel, sedangkan kategori mata uang logam *Gold* terdiri dari 500 dari material perunggu dan 1000 dari material nikel dan perunggu.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.1.2 Pengertian Citra Digital

Citra digital merupakan gambar dua dimensi yang dapat diolah dengan komputer. Sebuah citra digital adalah sebuah matriks yang terdiri dari M kolom N baris, dimana perpotongan antara kolom dan baris disebut piksel. Piksel merupakan elemen terkecil dari sebuah citra. Piksel memiliki 2 parameter yaitu koordinat dan intensitas warna.

Secara matematika citra digital dapat dituliskan sebagai fungsi intensitas $f(x,y)$, dimana x adalah baris dan y adalah kolom, merupakan koordinat posisi dan $f(x,y)$ adalah nilai fungsi pada setiap titik (x,y) yang menyatakan besar intensitas citra atau tingkat keabuan atau warna dari piksel di titik tersebut.

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 3) citra digital dibentuk oleh kumpulan titik yang dinamakan piksel (pixel atau "picture element"). Setiap piksel digambarkan sebagai satu kotak kecil. Setiap piksel mempunyai koordinat posisi. Sistem koordinat dipakai untuk menyatakan citra digital yang ditunjukkan pada Gambar 2.2:



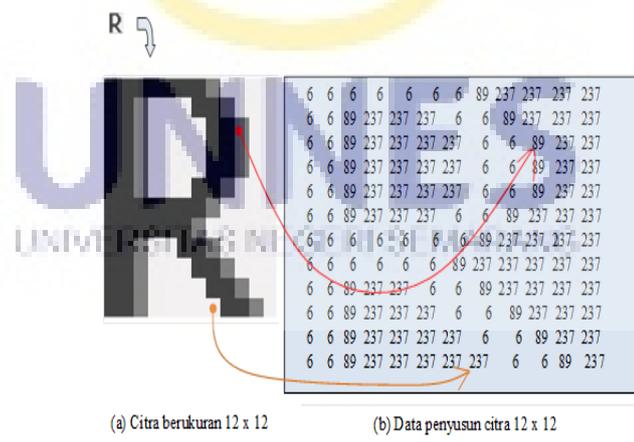
Gambar 2.2 Sistem Koordinat Citra berukuran M X N (M baris dan N kolom)

Dengan sistem koordinat yang mengikuti asas pemindaian pada layar televisi standar itu, sebuah piksel mempunyai koordinat berupa (x,y). Dalam hal ini x menyatakan posisi kolom y menyatakan posisi baris sedangkan piksel pojok kiri-atas mempunyai koordinat (0,0) dan piksel pada pojok kanan-bawah mempunyai koordinat (N-1,M-1).

Dengan menggunakan Matlab, citra dinyatakan dengan $f(y,x)$. Sebagai contoh, citra berukuran 12x12 yang terdapat memiliki susunan data seperti terlihat di Gambar 2.3 yang menunjukkan contoh notasi $f(x,y)$. Berdasarkan Gambar 2.4 maka:

- $f(2,1)$ bernilai 6
- $f(4,7)$ bernilai 237

Pada citra berskala keabuan, nilai seperti 6 atau 237 dinamakan intensitas.



Gambar 2.3 Citra dan Nilai Penyusun Piksel

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	6	6	6	6	6	6	6	89	237	237	237	237
2	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237
3	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237
4	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237
5	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237
6	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237
7	6	6	6	6	6	6	6	89	237	237	237	237
8	6	6	6	6	6	6	6	89	237	237	237	237
9	6	6	89	237	237	6	6	89	237	237	237	237
10	6	6	89	237	237	237	6	6	89	237	237	237
11	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237
12	6	6	89	237	237	237	237	6	6	89	237	237

Gambar 2.4 Notasi piksel dalam citra

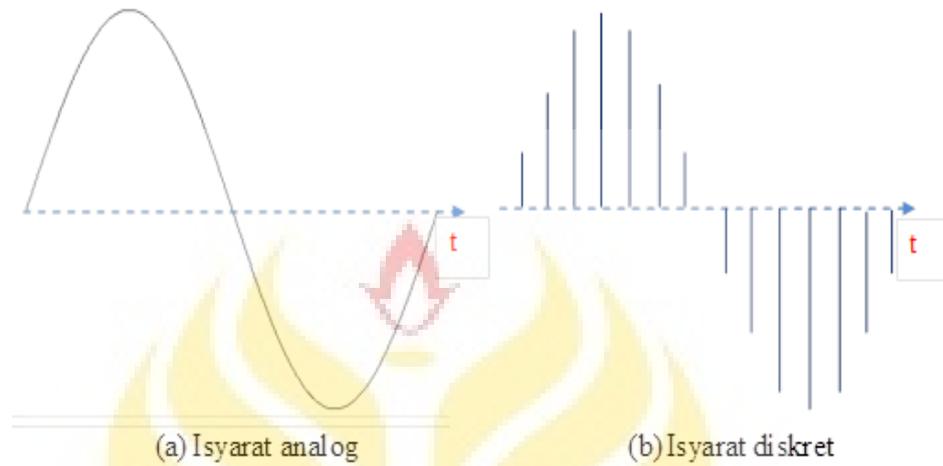
2.1.3 Kuantisasi dan Sampling Citra

Menurut Prasetyo (2011: 13) untuk membuat citra digital, perlu mengkonversikan menjadi bentuk digital. Hal ini meliputi dua proses yaitu sampling dan kuantisasi citra.

Citra digital dihasilkan dari citra analog melalui digitalisasi. Sistem digitalisasi citra analog terdiri atas penerokan (*sampling*) dan kuantisasi (*quantization*). Penerokan adalah pembagian citra kedalam elemen- elemen diskrit (*piksel*), sedangkan kuantisasi adalah pemberian nilai intensitas pada piksel dengan nilai yang berupa bilangan bulat.

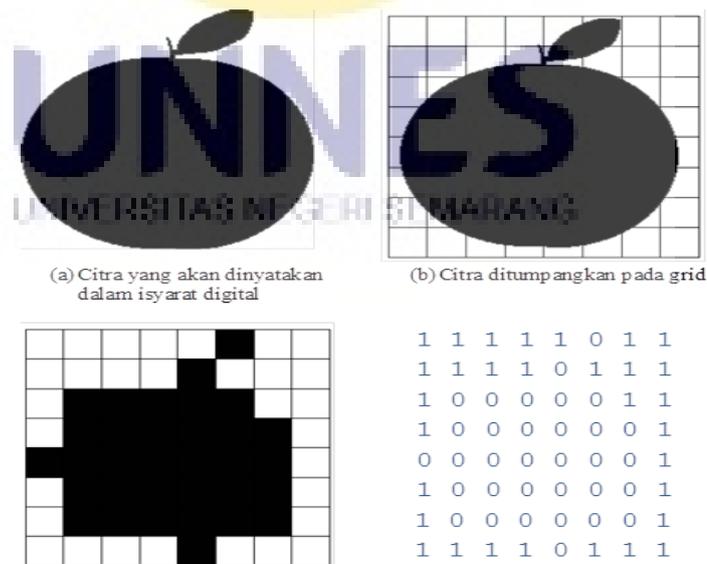
Kuantisasi adalah prosedur yang dipakai untuk membuat suatu isyarat yang bersifat kontinu atau analog kedalam bentuk diskret dan merupakan pendekatan

dalam membentuk sebuah citra digital. Kuantisasi citra dapat dipahami seperti pada Gambar 2.5:



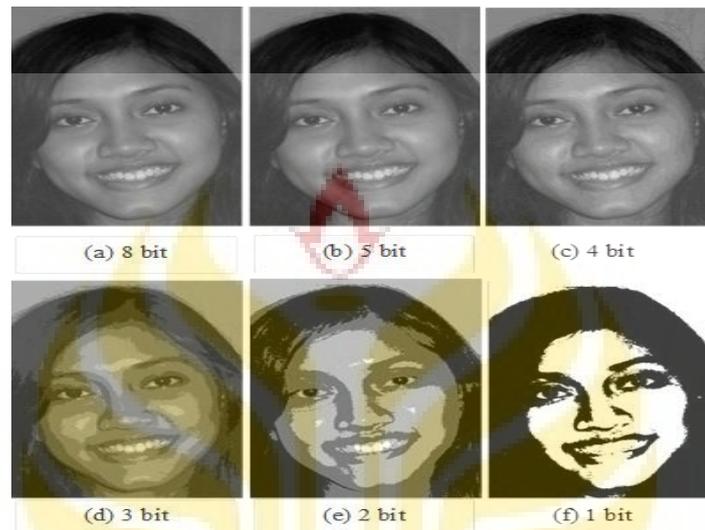
Gambar 2.5 Perbandingan antara isyarat analog dan isyarat diskret

Gambar 2.5 (a) menunjukkan contoh citra biner dua intensitas berupa 0 (hitam) dan 1 (putih). Selanjutnya gambar tersebut ditumpangkkan pada grid 8 x 8 seperti diperlihatkan di Gambar 2.5 (b).



Gambar 2.6 Digitalisasi citra biner 8 x 8 piksel

Dalam praktik, jumlah aras intensitas piksel dapat dinyatakan dengan kurang dari delapan bit. Contoh di Gambar 2.7 menunjukkan citra yang dikuantisasi menggunakan 8, 5, 4, 3, 2 dan 1 bit.



Gambar 2.7 Citra Kuantisasi menggunakan 8 bit

2.1.4 Kualitas Citra

Disamping mencacah kecerahan, jumlah piksel yang digunakan untuk menyusun suatu citra mempengaruhi kualitas citra. Istilah resolusi citra biasa dinyatakan dengan jumlah piksel pada arah lebar dan tinggi. Resolusi piksel biasa dinyatakan dengan notasi $m \times n$, dengan m menyatakan tinggi dan n menyatakan lebar dalam jumlah piksel. Contoh Gambar 2.8 menunjukkan efek resolusi piksel untuk menampilkan gambar yang sama.



Gambar 2.8 Efek Resolusi berdasarkan jumlah piksel pada citra

Terlihat bahwa pada resolusi tertentu citra menjadi kabur kalau dinyatakan dengan jumlah piksel yang semakin sedikit. *Resolusi spasial* ditentukan oleh jumlah piksel persatuan panjang. Istilah seperti dpi (*dot per inchi*) menyatakan jumlah piksel per inci (Kadir dan Susanto, 2013: 16).

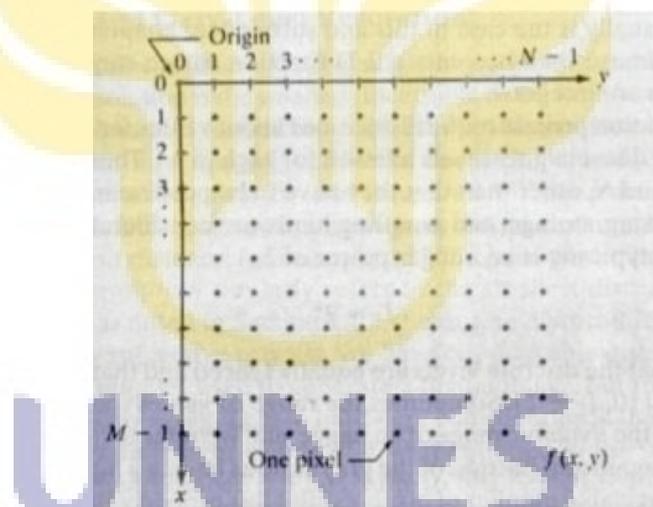
2.1.5 Representasi Citra Digital

Sebuah citra dapat didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat dan amplitude dari f pada sembarang pasangan koordinat (x,y) disebut intensitas citra *gray level* pada titik tersebut. Warna citra dibentuk

oleh kombinasi citra 2-D individual. Misalnya, dalam sistem warna RGB, warna terdiri dari tiga komponen individu (*red, green, blue*).

2.1.5.1 Konvensi Koordinat

Hasil dari sampling dan kuantisasi adalah matriks dengan tipe data real. Dimana citra $f(x,y)$ menghasilkan citra yang mempunyai ukuran kolom M dan baris N , sehingga nilai dari (x,y) merupakan kuantitas diskrit. Nilai koordinat titik awal pada $(x,y) = (0,0)$. Nilai koordinat berikutnya sepanjang baris pertama $(x,y) = (0,1)$. Berdasarkan aturan koordinat untuk mempresentasikan citra digital dapat jelas seperti pada Gambar 2.9:



Gambar 2.9 Konvensi Sistem Koordinat Citra

2.1.5.2 Citra sebagai Matriks

Setelah dikonversi ke dalam sistem koordinat, citra digital dapat dipresentasikan pada sebuah matriks pada sebuah fungsi citra yang sudah didigitasi. Berikut ini formulasi dari citra sebagai matriks:

$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \cdots & f(0, N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \cdots & f(1, N-1) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \cdots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix}$$

Contoh citra digital dapat direpresentasikan secara natural sebagai matriks dengan M dan N menyatakan baris dan kolom matriks :

$$f = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,N) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,N) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ f(M,1) & f(M,2) & \cdots & f(M,N) \end{bmatrix} \text{Type equation here.}$$

2.1.6 Membaca Citra

Untuk memudahkan dalam memahami hasil proses pengolahan citra, perlu adanya perintah yang berguna sebagai membaca citra yang tersimpan dalam bentuk file. Matlab menyediakan fungsi bernama **imread**. Bentuk pemanggilannya :

```
Img= imread (nama_file_citra)
```

Dalam hal ini, *nama_file_citra* menyatakan nama file citra yang hendak dibaca dan *Img* menyatakan larik (*array*) yang menampung data citra yang dibaca.

Contoh berikut ini digunakan untuk membaca file citra bernama `background.png`

```
>> Img= imread('background.png');
```

2.1.7 Mengetahui Ukuran Citra

Secara umum, ukuran matriks *Img* adalah *M* dan *N*. Untuk mengetahui nilai *M* dan *N* yang sesungguhnya, dapat digunakan fungsi di Matlab bernama *size*.

Contoh untuk mengetahui dimensi pada matriks *Img*:

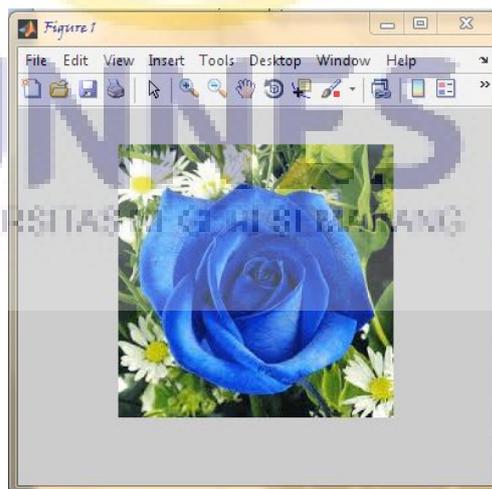
```
>> Ukuran = size (Img)
Ukuran =
    500    800
```

2.1.8 Menampilkan Citra

Citra dapat ditampilkan dengan mudah melalui fungsi ***imshow***. Contoh berikut ini digunakan menampilkan citra yang terdapat di *Img*:

```
>> imshow (Img)
```

Hasilnya berupa jendela yang menampilkan citra pada *Img*, seperti terlihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Fungsi *Imshow*

2.1.9 Jenis Citra

Sebuah citra dirubah kedalam bentuk digital agar dapat disimpan dalam memori komputer sebagai suatu file dalam format sebuah citra tertentu. Format citra dapat menunjukkan cara sebuah citra disimpan, misalnya apakah dengan suatu kompresi atau tidak. Contoh format citra digital adalah *.bmp*, *.jpg*, *.png*, *.tif* dan sebagainya. Ukuran citra digital dinyatakan dalam piksel.

Berdasarkan cara penyimpanan atau pembentukannya, citra digital dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu:

- 1) Citra Bitmap atau citra raster adalah citra digital yang dibentuk oleh kumpulan piksel dalam *array* dua dimensi.
- 2) Grafik Vektor adalah citra yang dibentuk oleh fungsi-fungsi geometri dan matematika.

Banyaknya nilai yang dapat digunakan dalam kuantisasi citra bergantung kepada kedalaman piksel yaitu banyaknya bit yang digunakan untuk mempresentasikan intensitas warna piksel. Kedalaman piksel sering disebut juga kedalaman warna. Citra digital yang memiliki kedalaman piksel n bit disebut juga citra n bit. Berdasarkan warna –warna penyusunnya, citra digital dibagi menjadi 3 macam yaitu citra biner, citra *grayscale* dan citra berwarna (Marvin Chandra Wijaya, 2007).

2.1.9.1 Citra Biner

Citra biner yaitu citra yang hanya terdiri atas dua warna, yaitu hitam dan putih. Oleh karena itu setiap piksel pada citra biner cukup dipresentasikan dengan 1 bit.



Gambar 2.11 Citra Biner

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Gambar 2.12 Representasi citra biner

Citra biner adalah citra dengan setiap piksel hanya dinyatakan dengan sebuah nilai dari dua kemungkinan (yaitu nilai 0 dan 1). Nilai 0 menyatakan warna hitam dan nilai 1 menyatakan warna putih. Citra jenis ini banyak dipakai dalam pemrosesan citra, misalnya untuk kepentingan memperoleh tepi bentuk suatu objek (Kadir dan Susanto, 2013: 23).

Meskipun saat ini citra berwarna lebih disukai karena memberi kesan yang lebih kaya dari citra biner, namun tidak membuat citra biner mati. Pada beberapa aplikasi citra biner masih tetap dibutuhkan, misalkan citra logo instansi (yang hanya terdiri warna hitam dan putih), citra kode barang *barcode* yang tertera pada label barang, citra hasil pemindaian dokumen teks dan sebagainya. Seperti yang

sudah disebutkan di atas, citra biner hanya mempunyai dua nilai derajat keabuan: hitam dan putih. Piksel- piksel objek bernilai 1 dan piksel-piksel latar belakang bernilai 0. Jadi pada citra biner, latar belakang berwarna putih sedangkan objek berwarna hitam seperti tampak pada Gambar 2.11. Meskipun komputer saat ini dapat memproses citra *grayscale* maupun citra berwarna, namun citra biner masih tetap dipertahankan keberadaannya.

Alasan penggunaan citra biner adalah karena citra biner memiliki sejumlah keuntungan sebagai berikut:

- 1) Kebutuhan memori kecil karena nilai derajat keabuan hanya membutuhkan representasi 1 bit.
- 2) Waktu pemrosesan lebih cepat dibandingkan dengan citra *grayscale* ataupun warna.

2.1.9.2 Citra Grayscale

Citra jenis ini menangani gradasi warna hitam dan putih, yang tentu saja menghasilkan efek warna abu-abu. Pada jenis gambar ini, warna dinyatakan dengan intensitas. Intensitas citra 8 bit berkisar 0 sampai 225. Nilai 0 menyatakan hitam dan nilai 225 menyatakan putih (Kadir dan Susanto, 2013: 23). Pada umumnya citra *grayscale* memiliki kedalaman piksel 8 bit (256 derajat keabuan), tetapi ada juga citra *grayscale* yang kedalaman pikselnya bukan 8 bit, misalnya 16 bit untuk penggunaan yang memerlukan ketelitian tinggi.



Gambar 2.13 Citra *Grayscale*

Citra *grayscale* merupakan citra satu kanal, dimana citra $f(x,y)$ merupakan fungsi tingkat keabuan dari hitam keputih, x menyatakan variabel kolom atau posisi piksel di garis jelajah dan y menyatakan variabel baris atau posisi piksel di garis jelajah. Intensitas f dari gambar hitam putih pada titik (x,y) disebut derajat keabuan (*gray level*), yang dalam hal ini derajat keabuannya bergerak dari hitam ke putih. Pada koordinat $[0,1]$ yang dalam hal ini intensitas 0 menyatakan hitam, nilai intensitas L menyatakan putih, sedangkan nilai intensitas antara 0 sampai L bergeser dari hitam ke putih. Sebagai contoh citra *grayscale* dengan 256 level artinya mempunyai skala abu 0 sampai 256 atau $[0,255]$, yang dalam hal ini intensitas 0 menyatakan hitam, intensitas 255 menyatakan putih, dan nilai antara 0 sampai 255 menyatakan warna keabuan yang terletak antara hitam dan putih.

2.1.9.3 Citra Berwarna

Citra berwarna yaitu citra yang nilai pikselnya merepresentasikan warna tertentu. Banyaknya warna yang mungkin digunakan bergantung kepada kedalaman piksel citra yang bersangkutan. Citra berwarna direpresentasikan dalam beberapa kanal yang menyatakan komponen-komponen warna

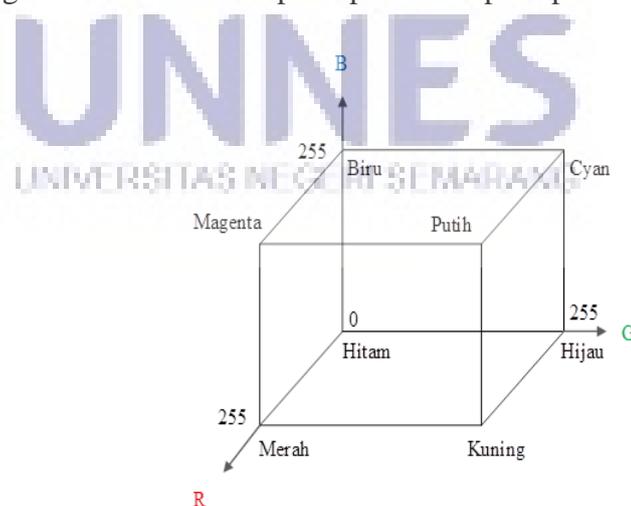
penyusunnya. Banyaknya kanal yang digunakan bergantung pada model warna yang digunakan pada citra tersebut.

Citra berwarna atau citra RGB, merupakan jenis citra yang menyajikan dalam bentuk R (merah), G (hijau) dan B (biru). Setiap komponen warna menggunakan 8 bit(nilainya berkisar antara 0 sampai 255). Dengan demikian, kemungkinan warna yang dapat disajikan mencapai $255 \times 255 \times 255$ atau 16.581.375 warna. Contoh warna RGB dapat disajikan pada tabel 2.2 berikut ini:

Tabel 2.2 Warna dan nilai penyusun warna

Warna	R	G	B
Merah	255	0	0
Hijau	0	255	0
Biru	0	0	255
Hitam	0	0	0
Putih	255	255	255
Kuning	0	255	255

Pada ruang 3 dimensi warna dapat dipetakan seperti pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 RGB pada ruang berdimensi 3

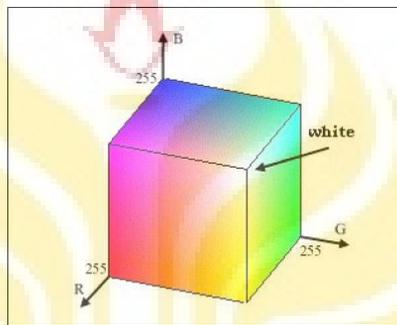


UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2.1.10.1 Bitmap

Kriteria paling penting dari citra ini adalah kedalaman warna yaitu berapa banyak bit per piksel yang diidentifikasi dari sebuah warna (Rinaldi, Munir). Bitmap dengan mengikuti kriteria tadi maka dapat dilihat:

1. 8 Bit = 256 warna (*256 grayscale*).
2. 24 Bit = 16.777.216 warna



Gambar 2.16 Warna Bitmap

Dilihat dari kedalaman atau kejelasan dari sebuah warna, bitmap dapat mengambil sejumlah data tersembunyi dengan perbandingan sebagai berikut (ukuran dari data sembunyi):

1. 8 bit = 256 warna : 8 : 1
2. 24 bit = 16.777.216 warna : 8 : 1

Perbandingan tersebut diperoleh dari penentuan LSB dalam suatu *byte*, untuk citra 8 bit letak LSB adalah pada bit terakhir sedangkan untuk citra 24 bit letak LSB adalah pada bit ke -8, bit ke -16 dan bit ke 24 dimana masing-masing *byte* mewakili warna merah (*red*), warna hijau (*green*) dan warna biru (*blue*).

Manipulasi pada bitmap tidak dapat dikonversikan atau diubah ke dalam bentuk format grafik yang lain karena data tersembunyi dalam file tersebut akan hilang. Mengurangi ukuran dari *carrier file* sangatlah penting untuk melakukan transmisi *online*, yaitu dengan menggunakan utilitas kompresi seperti ARZ, LZH, PKZIP, WinZip dikarenakan kerjanya tidak terlalu berat.

2.1.10.2 GIF

Graphic Interchange Format (GIF, dibaca tiff, tetapi kebanyakan orang menyebutkan dengan giff) yang dibuat oleh *Compuserve* pada tahun 1987 untuk menyimpan berbagai gambar dengan format bitmap menjadi sebuah file yang mudah untuk diubah pada jaringan komputer. GIF adalah file format grafik yang paling tua pada web, dan begitu dekatnya file format ini dengan web pada saat itu sehingga para *browser* menggunakan format ini.

File GIF dapat disimpan dalam dua jalan yaitu secara berurutan dan pembagian dengan baris (8 baris, 4 baris dan 2 baris). Pembagian baris pada gambar dengan resolusi gambar yang rendah dengan cepat dimana secara gradual datangnya untuk menjadikan lebih fokus, dengan *expense* dari kapasitas file.

Terdapat dua tipe dari GIFs, antara lain:

- 1) GIF87a: *support* dengan *interlacing* dan kapasitas dari beberapa file. Teknik itu dinamakan GIF87 karena pada tahun 1987 standar ini ditemukan dan dijadikan standar.
- 2) GIF9a: adalah kelanjutan dari spesifikasi GIF7a dan penambahan pada transparansi, pemberian tulisan dan animasi dari text dan grafik.

2.1.10.3 PNG

Portable Network Graphics (PNG) adalah salah satu format penyimpanan citra yang menggunakan metode pemadatan yang tidak menghilangkan bagian dammamari citra tersebut. Format PNG ini diperkenalkan untuk menggantikan format penyimpanan citra GIF. Secara umum PNG dipakai untuk citra web.

Untuk web, format PNG mempunyai 3 keuntungan dibandingkan format GIF:

- 1) *Channel Alpha* (*transparansi*)
- 2) *Gamma* (pengaturan terang-gelapnya citra en:”brightness”)
- 3) Penayangan citra secara progresif (*progressive display*)

Selain itu, citra dengan format PNG mempunyai faktor kompresi yang lebih baik dibandingkan dengan GIF sekitar 5%-25%. Satu fasilitas dari GIF yang tidak terdapat pada PNG format adalah dukungan terhadap penyimpanan multi citra untuk keperluan animasi.

Untuk keperluan pengolahan citra, meskipun format PNG biasa dijadikan alternatif selama proses pengolahan citra, karena format ini selain tidak menghilangkan bagian dari citra yang sedang diolah namun format JPEG masih menjadi pilihan yang lebih baik.

PNG diciptakan untuk menggantikan keberadaan GIF karena masalah lisensi. Format PNG lebih baik daripada GIF. Masalahnya ada pada kurangnya dukungan oleh *web browser*. Format ini dibuat sebagai alternatif lain format GIF. Format ini digunakan untuk menyimpan berkas dengan kedalaman 24 bit serta

memiliki kemampuan untuk menghasilkan *background* transparan dengan pinggiran yang halus.

Format PNG menggunakan metode *kompresi lossless* untuk menampilkan gambar 24 bit atau warna solid pada media daring (*online*). Format ini mendukung transparansi di dalam *alpha channel*. Format PNG sangat baik digunakan pada dokumen daring (*online*), dan mempunyai dukungan warna yang lebih baik saat dicetak format GIF. Akan tetapi pada warna PNG akan ditempatkan pada dokumen *InDesign* sebagai gambar bitmap RGB, sehingga hanya dapat dicetak sebagai gambar komposit bukan gambar separasi.

Secara garis besar, format PNG mempunyai fitur sebagai berikut:

- 1) Sebagai pengganti format GIF dan TIFF.
- 2) Format terbuka atau open, efisien, gratis dan kompresi jenis *lossless*.
- 3) Tiga mode warna yaitu: *palatted* (8 bit), *grayscale* (16 bit), *truecolour* (hingga 48 bit)
- 4) Dukungan terhadap profil *colour*, *gamma*, dan metadata.
- 5) Mempunyai fitur transparansi serta dukungan penuh terhadap *alpha channel*
- 6) Dukungan luas bagi *software* manipulasi grafis dan *web browser*.

2.1.10.4 JPEG

Joint Photographic Experts (JPEG, dibaca *jay-peg*) dirancang untuk kompresi beberapa *full-color* atau *grayscale* dari suatu gambar yang asli, seperti pemandangan asli didunia. JPEGs bekerja dengan baik pada *continous tone images* seperti *photographs* tetapi terlalu bagus pada ketajaman gambar dan seni pewarnaan seperti penulisan, kartun yang sederhana atau gambar yang

menggunakan banyak garis. JPEG sudah mendukung untuk 24 bit *color depth* atau sama dengan 16,7 juta warna ($2^{24}=16,777.216$ warna). *Progressive* JPEGs adalah tipe dari beberapa persen lebih kecil dibandingkan *baseline* JPEGs. Tetapi keuntungan dari JPEG dan tipe-tipenya terlihat pada langkah-langkahnya sama seperti *interlaced* GIFs.

JPEG adalah algoritma kompresi secara *lossy*. JPEG bekerja dengan merubah gambar spesial dan mempresentasikan kedalam pemetaan frekuensi. *Discrete Cosine Transform* (DCT) dengan memisahkan antara informasi frekuensi yang rendah dan tinggi dari sebuah gambar. Informasi frekuensi yang tinggi akan diseleksi untuk dihilangkan. Waktu kompresi dan dekompresi dilaksanakan dengan simetris. JPEG Group's (IJG) *decoder* lebih ditingkatkan kemampuannya dibandingkan dengan *encodernya*. Manakala, ketika diperlihatkan 8 bits, mengurangi kuantisasi warna yang lambat. Banyak penjual JPEG menawarkan untuk mempercepat hasil dari JPEG, kuantisasi warna dan kuantisasi dengan mengimplementasikan IJG.

JPEG dirancang untuk mengeksploitasi tingkatan mata yakni bahwa mata tidak akan dapat membedakan perubahan yang lambat terang dan warna dibandingkan dengan perbedaan suatu jarak apakah jauh atau dekat. Untuk itu JPEG sangat baik digunakan pada fotografi dan monitor 80 bit. JPEG sebenarnya hanyalah algoritma kompresi, bukan merupakan nama format file. File yang bisa disebut JPEG pada jaringan sebenarnya adalah *JPEG File Interchange Format* (JFIF).

2.1.11 Operasi Pikel dan Histogram

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 36) *operasi piksel* adalah operasi pengolahan citra yang memetakan hubungan setiap piksel yang bergantung pada piksel itu sendiri.

Histogram citra merupakan diagram yang menggambarkan frekuensi setiap intensitas yang muncul diseluruh piksel citra. Nilai besar menyatakan bahwa piksel-piksel yang mempunyai intensitas tersebut sangat banyak.

2.1.12 Pengertian Pengolahan Citra Digital

Secara umum, istilah pengolahan citra digital bermakna “pemrosesan gambar berdimensi dua melalui komputer digital (Jain, 1989)”. Menurut Efford (2000), pengolahan citra adalah istilah umum untuk berbagai teknik yang keberadaannya untuk memanipulasi dan memodifikasi citra dengan berbagai cara. Foto adalah contoh citra berdimensi dua yang dapat diolah dengan mudah.

Setiap foto dalam bentuk citra digital (misalnya berasal dari kamera digital) dapat diolah melalui perangkat lunak tertentu. Sebagai contoh apabila hasil bidikan kamera terlihat agak gelap, citra dapat diolah menjadi lebih terang. Dimungkinkan pula untuk memisahkan foto orang dari latar belakangnya. Gambaran tersebut menunjukkan hal sederhana yang dapat dilakukan melalui pengolahan citra digital (Kadir dan Susanto, 2013: 2).

Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer.

Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi.

Meskipun sebuah citra kaya informasi, namun seringkali citra mengalami penurunan mutu, misalnya mengandung cacat atau derau (*noise*), terlalu kontras atau kabur. Tentu citra seperti ini akan sulit dipresentasikan sehingga informasi yang ada menjadi berkurang. Agar citra yang mengalami gangguan mudah dipresentasikan maka citra tersebut perlu ditingkatkan kualitasnya. Pengolahan citra adalah pemrosesan citra khususnya dengan menggunakan komputer menjadi citra lebih baik. Umumnya operasi-operasi pengolahan citra diterapkan pada citra apabila:

- 1) Perbaikan atau memodifikasi citra perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas penampakan atau untuk menonjolkan beberapa aspek informasi yang terkandung di dalam citra.
- 2) Elemen didalam citra perlu dikelompokkan, dicocokkan dan diukur.
- 3) Sebagian citra perlu digabung dengan bagian citra yang lain.

Menurut Sigit dan Basuki (2005: 1) secara garis besar proses pengolahan citra bisa digambarkan dalam sebuah diagram blok pada Gambar 2.17



Gambar 2.17 Diagram Blok Pengolahan Citra

2.1.13 Mengkonversi Citra

Dalam praktik, citra berwarna seringkali harus dikonversi kedalam bentuk citra berskala keabuan mengingat banyak pemrosesan citra yang bekerja pada skala keabuan. Namun, terkadang citra berskala keabuanpun perlu dikonversi ke citra biner, karena beberapa operasi dalam pemrosesan citra berjalan pada citra biner. Pada tabel 2.3 beberapa fungsi dalam Matlab R2008a untuk konversi sebuah citra:

Tabel 2.3 Fungsi Konversi Citra

Fungsi	Kegunaan
Im2bw(I, level) Im2bw(RGB, level)	Berguna untuk mengonversikan citra berskala keabuan (I) atau berwarna (RGB) kedalam citra biner dengan menggunakan level sebagai ambang konversi. Di MATLAB jika argumen kedua (yaitu level) tidak disertakan, nilai 0.5 secara bawaan digunakan sebagai ambang konversi. Nilai balik fungsi ini berupa citra biner
rgb2gray(RGB)	Berguna untuk mengonversikan citra berwarna (RGB) ke citra berskala keabuan. Nilai balik fungsi ini berupa citra berskala keabuan.

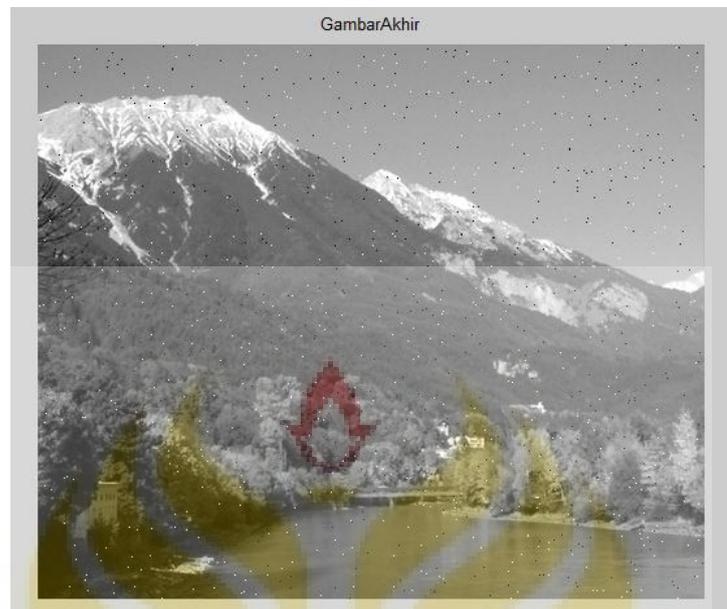
2.1.14 Restorasi Citra

2.1.14.1 Pengertian Restorasi Citra

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 412) restorasi mempunyai perbedaan makna dengan peningkatan citra. Peningkatan citra *image enhancement* merupakan istilah yang menyatakan usaha untuk membuat gambar agar lebih baik dari sudut pengelolannya. Berbeda dengan peningkatan citra, restorasi citra merupakan proses untuk membuat citra kualitasnya turun akibat tambahan derau agar mirip dengan keadaan aslinya.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.19 Citra berderau garam dan merica

Dalam citra, derau garam dan merica terwujud dalam bintik- bintik hitam dan putih yang acak lokasinya.

2.1.14.4 Filter Median

Filter median merupakan filter yang dapat dipakai untuk menghilangkan derau misalnya derau garam dan merica. Nilai yang lebih baik di digunakan untuk suatu piksel ditentukan oleh nilai median dari setiap piksel dan kedelapan piksel tetangga pada 8 ketetanggaan.

Contoh *source code* penggunaan filter median diantaranya:

```
r% FILMEDIAN Melakukan operasi dengan
filter median
F = imread('e:\IMAGE\sakura.png');
[tinggi, lebar] = size(F);
for baris=2 : tinggi-1
for kolom=2 : lebar-1
data = [F(baris-1, kolom-1) ...
F(baris-1, kolom) ...
F(baris-1, kolom+1) ...
F(baris, kolom-1) ...
F(baris, kolom) ...
F(baris, kolom+1) ...
F(baris+1, kolom-1) ...
F(baris+1, kolom) ...
F(baris+1, kolom+1)];
% Urutkan
for i=1 : 8
for j=i+1 : 9
if data(i) > data(j)
tmp = data(i);
data(i) = data(j);
data(j) = tmp;
end
end
end
% Ambil nilai median
G(baris, kolom) = data(5);
end
end
figure(1); imshow(G);
clear;
```

Menurut Prasetyo (2011, 114) filter median mengganti nilai piksel dengan median dari level intensitas dalam tetangga piksel yang telah dilakukan perangkingan (piksel pusat juga ikut dirangking). Formula yang digunakan:

$$f(x,y) = \text{median} \{g(s,t)\}$$

Nilai piksel pada titik (x,y) dimasukkan dalam komputasi median. Filter median sangat terkenal karena jenis *random noise* tertentu memberikan kemampuan pengurangan *noise* yang sangat baik.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

- 1) *Diskontinuitas* merupakan pendekatan untuk memecah masalah atau memilih citra berdasarkan perubahan kasar dalam intensitas, seperti tepi dalam citra.
- 2) *Similaritas* merupakan pendekatan didasarkan pada pemecahan citra ke dalam region yang sama menurut sejumlah kriteria yang didefinisikan, seperti *thresholding, region growing, region splitting and merging*.

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 337) teknik segmentasi citra didasarkan pada dua properti dasar nilai aras keabuan: ketidaksinambungan dan kesamaan antar piksel. Pada bentuk pertama, pemisahan citra didasarkan pada perubahan mendadak pada aras keabuan. Contoh yang menggunakan pendekatan seperti itu adalah detektor garis dan detektor tepi pada citra. Citra kedua didasarkan pada kesamaan antar piksel dalam suatu area (Acharya dan Ray, 2005). Termasuk dalam cara kedua ini yaitu:

- 1) Pengambangan berdasarkan histogram
- 2) Pertumbuhan area
- 3) Pemisahan dan penggabungan area
- 4) Pengelompokan atau klasifikasi
- 5) Pendekatan teori graf
- 6) Pendekatan yang dipandu pengetahuan atau berbasis aturan

Berdasarkan teknik yang digunakan, segmentasi dapat dibagi menjadi empat kategori berikut (Rangayan, 2005):

- 1) Teknik pengambangan
- 2) Metode berbasis batas

- 3) Metode berbasis area
- 4) Metode hibrid yang mengombinasikan kriteria batas dan area

Citra biner memisahkan *region* (daerah) dan latar belakang dengan tegas, walaupun potensi munculnya kekeliruan selalu ada. Kekeliruan disini adalah kesalahan mengelompokkan piksel kedalam golongannya, dimana piksel itu milik suatu daerah dikelompokkan sebagai latar belakang atau sebaliknya. Kesalahan ini berkaitan dengan teknik segmentasi, atau pada konversi citra abu-abu menjadi biner disebut binerisasi, kondisi citra, dan lain sebagainya. Kesalahan inilah yang menghasilkan *noise* pada citra biner, yaitu bercak- bercak putih dalam latar belakang yang hitam, atau menghasilkan *holes*, yaitu lubang- lubang kecil pada objek yang seharusnya tertutup rapat.

2.1.16 Operasi Pada Citra Biner

2.1.16.1 Pelabelan Objek

Menurut Ahmad (2005: 131) algoritma yang dapat menemukan komponen terkoneksi dalam sebuah citra dan menandainya disebut operasi komponen atau *labeling*. Dengan operasi pelabelan, maka ciri-ciri mendasar dari masing-masing objek dapat dihitung secara sendiri-sendiri. Tanpa pelabelan, maka perhitungan ciri-ciri dari objek akan rancu, sebab hasil yang didapat merupakan gabungan dari semua objek yang ada, yang dapat sangat berbeda dengan ciri-ciri objek-objek tersebut bila dianalisis secara individual.

Pelabelan terhadap objek sesungguhnya berupa tindakan untuk memberikan label berbeda (berupa nomor) pada setiap objek. Pemrosesan dapat dilaksanakan pada citra biner. Ketentuan yang dilakukan sebagai berikut:

$$B(y,x) = \begin{cases} 0 & \text{piksel latar belakang} \\ 1 & \text{piksel latar depan} \\ 2,3, \dots & \text{label objek} \end{cases}$$

Cara yang umum digunakan untuk melakukan pelabelan adalah melalui metode pembanjiran *flood filling*. Tiga cara untuk melakukan pembanjiran dibahas oleh Burger dan Budge (2008), yaitu sebagai berikut:

- 1) Pembanjiran secara *rekursif*: Pendekatan ini dapat diterapkan dengan bahasa pemrograman yang mendukung proses rekursif
- 2) Pembanjiran melalui *Depth-first*: Teknik ini memerlukan struktur data tumpukan untuk melaksanakan pembanjiran.
- 3) Pembanjiran melalui *Breadth-First*: Teknik ini memerlukan struktur data antrean untuk melaksanakan pembanjiran.

2.1.16.2 Boundary Segments

Dekomposisi dapat mengurangi kompleksitas boundary dan menyederhanakan proses deskripsi. Fungsi dalam Matlab yang digunakan untuk dekomposisi boundary adalah fungsi *regionprops* dengan sintaks:

$D = \text{regionprops}(L, \text{properties});$

dimana L merupakan matriks label dan D adalah array struktur dari panjang $\max(L(:))$. Field struktur menyatakan ukuran perbedaan setiap elemen seperti *properties*. Data *properties* ini berupa data string diantaranya yang valid digunakan 'Area', 'Centroid', 'BoundingBox' dan lainnya.

- 1) Area

Area merupakan jumlah piksel dalam S, jadi bila dalam satu citra terdapat lebih dari komponen, $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$ maka akan ada A_1, A_2, \dots, A_n . Jadi nilai

area suatu objek adalah jumlah piksel– piksel penyusun objek tersebut dan unit yang umum digunakan adalah piksel, karena sejumlah piksel tadi membentuk suatu luasan.

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 313) menghitung luas suatu objek adalah dengan cara menghitung jumlah piksel pada objek tersebut. Algoritmanya sebagai berikut.

ALGORITMA 8.7 – Menghitung luas objek

Masukan:

- $f(m,n)$: Citra masukan berukuran M baris dan N kolom

Keluaran:

- luas

```

luas ← 0
FOR p = 1 to m
  FOR j = 1 to n
    IF piksel(p, q) dalam objek
      luas ← luas + 1
    END-IF
  END-FOR
END-FOR
END-FOR

```

Contoh berikut adalah skrip algoritma diatas :

```

function hasil = luas(BW)
% LUAS Untuk menghitung luas citra BW (citra biner)
[tinggi, lebar] = size(BW);
hasil = 0;
for p = 1 : tinggi
for q = 1 : lebar
if BW(p, q) == 1
hasil = hasil + 1;
end
end
end
end

```

Contoh program:

```

>>D = [ 0 0 0 0 0 0 0
0 1 1 1 1 0
0 0 1 1 1 0
0 1 1 1 0 0

```

```

0 0 1 1 1 0
0 0 0 0 0 0 ] ; ↵
>> luas(D) ↵
ans =13
>>
>> Daun = imread('c:\image\daun_bin.png'); ↵
>> luas(Daun) ↵
ans =31862

```

2) Perimeter

Perimeter adalah bagian terluar dari sebuah objek yang bersebelahan dengan piksel atau piksel-piksel dari latar belakang.

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 251) perimeter atau keliling menyatakan panjang tepi suatu objek. Perimeter dapat diperoleh dengan menggunakan algoritma berikut ini:

ALGORITMA 8.6 – Estimasi perimeter

Masukan:

- $f(M,N)$: Citra masukan berukuran M baris dan N kolom

Keluaran:

- perimeter

1. Peroleh citra biner.
2. Kenakan algoritma deteksi tepi.
3. Perimeter ← jumlah piksel pada tepi objek hasil langkah 2.

Contoh berikut menunjukkan algoritma dengan menggunakan pendekatan diatas.

```

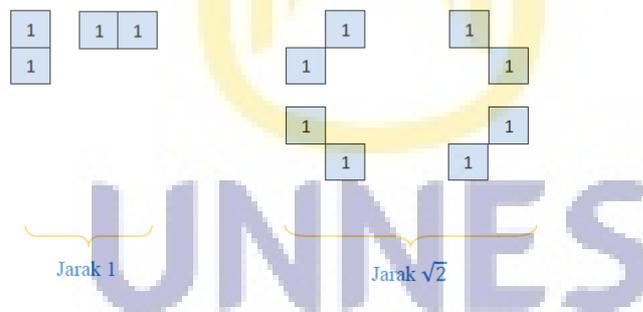
function hasil = perim1(BW)
% PERIM1 Untuk menghitung perimeter suatu objek pada
% BW (citra biner)
% hasil menyatakan hasil perhitungan perimeter
U = inbound_tracing(BW);
hasil = length(U) - 1;

```

Pada skrip di atas, -1 diberikan mengingat elemen pertama dan terakhir U sebenarnya berisi nilai yang sama. Di bawah ini merupakan contoh pengujian fungsi `perim1`:

```
>> Img= imread('C:\Image\daun_bin.png');
>> perim1(Img)
ans =1409
>>
```

Algoritma estimasi perimeter didepan memberikan hasil yang baik ketika tepi objek terhubung dengan 4-ketetanggaan, tetapi tidak tepat kalau terhubung menurut 8 ketetanggaan (Costa & Cesar, 2001). Hal itu terjadi karena jarak antara dua piksel tidak bersifat konstan (dapat berupa 1 atau $\sqrt{2}$) pada 8- ketetanggaan, sedangkan jarak selalu pada 4-ketetanggaan. Ilustrasi mengenai jarak antar piksel dapat dilihat pada Gambar 2.21.



Gambar 2.21 Ilustrasi jarak antar piksel

3) Diameter

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 317) diameter adalah jarak terpanjang antara dua titik dalam tepi objek. Hal itu dapat dihitung dengan menggunakan metode “Brute force” (Costa dan Cesar, 2001). Algoritmanya sebagai berikut.

ALGORITMA 8.8 – Estimasi diameter bentuk

Masukan:

- $f(m,n)$: Citra masukan berukuran m baris dan n kolom

Keluaran:

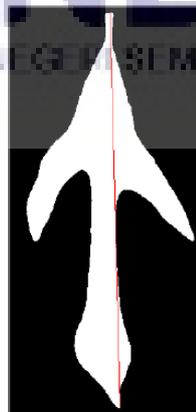
- diameter

1. $U \leftarrow$ tepi objek (misalnya melalui morfologi)
2. $c \leftarrow$ jumlah elemen U
3. $\text{jarak_maks} \leftarrow 0$
4. FOR $p \leftarrow 1$ TO $c-1$
 - FOR $q \leftarrow p+1$ TO c
 - IF $|U(p) - U(q)| > \text{jarak_maks}$
 - $\text{jarak_maks} \leftarrow |U(p) - U(q)|$
 - $\text{piksel1} \leftarrow p$
 - $\text{piksel2} \leftarrow q$
 - END-IF
- END-FOR
- END-FOR
5. $\text{diameter} \leftarrow \text{jarak_maks}$

Pada algoritma diatas, piksel dan piksel 2 mencatat posisi dua piksel yang memiliki jarak terpanjang.

Contoh gambar 2.22 merupakan contoh perhitungan diameter menurut garis terpanjangnya.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG



Gambar 2.22 Garis merah menyatakan diameter daun

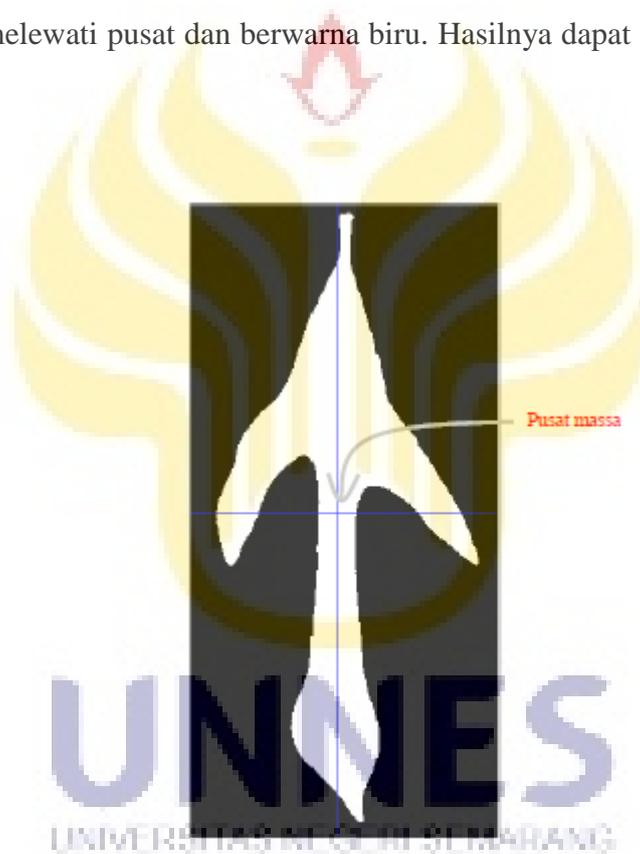


UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Contoh penggunaan fungsi centroid:

```
>> Daun=imread('C:\Image\daun_bin.png');
>> [x, y] = centroid(Daun);
>> imshow(Daun);
>> [panjang, lebar] = size(Daun);
>> line([0 lebar], [round(y)round(y)], 'Color','b')
>> line([round(x)round(x)], [0 panjang], 'Color','b')
>>
```

Pada contoh diatas, *line* digunakan untuk membuat garis tegak dan garis datar yang melewati pusat dan berwarna biru. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 2.23.



Gambar 2.23 Citra pusat masa daun

Pusat massa banyak digunakan untuk memperoleh fitur lebih lanjut. Berbagai contoh dapat dilihat berikut ini.

- 1) Pusat massa untuk memperoleh fitur dispresi

- 2) Menghitung jarak terpanjang antara pusat massa dan titik dalam kontur (D_{max})
- 3) Menghitung jarak terpendek antara pusat massa dan titik dalam kontur (D_{min})
- 4) Menghitung jarak rata-rata antar pusat massa dan titik dalam kontur (D_{mean})
- 5) Histogram jarak antara pusat massa dan titik dalam kontur
- 6) Perbandingan : $\frac{(D_{max})}{(D_{min})}$, $\frac{(D_{max})}{(D_{mean})}$, $\frac{(D_{min})}{(D_{mean})}$

2.1.17 Pengolahan Citra Berwarna

2.1.17.1 Dasar Citra

Warna dapat dilihat karena adanya cahaya yang dipantulkan oleh objek. Dalam hal ini, spektrum cahaya kromatis berkisar antara 400-700 nm (Zhou, dkk., 2010). Kromatis berarti kualitas warna cahaya yang ditentukan oleh panjang gelombang.

Karakteristik persepsi mata manusia yang membedakan antara satu warna dengan warna lain adalah *hue*, *saturation*, dan *brightness*.

Hue merujuk ke warna yang dikenal manusia, seperti merah dan hijau. Properti ini mencerminkan warna yang ditangkap manusia yang menanggapi berbagai nilai panjang gelombang cahaya.

Saturation menyatakan tingkat kemurnian warna atau seberapa banyak cahaya putih yang tercampur dengan *hue*. Setiap warna murni memiliki saturation 100% dan tidak mengandung cahaya putih sama sekali. Dengan perkataan lain, suatu warna yang tercampur dengan cahaya putih memiliki saturasi antara 0% dan 100%.

Brightness atau kadang disebut *lightness* (kecerahan) menyatakan intensitas pantulan objek yang diterima mata. Intensitas dapat dinyatakan sebagai perubahan warna putih menuju abu-abu dan terakhir mencapai warna hitam, atau yang dikenal dengan istilah aras keabuan.

2.1.17.2 Ruang Warna

Gonzalez dan Woods (2002) mendefinisikan ruang warna atau kadang disebut sistem warna atau model warna sebagai suatu spesifikasi sistem koordinat atau suatu sub ruang dalam sistem tersebut dengan setiap warna dinyatakan dengan satu titik didalamnya. Tujuan dibentuknya ruang warna adalah untuk memfasilitasi spesifikasi warna dalam bentuk suatu standar. Ruang warna paling dikenal pada perangkat komputer adalah RGB, yang sesuai dengan watak manusia dalam menangkap warna. Beberapa ruang warna diantaranya ada HSV, CMY, LUV, dan YIQ.

1) Ruang warna RGB

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 286) ruang warna RGB menggunakan tiga komponen dasar yaitu merah (R), hijau (H), dan biru (B). Setiap piksel dibentuk oleh tiga komponen tersebut. Model RGB biasa disajikan dalam bentuk kubus tiga dimensi dengan warna merah, hijau, dan biru.

Menurut Prasetyo (2011: 182) jumlah bit yang digunakan untuk mempresentasikan setiap piksel dalam *space* RGB disebut dengan *pixel depth*. Citra RGB pada setiap citra merah, hijau dan biru adalah citra 8 bit.



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

2) Ruang warna CMY / CMYK

Menurut Prasetyo (2011: 183) ruang warna *cyan*, *magenta* dan *yellow* (CMY) merupakan warna sekunder cahaya, atau merupakan warna primer dari pigmen, dan mempunyai hubungan dengan RGB seperti pada operasi sederhana dibawah ini:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Dalam hal ini, R, G dan B berupa nilai warna yang telah di normalisasi, dengan jangkauan [0,1].

Fungsi yang dapat digunakan untuk melakukan konversi dari model warna RGB ke CMY adalah fungsi *incomplement* dengan sintaks:

```
cmy_image = incomplement (rgb_image)
```

Maka, untuk kebalikannya, konversi dari CMY ke RGB sintaknya adalah:

```
rgb_image = incomplement (cmy_image)
```

Gambar 2.25 merupakan citra RGB yang akan dikonversi menjadi citra CMY.

```
>> iRGB=imread('image.jpg');
>> iCMY=incomplement(iRGB);
>> figure, imshow(iRGB);
>> figure, imshow(iCMY);
```



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

Fungsi *ntsc2rgb* mengimplementasikan persamaan ini :

```
Rgb_image = ntsc2rgb (yiq_image);
```

4) Ruang warna YC_bC_r

Ruang warna YC_bC_r biasa digunakan pada video digital. Pada ruang warna ini, komponen Y menyatakan intensitas, sedangkan C_b dan C_r menyatakan informasi warna.

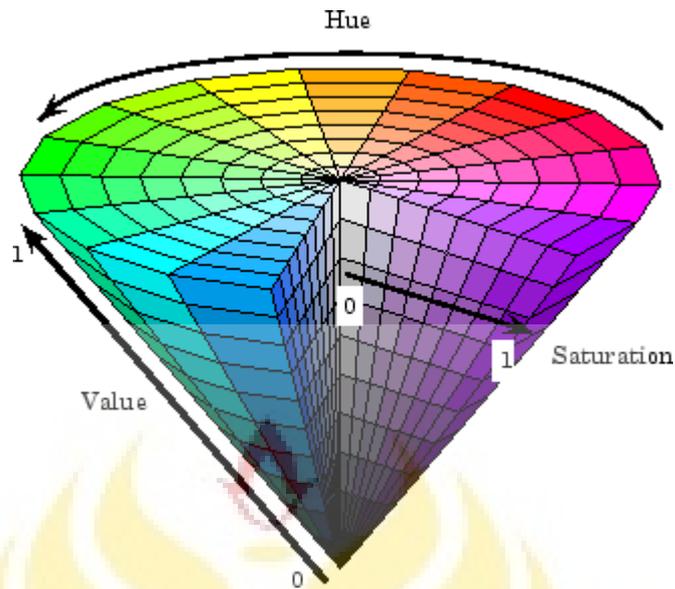
5) Ruang warna HSI, HSV, dan HSL

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 294) HSV dan HSL merupakan contoh ruang warna yang mempresentasikan warna seperti yang dilihat oleh mata manusia. H berasal dari kata “hue”, S berasal dari “saturation”, L berasal dari kata “luminance”, I berasal dari kata “intensity”, dan V berasal dari “value”.

Ruang warna HLS terkadang disebut HSL, sedangkan HSV terkadang disebut HSB, dengan B berarti “brightness”. Model HSV yang pertama kali diperkenalkan A.R. Smith pada tahun 1978.

Menurut Prasetyo (2011: 188) ruang warna *hue*, *saturation* dan *value* (HSV) adalah satu dari beberapa sistem warna yang digunakan orang untuk memilih warna (misalnya cat atau tinta) dari *color wheel* atau *pallette*. Model warna ini lebih dipandang dari pada model RGB sebagai cara dimana manusia mencoba dan menggambarkan sensasi warna.

Keuntungan HSV adalah terdapat warna-warna yang sama dengan ditangkap oleh indra manusia. Sedangkan warna yang dibentuk model lain seperti RGB merupakan hasil campuran dari warna- warna primer.



Gambar 2.26 Model warna HSV

Komponen warna *hue* menyatakan warna sebenarnya, seperti merah, violet, dan kuning dan digunakan menentukan kemerahan (*redness*), kehijauan (*greenness*). Komponen *saturation* menyatakan kemurnian atau kekuatan warna. Komponen *value* menyatakan kecerahan dari warna. Nilainya berkisar antara 0-100%. Apabila nilainya 0 maka akan menjadi warna hitam, semakin besar nilai maka semakin cerah dan muncul variasi- variasi baru dari warna tersebut.

Fungsi yang digunakan untuk mengkonversi dari RGB ke HSV adalah *rgb2hsv* dengan sintak:

```
hsv_image = rgb2hsv (rgb_image);
```

Citra RGB input boleh kelas *uint8*, *uint16*, atau *double*. Citra outputnya dalam kelas *double*. Fungsi untuk mengkonversikan dari HSV ke RGB adalah *hsv2rgb* dengan sintaks:

```
rgb_image = hsv 2rgb (hsv_image);
```



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

objek dapat dideteksi dengan cepat karena bekerja secara *real time* dan dapat mengurangi intensitas cahaya dari luar dibandingkan warna lainnya. Oleh karena itu, pada penelitian identifikasi mata uang logam ini menggunakan warna HSV dikarenakan warna HSV merupakan warna yang mudah dilihat oleh mata dimana mata uang logam sendiri terdiri dari warna Silver dan Gold bukan sebagai warna dasar pada citra.

6) Ruang warna CIELAB

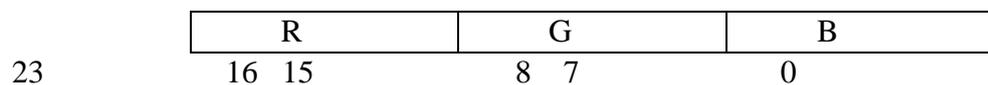
Menurut Kadir dan Susanto (2013: 309) ruang warna CIELAB adalah nama lain dari CIE L^*a^*b . Diagram kromasitas *Commission Internationale de L'Eclairage* (CIE). Setiap perpaduan x dan y menyatakan suatu warna. Namun, hanya warna yang berada didalam area *ladam* (tapal kuda) yang dapat terlihat. Angka yang berada ditepi menyatakan panjang gelombang cahaya.

2.1.17.3 Menghitung Jumlah Warna

Penghitungan warna dilakukan dengan mula-mula menyusun komponen R, G, dan B untuk setiap piksel menjadi sebuah nilai komposisi terlihat .

- G perlu digeser ke kiri sebanyak 8 bit
- R perlu digeser ke kiri sebanyak 16 bit

Pada Matlab, penggeseran bit dilakukan melalui fungsi *bitshift*.




Bit

Setelah nilai gabungan R, G, dan B terbentuk dan diletakkan ke larik Data, isi larik tersebut diurutkan. Pengurutan tersebut dimaksudkan untuk

mempermudah perhitungan jumlah warna. Implementasi perhitungan pada data yang telahurut sebagai berikut:

```
>> jwarna =1;
>> for i=1: jum-1
if Data(i)~= Data (i+1)
jwarna=jwarna+1
end
end
```

2.1.18 Ekstraksi Fitur

Menurut Kadir dan Susanto (2013: 472) fitur dinyatakan dengan susunan bilangan yang dapat dipakai untuk mengidentifikasi objek. Ekstraksi fitur merupakan pengenalan objek dengan menentukan beberapa fitur.

Fitur- fitur suatu objek mempunyai peran penting untuk berbagai aplikasi berikut.

- 1) Fitur dipakai untuk mencari objek-objek tertentu yang berada di dalam *database*.
- 2) Bentuk objek dapat dinyatakan dengan representasi yang lebih ringkas.
- 3) Sejumlah fitur dipakai untuk menentukan jenis objek. Sebagai contoh, fitur citra daun digunakan untuk menentukan nama tanaman.

2.1.19 MATLAB (*Matrix Laboratory*)

Menurut Arhami dan Desiani (2005: 1) *Matrix Laboratory* (Matlab) adalah sebuah program untuk analisis dan komputasi numerik, merupakan suatu bahasa pemrograman matematika lanjutan yang dibentuk dengan dasar pemikiran menggunakan sifat dan bentuk matriks. Program ini merupakan produk komersial dari perusahaan Mathwork, Inc yang didalamnya dikembangkan menggunakan bahasa C++ dan *assembler*. Matlab adalah sebuah bahasa *high-performance* untuk

komputasi teknis. Matlab mengintegrasikan perhitungan, visualisasi dan pemrograman dalam satu lingkungan yang mudah digunakan. Bahasa pemrograman ini banyak digunakan di berbagai bidang terutama dalam bidang sains, diantaranya matematika dan komputasi, pengembangan algoritma, analisis data, grafik untuk sains dan teknik, serta pengembangan aplikasi, terutama pembuatan antarmuka grafis untuk pengguna *Graphical User Interface (GUI)*.

Pemodelan akuisisi data, simulasi, dan analisis prototif data, eksplorasi, dan pembuatan visualisasi grafis ilmu pengetahuan dan teknologi, termasuk untuk membuat sistem antar muka dengan perangkat lain.

Matlab memiliki karakteristik antara lain bahasa pemrogramannya didasarkan pada matriks (baris dan kolom) lebih lambat dibandingkan dengan *Fortran* atau *C*, karena bahasanya langsung diartikan otomatis memori manajemen misalnya kita tidak harus mendeklarasikan *array* terlebih dahulu, tersusun rapi waktu pengembangannya lebih cepat dibandingkan dengan *Fortran* atau *C*, dapat diubah ke bahasa *C* lewat *Matlab Compiler*, dan tersedia banyak *toolbox* untuk aplikasi-aplikasi spesifik dan windows.

Toolbox yang terdapat pada Matlab antara lain: *Signal Processing, Control Sistem, Sistem Identification, optimization, fuzzy, neural network* dan sebagainya. Selain *toolbox* Matlab juga menawarkan produk yaitu *simulink* atau suatu sistem untuk simulasi dinamika proses.

Matlab merupakan perangkat lunak yang tepat dipakai sebagai alat komputasi yang melibatkan penggunaan matriks dan vektor. Fungsi-fungsi dalam *toolbox* Matlab dibuat untuk memudahkan pengguna. Sebagai contoh, Matlab

dapat dengan mudah dipakai untuk menyelesaikan permasalahan sistem persamaan linier, program linier dengan simpleks, hingga sistem kompleks seperti peramalan runtun waktu (*time series*), pengolahan citra dan lain-lain (Siang, J, 2008: 151).

Didalam Matlab, setiap variabel dipandang sebagai matriks. Variabel tidak perlu di deklarasikan karena sudah ditangani oleh Matlab. Ukuran sebuah matriks dapat dengan mudah diperkecil atau diperbesar. Pembuatan program atau fungsi dilakukan dalam satu file berekstensi *.m*. File dapat di eksekusi melalui *command window* dengan cara mengetikkan nama file atau fungsi tersebut. Agar dapat dieksekusi penamaan file harus sesuai dengan nama fungsinya (Suyanto, 2005: 18).

Perangkat lunak Matlab adalah sistem interaktif dengan elemen dasar basis data *array* yang dimensinya tidak perlu dinyatakan secara khusus (Pujiyanto, 2007). Penggunaan Matlab dapat diaplikasikan pada:

- Matematika dan Komputasi
- Pengembangan dan Algoritma
- Pemrograman modeling, simulasi dan pembuatan prototipe
- Analisis data, eksplorasi, dan visualisasi
- Analisis numerik dan statistik
- Pengembangan aplikasi teknik

2.2 Kajian Penelitian yang Relevan

Teknologi otomatis yang berkembang pesat pada era saat ini telah mempermudah aktifitas manusia dalam kehidupan sehari-hari, karena proses

otomatis membantu pekerjaan manusia menjadi lebih cepat. Salah satu penerapan teknologi otomatis pada mesin penjual minuman otomatis. Mesin ini dibuat dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra digital. Teknologi pengolahan citra digital pada mesin ini digunakan untuk mendeteksi mata uang logam, ada tiga metode pendeteksian yang dapat dilakukan yaitu berbasis mekanik, berbasis elektromagnetis dan berbasis pengolahan citra digital.

Peneliti yang mengembangkan sistem pengenalan mata uang logam adalah Varun Sharma (2014), dengan judul penelitian "*Objek Counting using Matlab*". Tujuan penelitian ini mengenal dan menghitung objek dalam skala abu-abu dengan menggunakan teknik pengolahan citra *binerisasi*, *filtering*, hitung parameter terdiri dari titik pusat, luas, diameter, keliling dengan menggunakan teknik *regionprops*. Jadi dapat disimpulkan bahwa menghitung objek dalam Matlab adalah sangat ampuh pada citra skala abu-abu.

Sedangkan peneliti yang mengembangkan sistem pengambilan gambar pada suatu wilayah berdasarkan ruang warna HSV adalah Durgesh Nirapure (2013), dengan judul penelitian *Fast Retrieval of Images Using Filtered HSV Color Level Detection*. Karya ini mengusulkan metode efisien mencari gambar dari *database* dengan kecepatan tinggi serta kinerja tinggi. Tujuan utama dari pengambilan gambar dari database adalah proses pencarian gambar berdasarkan tingkat warna diruang warna HSV. Pengambilan gambar berdasarkan warna memiliki luas implementasi di bidang data mining dan web dimana warna adalah kriteria klasifikasi penting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi cara yang efisien berdasarkan warna HSV kedalam *database*. Jadi dapat disimpulkan

masa depan metode ini akan menjadi peningkatan kecepatan dalam pengambilan gambar dengan hasil yang presisi. Oleh karena itu, pada penelitian identifikasi mata uang logam ini menggunakan warna HSV dikarenakan warna HSV merupakan warna yang mudah diketahui oleh mata indera bukan warna dasar, dimana mata uang logam sendiri terdiri dari warna *Silver* dan *Gold* bukan sebagai warna dasar pada citra. Berikut kajian penelitian yang relevan tentang pengenalan mata uang logam dengan berbagai teknik yang berbeda.

Tabel 2.4 Data Penelitian Relevan

No	Nama Peneliti	Judul Penelitian	Deskripsi	Teknik	Hasil Akurasi Penelitian
1.	Shatrughan Modi dan Dr. Seema Bawa	Automated Coin Recognition System using ANN	Pengenalan koin berdasarkan <i>automated coin</i> menggunakan teknik <i>Hough Transformasi</i> , <i>Pola Averging</i> dilatih dengan <i>Artificial Neural Network (ANN)</i>	<i>Hough Transformasi</i> , <i>Pola Averaging</i>	97,74% Indian coins
2.	Paul Davidsson	Coin classification using a novel technique for learning characteristic decision trees by controlling the degree of generalization	Pengelompokan koin berdasarkan ekstraksi fitur dan dilatih dalam pohon keputusan.	<i>Decision Trees</i>	99,7% Canadian coins
3.	Michael Nolle, H Penz	A new Coin Recognition and Sorting System	Identifikasi koin dengan metode pengenalan pola dan menyortir sistem Dagobert.	<i>Edge angle distribution</i> dan <i>edge distance distribution</i>	99,24%
4.	Wahyu Saputra Wibawa	Perancangan Pembuatan Aplikasi untuk mendeteksi mata uang logam dengan metode <i>Euclidean</i>	Pengenalan mata uang logam dengan teknik pengolahan citra digital <i>filtering</i> , mengurangi <i>noise</i> , deteksi tepi an <i>skeletonization</i>	<i>Euclidean</i>	80%

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian tingkat keberhasilan fitur area dan ruang warna HSV dalam mengidentifikasi mata uang logam pengolahan citra digital, dapat disimpulkan bahwa pengembangan sistem identifikasi mata uang logam menggunakan GUI Matlab versi R2008a dan *software* SPSS versi 16 menghasilkan akurasi fitur area dan ruang warna HSV dengan analisis diskriminan *two group* diperoleh rata-rata diatas 50%, yaitu data dari 72 data citra diantaranya 97,2% mata uang logam 100 berarti 70 citra yang teridentifikasi benar, 93,1% mata uang logam 200 berarti 67 citra teridentifikasi benar, 100% mata uang logam 500 *Gold* berarti 72 citra teridentifikasi benar, 97,2% mata uang logam 500 *Silver* berarti 70 citra teridentifikasi benar, 98,6% mata uang logam 1000 *Gold* berarti 71 citra teridentifikasi benar, dan 97,2% mata uang logam 1000 *Silver* berarti 70 citra teridentifikasi benar, berdasarkan hasil penelitian tersebut rata-rata akurasi cukup tinggi, maka teknik ekstraksi fitur area dan warna HSV tepat untuk mengidentifikasi jenis mata uang logam.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut ini merupakan saran penulis bagi analisis pengembangan sistem identifikasi mata uang logam:

1). Peneliti menyarankan untuk selanjutnya menambahkan teknik *segmentasi* citra dengan ekstraksi fitur angka dan menggunakan *template matching* agar hasil identifikasi lebih maksimal dengan tingkat akurasi yang lebih kuat.

2). Penelitian selanjutnya tidak hanya menggunakan mata uang logam melainkan mata uang kertas juga bisa digunakan sebagai objek penelitian dalam identifikasi mata uang Rupiah dengan teknik ekstraksi fitur pengolahan citra digital.

3). Peneliti menyarankan untuk selanjutnya, mengembangkan sistem otomatis identifikasi mata uang logam atau kertas yang bermanfaat dalam kehidupan sehari-hari dengan menerapkan teknik pengolahan citra digital menggunakan teknologi komputer dan metode elektromagnetik, misalkan mesin penjualan barang.

DAFTAR PUSTAKA

- Prasetyo, E. 2011. *Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Kadir, A. & Susanto, A. 2013. *Teori dan Aplikasi Pengolahan Citra*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Siang, J. 2008. *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrograman Menggunakan Matlab*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Ahmad, U. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Arhami, M. & Desiani, A. 2005. *Pemrograman Matlab*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Pressman, R. 2002. *Rekayasa Perangkat lunak Pendekatan Praktisi (Buku Satu)*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Suyanto. 2005. *Algoritma Genetika dengan Matlab*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Ilyas, M. 1989. *Ilmu Keuangan Negara (Public Finance)*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.
- Pressman, R. 1997. *Rekayasa Perangkat Lunak. Alih bahasa : LN Hananingrum*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Sukardi. 2003. *Metodologi Penelitian Pendidikan Kompetensi dan Praktiknya*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Sommerville, I. 2003. *Software Engineering (Rekayasa Perangkat Lunak Edisi 6 Jilid 1)*. Jakarta: Erlangga.
- _____. *Software Engineering (Rekayasa Perangkat Lunak Edisi 6 Jilid 2)*. Jakarta: Erlangga.
- Sugiyono. 2012. *Metodologi Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R & D*. Bandung: Alfabeta.

- Santoso, S. 2015. *Menguasai Statistik Multivariat (Konsep Dasar dan Aplikasi SPSS)*. Jakarta: PT Elex Media Komputindo.
- Nugroho, B. 2005. *Strategi Jitu Memilih Metode Statistik Penelitian dengan SPSS*. Yogyakarta: Andi Publisher.
- Wibawa, W. 2012. *Perancangan dan Pembuatan Aplikasi untuk mendeteksi uang Logam dengan Metode Euclidean*. Diambil 27 Juni 2015 dari http://aksara.pcr.ac.id/page/read_pdf.php?name=Wahyu-Ejurnal.pdf&id=22
- Sharma, V. 2014. *Object Counting Using Matlab*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 5.
- Ardhianto, E., dkk. 2013. *Implementasi Metode Image Subtracting dan Metode Regionprops untuk Mendeteksi Jumlah Objek Berwarna RGB pada File Video*. Indonesian Journal of Information Technology DINAMIK Volume 18 nomor 2.
- Nirapure, D. & Reddy, U. 2013. *Fast Retrieval of Images Using Filtered HSV Color Level Detection*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering. Volume 3.
- Modi, S. & Bawa, S. 2011. *Automated Coin Recognition System using ANN*. International Journal of Computer Application. Volume 26.
- Davidsson, P. 1996. *Coin classification using a novel technique for learning characteristic decision trees by controlling the degree of generalization*. Ninth International Conference on Industrial & Engineering Applications of Artificial Intelligence & Expert Systems.
- Nolle, M., dkk. 2003. *Dagobert A New Coin Recognition and Sorting System*. Proceedings of the 7th International Conference on Digital Image Computing Techniques and Applications (DICTA'03): Sydney, Australia.