

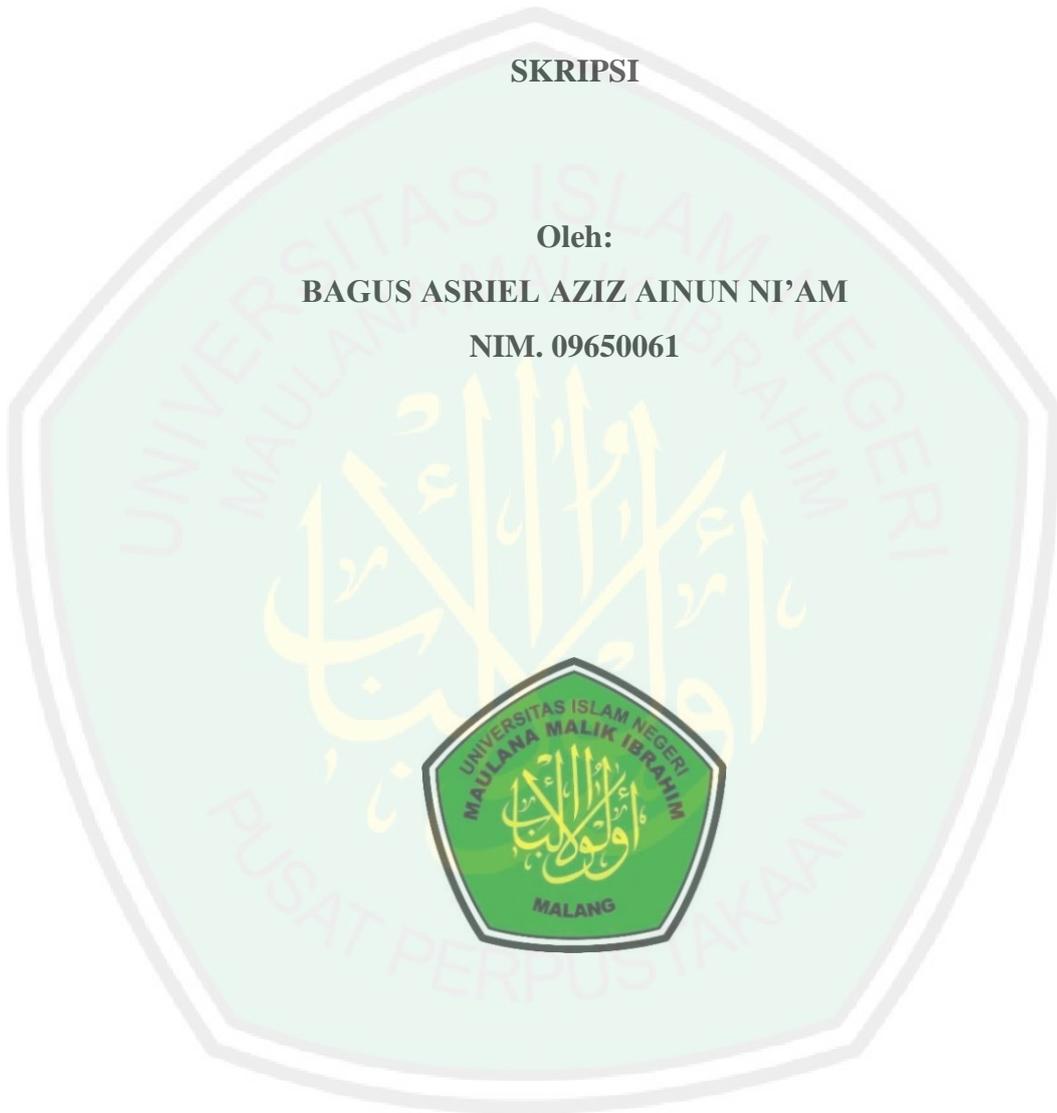
**IDENTIFIKASI NILAI NOMINAL DAN KEASLIAN UANG KERTAS  
RUPIAH MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**BAGUS ASRIEL AZIZ AINUN NI'AM**

**NIM. 09650061**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2013**

**IDENTIFIKASI NILAI NOMINAL DAN KEASLIAN UANG KERTAS  
RUPIAH MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE***

**SKRIPSI**

**Diajukan Kepada:**

**Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik  
Ibrahim Malang Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh:**

**BAGUS ASRIEL AZIZ AINUN NI'AM**

**NIM. 09650061**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2013**

**IDENTIFIKASI NILAI NOMINAL DAN KEASLIAN UANG KERTAS  
RUPIAH MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE***

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**BAGUS ASRIEL AZIZ AINUN NI'AM**

**NIM. 09650061**

**Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:**

**Tanggal: 11 September 2013**

**Dosen Pembimbing I**

**Dosen Pembimbing II**

**Dr. Muhammad Faisal, M.T**

**NIP. 19740510 200501 1 007**

**Yunifa Miftachul Arif, M.T**

**NIP. 19830616 201101 1 004**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdiان**

**NIP. 19740424 200901 1 008**

**IDENTIFIKASI NILAI NOMINAL DAN KEASLIAN UANG KERTAS  
RUPIAH MENGGUNAKAN *SUPPORT VECTOR MACHINE***

**SKRIPSI**

Oleh:

**BAGUS ASRIEL AZIZ AINUN NI'AM**

**NIM. 09650061**

**Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi  
dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Tanggal 18 September 2013**

**Susunan Dewan Penguji:**

**Tanda Tangan**

- |                    |   |
|--------------------|---|
| 1. Penguji Utama   | : <u>Fatchurrochman, M.Kom</u> ( )<br>NIP. 19700731 200501 1 002      |
| 2. Ketua Penguji   | : <u>Dr. Cahyo Crysdian</u> ( )<br>NIP. 19740424 200901 1 008         |
| 3. Sekretaris      | : <u>Dr. Muhammad Faisal, M.T</u> ( )<br>NIP. 19740510 200501 1 007   |
| 4. Anggota Penguji | : <u>Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> ( )<br>NIP. 19830616 201101 1 004 |

**Mengesahkan,  
Ketua Jurusan Teknik Informatika**

**Dr. Cahyo Crysdian  
NIP. 19740424 200901 1 008**

**PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Bagus Asriel Aziz Ainun Ni'am  
NIM : 09650061  
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Teknik Informatika  
Judul Penelitian : Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas  
Rupiah Menggunakan *Support Vector Machine*

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 11 September 2013

Yang membuat pernyataan,

Bagus Asriel Aziz Ainun Ni'am

NIM. 09650061

## MOTTO

إِنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا ﴿٦﴾ فَإِذَا فَرَغْتَ فَانصَبْ ﴿٧﴾

*“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain.” (QS. Al-Insyirah (94): 6 – 7)*



*“If you can't make it good, at least make it look good.”*

*~Bill Gates*

## HALAMAN PERSEMBAHAN

***Kupersembahkan karya kecil ini kepada:***

***Ibunda tercinta dan tersayang “Hj. Ummi Maryam”***

***Ayahanda tersayang “H. Mohammad Subhan Qodli”***

*Do'a tulus kepada ananda seperti air yang tak pernah berhenti dan terus mengalir dalam setiap sujud. Pengorbanan, motivasi, kesabaran, ketabahan dan tetes air matamu yang terlalu mustahil untuk dinilai. Walaupun jauh, engkaulah sebaik-baik panutan meski tidak selalu sempurna*

***Kakakku tersayang “Farian Andriyanto”***

*Terima kasih atas kebersamaan, dukungan, do'a, kasih sayang, dan perhatianmu padaku. Maafkan jika adikmu ini belum bisa menjadi saudara yang baik. Semoga engkau selalu jadi yang terbaik*

## KATA PENGANTAR



Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis sehingga bisa menyelesaikan skripsi dengan judul “Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan *Support Vector Machine*” dengan baik.

Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Agung Muhammad SAW yang telah membimbing umatnya dari gelapnya kekufuran menuju cahaya islam yang terang benderang.

Penulis menyadari keterbatasan pengetahuan yang penulis miliki, karena itu tanpa keterlibatan dan sumbangsih dari berbagai pihak, sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu dengan segenap kerendahan hati patutlah penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang, yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Hj. Bayyinatul Muchtaromah, M.si, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Dr. Cahyo Crysdiyan, selaku ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Muhammad Ainul Yaqin, M.Kom, selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan yang berharga.

5. Dr. Muhammad Faisal, M.T dan Yunifa Miftachul Arif, M.T, selaku dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan pengarahan dan masukan-masukan serta bimbingan yang berharga.
6. Segenap civitas akademika Jurusan Teknik Informatika, terutama seluruh dosen, terima kasih atas segenap ilmu dan bimbingannya.
7. Prima Aryshanty, Aini Lutfiyah Mahally, Badrul Hisham, Adi Setiawan dan Nixen Novian Mangku Raharjo serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal atas jasa dan bantuan yang telah diberikan.

Akhirnya atas segala kekurangan dari penyusunan skripsi ini, sangat diharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif dari semua pembaca demi memperbaiki kualitas penelitian selanjutnya. Semoga apa yang telah tertulis di dalam skripsi ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat dan menambah khasanah ilmu pengetahuan. Amin.

Malang, 11 September 2013

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PENGAJUAN</b> .....	ii
<b>HALAMAN PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN</b> .....	v
<b>HALAMAN MOTTO</b> .....	vi
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvi
<b>ABSTRAK</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>المخلص</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Batasan Masalah .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Metode Penelitian .....	5
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Uang Kertas Rupiah .....	9
2.1.1 Ciri-ciri Keaslian Uang Kertas Rupiah .....	10
2.2 <i>Automatic Ticket Vending Machine</i> (ATVM) .....	12
2.3 Citra Digital .....	13

2.4	Operasi Morfologi.....	14
2.5	Analisa Tekstur .....	15
2.6	<i>Support Vector Machine (SVM)</i> .....	18
	2.6.1 SVM pada <i>Linearly Separable Data</i> .....	18
	2.6.2 SVM pada <i>Nonlinearly Separable Data</i> .....	21
	2.6.3 Multi Class SVM .....	24
2.7	Penelitian Terkait .....	27
2.8	Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Menurut Pandangan Islam .....	28
<b>BAB III ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM</b> .....		30
3.1	Lingkungan Perancangan Perangkat Keras.....	30
3.2	Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak.....	30
3.3	Deskripsi Sistem .....	32
3.4	Desain Sistem.....	34
	3.4.1 Desain Data.....	34
	3.4.2 Desain Proses Sistem .....	36
	3.4.3 Perancangan Antar Muka.....	57
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		60
4.1	Lingkungan Implementasi.....	60
4.2	Penjelasan Program.....	61
	4.2.1 Proses Menampilkan Halaman Utama.....	61
	4.2.2 Proses Input Citra.....	62
	4.2.3 Proses Menampilkan Hasil.....	63
4.3	Uji Coba .....	64
	4.3.1 Pelatihan.....	65
	4.3.2 Pengujian.....	69
<b>BAB V PENUTUP</b> .....		74
5.1	Kesimpulan .....	74
5.2	Saran.....	74

**DAFTAR PUSTAKA** ..... 76

**LAMPIRAN**



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Citra Uang Kertas Rupiah .....	9
Gambar 2.2 <i>Invisible Ink</i> Pada Citra Uang Kertas Rupiah Hasil Penyinaran <i>Ultraviolet</i> .....	11
Gambar 2.3 Mesin Penjual Rokok .....	12
Gambar 2.4 Representasi Koordinat Spasial Citra Digital.....	14
Gambar 2.5 Hasil dari Operasi Morfologi <i>Opening</i> dan <i>Closing</i> .....	15
Gambar 2.6 Berbagai Alternatif Bidang Pemisah (kiri) dan Bidang Pemisah Terbaik (kanan) untuk Memisahkan Dua Kelas .....	18
Gambar 2.7 <i>Soft Margin Hyperplane</i> .....	21
Gambar 2.8 Transformasi dari <i>Input Space</i> ke <i>Feature Space</i> .....	22
Gambar 2.9 Contoh Transformasi Data yang Tidak Bisa Dipisahkan Secara Linier .....	23
Gambar 2.10 Contoh Klasifikasi dengan Metode One-Againts-All .....	26
Gambar 2.11 Contoh Klasifikasi dengan Metode One-Againts-One.....	27
Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah .....	33
Gambar 3.2 Hasil <i>Scanning</i> Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp5.000,00 dan Rp10.000,00.....	34
Gambar 3.3 Alat Penyinaran <i>Ultraviolet</i> Citra Uang Kertas Rupiah.....	35
Gambar 3.4 Hasil Pengambilan Citra Uang Kertas Rupiah Hasil Penyinaran <i>Ultraviolet</i> Pecahan Rp5.000,00 dan Rp10.000,00 .....	36
Gambar 3.5 Blok Diagram Proses Identifikasi Secara Umum.....	36
Gambar 3.6 Citra Uang Kertas Rupiah Hasil <i>Scanning</i> dan Penyinaran <i>Ultraviolet</i> Pecahan Rp10.000,00 .....	37
Gambar 3.7 Area Pemotongan dan Hasil Pemotongan Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00 .....	38
Gambar 3.8 Hasil Konversi Citra RGB ke <i>Grayscale</i> dan Hasil Penyeragaman Intensitas Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00 .....	39

Gambar 3.9 Hasil Penghilangan <i>Background</i> Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00.....	40
Gambar 3.10 Hasil Penghilangan Sisa <i>Background</i> Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00 .....	41
Gambar 3.11 Hasil Pengisian Lubang pada Pola Nominal Uang Pecahan Rp10.000,00.....	42
Gambar 3.12 Area Pematangan dan Hasil Pematangan Citra Uang Kertas Rupiah Hasil Penyinaran <i>Ultraviolet</i> Pecahan Rp10.000,00 .....	42
Gambar 3.13 Blok Diagram Analisis Tekstur Berdasarkan Nilai <i>Entropy</i> .....	43
Gambar 3.14 Blok Diagram Analisis Tekstur dengan GLCM.....	46
Gambar 3.15 Blok Diagram Ekstraksi Fitur Rata-rata Nilai Pixel RGB.....	47
Gambar 3.16 Model Pengklasifikasian Data Pelatihan Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah.....	53
Gambar 3.17 Blok Diagram Proses <i>Training</i> Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah.....	54
Gambar 3.18 Blok Diagram Proses <i>Training</i> Data Keaslian Uang Kertas Rupiah .....	55
Gambar 3.19 Blok Diagram Proses <i>Testing</i> Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah.....	56
Gambar 3.20 Blok Diagram Proses <i>Testing</i> Data Keaslian Uang Kertas Rupiah.	57
Gambar 3.21 Menu Aplikasi Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah.....	58
Gambar 3.22 Antarmuka Aplikasi Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah .....	58
Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama Aplikasi Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah .....	61
Gambar 4.2 Proses Input Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp50.000,00 .....	62
Gambar 4.3 Hasil Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp50.000,00.....	63
Gambar 4.4 Hasil Identifikasi <i>Unknown</i> Data Pecahan Rp1.000,00 .....	64

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Contoh 4 SVM Biner dengan Metode One-Againts-All.....	25
Table 2.2 Contoh 6 SVM biner dengan metode One-Againts-One .....	26
Tabel 4.1 Lingkungan Uji Coba.....	60
Tabel 4.2 Hasil Ekstraksi Fitur Data Latih Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah..	65
Tabel 4.3 Hasil Ekstraksi Fitur Data Latih Keaslian Uang Kertas Rupiah.....	67
Tabel 4.4 Hasil Ekstraksi Fitur Data Uji Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah .....	69
Tabel 4.5 Pengaruh Fungsi Kernel Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah.....	70
Tabel 4.6 Hasil Ekstraksi Fitur Data Uji Keaslian Uang Kertas Rupiah .....	71
Tabel 4.7 Pengaruh Fungsi Kernel Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Keaslian Uang Kertas Rupiah.....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Output Nilai $x_{sup}$ dari Proses <i>Training</i> Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah.....	78
Lampiran 2 Tabel Output Nilai $x_{sup}$ dari Proses <i>Training</i> Data Keaslian .....	79
Lampiran 3 Tabel Output Nilai $w$ dari Proses <i>Training</i> Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah .....	80
Lampiran 4 Tabel Output Nilai $w$ dari Proses <i>Training</i> Data Keaslian Uang Kertas Rupiah.....	81
Lampiran 5 Tabel Output Nilai $b$ dari Proses <i>Training</i> Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah .....	82
Lampiran 6 Tabel Output Nilai $b$ dari Proses <i>Training</i> Data Keaslian Uang Kertas Rupiah.....	82

## ABSTRAK

Ni'am, Bagus Asriel Aziz Ainun. 2013. **Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan *Support Vector Machine***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T. (II) Yunifa Miftachul Arif, M.T.

---

**Kata kunci:** identifikasi uang kertas rupiah, *support vector machine*

Penerapan teknologi otomasi akan mempermudah aktifitas manusia. Proses otomasi akan sangat membantu dalam pelayanan umum. Namun peredaran uang kertas palsu dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan. Banyak kasus pemalsuan uang kertas yang terjadi dalam tiga tahun terakhir ini. Hal ini tentu menjadi kendala. Oleh karena itu dibutuhkan perangkat yang tidak hanya dapat mendeteksi nilai nominal uang tetapi juga keasliannya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat suatu perangkat lunak yang dapat mengidentifikasi nilai nominal uang kertas rupiah beserta keasliannya melalui proses pengolahan citra dengan menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). Dalam proses identifikasi menggunakan dua jenis kernel yang berbeda yakni kernel Gaussian dan Polynomial.

Pencitraan uang kertas didapat dari dua sumber yang berasal dari *scanner* 300 dpi dan menggunakan sinar *ultraviolet*. Untuk mengidentifikasi nilai nominal uang kertas rupiah menggunakan nilai hasil ekstraksi fitur berupa nilai *entropy*, *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*. Sedangkan untuk mengidentifikasi keaslian uang kertas rupiah menggunakan nilai rata-rata piksel RGB. Nilai hasil ekstraksi fitur tersebut akan menjadi variabel masukan untuk SVM.

Proses identifikasi yang dilakukan dalam penelitian ini mempunyai dua tahap identifikasi. Tahap pertama adalah identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah dan tahap kedua adalah identifikasi keaslian uang kertas rupiah.

Total data yang digunakan sebanyak 85 set untuk identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah, dimana 60 diantaranya digunakan untuk proses *training* dan sisanya sebanyak 25 set digunakan untuk proses *testing*. Sedangkan untuk keaslian uang kertas total data adalah sebanyak 80 set, dimana 50 diantaranya digunakan untuk proses *training* dan sisanya sebanyak 30 set digunakan untuk proses *testing*. Hasil simulasi menunjukkan aplikasi mampu mengidentifikasi nilai nominal uang kertas rupiah pada konfigurasi akhir dengan tingkat akurasi sebesar 96% (Gaussian) dan keaslian uang kertas rupiah dengan tingkat akurasi sebesar 100% (Polynomial).

## ABSTRACT

Ni'am, Bagus Asriel Aziz Ainun. 2013. **Identification of Nominal Value and Authenticity of Rupiah Banknotes Using Support Vector Machine**. Thesis. Department of Informatics Engineering Faculty of Science and Technology State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Advisors: (I) Dr. Muhammad Faisal, M.T. (II) Yunifa Miftachul Arif, M.T.

---

**Keywords:** identification of rupiah banknotes, support vector machine

Application of automation technology will make it easier for human activities. Automation process will greatly help in the public service. However the circulation of fake banknote from year to year has increased steadily. Many counterfeit banknote case that happened in the last three years. It has certainly become a constraint. Therefore it needs a device that can detect not only the nominal value of banknote but also the authenticity. This research aims to develop a software that can identify the nominal values and authenticity of rupiah banknote through a process of image processing by using the Support Vector Machine (SVM). In the identification process using two different kernel types i.e. the Gaussian kernel and Polynomial.

Imaging of banknote were obtained from two sources that originate from scanner 300 dpi and using ultraviolet light. To identify the nominal value of rupiah banknote using results of features extraction of the value of entropy, contrast, correlation, energy and homogeneity. As for identifying the authenticity of rupiah banknote using the average value of RGB pixels. The value results of these features extraction will be the input variables for the SVM.

Identification process carried out in this research has two stages of identification. The first stage is the identification of the rupiah banknote nominal values and the second stage is the identification of the rupiah banknote authenticity.

Total data used by as much as 85 set to identify the nominal value of rupiah banknotes, where 60 were used for the process of training and rest as much as 25 sets used for the process of testing. As for the authenticity of rupiah banknote total data is as much as 80 sets, where 50 were used for the process of training and the rest 30 sets used for the process of testing. Simulation results demonstrate the application was able to identify nominal value of rupiah banknote on final configuration with the accuracy rate of 96% (Gaussian) and the authenticity of rupiah banknotes with the accuracy rate of 100% (Polynomial).

## الملخص

نعام، باغوس أسريل عزيز عينون. 2013. تحديد القيمة الاسمية والأصالة المال ورقة روبية عن طريق آلة المتجهات الإعتماية . المقالة .قسم الهندسة كلية العلوم وتكنولوجيا المعلومات الجامعة الحكومية الإسلامية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرف (I) :د. محمد فيصل، م.ت. (II) يونيفا مفتاح العرف، م. ت.

كلمات البحث :تحديد روبية الأوراق النقدية، آلة المتجهات الإعتماية.

كان تطبيق تكنولوجيا التشغيل الآلي سيسهل النشاط البشري .عملية التشغيل الآلي ستفيد الخدمات العامة جدا .ولكن تداول النقود الورقية المزيفة من سنة إلى سنة يزيد دائما. العديد من تزييف الأوراق النقدية التي وقعت في السنوات الثلاث الماضية الحالات. هذا هو القيود تأكيدا. ولذلك تلزم الأجهزة التي تكشف عن القيمة الاسمية من النقود فقط ولكن أيضا على الأصلية. وكان هذا البحث يهدف ان يجعل برمجيات لتحديد القيمة الاسمية للأوراق النقود مع الأصلية من خلال معالجة الصور باستخدام آلة المتجهات الإعتماية. وفي عملية التحديد يستعمل نوعين مختلفين من النواة هي نواة جاوسيان وفولنيوميال.

و يستمد تصوير الأوراق النقدية التي تم الحصول عليها من مصادر اثنين من 300 نقطة في البوصة الماسح الضوئي واستخدام الأشعة فوق البنفسجية. لتحديد القيمة الاسمية للأوراق النقدية روبية باستخدام قيمة سمة نتائج استخراج قيمة الكون، وعلى النقيض، والارتباط، والطاقة والتجانس. بينما للتعرف على أصالة من الأوراق النقدية الدولارات باستخدام متوسط قيمة RGB بكسل. سوف قيمة نتيجة استخراج ميزة أن تكون مدخلا إلى متغير SVM.

وكانت عملية التحديد في هذا البحث لمرحلتين تحديدا. المرحلة الأولى هي تحديد القيمة الاسمية للأوراق النقود الروبية. والمرحلة الثانية هي تحديد الأصلية للأوراق النقود الروبية.

يتم استخدام إجمالي البيانات المستخدمة لتحديد ما يصل الى 85 مجموعات من القيمة الاسمية للأوراق النقود الروبية، والتي تستخدم 60 منها لعملية التدريب المتبقية 25 لعملية الاختبار. أما بالنسبة لأصلية الأوراق النقود إجمالية تبلغ 80 مجموعات من البيانات، حيث يتم استخدام 50 منهم للتدريب ومجموعات ال 30 الباقية تستخدم لعملية الاختبار. تظهر نتائج المحاكاة التطبيق قادرا على تحديد القيمة الاسمية للروبية الأوراق النقود في التكوين النهائي مع معدل دقة من 96% (جاوسيان) وأصلية الأوراق النقود الروبية بمعدل دقة 100% (فولنيوميال).

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Teknologi otomasi telah mempermudah aktifitas manusia dalam kehidupan sehari-hari. Proses otomasi akan membantu pekerjaan yang dilakukan berulang-ulang dengan ketelitian tepat dalam waktu yang cepat. Hal ini akan sangat membantu dalam pelayanan umum. Mekanisme otomasi telah diterapkan pada banyak negara maju mulai dari penjualan rokok, minuman ringan, tiket transportasi massal, bahkan untuk setoran uang tunai (Wicaksono D, 2008).

Untuk mencapai hal tersebut diperlukan suatu rancangan perangkat lunak pengidentifikasi nilai nominal uang kertas yang dapat diterapkan pada mesin penjualan otomatis. Namun peredaran uang kertas palsu di masyarakat yang semakin meningkat tentu akan menjadi kendala pula, oleh karena itu dibutuhkan perangkat lunak yang dapat mendeteksi nilai nominal uang kertas rupiah beserta keasliannya. Untuk itulah dalam skripsi ini dirancang suatu perangkat lunak yang tidak hanya dapat mengidentifikasi nilai nominal tetapi juga keaslian uang kertas rupiah.

Identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah perlu dilakukan karena dalam tiga tahun terakhir ini kasus pemalsuan uang kertas rupiah semakin meningkat. Selama kurun waktu 2010, terdapat 31 kasus pemalsuan rupiah dengan melibatkan 42 tersangka dan barang bukti 1.519 lembar uang palsu. Setahun berikutnya meningkat menjadi 36 kasus dengan 36 tersangka dan 3.467 lembar uang palsu sebagai barang bukti. Hingga September 2012, kasus pemalsuan

meningkat hampir 3 kali lipat. Ada 87 kasus dengan 97 tersangka dan 61.943 lembar uang palsu. Bahkan, hingga Juli 2012, Bank Indonesia menemukan 50.134 lembar uang palsu (<http://ekonomibisnis.suarasurabaya.net> edisi 18 Oktober 2012).

Berdasarkan data tersebut, pemalsuan uang kertas rupiah akan mengakibatkan kerugian ekonomi, sekalipun kerugian ekonomi pada masyarakat umum sebagai akibat pemalsuan uang terbatas adanya. Para korban yang paling dirugikan adalah individu-individu karena tidak ada yang mengganti kerugian sebagai akibat menerima uang palsu. Mata uang palsu juga dapat melemahkan kepercayaan terhadap sistem pembayaran yang mengakibatkan masyarakat umum merasa tidak yakin saat menerima uang tunai dalam transaksi, dimana Al-Qur'an juga menegaskan dalam surat An-Nisa ayat 29:

يَتَأْتِيهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا لَا تَأْكُلُوا أَمْوَالَكُمْ بَيْنَكُمْ بِالْبَاطِلِ إِلَّا أَنْ تَكُونَ تِجَارَةً عَنْ تَرَاضٍ  
مِّنكُمْ وَلَا تَقْتُلُوا أَنْفُسَكُمْ إِنَّ اللَّهَ كَانَ بِكُمْ رَحِيمًا ﴿٢٩﴾

*“Hai orang-orang yang beriman, janganlah kamu saling memakan harta sesamamu dengan jalan yang bathil, kecuali dengan jalan perniagaan yang berlaku dengan suka sama-suka di antara kamu. Dan janganlah kamu membunuh dirimu. Sesungguhnya Allah adalah Maha Penyayang kepadamu”* (QS. An-Nisa: 29).

Allah SWT melarang mengambil harta orang lain dengan jalan yang bathil (tidak benar), kecuali dengan perniagaan yang berlaku dengan suka sama suka. Larangan memakan harta orang lain dalam ayat ini secara tersirat mengandung pengertian yang luas dan dalam, salah satunya yakni dilarang berniaga atau melakukan jual beli dengan cara menipu seperti menggunakan uang palsu yang dapat merugikan orang lain.

Pengenalan nilai nominal dan keaslian didasarkan pada serangkaian pola pada uang kertas melalui proses pengenalan citra (*image recognition*). Penelitian tentang deteksi nominal dan keaslian uang kertas telah dilakukan sebelumnya, antara lain dengan *Neural Network* menggunakan LVQ (Omatu, 2003), dengan *Fuzzy Logic* (Heriawan, 2007), dengan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation (Wicaksono D, 2008) dan dengan *Hidden Markov Model* (Rahmandana, 2012).

Sedangkan pada skripsi ini akan dibuat sistem pengenalan nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine* (SVM). SVM merupakan salah satu metode yang akhir-akhir ini banyak mendapat perhatian sebagai *state of the art* dalam klasifikasi.

*Support Vector Machine* (SVM) adalah sistem pembelajaran yang menggunakan ruang hipotesis berupa fungsi-fungsi linier dalam sebuah ruang fitur (*feature space*) berdimensi tinggi, dilatih dengan algoritma pembelajaran yang didasarkan pada teori optimasi dengan mengimplementasikan *learning bias* yang berasal dari teori pembelajaran statistik (Cristianini, 2000).

Teori yang mendasari SVM sendiri sudah berkembang sejak tahun 1960-an, tetapi baru diperkenalkan oleh Vapnik, Boser dan Guyon pada tahun 1992 dan sejak saat itu SVM berkembang dengan pesat. SVM adalah salah satu teknik yang relatif baru dibandingkan dengan teknik lain, tetapi memiliki performansi yang lebih baik di berbagai bidang aplikasi seperti bioinformatics, pengenalan tulisan tangan, klasifikasi teks dan lain sebagainya (Cristianini, 2000).

Dewasa ini SVM telah berhasil diaplikasikan dalam problem dunia nyata (*real world problem*) dan secara umum memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan metode konvensional seperti misalnya *artificial neural network*.

Pola dari tiap uang kertas rupiah memiliki ciri yang unik yang membedakannya satu dengan yang lainnya, baik bentuk angka, jumlah angka nol, serta gambar *invisible ink* nya. Pola khas inilah yang menjadi acuan dalam kerangka sistem SVM untuk membedakan nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

### 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan yang akan diselesaikan dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine*.
2. Bagaimana pengaruh dari jenis fungsi kernel terhadap tingkat akurasi pada proses identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka penelitian ini mempunyai batasan masalah sebagai berikut:

- a. Citra yang digunakan adalah citra uang kertas rupiah.
- b. Format file citra *Joint Photographic Experts Group* (.jpeg).
- c. Pecahan uang kertas rupiah yang diidentifikasi yaitu Rp5.000,00, Rp10.000,00, Rp20.000,00, Rp50.000,00 dan Rp100.000,00.
- d. Perangkat lunak tidak membedakan uang tersobek, tertulis maupun umur uang kertas (baru / lama).

#### 1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membangun perangkat lunak yang dapat mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine*.
2. Memperoleh perbandingan tingkat akurasi hasil identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah dari jenis fungsi kernel yang berbeda.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan dan mengembangkan pengetahuan tentang *Support Vector Machine* untuk mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.
2. Memberikan kontribusi bagi perkembangan pengolahan citra digital dalam bidang perekonomian khususnya dalam identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

#### 1.6 Metode Penelitian

Pembuatan aplikasi identifikasi pada penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut:

##### 1. Studi Literatur

Pada tahap ini akan dipelajari sejumlah literatur mengenai konsep dan teknologi yang akan digunakan. Literatur yang digunakan meliputi buku referensi, jurnal serta kumpulan paper.

##### 2. Perancangan Perangkat Lunak dan Desain Sistem

Tahap ini meliputi perancangan sistem dengan menggunakan studi literatur dan mempelajari konsep teknologi yang ada. Tahap ini merupakan tahap yang

paling penting dimana bentuk awal aplikasi yang akan diimplementasikan didefinisikan.

### 3. Pengimplementasian

Pada tahap pengimplementasian ini aplikasi ini sudah mulai dibuat secara menyeluruh. Dengan mengacu pada tahap-tahap sebelumnya yaitu desain sistem, bahasa pemrograman yang digunakan dan bagaimana penerapannya pada teknologi yang akan digunakan untuk membuat aplikasi.

### 4. Uji Coba dan Analisis

Pada tahap ini implementasi yang sudah selesai akan dievaluasi dengan melakukan skenario berdasarkan alur yang telah dibuat. Jika terdapat kekurangan ataupun kesalahan dapat diperbaiki untuk keberhasilan aplikasi sesuai dengan tujuan penelitian ini.

### 5. Penyusunan Laporan Skripsi

Pada tahap ini dilakukan untuk pembuatan laporan dari semua dasar teori dan metode yang digunakan serta hasil-hasil yang diperoleh selama pengerjaan skripsi.

## 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan skripsi ini terbagi dalam beberapa pokok bahasan sebagai berikut:

### **BAB I Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, metode penelitian, dan sistematika penulisan laporan skripsi. Uraian pada bab ini memberikan gambaran umum kepada pembaca

terkait maksud dan tujuan dalam penelitian identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine*.

## **BAB II Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisikan beberapa teori yang mendasari dalam penyusunan skripsi ini. Adapun yang dibahas dalam bab ini adalah teori yang berkaitan dengan mata uang kertas rupiah, pengolahan citra digital dan metode *Support Vector Machine*.

## **BAB III Analisis dan Perancangan Sistem**

Bab ini menjelaskan mengenai analisis dan perancangan sistem untuk membangun aplikasi identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine*.

## **BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab ini menjelaskan tentang hasil dari pengujian aplikasi identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine*.

## **BAB V Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan dari hasil yang diperoleh pada penelitian ini beserta saran untuk pengembangan selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Allah SWT berfirman di dalam Al-Qur'an surat Al-Anfaal ayat 29 yang berbunyi:

يٰۤاَيُّهَا الَّذِيْنَ ءٰمَنُوْا اِنْ تَتَّقُوْا اللّٰهَ سَجَعَلْ لَكُمْ فُرْقٰنًا وَيُكْفِرْ عَنْكُمْ سَيِّئٰتِكُمْ وَيَغْفِرْ لَكُمْ ۗ وَاللّٰهُ  
ذُو الْفَضْلِ الْعَظِيْمِ ﴿٢٩﴾

*“Hai orang-orang beriman, jika kamu bertaqwa kepada Allah, Kami akan memberikan kepadamu Furqaan dan Kami akan jauhkan dirimu dari kesalahan-kesalahanmu, dan mengampuni (dosa-dosa)mu. Dan Allah mempunyai karunia yang besar” (Q.S. Al-Anfaal: 29).*

Secara tersirat ayat tersebut menyebutkan bahwa yang dimaksud dengan “Al-Furqaan” adalah petunjuk yang dapat membedakan antara yang haq dan bathil. Ayat ini menjelaskan bahwa orang-orang yang bertakwa kepada Allah SWT, maka Allah SWT akan memberikan ilmu yang dengannya dia dapat membedakan antara yang haq dan bathil. Menuntut ilmu artinya mencari hakikat kebenaran (haq), membedakannya dengan kepalsuan, sesuatu yang sia-sia dan tidak ada manfaatnya (bathil). Hal ini merupakan tugas dan kewajiban manusia sebagai khalifah Allah SWT. Melalui tugas kekhilafahan itulah, maka Allah SWT memberi amanat dan tanggung jawab kepada manusia untuk menjaga dan memakmurkan bumi. Konsekuensi dari kedudukan istimewa yang diberikan Tuhan kepada manusia adalah bahwa manusia harus dapat membedakan mana yang benar dan mana yang salah, membedakan yang haq dengan yang bathil.

## 2.1 Uang Kertas Rupiah

Uang kertas rupiah adalah uang dalam bentuk lembaran yang terbuat dari bahan kertas atau bahan lainnya (yang menyerupai kertas) yang dikeluarkan oleh pemerintah Indonesia, dalam hal ini Bank Indonesia, dimana penggunaannya dilindungi oleh UU No. 23 tahun 1999 dan sah digunakan sebagai alat tukar pembayaran di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (Dawud Gede Wicaksono D, 2008).

Adapun uang kertas rupiah yang akan diidentifikasi dalam penelitian ini adalah uang kertas rupiah dengan pecahan Rp5.000,00, Rp10.000,00, Rp20.000,00, Rp50.000,00 dan Rp100.000,00 pada sisi tema uang kertas rupiah, bukan pada sisi foto pahlawan nasional. Pemilihan sisi ini dikarenakan terdapat *invisible ink* yang akan digunakan untuk mengidentifikasi keaslian uang kertas rupiah. Uang kertas rupiah yang akan diidentifikasi dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Citra Uang Kertas Rupiah

### 2.1.1 Ciri-ciri Keaslian Uang Kertas Rupiah

Keaslian uang dapat dikenali melalui ciri-ciri yang terdapat baik pada bahan yang digunakan, desain dan warna masing-masing pecahan uang, juga teknik pencetakan uang tersebut. Dalam penetapan ciri-ciri uang dianut suatu prinsip bahwa semakin besar nilai nominal uang maka semakin banyak unsur pengaman dari uang tersebut sehingga aman dari usaha pemalsuan (Wicaksono D, 2008).

Unsur pengaman yang terdapat pada uang kertas rupiah adalah sebagai berikut:

1. Tanda air (*watermark*) dan *electrotype*

Pada kertas uang terdapat tanda air berupa gambar yang akan terlihat apabila diterawangkan ke arah cahaya.

2. Benang pengaman (*security thread*)

Ditanam atau dianyam pada bahan kertas uang sehingga tampak sebagai garis melintang dari atas ke bawah. Pada pecahan tertentu akan memendar apabila dilihat dengan sinar *ultraviolet*.

3. Gambar saling isi (*rectoverso*)

Pencetakan suatu ragam bentuk yang menghasilkan cetakan pada bagian muka dan belakang beradu tepat dan saling mengisi jika diterawangkan ke arah cahaya.

4. Tinta berubah warna (*optically variable ink*)

Hasil cetak tinta khusus yang akan berubah warna apabila dilihat dari sudut pandang yang berbeda.

5. Tulisan mikro (*microtext*)

Tulisan berukuran sangat kecil yang hanya dapat dibaca dengan menggunakan kaca pembesar.

6. Gambar tersembunyi (*latent image*)

Hasil cetak berupa gambar atau tulisan tersembunyi yang dapat dilihat dari sudut pandang tertentu.

7. Cetak dalam (*intaglio*)

Cetakan yang terasa kasar apabila diraba.

8. Cetakan tidak kasat mata (*invisible ink*)

Hasil cetak tidak kasat mata yang akan memendar di bawah sinar *ultraviolet*.

Pada penelitian ini unsur pengaman yang akan digunakan untuk mengidentifikasi keaslian uang adalah cetakan tidak kasat mata (*invisible ink*).

*Invisible ink* tersebut dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Invisible Ink* Pada Citra Uang Kertas Rupiah Hasil Penyinaran *Ultraviolet*

## 2.2 Automatic Ticket Vending Machine (ATVM)

Sistem identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah dapat diaplikasikan pada mesin ATVM. ATVM merupakan mesin yang dapat mengeluarkan barang-barang seperti makanan ringan, minuman ringan, rokok dan sebagainya untuk pelanggan secara otomatis. Layaknya penjual asli, mesin ini akan mengeluarkan barang yang kita inginkan setelah kita membayarnya dengan cara memasukkan sejumlah koin maupun uang kertas.

Penggunaan dari ATVM berfungsi untuk menggantikan transaksi pembelian minuman atau yang lain secara manual (kasir) ke mesin otomatis. Alat ini dapat melayani konsumen secara cepat, efisien dan mampu mengenali alat pembayaran yang berlaku sesuai dengan harga yang tertera. Bentuk fisik mesin ATVM dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Mesin Penjual Rokok

(Sumber: Mesin Penjual Otomatis Jidouhanbaiki, <http://j-lovers-indo.blogspot.com/2012/09/mesin-penjual-otomatis-jidouhanbaiki.html> diakses pada tanggal 21 September 2013)

Identifikasi uang hanyalah satu bagian diluar fungsi komputasi matematis mesin. ATVM dapat diletakkan ditempat-tempat umum dan stasiun / terminal untuk melayani konsumen yang ingin bertransaksi. Dalam mesin ATVM terdapat suatu alat validasi yang memiliki mekanisme menarik uang kertas yang dimasukkan kemudian mengidentifikasinya. Penggunaan mesin ATVM telah banyak dipakai oleh negara-negara maju di Eropa, Amerika, Jepang, Korea Selatan dan Singapura. ATVM menguntungkan masyarakat penggunaanya baik dari segi ekonomi maupun kepraktisannya (Wicaksono D, 2008).

### 2.3 Citra Digital

Sebuah citra adalah fungsi intensitas cahaya dua dimensi  $f(x,y)$ , dimana  $x$  dan  $y$  menunjukkan koordinat luas, dimana nilai  $f(x,y)$  proporsional terhadap kecerahan gambar pada area tertentu.

Fungsi  $f(x,y)$  adalah perkalian antara kekuatan sumber cahaya (iluminasi)  $r(x,y)$  terhadap objek dengan komponen refleksi objek  $i(x,y)$ , yang dapat dituliskan dalam persamaan berikut:

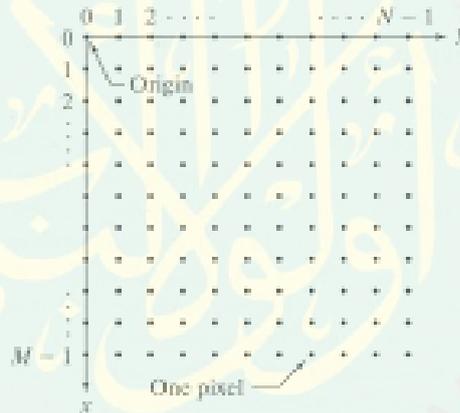
$$f(x, y) = i(x, y) * r(x, y)$$

Citra digital merupakan suatu matriks yang terdiri dari baris dan kolom, dimana setiap pasangan indeks baris dan kolom menyatakan suatu titik pada citra. Nilai matriksnya menyatakan nilai kecerahan titik tersebut. Titik-titik tersebut dinamakan sebagai elemn citra atau piksel (Gonzales, Rafael C., Richard E. Woods dan Steven L. Eddins, 2001).

Suatu citra  $f(x,y)$  dicuplik menjadi  $N \times M$  array matriks dimana setiap elemen dari array memiliki kuantitas diskrit. Jadi sebuah citra digital dapat direpresentasikan sebagai pasangan matriks seperti berikut:

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

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 2.4 berikut yang menunjukkan representasi citra ke dalam koordinat luasan.



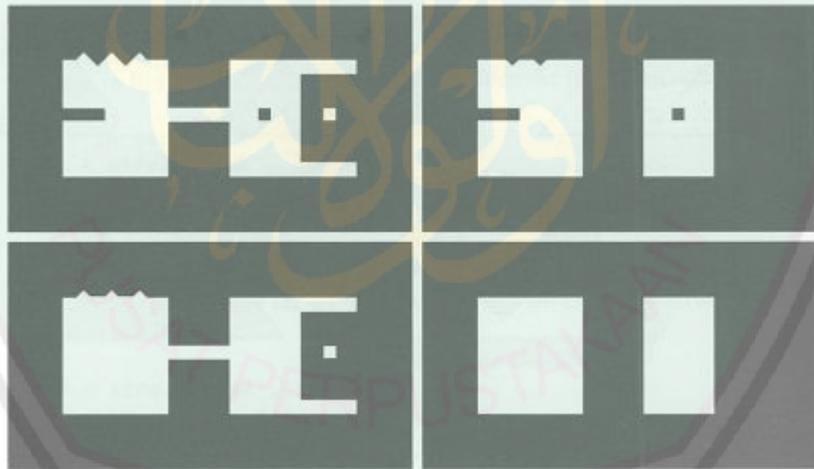
Gambar 2.4 Representasi Koordinat Spasial Citra Digital  
(Sumber: Gonzales, Rafael C., Richard E. Woods dan Steven L. Eddins, 2001)

## 2.4 Operasi Morfologi

Operasi morfologi merupakan suatu teknik dari pengolahan citra yang didasarkan pada pengolahan bentuk. Dilasi adalah suatu proses menambahkan piksel pada batasan dari objek dalam suatu citra sehingga nantinya apabila dilakukan operasi ini maka citra hasilnya lebih besar ukurannya dibandingkan dengan citra aslinya. Erosi sendiri adalah kebalikan dari dilasi. Proses ini akan membuat ukuran sebuah citra menjadi lebih kecil. Berbeda dengan dilasi, apabila

erosi dilakukan maka yang dikerjakan adalah memindahkan piksel pada batasan-batasan objek yang akan di erosi. Jumlah dari piksel yang ditambah atau dihilangkan bergantung pada ukuran dan bentuk dari structuring element yang digunakan untuk memproses citra tersebut.

Dilasi dan Erosi sering digunakan secara bersama-sama untuk menerapkan operasi-operasi untuk memproses citra. Opening dari sebuah citra adalah erosi yang diikuti dengan proses dilasi, dimana digunakan structuring element yang sama, untuk erosinya maupun dilasinya. Kebalikan dari opening adalah closing, yaitu proses dilasi dilakukan terlebih dahulu, kemudian erosi dilakukan. Hasil dari operasi ini dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Hasil dari Operasi Morfologi *Opening* dan *Closing*  
(Sumber: Gonzales, Rafael C., Richard E. Woods dan Steven L. Eddins, 2001)

## 2.5 Analisa Tekstur

Istilah tekstur pada kehidupan sehari-hari adalah berkaitan dengan sifat permukaan benda yaitu kasar, halus atau bergelombang saat tersentuh indera peraba kita. Sebuah tekstur dikatakan kasar jika perbedaan tinggi-rendah antara titik-titik pada permukaan obyek besar, namun jika sebaliknya perbedaan tinggi

rendah pada masing-masing titik pada permukaan obyek rendah, maka tekstur tersebut dikatakan halus. Pada tekstur citra digital juga berlaku sama, tetapi bukan dengan mengukur tinggi rendah titik-titik pada permukaan obyek dengan jari melainkan dengan menganalisa tingkat keabuan citra tersebut (Cucun Very Angkoso, 2011).

Pada umumnya menentukan tekstur sebuah citra digital adalah dengan mengukur perbedaan tingkat keabuan (kontras) dengan melakukan *windowing*. Citra digital memiliki beberapa elemen-elemen dasar seperti yang disebutkan berikut ini (Munir, 2004):

a. *Kecerahan (brightness)*

Kecerahan disebut juga intensitas cahaya. Kecerahan pada sebuah titik (piksel) di dalam citra bukanlah intensitas yang riil, tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.

b. *Kontras (contrast)*

Kontras menyatakan sebaran terang (*lightness*) dan gelap (*darkness*) di dalam sebuah citra. Citra dengan kontras rendah dicirikan oleh sebagian besar komposisi citranya adalah terang atau sebagian besar gelap. Pada citra dengan kontras yang baik, komposisi gelap dan terang tersebar secara merata.

c. *Kontur (contour)*

Kontur adalah keadaan yang ditimbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel yang bertetangga.

d. *Warna (colour)*

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem *visual* manusia

terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh obyek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang ( $\lambda$ ). Warna warna yang diterima oleh mata merupakan hasil kombinasi cahaya dengan panjang gelombang berbeda. Kombinasi warna yang memberikan rentang warna yang paling lebar adalah *red* (R) merah, *green* (G) hijau, *blue* (B) biru.

e. Bentuk (*shape*)

*Shape* adalah *property intrinsic* dari obyek tiga dimensi, dengan pengertian bahwa *shape* merupakan *property intrinsic* utama untuk sistem *visual* manusia. Pada umumnya citra yang dibentuk oleh mata merupakan citra dwimatra (2 dimensi), sedangkan obyek yang dilihat umumnya berbentuk trimatra (3 dimensi). Informasi bentuk dari obyek yang sedang diteliti dapat diekstraksi dari citra pada saat proses *preprocessing* dan segmentasi citra.

f. *Tekstur (texture)*

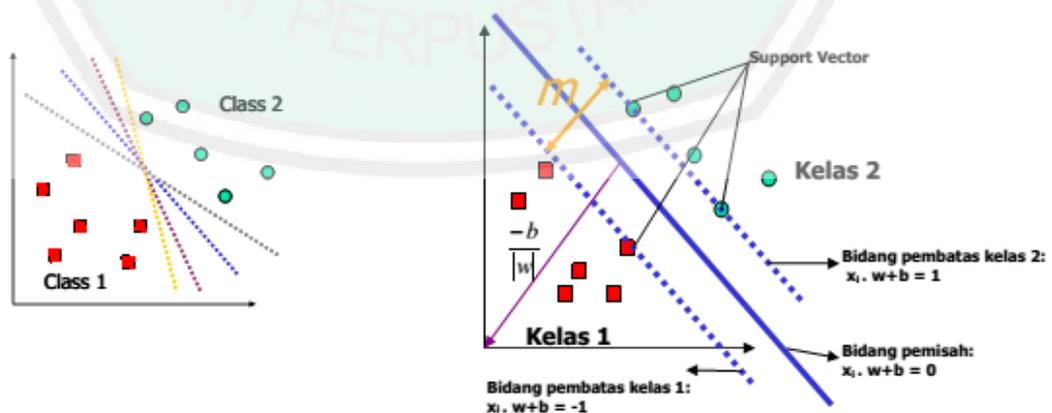
Tekstur diartikan sebagai distribusi spasial dari derajat keabuan di dalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetangga. Jadi tekstur tidak dapat didefinisikan untuk sebuah piksel. Sistem *visual* manusia menerima informasi citra sebagai suatu kesatuan. Analisis tekstur merupakan topik penting dalam dunia *machine vision*. Kinerja algoritma pada sistem ketika menganalisis berbagai tekstur akan dievaluasi ataupun dibandingkan terhadap kinerja sistem *visual* manusia yaitu saat melakukan tugas yang sama, sehingga nantinya sebuah sistem akan dikatakan baik jika mampu melakukan kerja sebaik seperti sistem *visual* manusia atau bahkan melebihinya.

## 2.6 Support Vector Machine (SVM)

Berbeda dengan strategi *neural network* yang berusaha mencari *hyperplane* pemisah antar kelas, SVM berusaha menemukan *hyperplane* yang terbaik pada *input space*. Prinsip dasar SVM adalah *linear classifier*, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada problem *non linear* dengan memasukkan konsep *kernel trick* pada ruang kerja berdimensi tinggi. Pada awalnya SVM bekerja sebagai *binary classifier*, namun akhirnya dikembangkan lebih luas untuk *multiclass problem*.

### 2.6.1 SVM pada *Linearly Separable Data*

*Linearly separable data* merupakan data yang dapat dipisahkan secara linier. Misalkan  $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  adalah data set dan  $y_i \in \{+1, -1\}$  adalah label kelas dari data  $x_i$ . Pada gambar 2.6 dapat dilihat berbagai alternatif bidang pemisah yang dapat memisahkan semua data set sesuai dengan kelasnya. Namun, bidang pemisah terbaik tidak hanya dapat memisahkan data tetapi juga memiliki margin paling besar.



Gambar 2.6 Berbagai Alternatif Bidang Pemisah (kiri) dan Bidang Pemisah Terbaik (kanan) untuk Memisahkan Dua Kelas (Sumber: Krisantus Sembiring, 2007)

Adapun data yang berada pada bidang pembatas ini disebut *support vector*. Dalam gambar 2.6, dua kelas data dapat dipisahkan oleh sepasang bidang pembatas yang sejajar. Bidang pembatas pertama membatasi kelas pertama sedangkan bidang pembatas kedua membatasi kelas kedua, sehingga diperoleh:

$$x_i \cdot w + b \geq +1 \text{ untuk } y_i = +1$$

$$x_i \cdot w + b \leq -1 \text{ untuk } y_i = -1$$

Pencarian bidang pemisah terbaik dengan nilai margin terbesar dapat dirumuskan menjadi masalah optimasi konstrain, yaitu:

$$\min \frac{1}{2} |w|^2$$

$$\text{s.t } y_i(x_i \cdot w + b) - 1 \geq 0$$

Persoalan ini akan lebih mudah diselesaikan jika diubah ke dalam formula *lagrangian* yang menggunakan *lagrange multiplier*. Dengan demikian permasalahan optimasi konstrain dapat diubah menjadi:

$$\min_{w,b} L_p(w, b, \alpha) = \frac{1}{2} |w|^2 - \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i (x_i \cdot w + b) + \sum_{i=1}^n \alpha_i$$

Dengan meminimumkan  $L_p$  terhadap  $w$  dan  $b$ , maka dari

$\frac{\partial}{\partial b} L_p(w, b, \alpha) = 0$  dan dari  $\frac{\partial}{\partial w} L_p(w, b, \alpha) = 0$  diperoleh:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0$$

$$w = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i x_i$$

Vektor  $w$  sering kali bernilai besar (mungkin tak terhingga), tetapi nilai  $\alpha_i$  terhingga. Untuk itu, formula *lagrangian*  $L_P$  (*primal problem*) diubah ke dalam *dual problem*  $L_D$ . Dengan mensubstitusikan persamaan ke  $L_P$  diperoleh *dual problem*  $L_D$  dengan konstrain berbeda. Jadi persoalan pencarian bidang pemisah terbaik dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \max L_D(\alpha) &= \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1, j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i x_j \\ \text{s. t } \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i &= 0, \alpha_i \geq 0 \end{aligned}$$

Dengan demikian, dapat diperoleh nilai  $\alpha_i$  yang nantinya digunakan untuk menemukan  $w$ . Terdapat nilai  $\alpha_i$  untuk setiap data pelatihan. Data pelatihan yang memiliki nilai  $\alpha_i > 0$  adalah *support vector* sedangkan sisanya memiliki nilai  $\alpha_i = 0$ . Dengan demikian fungsi keputusan yang dihasilkan hanya dipengaruhi oleh *support vector*.

Formula pencarian bidang pemisah terbaik ini adalah permasalahan *quadratic programming*, sehingga nilai maksimum global dari  $\alpha_i$  selalu dapat ditemukan. Setelah solusi permasalahan *quadratic programming* ditemukan (nilai  $\alpha_i$ ), maka kelas dari data pengujian  $x$  dapat ditentukan berdasarkan nilai dari fungsi keputusan:

$$f(x_d) = \sum_{i=1}^{ns} \alpha_i y_i x_i x_d + b$$

dimana  $x_i$  adalah *support vector*,  $ns$  adalah jumlah *support vector* dan  $x_d$  adalah data yang akan diklasifikasikan.

### 2.6.2 SVM pada *Nonlinearly Separable Data*

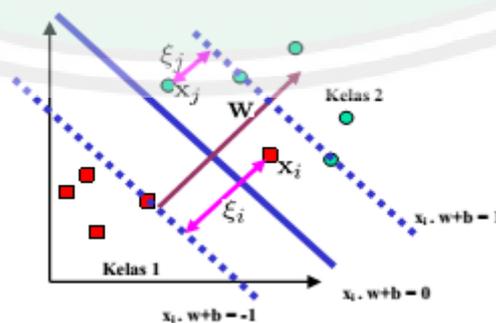
Untuk mengklasifikasikan data yang tidak dapat dipisahkan secara linier formula SVM harus dimodifikasi karena tidak akan ada solusi yang ditemukan. Oleh karena itu, kedua bidang pembatas harus diubah sehingga lebih fleksibel (untuk kondisi tertentu) dengan penambahan variabel  $\xi_i$  ( $\xi_i \geq 0, \forall_i : \xi_i = 0$  jika  $x_i$  diklasifikasikan dengan benar) menjadi  $x_i \cdot w + b \geq 1 - \xi_i$  untuk kelas 1 dan  $x_i \cdot w + b \leq -1 + \xi_i$  untuk kelas 2. Pencarian bidang pemisah terbaik dengan dengan penambahan variabel  $\xi_i$  sering juga disebut *soft margin hyperplane*. Dengan demikian formula pencarian bidang pemisah terbaik berubah menjadi:

$$\min \frac{1}{2} |w|^2 + C \left( \sum_{i=1}^n \xi_i \right)$$

$$s. t \ y_i (w \cdot x_i + b) \geq 1 - \xi_i$$

$$\xi_i \geq 0$$

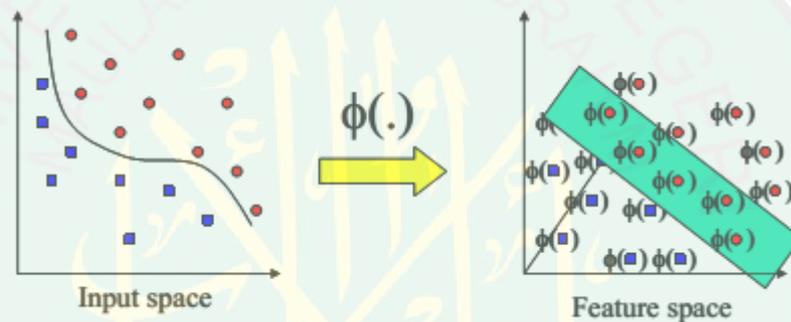
$C$  adalah parameter yang menentukan besar penalti akibat kesalahan dalam klasifikasi data dan nilainya ditentukan oleh pengguna.



Gambar 2.7 *Soft Margin Hyperplane*  
(Sumber: Krisantus Sembiring, 2007)

Pengubahan  $L_P$  ke dalam *dual problem*, menghasilkan formula yang sama dengan persamaan sebelumnya sehingga pencarian bidang pemisah terbaik dilakukan dengan cara yang hampir sama dengan kasus dimana data dapat dipisahkan secara linier, tetapi rentang nilai  $\alpha_i$  adalah  $0 \geq \alpha_i \geq C$ .

Metode lain untuk mengklasifikasikan data yang tidak dapat dipisahkan secara linier adalah dengan mentransformasikan data ke dalam dimensi ruang fitur (*feature space*) sehingga dapat dipisahkan secara linier pada *feature space*.

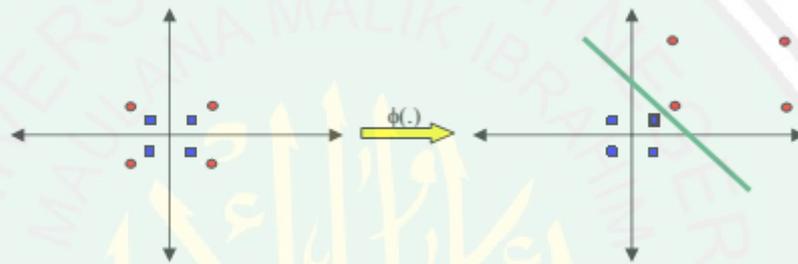


Gambar 2.8 Transformasi dari *Input Space* ke *Feature Space*  
(Sumber: Krisantus Sembiring, 2007)

Caranya, data dipetakan dengan menggunakan fungsi pemetaan (transformasi)  $x_k \rightarrow \phi(x_k)$  ke dalam *feature space* sehingga terdapat bidang pemisah yang dapat memisahkan data sesuai dengan kelasnya (gambar 2.8). Misalkan terdapat data set yang datanya memiliki dua atribut dan dua kelas yaitu kelas positif dan negatif. Data yang memiliki kelas positif adalah  $\{(2,2), (2,-2), (-2,2), (-2,-2)\}$ , dan data yang memiliki kelas negatif  $\{(1,1), (1,-1), (-1,1), (-1,-1)\}$ . Apabila data ini digambarkan dalam ruang dua dimensi (gambar 2.6) dapat dilihat data ini tidak dapat dipisahkan secara linier. Oleh karena itu, digunakan fungsi transformasi berikut:

$$\phi(x_1, x_2) = \begin{cases} \sqrt{x_1^2 + x_2^2} > 2 \rightarrow (4 - x_2 + |x_1 - x_2|, 4 - x_1 + |x_1 - x_2|) \\ \sqrt{x_1^2 + x_2^2} \leq 2 \rightarrow (x_1, x_2) \end{cases}$$

Data sesudah transformasi adalah  $\{(2,2), (6,2), (6,6), (2,6)\}$  untuk kelas negatif, dan  $\{(1,1), (1, -1), (-1,1), (-1,-1)\}$  untuk kelas positif. Selanjutnya pencarian bidang pemisah terbaik dilakukan pada data ini.



Gambar 2.9 Contoh Transformasi Data yang Tidak Bisa Dipisahkan Secara Linier  
(Sumber: Krisantus Sembiring, 2007)

Dengan menggunakan fungsi transformasi  $x_k \rightarrow \phi(x_k)$ , maka fungsi hasil pembelajaran yang dihasilkan adalah:

$$f(x_d) = \sum_{i=1}^{ns} \alpha_i y_i \phi(x_i) \phi(x_d) + b$$

*Feature space* dalam prakteknya biasanya memiliki dimensi yang lebih tinggi dari vektor input (*input space*). Hal ini mengakibatkan komputasi pada *feature space* mungkin sangat besar, karena ada kemungkinan *feature space* dapat memiliki jumlah *feature* yang tidak terhingga. Selain itu, sulit mengetahui fungsi transformasi yang tepat. Untuk mengatasi masalah ini, pada SVM digunakan "kernel trick". Jika terdapat sebuah fungsi kernel  $K$  sehingga

$K(x_i, x_d) = \phi(x_i) \cdot \phi(x_d)$ , maka fungsi transformasi tidak perlu diketahui secara persis. Dengan demikian fungsi yang dihasilkan dari pelatihan adalah:

$$f(x_d) = \sum_{i=1}^{ns} \alpha_i y_i K(x_i, x_d) + b$$

Fungsi kernel yang umum digunakan adalah sebagai berikut:

a. *Polynomial*

$$K(x_i, x) = (x_i \cdot x + 1)^p$$

b. *Sigmoid*

$$K(x_i, x) = \tanh(\alpha x_i \cdot x + \beta)$$

c. *Gaussian*

$$K(x_i, x) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x\|^2}{2\sigma^2}\right)$$

Fungsi kernel yang direkomendasikan untuk diuji pertama kali adalah fungsi kernel Gaussian karena memiliki performansi yang sama dengan kernel linier pada parameter tertentu, memiliki perilaku yang seperti fungsi kernel sigmoid dengan parameter tertentu dan rentang nilainya kecil [0,1] (Sembiring, 2007).

### 2.6.3 Multi Class SVM

SVM saat pertama kali diperkenalkan oleh Vapnik, hanya dapat mengklasifikasikan data ke dalam dua kelas (klasifikasi biner). Namun, penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan SVM sehingga bisa mengklasifikasi data yang memiliki lebih dari dua kelas, terus dilakukan. Ada dua pilihan untuk mengimplementasikan *multi class* SVM yaitu dengan menggabungkan beberapa SVM biner atau menggabungkan semua data yang

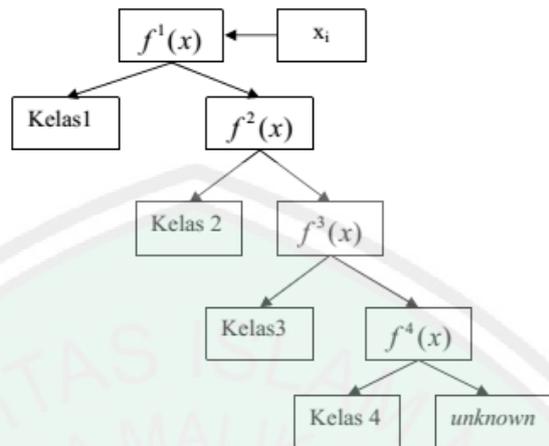
terdiri dari beberapa kelas ke dalam sebuah bentuk permasalahan optimasi. Namun, pada pendekatan yang kedua permasalahan optimasi yang harus diselesaikan jauh lebih rumit. Berikut ini adalah metode yang umum digunakan untuk mengimplementasikan *multi class* SVM dengan pendekatan yang pertama:

1. Metode *One-Againts-All*

Dengan menggunakan metode ini, dibangun k buah model SVM biner (k adalah jumlah kelas). Contohnya, terdapat permasalahan klasifikasi dengan 4 buah kelas. Untuk pelatihan digunakan 4 buah SVM biner seperti pada tabel 2.1 dan penggunaannya dalam mengklasifikasi data baru dapat dilihat pada gambar 2.10.

Tabel 2.1 Contoh 4 SVM Biner dengan Metode One-Againts-All

$y_i = 1$	$y_i = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Bukan kelas 1	$f^1(x) = (w^1)x + b^1$
Kelas 2	Bukan kelas 2	$f^2(x) = (w^2)x + b^2$
Kelas 3	Bukan kelas 3	$f^3(x) = (w^3)x + b^3$
Kelas 4	Bukan kelas 4	$f^4(x) = (w^4)x + b^4$



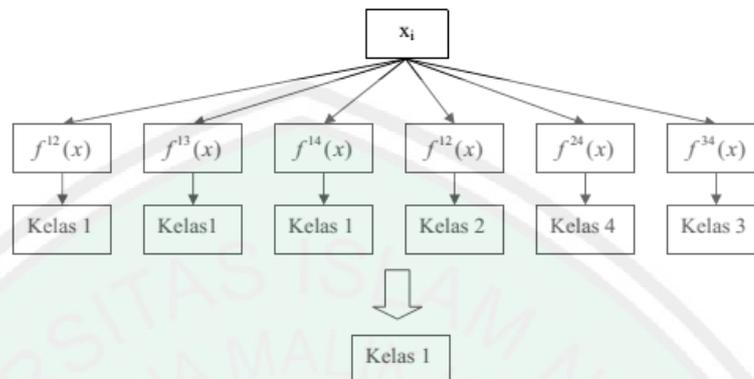
Gambar 2.10 Contoh Klasifikasi dengan Metode One-Against-All  
(Sumber: Krisantus Sembiring, 2007)

## 2. Metode *One-Against-One*

Dengan menggunakan metode ini, dibangun  $\frac{k(k-1)}{2}$  buah model klasifikasi biner ( $k$  adalah jumlah kelas). Setiap model klasifikasi dilatih pada data dari dua kelas. Terdapat beberapa metode untuk melakukan pengujian setelah keseluruhan  $\frac{k(k-1)}{2}$  model klasifikasi selesai dibangun. Salah satunya adalah metode voting (Krisantus Sembiring, 2007).

Table 2.2 Contoh 6 SVM biner dengan metode One-Against-One

$y_i = 1$	$y_i = -1$	Hipotesis
Kelas 1	Kelas 2	$f^{12}(x) = (w^{12})x + b^{12}$
Kelas 1	Kelas 3	$f^{13}(x) = (w^{13})x + b^{13}$
Kelas 1	Kelas 4	$f^{14}(x) = (w^{14})x + b^{14}$
Kelas 2	Kelas 3	$f^{23}(x) = (w^{23})x + b^{23}$
Kelas 2	Kelas 4	$f^{24}(x) = (w^{24})x + b^{24}$
Kelas 3	Kelas 4	$f^{34}(x) = (w^{34})x + b^{34}$



Gambar 2.11 Contoh Klasifikasi dengan Metode One-Against-One  
(Sumber: Krisantus Sembiring, 2007)

## 2.7 Penelitian Terkait

Adapun penelitian-penelitian yang terkait dengan penelitian ini adalah:

1. Euisun Choi dkk, (2006). Dalam penelitiannya menggunakan transformasi *wavelet* untuk ekstraksi fitur dalam klasifikasi uang kertas. Citra uang kertas di *preprocessing* dengan melakukan deteksi tepi. Hasil eksperimen dengan 10.800 set uang kertas Korea menunjukkan bahwa metode ekstraksi fitur yang diusulkan mencapai tingkat klasifikasi yang benar sampai 99% bahkan dengan menggunakan *Euclidean minimum distance* sebagai *classifier*.
2. Sigeru Omatu dan Toshihisa Kosaka, (2003). Dalam penelitiannya menggunakan metode LVQ untuk mengklasifikasi uang kertas lira Italia. Hasil percobaan menunjukkan efektivitas dari algoritma yang diusulkan dibandingkan dengan metode pencocokan pola konvensional.
3. Dawud Gede Wicaksono D, (2008). Dalam penelitian ini sistem identifikasi citra uang kertas menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* mampu mengklasifikasi 5 pecahan uang rupiah Rp5.000,00, Rp10.000,00,

Rp20.000,00, Rp50.000,00 dan Rp100.000,00 dengan tingkat akurasi mencapai 92% bervariasi terhadap jumlah data training.

## 2.8 Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Menurut Pandangan Islam

Salah satu macam penipuan menurut Al-Qur'an adalah mengurangi takaran dan timbangan. Dalam hal ini pembuatan atau penggunaan uang palsu untuk mu'amalah merupakan bagian dari penipuan yakni mengurangi takaran. Al-Qur'an menganggap penting persoalan ini sebagai salah satu bagian dari mu'amalah, seperti disebutkan dalam Al-Qur'an surat Al-An'am ayat 152:

وَلَا تَقْرَبُوا مَالَ الْيَتِيمِ إِلَّا بِالَّتِي هِيَ أَحْسَنُ حَتَّىٰ يَبْلُغَ أَشُدَّهُ<sup>ط</sup> وَأَوْفُوا الْكَيْلَ وَالْمِيزَانَ  
بِالْقِسْطِ لَا تُكَلِّفُوا نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا<sup>ط</sup> وَإِذَا قُلْتُمْ فَاعْدِلُوا وَلَوْ كَانَ ذَا قُرْبَىٰ<sup>ط</sup> وَبِعَهْدِ اللَّهِ أَوْفُوا<sup>ج</sup>  
ذَٰلِكُمْ وَصَّوْنَاكُمْ بِهِ لَعَلَّكُمْ تَذَكَّرُونَ ﴿١٥٢﴾

*“Dan janganlah kamu dekati harta anak yatim, kecuali dengan cara yang lebih bermanfaat, hingga sampai ia dewasa. Dan sempurnakanlah takaran dan timbangan dengan adil. Kami tidak memikulkan beban kepada seseorang melainkan sekedar kesanggupannya. Dan apabila kamu berkata, maka hendaklah kamu berlaku adil, kendatipun ia adalah kerabat (mu). Dan penuhilah janji Allah, yang demikian itu diperintahkan Allah kepadamu agar kamu ingat” (Q.S. Al-An'am: 152).*

Oleh karena itu kita sebagai umat muslim harus berusaha dengan sekuat tenaga untuk berlaku adil (jujur) kepada siapapun dengan tidak membuat ataupun menggunakan uang palsu untuk melakukan mu'amalah sebab dapat merugikan orang lain.

Al-Quran juga telah mengisahkan kepada kita tentang cerita kaum Nabi Syu'aib yang curang dalam bidang mu'amalah dan menyimpang dari kejujurannya dalam hal takaran dan timbangan. Kepunyaan orang lain selalu dikurangnya. Kemudian oleh Allah dikirimnya seorang Rasul untuk mengembalikan mereka itu kepada kejujuran dan kebaikan.

وَيَقَوْمٍ أَوَفُوا الْمِكْيَالَ وَالْمِيزَانَ بِالْقِسْطِ ۖ وَلَا تَبْخُسُوا النَّاسَ أَمْشِيَاءَهُمْ وَلَا تَعَثُّوا فِي الْأَرْضِ مُفْسِدِينَ ﴿٨٥﴾

*“Dan Syu'aib berkata: "Hai kaumku, cukupkanlah takaran dan timbangan dengan adil. Dan janganlah kamu merugikan manusia terhadap hak-hak mereka dan janganlah kamu membuat kejahatan di muka bumi dengan membuat kerusakan” (Q.S. Al-Huud: 85).*

Semua ini merupakan dorongan dan suatu contoh yang harus dilaksanakan oleh setiap muslim untuk selalu berlaku adil (jujur) dalam kehidupannya, pergaulannya dan mu'amalahnya serta hal ini tentunya sejalan dengan usaha para ilmuwan yang sampai saat ini terus berusaha untuk mencari metode baru atau menyempurnakan pengidentifikasian uang kertas yang sudah ada sehingga pengidentifikasian uang kertas dapat lebih efektif dimana akan menguntungkan masyarakat karena transaksi yang berjalan secara otomatis, akurat, serta dengan validitas yang terjamin.

## **BAB III**

### **ANALISIS DAN PERANCANGAN SISTEM**

Pada bab ini akan diuraikan mengenai metode penelitian untuk mengidentifikasi nilai nominal beserta keaslian pada citra digital uang kertas rupiah. Dalam metode penelitian ini akan membahas mengenai lingkungan perancangan perangkat keras, lingkungan perancangan perangkat lunak, deskripsi sistem, desain sistem, desain data sistem, desain proses sistem, dan perancangan antarmuka. Penjabaran dan penjelasannya akan diuraikan sebagai berikut.

#### **3.1 Lingkungan Perancangan Perangkat Keras**

Untuk merancang dan membuat program yang dapat mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan metode *Support Vector Machine*, spesifikasi perangkat komputer yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Processor Intel® Core™ 2 Duo CPU T6600 2.20GHz
2. VGA NVIDIA GeForce 9300M GS
3. RAM 4 GB
4. Harddisk 320 GB
5. Perangkat output monitor LED 14"
6. Keyboard dan mouse

#### **3.2 Lingkungan Perancangan Perangkat Lunak**

Untuk merancang dan membuat aplikasi identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine*, ada beberapa perangkat lunak yang digunakan yaitu:

1. Sistem Operasi Windows 8 Enterprise x64

Sistem operasi Windows 8 Enterprise x64 digunakan sebagai susunan arahan yang dapat difahami oleh komputer. Dibuat untuk mengarahkan komputer melaksanakan, mengawal, menjadwalkan, dan menyelaraskan sesuatu operasi komputer.

2. Matlab R2013a

Matlab R2013a merupakan sebuah lingkungan komputasi *numerical* dan bahasa pemrograman komputer yang memungkinkan manipulasi matriks, implementasi algoritma, pembuatan antarmuka pengguna dan pengantarmukaan program dengan bahasa lainnya. Matlab digunakan sebagai *tool* dalam melakukan pemrograman dan pembangunan aplikasi ini.

3. Microsoft Office Professional Plus 2013

Microsoft Office Professional Plus 2013 adalah sebuah paket aplikasi yang digunakan untuk pembuatan dan penyimpanan dokumen yang berjalan di bawah sistem operasi windows. Microsoft Office Professional Plus 2013 x64 digunakan dalam pembuatan laporan dari penelitian ini.

4. Microsoft Visio Professional 2013

Microsoft Visio Professional 2013 merupakan sebuah paket aplikasi yang berjalan dibawah sistem operasi windows yang digunakan untuk membantu dalam merancang sebuah blok diagram atau alur sistem dari aplikasi yang akan dibuat dalam penelitian ini.

### 3.3 Deskripsi Sistem

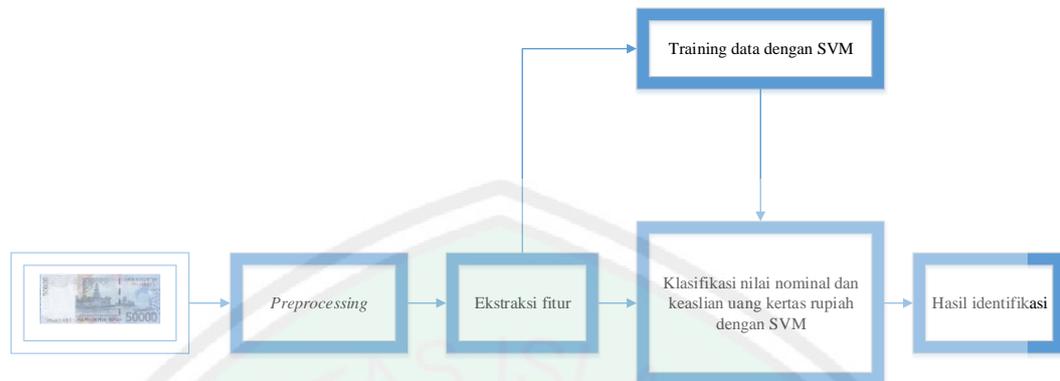
Pada subbab ini akan dibahas mengenai deskripsi sistem yang dikerjakan pada skripsi ini. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat suatu aplikasi yang mampu mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

Proses pertama yang dilakukan adalah memasukkan input data berupa citra uang kertas rupiah. Proses selanjutnya yang harus dilakukan sebelum sistem melakukan proses identifikasi, terlebih dahulu sistem melakukan proses *preprocessing* agar mendapatkan hasil identifikasi yang maksimal.

*Preprocessing* yang dilakukan terdiri dari dua tahap. Tahap yang pertama yaitu untuk citra uang kertas rupiah hasil *scanning* antara lain meliputi pemotongan citra, konversi citra RGB ke *grayscale* dan penyeragaman intensitas, menghilangkan *background* dan pengisian lubang pada pola nominal uang. Sedangkan tahap yang kedua yaitu untuk citra uang kertas rupiah hasil penyinaran *ultraviolet* akan dilakukan pemotongan citra pada bagian yang terdapat *invisible ink*.

Proses selanjutnya adalah ekstraksi fitur. Citra uang kertas rupiah hasil pemindaian akan diekstrak fiturnya berupa nilai *entropy*, nilai *contrast*, nilai *correlation*, nilai *energy* dan nilai *homogeneity* sedangkan citra uang kertas hasil penyinaran *ultraviolet* akan diekstrak fiturnya berupa nilai rata-rata piksel RGB.

Setelah proses ekstraksi fitur selesai, proses selanjutnya ialah identifikasi dengan menggunakan metode *Support Vector Machine*, sehingga nantinya akan diperoleh hasil identifikasi nilai nominal dan keaslian citra uang kertas rupiah.



Gambar 3.1 Blok Diagram Proses Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah

Gambar 3.1 merupakan alur proses identifikasi secara garis besar dalam penelitian ini. Berikut keterangan dari blok diagram diatas:

- i. Mengambil citra uang kertas rupiah hasil pemindaian dan penyinaran *ultraviolet* dari *drive* komputer untuk di *load* dalam aplikasi.
- ii. *Preprocessing* merupakan proses yang dilakukan sebelum dilakukan identifikasi agar mendapatkan hasil yang maksimal.
- iii. Citra uang kertas rupiah yang sudah diproses dalam *preprocessing* selanjutnya akan dilakukan proses ekstraksi fitur yang akan menghasilkan nilai *entropy*, *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity* untuk citra hasil pemindaian dan nilai rata-rata piksel RGB untuk citra hasil penyinaran *ultraviolet*.
- iv. Klasifikasi menggunakan SVM merupakan proses untuk mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah dengan parameter yang didapatkan dari hasil pelatihan.
- v. Hasil identifikasi berupa dua jenis klasifikasi berdasarkan nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

### 3.4 Desain Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan desain aplikasi untuk implementasi metode *Support Vector Machine* dalam proses identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah. Desain aplikasi ini meliputi desain data, desain proses dalam sistem yang digambarkan dengan blok diagram dan perancangan antar muka. Berikut penjelasan dari desain sistem:

#### 3.4.1 Desain Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari sekumpulan citra uang kertas rupiah sejumlah 85 citra hasil *scanning* yang akan diidentifikasi nilai nominalnya yang terdiri atas 60 citra untuk data pelatihan dan 25 citra untuk data pengujian. Sedangkan untuk citra hasil penyinaran *ultraviolet* yang akan diidentifikasi keasliannya sebanyak 80 citra yang terdiri atas 50 citra untuk data pelatihan dan 30 citra untuk data pengujian. Citra untuk pelatihan maupun pengujian diperoleh dalam 2 tahap sebagai berikut:

Tahap 1.

Pengambilan data dengan menggunakan pemindai dengan resolusi 300 dpi. Hasil pemindaian berupa gambar digital RGB berformat *.jpeg* dengan ukuran citra bervariasi antara 1636 x 736 *pixel* hingga 1780 x 756 *pixel*. Hasil pemindaian uang kertas rupiah dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Hasil *Scanning* Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp5.000,00 dan Rp10.000,00

## Tahap 2.

Pengambilan data yang kedua adalah dengan menggunakan kamera digital yang menangkap hasil penyinaran *ultraviolet* pada uang kertas dengan jarak terhadap obyek uang kertas 20 cm dan tanpa blitz. Konfigurasi dari alat yang digunakan untuk penyinaran *ultraviolet* citra uang kertas rupiah dalam pengambilan data dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Alat Penyinaran *Ultraviolet* Citra Uang Kertas Rupiah

Pengambilan citra hasil penyinaran *ultraviolet* dilakukan dalam kondisi gelap dengan hanya menggunakan pencahayaan lampu *ultraviolet*, sehingga kondisi pengambilan data pada simulasi mendekati kondisi sebenarnya pada mesin ATVM.

Hasil pengambilan data dengan penyinaran *ultraviolet* pada set data uang pecahan Rp5.000,00 dan Rp10.000,00 dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Hasil Pengambilan Citra Uang Kertas Rupiah Hasil Penyinaran *Ultraviolet* Pecahan Rp5.000,00 dan Rp10.000,00

### 3.4.2 Desain Proses Sistem

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai desain proses dari sistem untuk mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.



Gambar 3.5 Blok Diagram Proses Identifikasi Secara Umum

Berikut adalah keterangan dari blok diagram proses identifikasi:

#### 1. Input Citra

Input citra merupakan proses yang pertama kali dilakukan untuk memasukkan data citra digital uang kertas rupiah hasil pemindaian dan penyinaran *ultraviolet* sebelum dilakukan proses selanjutnya. Berikut *sourcecode* dan hasil dari proses input citra dapat dilihat pada gambar 3.6.

```

% Proses Input Citra Hasil Scanning
function buttonbrowse_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject      handle to buttonbrowse (see GCBO)
% eventdata    reserved - to be defined in a future version of
% MATLAB
% handles      structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FileName, FilePath] = uigetfile(...
    {'*.bmp;*.jpg;*.tif', 'Files of type (*.bmp,*.jpg,*.tif)';
    '*.bmp', 'File Bitmap (*.bmp)';
    '*.jpg', 'File Jpeg (*.jpg)'};
  
```

```

    '*.tif', 'File Tif (*.tif)';
    '*.*', 'All Files (*.*)'}, 'Open Image');

if ~isequal(FileName,0)
    handles.path = imread(fullfile(FilePath, FileName));
    guidata(hObject,handles);
    axes(handles.axescitra);
    imshow(handles.path);
    set(handles.textpath, 'String', fullfile(FilePath,
FileName));
else
    errorDlg('File belum dipilih. Silahkan ambil file yang akan
diproses.','Information');
    return;
end

```

```

% Proses Input Citra Hasil Penyinaran Ultraviolet
function buttonbrowseuv_Callback(hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to buttonbrowseuv (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of
% MATLAB
% handles    structure with handles and user data (see GUIDATA)
[FileNameUV, FilePathUV] = uigetfile(...
    {'*.bmp;*.jpg;*.tif', 'Files of type (*.bmp,*.jpg,*.tif)';
    '*.bmp', 'File Bitmap (*.bmp)';
    '*.jpg', 'File Jpeg (*.jpg)';
    '*.tif', 'File Tif (*.tif)';
    '*.*', 'All Files (*.*)'}, 'Open Image');

if ~isequal(FileNameUV,0)
    handles.pathuv = imread(fullfile(FilePathUV, FileNameUV));
    guidata(hObject,handles);
    axes(handles.axescitrauv);
    imshow(handles.pathuv);
    set(handles.textpathuv, 'String', fullfile(FilePathUV,
FileNameUV));
else
    errorDlg('File belum dipilih. Silahkan ambil file yang akan
diproses.','Information');
    return;
end

```



Gambar 3.6 Citra Uang Kertas Rupiah Hasil *Scanning* dan Penyinaran *Ultraviolet* Pecahan Rp10.000,00

## 2. Preprocessing

Untuk mendapatkan hasil yang maksimal saat proses identifikasi dilakukan proses *preprocessing* terlebih dahulu. *Preprocessing* yang dilakukan terdiri dari dua tahap. Tahap yang pertama yaitu untuk citra uang kertas rupiah hasil *scanning*. Sedangkan tahap yang kedua yaitu untuk citra uang kertas rupiah hasil penyinaran *ultraviolet*. Adapun tahapan-tahapan yang ada pada proses *preprocessing* adalah sebagai berikut:

### Tahap 1

#### a. Pemotongan Citra

Ukuran citra uang kertas yang berbeda-beda perlu diseragamkan agar besar data set seragam. Hal ini juga tidak hanya berfungsi untuk menghilangkan bagian latar belakang tapi juga untuk memilih area dengan ciri khusus untuk tiap uang hasil *scanning*. Pemotongan akan dilakukan pada bagian pola nominal uang kertas rupiah hasil *scanning*. Berikut *sourcecode* dan hasil proses pemotongan dapat dilihat pada gambar 3.7.

```
% Proses Cropping Pada Bagian Pola Nominal Uang Kertas Rupiah
input = handles.path;
potong = imcrop(input,[35 30 160 325]);

% Proses Rotating Hasil Proses Cropping
putar = imrotate(potong, -90);
```



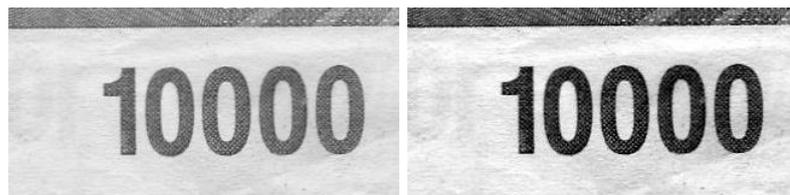
Gambar 3.7 Area Pemotongan dan Hasil Pemotongan Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00

b. Konversi Citra RGB Ke Citra *Grayscale* dan Penyeragaman Intensitas

Dalam tahap ini dilakukan proses konversi dari citra RGB menjadi *grayscale*. Hal ini dilakukan karena citra uang kertas rupiah memiliki warna latar belakang yang bervariasi, yaitu kuning, hijau, biru dan merah, sehingga perlu diseragamkan.

Selanjutnya dilakukan penyeragaman tingkat kontras dari citra dengan menggunakan fungsi `imadjust` dengan cara melakukan pemetaan linear terhadap nilai intensitas pada histogram awal menjadi nilai intensitas pada histogram yang baru agar mendapatkan intensitas yang lebih gelap dengan mengatur tingkat kecerahan citra. Hal ini dilakukan agar mendapatkan nilai intensitas yang lebih tinggi dikarenakan warna latar belakang masing-masing uang kertas yang berbeda-beda dan adanya perbedaan gradasi warna disebabkan umur kertas uang yang berbeda-beda. Kertas uang lama akan memiliki tingkat intensitas yang lebih rendah dibandingkan dengan uang baru. Berikut *sourcecode* dan hasil dari proses konversi ke *grayscale* dan penyeragaman intensitas dapat dilihat pada gambar 3.8.

```
% Konversi RGB ke Grayscale dan Penyeragaman Intensitas
grayscale = rgb2gray(putar);
grayscale2 = imadjust(grayscale);
axes(handles.axesproses);
imshow(grayscale2);
```



Gambar 3.8 Hasil Konversi Citra RGB ke *Grayscale* dan Hasil Penyeragaman Intensitas Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00

### c. Penghilangan *Background*

Dalam tahap ini *background* dari citra hasil proses sebelumnya akan dihilangkan. Dalam tahap ini akan dilakukan segmentasi pada citra uang kertas rupiah hasil proses sebelumnya dengan menggunakan fungsi `activecontour` untuk menghilangkan *background* dan mendeteksi pola nominal uang kertas rupiah. Berikut *sourcecode* dan hasil dari proses penghilangan *background* dapat dilihat pada gambar 3.9.

```
% Proses Penghilangan Background
mask = zeros(size(grayscale2));
mask(70:end-70,45:end-45) = 1;
bw = activecontour(grayscale2,mask,300);
```



Gambar 3.9 Hasil Penghilangan *Background* Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00

Setelah proses tersebut selesai, selanjutnya dilakukan proses erosi untuk menghilangkan sisa dari penghilangan *background*, karena pada citra uang kertas pecahan yang lain masih terdapat sisa setelah dilakukan proses segmentasi. Secara umum, erosi citra A oleh B dinyatakan dengan  $A \ominus B$ , didefinisikan sebagai:

$$A \ominus B = \{c | (B)_c \subseteq A\}$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa citra C sebagai hasil operasi erosi mengandung piksel-piksel dimana elemen penstruktur yang ditranslasikan bersesuaian dengan piksel-piksel pada citra A. B adalah *strel*. *Strel* (*structuring*

*element*) adalah refleksi dan translasi yang digunakan untuk menformulasikan operasi yang digunakan secara luas dalam morfologi. *Strel* yang digunakan dalam proses erosi pada tahap ini yaitu *strel* bertipe ‘*diamond*’. Berikut *sourcecode* dan hasil dari proses penghilangan sisa *background* dapat dilihat pada gambar 3.10.

```
% Proses Penghilangan Sisa Background
sel = strel('diamond',1);
bwerosi = imerode(bw,sel);
bwakhir = bwareaopen(bwerosi,500);
```



Gambar 3.10 Hasil Penghilangan Sisa *Background* Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp10.000,00

#### d. Pengisian Lubang pada Pola Nominal Uang

Pengisian lubang pada pola nominal uang menggunakan operasi morfologi yaitu operasi *closing*. Operasi *closing* merupakan gabungan dari operasi erosi dan dilasi, dimana operasi dilasi akan dilakukan terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan operasi erosi. Operasi *closing* citra *A* oleh *strel* *B*, dinyatakan dengan:

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$$

Dengan kata lain bahwa *closing* *A* oleh *B* merupakan dilasi *A* oleh *B*, kemudian dilanjutkan dengan erosi hasilnya oleh *B*. Berikut *sourcecode* dan hasil pengisian lubang pada pola nominal uang kertas rupiah dapat dilihat pada gambar 3.11.

```

% Pengisian Lubang
se2 = strel('diamond',2);
bwisi = imclose(bwakhir,se2);
axes(handles.axeshasil);
imshow(bwisi);

```



Gambar 3.11 Hasil Pengisian Lubang pada Pola Nominal Uang Pecahan Rp10.000,00

### Tahap 2

Untuk citra hasil penyinaran *ultraviolet* akan dilakukan pemotongan pada area yang terdapat *invisible ink* yang berfungsi untuk menghilangkan bagian latar belakang serta untuk memilih area yang terdapat *invisible ink* untuk setiap citra uang hasil penyinaran *ultraviolet*. Berikut *sourcecode* dan hasil proses pemotongan area *invisible ink* dapat dilihat pada gambar 3.12.

```

% Proses Cropping Area Invisible Ink
inputuv = handles.pathuv;
potonguv = imcrop(inputuv, [60 35 830 617]);
axes(handles.axesprosesuv);
imshow(potonguv);

```



Gambar 3.12 Area Pemotongan dan Hasil Pemotongan Citra Uang Kertas Rupiah Hasil Penyinaran *Ultraviolet* Pecahan Rp10.000,00

### 3. Ekstraksi Fitur

Proses ekstraksi fitur dilakukan berdasarkan *texture analysis* berupa nilai *entropy*, *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity* untuk citra hasil

pemindaian dan berdasarkan nilai rata-rata piksel R, G dan B untuk citra hasil penyinaran *ultraviolet* yang nantinya akan digunakan sebagai parameter dalam proses identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah. Adapun penjelasan dan blok diagram dari masing-masing proses adalah sebagai berikut:

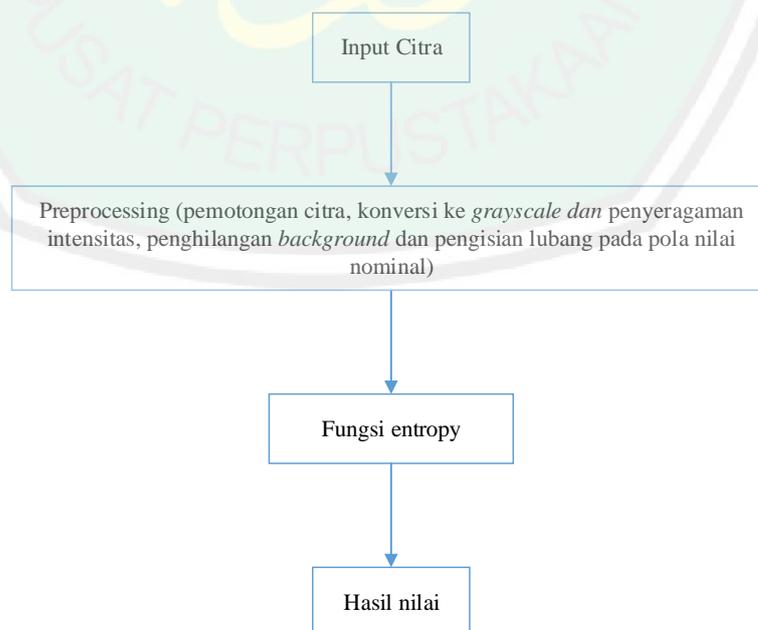
Tahap 1

a. Analisis Tekstur Berdasarkan Nilai *Entropy*

Nilai *entropy* merupakan ukuran statistik keacakan dari distribusi intensitas yang dapat digunakan untuk menggambarkan *texture* citra dan didefinisikan sebagai berikut:

$$-\sum_n p(f_n) \cdot \log p(f_n)$$

dimana  $p(f_n)$  menunjukkan nilai histogramnya (probabilitas kemunculan intensitas tersebut pada citra). Adapun blok diagram analisis tekstur berdasarkan nilai *entropy* adalah sebagai berikut.



Gambar 3.13 Blok Diagram Analisis Tekstur Berdasarkan Nilai *Entropy*

Berikut adalah *sourcecode* ekstraksi fitur dengan analisis tekstur berdasarkan nilai *entropy*.

```
function [entropyvalue, contrastvalue, correlationvalue,
energyvalue, homogeneityvalue] = functiontextureanalysis(input)
%FUNCTIONTEXTUREANALYSIS
% Fungsi untuk mengekstrak fitur dari image berupa entropy,
% contrast, correlation, energy dan homogeneity yang akan
% menjadi input untuk training dan testing SVM.

entropyvalue = entropy(input);
```

#### b. Analisis Tekstur dengan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM)

Ekstraksi ciri dalam tahap ini dilakukan dengan matriks kookurensi, yaitu suatu matriks antara yang merepresentasikan hubungan ketetanggaan antar piksel dalam citra pada berbagai arah orientasi dan jarak spasial. Matriks kookurensi menangkap distribusi spasial intensitas dan memperoleh fitur seperti *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*.

Pengukuran nilai-nilai tekstur tersebut didefinisikan antara lain sebagai berikut (Ahmad, 2005):

##### 1. *Contrast*

Digunakan untuk mengukur perbedaan intensitas kontras antara sebuah piksel dan tetangganya dalam citra dan didefinisikan sebagai berikut:

$$\sum_{i,j} (i - j)^2 p_{i,j}$$

##### 2. *Correlation*

Korelasi menunjukkan ketergantungan linier derajat keabuan dari piksel-piksel yang saling bertetangga. Persamaan korelasi didefinisikan sebagai berikut:

$$\sum_{i,j} p_{i,j} \frac{(i - m_i)(j - m_j)}{\sigma_i \sigma_j}$$

### 3. *Energy*

Energi merupakan fitur yang digunakan untuk mengukur konsentrasi pasangan intensitas pada matriks GLCM dan didefinisikan sebagai berikut:

$$\sum_{i,j} p_{i,j}^2$$

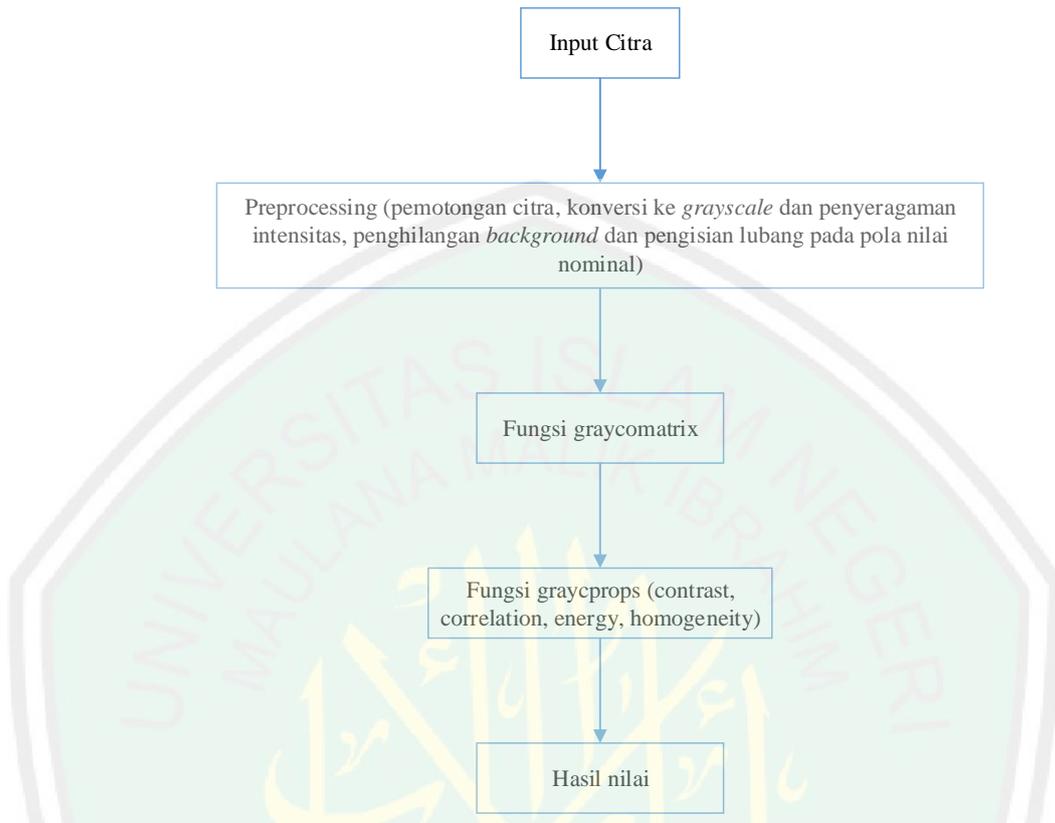
### 4. *Homogeneity*

Menunjukkan kehomogenan variasi intensitas dalam citra. Persamaan homogenitas adalah sebagai berikut:

$$\sum_{i,j} \frac{p_{i,j}}{1 + |i - j|}$$

dimana  $p$  melambangkan probabilitas yang bernilai mulai dari nol hingga satu, yaitu nilai elemen dalam matriks co-occurrence, sedangkan  $i$  dan  $j$  melambangkan pasangan intensitas yang berdekatan, yang dalam matriks co-occurrence masing-masing menjadi nomor baris dan nomor kolom.

Berikut adalah blok diagram dan *sourcecode* proses analisis tekstur dengan GLCM.



Gambar 3.14 Blok Diagram Analisis Tekstur dengan GLCM

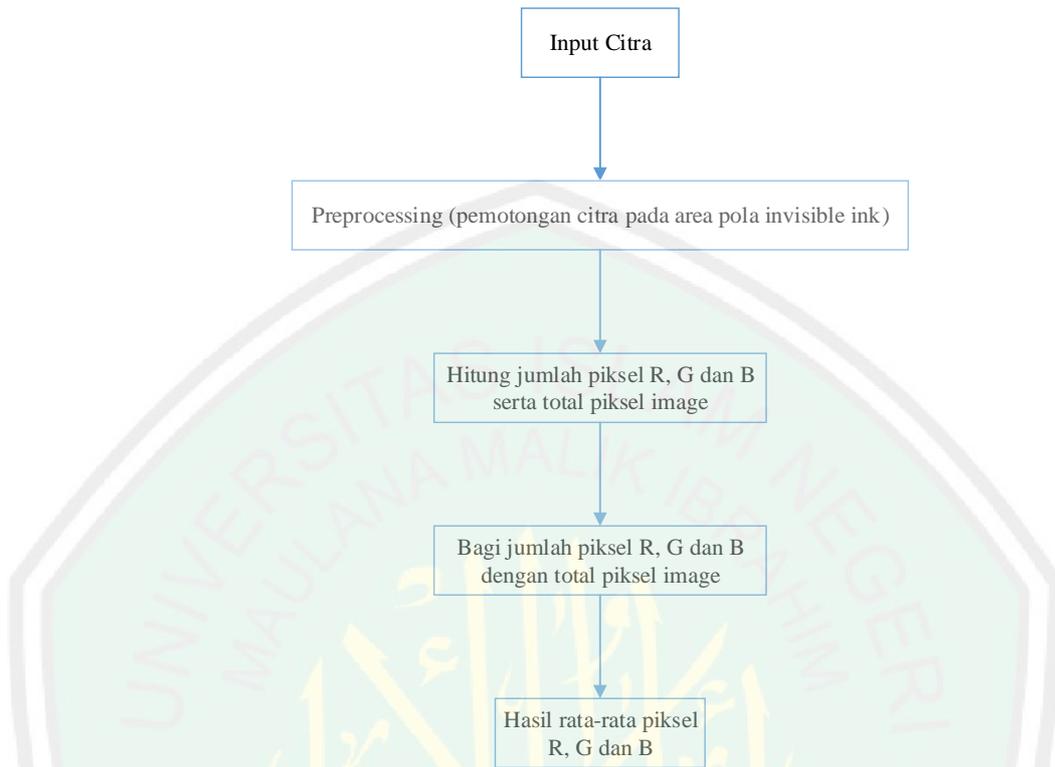
```

glcm = graycomatrix(input);
stats = graycoprops(glcm, {'all'});

contrastvalue = stats.Contrast;
correlationvalue = stats.Correlation;
energyvalue = stats.Energy;
homogeneityvalue = stats.Homogeneity;
  
```

## Tahap 2

Ekstraksi fitur untuk identifikasi keaslian uang kertas dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata piksel R, G dan B dari citra hasil penyinaran *ultraviolet*. Berikut adalah blok diagram dan *sourcecode* proses ekstraksi fitur rata-rata nilai piksel RGB.



Gambar 3.15 Blok Diagram Ekstraksi Fitur Rata-rata Nilai Piksel RGB

```

function [meanR, meanG, meanB] = functionmeanrgb(input)
%FUNCTIONMEANRGB
% Fungsi untuk mengekstrak fitur mean dari RGB citra yang
% akan menjadi input untuk training
% dan testing SVM.

R = input(:,:,1);
G = input(:,:,2);
B = input(:,:,3);

sumR = sum(sum(R));
sumG = sum(sum(G));
sumB = sum(sum(B));

s = size(input);
jumlahPiksel = s(1)*s(2);

meanR = sumR/jumlahPiksel;
meanG = sumG/jumlahPiksel;
meanB = sumB/jumlahPiksel;

end
  
```

#### 4. Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Menggunakan *Support Vector Machine* (SVM)

Untuk mensimulasikan aplikasi identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah digunakan perangkat lunak MATLAB R2013a dengan toolbox SVM-KM.

Identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan SVM dibagi menjadi dua tahap, pertama yaitu tahap pelatihan dan tahap yang kedua adalah pengujian. Pada tahap pelatihan, variabel *hyperplane* untuk setiap *classifier* yang didapat akan disimpan dan nantinya akan digunakan sebagai parameter dalam tahap pengujian. Dengan kata lain tahap pelatihan adalah untuk mencari *xsup* (data yang menjadi *support vector* dari setiap *classifier*), *w* (nilai bobot setiap *classifier*) dan *bias* (nilai jarak margin untuk setiap *classifier* dari sumbu koordinat) dari data pelatihan (dalam hal ini menggunakan *quadratic programming*).

Adapun langkah-langkah algoritma pelatihan SVM untuk klasifikasi adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *input* ( $x_i = \text{training}$ ) dan target (*trainingclass*) sebagai pasangan pelatihan
2. Menghitung *kernel* yang digunakan (Gaussian atau Polynomial)
3. Menghitung matrik Hessian  $H = K(x_i, x) * Y * Y^T$
4. Menetapkan *c* dan *epsilon*
5. Menetapkan vektor *e* sebagai vektor satuan yang memiliki dimensi yang sama dengan dimensi *Y*

6. Menghitung solusi *quadratic programming*  $\min L(\alpha) \frac{1}{2} \alpha^T H \alpha - e^T \alpha$ , dengan  $Y^T \alpha = 0$  dan  $0 \leq \alpha \leq c$

Matrik  $x_i$  merupakan matrik fitur *input* yang dihasilkan dari proses ekstraksi fitur dan targetnya adalah vektor *trainingclass*. *Trainingclass* disini berupa vektor dengan label berupa nilai 1, 2, 3, 4, 5 dan 6 yang menunjukkan banyaknya kelas. Matrik Hessian pada langkah ke-3 akan digunakan sebagai variabel *input* dalam *quadratic programming*. Dalam penelitian ini menggunakan fungsi *quadratic programming monqp* dengan  $c=1000000$  dan  $\epsilon=1 \times 10^{-7}$  dari toolbox SVM-KM. Berikut contoh klasifikasi data menggunakan SVM.

- Contoh sampel data point

$x_1 = 1, x_2 = 2, x_3 = 4, x_4 = 5, x_5 = 6$  dengan 1, 2, 6 sebagai kelas 1 dan 4, 5 sebagai kelas 2  $\rightarrow y_1 = 1, y_2 = 1, y_3 = -1, y_4 = -1, y_5 = 1$ .

- Menetapkan parameter yang akan digunakan (sebagai contoh menggunakan kernel poynomial)

$$K(x, y) = (xy + 1^2)$$

$$C = 1000000$$

- Temukan nilai  $\alpha_i$  ( $i=1, \dots, 5$ ) oleh

$$\max \sum_{i=1}^5 \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1, j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j (x_i x_j + 1)^2$$

$$s. t \ 1000000 \geq \alpha_i \geq 0, \sum_{i=1}^5 \alpha_i y_i = 0$$

- Dengan menggunakan QP solver dari toolbox SVM-KM, kita dapatkan

- $\alpha_1 = 0, \alpha_2 = 2.5, \alpha_3 = 0, \alpha_4 = 7.333, \alpha_5 = 4.833$
- data yang menjadi *support vector* adalah  $x_2 = 2, x_4 = 5, x_5 = 6$
- Fungsi diskriminan yang diperoleh adalah

$$f(z) = \sum_{x_i \in S} \alpha_i y_i K(z, x_i) + b$$

$$= 2.5(1)(2z + 1)^2 + 7.333(-1)(5z + 1)^2 + 4.833(1)(6z + 1)^2 + b$$

$$= 0.6667z^2 - 5.333z + b$$

- $b$  didapatkan dengan menyelesaikan  $f(2) = 1$  atau  $f(5) = -1$  atau  $f(6) = 1$  dengan hasil  $b = 9$

$$f(z) = 0.6667z^2 - 5.333z + 9$$

- untuk pengujian, data baru  $z$  akan diklasifikasikan sebagai kelas 1 jika  $f(z) \geq 0$  dan sebagai kelas 2 jika  $f(z) < 0$ .

Misalkan data point baru  $z = 3$ , maka  $f(3) = 0.6667(3)^2 - 5.333(3) + 9 = -0.9981$ . Karena hasil perhitungan  $f(3) < 0$ , maka data tersebut diklasifikasikan sebagai kelas 2.

Langkah-langkah pembuatan aplikasi identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine* adalah sebagai berikut:

#### 1. Memasukkan data pelatihan

Data.txt merupakan data pelatihan nilai nominal yang berjumlah 60 set data yang berisi nilai fitur *entropy*, *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*. Sedangkan datauv.txt merupakan data pelatihan keaslian yang berjumlah 50 set data yang berisi nilai fitur rata-rata nilai piksel R, G dan

B. Class.txt dan classuv.txt merupakan pasangan target dari data pelatihan yang menunjukkan kelas dari masing-masing data.

```
% load data
load data.txt

% load kelas/label dari tiap-tiap data
% class berbentuk vektor dengan ukuran Nx1
load class.txt
training = data(1:end, :);
trainingclass = class(1:end, :);
```

```
%load data
load 'datauv.txt'

% load kelas/label dari tiap-tiap data
% class berbentuk vektor dengan ukuran Nx1
load 'classuv.txt'

% training data dengan data sebanyak 8
traininguv = datauv(1:end, :);
trainingclassuv = classuv(1:end, :);
```

## 2. Memasukkan nilai parameter $c$ dan $\epsilon$

```
% Parameter
c = 1000000;
epsilon = 1e-7;
```

## 3. Menentukan jenis fungsi kernel

```
% Kernel untuk identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah
kerneloption = 1;
kernel = 'gaussian';
verbose = 1;
nbclass = 6;
```

```
% Kernel untuk identifikasi keaslian uang kertas rupiah
kerneloption = 1;
kernel = 'poly';
verbose = 1;
```

## 4. Melakukan proses pelatihan

```
% Training SVM untuk nilai nominal uang kertas rupiah
[xsup, w, b, nbsv] = svmmulticlassoneagainstall(training,
trainingclass, nbclass, c, lambda, kernel, kerneloption,
verbose);
save(strcat('nominaltrainingmat\ ', 'nominaltrainingsvm'),
'xsup', 'w', 'b', 'nbsv');
```

```
% Training SVM untuk keaslian uang kertas rupiah
[xsup, w, b, pos] = svmclass(traininguv, trainingclassuv, c,
lambda, kernel, kerneloption, verbose);
save(strcat('keasliantrainingmat\', 'keasliantrainingsvm'),
'xsup', 'w', 'b', 'pos');
```

##### 5. Melakukan proses identifikasi

```
% Identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah
[ypred, maxi] = svmmultival(testing, xsup, w, b, nbsv, kernel,
kerneloption);

if ypred == 1;
    class = 'Unidentified Monetary Object';
elseif ypred == 2;
    class = 'Rp5.000,00';
elseif ypred == 3;
    class = 'Rp10.000,00';
elseif ypred == 4;
    class = 'Rp20.000,00';
elseif ypred == 5;
    class = 'Rp50.000,00';
elseif ypred == 6;
    class = 'Rp100.000,00';
end
```

```
% Identifikasi keaslian uang kertas rupiah
ypred = svmval(testinguv, xsup, w, b, kernel, kerneloption);

if ypred > 0;
    classuv = 'Asli';
elseif ypred < 0;
    classuv = 'Palsu';
end
```

##### 6. Menentukan waktu komputasi

```
tic
% proses pelatihan
toc
```

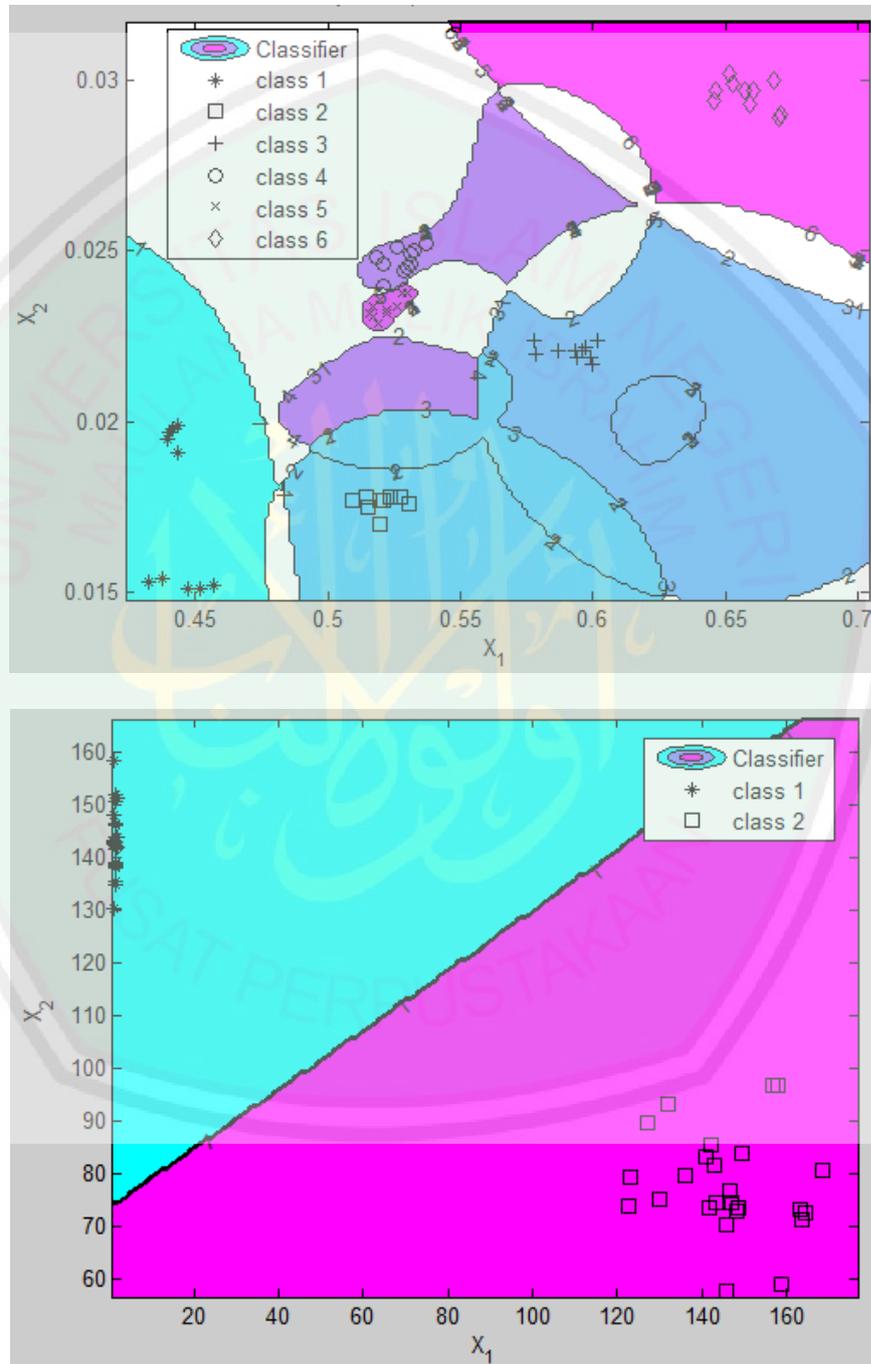
Dari perintah tersebut akan terlihat waktu komputasi yaitu:

```
Elapsed time is 0.449727 seconds.
```

##### 7. Menampilkan grafik persebaran data hasil pelatihan

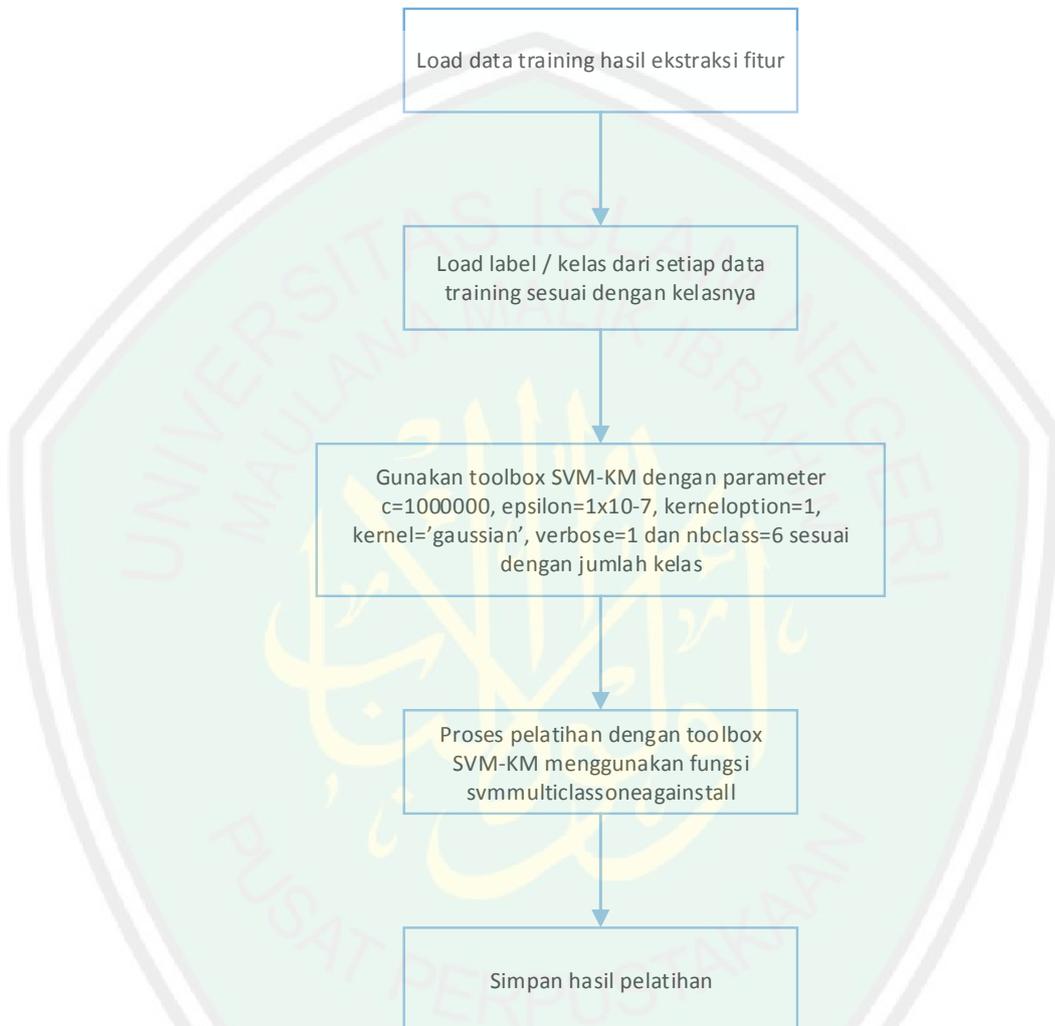
Dalam hal ini digunakan 2 fitur, yakni *entropy* dan *contrast* untuk nominal uang dan rata-rata nilai R dan G untuk keaslian uang kertas rupiah. Berikut

grafik model pengklasifikasian persebaran data pelatihan nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

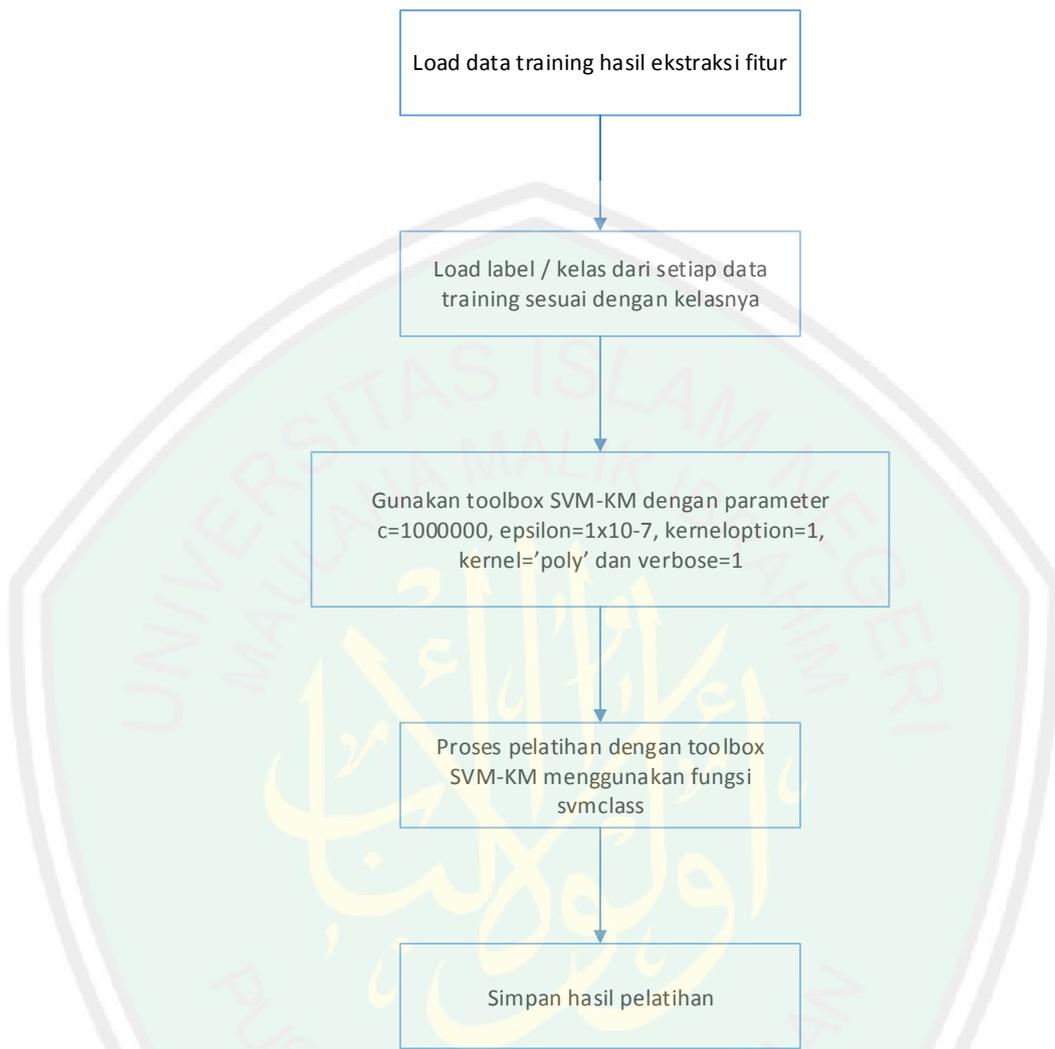


Gambar 3.16 Model Pengklasifikasian Data Pelatihan Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah

Berikut adalah blok diagram proses pelatihan SVM dengan 60 data untuk nilai nominal dan 50 data untuk keaslian uang yang digunakan:



Gambar 3.17 Blok Diagram Proses *Training* Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

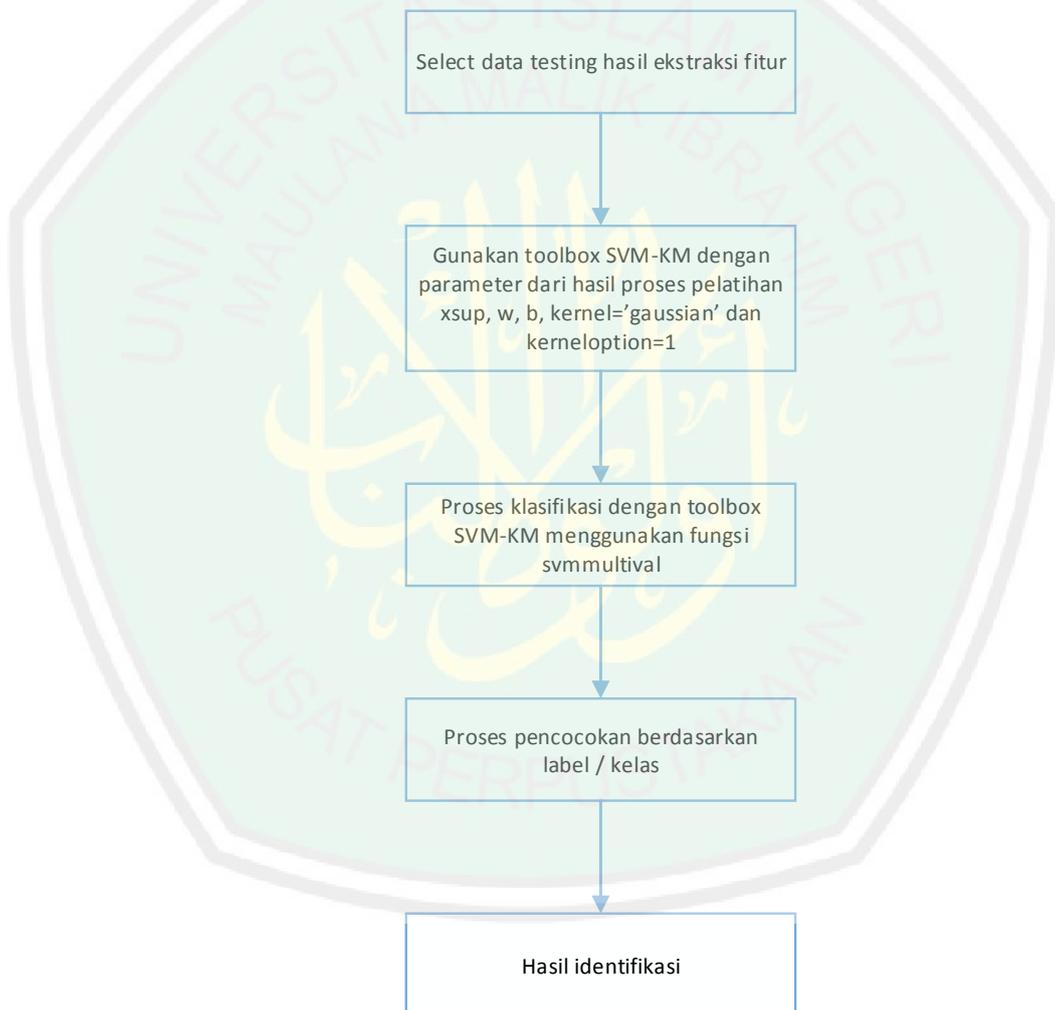


Gambar 3.18 Blok Diagram Proses *Training* Data Keaslian Uang Kertas Rupiah

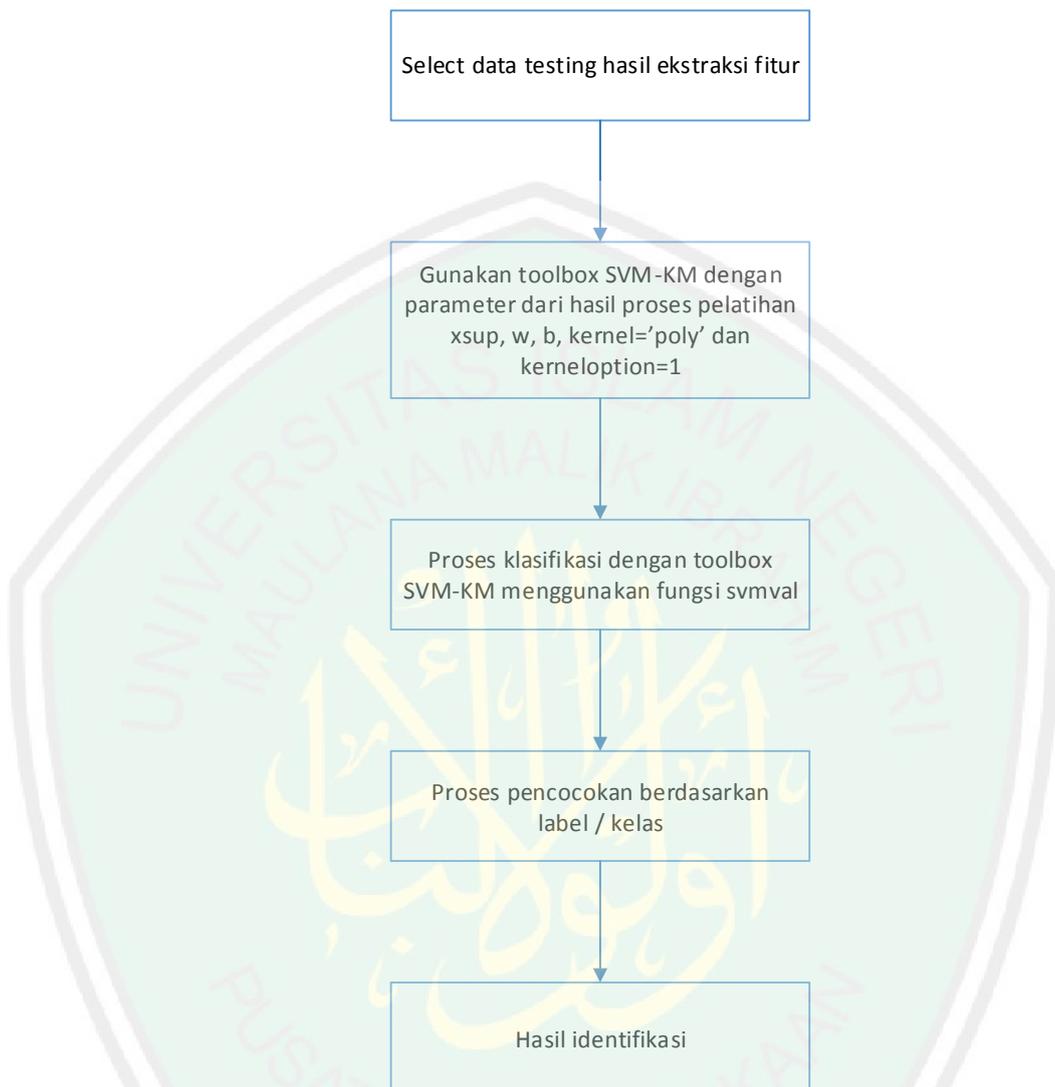
Hasil dari proses pelatihan ini berupa nilai  $xsup$  (data yang menjadi *support vector* dari setiap *classifier*),  $w$  (nilai bobot setiap *classifier*) dan *bias* (nilai jarak margin untuk setiap *classifier* dari sumbu koordinat) yang selanjutnya akan digunakan sebagai parameter dalam proses klasifikasi. Proses pelatihan untuk identifikasi nilai nominal menggunakan metode SVM Multiclass One Againsts All dengan *trainingclass* adalah target yang berisi bilangan bulat dari 1 sampai *nbclass* (jumlah kelas) dengan menggunakan

fungsi `svmmulticlassoneagaintsall`, sedangkan untuk keaslian uang kertas menggunakan fungsi `svmclass` dari toolbox SVM-KM.

SVM akan mencari *hyperplane* terbaik dari data pelatihan yang akan dicocokkan ke data *testing* (proses uji coba). Berikut adalah blok diagram proses *testing* (uji coba).



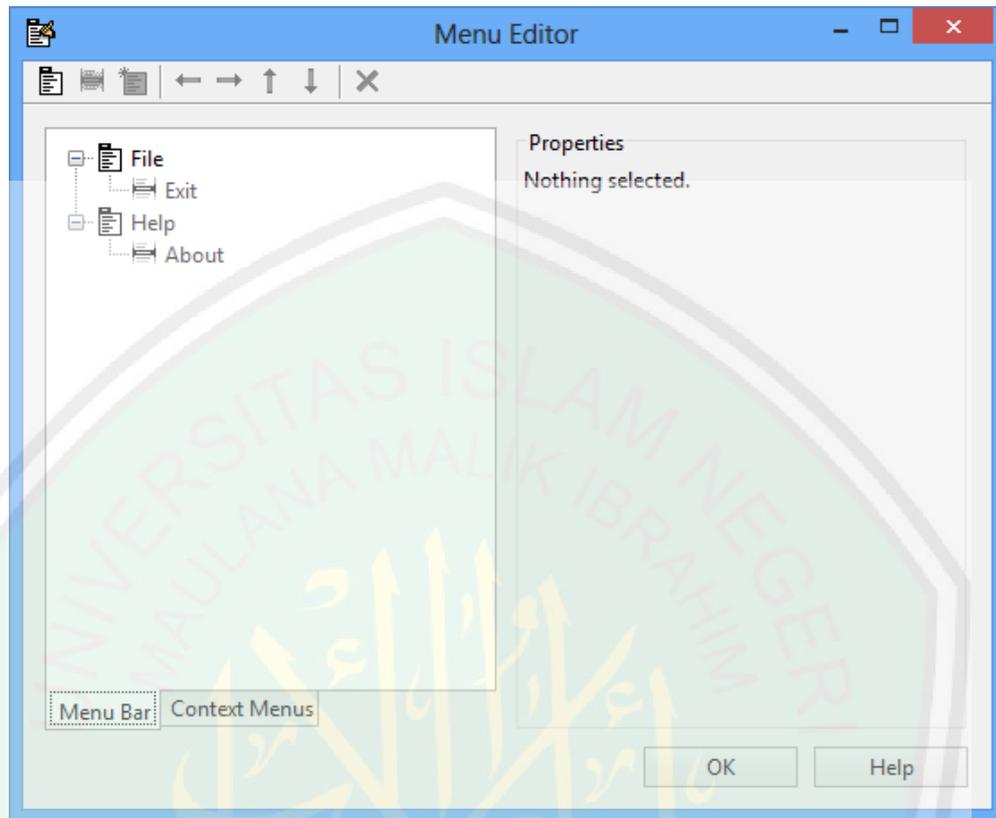
Gambar 3.19 Blok Diagram Proses *Testing* Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah



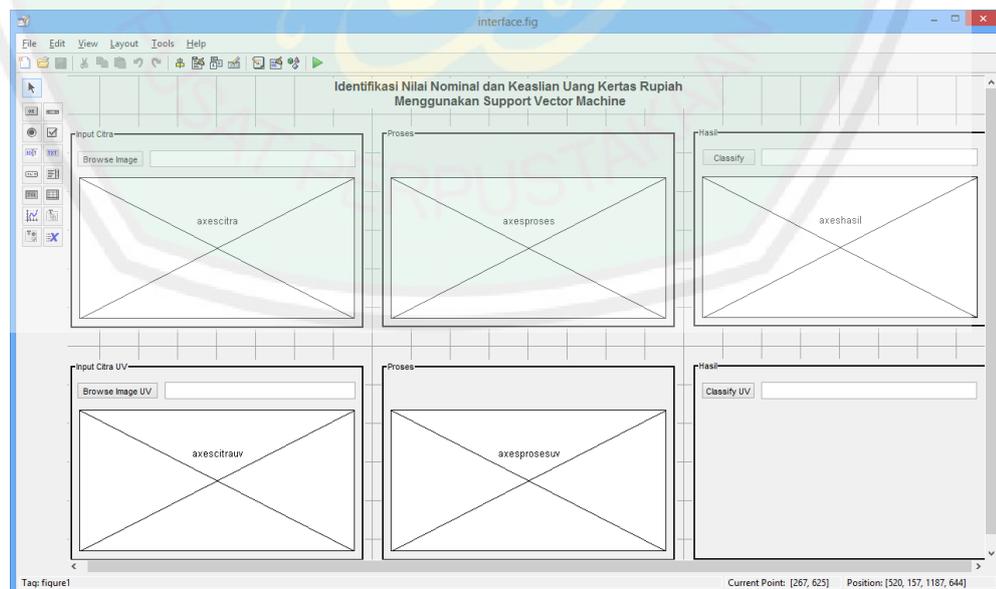
Gambar 3.20 Blok Diagram Proses *Testing* Data Keaslian Uang Kertas Rupiah

### 3.4.3 Perancangan Antar Muka

Untuk mempermudah pengguna, maka perlu dibuat form antarmuka atau interface. Berikut ini akan ditampilkan rancangan antarmuka aplikasi yang ditunjukkan pada gambar 3.21 dan 3.22.



Gambar 3.21 Menu Aplikasi Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah



Gambar 3.22 Antarmuka Aplikasi Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah

Pada form perangkat lunak terdapat menu yang terdiri dari 'File' dan 'Help'. Untuk menu 'File' memiliki submenu 'Exit' untuk keluar dari aplikasi. Untuk menu 'Help' terdapat submenu 'About' yang berisikan kotak dialog mengenai informasi dari aplikasi yang dibuat oleh penulis. Terdapat juga tombol 'Browse Image' dan 'Browse Image UV' untuk membuka citra hasil pemindaian dan penyinaran *ultraviolet* yang akan diidentifikasi, tombol 'Classify' dan 'Classify UV' untuk mengidentifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah. Setelah proses identifikasi selesai, citra hasil *preprocessing* akan ditampilkan pada *axeshasil* dan *axeshasiluv* serta pada *texthasil* dan *texthasiluv* akan memunculkan hasil klasifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah.

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan mengenai rangkaian uji coba dan evaluasi terhadap penelitian yang telah dilakukan. Uji coba ditujukan untuk melihat sejauh mana keberhasilan dari implementasi sistem dan evaluasi dilakukan dengan melakukan analisa terhadap hasil dari uji coba serta untuk mendapatkan kesimpulan dan saran untuk pengembangan ke depan bagi implementasi aplikasi ini.

#### 4.1 Lingkungan Implementasi

Implementasi merupakan proses pembangunan komponen-komponen pokok sebuah sistem berdasarkan desain yang sudah dibuat. Implementasi sistem juga merupakan sebuah proses pembuatan dan penerapan sistem secara utuh baik dari sisi perangkat keras maupun perangkat lunaknya. Terdapat lingkungan perangkat keras dan lingkungan perangkat lunak yang mendukung kinerja sistem. Spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam uji coba ini antara lain:

Tabel 4.1 Lingkungan Uji Coba

No	Jenis Perangkat	Spesifikasi
1	Laptop	SONY VAIO VGN-CS325J
2	Prosesor	Intel® Core™ 2 Duo CPU T6600 @ 2.20GHz (2 CPUs)
3	Memori	4 GB
5	Sistem Operasi	Windows 8 Enterprise x64
6	Perangkat Pengembang	Matlab R2013a

## 4.2 Penjelasan Program

Di dalam subbab penjelasan program ini dijelaskan mengenai alur identifikasi beserta tampilan desain dari program. Berikut ini tampilan-tampilan program yang dibuat.

### 4.2.1 Proses Menampilkan Halaman Utama

Melalui halaman ini semua tahapan identifikasi dilakukan, mulai dari *input* citra hingga proses identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah. Tampilan halaman utama dari aplikasi dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Halaman Utama Aplikasi Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah

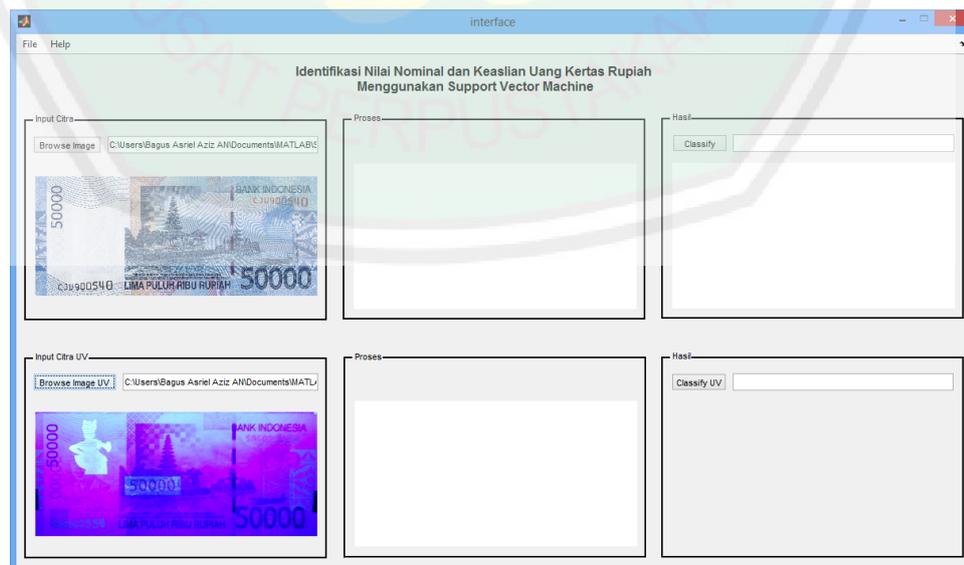
Di dalam halaman utama aplikasi terdapat menubar dan beberapa tombol sebagai berikut:

1. Menu 'File' → 'Exit' berfungsi untuk keluar dari aplikasi.
2. Menu 'Help' → 'About' berfungsi untuk menampilkan kotak dialog mengenai informasi dari aplikasi yang dibuat oleh penulis.

3. Tombol 'Browse Image' berfungsi untuk mengambil citra hasil pemindaian yang akan diidentifikasi yang terdapat pada *drive* komputer.
4. Tombol 'Browse Image UV' berfungsi untuk mengambil citra hasil penyinaran UV yang akan diidentifikasi dari *drive* komputer.
5. Tombol 'Classify' berfungsi untuk mengidentifikasi nilai nominal uang kertas rupiah.
6. Tombol 'Classify UV' berfungsi untuk mengidentifikasi keaslian uang kertas rupiah.

#### 4.2.2 Proses Input Citra

Proses *input* citra merupakan proses pengambilan file citra digital uang kertas rupiah dari *drive* komputer. Citra uang kertas rupiah yang diinputkan akan dimasukkan ke *axescitra* untuk citra hasil pemindaian dan *axescitrauv* untuk citra hasil penyinaran *ultraviolet*. Tampilan proses *input* citra ditunjukkan pada gambar 4.2.

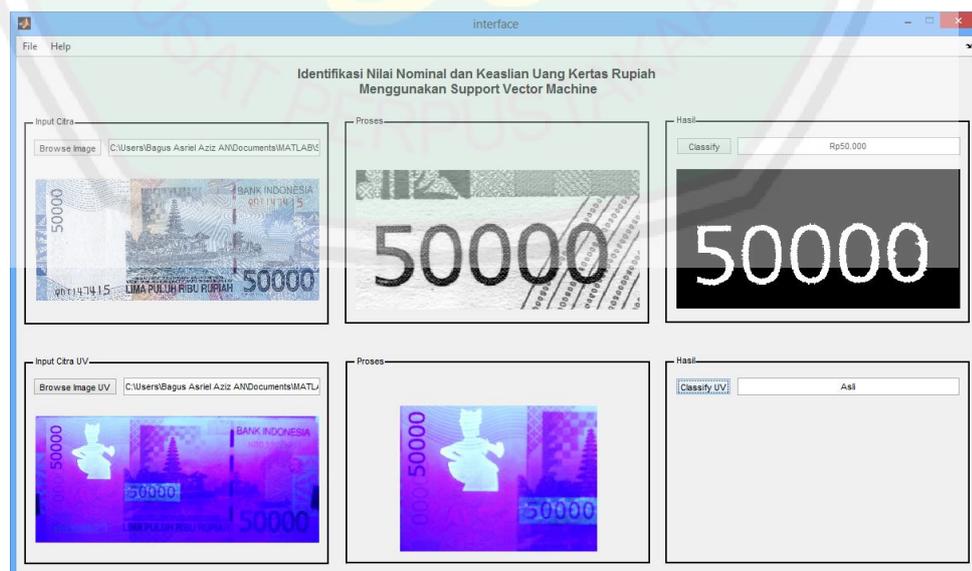


Gambar 4.2 Proses Input Citra Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp50.000,00

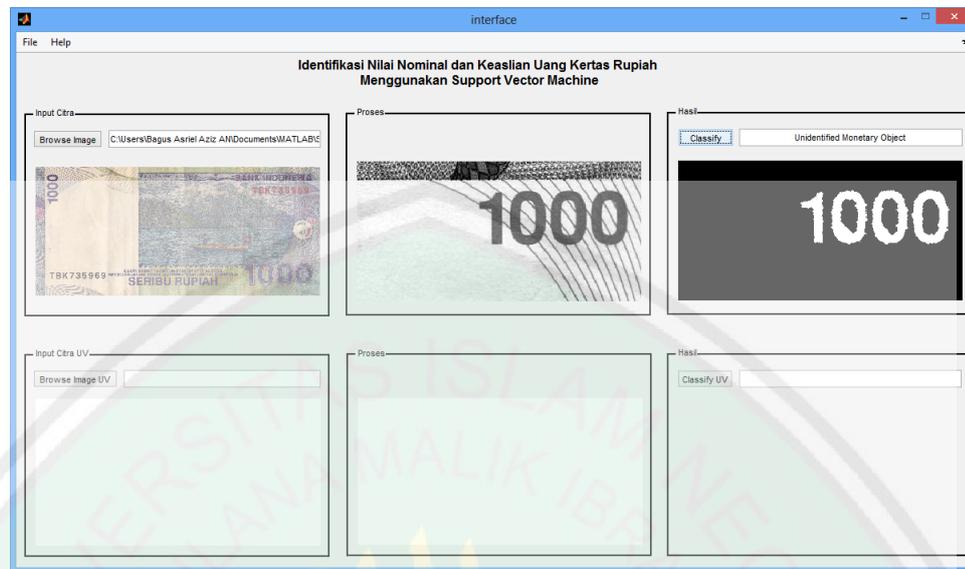
Setelah halaman utama keluar pengguna dapat melakukan input citra uang kertas rupiah yang akan diidentifikasi dengan menekan tombol 'Browse Image' untuk citra hasil pemindaian dan 'Browse Image UV' untuk citra hasil penyinaran *ultraviolet*.

#### 4.2.3 Proses Menampilkan Hasil

Apabila citra uang dikenali maka aplikasi akan memunculkan klasifikasi uang masukan berdasarkan nilai nominal dan keasliannya. Pada gambar 4.3 setelah pecahan uang Rp50.000,00 dikenali nominalnya kemudian identifikasi keaslian dilakukan untuk mengetahui keaslian dari uang kertas rupiah. Oleh karena itu terdapat prosedur evaluasi keluaran yang akan memastikan hanya ada lima klasifikasi pecahan uang yang masuk ditambah satu klasifikasi tidak dikenali, sehingga uang dapat ditolak apabila pengguna memasukkan jenis dan pecahan uang selain yang telah ditentukan oleh mesin. Gambar 4.4 berikut menunjukkan masukan *unknown* data pecahan Rp1.000,00.



Gambar 4.3 Hasil Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah Pecahan Rp50.000,00



Gambar 4.4 Hasil Identifikasi *Unknown* Data Pecahan Rp1.000,00

### 4.3 Uji Coba

Pengujian perangkat lunak identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah ini terdiri dari dua tahap, yaitu tahap pelatihan dan pengujian. Untuk mengukur evaluasi perangkat lunak yang telah dibuat, pengujian dilakukan dengan menggunakan citra yang berbeda dari citra yang digunakan untuk proses pelatihan. Terdapat dua tahap proses identifikasi yaitu identifikasi nominal dan identifikasi keaslian uang kertas rupiah. Percobaan ini dilakukan terpisah, dimana setelah nominal diidentifikasi barulah keasliannya.

Pengujian tidak mengikutkan data pelatihan, hal ini disebabkan akurasi dengan data pelatihan mencapai 100% yang menunjukkan asosiatif masukan dan target telah sempurna. Dilakukan juga uji coba masukan data diluar klasifikasi untuk melihat kemampuan program mengenali *unknown* data diluar klasifikasinya. Hal ini bertujuan untuk mencegah kesalahan identifikasi. Sebagai contoh, tentu

tidak diinginkan apabila uang pecahan Rp1.000,00 (*unknown data*) dikenali sebagai uang Rp100.000,00 atau Rp2.000,00 dikenali sebagai uang Rp20.000,00.

#### 4.3.1 Pelatihan

Berikut adalah data latih yang digunakan untuk tahap pelatihan. Pada tahap ini akan menghasilkan nilai  $xsup$  (data yang menjadi *support vector* dari setiap *classifier*),  $w$  (nilai bobot setiap *classifier*), dan  $b$  (nilai jarak margin untuk setiap *classifier* dari sumbu koordinat). Untuk hasil pelatihan akan dilampirkan pada halaman lampiran. Hasil pada tahap pelatihan ini akan digunakan untuk proses selanjutnya (pengujian). Data latih ini terdiri dari beberapa fitur dari proses ekstraksi fitur. Adapun fitur-fitur yang digunakan untuk identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah antara lain:

EN = nilai *entropy*

CN = nilai *contrast*

CR = nilai *correlation*

ER = nilai *energy*

HM = nilai *homogeneity*

Sedangkan fitur-fitur yang digunakan untuk identifikasi keaslian uang kertas rupiah adalah sebagai berikut:

Mean R = nilai rata-rata piksel R

Mean G = nilai rata-rata piksel G

Mean B = nilai rata-rata piksel B

Tabel 4.2 Hasil Ekstraksi Fitur Data Latih Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

No	Nama File	EN	CN	CR	ER	HM
1	1.000_01	0.4324	0.0153	0.9060	0.8227	0.9924

2	1.000_02	0.4573	0.0152	0.9131	0.8105	0.9924
3	1.000_03	0.4516	0.0151	0.9123	0.8134	0.9925
4	1.000_04	0.4376	0.0154	0.9065	0.8200	0.9923
5	1.000_05	0.4489	0.0151	0.9114	0.8147	0.9925
6	2.000_01	0.4433	0.0199	0.8814	0.8129	0.9901
7	2.000_02	0.4405	0.0197	0.8814	0.8144	0.9901
8	2.000_03	0.4414	0.0189	0.8867	0.8148	0.9906
9	2.000_04	0.4412	0.0198	0.8814	0.8141	0.9901
10	2.000_05	0.4393	0.0195	0.8821	0.8152	0.9902
11	5.000_01	0.5271	0.0178	0.9154	0.7719	0.9911
12	5.000_02	0.5207	0.0177	0.9144	0.7754	0.9911
13	5.000_03	0.5234	0.0178	0.9146	0.7739	0.9911
14	5.000_04	0.5142	0.0178	0.9126	0.7787	0.9911
15	5.000_05	0.5208	0.0177	0.9146	0.7754	0.9912
16	5.000_06	0.5149	0.0175	0.9144	0.7787	0.9913
17	5.000_07	0.5197	0.0170	0.9177	0.7766	0.9915
18	5.000_08	0.5164	0.0179	0.9125	0.7774	0.9910
19	5.000_09	0.5196	0.0177	0.9145	0.7761	0.9912
20	5.000_10	0.5208	0.0177	0.9146	0.7754	0.9912
21	10.000_01	0.5957	0.0220	0.9111	0.7307	0.9890
22	10.000_02	0.5772	0.0223	0.9062	0.7407	0.9889
23	10.000_03	0.5781	0.0220	0.9077	0.7405	0.9890
24	10.000_04	0.5855	0.0222	0.9084	0.7362	0.9889
25	10.000_05	0.5946	0.0221	0.9108	0.7313	0.9890
26	10.000_06	0.5983	0.0219	0.9120	0.7293	0.9890
27	10.000_07	0.5972	0.0219	0.9119	0.7300	0.9890
28	10.000_08	0.5981	0.0220	0.9116	0.7294	0.9890
29	10.000_09	0.5931	0.0219	0.9109	0.7323	0.9890
30	10.000_10	0.5880	0.0220	0.9097	0.7350	0.9890
31	20.000_01	0.5314	0.0246	0.8845	0.7632	0.9877
32	20.000_02	0.5295	0.0249	0.8823	0.7639	0.9875
33	20.000_03	0.5209	0.0240	0.8844	0.7693	0.9880
34	20.000_04	0.5313	0.0249	0.8831	0.7629	0.9876
35	20.000_05	0.5259	0.0251	0.8804	0.7656	0.9874
36	20.000_06	0.5370	0.0252	0.8831	0.7596	0.9874
37	20.000_07	0.5211	0.0246	0.8813	0.7686	0.9877
38	20.000_08	0.5183	0.0248	0.8797	0.7699	0.9876
39	20.000_09	0.5297	0.0245	0.8842	0.7641	0.9877
40	20.000_10	0.5289	0.0244	0.8847	0.7647	0.9878

41	50.000_01	0.5156	0.0232	0.8867	0.7729	0.9884
42	50.000_02	0.5225	0.0233	0.8880	0.7691	0.9883
43	50.000_03	0.5188	0.0229	0.8890	0.7714	0.9886
44	50.000_04	0.5170	0.0234	0.8858	0.7719	0.9883
45	50.000_05	0.5223	0.0232	0.8887	0.7693	0.9884
46	50.000_06	0.5197	0.0236	0.8859	0.7703	0.9882
47	50.000_07	0.5172	0.0231	0.8876	0.7721	0.9885
48	50.000_08	0.5282	0.0238	0.8874	0.7656	0.9881
49	50.000_09	0.5263	0.0234	0.8887	0.7670	0.9883
50	50.000_10	0.5269	0.0238	0.8870	0.7663	0.9881
51	100.000_01	0.6701	0.0289	0.9004	0.6818	0.9856
52	100.000_02	0.6605	0.0297	0.8955	0.6867	0.9851
53	100.000_03	0.6454	0.0294	0.8933	0.6956	0.9853
54	100.000_04	0.6589	0.0293	0.8968	0.6880	0.9854
55	100.000_05	0.6679	0.0300	0.8961	0.6821	0.9850
56	100.000_06	0.6463	0.0297	0.8925	0.6949	0.9852
57	100.000_07	0.6705	0.0290	0.9001	0.6815	0.9855
58	100.000_08	0.6526	0.0299	0.8932	0.6911	0.9851
59	100.000_09	0.6575	0.0297	0.8950	0.6884	0.9852
60	100.000_10	0.6512	0.0302	0.8917	0.6915	0.9849

Tabel 4.3 Hasil Ekstraksi Fitur Data Latih Keaslian Uang Kertas Rupiah

No	Nama File	Mean R	Mean G	Mean B
1	5.000_asli_01	145.6995	57.9129	253.8849
2	5.000_asli_02	146.8534	76.9956	254.0292
3	5.000_asli_03	149.5498	84.1163	254.0146
4	5.000_asli_04	148.4287	73.0073	253.8721
5	5.000_asli_05	143.1865	81.7726	253.5509
6	10.000_asli_01	163.9107	71.5573	254.0913
7	10.000_asli_02	168.4817	80.6010	254.1947
8	10.000_asli_03	159.0397	59.3028	254.2577
9	10.000_asli_04	163.3057	73.2125	254.2313
10	10.000_asli_05	164.6600	72.7752	253.5927
11	20.000_asli_01	130.1244	75.1911	252.8783
12	20.000_asli_02	122.5979	74.1433	253.3123
13	20.000_asli_03	123.0454	79.4882	253.8469
14	20.000_asli_04	127.0283	89.8027	252.6505
15	20.000_asli_05	132.2561	93.4421	253.3812

16	50.000_asli_01	147.2541	74.7582	253.9413
17	50.000_asli_02	141.7360	73.6876	254.0293
18	50.000_asli_03	148.5757	73.5704	254.1415
19	50.000_asli_04	156.6505	96.9636	253.8764
20	50.000_asli_05	157.9603	96.7139	253.9442
21	100.000_asli_01	142.2171	85.4864	252.9273
22	100.000_asli_02	135.9949	79.9362	252.2694
23	100.000_asli_03	140.8485	83.3232	252.2395
24	100.000_asli_04	145.8201	70.3997	253.2800
25	100.000_asli_05	143.5550	74.5061	254.0950
26	5.000_palsu_01	1.0172	142.5649	245.6612
27	5.000_palsu_02	0.9736	143.1027	245.9485
28	5.000_palsu_03	1.4952	141.7194	245.1340
29	5.000_palsu_04	1.4309	143.8313	245.0646
30	5.000_palsu_05	1.7786	143.9989	246.0623
31	10.000_palsu_01	1.4527	138.5143	239.6863
32	10.000_palsu_02	0.8228	143.3799	241.6873
33	10.000_palsu_03	1.7803	141.9783	241.2253
34	10.000_palsu_04	1.4551	138.4467	240.1130
35	10.000_palsu_05	1.4172	139.0507	242.6697
36	20.000_palsu_01	1.4150	138.8827	228.8444
37	20.000_palsu_02	1.1236	142.9471	227.5622
38	20.000_palsu_03	1.5088	146.1416	234.6372
39	20.000_palsu_04	1.1646	158.3533	229.7106
40	20.000_palsu_05	1.2864	142.2369	230.2588
41	50.000_palsu_01	1.0979	130.3991	236.3647
42	50.000_palsu_02	1.3569	138.0827	235.7556
43	50.000_palsu_03	1.5350	134.8351	232.9002
44	50.000_palsu_04	1.2761	135.5093	235.4932
45	50.000_palsu_05	1.2525	142.7766	235.6511
46	100.000_palsu_01	1.3115	146.4114	241.1736
47	100.000_palsu_02	1.4926	150.5209	242.1314
48	100.000_palsu_03	1.1954	147.9292	243.1861
49	100.000_palsu_04	1.3470	151.9822	243.2372
50	100.000_palsu_05	1.6519	151.2544	243.4585

### 4.3.2 Pengujian

Pengujian ini terdiri dari dua tahap. Tahap yang pertama adalah pengujian identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah. Pengujian dimulai dengan melakukan pelatihan terhadap 60 buah data pelatihan, kemudian akan diuji coba menggunakan 25 data pengujian yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah dilakukan dengan cara membandingkan dua jenis fungsi kernel yang digunakan yaitu Polynomial dan Gaussian. Data uji dan perbandingan hasil identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah dari kedua jenis fungsi kernel tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 Hasil Ekstraksi Fitur Data Uji Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

No	Nama File	EN	CN	CR	ER	HM
1	5.000_11	0.5146	0.0173	0.9153	0.7790	0.9914
2	5.000_12	0.5148	0.0168	0.9176	0.7794	0.9916
3	5.000_13	0.4998	0.0176	0.9102	0.7864	0.9912
4	5.000_14	0.5164	0.0179	0.9144	0.7787	0.9913
5	5.000_15	0.5164	0.0179	0.9125	0.7774	0.9910
6	10.000_11	0.5895	0.0220	0.9099	0.7342	0.9890
7	10.000_12	0.6063	0.0221	0.9130	0.7248	0.9890
8	10.000_13	0.5976	0.0219	0.9118	0.7297	0.9890
9	10.000_14	0.5990	0.0221	0.9113	0.7288	0.9889
10	10.000_15	0.5764	0.0219	0.9075	0.7414	0.9890
11	20.000_11	0.5111	0.0261	0.8707	0.7724	0.9869
12	20.000_12	0.5156	0.0244	0.8806	0.7717	0.9878
13	20.000_13	0.5198	0.0249	0.8794	0.7690	0.9875
14	20.000_14	0.5218	0.0260	0.8747	0.7669	0.9870
15	20.000_15	0.5212	0.0245	0.8817	0.7686	0.9877
16	50.000_11	0.5269	0.0238	0.8870	0.7663	0.9881
17	50.000_12	0.5253	0.0234	0.8886	0.7676	0.9883
18	50.000_13	0.5172	0.0235	0.8857	0.7717	0.9883
19	50.000_14	0.5252	0.0240	0.8856	0.7671	0.9880

20	50.000_15	0.5193	0.0238	0.8849	0.7703	0.9881
21	100.000_11	0.6542	0.0305	0.8914	0.6895	0.9847
22	100.000_12	0.6560	0.0297	0.8948	0.6893	0.9852
23	100.000_13	0.6730	0.0292	0.9000	0.6799	0.9854
24	100.000_14	0.6624	0.0300	0.8951	0.6853	0.9850
25	100.000_15	0.6518	0.0299	0.8931	0.6915	0.9851

Tabel 4.5 Pengaruh Fungsi Kernel Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

No	Nama File	Polynomial	Gaussian
1	5.000_11	Benar	Benar
2	5.000_12	Benar	Benar
3	5.000_13	Benar	Benar
4	5.000_14	Benar	Benar
5	5.000_15	Benar	Benar
6	10.000_11	Benar	Benar
7	10.000_12	Benar	Benar
8	10.000_13	Benar	Benar
9	10.000_14	Benar	Benar
10	10.000_15	Benar	Benar
11	20.000_11	Benar	Benar
12	20.000_12	Benar	Benar
13	20.000_13	Benar	Benar
14	20.000_14	Benar	Benar
15	20.000_15	Benar	Benar
16	50.000_11	Benar	Benar
17	50.000_12	Benar	Benar
18	50.000_13	Benar	Benar
19	50.000_14	Salah	Salah
20	50.000_15	Salah	Benar
21	100.000_11	Benar	Benar
22	100.000_12	Benar	Benar
23	100.000_13	Benar	Benar
24	100.000_14	Benar	Benar
25	100.000_15	Benar	Benar
<b>Akurasi</b>		<b>92%</b>	<b>96%</b>

Tingkat akurasi dihitung dengan membandingkan jumlah identifikasi yang benar terhadap total data uji. Dari perbandingan kedua jenis fungsi kernel tersebut didapatkan tingkat akurasi identifikasi nilai nominal uang kertas rupiah paling tinggi dengan kernel Gaussian dengan prosentase sebesar 96% sedangkan untuk kernel Polynomial sebesar 92%.

Tahap yang kedua adalah pengujian keaslian uang kertas rupiah. Pengujian dimulai dengan melakukan pelatihan terhadap 50 buah data pelatihan, kemudian akan diuji coba menggunakan 30 data pengujian yang berbeda. Untuk mendapatkan hasil yang maksimal dalam identifikasi keaslian uang kertas rupiah dilakukan dengan cara yang sama yaitu membandingkan dua jenis fungsi kernel yang digunakan (Polynomial dan Gaussian). Data uji dan perbandingan hasil identifikasi keaslian uang kertas rupiah dari kedua jenis fungsi kernel tersebut dapat dilihat pada tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 Hasil Ekstraksi Fitur Data Uji Keaslian Uang Kertas Rupiah

No	Nama File	Mean R	Mean G	Mean B
1	5.000_asli_06	152.6096	86.6856	254.0777
2	5.000_asli_07	136.8265	69.1214	254.0146
3	5.000_asli_08	148.2378	67.1030	253.9523
4	10.000_asli_06	162.8205	64.4643	254.1586
5	10.000_asli_07	159.9826	62.6696	254.1818
6	10.000_asli_08	164.0336	70.5686	253.4890
7	20.000_asli_06	129.0606	82.3597	251.4266
8	20.000_asli_07	135.0559	88.5483	252.9150
9	20.000_asli_08	134.7920	95.0394	253.8817
10	50.000_asli_06	150.7296	80.1702	253.9838
11	50.000_asli_07	136.9331	75.6460	253.9345
12	50.000_asli_08	144.5704	67.0706	253.9564
13	100.000_asli_06	150.2008	88.2814	254.1347
14	100.000_asli_07	146.0464	81.7796	253.9921

15	100.000_asli_08	133.6242	75.9338	253.8146
16	5.000_palsu_06	1.3897	143.5621	244.8251
17	5.000_palsu_07	1.5001	142.3129	243.7106
18	5.000_palsu_08	2.2013	140.5535	245.5186
19	10.000_palsu_06	1.4919	135.2137	237.1880
20	10.000_palsu_07	1.6162	133.6182	237.0558
21	10.000_palsu_08	0.9076	130.5771	238.6538
22	20.000_palsu_06	1.4357	140.0581	230.6460
23	20.000_palsu_07	1.3837	148.3543	233.2992
24	20.000_palsu_08	1.2976	145.3672	230.9364
25	50.000_palsu_06	1.3974	137.1840	236.1870
26	50.000_palsu_07	1.5518	141.4874	237.0948
27	50.000_palsu_08	1.2618	137.0536	236.9939
28	100.000_palsu_06	1.5103	150.1265	243.4654
29	100.000_palsu_07	1.4958	153.0113	242.7300
30	100.000_palsu_08	15.2444	133.0158	245.6408

Tabel 4.7 Pengaruh Fungsi Kernel Terhadap Tingkat Akurasi Identifikasi Keaslian Uang Kertas Rupiah

No	Nama File	Polynomial	Gaussian
1	5.000_asli_06	Benar	Benar
2	5.000_asli_07	Benar	Benar
3	5.000_asli_08	Benar	Benar
4	10.000_asli_06	Benar	Benar
5	10.000_asli_07	Benar	Benar
6	10.000_asli_08	Benar	Benar
7	20.000_asli_06	Benar	Benar
8	20.000_asli_07	Benar	Benar
9	20.000_asli_08	Benar	Benar
10	50.000_asli_06	Benar	Benar
11	50.000_asli_07	Benar	Benar
12	50.000_asli_08	Benar	Benar
13	100.000_asli_06	Benar	Benar
14	100.000_asli_07	Benar	Benar
15	100.000_asli_08	Benar	Benar
16	5.000_palsu_06	Benar	Benar
17	5.000_palsu_07	Benar	Benar
18	5.000_palsu_08	Benar	Benar

19	10.000_palsu_06	Benar	Benar
20	10.000_palsu_07	Benar	Benar
21	10.000_palsu_08	Benar	Benar
22	20.000_palsu_06	Benar	Benar
23	20.000_palsu_07	Benar	Salah
24	20.000_palsu_08	Benar	Benar
25	50.000_palsu_06	Benar	Benar
26	50.000_palsu_07	Benar	Benar
27	50.000_palsu_08	Benar	Benar
28	100.000_palsu_06	Benar	Benar
29	100.000_palsu_07	Benar	Salah
30	100.000_palsu_08	Benar	Benar
<b>Akurasi</b>		<b>100%</b>	<b>93%</b>

Dari perbandingan kedua jenis fungsi kernel tersebut didapatkan tingkat akurasi identifikasi keaslian uang kertas rupiah paling tinggi dengan kernel Polynomial dengan prosentase tingkat akurasi 100% sedangkan untuk kernel Gaussian sebesar 93%.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis hasil uji coba aplikasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine* dilakukan dengan melakukan pelatihan terhadap 60 data untuk nilai nominal berupa nilai *entropy*, *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity* dan 50 data untuk keaslian berupa nilai rata-rata piksel RGB yang didapatkan dari proses ekstraksi fitur dari citra setelah dilakukan *preprocessing*. Aplikasi dapat mengidentifikasi 5 klasifikasi uang kertas rupiah pecahan Rp5.000,00, Rp10.000,00,00, Rp20.000,00, Rp50.000,00 dan Rp100.000,00 pada konfigurasi akhir dengan tingkat akurasi mencapai 96% untuk nilai nominal dan 100% untuk keaslian uang kertas rupiah.
2. Hasil identifikasi nilai nominal dan keaslian uang kertas rupiah menggunakan *Support Vector Machine* dari perbandingan dua jenis fungsi kernel didapatkan hasil dengan tingkat akurasi untuk nilai nominal 96% (Gaussian) dan 92% (Polynomial). Sedangkan untuk keaslian uang kertas rupiah sebesar 100% (Polynomial) dan 93% (Gaussian).

#### 5.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya penulis menyarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. *Support Vector Machine* dapat dikembangkan dengan menggunakan metode *multi class* lainnya.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengimplementasikan perangkat lunak identifikasi pada mesin penjualan otomatis (ATVM).



## DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, Usman. 2005. *Pengolahan Citra Digital dan Teknik Pemrogramannya*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.
- Angkoso, Cucun Very. 2011. Klasifikasi Tumor dan Kista pada Citra Panoramik Gigi Manusia Menggunakan Metode *Support Vector Machine* (SVM). Tesis. Surabaya: Program Magister Bidang Keahlian Jaringan Cerdas Multimedia Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Choi, Euisun, Jongseok Lee dan Joonhyun Yoon, Feature Extraction for Bank Note Classification using Wavelet Transform, 2006, IEEE 431-080.
- Christianini, Nello dan John S. Taylor. 2000. *An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods*. New York: Cambridge University Press
- CiriKeaslianRupiah.pdf. Dari Bank Indonesia. <http://www.bi.go.id/web/id/Info+dan+Edukasi+Konsumen/Mengenal+Rupiah/CiriKeaslianRupiah.pdf> (diakses pada tanggal 17 Maret 2013).
- Departemen Agama RI. 2005. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: PT. Syaamil Cipta Media.
- Gonzales, Rafael C., Richards E. Woods dan Steven L. Eddins. 2001. *Digital Image Processing Second Edition*. New Jersey: Prentice Hall
- Heriawan, Hendra. 2007. Pengenalan Mata Uang Rupiah Menggunakan Logika Fuzzy. Skripsi. Depok: Program Sarjana Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Listyanti, Agita Sukma. Tiga Tahun Terakhir, Pemalsuan Uang Rupiah Meningkat. <http://www.ekonomibisnis.suarasurabaya.net/news/2012/111172-Tiga-Tahun-Terakhir> (diakses pada tanggal 19 Maret 2013).
- MATLAB HELP, Image Processing Toolbox, mathworks inc.
- Munir, Rinaldi. 2004. *Pengolahan Citra Digital dengan Pendekatan Algoritmik*. Bandung: Informatika.
- Nasukhi, Alvian. 2012. Segmentasi Exudate pada Citra Digital Fundus Diabetic Retinopathy Menggunakan Metode Graph-Based. Skripsi. Malang: Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Putra, Darma. 2010. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.

P1010196.jpg. Dari J-LOVERS\_INDO. <http://1.bp.blogspot.com/-Pi9RkkXmWLQ/UFr7UhhbHkI/AAAAAAAAAGoo/DPSokO4Ss7c/s1600/P1010196.jpg> (diakses pada tanggal 21 September 2013).

Rahmandana, Anindito Nur. 2012. Perangkat Lunak Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Mata Uang Kertas Rupiah dengan Proses Image Recognition Menggunakan Hidden Markov Model. Skripsi. Bandung: Teknik Telekomunikasi Fakultas Elektro dan Komunikasi IT Telkom.

Santosa, Budi. 2007. *Data Mining Terapan dengan Matlab*. Yogyakarta: GRAHA ILMU.

Sembiring, Krisantus. 2007. Penerapan Teknik *Support Vector Machine* untuk Pendeteksian Intrusi pada Jaringan. Skripsi. Bandung: Teknik Informatika Sekolah Teknik Elektro dan Informatika ITB.

Sigeru Omatu, Toshihisa Kosa, et.al., Classification of The Italian Liras Using The LVQ Method, 2003, IEEE 599-8531.

Smith, Steven W. Morphological Image Processing. <http://www.dspguide.com/ch25/4.htm> (diakses pada tanggal 9 Agustus 2013).

T. Sutoyo dkk. 2009. *Teori Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta: ANDI.

Wicaksono D, Dawud Gede. 2008. Perangkat Lunak Identifikasi Nilai Nominal dan Keaslian Uang Kertas Rupiah menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation. Skripsi. Depok: Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Output Nilai  $x_{sup}$  dari Proses *Training* Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

Nilai $x_{sup}$				
Entropy	Contrast	Correlation	Energy	Homogeneity
0.4573	0.0152	0.9131	0.8105	0.9924
0.5095	0.0177	0.9121	0.7813	0.9912
0.4573	0.0152	0.9131	0.8105	0.9924
0.5095	0.0177	0.9121	0.7813	0.9912
0.5781	0.0220	0.9077	0.7405	0.9890
0.5309	0.0176	0.9173	0.7702	0.9912
0.5775	0.0224	0.9056	0.7403	0.9888
0.5370	0.0252	0.8831	0.7596	0.9874
0.6454	0.0294	0.8933	0.6956	0.9853
0.5209	0.0240	0.8844	0.7693	0.9880
0.5197	0.0236	0.8859	0.7703	0.9882
0.6152	0.0302	0.8917	0.6915	0.9849
0.4433	0.0199	0.8814	0.8129	0.9901
0.5142	0.0178	0.9126	0.7787	0.9911
0.5095	0.0177	0.9121	0.7813	0.9912
0.5314	0.0246	0.8845	0.7632	0.9877
0.5209	0.0240	0.8844	0.7693	0.9880
0.5313	0.0249	0.8831	0.7629	0.9876
0.5259	0.0251	0.8804	0.7656	0.9874
0.5211	0.0246	0.8813	0.7686	0.9877
0.5183	0.0248	0.8797	0.7699	0.9876
0.5297	0.0245	0.8842	0.7641	0.9877
0.5289	0.0244	0.8847	0.7647	0.9878
0.5156	0.0232	0.8867	0.7729	0.9884
0.5225	0.0233	0.8880	0.7691	0.9883
0.5188	0.0229	0.8890	0.7714	0.9886
0.5170	0.0234	0.8858	0.7719	0.9883
0.5223	0.0232	0.8887	0.7693	0.9884
0.5197	0.0236	0.8859	0.7703	0.9882
0.5172	0.0231	0.8876	0.7721	0.9885
0.5282	0.0238	0.8874	0.7656	0.9881
0.5263	0.0234	0.8887	0.7670	0.9883
0.5303	0.0238	0.8880	0.7645	0.9881
0.6016	0.0224	0.9106	0.7270	0.9888
0.6454	0.0294	0.8933	0.6956	0.9853

Lampiran 2 Tabel Output Nilai *xsup* dari Proses *Training* Data Keaslian Uang Kertas Rupiah

Nilai <i>xsup</i>		
Mean R	Mean G	Mean B
145.6995	57.9129	253.8849
146.8534	76.9956	254.0292
149.5498	84.1163	254.0146
148.4287	73.0073	253.8721
143.1865	81.7726	253.5509
163.9107	71.5573	254.0913
168.4817	80.6010	254.1947
159.0397	59.3028	254.2577
163.3057	73.2125	254.2313
164.6600	72.7752	253.5927
130.1244	75.1911	252.8783
122.5979	74.1433	253.3123
123.0454	79.4882	253.8469
127.0283	89.8027	252.6505
132.2561	93.4421	253.3812
147.2541	74.7582	253.9413
141.7360	73.6876	254.0293
148.5757	73.5704	254.1415
156.6505	96.9636	253.8764
157.9603	96.7139	253.9442
142.2171	85.4864	252.9273
135.9949	79.9362	252.2694
140.8485	83.3232	252.2395
145.8201	70.3997	253.2800
143.3550	74.5061	254.0950
0.9736	143.1027	245.9485
1.4952	141.7194	245.1340
1.4309	143.8313	245.0646
1.7786	143.9989	246.0623
1.4527	138.5143	239.6863
0.8228	143.3799	241.6873
1.7803	141.9783	241.2253
1.4551	138.4467	240.1130
1.4172	139.0507	242.6697
1.4150	138.8827	228.8444
1.1236	142.9471	227.5622
1.5088	146.1416	234.6372
1.1646	158.3533	229.7106
1.2864	142.2369	230.2588
1.0979	130.3991	236.3647

1.3569	138.0827	235.7566
1.5350	134.8351	232.9002
1.2761	135.5093	235.4932
1.2525	142.7766	235.6511
1.3115	146.4114	241.1736
1.4926	150.5209	242.1314
1.1954	147.9292	243.1861
1.3470	151.9822	243.2372
1.6519	151.2544	243.4585

Lampiran 3 Tabel Output Nilai  $w$  dari Proses *Training* Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

Nilai $w$
558.167038187593
-558.167038187593
-57011.4815497363
99606.4020572136
-42594.9205074782
-65252.1569023455
120876.763907478
-7288.55628733138
-48336.0507178013
699106.672048511
-692290.609795150
-6816.06225336106
-103611.848228885
-551451.951069578
-1000000
-728695.321058494
-1000000
-858328.440315481
-1000000
-1000000
-1000000
-1000000
-1000000
-1000000
242087.560672455
1000000
1000000
1000000
1000000
1000000
1000000
1000000

1000000
1000000
-613.031237269083
613.031237269083

Lampiran 4 Tabel Output Nilai  $w$  dari Proses *Training* Data Keaslian Uang Kertas Rupiah

Nilai $w$
0.939155325490761
0.882402824860096
0.939155325403632
0.641957280481848
0.931202804348392
0.629917652079933
0.939155325490761
0.939155325490761
0.644792246413862
0.548020921987210
0.939155325490183
0.939154864449901
0.939154864450147
0.939155324378976
0.939155324378976
0.749078185332897
0.826496879696122
0.264436995348996
0.666002422438198
0.666002422438198
0.911710707194149
0.939155303122819
0.904273225835921
0.938502997484260
0.825395673851285
-0.341163886349181
-0.898774113020460
-0.470111298145962
-0.589699410720236
-0.668271254704374
-0.865879429114913
-0.870473164601582
-0.418345947716384
-1.03561704930988
-1.05936545047681
-1.03973584180340

-1.05871397574934
-1.06084447450926
-1.03843131794815
-1.06084291710516
-1.02541660353950
-1.03411845625768
-0.997201304200546
-1.05869674426451
-1.01236438246277
-0.817685158839390
-1.00201124105129
-0.688316348484362
-0.309665777563148

Lampiran 5 Tabel Output Nilai  $b$  dari Proses *Training* Data Nilai Nominal Uang Kertas Rupiah

Nilai $b$
-1.13585009649824e-13
-237.512827535676
-278.130376785540
-79.1438969725813
-1289.81786047979
0

Lampiran 6 Tabel Output Nilai  $b$  dari Proses *Training* Data Keaslian Uang Kertas Rupiah

Nilai $b$
-0.791152474535721