

SKRIPSI

**APLIKASI PENDETEKSI NOMINAL UANG KERTAS RUPIAH
MENGUNAKAN VISI KOMPUTER SEBAGAI ALAT BANTU
BAGI PENYANDANG TUNANETRA**

Disusun dan diajukan oleh:

**NOVRINDA AGIL TANDIERA
D121191034**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**APLIKASI PENDETEKSI NOMINAL
UANG KERTAS RUPIAH
MENGUNAKAN VISI KOMPUTER
SEBAGAI ALAT BANTU BAGI PENYANDANG TUNANETRA**

Disusun dan diajukan oleh

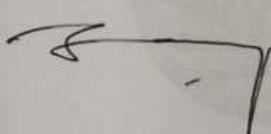
**Novrinda Agil Tandiera
D121191034**

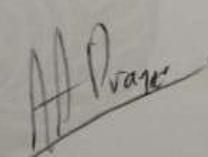
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Pada tanggal 29 Januari 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,


Prof. Dr. Ir. Indrabayu Amirullah,
M.T, M.Bus.Sys., IPM. ASEAN.Eng
NIP 197507162002121004


A. Ais Prayogi Alimuddin, S.T., M.Eng.
NIP 198305102014041001


Ketua Program Studi,
Prof. Dr. Ir. Indrabayu Amirullah, M.T, M/Bus.Sys., IPM. ASEAN.Eng
NIP 197507162002121004

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;
Nama : Novrinda Agil Tandiera
NIM : D121191034
Program Studi : Teknik Informatika
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Aplikasi Pendeteksi Nominal Uang Kertas Rupiah Menggunakan Visi Komputer
sebagai Alat Bantu bagi Penyandang Tunanetra

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, 29 Januari 2024



Novrinda Agil Tandiera

ABSTRAK

NOVRINDA AGIL TANDIERA. *Aplikasi Pendeteksi Nominal Uang Kertas Rupiah Menggunakan Visi Komputer sebagai Alat Bantu bagi Penyandang Tunanetra* (dibimbing oleh Indrabayu Amirullah dan A. Ais Prayogi Alimuddin)

Tunanetra merupakan individu yang memiliki hambatan dalam penglihatan, termasuk dalam mengenali nominal uang kertas. Bank Indonesia telah berupaya dalam membantu tunanetra dengan mencantumkan fitur *blind code* pada uang kertas. Namun berdasarkan hasil wawancara dengan tunanetra di Yayasan Tunanetra kota Makassar, narasumber mengatakan jika *blind code* sulit diraba karena terlalu kecil dan kurang tegas. Cara manual yang dilakukan oleh tunanetra yakni bertanya pada orang awas, namun hal ini masih menyisakan masalah karena tunanetra kerap kali tertipu. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem yang mampu membantu tunanetra dalam mengenali nominal uang dengan pengimplementasian dalam bentuk aplikasi android menggunakan visi komputer. Tujuannya untuk mengetahui penerapan visi komputer dalam sistem deteksi nominal uang kertas rupiah dan untuk mengetahui kinerja dari pengimplementasian aplikasi sistem deteksi nominal uang rupiah sebagai alat bantu bagi penyandang tunanetra. Metode visi komputer yang digunakan dalam penelitian, yaitu YOLOv5s. Data penelitian terdiri atas data primer yang diambil langsung menggunakan kamera ponsel dan data sekunder dari internet. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model mencapai *Mean Average Precision* (MAP) 50 secara berturut-turut untuk jumlah *epoch* 50, 100, dan 150 dengan nilai MAP masing-masing sebesar 0,91, 0,96, dan 0,98. Rata-rata total akurasi aplikasi sistem deteksi mencapai 91,6% menunjukkan sistem mampu mendeteksi nominal uang kertas rupiah dengan baik. Dengan demikian, penelitian ini dapat membantu tunanetra dalam mengenali nominal uang kertas rupiah.

Kata Kunci: Tunanetra, uang kertas rupiah, visi komputer, YOLOv5s

ABSTRACT

NOVRINDA AGIL TANDIERA. *An Application for Detecting Indonesian Rupiah Banknote Using Computer Vision as an Aid for the Visually Impaired* (supervised by Indrabayu Amirullah and A. Ais Prayogi Alimuddin)

Visually impaired individuals have visual impairments, including in recognizing the value of banknotes. Bank Indonesia has attempted to assist the visually impaired by including a blind code feature on banknotes. However, based on interviews with blind people at the Foundation for the Blind in Makassar, the interviewees said that the blind code is difficult to feel because it is too small and not firm enough. The manual method used by the blind is to ask a layperson, but this still leaves a problem because the blind are often deceived. Therefore, a system is needed that is able to help the blind in recognizing the nominal money by implementing it in the form of an android application using computer vision. The goal is to find out the application of computer vision in the nominal detection system of rupiah banknotes and to find out the performance of the implementation of the rupiah banknote detection system application as a tool for blind people. The computer vision method used in the research is YOLOv5s. The research data consists of primary data taken directly using a cell phone camera and secondary data from the internet. The results showed that the model achieved a Mean Average Precision (MAP) of 50 for the number of epochs of 50, 100, and 150, respectively, with MAP values of 0,91, 0,96, and 0,98. While the accuracy of the detection system application reached a value of 91,6%, indicating that the system was able to detect the nominal rupiah banknotes well. Thus, this research can help the blind in recognizing the denominations of Indonesian banknotes.

Keywords: Visually impaired, Indonesian banknotes, computer vision, YOLOv5s

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
ABSTRAK.....	iii
ABSTRACT.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup.....	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Tunanetra.....	6
2.2 Uang Kertas.....	7
2.3 Visi Komputer.....	8
2.4 Deteksi Objek.....	9
2.5 <i>You Only Look Once</i>	10
2.6 <i>Confusion Matrix</i>	13
2.7 Aplikasi Android.....	14
BAB 3 METODE PENELITIAN/PERANCANGAN.....	15
3.1 Lokasi Penelitian.....	15
3.2 Benda Uji dan Alat.....	15
3.3 Rencana Penelitian.....	16
3.4 Perancangan Implementasi Sistem.....	17
3.4.1 Pengambilan data.....	17
3.4.2 Anotasi data.....	18
3.4.3 Perubahan ukuran.....	19
3.4.4 Augmentasi.....	20
3.4.5 Pembagian data.....	23
3.4.6 Pelatihan model menggunakan YOLOv5s.....	23
3.4.7 Integrasi model pada data.....	26
3.5 Evaluasi Model YOLOv5s.....	30
3.6 Evaluasi Kinerja Model pada Aplikasi.....	33
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Evaluasi Model YOLOv5s.....	34
4.1.1 Pelatihan model YOLOv5s.....	34
4.1.2 Perbandingan hasil pelatihan model YOLOv5s.....	44
4.2 Evaluasi Kinerja Model pada Aplikasi.....	50
4.2.1 Tampilan aplikasi sistem deteksi.....	50
4.2.2 Pengujian aplikasi sistem deteksi.....	50

4.2.3 Pengujian model pada aplikasi.....	51
4.2.4 Hasil pengujian model pada aplikasi.....	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA.....	68
Lampiran.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Uji coba pengambilan gambar oleh penyandang tunanetra.....	4
Gambar 2 Uang kertas rupiah emisi tahun 2016 dan tahun 2022.....	7
Gambar 3 Rangkaian proses utama pada visi komputer.....	9
Gambar 4 Contoh hasil deteksi objek	10
Gambar 5 Arsitektur metode YOLO.....	11
Gambar 6 <i>Confusion matrix</i>	13
Gambar 7 Lokasi penelitian pada Jl. Malino, Kabupaten Gowa.....	15
Gambar 8 Tahapan penelitian	16
Gambar 9 Rancangan implementasi sistem.....	17
Gambar 10 Contoh data primer.....	18
Gambar 11 Contoh data sekunder.....	18
Gambar 12 Jumlah dataset pada tiap kelas.....	18
Gambar 13 Proses anotasi data.....	19
Gambar 14 Dataset sebelum dan sesudah perubahan ukuran.....	19
Gambar 15 Dataset sebelum dan sesudah rotasi.....	20
Gambar 16 Dataset sebelum dan sesudah perubahan kecerahan.....	21
Gambar 17 Dataset sebelum dan sesudah eksposur.....	21
Gambar 18 Contoh penerapan gaussian blur pada data.....	22
Gambar 19 Contoh penerapan shear pada data.....	22
Gambar 20 Arsitektur YOLOv5s.....	24
Gambar 21 Struktur folder pelatihan YOLO.....	24
Gambar 22 Program pelatihan YOLOv5s menggunakan python.....	25
Gambar 23 <i>Flowchart</i> aplikasi sistem deteksi.....	26
Gambar 24 Program ekspor hasil pelatihan menggunakan python.....	27
Gambar 25 File TFLite pada direktori assets.....	27
Gambar 26 Implementasi library TFLite pada gradle android.....	27
Gambar 27 Daftar awal kelas pada file teks (txt).....	28
Gambar 28 Daftar kelas pada file teks (txt) setelah perbaikan.....	28
Gambar 29 Daftar kelas pada file konfigurasi data pelatihan	29
Gambar 30 Contoh penerapan IoU dalam melakukan prediksi.....	31
Gambar 31 Grafik hasil pelatihan dengan jumlah dataset 817.....	35
Gambar 32 Hasil prediksi model dengan jumlah dataset 817.....	36
Gambar 33 Grafik hasil pelatihan dengan jumlah dataset 1379.....	37
Gambar 34 Hasil prediksi model dengan jumlah dataset 1379.....	38
Gambar 35 Grafik hasil pelatihan dengan jumlah dataset 1945.....	39
Gambar 36 Hasil prediksi model dengan jumlah dataset 1945.....	40
Gambar 37 Grafik hasil pelatihan dengan jumlah <i>epoch</i> 100.....	41
Gambar 38 Hasil prediksi model dengan jumlah <i>epoch</i> 100.....	42
Gambar 39 Grafik hasil pelatihan dengan jumlah <i>epoch</i> 150.....	42
Gambar 40 Hasil prediksi model dengan jumlah <i>epoch</i> 150.....	43
Gambar 41 Grafik perbandingan mAP pada setiap jumlah data.....	44
Gambar 42 Grafik perbandingan <i>precision</i> pada setiap jumlah data.....	45
Gambar 43 Grafik perbandingan <i>recall</i> pada setiap jumlah data.....	45
Gambar 44 Grafik perbandingan mAP pada setiap jumlah <i>epoch</i>	47
Gambar 45 Grafik perbandingan <i>precision</i> pada setiap jumlah <i>epoch</i>	47

Gambar 46 Grafik perbandingan <i>recall</i> pada setiap jumlah <i>epoch</i>	48
Gambar 47 <i>Confusion matrix</i> menggunakan <i>epoch 150</i>	49
Gambar 48 Tampilan aplikasi	50
Gambar 49 Contoh pengujian skenario 1	52
Gambar 50 Contoh pengujian skenario 2.....	52
Gambar 51 Contoh pengujian skenario 3.....	53

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Perbandingan performa model YOLOv5.....	12
Tabel 2 Perbandingan hasil pelatihan berdasarkan jumlah dataset.....	46
Tabel 3 Perbandingan hasil pelatihan berdasarkan jumlah <i>epoch</i>	48
Tabel 4 Hasil pengujian aplikasi sistem deteksi.....	51
Tabel 5 Hasil pengujian model pada aplikasi.....	54
Tabel 6 Akurasi hasil pengujian aplikasi sistem deteksi.....	55
Tabel 7 Contoh hasil pengujian terdeteksi benar.....	56
Tabel 8 Contoh hasil pengujian terdeteksi salah / tidak terdeteksi.....	61

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan
AIMP	<i>Artificial Intelligence and Multimedia Processing</i>
AP	<i>Average Precision</i>
CFG	<i>Configuration</i>
FN	<i>False Negaitves</i>
FP	<i>False Positives</i>
IMG	<i>Image</i>
IoU	<i>Intersection over Union</i>
JPG	<i>Joint Photographic Experts Group</i>
MAP	<i>Mean Average Precision</i>
TFLite	<i>TensorFlow Lite</i>
TP	<i>True Positives</i>
YOLO	<i>You Only Look Once</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh data primer.....	69
Lampiran 2 Contoh data sekunder.....	70
Lampiran 3 Contoh hasil pengujian.....	71
Lampiran 4 Program pelatihan model YOLOv5s.....	72
Lampiran 5 Program aplikasi sistem deteksi.....	75
Lampiran 6 Program untuk ekstrak video menjadi frame.....	76

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur hanya kepada Tuhan Yang Maha Kuasa atas kasih dan berkat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul **“Aplikasi Pendeteksi Nominal Uang Kertas Rupiah Menggunakan Visi Komputer sebagai Alat Bantu bagi Penyandang Tunanetra”**. Skripsi ini menjadi salah satu syarat untuk menyelesaikan jenjang studi Strata 1 di Departemen Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir, penulis menemukan banyak kendala, baik internal maupun eksternal. Namun semuanya itu merupakan proses bagi penulis untuk menghasilkan sesuatu yang lebih baik lagi. Begitu juga rampungnya penulisan ini karena bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Orang tua penulis, Bapak Theopilus Maupa dan Ibu Hermin Tandiera yang senantiasa mendoakan, memberikan kasih sayang, arahan, bahkan menjadi sumber motivasi dan tempat curahan hati penulis selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Indrabayu, S.T., M.T., M.Bus.Sys., IPM, ASEAN. Eng., selaku Ketua Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan pembimbing I, serta Bapak A. Ais Prayogi Alimuddin, S.T., M.Eng., selaku pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, pikiran, dan perhatian dalam membimbing penulis.
3. Seluruh Dosen dan Staff Departemen Teknik Informatika Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang turut membantu penulis selama masa perkuliahan.
4. Teman-teman tunanetra di Yayasan Tunanetra Kota Makassar yang telah bersedia diwawancarai oleh penulis untuk mendapatkan ide dalam penulisan tugas akhir.
5. Teman-teman teknik informatika angkatan 2019 (S19NIFIER), teman-teman teknik informatika 2019 kelas B, dan teman-teman lab AIMP

2019 yang telah menjadi sumber inspirasi dan menjadi teman yang suportif selama masa perkuliahan hingga penyusunan tugas akhir.

6. Kakak-kakak Laboratorium AIMP yang telah menjadi tempat diskusi selama penyusunan tugas akhir.
7. Adik-adik penulis, Jannuar Abhidal dan Gladwin Albian, beserta keluarga besar yang memberikan dukungan doa dan semangat kepada penulis.
8. Herland Pallay Tutang yang telah hadir memberikan warna keceriaan dan menemani penulis selama perjalanan penyusunan tugas akhir.
9. Bapak Pdt. Yusuf Umma, Bapak Pdt. Jaffray Sandang, Bu guru Lilis, teman-teman PKM Gereja KIBAID Batubara Daya, bahkan seluruh jemaat yang senantiasa mendoakan dan memberikan kehangatan melalui canda tawa.
10. Annisa Fitri yang telah mengarahkan dan membantu penulis dalam mengimplementasikan model pada aplikasi android.
11. Seluruh pihak yang tidak tertulis namanya yang telah memberikan bantuan kepada penulis.

Ucapan terima kasih ini diiringi doa dari penulis, semoga Tuhan Yang Maha Kuasa memberkati setiap pihak yang telah memberikan kontribusi bagi penulis. Melalui tulisan ini, penulis berharap dapat memberikan pengetahuan dan manfaat bagi setiap pembaca. Segala saran dan kritik sangat diperlukan untuk pengembangan penelitian.

Gowa, 27 November 2023

Penulis,
Novrinda Agil Tandiera

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam menjalani kehidupan sehari-hari, manusia pada umumnya memanfaatkan berbagai panca indera, yakni indera penglihat, indera pendengar, indera pencium, indera pengecap, dan indera peraba. Namun, tidak jarang manusia yang memiliki keterbatasan indera atau individu berkebutuhan khusus yang kemudian disebut sebagai penyandang disabilitas. Sesuai Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), disabilitas berarti orang yang memiliki keterbatasan fisik, intelektual, mental, dan/atau sensorik dalam jangka waktu lama sehingga mengalami hambatan dan kesulitan dalam berinteraksi dengan lingkungan, dan menyebabkan keterbatasan dalam melaksanakan tugas atau kegiatan sehari-hari. Hal ini dialami oleh salah satu disabilitas, seperti penyandang tunanetra.

Persatuan Tunanetra Indonesia (Pertuni) mendefinisikan tunanetra adalah mereka yang tidak memiliki penglihatan sama sekali (*total blind*) hingga mereka yang masih memiliki sisa penglihatan namun tidak mampu menggunakan penglihatannya tanpa keadaan cahaya normal (*low vision*). Imbas dari keterbatasan penglihatan tersebut tentunya sangat besar karena banyak sekali informasi yang diperoleh manusia bersumber dari stimulus visual. Berbagai hambatan yang timbul akibat gangguan pada penglihatan meliputi kesulitan orientasi dan mobilitas, sukar melihat objek yang ada di hadapan individu, hingga ketidakmampuan membaca dan menulis, hambatan dalam melakukan interaksi sosial, hingga melaksanakan kegiatan sehari-hari (Brebahama dan Listyandini, 2016). Hal ini termasuk dalam mengenali jenis nominal uang kertas rupiah. Disabilitas tunanetra yang mengalami hambatan penglihatan, kerap kali mengalami kendala saat mengenali nominal pada uang kertas rupiah (Hanny Hafiar et al., 2020). Mengenali nominal dan keaslian uang kertas rupiah bagi disabilitas merupakan hal penting dalam meningkatkan kemandirian mereka dalam menjalani kehidupan sehari-hari, sebab uang kertas merupakan jenis uang yang paling banyak variasinya dan paling banyak digunakan untuk bertransaksi, dibandingkan uang koin dalam mata uang rupiah (Hanny Hafiar et al., 2020). Bank Indonesia menyatakan bahwa uang kertas mulai

digunakan sebagai alat pembayaran pada tahun 1661. Oleh karena itu, mengenali nominal uang merupakan kemampuan dasar yang perlu diketahui oleh manusia termasuk tunanetra untuk melakukan transaksi sebagai alat pembayaran yang sah di tengah masyarakat.

Bank Indonesia telah meluncurkan uang baru emisi 2016 dengan mencantumkan fitur *blind code* pada uang kertas, yaitu kode bagi tunanetra untuk mengenali nominal uang kertas. Kode yang dimaksud yaitu berupa sepasang garis yang dicetak timbul di sisi ujung kanan dan ujung kiri lembar uang kertas. Bank Indonesia mengharapkan tunanetra dapat mengetahui kode yang diberikan, yaitu semakin tinggi nominal uang kertas, maka semakin sedikit garis timbul yang ada. Misalnya, pada pecahan uang kertas seratus ribu terdapat dua buah garis di kanan dan kiri kertas, sedangkan pada pecahan uang kertas seribu terdapat empat belas garis di kanan dan kiri kertas. *Blind code* pada uang kertas dimaksudkan agar tunanetra memiliki kemudahan untuk mengenali besaran nominal uang dan memiliki kemandirian untuk melakukan transaksi menggunakan uang kertas.

Namun berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan bersama Ilham, salah satu tunanetra di Yayasan Pembinaan Tunanetra Indonesia Kota Makassar (YAPTI Makassar), memberikan pendapat bahwa mereka masih sulit mengetahui nominal uang dari *blind code* yang ada.

“Teman-teman netra khususnya yang buta total masih sulit untuk membedakan nominal uang kertas. Memang sudah ada blind code yang diberikan, tapi kami masih harus bertanya dengan orang awas di sekitar kami.”

Ia juga menjelaskan bahwa Bank Indonesia telah melakukan sosialisasi langsung, namun hasilnya tunanetra masih salah untuk membedakan nominal uang hanya dengan melakukan perabaan pada garis yang dicetak timbul. *Blind code* yang ada pada uang kertas dinilai kurang efektif dalam mengenali nominal uang karena garis terlalu kecil dan kurang tegas sehingga tidak terasa jika diraba, terutama ketika uang tersebut telah mengalami penurunan kualitas, seperti lusuh.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Hanny Hafiar et al., (2020), terdapat beberapa alasan tunanetra masih kesulitan mengenali nominal uang, antara lain, kondisi uang yang lusuh atau lecek mengakibatkan bagian yang kasar pada *blind code* menjadi kabur dan variasi *blind code* yang

berbeda pada beberapa emisi. Berbagai kendala tersebut dapat menyebabkan tunanetra salah mengambil uang maupun tertukarnya uang. Adapun upaya yang seringkali dilakukan oleh tunanetra untuk membedakan nominal uang, yakni bertanya kepada orang awas di sekitar. Namun, hal ini masih menyisakan sebuah masalah karena faktanya banyak tunanetra terkena penipuan ketika melakukan transaksi.

Berbagai penelitian telah dilakukan dan dikembangkan dalam mengenali nominal uang maupun mengidentifikasi keaslian uang. Adapun penelitian tersebut, antara lain, *Currency Feature Extraction using Image Processing Techniques* (Priyal Doshi, 2019) dan *Object Detection and Currency Recognition using CNN* (Mahesh Pawar et al., 2019).

Adapun penelitian lainnya untuk mengidentifikasi nominal uang kertas rupiah, antara lain, Rancang Bangun Alat Bantu Pendeteksi Nominal Uang Kertas untuk Tunanetra Menggunakan Kamera Berbasis Raspberry Pi (Wahyu Pradika Candrawasih, 2017), Implementasi *Deep Learning* menggunakan Metode *Convolutional Neural Network* dan Algoritma YOLO dalam Sistem Pendeteksi Uang Kertas Rupiah bagi Penyandang *Low Vision* (Kevin Maulana Azhar et al., 2021), dan Deteksi Nominal Uang Kertas Menggunakan OCR (*Optical Character Recognition*) (Wanda Hamidah et al., 2022).

Uraian penelitian di atas telah menggunakan berbagai metode dalam pengembangan dengan tingkat akurasi yang berbeda-beda. Terdapat penelitian yang memiliki akurasi tinggi dalam mendeteksi nominal uang kertas rupiah dari berbagai sisi, namun masih menggunakan alat yang cukup besar dan sulit untuk digunakan oleh tunanetra. Selain itu, penelitian juga sudah dikembangkan dalam bentuk aplikasi dengan teknologi visi komputer namun masih perlu memperhatikan posisi pengambilan gambar oleh tunanetra.

Adapun uji coba posisi pengambilan gambar oleh tunanetra telah dilakukan di YAPTI Makassar pada 1 Februari 2023, memperlihatkan posisi pengambilan gambar yang tidak tepat berada pada tengah-tengah bingkai gambar seperti pada gambar 1, sehingga diperlukan sistem yang mampu mendeteksi nominal uang dengan posisi yang berbeda-beda berdasarkan pola gambar pada uang.



Gambar 1 Uji coba pengambilan gambar oleh penyandang tunanetra

Berdasarkan uraian latar belakang, penulis akan mengembangkan penelitian mengenai deteksi nominal uang kertas rupiah menggunakan teknologi visi komputer dalam mengolah gambar dengan memperhatikan posisi pengambilan gambar oleh tunanetra serta menggunakan aplikasi android untuk mengetahui nominal uang kertas secara langsung. Oleh karena itu, penulis mengangkat judul penelitian “APLIKASI PENDETEKSI NOMINAL UANG KERTAS RUPIAH MENGGUNAKAN VISI KOMPUTER SEBAGAI ALAT BANTU BAGI PENYANDANG TUNANETRA”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian, yaitu :

1. Bagaimana penerapan visi komputer dalam sistem deteksi nominal uang kertas rupiah sebagai alat bantu bagi penyandang tunanetra?
2. Bagaimana kinerja dari pengimplementasian aplikasi sistem deteksi nominal uang rupiah menggunakan visi komputer sebagai alat bantu bagi penyandang tunanetra?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang diuraikan, maka tujuan penelitian, yaitu :

1. Untuk mengetahui penerapan visi komputer dalam sistem deteksi nominal uang kertas rupiah sebagai alat bantu bagi penyandang tunanetra.
2. Untuk mengetahui kinerja dari pengimplementasian aplikasi sistem deteksi nominal uang rupiah menggunakan visi komputer sebagai alat bantu bagi penyandang tunanetra.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini, yaitu :

1. Mempermudah penyandang tunanetra dalam mengenali nominal uang kertas rupiah.
2. Dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian selanjutnya terkait deteksi nominal uang maupun visi komputer.

1.5 Ruang Lingkup

1. Mendeteksi nominal uang kertas rupiah dengan data masukan sebanyak tujuh pecahan, yaitu pecahan Rp1,000, Rp2,000, Rp5,000, Rp10,000, Rp20,000, Rp50,000, dan Rp100,000.
2. Nominal uang kertas rupiah yang dijadikan sebagai data masukan merupakan keluaran tahun emisi 2016 dan 2022.
3. Pengambilan data berdasarkan ekstraksi fitur uang kertas.
4. Pengambilan gambar dilakukan menggunakan kamera ponsel.
5. Pengambilan gambar dilakukan pada posisi depan dan belakang uang kertas rupiah.
6. Implementasi sistem pada aplikasi android berupa teks dan audio secara *real-time*.
7. Sistem deteksi hanya mendukung penggunaan terbatas pada satu uang kertas dalam satu sesi, tidak mampu mendeteksi lebih dari satu uang kertas secara bersamaan.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tunanetra

Persatuan Tunanetra Indonesia (Pertuni) mendefinisikan tunanetra adalah mereka yang tidak memiliki penglihatan sama sekali (*total blind*) hingga mereka yang masih memiliki sisa penglihatan namun tidak mampu menggunakan penglihatannya tanpa keadaan cahaya normal (*low vision*). Somantri (2007) mengungkapkan bahwa tunanetra adalah individu yang kehilangan penglihatan karena kedua indera penglihatannya tidak berfungsi seperti orang awas. Selain itu, Ratnasari (2015) juga menyampaikan bahwa tunanetra adalah seseorang yang mempunyai penglihatan yang kurang akurat/kurang baik dibandingkan dengan orang awas, walupun mereka sudah dibantu dengan alat bantu visual, dan menyebabkan mereka memerlukan energi dan waktu yang banyak untuk mengerjakan tugas-tugas visual. Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa tunanetra adalah seseorang yang memiliki keterbatasan pada penglihatan sehingga sulit menerima informasi secara visual.

Menurut Utomo dan Nadya (2020) seorang tunanetra mungkin tidak mempunyai penglihatan sama sekali meskipun hanya untuk membedakan antara terang dan gelap. Orang dengan kondisi penglihatan seperti ini dikatakan sebagai “buta total”. Sedangkan orang tunanetra yang masih memiliki sisa penglihatan yang fungsional, dapat disebut sebagai orang “kurang awas” atau lebih dikenal dengan sebutan “*low vision*”. Kehilangan penglihatan menyebabkan tunanetra memiliki beberapa permasalahan menurut Imam dan Mirnawati (2021), yaitu, (1) keterbatasan di dalam lingkup pengalaman, (2) keterbatasan dalam berinteraksi dengan lingkungan, dan (3) keterbatasan dalam mobilitas. Berbagai hambatan yang timbul akibat gangguan pada penglihatan meliputi kesulitan orientasi dan mobilitas, sukar melihat objek yang ada di hadapan individu, hingga ketidakmampuan membaca dan menulis, hambatan dalam melakukan interaksi sosial, hingga melaksanakan kegiatan sehari-hari (Brebahama dan Listyandini, 2016). Hal ini termasuk dalam mengenali jenis nominal uang kertas rupiah. Disabilitas tunanetra

yang mengalami hambatan penglihatan, kerap kali mengalami kendala saat mengenali nominal pada uang kertas rupiah (Hanny Hafiar et al., 2020).

2.2 Uang Kertas

Uang telah menjadi objek penting yang wajib dimiliki oleh masyarakat untuk melakukan transaksi atau pertukaran lebih mudah, seperti pembelian barang maupun pembayaran jasa. Pada masa sejarah, manusia memenuhi kebutuhan hidupnya dengan melakukan penukaran barang dengan barang menggunakan sistem barter yang dianggap dapat memberikan keuntungan satu sama lain. Namun hal ini menyisakan masalah ketika barang yang hendak ditukar tidak diperlukan oleh pihak lainnya sehingga tidak dapat dilakukan sistem barter. Oleh karena itu, manusia mulai mengatasi masalah tersebut dengan menciptakan alat pembayaran yang disepakati, seperti menggunakan kerang, batu-batuan, emas, logam, hingga tercipta uang seperti saat ini.

Bank Indonesia menyatakan bahwa uang kertas mulai digunakan sebagai alat pembayaran pada tahun 1661. Setiap negara memiliki nilai mata uang yang berbeda-beda, misalnya di Amerika Serikat menggunakan US. Dollar, di India menggunakan Rupee, dan di Malaysia menggunakan Ringgit. Rupiah merupakan mata uang resmi yang berlaku di Negara Kesatuan Republik Indonesia, berupa uang kertas dan uang logam. Di Indonesia, uang rupiah seringkali mengalami perubahan desain maupun ukuran, khususnya uang kertas, sehingga terdapat beberapa perbedaan antara emisi uang. Emisi uang yang banyak beredar di masyarakat Indonesia saat ini, yaitu emisi uang kertas rupiah tahun 2016 (a) dan tahun 2022 (b) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.



(a)
Emisi 2016

(b)
Emisi 2022

Gambar 2 Uang kertas rupiah

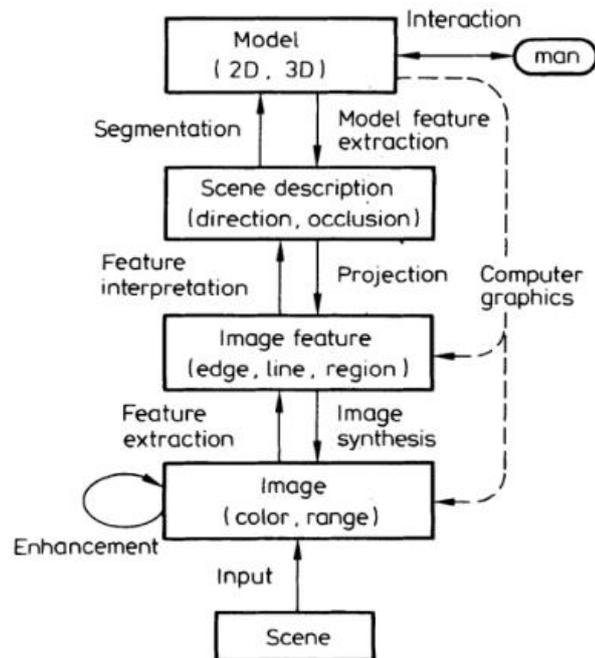
2.3 Visi Komputer

Mata manusia merupakan organ penglihatan yang mampu memproses informasi visual dengan baik. Mata manusia terdiri dari banyak sel saraf yang bekerja sama untuk mengambil informasi dari lingkungan sekitar dan mengirimkan sinyal ke otak untuk diolah lebih lanjut. Selain itu, mata manusia memiliki kemampuan untuk dapat membedakan warna, bentuk, dan tekstur yang berbeda di lingkungan sekitar. Sama halnya dengan teknologi visi komputer.

Pada hakikatnya, visi komputer mencoba meniru cara kerja sistem visual manusia (*human vision*). Visi komputer merupakan proses otomatis yang mengintegrasikan sejumlah besar proses untuk persepsi visual, seperti akuisisi citra, pengolahan citra, klasifikasi, pengenalan, dan pembuat keputusan. Visi komputer dapat didefinisikan sebagai bidang ilmu untuk mengekstrak informasi dari gambar digital. Jenis informasi yang diperoleh dari gambar dapat bervariasi, mulai dari identifikasi, pengukuran navigasi, hingga aplikasi *augmented reality*. Definisi lainnya, visi komputer yaitu proses membangun algoritma yang dapat memahami konten gambar dan menggunakannya untuk aplikasi lain. Tujuan visi komputer yaitu memungkinkan komputer memahami lingkungan berdasarkan informasi visual. Informasi visual memegang peranan penting dalam aktivitas manusia. Oleh karena itu, visi komputer menjadi salah satu penelitian menarik dalam bidang kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) (Krishna, 2017).

Alur visi komputer merupakan proses berulang. Tahapan tersebut dimulai dengan memasukkan data (*scene*) lalu dilakukan peningkatan kualitas (*enhancement*) seperti peningkatan kontras, peningkatan kecerahan, dan mengurangi *noise*. Setelah itu, fitur-fitur pada data akan diekstraksi untuk mendapatkan informasi penting yang berguna dalam proses analisis citra maupun pengenalan objek. Hasil ekstraksi tersebut dapat dilakukan interpretasi fitur untuk membantu mengidentifikasi kelas objek yang terdapat pada gambar. Hasil akhir visi komputer dapat berupa model dua dimensi (2D) maupun tiga dimensi (3D). 2D merupakan gambar yang terdiri dari sumbu x dan y seperti pengenalan wajah atau plat kendaraan. Sedangkan 3D mengacu pada sumbu x, y, dan z yang memberikan informasi mengenai kedalaman atau jarak antara objek dalam suatu lingkungan,

seperti robotika atau pemetaan lingkungan (Yoshikai Shiari, 1987). Adapun rangkaian proses utama pada visi komputer dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian proses utama pada visi komputer
sumber : Buku Three-Dimensional Computer Vision (1987)

2.4 Deteksi Objek

Deteksi objek merupakan teknik dasar dalam bidang visi komputer untuk menemukan dan mengidentifikasi sebuah objek dalam gambar maupun video. Tujuan dari deteksi objek adalah mendeteksi semua cetakan objek (*object instance*) dari satu atau beberapa kelas yang diketahui, seperti orang, mobil, atau wajah dalam sebuah gambar. Setiap deteksi diidentifikasi dengan beberapa bentuk informasi, seperti lokasi objek, lokasi dan skala, kotak pembatas (*bounding box*), atau topeng segmentasi (*segmentation mask*). Seperti contoh pada gambar 4, terdapat beberapa objek berbeda dalam satu gambar. Adanya deteksi objek memungkinkan sistem untuk membentuk kotak pembatas serta menampilkan hasil deteksi yang sesuai dengan objek yang ada pada gambar.



Gambar 4 Contoh hasil deteksi objek
sumber : The startup founder

Zhao et al., (2019) menjelaskan permasalahan yang diatasi oleh deteksi objek, yaitu menentukan lokasi objek pada gambar yang diberikan (*object localization*) dan menentukan setiap kategori dari objek yang dideteksi (*object classification*), sehingga terdapat tiga tahapan utama pada deteksi objek :

1. Pemilihan Wilayah yang Informatif : Ketika kita ingin mencari objek pada gambar yang ukurannya, rasio aspeknya, atau posisinya berbeda-beda, cara yang paling alami adalah dengan memindai seluruh gambar dengan jendela yang bisa digeser dan berubah ukurannya. Namun, cara ini akan memakan banyak waktu dan sumber daya karena jumlah jendela kandidat yang besar dan menghasilkan terlalu banyak jendela yang redundan.
2. Ekstraksi Fitur : Untuk mengenali objek yang berbeda pada gambar, kita perlu mengekstrak fitur visual yang dapat memberikan representasi yang bermakna dan kuat.
3. Klasifikasi : Selain itu, diperlukan sebuah klasifier untuk membedakan objek target dari kategori lainnya dan membuat representasi lebih hierarkis, bermakna, dan informatif untuk pengenalan visual

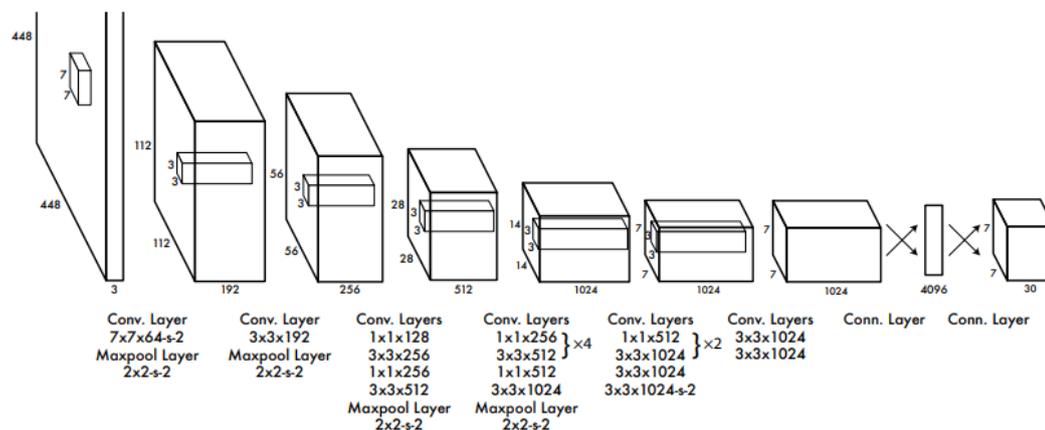
2.5 You Only Look Once

You Only Look Once (YOLO) merupakan sebuah algoritma deteksi objek yang populer dalam bidang visi komputer. Algoritma ini pertama kali diperkenalkan dalam sebuah penelitian berjudul “*You Only Look Once : Unified, Real-Time Object Detection*” oleh Redmon et al., (2016). Sejak saat itu, YOLO telah menjadi salah satu algoritma populer yang banyak digunakan dalam aplikasi

visi komputer, khususnya dalam kasus yang membutuhkan kecepatan tinggi dan mampu mendeteksi objek secara *real-time* dengan akurasi yang tinggi.

Konsep dasar YOLO dalam mendeteksi objek yakni menggunakan sebuah jaringan konvolusi yang secara simultan memprediksi beberapa kotak pembatas (*bounding box*) dan probabilitas kelas untuk setiap kotak tersebut. Menurut Redmon et al., (2016), YOLO memiliki beberapa keuntungan. Pertama, YOLO sangat cepat karena tidak memerlukan *pipeline* yang kompleks. Kedua, YOLO dapat melihat seluruh gambar secara global saat melakukan prediksi, tidak seperti metode lainnya yang hanya melihat sebagian kecil gambar menggunakan teknik *sliding-window* dan *region proposal-based*. Ketiga, YOLO dapat mempelajari representasi objek yang dapat digeneralisasi dengan baik pada berbagai jenis gambar, termasuk gambar alami dan karya seni. Generalisasi dalam hal ini berarti YOLO dapat mengenali objek pada gambar yang belum pernah dilihat sebelumnya.

Arsitektur YOLO merupakan pengembangan dari metode *Convolutional Neural Network* yang memiliki 24 *convolutional layer*, *pooling layer*, dan 2 *fully connected layers*. *Convolutional layer* berfungsi untuk mengekstraksi fitur dari input gambar, sedangkan *fully connected layer* berperan dalam memprediksi probabilitas output dan koordinat.



Gambar 5 Arsitektur Metode YOLO
sumber : Jurnal You Only Look Once (2016)

Arsitektur YOLO menggunakan input gambar dengan ukuran yang tetap dan membagi gambar menjadi grid dengan ukuran $S \times S$. Setiap sel grid bertanggung jawab untuk memprediksi *bounding box* dan probabilitas kelas objek dalam setiap

sel tersebut. Arsitektur YOLO menggunakan *loss function* yang dirancang khusus untuk deteksi objek, yang memungkinkan YOLO untuk dilatih secara *end-to-end*. Arsitektur YOLO juga menggunakan teknik *batch normalization* untuk mempercepat pelatihan dan mengurangi *overfitting*.

YOLO telah memiliki banyak versi model, antara lain YOLOv5n, YOLOv5s, YOLOv5m, YOLOv5l, dan YOLOv5x. YOLOv5s merupakan salah satu model yang kecil dalam seri YOLO dan lebih cocok untuk diimplementasikan pada platform perangkat mobile. Adapun tabel perbandingan performa tiap model seperti terlihat pada tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan performa model YOLOv5

Model	size (pixels)	mAP ^{val} ₅₀₋₉₅	mAP ^{val} ₅₀	Speed CPU b1 (ms)	Speed V100 b1 (ms)	Speed V100 b32 (ms)	params (M)	FLOPs @640 (B)
YOLOv5n	640	28.0	45.7	45	6.3	0.6	1.9	4.5
YOLOv5s	640	37.4	56.8	98	6.4	0.9	7.2	16.5
YOLOv5m	640	45.4	64.1	224	8.2	1.7	21.2	49.0
YOLOv5l	640	49.0	67.3	430	10.1	2.7	46.5	109.1
YOLOv5x	640	50.7	68.9	766	12.1	4.8	86.7	205.7
YOLOv5n6	1280	36.0	54.4	153	8.1	2.1	3.2	4.6
YOLOv5s6	1280	44.8	63.7	385	8.2	3.6	12.6	16.8
YOLOv5m6	1280	51.3	69.3	887	11.1	6.8	35.7	50.0
YOLOv5l6	1280	53.7	71.3	1784	15.8	10.5	76.8	111.4
YOLOv5x6	1280	55.0	72.7	3136	26.2	19.4	140.7	209.8
+ TTA	1536	55.8	72.7	-	-	-	-	-

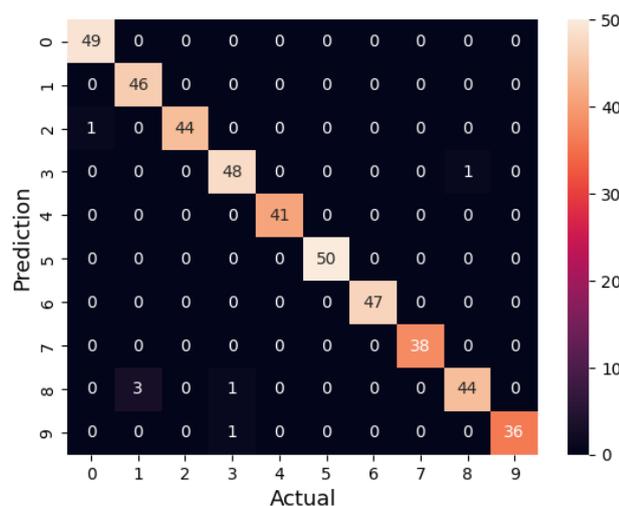
sumber : Github ultralytics

2.6 Confusion Matrix

Dalam mengukur performa model dalam klasifikasi, maka dibutuhkan *confusion matrix* untuk membandingkan hasil prediksi dari model dengan nilai atau kelas yang sebenarnya. *Confusion matrix* menjadi dasar perhitungan dalam melakukan perhitungan validasi model, seperti *recall* dan *precision*. Menurut Markoulidakis (2021), terdapat empat sel utama yang mewakili hasil prediksi benar dan salah, yakni :

- 1) True Positive (TP): Jumlah data yang benar diprediksi sebagai positif oleh model.
- 2) False Positive (FP): Jumlah data yang salah diprediksi sebagai positif oleh model.
- 3) False Negative (FN): Jumlah data yang salah diprediksi sebagai negatif oleh model.
- 4) True Negative (TN): Jumlah data yang benar diprediksi sebagai negatif oleh model

Adapun contoh matrik terdapat pada gambar 6. Setiap baris pada matriks menunjukkan kelas aktual, sedangkan setiap kolom menunjukkan kelas prediksi. Jumlah data yang diprediksi benar untuk setiap kelas ditunjukkan oleh elemen diagonal pada matriks, sedangkan jumlah data yang diprediksi salah ditunjukkan oleh elemen non-diagonal pada matriks.



Gambar 6 *Confusion Matrix*

sumber : geeks for geeks

2.7 Aplikasi Android

Android merupakan sebuah perangkat lunak dan sistem operasi yang digunakan pada perangkat *mobile* maupun tablet dan bersifat *open source*, yaitu kode sumbernya terbuka dan dapat dikembangkan oleh siapapun. Android telah menjadi sistem operasi populer yang banyak digunakan di tengah masyarakat, karena telah banyak membantu masyarakat dengan beberapa pemanfaatan, seperti sebagai alat komunikasi, sumber hiburan, dan dapat menunjang aktivitas lainnya. Selain itu, android juga telah menjadi pilihan dalam mengimplementasikan hasil penelitian. Penelitian yang dilakukan oleh Herlina Anwar (2022) memanfaatkan android untuk melakukan deteksi dan estimasi jarak tangga. Begitu juga penelitian yang dilakukan oleh Rieka Zalzabila Putri (2023) untuk melakukan klasifikasi tanaman obat menggunakan android.