

Rancang Bangun Alat Identifikasi Nominal Mata Uang Untuk Tunanetra Berbasis Raspberry Pi

1st Miftah Falah Herawanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

falahherawanto@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Iswahyudi Hidayat
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

iswahyudihidayat@telkomuniversity.ac.id

3rd Wahmisari Priharti
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Uang merupakan salah satu alat pembayaran atau alat tukar yang sah dalam kehidupan sehari-hari. Pada zaman yang serba modern ini transaksi jual-beli dilakukan oleh setiap orang guna memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Beberapa dari mereka ada yang memiliki kesulitan dalam mengenali nominal uang yang mereka gunakan, diantaranya penyandang tunanetra yang dapat dicurangi dalam melakukan transaksi. Objek identifikasi sistem yaitu nominal mata uang kertas Republik Indonesia emisi 2016 dengan nominal Rp 20.000, Rp 50.000, dan Rp 100.000 menggunakan metode *color filtering* HSV dan dicitrakan dengan Raspberry Pi Camera serta penggunaan *speaker* sebagai pelafalan nominal mata uang kertas sebagai keluaran sistem. Akurasi yang didapatkan pada rancangan alat menggunakan 3 kelas klasifikasi adalah 94%. Metode *color filtering* HSV pada perancangan alat ini cukup baik sebagai identifikasi nominal mata uang kertas melalui dimensi warna yang diambil pada setiap mata uang kertas.

Kata kunci— Mata Uang Kertas, Tunanetra, Raspberry Pi, Color Filtering HSV.

I. PENDAHULUAN

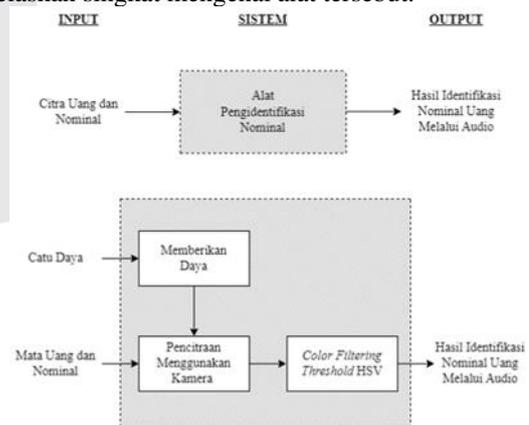
Uang merupakan salah satu alat pembayaran atau alat tukar yang sah dalam kehidupan sehari-hari oleh setiap orang. Uang yang digunakan untuk bertransaksi tidak semua berbentuk rapi dan utuh, terkadang terdapat uang yang lusuh dikarenakan perputaran uang melalui individu ke individu dari setiap penjuru nusantara. Pada zaman yang serba modern ini transaksi jual-beli dilakukan oleh setiap orang guna memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Beberapa dari mereka ada yang memiliki kesulitan dalam mengenali nominal uang kertas yang tersebar dikarenakan uang kertas tersebut beberapa berbentuk lusuh dan juga tidak utuh, diantaranya penyandang tunanetra yang tidak dapat mengenali uang lusuh dan tidak utuh tersebut [1]. Pada tugas akhir ini akan melakukan “Rancang Bangun Alat Identifikasi Nominal Mata Uang Untuk Tunanetra Berbasis Raspberry Pi” yang diharapkan memberikan solusi dari permasalahan tersebut. Dalam pengerjaan, akan menggunakan metode untuk mengidentifikasi nominal mata uang melalui warna pada mata uang yang diujikan. Penelitian yang sudah ada sebelumnya membahas mengenai pendeteksian nominal mata uang diantaranya, dengan metode HSV, Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation, dan SVM.

Dikenal banyak metode yang digunakan untuk mengklasifikasi mata uang diantaranya yang sudah disebutkan diatas, namun pada pengerjaan tugas akhir ini akan menggunakan metode *Hue, Saturation, Value* (HSV) sebagai sistem identifikasi nominal mata uang menggunakan *color filtering*. Metode pengidentifikasi nominal dengan *color filtering* HSV dipilih karena metode ini mudah untuk digunakan dalam menentukan warna menggunakan ruang warna HSV (*Hue, Saturation, Value*) dikarenakan ruang warna tersebut dapat langsung mengarah pada penentuan warna merah, hijau, biru pada nilai *Hue* tanpa memperhitungkan warna hitam-putih pada suatu objek, *saturation* memperhitungkan nilai keabuan warna, dan *value* menunjukkan kehitaman suatu warna.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Desain Konsep Solusi

Desain solusi sistem pada pengerjaan tugas akhir ini adalah merancang alat pengidentifikasi nominal mata uang sebagai alat yang memudahkan penyandang tunanetra mengenali uang yang digunakan. Gambar berikut akan menjelaskan singkat mengenai alat tersebut.



GAMBAR 1

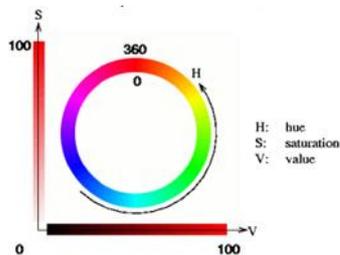
(Diagram Konsep Solusi)

B. Tunanetra

Mata sebagai salah satu indera terpenting pada manusia, dengan indera tersebut informasi yang tampak akan didapat lebih banyak untuk manusia mampu melangsungkan berbagai kegiatan. Namun, beberapa dari kita masih banyak

yang mengalami gangguan penglihatan mulai dari kecacatan ringan hingga kecacatan berat yang mampu menimbulkan kebutaan [2]. Istilah tunanetra berasal dari kata tuna yang memiliki arti rusak dan netra yaitu mata, dengan kata lain tunanetra yaitu kondisi individu mengalami kerusakan pada organ mata sebagai indera penglihatan. Tidak semua tunanetra dapat dikatakan tidak dapat melihat menggunakan mata sebagai indera penglihatan mereka untuk melakukan kegiatan, secara umum tunanetra dapat dibagi menjadi dua klasifikasi, yaitu buta total dan kurang penglihatan.

C. Hue, Saturation, Value (HSV)



GAMBAR 2
(Spektrum Hue, Saturation, Value)

Ruang warna HSV merupakan ruang warna yang memiliki 3 komponen utama yaitu Hue, Saturation, Value. Hue merupakan spektrum warna yang terdapat warna merah, kuning, hijau, dan biru yang berurut yang ditunjukkan mulai dari 0° hingga 360° [3]. Nilai spektrum saturation berkisar pada 0 sampai 1 yang ditunjukkan 0% hingga 100%. Nilai tersebut menunjukkan warna keabuan dari suatu warna mulai dari 0% hingga 100% yaitu warna asli. Value (intensity) merupakan komponen terakhir dari ruang warna HSV yang menunjukkan kecerahan suatu warna yang ditunjukkan dengan 0% hingga 100%, dengan 0% yaitu paling gelap dan 100% paling cerah [3].

D. Text-to-Speech

Suatu sistem mampu mengkonversi text menjadi suara atau dengan penyebutan text-to-speech yaitu sistem yang mampu mengeluarkan sinyal suara dari transkripsi grafem-ke-fonem dengan setiap suara atau kalimat yang muncul. Secara umum, sistem text-to-speech ini diistilahkan seperti proses konversi tulisan menjadi sebuah suara atau audio digital yang dilafalkan langsung melalui penguas suara atau disimpan hasil pengucapannya. Penggunaan sistem text-to-speech telah banyak digunakan diberbagai sistem diantaranya buku digital, voice translator, aplikasi game, dsb[4].

E. Color Filtering HSV

Color filtering HSV merupakan suatu teknik pengolahan citra yang digunakan sebagai manipulasi suatu citra berdasarkan warna spesifik yaitu dengan membandingkan parameter warna setiap pixel citra dengan warna spesifik serta merubah warna asli BGR ke warna HSV. Beberapa warna yang telah ditentukan akan dilakukan color filtering HSV berdasarkan warna, kemudian warna HSV tersebut akan dilakukan thresholding sesuai dengan kebutuhan [5]. Pecuplikan data atau thresholding yaitu pecuplikan data pada citra menggunakan pendekatan hue yang berupa warna dan saturation serta value yang berupa intensitas [6].

Penentuan threshold dapat dilakukan dengan berbagai macam pendekatan diantaranya adalah pendekatan batas, pendekatan tepi, dan pendekatan daerah. Pada pemilihan metode pendekatan, dapat disesuaikan oleh kebutuhan threshold masing-masing pengguna agar menghasilkan threshold semaksimal mungkin serta fitur yang digunakan pada citra.

Thresholding menggunakan filter HSV merupakan metode dengan melakukan pencuplikan sample pixel sebagai referensi warna yang diinginkan. Objek citra yang dimiliki perlu dilakukan konversi BGR ke HSV. Perlu menentukan nilai toleransi agar dapat membentuk threshold yang sesuai dengan kebutuhan pada tiap dimensi warna HSV. Segmen area pada warna dengan nilai toleransi yang sudah ditentukan akan membentuk segmen area threshold yang dibutuhkan[6]. Perhitungan pixel dilakukan dengan cara menganalisis pixel yang bertetangga dengan pixel utama dengan jarak 1 petak, dimana kelompok pixel tersebut dinamakan Blob [6]. Perhitungan tersebut menggunakan sistem pixel 8-neighbors seperti gambar berikut:



GAMBAR 3
(Pixel 8-Neighbors)

Pixel dengan warna merah merupakan pixel utama dari pixel 8-neighbors dan lainnya merupakan pixel tetangga dari pixel utama. Sistem pixel 8-neighbors memiliki hasil penentuan yang memiliki akurasi yang baik dikarenakan dapat menentukan pixel utama dan tetangganya.

Cahaya yang diberikan pada objek citra sangat berpengaruh dalam penentuan threshold yang dilakukan dikarenakan intensitas saturasi dalam penentuan warna akan berbeda setiap nilai acuan dan nilai toleransi yang diperoleh.

Konversi warna BGR ke HSV digunakan sebagai penentu warna agar lebih spesifik untuk pengambilan komponen warna. Untuk persamaan dan langkah-langkah konversi sebagai berikut [7].

$$H = \tan \left[\frac{3(G - B)}{(G - B) + (R + B)} \right]$$

$$S = 1 \times \frac{\min(R, G, B)}{V}$$

$$V = \frac{R + G + B}{3}$$

Apabila S=0, maka nilai H tidak bisa ditentukan dan harus menggunakan rumus berikut.

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

$$g = \frac{G}{R + G + B}$$

$$b = \frac{B}{R + G + B}$$

Dengan persamaan konversi BGR ke HSV yaitu.

$$V = \max(r, g, b)$$

$$S = \begin{cases} 0 & , \text{jika } V = 0 \\ V - \frac{\min(r, g, b)}{V} & , \text{jika } V > 0 \end{cases}$$

$$H = \begin{cases} \frac{1}{6} \left[\frac{(g - b)}{(S \times V)} \right] & , V = r \\ \frac{1}{6} \left[2 + \frac{(b - r)}{(S \times V)} \right] & , G = v \\ \frac{1}{6} \left[4 + \frac{(r - g)}{(S \times V)} \right] & , B = v \end{cases}$$

Apabila $H < 0$, maka persamaannya yaitu.

$$H = H + 360$$

F. Evaluasi Kinerja

Nilai akurasi ini digunakan untuk menunjukkan tingkat kedekatan dari nilai yang diperoleh dengan nilai aktual pada sistem dalam mengidentifikasi setiap nominal mata uang kertas Republik Indonesia emisi 2016. Nilai presisi juga akan dilakukan percobaan guna mengetahui seberapa baik sistem dapat membandingkan data yang diperoleh dengan data yang dibutuhkan. Dan juga perhitungan *recall* dengan definisi singkatnya yaitu keberhasilan sistem untuk dapat mencocokkan data. Persamaannya sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{TP}{Total\ Data}$$

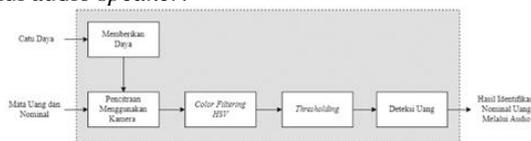
$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

III. METODE

A. Desain Sistem

Pengerjaan rancangan alat yang ada yaitu untuk mempermudah penyandang tunanetra dalam mengidentifikasi nominal mata uang. Proses pada pengerjaan rancangan alat yaitu dengan melakukan pencitraan uang kertas asli dan palsu menggunakan kamera Raspberry Pi yang kemudian akan diproses menggunakan *machine learning* untuk menentukan hasil pada *output* yang ditunjukkan melalui audio *speaker*.



GAMBAR 7 (Diagram Blok Sistem)

Sistem keseluruhan yang akan digunakan pada rancangan alat ini yaitu menggunakan Raspberry Pi sebagai mikrokontroler yang akan memproses keseluruhan sistem yang terkait, komponen kamera Raspberry Pi yang berfungsi sebagai pencitraan pada objek yang berupa uang kemudian

akan dilakukan *color filtering* HSV untuk mendapatkan nilai setiap parameter. Dari nilai tersebut akan dilakukan *thresholding* dengan nilai parameter minimum dan maksimum yang kemudian akan menghasilkan identifikasi nominal yang dideteksi melalui audio *speaker*.

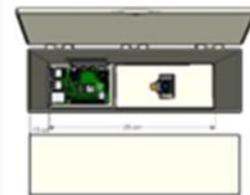
Pada desain perangkat keras ini menggunakan Raspberry Pi sebagai komponen utama yaitu sebagai otak dari keseluruhan sistem untuk memproses dan mengolah data dari hasil citra uang melalui kamera Raspberry Pi dengan hasil *output* ditunjukkan melalui audio *speaker*. Hasil citra tersebut adalah uang yang *dicapture* oleh kamera Raspberry Pi dengan bantuan LED sebagai pencahayaan agar pencitraan yang dihasilkan maksimal.



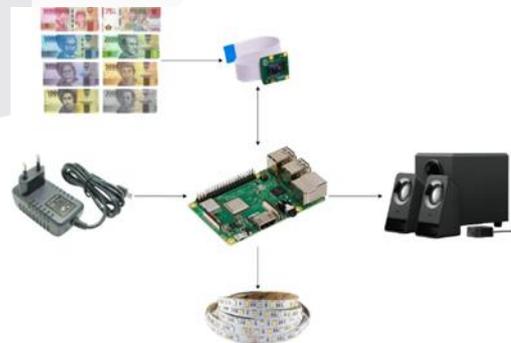
GAMBAR 4 (Alat Tampak Belakang)



GAMBAR 5 (Alat Tampak Depan)

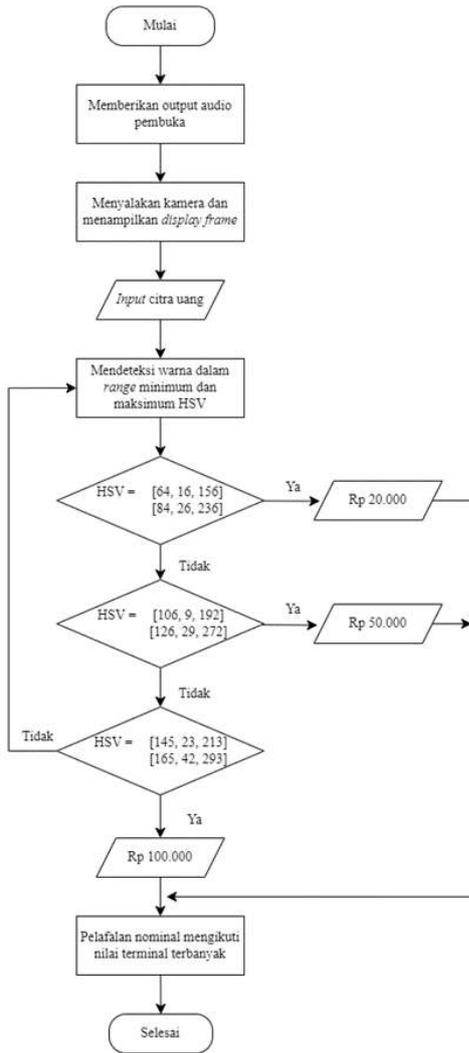


GAMBAR 6 (Alat Tampak Atas)



GAMBAR 8 (Desain Perangkat Keras)

B. Diagram Alir

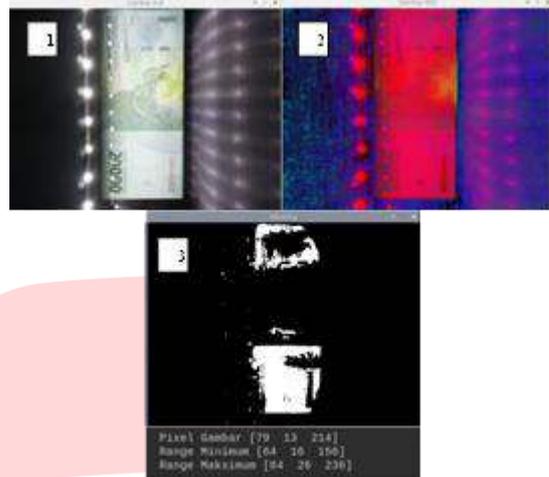


GAMBAR 9 (Diagram Alir Sistem)

Berdasarkan diagram alir tersebut, tahap pertama adalah saat sistem menyala akan memberikan output audio selamat datang ditandai sistem sudah menyala. Setelah audio selesai, kamera dan display frame untuk pencitraan mata uang kertas siap digunakan sebagai identifikasi nominal uang. Saat input citra uang dijalankan, selanjutnya akan mendeteksi warna nominal sesuai dengan range warna yang sudah diberikan pada sistem. Pada tahap selanjutnya, sistem akan mengidentifikasi apakah nominal tersebut uang Rp 20.000, Rp 50.000, atau Rp 100.000. Apabila mata uang kertas terdeteksi Rp 20.000 maka nilai terminal akan terus bertambah 1 hingga nilai maksimal, jika tidak maka akan mendeteksi uang selanjutnya. Setelah identifikasi berhasil dan nilai terminal salah satu nominal mata uang kertas mencapai maksimal akan menunjukkan hasil nominal uang tersebut menggunakan text-to-speech melalui audio speaker.

C. Skenario Percobaan

Pada skenario percobaan ini akan membahas mengenai tahapan serta proses dalam melakukan pengujian terhadap sistem secara menyeluruh. Tahapan-tahapan dari skenario percobaan tersebut yaitu *capturing*, *color filtering HSV*, skenario percobaan identifikasi nominal dan skenario percobaan sistem.

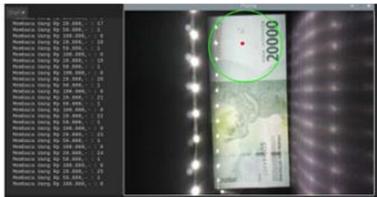


GAMBAR 10 (Percobaan Color Filtering HSV)

Pada skenario percobaan *capturing* ini menggunakan *sample* salah satu sisi dari setiap nominal mata uang untuk pengambilan gambar yang akan dilakukan *color filtering HSV*. Pengambilan gambar dilakukan menggunakan Raspberrypi *Camera* dengan objek tiga nominal mata uang Rupiah Emisi 2016 yaitu nominal Rp 20.000, Rp 50.000, dan Rp 100.000 sebagai *sample* dari tiap uangnya. Dari hasil *capturing* yang dilakukan akan disimpan pada memori raspberrypi untuk dilakukan *color filtering HSV*.

Pada skenario percobaan *Color Filtering HSV* akan melakukan *color filtering HSV* dengan cara mengubah warna asli yang didapatkan dari *capturing* yaitu BGR (Blue, Green, Red) menjadi warna HSV (*Hue, Saturation, Value*). Dari *display frame* warna HSV tersebut dapat di'klik' guna mencari *masking* dengan daerah *masking* paling banyak. Konversi warna BGR ke HSV dengan spektrum warna merah, kuning, dan violet agar identifikasi kebutuhan warna dapat membedakan warna merah, biru, dan hijau secara spesifik. Daerah *masking* tersebut berguna untuk menghasilkan nilai *range* warna minimum dan maksimum yang baik untuk identifikasi nominal mata uang kertas, semakin banyak daerah *masking* yang dihasilkan maka semakin bagus identifikasi nominal mata uang kertas nantinya. Nilai *range* warna minimum dan maksimum tersebut akan digunakan sebagai *thresholding*.

Skenario percobaan identifikasi nominal mata uang kertas Aplikasi inti akan dijalankan untuk melakukan identifikasi nominal mata uang kertas. Setelah aplikasi dijalankan, akan muncul *display camera* yang mengidentifikasi warna sesuai dengan *threshold* yang diberikan sebelumnya. Setiap warna yang terdeteksi maka nilai *terminal* pada setiap nominal akan bertambah beberapa kali. Nilai *terminal* terbanyak akan memberikan *output* audio terhadap *speaker* yang sesuai pada setiap nominalnya.



GAMBAR 11
(Pembacaan Nilai Terminal)

Skenario percobaan identifikasi nominal dilakukan untuk mengetahui seberapa baik sistem mampu mengidentifikasi tiap nominal mata uang kertas Republik Indonesia emisi 2016. Percobaan dilakukan dengan mengatur pembacaan nominal mata uang kertas secara 2 sisi seperti pada gambar dibawah.

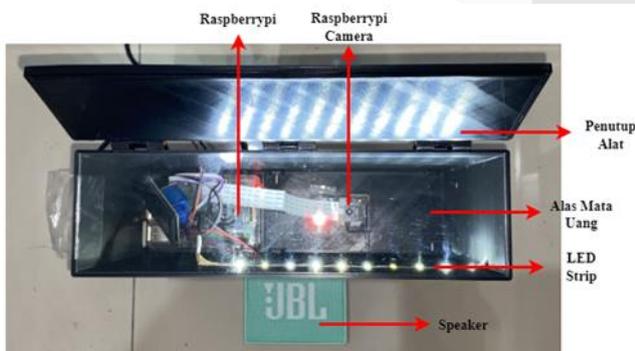


GAMBAR 13
(Cara Pengujian Mata Uang Kertas)

Percobaan klasifikasi dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai akurasi setiap sisi yang akan diidentifikasi menggunakan *confusion matrix*. Skenario percobaan keseluruhan sistem bertujuan untuk menunjukkan keberhasilan sistem dalam melakukan identifikasi nominal mata uang kertas dari mulai input citra uang hingga mendapatkan *output* yaitu pelafalan nominal mata uang kertas dengan baik.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

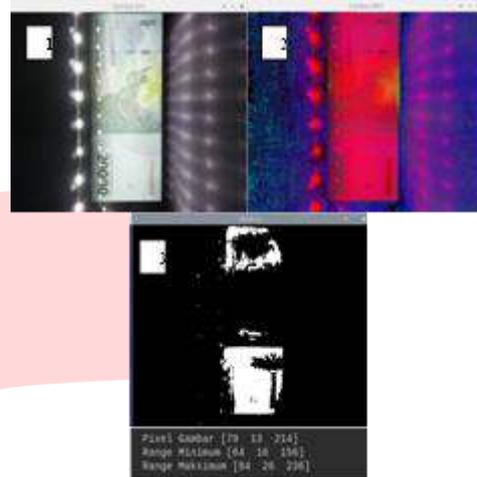
Gambar 15 menunjukkan hasil perancangan perangkat keras yaitu Alat Identifikasi Nominal Mata Uang Untuk Tunanetra Berbasis Raspberry Pi. Bahan dari kerangka alat tersebut terbuat dari filamen berwarna hitam yang dibuat dengan 3D printing yang memiliki dimensi panjang, lebar, dan tingginya yaitu 25cm, 7cm, dan 13cm. Alas untuk meletakkan uang kertas menggunakan bahan akrilik dengan ketebalan 1.5mm dengan ukuran 24cm, dan 6cm.



GAMBAR 14
(Cara Pengujian Mata Uang Kertas)

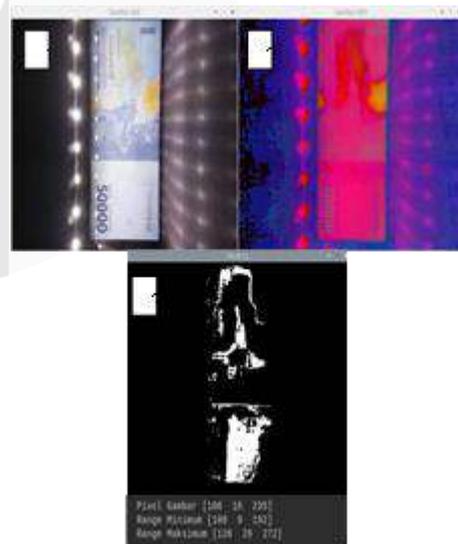
A. Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem ini akan membahas mengenai hasil dan analisis dari pengujian Alat Identifikasi Nominal Mata Uang Untuk Tunanetra Berbasis Raspberry Pi. Pengujian sistem ini digunakan sebagai pengukur kemampuan dari sistem dapat bekerja, diantaranya pengujian *color filtering* HSV dan *thresholding*, pengujian memori suara, pengujian identifikasi nominal mata uang kertas, dan pengujian keseluruhan sistem.



GAMBAR 12
(Pengambilan Range Nilai HSV Uang Rp.20.000)

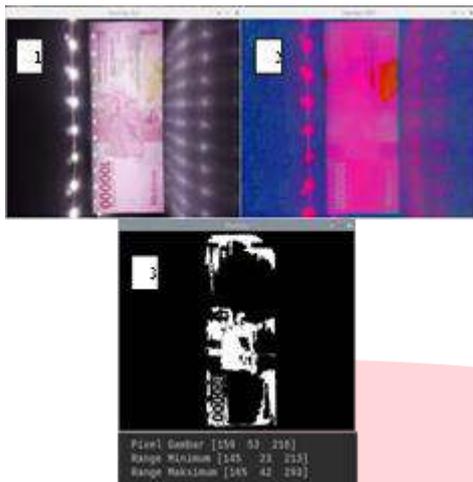
Pada poin 1 merupakan gambar asli dari salah satu sisi mata uang sebagai sample pengambilan warna, poin 2 merupakan hasil *color filtering* dari poin 1 yang dirubah menjadi gambar dengan warna hsv dengan batas warna yang berbeda tiap titiknya, poin 3 merupakan daerah warna yang akan diambil untuk warna HSV sebagai identifikasi range yang sesuai dengan warna yang dibutuhkan. Dari data tersebut, didapatkan *range* nilai maksimum dan minimum dari nilai HSV yaitu *range* minimum [64, 16, 156] dan *range* maksimum [84, 26, 236] dengan parameter [*hue, saturation, value*].



GAMBAR 15
(Pengambilan Range Nilai HSV Uang Rp.50.000)

Setiap poin sama seperti sebelumnya dengan data diambil sebagai warna HSV. Pada data tersebut, didapatkan *range*

nilai maksimum dan minimum dari nilai HSV yaitu *range* minimum [106, 9, 192] dan *range* maksimum [126, 29, 272] dengan parameter [*hue, saturation, value*].



GAMBAR 1

(Pengambilan *Range* Nilai HSV Uang Rp.100.000)

Setiap poin sama seperti sebelumnya dengan data diambil sebagai warna HSV. Pada data tersebut, didapatkan *range* nilai maksimum dan minimum dari nilai HSV yaitu *range* minimum [145, 23, 213] dan *range* maksimum [165, 42, 293] dengan parameter [*hue, saturation, value*]. Dari data pengujian pengambilan nilai *range* minimum dan maksimum dari nilai HSV dapat dirangkum pada tabel sebagai berikut:

Pada pengujian memori dilakukan sebagai analisa kemampuan audio terhadap *speaker* sebagai penyampai audio penyebutan nominal uang. Pengujian ini digunakan untuk mengetahui file suara penyebutan nominal uang dapat digunakan dengan baik.

Pengujian identifikasi nominal mata uang kertas dilakukan menggunakan 10 lembar uang tiap nominalnya yang akan diidentifikasi sebanyak 30 kali dan tiap lembar uang yang akan diidentifikasi diambil secara acak. Pengujian klasifikasi akan dilakukan dengan 2 sisi pendeteksian seperti pada Gambar 3.17, dan akan dilakukan perhitungan akurasi dari model yang dibuat pada sistem menggunakan metode *confusion matrix*. Klasifikasi nominal uang kertas memiliki kelas yaitu sebanyak 3 kelas diantaranya nominal Rp 20.000, Rp 50.000, Rp 100.000. Dari kelas tersebut akan dibandingkan dengan kelas *actual* dan kelas *predicted* oleh sistem.

TABEL 1

(Klasifikasi Pengujian Nominal Mata Uang Kertas Sisi 1)

Actual Uang Sisi 1

Predicted Uang Sisi 1	Actual Uang Sisi 1		
	Nominal	Rp 20.000	Rp 50.000
Rp 20.000	28	2	0
Rp 50.000	2	28	0
Rp 100.000	0	0	30

TABEL 2

(Pengambilan Nilai *Range* HSV)

Nominal	Hue (min)	Hue (max)	Saturation (min)	Saturation (max)	Value (min)	Value (max)
Rp 20.000	64	84	16	26	156	236
Rp 50.000	106	126	X9	29	192	272
Rp 100.000	145	165	23	42	213	293

TABEL 3
(Pengujian Memori Suara)

No	Nama Berkas	Penyebutan	Durasi (s)
1	Welcoming	"Halo, selamat datang"	2
2	Nominal 20.000	"Uang duapuluh ribu"	2
3	Nominal 50.000	"Uang limapuluh ribu"	2
4	Nominal 100.000	"Uang seratus ribu"	2

Tabel diatas merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan total sebanyak 90 kali pengujian dan tiap nominal dilakukan 30 kali. Dari hasil tersebut kemudian dilakukan perhitungan akurasi dan presisi menggunakan *confusion matrix* sebagai berikut.

$$Akurasi = \frac{TP}{Total\ Data}$$

$$Akurasi = \frac{86}{90}$$

$$Akurasi = 0.96 \times 100\%$$

$$Akurasi = 96\%$$

$$Presisi = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$P(20.000) = \frac{28}{30} = 0.97$$

$$P(50.000) = \frac{28}{30} = 0.97$$

$$P(100.000) = \frac{30}{30} = 1$$

$$Total\ Presisi = \frac{P(20.000) + P(50.000) + P(100.000)}{Jumlah\ Kelas}$$

$$Total\ Presisi = \frac{2.94}{3} \times 100\%$$

$$Total\ Presisi = 98\%$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

$$Total\ Recall = \frac{R(20.000) + R(50.000) + R(100.000)}{Jumlah\ Kelas}$$

$$Total\ Recall = \frac{2.94}{3} \times 100\%$$

$$Total\ Recall = 98\%$$

Jadi, identifikasi nominal mata uang kertas Republik Indonesia emisi tahun 2016 yang diujikan pada uang kertas sisi 1 mendapatkan hasil akurasi sebesar 96%, presisi serta

recall sebesar 98%. Dari hasil didefinisikan yaitu alat identifikasi nominal mata uang kertas mampu mengidentifikasi nominal mata uang kertas sangat baik yang ditunjukkan melalui hasil akurasi yang didapat. Hasil dari presisi dan *recall* menunjukkan seberapa baik kinerja sistem dalam mencocokkan data yang diambil dengan data yang dibutuhkan

TABEL 4
(Klasifikasi Pengujian Nominal Mata Uang Kertas Sisi 2)

		Actual Uang Sisi 2		
Predicted Uang Sisi 2	Nominal	Rp 20.000	Rp 50.000	Rp 100.000
	Rp 20.000	29	4	0
	Rp 50.000	1	26	0
	Rp 100.000	0	0	30

Tabel tersebut merupakan hasil pengujian mata uang kertas sisi 2 dengan jumlah pengujian sama seperti pengujian pada sisi 1. Klasifikasi mata uang kertas sisi 2 dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai akurasi dan presisi pada pengujian klasifikasi nominal mata uang kertas sisi 2. Berikut merupakan perhitungannya:

$$\text{Akurasi} = \frac{TP}{\text{Total Data}}$$

$$\text{Akurasi} = \frac{85}{90} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 94\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Presisi} &= \frac{P(20.000) + P(50.000) + P(100.000)}{\text{Jumlah Kelas}} \end{aligned}$$

$$\text{Total Presisi} = \frac{2.87}{3} \times 100\%$$

$$\text{Total Presisi} = 96\%$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \text{Total Recall} &= \frac{R(20.000) + R(50.000) + R(100.000)}{\text{Jumlah Kelas}} \end{aligned}$$

$$\text{Total Recall} = \frac{2.86}{3} \times 100\%$$

$$\text{Total Recall} = 95\%$$

Jadi, identifikasi nominal mata uang kertas Republik Indonesia emisi tahun 2016 yang diujikan dengan total data sebanyak 90 kali pada uang kertas sisi 2 mendapatkan hasil akurasi sebesar 94%, presisi 96% serta nilai *recall* sebesar 95%. Hasil dapat didefinisikan yaitu alat identifikasi nominal mata uang kertas mampu mengidentifikasi nominal mata uang kertas cukup baik. Pada pengujian identifikasi nominal mata uang kertas pada sisi 1 dan 2 memiliki akurasi yang

berbeda yaitu dengan nilai akurasi 96% dan 94%. Nilai akurasi ini menunjukkan tingkat korelasi antara pengukuran kuantitas terhadap nilai aktual yang didapat. Hasil dari presisi dan *recall* menunjukkan seberapa baik kinerja sistem dalam mencocokkan data yang diambil dengan data yang dibutuhkan. Pengujian tersebut menunjukkan bahwa pada pengujian sisi 1 memiliki nilai akurasi lebih baik dibandingkan dengan sisi 2.

Pada pengujian keseluruhan sistem ini akan melakukan pengujian terhadap sistem *input* awal yaitu pencitraan mata uang kertas hingga memberikan *output* yaitu pelafalan nominal melalui *speaker*.

TABEL 5
(Pengujian Keseluruhan Sistem)

		Actual Nominal Uang		
Predicted Nominal Uang	Nominal	Rp 20.000	Rp 50.000	Rp 100.000
	Rp 20.000	54	3	1
	Rp 50.000	5	57	0
	Rp 100.000	1	0	59

Tabel diatas menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem dengan total pengujian sebanyak 180 kali dengan tiap nominal 60 kali pengujian.

$$\text{Akurasi} = \frac{TP}{\text{Total Data}}$$

$$\text{Akurasi} = \frac{170}{180} \times 100\%$$

$$\text{Akurasi} = 94\%$$

$$\text{Presisi} = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$P(20.000) = \frac{54}{58} = 0.93$$

$$P(50.000) = \frac{57}{62} = 0.92$$

$$P(100.000) = \frac{59}{60} = 0.99$$

$$\begin{aligned} \text{Total Presisi} &= \frac{P(20.000) + P(50.000) + P(100.000)}{\text{Jumlah Kelas}} \end{aligned}$$

$$\text{Total Presisi} = \frac{2.84}{3} \times 100\%$$

$$\text{Total Presisi} = 95\%$$

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\%$$

$$R(20.000) = \frac{54}{60} = 0.9$$

$$R(50.000) = \frac{57}{60} = 0.95$$

$$R(100.000) = \frac{59}{60} = 0.99$$

$$\begin{aligned} \text{Total Recall} &= \frac{R(20.000) + R(50.000) + R(100.000)}{\text{Jumlah Kelas}} \end{aligned}$$

$$\text{Total Recall} = \frac{2.84}{3} \times 100\%$$

$$\text{Total Recall} = 95\%$$

KLASIFIKASI BUAH APEL MERAH”, J-ICON, Vol. 9 no. 2, pp.142-153, Okt. 2021.

Jadi, alat identifikasi nominal mata uang kertas Republik Indonesia emisi 2016 yang telah diuji dari *input* awal pencitraan uang kertas hingga *output* akhir yaitu pelafalan nominal menggunakan *speaker* mendapatkan hasil akurasi sebesar 94%. Hasil akurasi tersebut membuktikan bahwa alat yang digunakan dapat mendeteksi dan memberikan *output* penyebutan nominal yang cukup baik. Adapun kelemahan dari pengidentifikasian ini yaitu masih terdapat kesalahan dalam pengidentifikasian nominal dikarenakan *range* warna yang sama pada beberapa bagian uang kertas, sehingga *output* yang dihasilkan menunjukkan nominal uang yang tidak sesuai.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pengamatan selama perancangan hingga mendapatkan hasil yang dibutuhkan dari rancangan alat, dapat disimpulkan sebagai berikut yaitu pencahayaan terhadap uang kertas sangat berpengaruh terhadap pembacaan nilai warna yang dibutuhkan, resolusi dan pixel kamera sangat berpengaruh dalam mengenali nilai warna yang akan difilter pada sistem, sistem dari rancangan alat identifikasi nominal mata uang kertas mampu mengidentifikasikan nominal mata uang kertas Republik Indonesia yaitu Rp. 20.000, Rp.50.000, dan Rp 100.000 emisi tahun 2016 dengan hasil akurasi yang cukup baik yaitu 94%, dan rancangan alat mampu mengeluarkan hasil output berupa penyebutan nominal mata uang kertas sesuai dengan warna dan nominal yang diidentifikasi oleh input.

REFERENSI

- [1] Agus Pujiyanto, H. Zainal Abidin, dan Arief Budi Laksono, “Identifikasi Nominal Uang Kertas Untuk Tunanetra Berbasis Mikrokontroler Dengan Sistem Suara”, JEECOM, Vol. 2, No. 2, Oktober 2020.
- [2] InfoDatin, “Situasi Gangguan Penglihatan”, 2018.
- [3] I Gusti Ayu Agung Diatri Indradewi dan Made Suci Ariantini, “Jaringan Syaraf Tiruan LVQ Berbasis Parameter HSV dalam Penentuan Uang Rupiah Palsu”, Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi Asia, Vol.13, No.1, 2019.
- [4] Ahmad F. S., “Text To Speech Bahasa Indonesia Menggunakan Metode *Dhipone Concatenation*.”, Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi Industri (SENIATI), hlm. 37-39, 2016.
- [5] Nur Khamdi, Muhammad Susantok, dan Piter Leopard, “Pendeteksian Objek Bola Dengan Metode Color Filtering Hsv Pada Robot Soccer Humanoid”, Jurnal Teknik, Vol.6, No. 4, Jul. 2017.
- [6] Benedictus Y.B.P., Widi H., dan Katon W., “Segmentasi Warna Citra Dengan Deteksi Warna HSV Untuk Mendeteksi Objek”, JURNAL INFORMATIKA, Vol. 6 no. 2, Nov. 2010.
- [7] Nikotesa E.R. Pah, Arfan Y. M., dan Sebastianus A. S. M., “EKSTRASI CIRI WARNA HSV DAN CIRI BENTUK MOMENT INVARIANT UNTUK