

# Colourvoice Sebagai Alat Bantu Penghafal Warna Bagi Balita

Mochammad Rif'an, Unggul Wibawa, Akhmad Zainuri dan Yayuk Istikomah

**Abstrak**—Teknologi diciptakan untuk membantu pekerjaan manusia agar mudah, cepat, tepat, akurat dan efisien. Penerapan teknologi dimanfaatkan dalam semua bidang, salah satu wujud penerapan sistem teknologi dalam bidang pendidikan yaitu sebagai alat bantu penghafal warna bagi balita. Alat ini merupakan alat peraga edukatif berupa alat pengenalan warna yang diharapkan dapat membantu balita dalam mengenali berbagai macam warna sehingga anak-anak dapat bermain sekaligus juga dapat mengenal serta menghafal warna yang terdapat disekelilingnya.

Alat ini dirancang menggunakan sensor warna yang didesain untuk mengenali warna objek. Sensor warna merubah besaran fisik (warna) menjadi sebuah sinyal kotak yang mempunyai frekuensi yang berbeda-beda untuk setiap pembacaan warna. Mikrokontroler yang digunakan sebagai pengendali sistem adalah ATmega16, ISD25120 (*Information Storage Device 25120*) digunakan sebagai penyimpan database suara, LM386 sebagai penguat sinyal audio dan speaker 8 ohm. Perangkat lunak dirancang untuk mengolah data masukan berupa frekuensi sensor warna, mencari frekuensi yang sesuai dengan database memori dan mengeluarkan warna yang sesuai melalui suara.

Pengujian dilakukan dengan menggunakan warna yang berbeda-beda. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat dapat mendeteksi warna benda yang ingin dikenali warnanya serta mengeluarkan dalam bentuk suara sesuai dengan warna benda tersebut.

**Kata Kunci**— warna , sensor warna, ISD25120, suara

## I. INTRODUCTION

**B**ERMAIN memungkinkan anak menemukan dan mengeksplorasi dirinya sendiri dan dunia sekitarnya. Melalui bermain anak dapat mengenal berbagai warna yang terdapat di sekitarnya. Bermain juga memberikan arti penting yang nyata dalam mendorong perkembangan mental anak, karena memungkinkan anak untuk *develop speech* artinya mengembangkan percakapan terutama menirukan dan mengikuti suatu bunyi atau percakapan [1].

Ada beberapa tipe permainan yang dapat berfungsi sebagai alat pembelajaran yang tepat antara lain

Mochammad Rif'an., Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, Indonesia; email [rifan@ub.ac.id](mailto:rifan@ub.ac.id)

Unggul Wibawa., Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, Indonesia; email [unggul@ub.ac.id](mailto:unggul@ub.ac.id)

Akhmad Zainuri., Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, Indonesia; email [zainulelektro@gmail.com](mailto:zainulelektro@gmail.com)

Yayuk Istikomah., Teknik Elektro Universitas Brawijaya Malang, Indonesia; email [rifan@ub.ac.id](mailto:rifan@ub.ac.id)

bermain discovery play (eksplorasi) memungkinkan seorang anak menemukan sesuatu seperti ukuran, bentuk, tekstur, dan warna serta bagaimana sesuatu itu disusun [2]. Anak juga memahami bahwa sesuatu itu bisa pecah atau rusak sehingga ia akan belajar menjaga atau merawat mainan miliknya sendiri. Jadi dengan bermain diharapkan balita dapat belajar serta mengetahui sesuatu yang baru [3, 4].

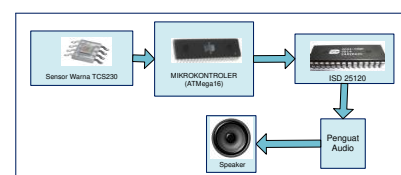
Glenn Doman berpendapat bahwa balita menyerap informasi secara luar biasa. Semakin muda umur anak, semakin besar daya serapnya terhadap informasi baru. Dalam penelitiannya dikemukakan bahwa anak umur 4 tahun lebih efektif daripada umur 5 tahun. Umur 3 tahun lebih mudah daripada 4 tahun. Jelasnya, makin kecil umur seorang anak maka makin mudah untuk diajari hal tentu dalam batas anak mulai bisa bicara [5]. Belajar bagi anak adalah sesuatu yang mengasyikkan. Karena belajar mengasyikkan, maka ia bisa menguasai lebih cepat.

Penulis telah membuat Alat Bantu Penghafal Warna Bagi Balita Menggunakan ISD 25120 Sebagai Media Penyimpanan. Alat ini merupakan alat peraga edukatif berupa alat pengenalan warna yang diharapkan dapat membantu balita dalam mengenali berbagai macam warna sehingga anak-anak dapat bermain sekaligus juga dapat mengenal serta menghafal warna yang terdapat disekelilingnya.

## II. METODE PENELITIAN

Sistem yang dirancang memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- 1) Alat mampu mengkonversi dari warna benda ke suara.
- 2) Jumlah warna yang dapat dideteksi sebanyak 10 warna.
- 3) Keluaran berupa suara melalui speaker.
- 4) Catu daya 9-12 volt DC.



Gambar 1 diagram blok sistem

Perancangan alat secara keseluruhan ditunjukkan oleh blok diagram dalam Gambar 1. Alat terdiri atas beberapa bagian yaitu : sensor warna sebagai input sistem, mikrokontroler sebagai pengendali utama

sistem, LCD, memori suara, dan penguat audio.

Penjelasan diagram blok dalam Gambar 1 sebagai berikut:

- 1) Sensor Warna TCS 230 digunakan untuk memasukkan data warna.
- 2) Mikrokontroler digunakan untuk memproses warna yang dideteksi oleh sensor warna dan melakukan pencarian (*searching*) frekuensi warna sesuai data yang telah dimasukkan.
- 3) Memori suara digunakan untuk menyimpan suara dalam bentuk *voice* analog.
- 4) Penguat Audio digunakan untuk memperkeras suara yang telah dihasilkan oleh memori suara.
- 5) *Speaker* digunakan untuk mengeluarkan suara, yaitu mengubah energi elektrik menjadi energi suara.

Cara kerja alat ini dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Sensor warna akan mendeteksi warna benda, keluaran *photodiode* yang terdapat di sensor warna akan mengeluarkan arus yang besarnya sebanding dengan kadar warna dasar cahaya yang menimpunya.
- 2) Arus keluaran dari *photodiode* akan dikonversikan menjadi sinyal kotak dengan frekuensi sebanding dengan besarnya arus. Jadi keluaran sensor warna berupa sinyal kotak dengan frekuensi yang sesuai dengan warna yang terdeteksi.
- 3) Mikrokontroler membaca frekuensi keluaran dari sensor warna dan membaca data warna dalam memori berdasarkan data frekuensi.
- 4) Mikrokontroler mengakses chip IC suara sesuai dengan warna yang terdeteksi.

Suara dari warna yang telah dideteksi dikeluarkan melalui *speaker*.

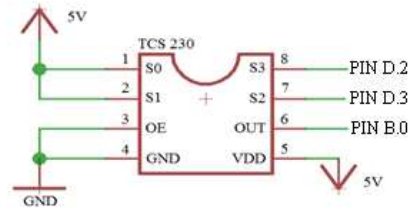
### III. REALISASI

Perancangan dan pembuatan alat ini terdiri atas perancangan sistem, perancangan perangkat keras, dan perancangan perangkat lunak. Perancangan dilakukan secara bertahap blok demi blok sehingga akan memudahkan dalam analisis pada setiap bloknya maupun secara keseluruhan

#### A. Rangkaian Sensor Warna

Sensor warna berfungsi untuk membaca warna objek yang telah terdeteksi. Sensor warna yang digunakan pada alat ini adalah TCS230. IC TCS230 adalah IC pengkonversi warna cahaya ke frekuensi. Setiap warna bisa disusun dari warna dasar. Untuk cahaya, warna dasar penyusunnya adalah warna Merah, Hijau dan biru. Dalam perancangan ini, skala sensor yang akan digunakan adalah skala frekuensi keluaran 100% dengan mengatur S0 dan S1 sama dengan 1. *Photodiode* yang akan digunakan adalah *photodiode red, green, dan blue*. Ketiga *photodiode* ini digunakan secara bergantian sesuai dengan pengaturan S2 dan S3 yang dikendalikan oleh perangkat lunak pada rangkaian mikrokontroler Atmega16. Kaki selektor S2 dan S3 sensor warna dihubungkan dengan PIN D.3 dan PIN D.2 pada mikrokontroler Atmega16 [6]. Sehingga dalam satu kali pengukuran terdapat tiga frekuensi keluaran yang

berbeda, yaitu frekuensi untuk *red, green, dan blue*. Rangkaian sensor warna ditunjukkan dalam Gambar 2.

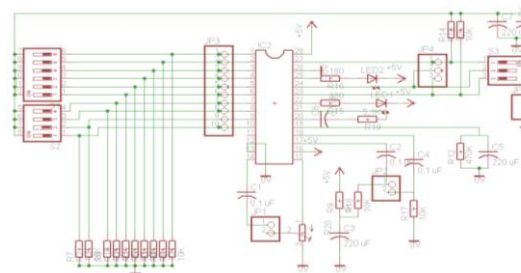


Gambar 2 Skema Rangkaian Sensor Warna

#### B. Rangkaian Memori ISD25120

Pada ISD 25120 dapat merekam suara dengan durasi waktu selama 120 detik. Memiliki pin alamat sebanyak 10 buah ( $A_0, A_1, A_2, A_3, A_4, A_5, A_6, A_7, A_8$  dan  $A_9$ ). Ketika semua alamat terpakai, maka dapat memiliki sebanyak  $2^{10}=1024$  alamat. Tetapi dalam prakteknya, IC seri ini memiliki 599 tempat alamat. Masing-masing alamat memiliki durasi waktu selama 0,2 detik. Proses perekaman ISD25120 adalah sebagai berikut [7]:

- 1) Pin PD dipasang pada kondisi *low*, yaitu dengan cara menggeser *switch*, sehingga pin PD berada pada posisi *low*.
- 2) Groundkan pin P/R sehingga berada pada posisi *low*.
- 3) Tekan pin CE maka pin tersebut pada kondisi *low*. Maka mulailah proses perekaman.
- 4) Selama proses perekaman kondisi pin EOM menjadi *high* dan indikator led akan menyala.
- 5) Rekaman dapat dilanjutkan jika kita menekan pin CE pada kondisi *low*.
- 6) Ketika proses merekam telah mencapai waktu perekaman maka proses merekam tersebut akan habis dan pin CE akan *low* dan indikator led akan mati.



Gambar 3 Perancangan ISD 25120

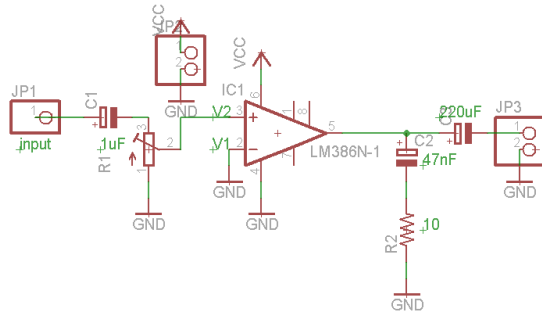
Proses Pemutaran suara pada ISD 25120 adalah sebagai berikut:

- 1) Menentukan alamat suara yang akan diputar, alamat harus sama dan sesuai dengan alamat ketika suara direkam.
- 2) Mengatur pin  $P/\bar{R}$  agar berlogika HIGH (PLAY)
- 3) Mengatur pin  $\bar{PD}$  agar berlogika LOW.
- 4) Mengatur pin  $\bar{CE}$  agar berlogika LOW maka pada speaker akan menghasilkan suara seperti yang terekam sebelumnya.
- 5) Jika suara yang telah direkam sudah atau telah sampai pada waktu akhir maka pin  $\bar{EOM}$  yang dahulunya berlogika HIGH akan berlogika LOW selama selang waktu tertentu.

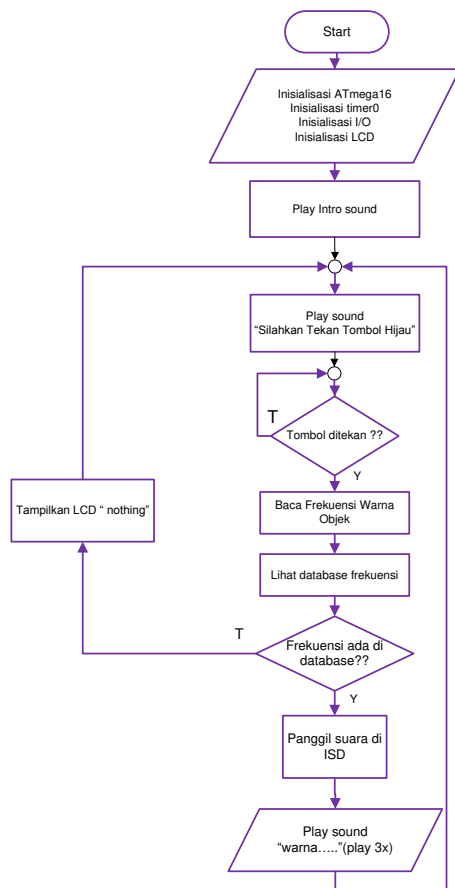
Pada Gambar 3 merupakan contoh rangkaian sederhana untuk melakukan proses pengisian suara ke IC (rekam) dan proses putar ulang yang bisa digunakan untuk semua ISD tipe 25XX.

C. Rangkaian Sensor Warna

Perancangan Rangkaian Penguat Audio menggunakan IC LM 386. IC LM386 ini digunakan untuk menguatkan tegangan keluaran dari ISD25120 sehingga suara yang dihasilkan menjadi lebih keras dengan gain 20 kali. Gambar 4 menunjukkan rangkaian penguat audio menggunakan LM 386.



Gambar 4. Rangkaian Penguat Audio



Gambar 5 Diagram Alir program Utama

Berdasarkan gambar di atas maka dapat diketahui besarnya tegangan pada V2 yaitu sebesar:

$$V_2 = \frac{R_x}{\sqrt{X_c^2 + R_x^2}} \times V_A \tag{1}$$

Dengan:

$$X_c = \frac{1}{sC_1} \tag{2}$$

$$s = j(2\pi f) \tag{3}$$

Untuk mendapatkan  $\Delta V$  digunakan persamaan (4) seperti berikut:

$$\Delta V = V_2 - V_1 \tag{4}$$

karena  $V_1 = 0$ , maka:

$$V_{out} = A_v(V_2 - V_1) = A_v \left( \frac{R_x}{\sqrt{X_c^2 + R_x^2}} \times V_A \right) \tag{5}$$

Tegangan keluaran ISD25120 adalah 1 V, maka nilai VA sebesar 1 V. Untuk rangkaian gambar 4, nilai Av pada IC LM386 adalah 20 kali. Jika diinginkan tegangan keluaran dari LM386 ( $V_o$ ) = 9V, dengan  $C1=1\mu F$  dan nilai frekuensi yang digunakan adalah frekuensi terendah dari frekuensi suara manusia, yang rentangnya 300 Hz hingga 3400 Hz, sehingga dalam perhitungan nilai Xc digunakan frekuensi 300 Hz.

Dan untuk perhitungan nilai Xc, dari persamaan (2) akan didapatkan nilai seperti persamaan (6).

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C_1} \tag{6}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 300 Hz \times 1 \times 10^{-6} F} = 530,5\Omega$$

Nilai Rx dihitung sesuai persamaan (1), sehingga didapatkan nilai sebagai berikut seperti persamaan (7):

$$V_{out} = A_v \left( \frac{R_x}{\sqrt{X_c^2 + R_x^2}} \times V_A \right) \tag{7}$$

$$9V = 20 \left( \frac{R_x}{\sqrt{530,5^2 + R_x^2}} \times 1V \right)$$

$$0,45^2 \times (530,5^2 \times R_x^2) = R_x^2$$

$$281.430,45 + 0,2025R_x^2 = R_x^2$$

$$281.430,45 = R_x^2$$

$$R_x = \sqrt{352.890.85} = 594,05\Omega$$

Dalam perancangan ini digunakan resistor variabel 10 kΩ.

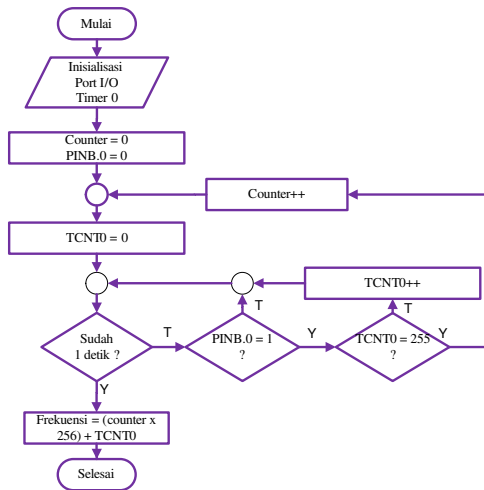
D. Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan program utama tersebut ditunjukkan oleh flowchart dalam Gambar 5. Pada saat sistem dihidupkan, mikrokontroler melakukan beberapa inisialisasi hardware yang meliputi inisialisasi mikrokontroler, I/O dan LCD.

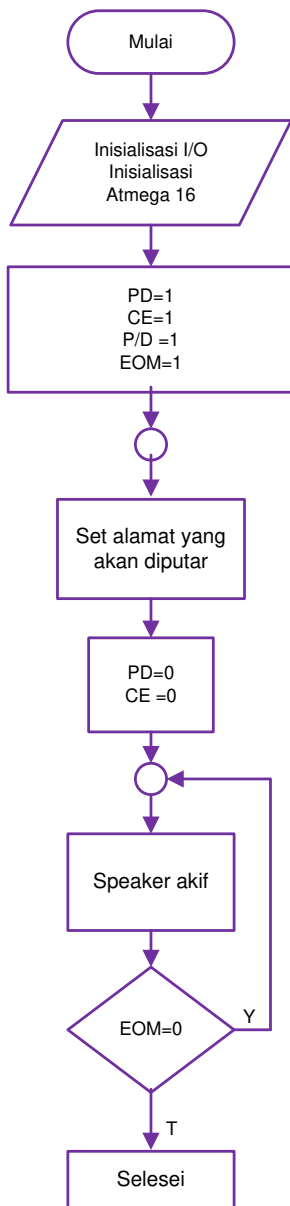
Selanjutnya, mikrokontroler mengakses sensor warna untuk mengetahui warna objek. Output sensor warna berupa frekuensi dikonversi oleh mikrokontroler menjadi jenis warna.

Hasil pembacaan warna oleh mikrokontroler dijadikan acuan untuk memanggil database sensor warna yang tersimpan di ISD25120 berdasarkan warna yang sesuai. Setelah alamat di ISD25120 dipanggil maka suara yang tersimpan akan dikeluarkan melalui speaker sesuai dengan warna yang dideteksi.

Program akan berjalan looping seterusnya selama sistem aktif. Diagram alir sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam Gambar 5.



Gambar 6. Diagram Alir perhitungan frekuensi sensor warna



Gambar 7 Diagram alir pemanggilan suara

Sensor warna type TCS230 mempunyai output berupa sinyal digital yang mempunyai frekuensi tertentu bergantung warna yang dideteksi [8].

Oleh sebab itu dibutuhkan suatu algoritma pada program mikrokontroler untuk mendeteksi frekuensi keluaran sensor warna tersebut agar dapat menentukan warna apakah yang terdeteksi oleh sensor. Diagram alir program perhitungan frekuensi sensor warna ditunjukkan dalam Gambar 6.

TABLE I  
HASIL PENGUJIAN SENSOR WARNA

sampel	Warna (Indonesia/Inggris)	Data
	Coklat/Brown	R = 8-48 G= 0-35 B= 0-34
	Hitam/Black	R = 0-5 G= 0-5 B= 0-5
	Abu-abu/Grey	R = 59-99 G= 53-93 B= 52-92
	Putih/White	R = 72-255 G= 88-255 B= 116-255
	Merah/Red	R = 153-193 G= 15-55 B= 21-61
	Kuning/Yellow	R = 56-96 G= 0-37 B= 48-88
	Ungu/Puple	R = 31-65 G= 30-70 B= 88-108
	Biru/Blue	R = 0-30 G= 26-66 B= 87-127
	Hijau/Green	R = 36-76 G= 81-141 B= 20-60
	Oranye/Orange	R = 1-41 G= 59-99 B= 31-71

Perancangan Program ISD25120 digunakan untuk mengakses ISD 25120 untuk merekam dan memutar ulang ISD. Proses perekaman dapat dilakukan secara manual dengan cara memberi logika-logika pada masing-masing pin ISD 25120, sedangkan diagram alir pemanggilan suara ditunjukkan pada gambar 7.

IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian dan analisis dilakukan untuk mengetahui apakah sistem telah bekerja sesuai perancangan. Pengujian dilakukan per blok kemudian secara keseluruhan.

A. Pengujian Sensor Warna

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui frekuensi keluaran sensor warna untuk beberapa jenis warna. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui frekuensi keluaran sensor warna untuk beberapa macam warna. Prosedur pengujian yang dilakukan adalah dengan melakukan pembacaan warna benda menggunakan photodiode red, green, dan blue yang terdapat pada sensor warna secara bergantian. Frekuensi keluaran

sensor dilihat melalui monitor komputer. Sampel hasil pengujian dan data nilai R,G dan B seperti pada tabel 1.

### B. Pengujian Rangkaian Memori Suara

Pengujian memori suara dilakukan untuk mengetahui apakah ISD25120 dapat digunakan sebagai media penyimpanan suara sesuai dengan perancangan. Dalam pengujian ini memori suara ISD25120 dapat digunakan untuk menyimpan suara melalui proses rekam pada alamat tertentu dengan durasi yang bervariasi. Suara yang telah direkam dapat diputar ulang kembali. Berdasarkan data pengujian pada Tabel 2 dapat disimpulkan bahwa memori suara ISD25120 dapat digunakan sebagai penyimpanan *database* warna dalam bentuk suara (*voice*). Data hasil pengujian rekam dan *play* pada memori suara ISD25120 ditunjukkan dalam Tabel 3.

TABLE 2  
HASIL PENGUJIAN ISD25120

warna yang dideteksi	Frekuensi			Output Suara	Alamat Suara
	Merah	Hijau	Biru		
merah tua	1903	846	956	warna merah tua	0b00000000
merah	3888	1116	1056	warna merah	0b00001100
merah muda	4444	1705	1777	warna merah muda	0b00010110
biru tua	557	986	2687	warna biru tua	0b00100011
biru	777	1687	3688	warna biru	0b00101111
biru muda	1690	3011	5777	warna biru muda	0b00110111
hijau tua	990	1809	1354	warna hijau tua	0b01000011
hijau	1411	3211	1911	warna hijau	0b01001111
hijau muda	1998	3940	2770	warna hijau muda	0b01010001
kuning tua	4780	3444	1560	warna kuning tua	0b01100101
kuning	5050	6363	2475	warna kuning	0b01110001
kuning muda	5340	6717	3313	warna kuning muda	0b01111011
ungu tua	2456	919	1209	warna ungu tua	0b10000110
ungu	3089	1780	3003	warna ungu	0b10001111
ungu muda	3909	2696	1198	warna ungu muda	0b10010111
coklat tua	2587	1598	1365	warna coklat tua	0b10100001
coklat	3889	2709	1309	warna coklat	0b10101100
coklat muda	4019	3175	1982	warna coklat muda	0b10110101
orange tua	2908	1116	998	warna orange tua	0b11000000
orange	4366	1494	1076	warna orange	0b11001011
orange muda	4407	1608	1289	warna orange muda	0b11010011
cyan	2166	4694	6013	warna cyan	0b11100001
putih	5778	8050	9009	warna putih	0b11111100
hitam	444	668	771	warna hitam	0b11101010
abu-abu	1229	1623	1905	warna abu-abu	0b11110010

### C. Pengujian Rangkaian Penguat

Pengujian penguat audio dilakukan untuk mengetahui penguatan yang dihasilkan oleh rangkaian menggunakan LM386. Selain itu juga untuk mengetahui apakah rangkaian penguat audio dapat menguatkan sinyal keluaran IC suara ISD25120 sesuai dengan yang direncanakan. Dalam pengujian ini, sinyal yang digunakan sebagai masukan rangkaian penguat audio berasal dari *function generator*. Hasil pengujian penguat audio ditunjukkan dalam tabel 3

TABLE 3  
HASIL PENGUJIAN PENGUAT AUDIO

V <sub>in</sub> (V)	V <sub>out</sub> Teori (V)	V <sub>out</sub> Praktek (V)	Persen Kesalahan (%)
0,05	0,75	0,7	6,67
0,1	1,49	1,44	3,36
0,2	2,98	2,78	6,71
0,4	5,96	5,74	3,69
0,6	8,95	8,65	3,35

Dari hasil pengujian penguat audio tampak bahwa terjadi ketidaksesuaian penguatan seperti yang diharapkan, dan terjadi kesalahan berkisar 3 – 7 %. Berdasarkan perencanaan, rangkaian didesain untuk memiliki penguatan 15 kali, namun berdasarkan pengujian, data menunjukkan penguatan tegangan berkisar 13,9 – 14,4 %.

### D. Pengujian Keseluruhan

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui keberhasilan sistem dalam mendeteksi warna objek serta mengeluarkan suara sesuai dengan warna yang dideteksi oleh sensor warna. Pengujian ini meliputi sistem *input-output* berupa sensor warna, akses ISD25120, pengolahan data, dan kinerja rangkaian yang telah diuji sebelumnya menjadi sebuah kesatuan yang dapat bekerja dalam satu sistem.

TABLE 4  
HASIL PENGUJIAN ISD25120

Warna	Alamat
Merah	0000000000
Merah Muda	0000001000
Merah Tua	0000010010
Biru	0000011000
Biru Muda	0000101100
Biru Tua	0000101101
Hijau	0000110101
Hijau Muda	0000111101
Hijau Tua	0001000111
Kuning	0001001111
Kuning Muda	0001010101
Kuning Tua	0001011111
Ungu	0001100111
Ungu Muda	0001101101
Ungu Tua	0001111000
Coklat	0010000000
Coklat Muda	0010000110
Coklat Tua	0010010001
Orange	0010011001

Prosedur pengujian keseluruhan sistem yang digunakan adalah dengan merangkai semua sub sistem sesuai dengan diagram blok alat dalam perancangan. Pengujian dilakukan dengan meletakkan sensor warna

TCS 230 kepada objek yang akan dideteksi warnanya dan mengamati hasil keluaran sistem melalui speaker. Parameter keberhasilan sistem adalah jika alat dapat mengeluarkan suara yang sesuai dengan warna yang dideteksi oleh sensor warna. Cara pengaktifan sensor dengan meletakkan mainan di atas obyek berwarna. Hasil pengujian sistem secara keseluruhan ditunjukkan dalam tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa alat dapat berfungsi dengan baik sesuai dengan yang diharapkan dalam perancangan. Frekuensi warna yang dideteksi melalui sensor warna TCS230 akan dicocokkan dengan database yang telah disimpan sehingga melalui frekuensi ini dapat ditentukan warna yang sesuai dengan database tersebut. Setelah warna telah ditentukan maka sistem akan memanggil alamat yang berisi suara yang telah direkam di ISD25120. Warna yang dideteksi akan dikeluarkan melalui suara. Keluaran warna yang dideteksi akan dikeluarkan melalui LCD dan melalui *speaker* dalam bentuk suara.

## V. HASIL DAN KESIMPULAN

### A. Kesimpulan

- 1) Output sensor warna TCS230 berupa frekuensi RGB. Semakin terang warna objek maka semakin besar frekuensi keluaran sensor. Jika ingin melakukan pembacaan untuk warna yang lain maka terlebih dahulu dilakukan pengambilan data frekuensi RGB sensor terhadap warna tersebut karena sensor ini sangat peka terhadap perubahan warna.
- 2) Pada alat ini diperlukan penguatan sebesar 20 kali untuk penguat suara dari ISD25120 sehingga suara yang dihasilkan melalui speaker  $8\Omega$  dapat terdengar dengan jelas.
- 3) Alat bantu penghafal warna pada balita dilengkapi dengan suara merupakan permainan yang edukatif.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas pembiayaan dari direktorat penelitian dan pengabdian kepada masyarakat direktorat pendidikan tinggi, kementerian pendidikan dan kebudayaan, sesuai dengan surat Perjanjian Pelaksanaan Penugasan Program Pengabdian kepada Masyarakat Nomor: 017/SP2H/PKM/DIT.LITABMAS/2013, tanggal 13 Mei 2013

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sudono, Sumber Belajar dan Alat Permainan (untuk Pendidikan Anak Usia Dini), Jakarta: PT. Grasindo, 2000.
- [2] S. D. d. A. Zain, Strategi Belajar Mengajar, Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2002.
- [3] Seto, Bermain dan Kreativitas. Upaya Mengembangkan Kreativitas Anak Melalui program Bermain., Jakarta: Papas Sinar Sinanti, 2004.
- [4] S. Patmonodewo, Pendidikan Anak Prasekolah, Jakarta: PT. Rineka Cipta, 2003.
- [5] G. Doman, How to multiply your baby's intelegence., Jakarta: PT Tigaraksa Satria Tbk, 1998.
- [6] Atmel, 8-bit AVR with 16K Bytes In-System Programmable Flash ATmega16, San Jose: Atmel, 2007.
- [7] Winbond, " <http://www.winbond-usa.com>," 2007, [Online]. Available: [http://www.winbond-usa.com/ISD25120 Single chip, multiple message, voice record/playback device 60-, 75-, 90- and 120-second duration. /products/isd\\_products/chipcorder/Datasheets/ 25120/ ISD25120.pdf](http://www.winbond-usa.com/ISD25120%20Single%20chip,%20multiple%20message,%20voice%20record/playback%20device%2060-%2075-%2090-%20and%20120-second%20duration.%20/products/isd_products/chipcorder/Datasheets/25120/ISD25120.pdf).. [Accessed 10 April 2011].
- [8] TAOS, "www.alldatasheet.com," TAOS, 2003. [Online]. Available: [www.alldatasheet.com/IC TCS230 Programmable Color Light To Frequency Converter](http://www.alldatasheet.com/IC/TCS230%20Programmable%20Color%20Light%20To%20Frequency%20Converter). [Accessed 2011 March 10].