

LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN

Inovasi Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map”



Oleh:

Sukma Meganova Effendi, S.T., M.Tr.T.	0519118801
Nugroho Budi Wicaksono, M.T.	0526078801
Agatha Mahardika A.J., S.Si., M.Sc.	0525088602

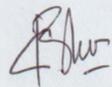
**FAKULTAS VOKASI
UNIVERSITAS SANATA DHARMA
YOGYAKARTA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN KEMAJUAN PENELITIAN

1	Penelitian		
	a	Judul Penelitian	Inovasi Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map”
	b	Bidang Ilmu	Elektronika, Mekatronika
	c	Jenis Penelitian	Internal – Skema Dosen Muda
2	Ketua Peneliti		
	a	Nama Lengkap	Sukma Meganova Effendi
	b	Jenis Kelamin	Perempuan
	c	NPP/NIDN	P.2359/0519118801
	d	Pangkat/Golongan	III/b
	e	Jabatan Fungsional	Asisten Ahli
	f	Program Studi/Fakultas	Mekatronika/Fakultas Vokasi
3	Anggota Peneliti I		
	a	Nama Lengkap	Nugroho Budi Wicaksono
	b	Program Studi/Fakultas	Teknologi Elektromedis/Fakultas Vokasi
	Anggota Peneliti II		
	a	Nama Lengkap	Agatha Mahardika Anugrayuning Jiwatami
	b	Program Studi/Fakultas	Teknologi Elektromedis/Fakultas Vokasi
4	Lokasi Penelitian		Laboratorium Teknik Digital, Fakultas
5	Institusi Mitra		-
6	Jangka Waktu Penelitian		11 Bulan
7	Biaya yang diusulkan		
	a	Sumber dari USD	Rp 7.000.000
	b	Sumber lain	-
	c	Jumlah	Rp 7.000.000

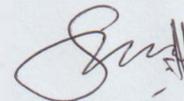
Yogyakarta, 27 Juli 2022

Mengetahui
Ketua Program Studi



Pippie Arbiyanti, S.T., M.Eng.

Ketua Peneliti



Sukma Meganova E., S.T., M.Tr.T.

Menyetujui dan Mengesahkan



Bernardinus Sri Widodo, S.T., M.Eng.



Dr. rer. nat. Herry Pribawanto Suryawan

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya dosen Universitas Sanata Dharma :

Nama : Sukma Meganova Effendi

NPP : P.2359

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma karya ilmiah saya yang berjudul :

Laporan Kemajuan Penelitian – “Inovasi Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map”

Beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan demikian saya memberikan kepada Perpustakaan Universitas Sanata Dharma hak untuk menyimpan, mengalihkan dalam bentuk media lain, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data, mendistribusikan secara terbatas, dan mempublikasikannya di Internet atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya maupun memberikan royalti kepada saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis.

Atas kemajuan teknologi informasi, saya tidak keberatan jika nama, tanda tangan, gambar atau *image* yang ada di dalam karya ilmiah saya terindeks oleh mesin pencari (*search engine*), misalnya *google*.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Yogyakarta

Pada tanggal : 27 Juli 2022

Yang menyatakan



(Sukma Meganova Effendi)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami ucapkan kepada Tuhan, karena berkat rahmat dan karunia-Nya kegiatan penelitian di tahap pertama ini dengan judul Inovasi Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map” dapat terlaksana dengan baik dan lancar.

Kegiatan penelitian ini merupakan perwujudan salah satu Tri Dharma Perguruan Tinggi yang dilaksanakan oleh sivitas akademika Fakultas Vokasi, Universitas Sanata Dharma. Tahap pertama kegiatan ini telah terlaksana sejak Bulan Januari 2022 sampai dengan Juli 2022 dan masih akan berjalan untuk tahap penyelesaian sampai dengan Bulan November 2022. Pada tahap pertama, Inovasi Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map” telah selesai dibuat dan telah diuji coba kepada beberapa mahasiswa.

Dalam kesempatan ini, kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sanata Dharma (LPPM USD),
2. Rektorat Universitas Sanata Dharma,
3. Dekan Fakultas Vokasi, Universitas Sanata Dharma,
4. Ketua Program Studi Mekatronika,
5. Ketua Program Studi Teknologi Elektromedis
6. Teman-teman mahasiswa Tugas Akhir Mekatronika dan Teknologi Elektromedis
7. Dan semua pihak yang telah mendukung dan membantu kelancaran pelaksanaan kegiatan pengabdian ini.

Akhir kata, semoga modul dan kegiatan penelitian ini dapat bermanfaat bagi program studi, khususnya pada pengembangan Mata Kuliah Teknik Digital.

Yogyakarta, 25 Juli 2022

Tim Pelaksana Penelitian

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah untuk Kepentingan Akademis	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar.....	vi
Daftar Tabel	viii
Intisari	ix
Bab I - Pendahuluan	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Manfaat Penelitian	4
E. Luaran	4
Bab II - Kajian Teori	5
A. Karnaugh Map (K-Map)	7
B. Rancangan Pengendali Digital Karnaugh Map	7
C. Pengolahan Citra Warna	11
Bab III - Metodologi	12
Bab IV - Hasil dan Pembahasan	16
A. Mekanik <i>Turn Table</i> Sistem Sortir	16
B. Rangkaian Elektronika Sistem Sortir	19
C. Pendeteksian Warna Benda dan Keseluruhan Sistem Sortir dengan Rangkaian Pengendali Digital <i>Master</i>	23
Bab IV - Penutup	27
Daftar Pustaka	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Blok Diagram Sistem Sortir	6
Gambar 2.2	Konversi Tabel Kebenaran menjadi Karnaugh Map Sistem Sortir tiga (3) warna benda	8
Gambar 2.3	Karnaugh Map sistem sortir tiga (3) warna benda dalam bentuk SOP dan POS	8
Gambar 2.4	Karnaugh Map Sistem Sortir satu (1) warna benda dalam bentuk SOP dan POS	10
Gambar 2.5	Karnaugh Map Sistem Sortir dua (2) warna benda dalam bentuk SOP dan POS	10
Gambar 2.6	Segmentasi citra warna.....	11
Gambar 3.1	Roadmap penelitian penulis	12
Gambar 3.2	Metode penelitian Sistem Sortir.....	12
Gambar 4.1	Desain awal mekanik sistem sortir.....	16
Gambar 4.2	Desain layout elektrik sistem sortir.....	17
Gambar 4.3	Desain akhir mekanik sistem sortir dan keterangan bagian kerangka.....	17
Gambar 4.4	Desain akhir mekanik sistem sortir tampak depan dan keterangan bagian kerangka.....	18
Gambar 4.5	Rangkaian skematik persamaan Karnaugh Map untuk mensortir warna hijau dengan metode SOP dan POS.....	19
Gambar 4.6	Rangkaian skematik persamaan Karnaugh Map untuk mensortir warna merah dan biru dengan metode SOP dan POS.....	20
Gambar 4.7	Rangkaian skematik persamaan Karnaugh Map untuk mensortir warna merah, hijau, dan biru dengan metode SOP dan POS....	21
Gambar 4.8	Desain pengkabelan komponen elektronika sistem sortir.....	22
Gambar 4.9	Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh.....	23
Gambar 4.10	Pengaturan awal untuk pengenalan warna benda.....	24
Gambar 4.11	Hasil pengujian pendeteksian warna benda merah (s=1), hijau	

(s=2), dan biru (s=3)	25
-----------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Tabel Kebenaran Sistem Sortir Tiga (3) Warna Benda	8
Tabel 2.2	Tabel Kebenaran Sistem Sortir Satu (1) dan Dua (2) Warna Benda	9
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Menggunakan Desain Mekanik <i>Turn Tabel</i> Awal dan Akhir.....	26

INTISARI

Fenomena mahasiswa/pengguna mempelajari Karnaugh Map (K-Map) adalah kesulitan dalam merancang rangkaian logika dan tidak memiliki gambaran implementasi K-Map secara pragmatis dalam dunia industri. Untuk itu, prototipe sistem otomatis diperlukan untuk mengakomodir permasalahan tersebut dengan membuat sistem sortir yang mendeteksi warna benda merah (*red* (R)), hijau (*green* (G)), dan biru (*blue* (B)). Tabel kebenaran dirancang sebagai penentu kerja sistem. Pendeteksian dan pembacaan warna benda yang direpresentasikan dalam nilai biner, diterjemahkan menjadi masukan rangkaian pengendali digital K-Map. Keluaran rangkaian tersebut digunakan untuk menentukan benda yang dipilih atau dibuang. Sistem sortir berhasil mendeteksi warna benda sesuai tabel kebenaran yang diberikan. Desain mekanik *turn table* sistem sortir yang menggunakan sistem transmisi untuk motor dc memberikan performa yang baik dalam mensortir benda menuju tempat terpilih dan terbuang dengan tingkat keberhasilan sebesar 97 – 99%. Kesalahan pensortiran sebesar 2 – 3 % disebabkan bobot benda yang tidak sama sehingga gravitasi penurunan benda menuju lubang *turn table* menjadi tidak tepat dan juga dikarenakan pemberhentian *turn table* yang sedikit kurang tepat.

Kata kunci: Karnaugh Map, rangkaian logika, implementasi, sistem sortir, deteksi warna

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ilmu Teknik Digital selalu berbicara tentang nilai biner yang direpresentasikan dengan angka '0' atau '1' yang kemudian tersusun menjadi Bilangan Biner dengan jumlah bit tertentu tergantung dari jumlah masukan (input). Masukan dapat dihasilkan dari nilai pembacaan sensor, tombol, dll. Nilai pembacaan input yang umumnya dalam bentuk data analog akan lebih mudah diproses jika didefinisikan ke dalam bentuk data digital yaitu menjadi Bilangan Biner.

Dalam suatu sistem sortir, sistem tersebut tentu memiliki rangkaian logika maupun logika pemrograman untuk menjalankan sistem tersebut. Keduanya dapat bekerja sesuai dengan input yang diberikan dan diproses oleh rangkaian atau program sesuai dengan logika dari sistem. Untuk menghasilkan kerja sistem yang diinginkan, identifikasi masukan untuk menghasilkan keluaran tertentu perlu didefinisikan terlebih dahulu sehingga rangkaian logika ataupun logika pemrograman dapat dibuat kemudian. Untuk dapat merancang rangkaian logika ataupun logika pemrograman, manipulasi terhadap masukan perlu dilakukan. Perancangan logika dapat dibuat menggunakan metode Aljabar Boolean atau Karnaugh Map (K-Map) [1]. Karnaugh Map digunakan mengkonversi tabel kebenaran menjadi rangkaian logika atau digunakan untuk menyederhanakan dan meminimalkan fungsi Boolean [2] yang sistematis dan cepat yang direpresentasikan dengan bentuk fungsi logika yang minimal [3].

Dalam dunia industri, semua proses dituntut untuk memiliki respon yang cepat dan waktu yang singkat. Karnaugh Map digunakan untuk mengakomodasi hal tersebut sehingga dalam sistem yang dikendalikan oleh PLC, waktu dan biaya akan tereduksi [4][5]. Dalam sistem Pneumatik dan Elektropneumatik di industri, sistem juga diharapkan bekerja secara adaptif, dimana sistem tetap dapat berjalan meskipun variabel berubah selama siklus produksi [6]. Karnaugh Map yang diimplementasikan dalam industri bermanfaat untuk memproses banyak variabel dan kondisi dari komoditas seperti air, minyak, energi, lalu lintas transportasi, dll

untuk menghasilkan *Multi – Valued Karnaugh Map* (MVKM) [7] dan bermanfaat pula untuk menyederhanakan rangkaian skematik elektrik untuk logika sekuensial Pneumatik dan Elektropneumatik [3].

Representasi masukan (data) untuk rangkaian logika atau logika pemrograman adalah Bilangan Biner. Fenomena mahasiswa Mekatronika, Fakultas Vokasi, Universitas Sanata Dharma dalam mempelajari Karnaugh Map yang notabene data masukan dan keluaran dari tabel kebenaran berupa data digital (Bilangan Biner) adalah mahasiswa kesulitan dalam memahami konsep merancang rangkaian logika atau logika pemrograman dan tidak memiliki gambaran implementasi Karnaugh Map secara pragmatis. Bilangan Biner yang terdapat pada proses perancangan rangkaian logika sangat abstrak sehingga mahasiswa perlu dibekali kemampuan merancang rangkaian logika secara pragmatis sehingga diharapkan pengetahuan mengenai Bilangan Biner dan Karnaugh Map dapat dikuasai baik secara softskill (merancang) maupun hardskill (merangkai).

Secara umum, dalam dunia pendidikan, salah satunya di Program Studi Mekatronika, media pembelajaran Karnaugh Map secara pragmatis hanya berupa blok modul tunggal, seperti modul komponen IC AND, OR, NOT, Multiplexer, Demultiplexer, dsb. Rangkaian logika Karnaugh dapat dibentuk menggunakan blok modul komponen tersebut, tetapi terbatas pada rangkaian logika saja sehingga mahasiswa/pengguna tetap belum dapat memahami secara jelas implementasi Karnaugh Map dalam sebuah sistem otomasi.

Modul inovasi pembelajaran digital yang dibuat menjadi sebuah sistem otomasi dengan pengendali rangkaian logika Karnaugh Map ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan yang ada. Dengan sebuah sistem sortir berdasarkan warna benda dimana pengendalinya adalah pengendali digital berupa rangkaian logika menggunakan Karnaugh Map, mahasiswa/pengguna dapat merancang rangkaian logika Karnaugh Map. Pembuatan tabel kebenaran sampai dengan mengkonversi dan menjadi rangkaian logika mengasah secara pragmatis untuk pemahaman Bilangan Biner dan perancangan menggunakan Karnaugh Map yang dapat mengendalikan benda yang akan disortir. Dengan begitu, mahasiswa/pengguna semakin memiliki gambaran implementasi Karnaugh Map

dalam bidang industri. Modul pembelajaran digital berupa sistem sortir ini mendukung Rencana Induk Penelitian (RIP) 2021 – 2025, yaitu pengembangan rancang bangun alat/mesin untuk mendukung otomasi di bidang Material Handling, dimana sistem sortir yang dibuat memiliki mekanisme sistem pemindahan benda menuju tempat penampungan benda yang terpilih dan terbuang. Selain itu, sistem sortir ini juga mendukung pengembangan rancang bangun alat/mesin untuk peraga pendidikan dalam bidang otomasi industri makanan dan minuman meskipun tidak secara langsung. Salah satu proses yang ada di industri makanan dan minuman adalah pendeteksian warna, misalnya label (botol minuman). Pembacaan warna menggunakan kamera dapat digunakan secara otomatis untuk mendeteksi warna pada label, dimana pada sistem sortir ini dipelajari secara sederhana yaitu untuk pembacaan warna benda tertentu, tetapi bukan berupa label.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan yang dijabarkan dalam latar belakang, rumusan masalah dalam penelitian ini dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Bagaimana mengimplementasikan Karnaugh Map dalam Bidang Mekatronika untuk pembelajaran Teknik Digital?
2. Bagaimana menyusun metode yang mudah dipahami oleh mahasiswa/pengguna untuk memahami Karnaugh Map?
3. Bagaimana desain dan kondisi rangkaian pengendali yang dibangun menggunakan Karnaugh Map?
4. Apa masukan (input) yang digunakan untuk rangkaian logika Karnaugh Map?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan inovasi modul pembelajaran Digital - Karnaugh Map secara pragmatis

2. Mahasiswa/pengguna dapat merancang dan merangkai rangkaian pengendali Karnaugh Map sesuai sistem yang diinginkan berdasarkan tabel kebenaran

D. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mahasiswa/pengguna modul ini semakin memahami dengan mudah dalam merancang dan merangkai rangkaian logika Karnaugh Map dengan mengimplementasikan rangkaian logika Karnaugh Map yang dibuat secara pragmatis tersebut untuk mengendalikan sistem sortir warna benda. Dengan demikian, modul ini dapat memberikan gambaran implementasi Karnaugh Map sebagai rangkaian pengendali suatu sistem yang dapat diterapkan di industri. Di samping itu, mahasiswa/pengguna juga semakin memahami bahwa masukan berupa Bilangan Biner dihasilkan dari sensor yaitu pendeteksian warna benda oleh kamera seperti yang ada pada sistem-sistem otomasi, dimana masukan banyak dihasilkan dari sensor-sensor.

E. Luaran

Sebagai luaran wajib dari penelitian ini adalah publikasi pada jurnal nasional terindeks Sinta atau jurnal internasional.

BAB II KAJIAN TEORI

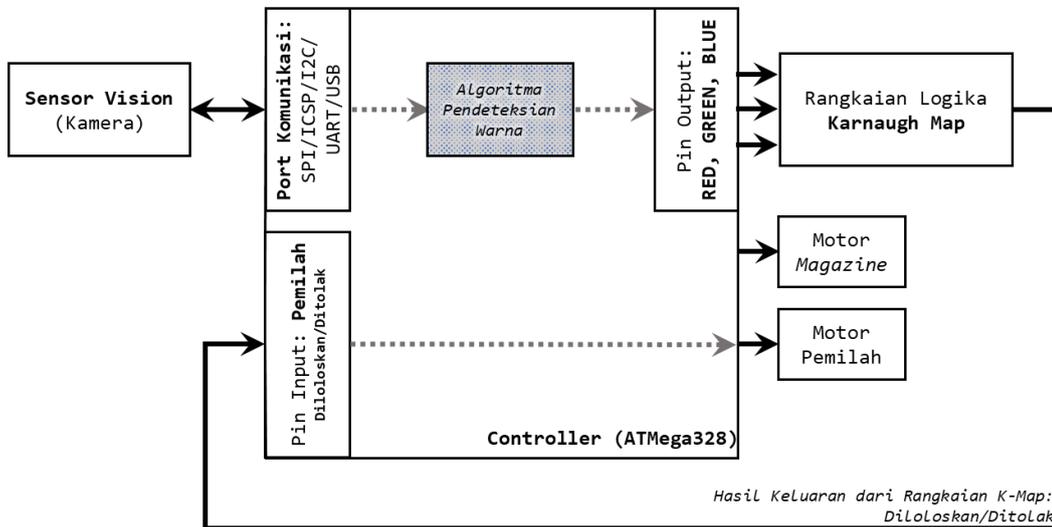
Metode penyederhanaan logika ada dua, yaitu Aljabar Boolean dan Karnaugh Map. Aljabar Boolean memiliki metode penyederhanaan logika yang lebih panjang dan lama serta menuntut untuk memahami Hukum-hukum Boolean [1] dan De Morgan [8]. Karnaugh Map memiliki metode yang lebih mudah dan cepat dibandingkan dengan Aljabar Boolean [9][10][11].

Variabel-variabel tabel kebenaran Karnaugh Map seringkali berasal dari kondisi-kondisi yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari. Dalam hal ini, salah satu kondisi yang digunakan adalah jalan tol dengan pintu gerbang otomatis. Syarat yang terpenuhi akan membuka pintu gerbang secara otomatis. Sripurwani, dkk, membuat 32 kemungkinan dari lima variabel (5 bit) untuk menghasilkan rangkaian logika menggunakan Karnaugh Map [12]. Sama halnya dengan Rushdi dan Alsayegh, Karnaugh Map dimanfaatkan untuk pengelolaan komoditas seperti air, minyak, energi, lalu lintas transportasi, dll yang masing-masing sumber akan disalurkan pada pipa-pipa tertentu [7]. Masing-masing pipa memiliki beberapa variabel. Oleh karena itu, untuk dapat membentuk rangkaian pengendali, sistem pengelolaan komoditas tersebut dirancang menggunakan Karnaugh Map yang dapat menyederhanakan rangkaian logika dengan banyak variabel.

Alat bantu untuk memudahkan memahami Karnaugh Map terus dikembangkan. Adi Kusumardi, membuat alat peraga Karnaugh Map menggunakan Karton Tempel (Tompel) dimana jawaban dari soal ditempelkan pada diagram map [13]. Setiap input dibuat persamaan minterm atau maxterm. Kemudian, masing-masing persamaan ditempelkan pada diagram map pada karton untuk dibandingkan dengan cara mengeliminasi variabel yang tidak sama dan menyisakan variabel yang sama sebagai hasil persamaan logikanya.

Riandini dan Mera, menghasilkan aplikasi interaktif berbasis web untuk memudahkan dalam mempelajari Karnaugh Map [1]. Dengan menggunakan aplikasi, proses belajar Karnaugh Map perlu melibatkan antara manusia dengan media informasi yang bukan manusia (media cetak dan media audiovisual).

Transformasi informasi secara audio visual sangat membantu dalam proses belajar [14].



Gambar 2.1 Blok diagram sistem sortir

Dari berbagai penelitian yang dilakukan, alat peraga atau modul yang mengakomodasi pembelajaran Karnaugh Map dalam bentuk prototipe sistem otomatis yang ada di industri belum ada. Dalam penelitian ini, alat peraga atau modul sistem sortir warna benda menggunakan rangkaian pengendali digital Karnaugh Map diharapkan memberikan gambaran nyata bahwa Karnaugh dapat diimplementasi untuk sistem otomatis. Sistem pendeteksian warna benda diproses oleh kamera dan mikrokontroler sehingga menghasilkan keluaran berupa bilangan biner dari kondisi tertentu sesuai warna yang terdeteksi. Nilai biner tersebut menjadi masukan bagi rangkaian pengendali digital Karnaugh Map yang nantinya akan dirancang dan dirangkai oleh mahasiswa atau pengguna tergantung dari tabel kebenaran sistem yang diinginkan. Keluaran dari rangkaian pengendali digital Karnaugh Map dijadikan masukan untuk mengendalikan motor servo sebagai pengarah benda yang terpilih maupun yang dibuang yang diproses oleh mikrokontroler. Blok diagram sistem penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.

A. Karnaugh Map (K-Map)

Karnaugh Map (K-Map) merupakan bentuk grafis tabel kebenaran yang digunakan untuk menyederhanakan fungsi Boolean [2] atau persamaan logika dan mengkonversi tabel kebenaran menjadi rangkaian logika [15][10].

Tabel kebenaran terdiri dari masukan dan keluaran sistem yang dibuat. Jumlah masukan tergantung dari jumlah variabel (n) yang dituliskan dalam bentuk 2^n .

Proses perancangan rangkaian logika Karnaugh adalah dijelaskan sebagai berikut:

1. Keluaran dari setiap masukan dituliskan ke dalam Sel Karnaugh Map
2. Tentukan bentuk persamaan logika yaitu SOP (Sum of Product) atau POS (Product of Sum). SOP menggunakan nilai biner pada sel yang bernilai '1', sedangkan POS menggunakan nilai biner pada sel yang bernilai '0'.
3. Kelompokkan nilai biner yang sama pada sel sesuai dengan bentuk persamaan yang digunakan dengan syarat:
 - Hanya yang berdekatan secara vertikal atau horizontal yang boleh dikelompokkan
 - Jumlah sel yang boleh dikelompokkan dalam satu kelompok adalah 2^n , dimana $n = 0, 1, 2, 3, \text{dst}$
4. Bandingkan nilai variabel masukan yang terletak pada sel yang dikelompokkan dan dipilih berdasarkan syarat berikut:
 - Variabel yang tidak sama tidak digunakan
 - Variabel yang sama adalah hasil persamaan yang ditulis sesuai dengan bentuk persamaan yang digunakan
5. Gambar rangkaian logika sesuai persamaan yang dihasilkan

B. Rancangan Pengendali Digital Karnaugh Map

Tabel kebenaran untuk sistem sortir tiga (3) warna benda yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 2.1. Masukan didapatkan dari hasil pendeteksian warna benda oleh kamera. Variabel yang digunakan adalah warna benda, yaitu Red (R), Green (G), atau Blue (B). Kamera hanya mendeteksi salah satu dari ketiga warna tersebut yang menjadi masukan bagi rangkaian pengendali digital Karnaugh Map sehingga keluaran yang bernilai biner '1' dihasilkan dari

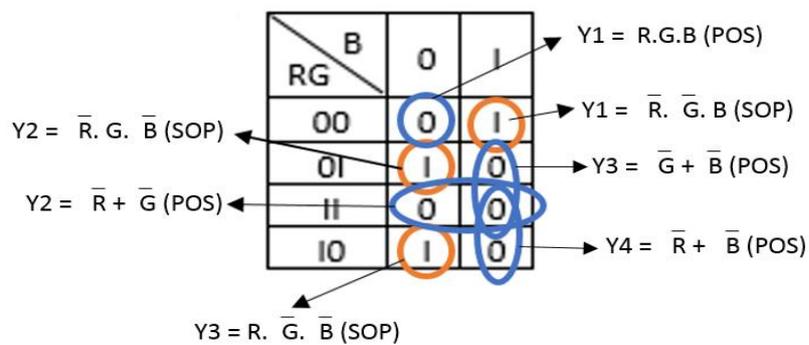
masukan nilai biner (RGB) '001', '010', dan '100'. Konversi tabel kebenaran ke dalam Karnaugh Map ditunjukkan pada Gambar 2.2 dan pengelompokkan sel serta persamaan yang diperoleh ditunjukkan pada Gambar 2.3.

Tabel 2.1 Tabel Kebenaran Sistem Sortir Tiga (3) Warna Benda

Masukan			Keluaran
R	G	B	Y
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

RG \ B	0	1
00	0	1
01	1	0
11	0	0
10	1	0

Gambar 2.2 Konversi Tabel Kebenaran menjadi Karnaugh Map Sistem Sortir Tiga (3) Warna Benda



Gambar 2.3 Karnaugh Map Sistem Sortir Tiga (3) Warna Benda dalam bentuk SOP dan POS

Persamaan yang diperoleh untuk sistem sortir tiga (3) warna benda, yaitu:

SOP

$$Y = Y1 + Y2 + Y3$$

$$Y = \bar{R}. \bar{G}. B + \bar{R}. G. \bar{B} + R. \bar{G}. \bar{B}$$

POS

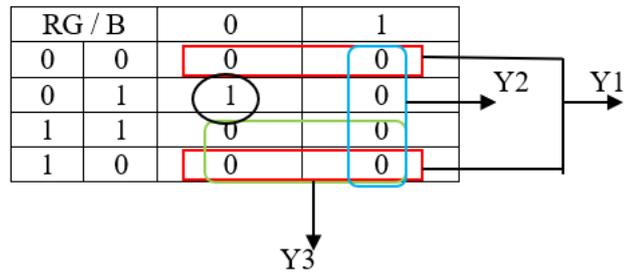
$$Y = Y1. Y2. Y3. Y4$$

$$Y = (R + G + B). (\bar{R} + \bar{G}). (\bar{G} + \bar{B}) + (\bar{R} + \bar{B})$$

Tabel kebenaran untuk sistem sortir satu (1) warna benda, yaitu hijau dan dua (2) warna benda, yaitu merah dan biru, ditunjukkan pada Tabel 2.2. Konversi tabel kebenaran ke dalam Karnaugh Map untuk sistem sortir satu (1) warna benda ditunjukkan pada Gambar 2.4 dan untuk sistem sortir dua (2) warna benda ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Tabel 2.2 Tabel Kebenaran Sistem Sortir Satu (1) dan Dua (2) Warna Benda

Masukan			Keluaran 1 Warna (Hijau)	Keluaran 2 Warna (Merah dan Biru)
R	G	B	Y	Y
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
1	0	0	0	1
1	0	1	0	0
1	1	0	0	0
1	1	1	0	0



Gambar 2.4 Karnaugh Map Sistem Sortir satu (1) warna benda dalam bentuk SOP dan POS

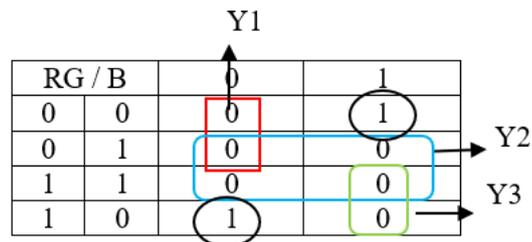
Persamaan yang diperoleh untuk sistem sortir satu (1) warna benda, yaitu:

SOP

$$Y = \bar{R} . G . \bar{B}$$

POS

$$Y = Y1 . Y2 . Y3 = (G) . (\bar{B}) . (\bar{R})$$



Gambar 2.5 Karnaugh Map Sistem Sortir dua (2) warna benda dalam bentuk SOP dan POS

Persamaan yang diperoleh untuk sistem sortir dua (2) warna benda, yaitu:

SOP

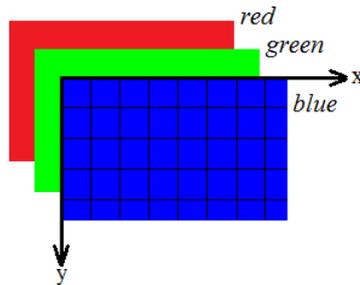
$$Y = (\bar{R} . \bar{G} . B) + (R . \bar{G} . \bar{B})$$

POS

$$Y = Y1 . Y2 . Y3 = (R + B) . (\bar{G}) . (\bar{R} + \bar{B})$$

C. Pengolahan Citra Warna

Sebuah citra dapat direduksi ukurannya dengan cara mengelompokkan beberapa nilai red, green dan blue pada beberapa piksel sehingga dapat dijadikan menjadi satu nilai derajat keabuan yang sama.



Gambar 2.6 Segmentasi citra warna

Kernel fungsi segmentasi warna adalah sebagai berikut [16].

$$Seg_{red} = \frac{\sum_x \sum_y red}{x.y};$$

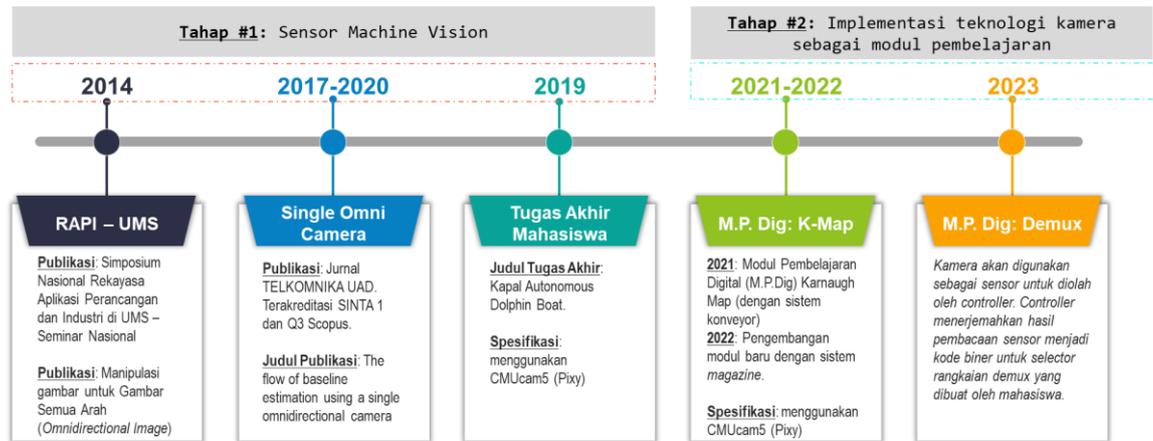
$$Seg_{green} = \frac{\sum_x \sum_y green}{x.y};$$

$$Seg_{blue} = \frac{\sum_x \sum_y blue}{x.y}$$

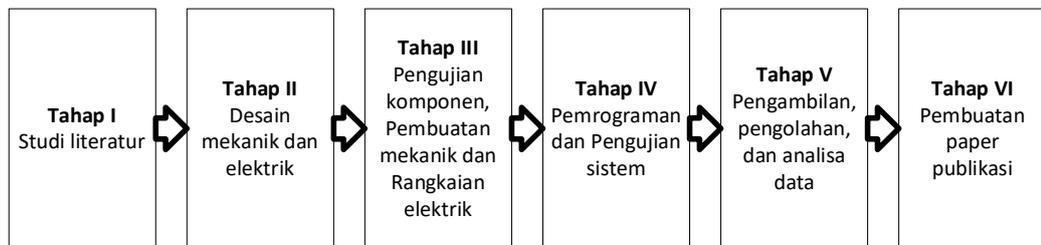
Dimana, x dan y adalah piksel pada sebuah citra untuk setiap lapisan warna (red layer, green layer, blue layer) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, sehingga \sum_x dan \sum_y adalah jumlah piksel pada sebuah citra untuk setiap lapisan warna.

BAB III METODOLOGI

Penelitian ini dibuat sesuai dengan roadmap penelitian yang dimiliki oleh penulis. Topik yang diteliti terkait dengan kamera yang kemudian dilakukan pengolahan citra yang diimplementasikan dalam perangkat yang berbeda. Roadmap penelitian yang dilakukan oleh penulis dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Roadmap penelitian penulis



Gambar 3.2 Metode penelitian Sistem Sortir

Tahapan penelitian ini dibagi menjadi 6 tahap seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Tahapan penelitian ini dijelaskan sebagai berikut.

Tahap 1

Studi literatur dilakukan pada tahap ini. Studi literatur mengenai jenis-jenis kamera yang dapat mendeteksi warna dan dapat diproses secara langsung menggunakan mikrokontroler Arduino, sekaligus studi literatur mengenai

pemrograman untuk pendeteksian warna. Literatur mengenai desain mekanik untuk sistem sortir juga diperlukan untuk menentukan desain mekanik yang sesuai dengan sistem yang akan dibuat pada penelitian ini. Artikel maupun jurnal penelitian mengenai Karnaugh Map yang diterapkan di industri juga menjadi hal penting untuk memastikan bahwa Karnaugh Map digunakan di industri.

Tahap 2

Dengan mempelajari desain mekanik sistem sortir dari literatur yang sudah ada, pada tahap ini adalah menentukan desain mekanik sistem sortir yang dibuat untuk penelitian ini. Selain desain mekanik, pembuatan desain elektrik rangkaian pengendali Karnaugh Map berdasarkan desain konsep Karnaugh Map yang akan dibuat dan desain pengendalian motor sebagai efektor benda yang disortir.

Tahap 3

Pengujian kamera dilakukan untuk menentukan pengaturan yang tepat agar gambar dapat diolah dengan baik oleh program. Setelah itu, dengan desain mekanik dan desain elektrik sistem sortir yang sudah didesain pada Tahap 2, proses selanjutnya akan direalisasikan menjadi sebuah perangkat keras yang belum terprogram.

Tahap 4

Tahap ini akan membuat program untuk dapat mendeteksi warna benda. Kontroler akan mengolah data tersebut untuk dimasukkan ke Rangkaian Karnaugh Map dan keluaran dari Rangkaian Karnaugh Map akan dijadikan sebagai masukan pada kontroler untuk menggerakkan motor. Setelah program keseluruhan dibuat, pengujian sistem dilakukan untuk memastikan apakah sistem sudah berjalan sesuai yang diinginkan.

Tahap 5

Pengambilan, pengolahan, dan analisa data dilakukan pada tahap ini. Data diambil dari penerapan beberapa metode. Pertama adalah dengan melihat hasil

pembelajaran desain Karnaugh Map secara teoritis (berupa nilai dan kuesioner). Kedua adalah dengan melihat hasil Rangkaian Karnaugh Map yang dirangkai pada sistem sortir (nilai dan kuesioner). Ketiga adalah dengan melihat hasil Rangkaian Karnaugh Map yang dirangkai pada sistem sortir setelah membuat simulasi menggunakan TinkerCAD (nilai dan kuesioner). Dari data yang diperoleh, masing-masing data akan diolah dan dianalisa untuk melihat apakah tujuan dari penelitian ini berhasil dicapai.

Variabel yang digunakan adalah warna benda merah (*red* (R)), hijau (*green* (G)), dan biru (*blue* (B)) dalam bentuk bilangan biner data masukan dan data keluaran (dari rangkaian K-Map) untuk tabel kebenaran K-Map saat sistem sudah berjalan. Data tersebut dibandingkan dengan tabel kebenaran yang ditentukan (awal) untuk membuat sistem sortir yang diinginkan. Setelah itu, data pemahaman pembelajaran K-Map dalam merancang dan membuat sistem sortir menggunakan rangkaian pengendali K-Map diambil menggunakan formulir kuesioner. Setelah mahasiswa/pengguna mempelajari secara teoritis yaitu merancang sistem sortir menggunakan pengendali K-Map, mahasiswa/pengguna akan diberi kuesioner seberapa tingkat (awal) pemahaman tentang K-Map dan juga data nilai ujian tentang K-Map. Kemudian, setelah mahasiswa/pengguna merangkai rangkaian K-Map berdasarkan rancangan yang dibuat saat teori secara langsung tanpa menggunakan perangkat bantuan, hasil unjuk kerja mahasiswa/pengguna pada sistem sortir menggunakan rangkaian pengendali K-Map akan dinilai dan diberi kuesioner untuk melihat kembali seberapa tingkat (progress) pemahaman dalam mempelajari K-Map. Dan terakhir, mahasiswa/pengguna akan membuat rangkaian secara bertahap. Pertama dengan merangkai rangkaian pengendali K-Map secara virtual menggunakan TinkerCAD. Kedua, rangkaian TinkerCAD tersebut dirangkai pada protoboard sistem sortir. Kemudian, unjuk kerja rangkaian yang dibuat mahasiswa/pengguna dinilai dan diberi kuesioner Kembali untuk melihat tingkat (akhir) pemahaman K-Map.

Data pembacaan warna dan keluaran rangkaian akan dianalisa seberapa tingkat akurasi yang dihasilkan dan data data kuesioner serta nilai unjuk kerja mahasiswa/pengguna dianalisa untuk mengetahui tingkat pemahaman mempelajari

K-Map dengan beberapa metode pembelajaran yang diberikan dan akan disimpulkan metode terbaik untuk mempelajari K-Map. Ketepatan pembacaan warna benda dan ketepatan dalam merangkai rangkaian pengendali K-Map menjadi penentu keberhasilan sistem dalam mensortir warna benda yang dipilih atau dibuang.

Tahap 6

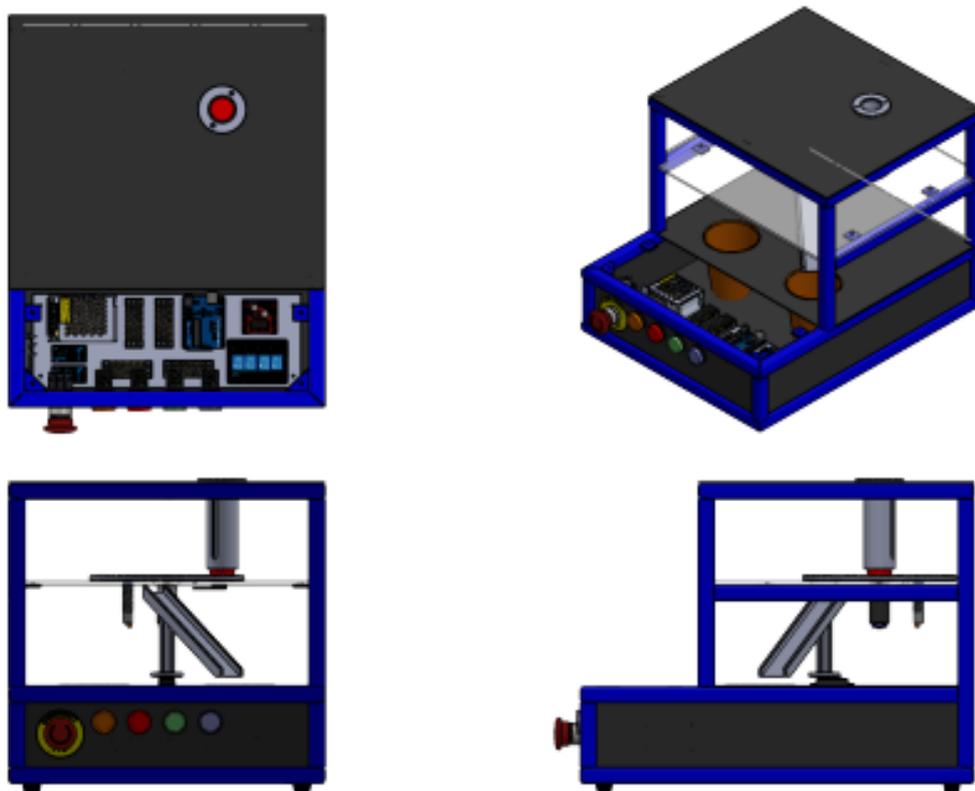
Data dan analisa yang diperoleh dari Tahap 5 penelitian ini dituangkan dalam bentuk jurnal yang kemudian akan dikirimkan pada jurnal nasional terindeks Sinta atau jurnal internasional.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

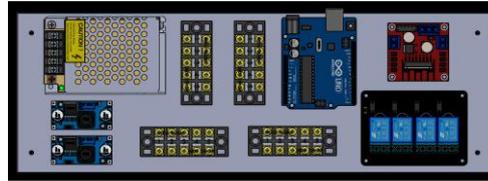
Pengerjaan penelitian tahap awal ini meliputi pengerjaan Tahap 1 sampai dengan Tahap 4 pada Bab III Metodologi Pelaksanaan. Targetnya adalah modul (alat) selesai dibuat dan diuji coba apakah modul (alat) dapat berfungsi dengan baik sehingga keluaran yang dihasilkan sesuai dengan tabel kebenaran yang digunakan.

A. Mekanik *Turn Table* Sistem Sortir

Proses perancangan mekanik dan elektrik dilakukan setelah referensi terdahulu dipelajari, baik referensi tertulis maupun referensi modul yang ada. Desain awal mekanik dan layout elektrik yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2.

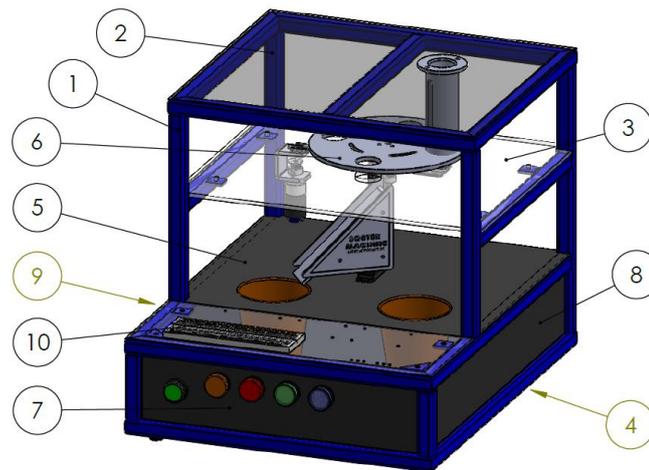


Gambar 4.1 Desain awal mekanik sistem sortir



Gambar 4.2 Desain layout elektrik sistem sortir

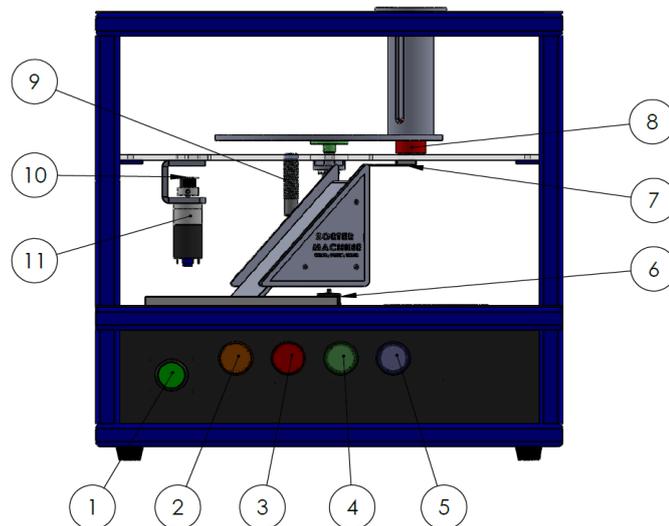
Dari hasil pengujian sistem sortir dengan desain awal mekanik, rangkaian elektrik bekerja dengan baik. Akan tetapi, karena piringan *turn table* bertumpu langsung pada poros motor dc *turn table*, perputaran *turn table* tidak stabil. Seringkali, lubang pada piringan *turn table* bergeser dan tidak berada tepat di bawah feeder benda. Hal ini mengakibatkan benda tidak dapat turun ke lubang piringan *turn table* sehingga benda tidak dapat pula menuju seluncuran (slider) pengarah pada wadah benda terpilih atau benda terbang.



10	Base Controller	1	Plate SPCC t1.5
9	Side Cover L	1	Plate SPCC t1.2
8	Side Cover R	1	Plate SPCC t1.2
7	Front Cover	2	Plate SPCC t1.2
6	Plate Turn Table	1	Akrilik t5
5	Base Cup & Servo	1	Plate SPCC t1.2
4	Base Cover Frame	1	Plate SPCC t1.2
3	Base Turn Table	1	Akrilik t5
2	Top Cover Frame	1	Plate SPCC t1.2
1	Frame	1	Hollow 20x20xt1.4
Item	Description	Qty	Material

Gambar 4.3 Desain akhir mekanik sistem sortir dan keterangan bagian kerangka

Permasalahan mekanik *turn table* diperbaiki dengan mendesain ulang mekanisme perputarannya. Desain mekanik yang sudah diperbaiki ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan Gambar 4.4. Piringan *turn table* tidak lagi dihubungkan langsung pada poros motor, tetapi motor dc ditransmisikan menggunakan pulley (bore) dan belt. Hasilnya, perputaran motor dc menjadi lebih stabil dan benda kerja dapat jatuh berada di lubang piringan *turn table* sehingga benda kerja dapat diteruskan menuju wadah untuk benda terpilih atau benda terbuang. Dari 100 kali percobaan untuk setiap warna benda, kondisi perhentian yang sedikit bergeser masih terjadi tetapi sangat jarang terjadi, secara kuantitas kondisi kesalahan hanya sejumlah 2 – 3%.

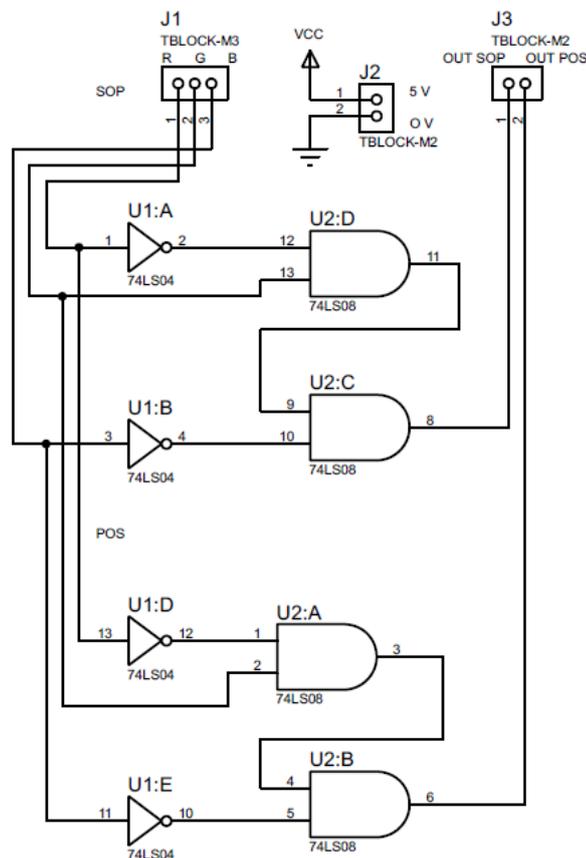


11	Motor DC
10	Pully Bore 4mm
9	Sensor Induktif
8	Benda Kerja
7	Camera Pixy 2.1
6	Motor Servo
5	Indikator sensor mendeteksi warna biru
4	Indikator sensor mendeteksi warna hijau
3	Indikator sensor mendeteksi warna merah
2	Indikator Mesin Menyala
1	Tombol Start/Stop
Item	Description

Gambar 4.4 Desain akhir mekanik sistem sortir tampak depan dan keterangan bagian kerangka

B. Rangkaian Elektronika Sistem Sortir

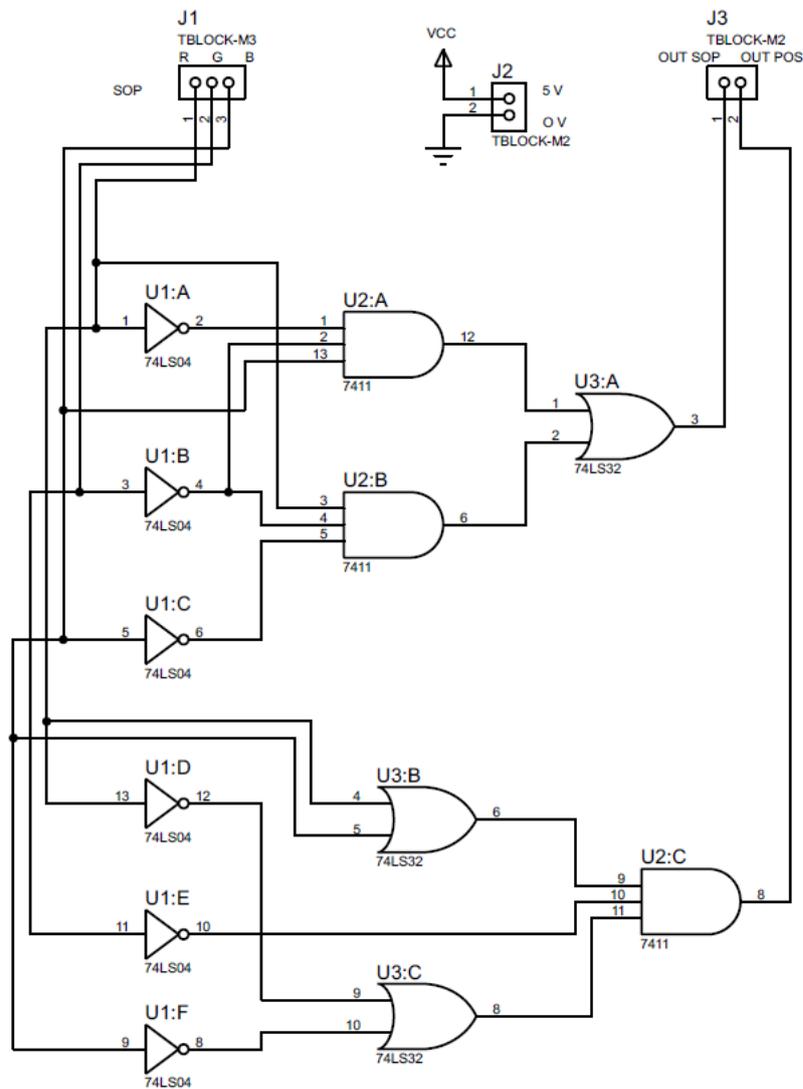
Rangkaian pengendali digital Karnaugh Map dengan metode SOP dan POS yang dibuat sebagai master dan diletakkan pada modul adalah sebanyak enam (6) rangkaian PCB. Gambar skematik rangkaian Karnaugh Map yang dibuat tersebut ditunjukkan pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan Gambar 4.7. Komponen utama dari rangkaian pengendali digital Karnaugh Map yang dibutuhkan adalah Gerbang AND 2 input dan Gerbang AND 3 input, OR 2 input, dan NOT dengan IC TTL tipe 7408 dan 7411, 7432, dan 7404.



Gambar 4.5 Rangkaian skematik persamaan Karnaugh Map untuk mensortir warna hijau dengan metode SOP dan POS

Keenam rangkaian PCB pengendali digital Karnaugh Map yang belum terintegrasi dengan sistem sortir diuji coba dan menghasilkan keluaran yang sesuai dengan tabel kebenaran yang diberikan. Setiap masukan berupa benda dengan

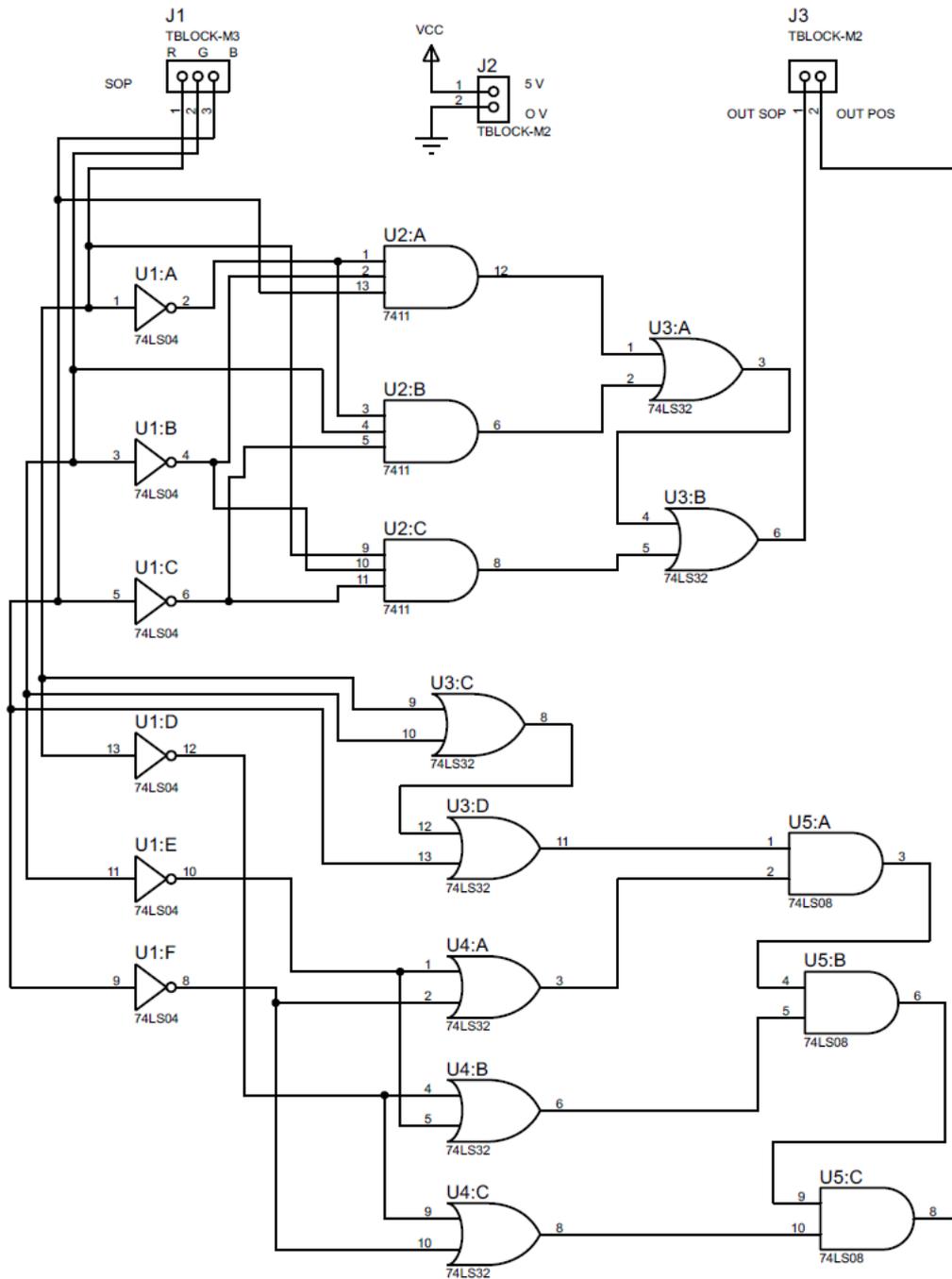
warna merah, hijau, dan biru. Warna benda kerja ditambah dengan warna kuning untuk memastikan saat sistem mensortir tiga (3) warna yaitu merah, hijau, dan biru, ketiga warna tersebut terpilih dan warna kuning terbuang.



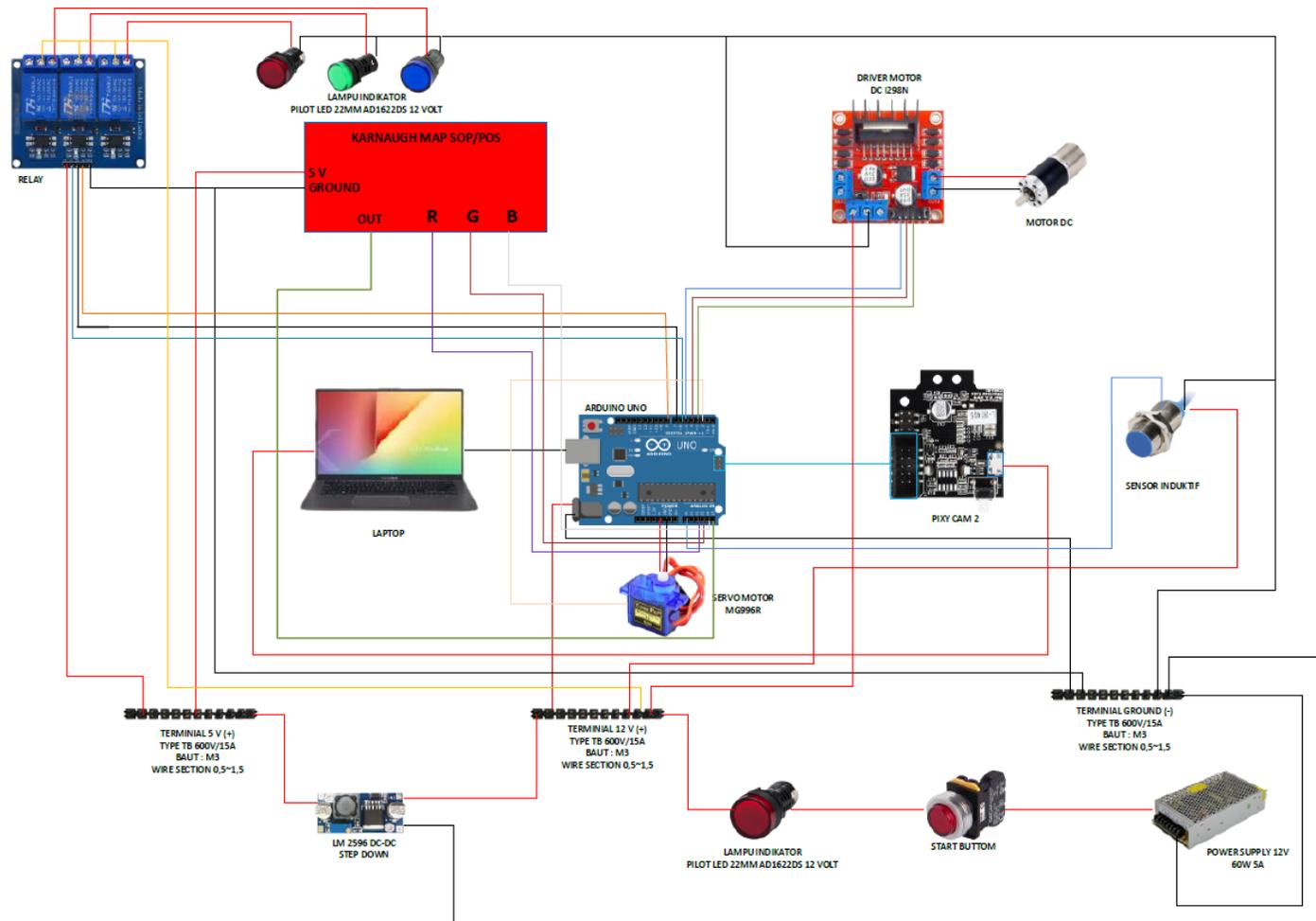
Gambar 4.6 Rangkaian skematik persamaan Karnaugh Map untuk mensortir warna merah dan biru dengan metode SOP dan POS

Pengkabelan pada rangkaian elektronika sistem sortir ini ditunjukkan pada Gambar 4.8. Dalam gambar tersebut, terdapat perangkat komputer (laptop) yang hanya digunakan di awal untuk mengatur dan mempelajari warna benda yang dapat

dideteksi. Apabila pengaturan telah selesai dan telah diintegrasikan ke dalam pengendali Arduino, maka perangkat komputer (laptop) tidak perlu lagi digunakan.



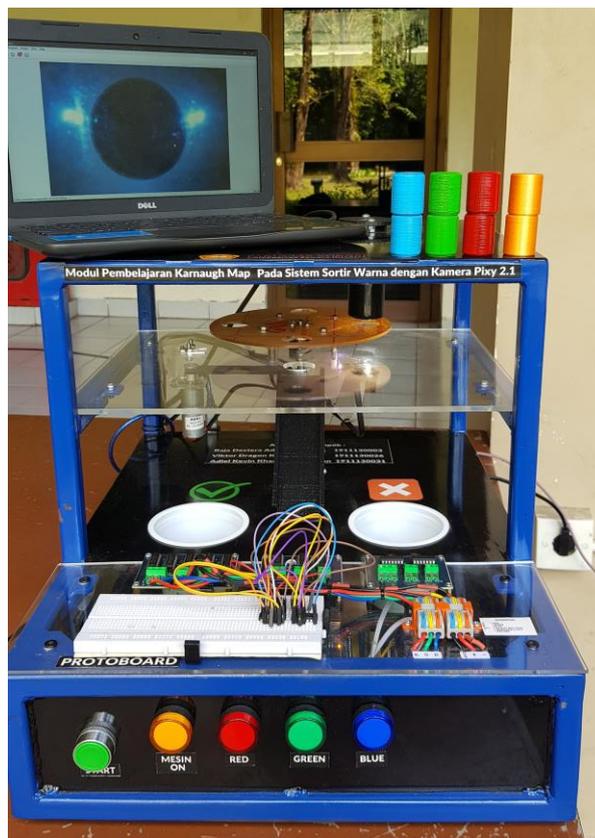
Gambar 4.7 Rangkaian skematik persamaan Karnaugh Map untuk mensortir warna merah, hijau, dan biru dengan metode SOP dan POS



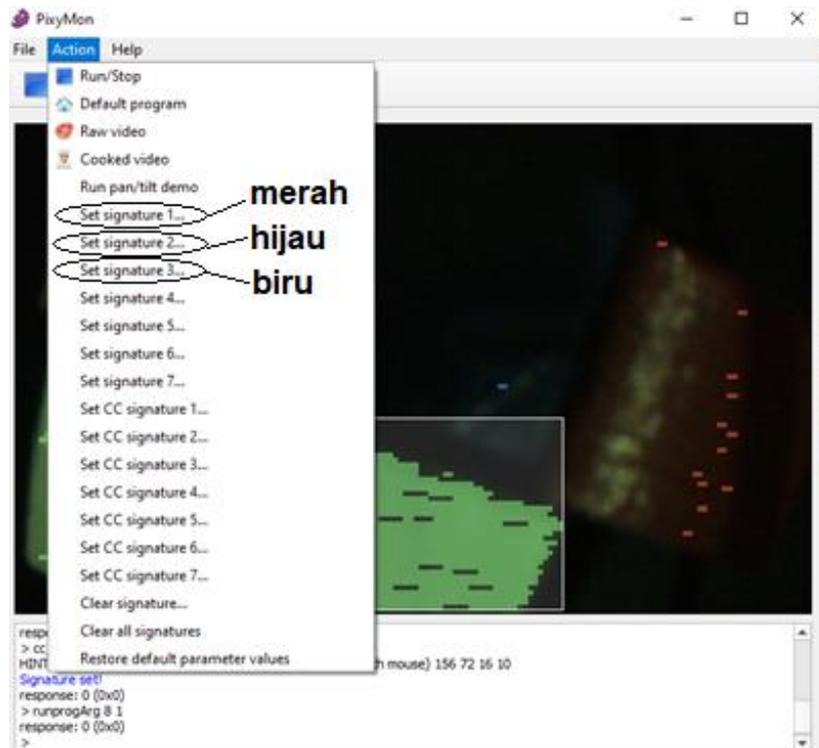
Gambar 4.8 Desain pengkabelan komponen elektronika sistem sortir

C. Pendeteksian Warna Benda dan Keseluruhan Sistem Sortir dengan Rangkaian Pengendali Digital *Master*

Inovasi Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map” yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 4.9. Kamera yang digunakan adalah kamera Pixy 2.1. Kamera tersebut memiliki sistem pencahayaan internal sehingga pembacaan warna benda menjadi stabil meskipun berada di dalam ruangan yang berbeda maupun di luar ruangan, kecuali pada lapangan terbuka yang sangat luas (tidak berdinging). Hasil pengaturan awal untuk pengenalan setiap warna benda ditunjukkan pada Gambar 4.10. Dan hasil pengujian warna benda yang dideteksi ditunjukkan pada Gambar 4.11.



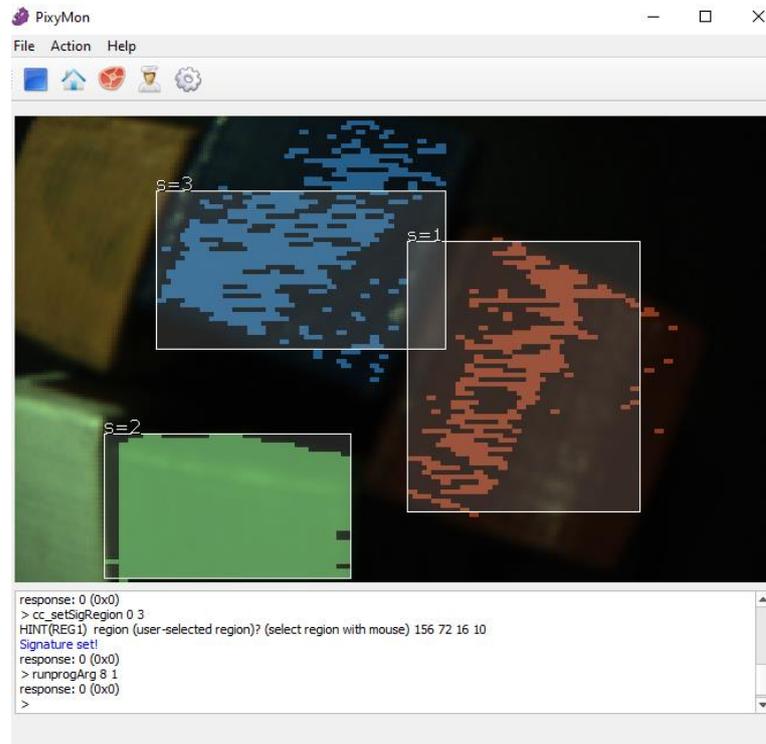
Gambar 4.9 Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map



Gambar 4.10 Pengaturan awal untuk pengenalan warna benda

Pengujian sistem sortir menggunakan enam (6) *master* rangkaian pengendali digital dilakukan sebanyak 100 kali percobaan untuk setiap warna. Tabel hasil pengujian tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1. Dalam tabel tersebut, terdapat dua pengujian berdasarkan desain mekanik awal dan desain mekanik akhir yang telah diperbaiki. Dari tabel tersebut, sistem sortir yang menggunakan desain mekanik awal menunjukkan bahwa keberhasilan dalam mensortir warna benda sesuai rangkaian pengendali digital yang digunakan masih kurang baik. Persentase keberhasilan pendeteksian warna benda tersebut sebesar 80 – 93 %, sedangkan sistem sortir yang menggunakan desain mekanik yang telah diperbaiki menunjukkan tingkat keberhasilan pendeteksian warna yang lebih tinggi yaitu sebesar 97 – 99 %. Hal ini menunjukkan bahwa sistem sortir yang menggunakan desain mekanik *turn table* dengan menerapkan sistem transmisi untuk motor dc memberikan performa yang baik dalam kinerja sistem sortir secara keseluruhan. Jumlah kesalahan sebesar 2 – 3 % yang terjadi disebabkan oleh benda yang memiliki bobot yang berbeda-beda

karena benda dibuat menggunakan filamen 3D printer yang berbeda-beda yang mempengaruhi gravitasi penurunan benda ke lubang *turn table*.



Gambar 4.11 Hasil pengujian pendeteksian warna benda merah (s=1), hijau (s=2), dan biru (s=3)

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Menggunakan Desain Mekanik *Turn Tabel* Awal dan Akhir

No	Jenis Rangkaian K- Map	Hasil Sorting Kondisi <i>Accepted</i> dari 100 kali Pengujian Setiap Warna					Keberhasilan Sorting (kondisi <i>accepted</i>)
		Desain <i>Turn table</i>	Merah	Hijau	Biru	Kuning	
1	Sorting 1 warna,SOP	Awal	92	91	94	91	92%
		Akhir	99	100	97	99	99%
2	Sorting 1 warna,POS	Awal	84	80	79	81	81%
		Akhir	97	98	100	98	98%
3	Sorting 2 warna,SOP	Awal	94	91	93	90	92%
		Akhir	96	98	99	96	97%
4	Sorting 2 warna,POS	Awal	81	80	83	79	81%
		Akhir	98	97	98	99	98%
5	Sorting 3 warna,SOP	Awal	94	91	92	93	93%
		Akhir	98	99	98	97	98%
6	Sorting 3 warna,POS	Awal	79	79	82	81	80%
		Akhir	96	98	99	97	98%

BAB V PENUTUP

Tahap awal penelitian ini telah berhasil menyelesaikan Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map”. Modul dibuat menggunakan kamera Pixy 2.1 untuk mendeteksi warna benda, rangkaian pengendali digital Karnaugh Map yang dibuat terdiri dari enam (6) rangkaian PCB dengan Metode *Sum of Product* (SOP) dan *Product of Sum* (POS). Dari modul yang dibuat dan telah diuji coba fungsionalitasnya, dapat disimpulkan, sebagai berikut:

1. Desain mekanik untuk *turn table* awal yang diperbaiki menggunakan sistem transmisi untuk motor dc dapat membuat *turn table* lebih stabil saat berputar dan lebih tepat saat berhenti, meskipun masih terdapat pergeseran sebesar 2 – 3% dalam 100 kali pengujian untuk setiap warna.
2. Keenam PCB rangkaian pengendali digital yang diuji tanpa sistem dapat digunakan dengan baik karena rangkaian telah menghasilkan output sesuai dengan tabel kebenaran yang diberikan.
3. Modul Pembelajaran Digital “Sistem Sortir Warna Benda Berbasis Rangkaian Logika Karnaugh Map” dengan desain mekanik *turn table* yang diperbaiki, memberikan performa yang baik dengan keberhasilan pensortiran sebesar 97 – 99% dari 100 kali percobaan untuk setiap warna.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Riandini dan Mera K. Delimayanti, Alat Bantu Pengajaran Interaktif Teknik Digital Berbasis Web, Jurnal Poli-Teknologi, Vol. 9, No. 2, Hal. 118–125, Politeknik Negeri Jakarta, 2010.
- [2] Karnaugh, M., The Map Method for Synthesis of Combinational Logic Circuits, Transactions of the American Institute of Electrical Engineers, Vol. 72, No. 1, pp.593–599, IEEE, 1953.
- [3] Santos, A. A., António Ferreira da Silva, Methodology for Manipulation of Karnaugh Maps Designing for Pneumatic Sequential Logic Circuits, International Journal of Mechatronics and Automation, Vol. 6, No.1, pp.46 – 54, Inderscience, 2017.
- [4] Barnett, B., Karnaugh Maps Aren't For Ladder Logic, Bob Barnett, <https://www.controleng.com/articles/karnaugh-maps-arent-for-ladder-logic/>, Diakses pada 20 April 2021.
- [5] Hurst, L. R., Arnold Mo., dan Gary Mintchell, Karnaugh Mapping Aids Industrial Control, <https://www.controleng.com/articles/karnaugh-mapping-aids-industrial-control/>, Diakses pada 20 April 2021.
- [6] Santos, A. A., António Ferreira da Silva, Adaptability of Karnaugh Maps to Implement and Solve Complex Control Problems of Pneumatic and Electro-Pneumatic Systems, Global Journal of Researches in Engineering: A Mechanical and Mechanics Engineering, Vol. 21, No. 2, pp. 38 – 49, Global Journals, 2021.
- [7] Rushdi, A. M. dan Abdulghani B. A., Karnaugh-Map Analysis of a Commodity-Supply Multi-State Reliability System, Theory and Practice of Mathematics and Computer Science, Vol. 8, pp. 21-37, Book Publisher International, Guest House Road, Street no - 1/6, Hooghly, West Bengal, India,
- [8] Arbiyanti, Pippie, 2008, Diktat Kuliah Elektronika Digital, Yogyakarta: D3 Mekatronika, PMSD.

- [9] Belton, D., 1998, Karnaugh Map,
<http://www.ee.surrey.ac.uk/Projects/Labview/minimisation/karnaugh.html>,
Diakses pada 18 Januari 2022
- [10] Kristalina, P., Karnaugh Map (K-Map),
<http://prima.lecturer.pens.ac.id/ElkaDigit1/Topik4.pdf>, Diakses pada 18
Januari 2022.
- [11] Rahardjo, B., 2005, Pengantar Metoda Formal.
- [12] Hariningsih, S., Erna Z. A., Setia A., Implementasi Peta Karnough untuk
Menyelesaikan Suatu Masalah dalam Kehidupan Sehari-Hari, Techno.COM,
Vol. 13, No. 4, pp. 238 - 244, Fakultas Ilmu Komputer Universitas Dian
Nuswantoro, 2014.
- [13] Kusumardi, A., Efektivitas Pembelajaran Media Toppel K-Map dalam
Penyederhanaan Persamaan Aljabar Boolean, Jurnal Ilmu Pendidikan dan
Kependidikan, Vol. 9, No.1, pp. 11 – 20, Universitas Muhammadiyah Bangka
Belitung, 2021.
- [14] Purbo, O.W. dkk. 1992. Pendidikan Komputer.
[http://onno.vlsm.org/v09/onno-ind-1/microelectronics/pendidikan-
komputer-1992.rtf](http://onno.vlsm.org/v09/onno-ind-1/microelectronics/pendidikan-komputer-1992.rtf), Diakses tanggal 18 Januari 2022
- [15] Arman, A.A., Diktat Kuliah Teknik Digital, Jurusan Teknik Elektro ITB
Bekerjasama dengan HEDS-JICA, 1999.
- [16] Dewantara, B.S.B, Pelatihan Image Prosesing Materi Image Prosesing dan
Aplikasinya. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2006