

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR SINGKATAN.....	xii
INTISARI.....	xiii
ABSTRACT	xiv
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	6
2.1 Tinjauan Pustaka	6
2.2 Dasar Teori	7
2.2.1 Sistem Digital	7
2.2.1.1 Komunikasi Serial	8
2.2.1.2 <i>Pulse Width Modulation</i> (PWM).....	9
2.2.1.3 Operasi XOR.....	10
2.2.2 <i>Digital Command Control</i> (DCC).....	10
2.2.2.1 Paket Data.....	10
2.2.2.2 <i>Command Station</i>	14
2.2.2.3 <i>Booster</i>	14
2.2.2.4 Rel Kereta Api	14
2.2.2.5 <i>Throttle</i>	15
2.2.2.6 Enkoder	15
2.2.2.7 Dekoder	15
2.2.3 Bahasa Pemrograman C	16
2.2.3.1 <code>signal.h</code>	17
2.2.3.2 <code>stdbool.h</code>	17
2.2.3.3 <code>stdio.h</code>	17



2.2.3.4	stdlib.h	18
2.2.3.5	string.h	18
2.2.3.6	wiringPi.h	18
2.2.3.7	Paho MQTT	18
2.2.4	Perangkat Keras	18
2.2.4.1	Raspberry Pi	18
2.2.4.2	Driver Motor L298P	20
2.2.4.3	Keypad 4x4	20
2.2.4.4	Pull-Down Resistor	21
2.2.5	Internet of Things (IoT)	21
2.2.5.1	Node-Red	22
2.2.5.2	MQTT	23
BAB III Metode Penelitian		25
3.1	Alat dan Bahan Penelitian	25
3.1.1	Alat Penelitian	25
3.1.2	Bahan Penelitian	26
3.2	Metode yang Digunakan	26
3.3	Alur Penelitian	26
3.4	Studi Literatur	27
3.5	Perancangan Fungsi dan Bentuk <i>Controller</i>	28
3.6	Perancangan Sistem <i>Firmware</i>	30
3.6.1	Inisiasi	32
3.6.2	Definisi Paket	33
3.6.3	Pembuatan Paket Data	35
3.6.4	Paket Gerakan	37
3.6.4.1	Paket Data Lokomotif	37
3.6.4.2	Paket Data Arah	38
3.6.4.3	Paket Data Kecepatan	39
3.6.5	Paket Aksesoris	40
3.6.6	Pengiriman Paket	41
3.7	Pembuatan Sistem IoT	46
3.7.1	Protokol Komunikasi IoT	46
3.7.2	Perancangan Program IoT	47
3.7.3	Konektivitas Broker dengan Node-RED	50
3.7.3.1	Pengaturan Lokomotif pada Node-RED	53
3.7.3.2	Pengaturan Kecepatan pada Node-RED	54
3.7.3.3	Pengaturan Arah pada Node-RED	55
3.7.3.4	Pengaturan Aksesoris pada Node-RED	57
3.7.4	Layanan <i>Cloud</i>	58



3.8	Perancangan Purwarupa <i>Controller</i> Kereta	59
3.9	Pembuatan PCB <i>Controller</i> Kereta	59
3.10	Pembuatan <i>Casing</i> 3D <i>Controller</i> Kereta	60
3.11	Pengujian Sistem	61
3.11.1	Pembacaan Gelombang DCC	61
3.11.2	Pembacaan Informasi Paket Data DCC	62
3.12	Implementasi Program	62
BAB IV	Hasil dan Pembahasan	63
4.1	Persiapan Pengujian	63
4.2	Pengujian Perintah Gerak	67
4.2.1	Perintah <i>Address</i>	68
4.2.2	Perintah Arah Depan	69
4.2.3	Perintah Arah Mundur	70
4.2.4	Perintah Pengaturan Kecepatan	71
4.3	Pengujian Perintah Aksesoris	73
4.3.1	Perintah Aksesoris <i>Horn</i>	75
4.3.2	Perintah Aksesoris Bel	77
4.3.3	Perintah Aksesoris Mesin	77
4.3.4	Perintah Aksesoris Lampu	79
BAB V	Kesimpulan dan Saran	80
5.1	Kesimpulan	80
5.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA	81
LAMPIRAN	L-1
L.1	Video Demo <i>Controller</i>	L-1
L.2	<i>Source Code</i> Kontroler DCC	L-1