



**PEMBUATAN ENGINE CONTROL UNIT PROGRAMMABLE (ECU  
PROGRAMMABLE) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER  
ATMEGA2560**

**PROYEK AKHIR**

Diajukan Kepada Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan Guna Memperoleh  
Gelar Ahli Madya Teknik



Disusun Oleh:  
Deni Andriansyah  
NIM. 16509134003

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMOTIF  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA  
2019**

**PEMBUATAN ENGINE CONTROL UNIT PROGRAMMABLE (ECU  
PROGRAMMABLE) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER  
ATMEGA2560**

Oleh:

Deni Andriansyah  
NIM. 16509134003

**ABSTRAK**

ECU (*Engine Control Unit*) adalah sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk mengatur operasi dari *internal combustion engine* pada sistem *fuel injection*. Proyek akhir ini bertujuan untuk merealisasikan hardware dan mengetahui unjuk kerja ECU Programmable. Alat ini diharapkan dapat membantu para mekanik balap untuk menyesuaikan settingan mesin motor balap khususnya pada mesin injeksi.

Dalam pembuatan proyek akhir ini terdiri dari beberapa tahap yaitu, (1) Identifikasi Kebutuhan, (2) Analisis Kebutuhan, (3) Perancangan Perangkat Keras, (4) Peralatan yang digunakan, (5) Pembuatan Alat, dan (6) Pengujian Alat. Perangkat keras terdiri dari rangkaian yaitu *power supply*, rangkaian analog input, rangkaian pengkondisi sensor CKP, rangkaian proteksi reset, dan rangkaian aktuator. Sebagai pengendali program mikrokontroler *Robot Dyn ATmega 2560* menggunakan bahasa *C Arduino IDE*.

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian telah di dapatkan bahwa dari rangkaian *power supply*, rangkaian pengkondisi sensor CKP, rangkaian pengkondisi sensor TPS, rangkaian pengkondisi sensor MAP, rangkaian *driver injector*, dan rangkaian *driver ignition* bekerja dengan baik, dengan menunjukkan grafik sinyal yang rapi pada *oscilloscope*. Hasil ketahanan dari ECU Programmable ini telah uji secara langsung selama 323 hari dengan jarak tempuh 3.615,6 km dan masih dapat bekerja dengan normal. Pengujian selanjutnya dilakukan dengan membandingkan *performance* mesin antara sistem karburator dengan sistem injeksi yang menggunakan ECU Programmable berbasis *ATmega2560*, dengan menguji konsumsi bahan bakar dan tenaga mesin. Data hasil perbandingan konsumsi bahan bakar menunjukkan bahwa pada sistem injeksi yang menggunakan ECU Programmable lebih efisien di RPM 3000-7000 dibanding dengan sistem karburator. Data hasil perbandingan tenaga mesin menunjukkan bahwa pada sistem injeksi yang menggunakan ECU Programmable mengalami kenaikan tenaga sebesar 0.6HP (*horse power*) dibanding dengan sistem karburator. Puncak tenaga juga terjadi di RPM yang lebih tinggi dibanding dengan sistem karburator pada motor STD Shogun 125RR.

Kata kunci : ECU Programmable berbasis RobotDyn ATmega2560

# **MAKING THE ENGINE CONTROL UNIT PROGRAMMABLE (ECU PROGRAMMABLE) BASED ON ATMEGA2560 MICROCONTROLLER**

By:

Deni Andriansyah  
NIM. 16509134003

## **ABSTRACT**

ECU (Engine Control Unit) is an electronic device that functions to regulate the operation of the internal combustion engine in the fuel injection system. This final project aims to realize the hardware and find out the performance of the Programmable ECU. This tool is expected to help racing mechanics to adjust the settings of motor racing engines, especially on injection machine.

In making this final project it consists of several stages, namely, (1) Identification of Needs, (2) Analysis of needs, (3) Hardware Design, (4) Equipment used, (5) Manufacturing of Tools, and (6) Testing of Tools. The hardware consists of power supply circuit, an analog input circuit, a CKP sensor conditioning circuit, a reset protection circuit, and an actuator circuit. As a controller of the ATmega 2560 Robot Dyn Microcontroller program using the Arduino IDE C language.

Based on the results of circuit testing, it was found that the power supply circuit, the CKP sensor conditioning circuit, the TPS sensor conditioning circuit, the MAP sensor conditioning circuit, the injector driver circuit, and the ignition driver circuit worked well, by seeing a neat signal graph on the oscilloscope. The durability of the Programmable ECU has been tested directly for 323 days with a distance of 3,615.6 km and can still work normally. Further testing is done by comparing the engine performance between the carburetor system with the injection system that uses an ECU Programmable based on ATmega2560, by testing the material consumption fuel and engine power. Data from the comparison of fuel consumption shows that the injection system that uses a programmable ECU is more efficient at 3000-7000 RPM compared to the carburetor system. Data from the engine power comparison results show that the injection system that uses a programmable ECU has an increase in power of 0.6HP (horse power) compared to the carburetor system. Power peak also occurs at a higher RPM than a carburetor system on STD Shogun 125RR motorcycle.

Key word: Programmable ECU based on RobotDyn ATmega2560

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Deni Andriansyah

NIM : 16509134003

Program Studi : Teknik Otomotif D3

Judul Proyek Akhir : Pembuatan Engine Control Unit Programmable  
(ECU Programmable) Menggunakan  
Mikrokontroler ATmega2560

Dengan ini saya menyatakan bahwa Proyek Akhir ini benar-benar karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang telah lazim.

Yogyakarta, 30 Juli 2019

Yang menyatakan,



Deni Andriansyah

NIM. 16509134003

**LEMBAR PERSETUJUAN**

Proyek Akhir dengan judul

**PEMBUATAN ENGINE CONTROL UNIT PROGRAMMABLE (ECU  
PROGRAMMABLE) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER  
ATMEGA2560**

Disusun Oleh :

Deni Andriansyah  
NIM.16509134003

Telah memenuhi syarat dan disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dilaksanakan  
Ujian Proyek akhir bagi yang bersangkutan.

Yogyakarta, 30 Juli 2019

Mengetahui,  
Ketua Program Studi



Drs. Moch. Solikin, M.Kes  
NIP. 19680404 199303 1 003

Disetujui,  
Dosen Pembimbing,



Dr. Ir. Zainal Arifin M.T.  
NIP: 19690312 200112 1 001



**HALAMAN PENGESAHAN**

Proyek Akhir

**PEMBUATAN ENGINE CONTROL UNIT PROGRAMMABLE (ECU  
PROGRAMMABLE) MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER  
ATMEGA2560**

Disusun Oleh :

Deni Andriansyah  
NIM.16509134003

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Proyek Akhir Program Studi Teknik  
Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Pada Tanggal 19 Agustus 2019

**TIM PENGUJI**

NAMA/JABATAN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Dr. Ir. Zainal Arifin, M.T. <b>Ketua Penguji</b>		06/09 2019
Drs. Moch. Solikin, M.Kes. <b>Sekretaris Penguji</b>		05/09 2019
Drs. Kir Haryana, M.Pd. <b>Penguji utama</b>		05/09 2019

Yogyakarta, 17 September 2019  
Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta  
Dekan.



Dr. Ir. Widarto, M.Pd.

NIP. 19631230 198812 1 001

## **MOTTO**

“Jadilah seperti anak panah,  
dimana ada saatnya kita mundur sejenak untuk membidik suatu target atau tujuan,  
kemudian melesat tepat ketarget sasaran”

(Penulis)

“Orang yang berdoa tanpa beramal sama halnya seperti pemanah tanpa busur”

(Ali bin Abi Thalib)

## KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul Pembuatan Engine Control Unit Programmable (ECU Programmable) Menggunakan ATmega2560.

Terselesainya Proyek Akhir ini tidak lepas berkat bimbingan, dukungan dan doa dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam pembuatan laporan ini baik berupa material maupun spiritual, ucapan terimakasih yang sebesar- besarnya penulis sampaikan kepada yang terhormat:

1. Dr. Zainal Arifin, M.T. selaku pembimbing Proyek Akhir serta Ketua Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
2. Moch. Solikin, M. Kes. selaku Koordinator Proyek Akhir serta Ketua Program Studi D3 Teknik Otomotif dan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
3. Dr. Widarto, M.Pd. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
4. Sukaswanto M.Pd. selaku Sekretaris Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
5. Segenap Dosen dan karyawan Program Studi Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Yogyakarta.
6. Kedua orang tuaku tercinta, saudaraku, yang telah banyak mendukung kuliahku serta berkat segala doa kalian semua tercapainya kesuksesan setiap gerak langkahku.
7. Rekan-rekan Garuda UNY Racing Team periode 2016 sampai 2019.
8. Saudara seperjuanganku Otomotif kelas B angkatan 2016 yang telah memberikan banyak masukan, semangat dan bantuannya.
9. Bukbis Pancawinarna yang telah membantu hingga terselesainya penulisan karya ini.



Dalam penulisan laporan Pembuatan Engine Control Unit Programmable (ECU Programmable) Menggunakan ATmega2560 ini, Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan, baik dari segi teknis maupun dari segi penyajian dan bahasanya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan agar para pembaca dapat memakluminya. Semoga alat dan laporan ini dapat bermanfaat kedepannya.

Yogyakarta, 6 Agustus 2019

Penulis,

Deni Andriansyah

NIM. 16509134003

## DAFTAR ISI

<b>PROYEK AKHIR</b> .....	i
<b>ABSTRAK</b> .....	ii
<b>ABSTRACT</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERTANYAAN</b> .....	iv
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	v
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>MOTTO</b> .....	vii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xvii
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>A. Latar Belakang</b> .....	1
<b>B. Identifikasi Masalah</b> .....	5
<b>C. Batasan Masalah</b> .....	5
<b>D. Rumusan Masalah</b> .....	5
<b>E. Tujuan</b> .....	6
<b>F. Manfaat</b> .....	6
<b>G. Keaslian Gagasan</b> .....	7
<b>BAB II</b> .....	8
<b>PENDEKATAN PEMECAHAN MASALAH</b> .....	8
<b>A. Engine Control Unit Programmable</b> .....	8
<b>B. Tuning Program ECU</b> .....	11
<b>C. Mikrokontroler ATmega2560</b> .....	32
<b>D. USB to serial chip CH340</b> .....	38
<b>E. Optocoupler 4N35</b> .....	41
<b>F. Voltage Regulator LM317</b> .....	45
<b>G. Modul Board Robot Dyn Promini 2560</b> .....	47
<b>BAB III</b> .....	50
<b>PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b> .....	50
<b>A. Identifikasi Kebutuhan</b> .....	50
<b>B. Analisis Kebutuhan</b> .....	50
<b>C. Perancangan</b> .....	51
<b>D. Peralatan yang digunakan</b> .....	73
<b>E. Langkah Pembuatan Alat</b> .....	73
<b>F. Pengujian Alat</b> .....	88
<b>BAB IV</b> .....	89
<b>PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN</b> .....	89
<b>A. Hasil Pengujian</b> .....	89
<b>B. Pembahasan</b> .....	115
<b>BAB V</b> .....	119
<b>KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	119

<b>A. Kesimpulan</b> .....	119
<b>B. Keterbatasan Alat</b> .....	120
<b>C. Saran</b> .....	120
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	121
<b>LAMPIRAN</b> .....	123

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Pengukuran Tegangan Power Supply pada saat <i>ON</i> .....	<b>88</b>
<b>Tabel 2.</b> Hasil Pengujian Rangkaian .....	<b>105</b>
<b>Tabel 3.</b> Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar sistem karburator .....	<b>110</b>
<b>Tabel 4.</b> Hasil pengukuran konsumsi bahan bakar sistem injeksi .....	<b>110</b>
<b>Table 5.</b> Hasil pengukuran dengan <i>Dyno Test</i> sistem Karburator .....	<b>112</b>
<b>Tabel 6.</b> Hasil pengukuran dengan <i>Dyno Test</i> sistem Injeksi.....	<b>113</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Menu <i>Basic Engine Constants</i> .....	12
<b>Gambar 2.</b> <i>Basic Trigger Settings</i> .....	13
<b>Gambar 3.</b> <i>Trigger Angle</i> pada <i>pulley crankshaft</i> .....	14
<b>Gambar 4.</b> Gelombang sinyal kotak .....	15
<b>Gambar 5.</b> <i>Spark Settings</i> Konfigurasi .....	16
<b>Gambar 6.</b> Menu <i>Cranking Settings</i> .....	18
<b>Gambar 7.</b> Menu <i>O2 Correction</i> .....	20
<b>Gambar 8.</b> Menu <i>Rev Limiter</i> .....	22
<b>Gambar 9.</b> Menu <i>Acceleration Enrichment and Deceleration</i> .....	24
<b>Gambar 10.</b> Menu <i>Dwell Settings</i> .....	26
<b>Gambar 11.</b> Menu <i>Warming-up Enrichment</i> .....	27
<b>Gambar 12.</b> Menu <i>IAT Density Correction</i> .....	28
<b>Gambar 13.</b> Tabel <i>Volumetric Efficiency</i> .....	29
<b>Gambar 14.</b> Fungsi setiap area pada tabel .....	29
<b>Gambar 15.</b> <i>Ignition Advance Table</i> .....	31
<b>Gambar 16.</b> Blok Diagram ATmega2560 .....	35
<b>Gambar 17.</b> Konfigurasi <i>Pin</i> AVR ATmega2560 .....	36
<b>Gambar 18.</b> Diagram Modul USB To TTL CH340 .....	38
<b>Gambar 19.</b> Konfigurasi <i>Pin</i> Modul USB To TTL CH340.....	39
<b>Gambar 20.</b> <i>Optocoupler</i> 4N35 .....	41
<b>Gambar 21.</b> Skema <i>Optocoupler</i> 4N35 .....	44
<b>Gambar 22.</b> <i>Karakteristik optocoupler</i> 4N35 .....	44
<b>Gambar 23.</b> Rangkaian <i>internal IC</i> LM317 .....	45
<b>Gambar 24.</b> Rangkaian Regulator Variabel LM317.....	46
<b>Gambar 25.</b> Board Robot Dyn Promini 2560.....	47
<b>Gambar 26.</b> Dimensi Board Robot Dyn 2560 .....	49
<b>Gambar 27.</b> Blok Diagram Perancangan Rangkaian .....	51
<b>Gambar 28.</b> Rangkaian Power Supply ECU Programmable .....	53
<b>Gambar 29.</b> Tabel <i>resistance adjustable</i> LM137 .....	53
<b>Gambar 30.</b> Gambar 15. Rangkaian Analog Input.....	54
<b>Gambar 31.</b> Manifold Absolute Pressure .....	55
<b>Gambar 32.</b> Elemen semikonduktor pada map sensor .....	55

<b>Gambar 33.</b> Chip Silicon map sensor .....	56
<b>Gambar 34.</b> Rangkaian <i>wheatstone bridge</i> pada map sensor .....	56
<b>Gambar 35.</b> Rangkaian pengkondisi sinyal MAP pada <i>ecu programmable</i> .....	57
<b>Gambar 36.</b> Rangkaian Low Pass RC Filter (LPF) .....	57
<b>Gambar 37.</b> Intake Air Temperature Sensor.....	58
<b>Gambar 38.</b> Grafik Perbandingan Temperature dengan Resistance IATS.....	59
<b>Gambar 39.</b> Wiring Sensor IAT .....	59
<b>Gambar 40.</b> Rangkaian Pengkondisi Sinyal IAT pada <i>ecu programmable</i> .....	60
<b>Gambar 41.</b> Contoh Rangkaian pembagi tegangan sensor IAT .....	61
<b>Gambar 42.</b> Engine Coolant Temperature Sensor .....	62
<b>Gambar 43.</b> Rangkaian pengkondisi sinyal ECT pada <i>ecu programmable</i> .....	62
<b>Gambar 44.</b> TPS (Throttel Position Sensor).....	63
<b>Gambar 45.</b> Potensiometer .....	63
<b>Gambar 46.</b> Rangkaian pengkondisi sinyal TPS pada <i>ecu programmable</i> .....	64
<b>Gambar 47.</b> O2 sensor (Oxigen Sensor).....	65
<b>Gambar 48.</b> Rangkaian pengkondisi sinyal O2 Sensor .....	66
<b>Gambar 49.</b> Rangkaian <i>internal</i> Hall Effect Sensor .....	67
<b>Gambar 50.</b> Rangkaian Pengkondisi Sensor CKP Hall Effect .....	67
<b>Gambar 51.</b> Rangkaian Driver Injector pada <i>ecu programmable</i> .....	68
<b>Gambar 52.</b> Rangkaian Driver Relay Fuel Pump.....	69
<b>Gambar 53.</b> Wiring Fuel Pump dengan Relay.....	70
<b>Gambar 54.</b> Rangkaian Driver Pengapian dengan IC TC4420 .....	70
<b>Gambar 55.</b> Wiring Sistem Pengapian DIS ( <i>direct ignition system</i> ).....	71
<b>Gambar 56.</b> Rangkaian Reset Protection pada <i>ecu programmable</i> .....	72
<b>Gambar 57.</b> Desain menggunakan aplikasi ISIS Proteus 7.09 Professional .....	74
<b>Gambar 58.</b> Konfigurasi <i>Port</i> Mikrokontroler pada Komputer.....	74
<b>Gambar 59.</b> Konfigurasi <i>Board</i> Mikrokontroler pada Komputer.....	75
<b>Gambar 60.</b> Konfigurasi <i>Processor</i> pada Mikrokontroler.....	76
<b>Gambar 61.</b> Konfigurasi <i>Programmer</i> pada Mikrokontroler .....	76
<b>Gambar 62.</b> Verifikasi <i>Sketch Program</i> .....	77
<b>Gambar 63.</b> Proses <i>Uploading Program</i> .....	77
<b>Gambar 64.</b> Mendesain <i>layout</i> PCB menggunakan aplikasi EAGLE .....	78
<b>Gambar 65.</b> <i>Layout PCB</i> pada sisi atas .....	78
<b>Gambar 66.</b> <i>Layout PCB</i> pada sisi bawah .....	79



<b>Gambar 67.</b> <i>Invoice</i> pemesanan pencetakan PCB .....	80
<b>Gambar 68.</b> Process pengerjaan pencetakan <i>layout</i> PCB .....	81
<b>Gambar 69.</b> Layout PCB ecu programmable .....	81
<b>Gambar 70.</b> Proses perakitan komponen pada PCB .....	82
<b>Gambar 71.</b> Pandangan Isometric Box ECU Programmable .....	83
<b>Gambar 72.</b> Gambar Proyeksi Eropa.....	83
<b>Gambar 73.</b> Bagian depan box .....	84
<b>Gambar 74.</b> Bagian bawah box .....	84
<b>Gambar 75.</b> Bagian samping kanan box.....	85
<b>Gambar 76.</b> Bagian samping kiri box.....	85
<b>Gambar 77.</b> Bagian belakang box .....	85
<b>Gambar 78.</b> Bagian atas kanan box .....	86
<b>Gambar 79.</b> Bagian atas kiri box .....	86
<b>Gambar 80.</b> Bagian atas tengah box .....	87
<b>Gambar 81.</b> Box ECU Programmable .....	87
<b>Gambar 82.</b> Tonjolan ( <i>pick up</i> ) pada <i>crankshaft</i> .....	90
<b>Gambar 83.</b> Titik Point pembacaan sinyal <i>Output</i> sensor CKP .....	91
<b>Gambar 84.</b> Gelombang sinyal <i>High Output</i> sensor CKP .....	91
<b>Gambar 85.</b> Gelombang sinyal <i>Low Output</i> sensor CKP.....	91
<b>Gambar 86.</b> Titik Point pembacaan sinyal <i>Output</i> rangkaian pengkondisi .....	92
<b>Gambar 87.</b> Gelombang sinyal <i>High</i> pada <i>Output</i> rangkaian pengkondisi .....	92
<b>Gambar 88.</b> Gelombang sinyal <i>Low Output</i> sensor CKP .....	93
<b>Gambar 89.</b> Titik <i>Point</i> pembacaan gelombang sinyal dari <i>Output</i> sensor TPS ..	93
<b>Gambar 90.</b> Gelombang sinyal <i>Output</i> sensor TPS pada posisi TPS menutup ...	94
<b>Gambar 91.</b> Gelombang sinyal <i>Output</i> sensor posisi TPS membuka 100% .....	94
<b>Gambar 92.</b> Point gelombang sinyal dari <i>Output</i> rangkaian sistem pengkondisi.	95
<b>Gambar 93.</b> Gelombang sinyal setelah pengkondisi saat TPS menutup 0%.....	95
<b>Gambar 94.</b> Gelombang sinyal setelah pengkondisi saat TPS membuka 100% ..	95
<b>Gambar 95.</b> Titik <i>Point</i> pembacaan gelombang sinyal <i>Output</i> sensor MAP .....	96
<b>Gambar 96.</b> Bentuk gelombang sinyal <i>Output</i> sensor MAP pada saat idle.....	97
<b>Gambar 97.</b> Gelombang sinyal <i>Output</i> sensor MAP pada saat deselerasi .....	97
<b>Gambar 98.</b> Point gelombang sinyal dari rangkaian pengkondisi sinyal .....	98
<b>Gambar 99.</b> Gelombang sinyal <i>Output</i> rangkaian pengkondisi sinyal saat idle...98	
<b>Gambar 100.</b> Gelombang sinyal <i>Output</i> rangkaian pengkondisi saat deselerasi..99	

<b>Gambar 101.</b> Titik pembacaan gelombang sinyal <i>Output</i> mikrokontroller.....	100
<b>Gambar 102.</b> Gelombang sinyal pada <i>Output</i> mikrokontroller .....	100
<b>Gambar 103.</b> Titik <i>Point</i> pembacaan gelombang sinyal pada negatif injektor ..	101
<b>Gambar 104.</b> Bentuk gelombang sinyal pada negatif injektor .....	101
<b>Gambar 105.</b> Titik gelombang sinyal dari mikrokontroller.....	102
<b>Gambar 106.</b> Gelombang sinyal <i>Output</i> dari mikrokontroller .....	103
<b>Gambar 107.</b> Titik <i>Point</i> pembacaan gelombang sinyal <i>Output</i> dari TC4420 ...	103
<b>Gambar 108.</b> Bentuk gelombang sinyal pada <i>Output</i> TC4420.....	104
<b>Gambar 109.</b> Titik <i>Point</i> pembacaan gelombang sinyal pada negatif <i>Coil</i> .....	105
<b>Gambar 110.</b> Bentuk gelombang sinyal pada negatif <i>Coil</i> .....	105
<b>Gambar 111.</b> Tampilan Jarak tempuh Speedometer STD saat awal pengujian alat pada tanggal 30 Agustus 2018. ....	107
<b>Gambar 112.</b> Tampilan Jarak tempuh Speedometer STD pengujian alat pada tanggal 28 Maret 2019 .....	107
<b>Gambar 113.</b> Tampilan Jarak tempuh pengujian alat pada tanggal 1 April 2019 pada speedometer digital.....	108
<b>Gambar 114.</b> Tampilan Jarak tempuh saat akhir pengujian alat pada tanggal 21 Juli 2019.....	108
<b>Gambar 115.</b> Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar sistem injeksi dengan sistem karburator saat pengujian.....	111
<b>Gambar 116.</b> Grafik nilai <i>Horse Power</i> dan <i>Torque</i> pada Sistem Karburator ..	113
<b>Gambar 117.</b> Grafik nilai <i>Horse Power</i> dan <i>Torque</i> setelah menggunakan ECU Programmable .....	114

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1.</b> Produk Tugas Ahir ECU Programmable .....	124
<b>Lampiran 2.</b> Skema Rangkaian ECU Programmable.....	126
<b>Lampiran 3.</b> Fungsi setiap Pin Connector ECU Programmable.....	127
<b>Lampiran 4.</b> Proses Perakitan ECU Programmable pada Papan PCB .....	128
<b>Lampiran 5.</b> Proses Pengujian <i>Perfomance</i> mesin menggunakan <i>Dyno Test</i> ....	129
<b>Lampiran 6.</b> Data Pengujian <i>Perfomance</i> menggunakan <i>Dyno Test</i> .....	131
<b>Lampiran 7.</b> Pengujian Konsumsi Bahan bakar .....	132
<b>Lampiran 8.</b> Pembuatan Pick Up (gigi tonjolan 12-1) pada <i>Rotor Flywheel</i> .....	133
<b>Lampiran 9.</b> Jasa Pencetakan Papan PCB oleh JLC PCB .....	135
<b>Lampiran 10.</b> Proses Kalibrasi Temperatur pada Sensor Suhu .....	136
<b>Lampiran 11.</b> Bukti Selesai Revisi Proyek Akhir .....	137
<b>Lampiran 12.</b> Formulir Bimbingan Tugas Akhir .....	138