

**RANCANG BANGUN SIMULATOR SISTEM *ENGINE*
PRESSURE RATIO (EPR) BERBASIS MIKROKONTROLER**



LAPORAN AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Diploma III

Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika

OLEH :

MUHAMMAD FARHAN

061930322849

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA

PALEMBANG

2022

LEMBAR PENGESAHAN
RANCANG BANGUN SIMULATOR SISTEM ENGINE
PRESSURE RATIO (EPR) BERBASIS MIKROKONTROLER



LAPORAN AKHIR

Disusun Untuk Memenuhi Syarat Menyelesaikan Pendidikan Diploma III
Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika

OLEH :

MUHAMMAD FARHAN

061930322849

Menyetujui,

Pembimbing I,

Ekawati Prihatini, S.T., M.T
NIP.197903102002122005

Pembimbing II,

Dewi Permata Sari, S.T., M.Kom
NIP.197612132000032001

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Elektro,

Ir. Iskandar Lutfi, M.T.
NIP.196501291991031002

Koordinator Program Studi
Teknik Elektronika,

Dewi Permata Sari, S.T., M.Kom
NIP.197612132000032001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

***“SEBAIK-BAIK MANUSIA ADALAH YANG PALING
BERMANFAAT BAGI MANUSIA LAINNYA”***

Saya Persembahkan Laporan Akhir ini untuk :

ISHAK BENNI (alm) & YENI LUSIANI

Kedua orang tuaku yang tiada henti memberikan dan mengorbankan segalanya untukku serta tiada henti menyebut namaku di setiap do'anya.

- Adikku Fadilah yang selalu memberikan semangat.
- Tante Santi yang selalu memberikan dukungan baik secara moral maupun materil.
- Keluarga besarku yang telah memberikan do'a dan dukungan.
- Ibu Ekawati Prihatini dan Ibu Dewi Permata Sari yang selalu memberikan bimbingan dan semangat dengan sepenuh hati dalam pembuatan Laporan Akhir ini.
- Saudara Fadhillah Shabah R, partner Laporan Akhir
- Sahabat KPP yang beranggotakan, Al, Agung, Rada, Coi, Lukman, dan Akhi Temmy.

ABSTRAK

RANCANG BANGUN SIMULATOR *SISTEM ENGINE*
***PRESSURE RATIO* (EPR) BERBASIS MIKROKONTROLER**

Oleh :

MUHAMMAD FARHAN

061930322849

Gaya dorong pada mesin pesawat diukur dengan cara menentukan rasio antara tekanan pada *Engine Exhaust* dan *Engine Inlet*. Rasio tekanan tersebut disebut dengan *Engine Pressure Ratio* (EPR). Mesin pesawat dirancang dengan limitasi tekanan yang akan dihasilkan. EPR merupakan salah satu indikator primer hampir di seluruh pesawat jet. Indikasi dari gaya dorong ini memiliki peranan penting dalam perhitungan kinerja pesawat dalam melakukan lepas landas yang merupakan bagian dari *Critical Eleven*. Oleh karena hal tersebut, Laporan Akhir ini bertujuan merancang, mempelajari sistem kerja dan mengetahui kinerja dari sebuah alat yang berupa simulator sistem *Engine Pressure Ratio* (EPR) berbasis mikrokontroler. Simulator sistem EPR ini dirancang menggunakan 3 jenis *Fan Blade* yang berbeda. Berdasarkan pengujian alat yang telah dilakukan dengan cara melakukan pengukuran data yang berupa tegangan, arus, kecepatan putaran dari *Fan Balde*, tekanan udara *Engine Exhaust*, tekanan udara *Engine Inlet*, nilai EPR dan perhitungan konsumsi daya masing-masing *Fan Blade*. Perhitungan nilai error juga dilakukan dengan cara membandingkan hasil pengukuran oleh simulator dengan hasil pengukuran oleh alat ukur yang berupa avometer dan tachometer. Kesimpulan dari hasil pengujian alat adalah penambahan jumlah *Blade* pada *Fan* memengaruhi kinerja dari alat simulator. *Fan 3 Blade* memiliki kinerja paling baik yang diketahui berdasarkan tingkat konsumsi daya pada *Fan 3 Blade* paling rendah dan menghasilkan tekanan udara pada *Engine Exhaust* terbesar dibandingkan kedua *Fan Blade* lainnya.

Kata Kunci : Gaya dorong, *Engine Pressure Ratio*, *Fan Blade*

ABSTRACT
**DESIGN AND CONSTRUCTION OF ENGINE PRESSURE
RATIO (EPR) SYSTEM SIMULATOR BASED ON
MICROCONTROLLER**

By :

MUHAMMAD FARHAN

061930322849

Thrust on the aircraft engine is measured by determining the ratio between the pressure on the Engine Exhaust and Engine Inlet. This pressure ratio is known as the Engine Pressure Ratio (EPR). Aircraft engines are designed with pressure limitations to be generated. EPR is one of the primary indicators in almost all jet aircraft. The indication of this thrust has an important role in calculating aircraft performance in taking off which is part of Critical Eleven. Because of this, this Final Report aims to design, study the work system and determine the performance of a tool in the form of a microcontroller-based Engine Pressure Ratio (EPR) system simulator. This EPR system simulator is designed using 3 different types of Fan Blades. Based on tool testing that has been carried out by measuring data in the form of voltage, current, rotational speed of the Fan Balde, Engine Exhaust air pressure, Engine Inlet air pressure, EPR value and calculation of power consumption of each Fan Blade. The calculation of the error value is also done by comparing the results of measurements by the simulator with the results of measurements by measuring instruments in the form of avometer and tachometer. The conclusion from the test results is that the addition of the number of blades on the fan affects the performance of the simulator tool. Fan 3 Blade has the best known performance based on the lowest level of power consumption on the Fan 3 Blade and produces the largest Engine Exhaust air pressure compared to the other two Fan Blades.

Keywords : Thrust, Engine Pressure Ratio, Fan Blade

KATA PENGANTAR

Dengan rasa syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyusun dan menyelesaikan Laporan Akhir tepat pada waktunya. Laporan ini ditulis untuk memenuhi syarat menyelesaikan pendidikan Diploma III Politeknik Negeri Sriwijaya pada Jurusan Teknik Elektro Program Studi Teknik Elektronika, dengan judul **“Rancang Bangun Simulator Sistem *Engine Pressure Ratio*”**.

Kelancaran dalam penyusunan Laporan Akhir ini tidak terlepas dari arahan, bimbingan serta petunjuk dari berbagai pihak. Pretama sekali penulis sangat berterima kasih kepada **kedua orang tua** yang selalu mendoakan, mendukung, memberi nasihat, serta saran kepada penulis yang tak ternilai harganya. Selain itu penulis mengucapkan terima kasih terutama kepada :

1. Ibu Ekawati Prihatini, S.T., M.T, Selaku Dosen Pembimbing I
2. Ibu Dewi Permata Sari, S.T., M.Kom, Selaku Dosen Pembimbing II

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang telah mendukung sehingga Laporan Akhir ini dapat diselesaikan, kepada yang terhormat :

1. Bapak Dr. Ing. Ahmad Taqwa, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Bapak Ir. Iskandar Lutfi, M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Bapak Destra Andika Pratama, S.T., M.T. Selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Ibu Dewi Permata Sari, S.T., M.Kom. Selaku Koordinator Program Studi Teknik Elektronika Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Bapak Selamat Muslimin, S.T., M.Kom. Selaku Manajer kelas kerjasama EA.
6. Bapak Ir. M. Nawawi, M.T. Selaku Koordinator kelas kerjasama

7. Seluruh Dosen dan Instruktur GMF yang telah banyak memberikan ilmunya.
8. Seluruh keluarga yang telah banyak membantu mendoakan serta memberikan dukungan baik secara moril dan materil terkhusus orang tua penulis.
9. Seluruh teman – teman Teknik Elektronika Angkatan 2019 terkhusus kelas6 EE.
10. Seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Laporan Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan dan kekeliruan, karena keterbatasan kemampuan penulis dalam penyajian laporan. Oleh karena itu penulis dapat menerima saran dan kritik yang sifatnya membangun.

Akhir kata penulis mengharapkan semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi semua dan semoga segala bantuan serta bimbingan yang penulis dapatkan mendapat ridho dan rahmat dari Allah SWT.

Palembang, Juli 2022

Penulis,

Muhammad Farhan

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	II
ABSTRAK	IV
<i>ABSTRACK</i>	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR ISI	VIII
DAFTAR GAMBAR	XII
DAFTAR TABEL	XV
DAFTAR LAMPIRAN	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	2
1.2 Batasan Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Tujuan dan Manfaat	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Metodologi Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tekanan Udara	7
2.2 Mesin Turbin Gas	7
2.2.1 Kompresor	9

2.2.2 Turbin	11
2.2.3 Ruang Bakar	11
2.3 Gaya Dorong	11
2.4 <i>Engine Pressure Ratio System</i>	12
2.4.1 <i>Pressure Ratio Transmitter</i>	12
2.4.2 <i>Pressure Ratio Indicator</i>	13
2.4.3 <i>Inlet Pressure Sensing Probe (Pt2)</i>	13
2.4.4 <i>Six Turbine Exhaust Probe (Pt7)</i>	13
2.4.5 Sistem Operasi EPR	14
2.5 EGT (<i>Exhaust Gas Temperature</i>)	15
2.5.1 EGT Indicator	15
2.5.2 <i>Balancing Resistor</i>	16
2.5.3 <i>Thermocouple Probes</i>	17
2.6 <i>Warning System Pada Pesawat</i>	18
2.7 Catu Daya	19
2.8 Pulse Width Modulation (PWM)	20
2.9 Potensiometer	21
2.10 Motor <i>Brushless DC</i>	21
2.10.1 Stator	23
2.10.2 Rotor	24
2.10.3 Sensor Hall	25
2.11 Elemen Pemanas	25
2.12 Sensor	26
2.12.1 <i>Pressure Transducer</i>	27
2.12.2 <i>Load Cell</i>	27

2.12.3 Modul Sensor <i>Infra Red</i> (IR)	27
2.12.4 <i>Thermocouple</i>	28
2.13 Modul Sensor MAX6675	30
2.14 Modul DSN-VC288	31
2.15 Mikrokontroler	33
2.15.1 Mikrokontroler ATmega328P	33
2.16 Dioda <i>Bridge</i>	35
2.17 Modul I2C	36
2.18 Liquid Crystal Display (LCD)	36
2.19 <i>Pilot Lamp</i>	37
2.20 <i>Buzzer</i>	38

BAB III RANCANG BANGUN

3.1 Tahap Perancangan	39
3.2 Diagram Blok	39
3.2.1 Diagram Blok Penerima Masukan	40
3.2.2 Diagram Blok Pengendali Keluaran	41
3.3 Diagram Alir	42
3.4 Perancangan Perangkat Keras	43
3.4.1 Perancangan Elektronik	43
3.4.2 Perancangan Mekanik	53
3.5 Sistem Kerja Alat	57

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Alat	59
4.2 Tujuan Pengambilan Data	60
4.3 Peralatan Yang Digunakan	60

4.4 Langkah-Langkah Pengambilan Data	61
4.5 Analisa Data Hasil Pengujian	61
4.5.1 Analisa Tegangan Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	61
4.5.2 Analisa Arus Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	65
4.6.3 Analisa Kecepatan Putaran Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	70
2.6.4 Analisa nilai EPR	80
4.7 Perbandingan Kinerja Simulator berdasarkan 3 jenis <i>Fan Blade</i>	84

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	87
5.2 Saran	87

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Mesin Turbin Gas	8
Gambar 2. 2 Kompresor Aksial	9
Gambar 2. 3 Kompresor Radial	10
Gambar 2. 4 Kompresor Diagonal	10
Gambar 2. 5 Pressure Ratio Transmitter	12
Gambar 2. 6 <i>Pressure Ratio Indicator</i>	13
Gambar 2. 7 <i>Inlet Pressure Sensing Probe (Pt2)</i>	13
Gambar 2. 8 Six Turbine Exhaust Probe (Pt7)	14
Gambar 2. 9 Skematik Sistem Operasi EPR	14
Gambar 2. 10 EGT Indikator di EICAS	15
Gambar 2. 11 Letak <i>Balancing Resistor</i>	16
Gambar 2. 12 Letak Thermocouples Probes	17
Gambar 2. 13 Letak <i>Master Caution</i> dan <i>Fire Warning</i>	17
Gambar 2. 14 <i>Master Caution</i> dan <i>Fire Warning</i>	18
Gambar 2. 15 Catu Daya 12V/10A	19
Gambar 2. 16 Rangkaian PWM Sederhana	19
Gambar 2. 17 Siklus Kerja PWM	20
Gambar 2. 18 Potensiometer	21
Gambar 2. 19 Stator	22
Gambar 2. 20 <i>Trapezoidal Back EMF</i>	22
Gambar 2. 21 <i>Sinusoidal Back EMF</i>	23
Gambar 2. 22 Rotor	24
Gambar 2. 23 Skematik sederhana Motor BLDC	24
Gambar 2. 24 Elemen Pemanas	25
Gambar 2. 25 <i>Pressure Transducer</i>	26
Gambar 2. 26 <i>Pressure Transducer Design</i>	26
Gambar 2. 27 <i>Load Cell</i>	27
Gambar 2. 28 Modul Sensor IR	28

Gambar 2. 29 Cara Kerja Thermocouple	29
Gambar 2. 30 <i>Thermocouple</i> Tipe K.....	30
Gambar 2. 31 Modul Sensor MAX6675	31
Gambar 2. 32 Modul DSN-VC288.....	32
Gambar 2. 33 Diagram Blok Mikrokontroler	33
Gambar 2. 34 IC ATmega328P	34
Gambar 2. 35 Konfigurasi Atmega328P	34
Gambar 2. 36 Dioda Bridge	35
Gambar 2. 37 Modul I2C	36
Gambar 2. 39 <i>Pilot Lamp</i>	37
Gambar 2. 38 <i>Liquid Crystal Display (LCD)</i>	37
Gambar 2. 40 <i>Buzzer</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 3. 1 Diagram Blok Simulator Sistem EPR & EGT	40
Gambar 3. 2 Blok Diagram Masukan Simulator Sistem EPR	41
Gambar 3. 3 Diagram Blok Keluaran Simulator EPR	41
Gambar 3. 4 Diagram Alir Simulator Sistem EPR.....	42
Gambar 3. 5 Rangkaian Catu Daya	43
Gambar 3. 6 Rangkaian Voltmeter Ammeter	44
Gambar 3. 7 Rangkaian Motor BLDC	45
Gambar 3. 8 Rangkaian Sensor Tekanan	46
Gambar 3. 9 Rangkaian Sensor <i>Load Cell</i>	47
Gambar 3. 10 Rangkaian Modul Sensor IR	48
Gambar 3. 11 Rangkaian Pilot Lamp AD16-22DS LRPM	49
Gambar 3. 12 Rangkaian <i>Pilot Lamp</i> AD16-22DS HRPM.....	49
Gambar 3. 13 Rangkaian Modul I2C LCD 20x4	50
Gambar 3. 14 Rangkaian Keseluruhan	52
Gambar 3. 15 Desain <i>Print Circuit Board (PCB)</i>	53
Gambar 3. 16 Desain <i>Engine dan Stand Engine</i>	54
Gambar 3. 17 Desain <i>Engine dan Stand Engine</i> (Tampak Isometrik)	55
Gambar 3. 18 Desain <i>Control Box</i>	57

Gambar 4. 1	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Tegangan (Pengukuran Modul)	65
Gambar 4. 2	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Tegangan (Pengukuran Avometer)	65
Gambar 4. 3	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Arus (Pengukuran Modul)	69
Gambar 4. 4	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Arus (Pengukuran Avometer)	69
Gambar 4. 5	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> (Pengukuran Sensor IR) di Dalam <i>Body Engine</i>	73
Gambar 4. 6	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> (Pengukuran Tachometer) di Dalam <i>Body Engine</i>	73
Gambar 4. 7	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> (Pengukuran Sensor IR) di Luar <i>Body Engine</i>	78
Gambar 4. 8	Grafik <i>Throttle</i> Terhadap Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> (Pengukuran Tachometer) di Luar <i>Body Engine</i>	78
Gambar 4. 9	Grafik <i>Throttle</i> terhadap Nilai EPR.....	85
Gambar 4. 10	Grafik Daya Terhadap Tekanan Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	86

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Thermocouple Tipe K	30
Tabel 2. 2 Spesifikasi Modul Sensor MAX6675	31
Tabel 2. 3 Spesifikasi DSN-VC288	32
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Tegangan Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	62
Tabel 4. 2 Perhitungan nilai <i>Error</i> Pada Hasil Pengukuran Tegangan	63
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Arus Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	66
Tabel 4. 4 Perhitungan nilai <i>Error</i> Pada hasil pengukuran Arus	67
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> di Dalam <i>Body Engine</i>	71
Tabel 4. 6 Nilai <i>Error</i> Pada Pengukuran Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> di Dalam <i>Body Engine</i>	74
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> di Luar <i>Body Engine</i>	76
Tabel 4. 8 Nilai <i>Error</i> Pada Pengukuran Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> di Luar <i>Body Engine</i>	79
Tabel 4. 9 Data Hasil Pengukuran Nilai Tekanan Udara	81
Tabel 4. 10 Data Nilai EPR	82
Tabel 4. 11 Nilai Daya Pada Masing-Masing <i>Fan Blade</i>	85

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Kesepakatan LA Pembimbing 1	A1
Lampiran 2 Lembar Kesepakatan LA Pembimbing 2	A2
Lampiran 3 Lembar Bimbingan LA Pembimbing 1	A3
Lampiran 4 Lembar Bimbingan LA Pembimbing 2	A4
Lampiran 5 Lembar Rekomendasi Ujian LA	A5
Lampiran 7 Pemasangan Sensor Tekanan Udara	B1
Lampiran 6 Pemasangan Komponen Elektronika Pada Alat	B1
Lampiran 8 Pengukuran Tegangan Menggunakan Avometer	B2
Lampiran 9 Pengukuran Arus Menggunakan Avometer	B2
Lampiran 10 Data Penggunaan <i>Fan 3 Blade</i> di Dalam <i>Body Engine</i> Pada Saat 70% <i>Throttle</i>	B3
Lampiran 11 Data Penggunaan <i>Fan 6 Blades</i> di Dalam <i>Body Engine</i> Pada Saat 70% <i>Throttle</i>	B3
Lampiran 12 Data Penggunaan <i>Fan 9 Blades</i> di Dalam <i>Body Engine</i> Pada Saat 70% <i>Throttle</i>	B4
Lampiran 13 Data Penggunaan <i>Fan 6 Blade</i> di Luar <i>Body Engine</i> Pada Saat 40% <i>Throttle</i>	B4
Lampiran 14 Data Penggunaan <i>Fan 6 Blade</i> di Luar <i>Body Engine</i> Pada Saat 100% <i>Throttle</i>	B5
Lampiran 15 Pengukuran Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> Menggunakan Tachometer 40% <i>Throttle</i>	B5
Lampiran 16 Pengukuran Kecepatan Putaran <i>Fan Blade</i> Menggunakan Tachometer 80% <i>Throttle</i>	B6
Lampiran 17 AMM DC-9 <i>Indicating System</i>	C1
Lampiran 18 AMM DC-9 <i>Pressure Ratio Schematic 1</i>	C2
Lampiran 19 AMM DC-9 <i>Pressure Ratio Schematic 2</i>	C3
Lampiran 20 AMM DC-9 <i>Pressure Ratio System</i>	C4