



Skripsi – ME184834

Rancang Bangun Alat Ukur Torsi Poros dan Flowmeter Bahan Bakar sebagai Alat Ukur SFOC pada Mesin Diesel

Luqmanul Hakim Edi
0421154000089

Dosen Pembimbing 1
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
195605191986101001

Dosen Pembimbing 2
Juniarko Prananda, ST., MT.
199006052015041001

**DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Bachelor Thesis – ME184834

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF SHAFT TORQUE
MEASUREMENT AND FUEL FLOW METER AS A SFOC
MEASURING INSTRUMENT IN DIESEL ENGINE**

Luqmanul Hakim Edi
0421154000089

Dosen Pembimbing 1
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D
195605191986101001

Dosen Pembimbing 2
Juniarko Prananda, ST., MT.
199006052015041001

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
2019**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR TORSI POROS DAN FLOWMETER
BAHAN BAKAR SEBAGAI ALAT UKUR SFOC PADA MESIN DIESEL**

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant (MPP)*
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Luqmanul Hakim Edi
NRP. 04211540000089

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng, Ph.D

()

Juniarko Prananda, S.T., M.T.

()

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**RANCANG BANGUN ALAT UKUR TORSI POROS DAN FLOWMETER
BAHAN BAKAR SEBAGAI ALAT UKUR SFOC PADA MESIN DIESEL.**

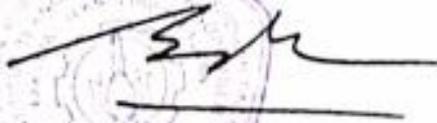
SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Studi *Marine Power Plant (MPP)*
Program Studi S-I Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Luqmanul Hakim Edi
NRP. 04211540000089

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., MT
NIP. 197708022008011007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RANCANG BANGUN ALAT UKUR TORSI POROS DAN FLOWMETER BAHAN BAKAR SEBAGAI ALAT UKUR SFOC PADA MESIN DIESEL

Nama Mahasiswa : Luqmanul Hakim Edi
NRP : 0421154000089
Program Studi : S1 Teknik Sistem Perkapalan
Departemen : Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas : Fakultas Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M. Eng, Ph.D
Juniarko Prananda, S.T., M.T.

ABSTRAK

Salah satu parameter penting dari performa suatu mesin diesel adalah *specific fuel oil consumption* (SFOC). *Specific fuel oil consumption* memiliki definisi sebagai berapa banyak jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1kWh energi listrik, dan normalnya bergantung pada daya aktual mesin (Lundh, 2016). Jenis dinamometer yang tersedia di pasaran di Indonesia sangat terbatas dan hanya bisa digunakan untuk mengukur torsi kendaraan bukan torsi mesin, dan dengan harga satu unit yang cukup mahal sehingga relatif belum terjangkau bagi lembaga riset yang baru berkembang. Penelitian ini dilakukan dengan dua metode, yaitu metode rekayasa dan metode eksperimen. Alat ukur ini menggunakan komponen, yaitu rem cakram dengan diameter 180mm, *caliper* nissin, *master* rem nissin, *load cell* 100 kg, sensor putaran mesin IR-08H. Penggabungan sensor menggunakan mikrokontroler Arduino UNO dan kemudian ditampilkan dalam display LCD 4x20 dan akan dicatat menggunakan Microsoft Excel. Terdapat beberapa indikator yang akan ditampilkan dalam *display lcd* dan data excel, diantaranya adalah, waktu pengujian, beban mesin, putaran mesin, torsi, daya, dan nilai sfoc. Dari data pengujian didapatkan bahwa nilai akurasi yang dimiliki *load cell* 100 kg sebesar 99.74%, dan nilai akurasi dari sensor putaran mesin sebesar 99.64%, dan nilai akurasi untuk keseluruhan alat sebesar 99.69%. Alat ini memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah pembacaan nilai daya dan *specific fuel oil consumption* secara otomatis dan dapat memantau indikator pengujian pada tampilan lcd.

Kata Kunci : Arduino, Dinamometer, Load Cell, Specific Fuel Oil Consumption

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DESIGN AND DEVELOPMENT OF SHAFT TORQUE AND FUEL FLOWMETER AS A SFOC MEASURING INSTRUMENT IN DIESEL ENGINE

Name : Luqmanul Hakim Edi
NRP : 0421154000089
Study Program : S1 Teknik Sistem Perkapalan
Department : Teknik Sistem Perkapalan
Faculty : Fakultas Teknologi Kelautan
Supervisor : Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M. Eng, Ph. D
Juniarko Prananda, S.T., M.T.

ABSTRACT

One of the important parameters of the performance of a diesel engine is specific fuel oil consumption (SFOC). Specific fuel oil consumption has the definition of how much fuel is needed to produce 1kWh of electrical energi, and normally depends on the actual power of the engine (Lundh, 2016). The types of dynamometers available on the market in Indonesia are very limited and can only be used to measure vehicle torque instead of engine torque, and with the price of one unit which is quite expensive so it is relatively unreachable for newly developing research institutions. This research was conducted in two methods, namely engineering methods and experimental methods. This measuring instrument uses components, namely disc brakes with a diameter of 180mm, caliper nissin, master brake nissin, 100 kg load cell, engine speed sensor IR-08H. Combining sensors using an Arduino UNO mikrokontroller and then displayed on a 4x20 LCD display and will be recorded using Microsoft Excel. There are several indicators that will be displayed in the LCD display and excel data, including the test time, engine load, engine speed, torque, power, and sfoc value. From the test data, it was found that the accuracy value of 100 kg load cell was 99.74%, and the accuracy of the engine speed sensor was 99.64%, and the accuracy value for the whole device was 99.69%. This tool has several advantages, including the reading of the value of power and specific fuel oil consumption automatically and can monitor the test indicators on the LCD display

Keywords: Arduino, Dinamometer, Load Cell, Spesific Fuel Oil Consumption

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul **“RANCANG BANGUN ALAT UKUR TORSI POROS DAN FLOWMETER BAHAN BAKAR PADA MESIN DIESEL”**.

Dalam proses penyelesaian Skripsi ini, penulis telah mendapat banyak dukungan dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Edi Susila Utama dan Ibu Nurul Priyantari yang sudah memberikan dukungan penuh kepada penulis dalam bentuk semangat, moral, materi dan hal lainnya sehingga dapat menyelesaikan Skripsi dengan lancar.
2. Bapak Ir. Agung Zuhdi Muhammad Fathallah, M. Eng, Ph. D selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membimbing penulis dan memotivasi untuk selesainya Skripsi.
3. Bapak Juniarko Prananda, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah membimbing penulis dan memotivasi untuk selesainya Skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. Ketut Buda Artana, ST., M. Sc selaku dosen wali penulis yang sudah membimbing selama proses kuliah di Departemen Teknik Sistem Perkapalan dari awal hingga akhir.
5. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu bermanfaat dan membagi pengalaman.
6. Kelompok penelitian satu topik mikrokontroler; Afifudin Zuhri, Merbiansyah Aiduna, Achmad Farooq yang sudah bekerja sama dalam melangsungkan proses penelitian.
7. Teman saya Rena Hardianty yang selalu menyediakan waktu untuk saya, dan mendukung saya sepenuhnya.
8. Teman sepermainan menyenangkan, Zeka, Arie, Atfal, Habib, Rohiim, Ardi, Anas, Faisal, Fayid, Afif yang selalu menemani saat susah dan senang.
9. Teman-teman sesama member Lab. Marine Power Plant yang bersama-sama mengerjakan Skripsi dengan suka dukanya.
10. Teman satu angkatan SALVAGE'15 yang sudah memberikan dukungan dan semangat tiada hentinya.

Semoga skripsi ini dapat berguna dan dapat memberi ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Amiin.

Surabaya, Juli 2019

Luqmanul Hakim Edi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	2
1.5 Manfaat	3
BAB II.....	5
2.1 Peta Jalan Penelitian (<i>State of The Art</i>).....	5
2.2 Specific Fuel Oil Consumption	6
2.3 Flowmeter (<i>Water Flow Sensor</i>).....	6
2.4 Torsi dan Daya.....	7
2.5 Dinamometer.....	7
2.6 Load Cell.....	8
2.7 Sensor Putar	8
2.8 Arduino	10
2.9 Bahasa Pemrograman.....	11
BAB III.....	13
3.1 Studi Literatur	14
3.2 Desain dan Manufaktur Sistem Alat Ukur SFOC	14
3.2.1 Dinamometer Rem Cakram	14
3.2.2 Arduino UNO.....	15

3.2.3 LCD	16
3.2.4 <i>Flowmeter</i>	17
3.2.5 <i>Load Cell</i>	18
3.2.6 Sensor Putaran Mesin	20
3.2.7 <i>Data Logger</i> Ms. Excel	22
3.3 Integrasi Sistem	24
3.4 Uji Eksperimen.....	24
3.5 Kalibrasi Alat.....	24
3.6 Kesimpulan dan Saran	24
BAB IV	25
4.1 Perencanaan Alat	25
4.2 Pembangunan Alat.....	26
4.3 Kalibrasi Alat.....	29
4.4 Cara Pengoperasian Alat Ukur SFOC	31
4.5 Hasil Pengujian Alat.....	32
BAB V	37
5.1 Kesimpulan.....	37
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Flowmeter sensor YF-S420B.....	7
Gambar 2. 2 Skema Rangkain Load Cell.....	8
Gambar 2. 3 Hardware Detail IR Proximity Sensor	9
Gambar 2. 4 Arduino UNO.....	10
Gambar 3. 1. Flowchart Alur Pengerjaan	13
Gambar 3. 2 Desain 3D Dinamometer.....	14
Gambar 3.3 Arduino Uno	15
Gambar 3.4 Display LCD 4x20	16
Gambar 3.5 Modul I2C LCD.....	16
Gambar 3.6 Flowmeter Sensor YF-S402B	17
Gambar 3.7 Switch Button.....	18
Gambar 3.8 Load Cell 100 kg.....	18
Gambar 3.9 Modul HX711 Loadcell	19
Gambar 3.10 RPM Sensor IR-08H.....	21
Gambar 3.11 Tampilan pemrograman visual basic macro excel	22
Gambar 3.12 Tampilan interface pada Ms.Excel.....	23
Gambar 3.13 Motor Yanmar Diesel Engine TF 85 MH	24
Gambar 4.1 Dimensi Dinamometer	25
Gambar 4.2 Dimensi Flange Disc Brake	25
Gambar 4.3 Tampak Samping Dinamometer	26
Gambar 4.4 Tampak Depan Dinamometer	26
Gambar 4.5 Skematik Rangkaian Sistem Kontrol	27
Gambar 4.6 Tampilan pembacaan pada LCD.....	28
Gambar 4.7 Tampilan user interface data logger	28
Gambar 4.8 Tampak Samping Dinamometer terpasang	29
Gambar 4.9 Tampak atas dinamometer	29
Gambar 4.10 Proses Kalibrasi Load Cell.....	30
Gambar 4.11 Grafik Performa Yanmar TF 85.....	33

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Datasheet Arduino Uno.....	15
Tabel 3.2 Datasheet Load Cell 100kg.....	19
Tabel 3.3 Datasheet RPM Sensor IR08H.....	21
Tabel 4.1 Pembagian Port Arduino.....	27
Tabel 4.2 Data Kalibrasi Sensor Putaran Mesin	30
Tabel 4.3 Data Kalibrasi Load Cell 100 kg	31

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu parameter penting dari performa suatu mesin diesel adalah *specific fuel oil consumption* (SFOC). *Specific fuel oil consumption* memiliki definisi sebagai berapa banyak jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1kWh energi listrik, dan normalnya bergantung pada daya aktual mesin (Lundh, 2016). Untuk mengetahui nilai dari *specific fuel oil consumption* maka dibutuhkan beberapa parameter yaitu jumlah bahan bakar yang dibutuhkan dan tenaga mesin. Untuk dapat mengetahui kedua parameter tersebut maka dibutuhkan dua buah alat yaitu *flowmeter* dan dinamometer.

Flowmeter adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran atau jumlah gas atau cairan yang bergerak melalui pipa. Dinamometer adalah suatu alat untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh sebuah motor yang dapat dihitung dengan mengukur secara simultan torsi dan kecepatan rotasi dari poros penggerakannya (Daywin, 1991). Banyak jenis dinamometer yang ada saat ini, diantaranya adalah dinamometer tipe elektrik seperti dinamometer elektrostatis, dinamometer Eddy Current, ataupun dinamometer tipe absorpsi seperti dinamometer *proney brake* dan dinamometer *water brake* (Georing, 2004). Dinamometer merupakan alat ukur yang sangat diperlukan untuk penelitian yang berkenaan dengan pengukur prestasi dari suatu motor penggerak seperti motor bakar ataupun motor listrik. Pengukuran prestasi motor penggerak merupakan hal yang penting dilakukan untuk menunjukkan grafik prestasi dari motor penggerak ataupun untuk memperlihatkan perbandingan grafik prestasi dari suatu motor penggerak dengan menggunakan sumber bahan bakar yang berbeda.

Jenis dinamometer yang tersedia di pasaran di Indonesia sangat terbatas dan hanya bisa digunakan untuk mengukur torsi kendaraan bukan torsi mesin, dan dengan harga satu unit yang cukup mahal sehingga relatif belum terjangkau bagi lembaga riset yang baru berkembang. Sementara akhir-akhir ini dengan banyaknya penelitian tentang perkembangan penggunaan bahan bakar baru dan terbaharukan maka banyak lembaga riset yang memerlukan dinamometer untuk pengukuran kinerja motor bakar menggunakan bahan bakar baru tersebut. Untuk itu kebutuhan dengan dinamometer dengan desain sederhana dan harga yang relatif murah namun tidak menghilangkan aspek teknologi dan akurasi pengukuran menjadi semakin meningkat. Hasibuan(2011) dalam penelitiannya membuat alat peraga dinamometer tipe cakram yang digunakan khusus untuk mengukur torsi pada mesin potong rumput Automatic power AP339. Purwanto (2011) membuat alat peraga dinamometer tipe cakram untuk menguji mesin diesel 8.5 hp dengan bahan bakar solar dan bahan bakar minyak nyamplung. Arry (2017) dalam penelitiannya membuat perancangan dinamometer tipe cakram portable.

Berdasarkan latar belakang diatas maka penulis tertarik untuk mengambil penelitian dengan judul “Rancang Bangun Alat Ukur Torsi Poros dan Flowmeter Bahan Bakar sebagai Alat Ukur *Specific Fuel Oil Consumption* pada Mesin Diesel Berbasis Mikrokontroler Arduino”. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu alat untuk membaca nilai *specific fuel oil consumption* (SFOC) dengan menggunakan parameter alat ukur jumlah aliran bahan bakar dan tenaga mesin dengan desain sederhana dan harga terjangkau namun memiliki akurasi yang baik. Dinamometer yang digunakan adalah tipe rem cakram metode adsorpsi dengan menggunakan komponen yang mudah didapat di pasaran. Dinamometer memanfaatkan gaya gesek akibat sistem pengereman.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan maka didapatkan rumusan masalah, antara lain:

1. Bagaimana merancang alat ukur torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur *specific fuel oil consumption* pada mesin diesel?
2. Bagaimana membangun sistem alat ukur torsi poros dan flowmeter bahan bakar alat ukur *specific fuel oil consumption* pada mesin diesel?
3. Bagaimana performa sistem alat ukur torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur *specific fuel oil consumption* pada mesin diesel?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada tugas akhir ini antara lain:

1. Pembuatan alat ini digunakan untuk mengukur nilai *specific fuel oil consumption* pada mesin diesel
2. Menggunakan mikrokontroler Arduino
3. Analisis Performa dan pemasangan alat ukur *specific fuel oil consumption* dilakukan pada motor diesel Yanmar TF 85-MH yang berada di Laboratorium *Marine Power Plant FTK ITS*.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari tugas akhir ini antara lain:

1. Merancang sistem pengukuran torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur *specific fuel oil consumption*.
2. Membangun sistem pengukuran torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur *specific fuel oil consumption*.
3. Menganalisa performa sistem pengukuran nilai torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur *specific fuel oil consumption*.

1.5 Manfaat

Adapun manfaat dari tugas akhir ini adalah terciptanya sebuah alat yang praktis dan sederhana yang mampu membaca nilai *specific fuel oil consumption*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Peta Jalan Penelitian (*State of The Art*)

Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang dan menguji alat ukur nilai *specific fuel oil consumption*. *Specific fuel oil consumption* memiliki definisi sebagai berapa banyak jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan energi (Lundh, 2016). Untuk mengetahui nilai dari *specific fuel oil consumption* maka dibutuhkan dua parameter untuk perhitungan. Kedua parameter tersebut adalah jumlah bahan bakar dan besar energi yang dihasilkan.

Jumlah bahan bakar biasanya didapatkan dari hasil perhitungan menggunakan parameter jumlah bahan bakar dan juga waktu yang dibutuhkan untuk menghabiskan bahan bakar dengan volume yang diinginkan. Dinamometer adalah suatu alat untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh sebuah motor yang dapat dihitung dengan mengukur secara simultan torsi dan kecepatan rotasi dari poros penggerakannya (Daywin, F.J, et al., 1991). Banyak jenis dinamometer yang ada saat ini, diantaranya adalah dinamometer tipe elektrik seperti dinamometer elektrostatis, dinamometer *Eddy Current*, ataupun dinamometer tipe absorpsi seperti dinamometer *proney brake* dan dinamometer *water brake* (Georing & A. C, 2004). Dinamometer merupakan alat ukur yang sangat diperlukan untuk penelitian yang berkenaan dengan pengukur prestasi dari suatu motor penggerak seperti motor bakar ataupun motor listrik. Pengukuran prestasi motor penggerak merupakan hal yang penting dilakukan untuk menunjukkan grafik prestasi dari motor penggerak ataupun untuk memperlihatkan perbandingan grafik prestasi dari suatu motor penggerak dengan menggunakan sumber bahan bakar yang berbeda.

Jenis dinamometer yang tersedia di pasaran di Indonesia sangat terbatas dan hanya bisa digunakan untuk mengukur torsi kendaraan bukan torsi mesin, dan dengan harga satu unit yang cukup mahal sehingga relatif belum terjangkau bagi lembaga riset yang baru berkembang. Sementara akhir-akhir ini dengan banyaknya penelitian tentang perkembangan penggunaan bahan bakar baru dan terbaharukan maka banyak lembaga riset yang memerlukan dinamometer untuk pengukuran kinerja motor bakar menggunakan bahan bakar baru tersebut. Untuk itu kebutuhan dengan dinamometer dengan desain sederhana dan harga yang relatif murah namun tidak menghilangkan aspek teknologi dan akurasi pengukuran menjadi semakin meningkat. AsHasibuan(2011) dalam penelitiannya membuat alat peraga dinamometer tipe cakram yang digunakan khusus untuk mengukur torsi pada mesin potong rumput *Automatic power AP339*. Y.Aris Purwanto (2011) membuat alat peraga dinamometer tipe cakram untuk menguji mesin diesel 8.5 hp dengan bahan bakar solar dan bahan bakar minyak nyamplung. Arry Prastyono (2017) dalam penelitiannya membuat perancangan dinamometer tipe cakram *portable*.

Penulis berpikiran untuk membuat alat untuk membaca nilai *specific fuel oil consumption* dengan menggunakan dua parameter utama yaitu laju aliran bahan bakar dan juga daya mesin. Pada langkah awal dari konsep penelitian ini akan dibuat alat ukur menggunakan Arduino Uno sebagai otak dari alat ukur yang akan digunakan. Pengukuran akan dilakukan pada variasi *RPM* tertentu. Setelah mendapatkan data hasil pengukuran yang dilakukan pada variasi *RPM* tertentu, penulis akan melakukan validasi data yang sudah didapatkan dengan cara membandingkan data yang didapat dari alat yang sudah ada.

Penelitian ini merupakan penelitian yang memodifikasi penelitian sebelumnya tentang rancang bangun dinamometer. Pada penelitian ini akan dibuat sistem alat ukur jumlah aliran bahan bakar secara otomatis dan juga alat pengukur putaran poros mesin secara otomatis. Pada penelitian ini memiliki hasil *output* yaitu daya mesin, torsi, rpm, *flow of fuel*, dan *specific fuel oil consumption*.

2.2 Specific Fuel Oil Consumption

Specific fuel oil consumption adalah salah satu parameter penting dari performa suatu mesin diesel. *Specific fuel oil consumption* memiliki definisi sebagai berapa banyak jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kWh energi listrik, dan normalnya bergantung pada daya aktual mesin (Lundh, 2016). Untuk mencapai hasil yang akurat dalam pengukuran nilai *specific fuel oil consumption*, pengujian biasa dilakukan pada kondisi yang optimal dengan berbagai pertimbangan. Biasanya dilakukan pada cuaca yang bagus dan dengan rentang waktu satu sampai dua jam. Rumus yang digunakan untuk menghitung nilai *specific fuel oil consumption* adalah:

$$\text{SFOC} = \frac{mf \times 10^3}{P_b} \quad (\text{Lichty, 1951})$$

Dimana : SFOC = Konsumsi bahan bakar spesifik (g/kWh)
 mf = Laju aliran bahan bakar (kg/jam)
 P_b = Daya keluaran (watt)

2.3 Flowmeter (*Water Flow Sensor*)

Flowmeter adalah alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka. Alat ini terdiri dari *primary device*, yang disebut sebagai alat utama dan *secondary device* atau yang bisa disebut dengan alat bantu sekunder. *Flowmeter* umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu alat utama dan alat bantu sekunder. Alat utama menghasilkan suatu sinyal yang merespon terhadap aliran, dikarenakan laju aliran tersebut telah terganggu. Alat utamanya merupakan sebuah *orifis* yang mengganggu laju aliran, yaitu menyebabkan terjadinya penurunan tekanan. Alat bantu sekunder menerima sinyal dari alat utama lalu menampilkan, merekam, dan/atau mentransmisikannya sebagai hasil dari laju aliran (Koester, 2004).



Gambar 2. 1 Flowmeter sensor YF-S420B
Sumber: (Aliexpress, 2019)

2.4 Torsi dan Daya

Torsi adalah momen puntir yang terjadi pada batang lurus apabila batang tersebut dibebani momen yang cenderung menghasilkan rotasi terhadap sumbu longitudinal batang (Erwin, 2008).

Untuk menghitung torsi dapat digunakan rumus berikut:

$$\mathcal{T} = r \times F$$

Dimana: \mathcal{T} = Torsi

r = panjang lengan gaya (m)

F = gaya yang diberikan pada lengan gaya (N)

Daya memiliki definsi sebagai sebuah kemampuan untuk mengusug sebuah beban dalam periode/ rentang waktu tertentu.

Untuk menghitung daya dapat digunakan rumus berikut:

$$P = T/n$$

Dimana: P = Daya

T = Torsi Mesin (Nm)

N = Putaran mesin (rpm)

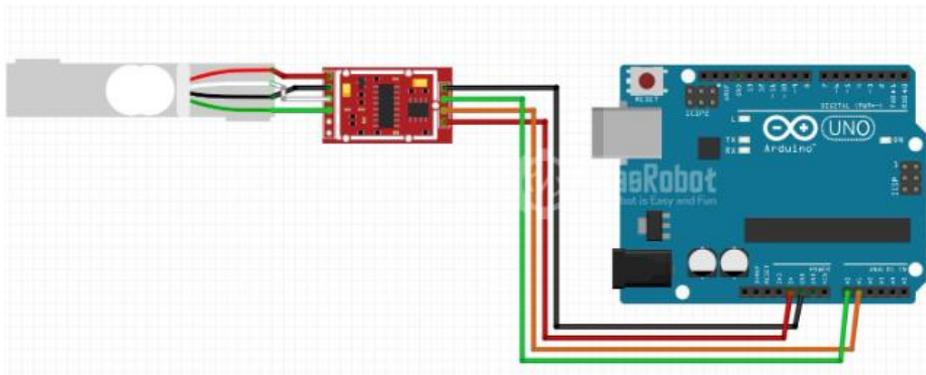
2.5 Dinamometer

Dinamometer adalah suatu alat untuk mengukur daya yang dihasilkan oleh sebuah motor yang dapat dihitung dengan mengukur secara simultan torsi dan kecepatan rotasi dari poros penggeraknya (Daywin, 1991). Banyak jenis dinamometer yang ada saat ini, diantaranya adalah dinamometer tipe elektrik seperti dinamometer elektrostatis, dinamometer Eddy Current, ataupun dinamometer tipe absorbs seperti dinamometer *proney brake* dan dinamometer

water brake (Georing, 2004). Dinamometer merupakan alat ukur yang sangat diperlukan untuk penelitian yang berkenaan dengan pengukur prestasi dari suatu motor penggerak seperti motor bakar ataupun motor listrik. Pengukuran prestasi motor penggerak merupakan hal yang penting dilakukan untuk menunjukkan grafik prestasi dari motor penggerak ataupun untuk memperlihatkan perbandingan grafik prestasi dari suatu motor penggerak dengan menggunakan sumber bahan bakar yang berbeda.

2.6 Load Cell

Sensor load cell adalah *transducer* (*transducer*, komponen elektronika yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal listrik) yang dapat mengubah tekanan oleh beban menjadi sinyal elektrik. Konversi terjadi secara tidak langsung dalam dua tahap. Melalui pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan (*strain gauges*) dalam bentuk resistor planar. Regangan ini mengubah hambatan efektif (*effective resistance*). Empat pengukur regangan disusun dalam konfigurasi *wheatstone* yang kemudian dibaca berupa perbedaan potensial.



Gambar 2. 2 Skema Rangkain Load Cell
Sumber: (Kelas Robot, 2018)

2.7 Sensor Putar

Sensor putaran ini berfungsi untuk membaca banyaknya putaran suatu roda cacah dalam periode tertentu. Rangkaian sensor putaran dibuat dengan *opto coupler* dengan celah ditengah (bentuk U) yang pada celah tersebut diletakan roda cacah. Sensor putaran dari *opto coupler* Model U ini berfungsi untuk menghitung jarak yang ditempuh (putaran roda) menggunakan roda cacah (piringan berlubang). Sensor putaran dengan opto coupler ini menghasilkan pulsa dari putaran roda cacah yang berputar, pulsa ini yang akan digunakan sebagai masukan pada Arduino untuk dihitung berapa pulsa yang diterima pada satuan waktu tertentu (Gandi, 2015).

Optocoupler terdiri atas led inframerah dan fototransistor. Led inframerah yang digunakan hanya mampu melewatkan arus maksimal sebesar 20 mA. Oleh karena itu perlu ditambahkan sebuah resistor sebagai pembatas arus. Besaran nilai resistor minimal ditentukan dengan menggunakan perhitungan sebagai berikut. (Gunawan, 2012).

Sensor RPM *optocoupler* yang akan dipakai pada penelitian kali ini adalah jenis sensor *IR Proximity Sensor*, yang memiliki data seperti berikut:

- 5V DC operating voltage.
- Pin I/O kompatibel 5V and 3.3V.
- Sensitivitas pembacaan dapat disesuaikan.
- 20mA supply current.
- Mounting hole.



Gambar 2. 3 Hardware Detail IR Proximity Sensor

Sumber : (Electronics in Touch, 2018)

Sensor *optocoupler* merupakan suatu piranti yang terdiri dari 2 bagian yaitu *transmitter* dan *receiver*.

a. *Transmitter*

Merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian *input* atau rangkaian kontrol. Pada bagian ini terdapat sebuah LED infra merah (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kepada *receiver*. Pada *transmitter* ini dibangun dari sebuah LED Inframerah. Jika dibandingkan dengan LED biasa, LED infra merah memiliki ketahanan yang lebih baik terhadap sinyal tampak. Cahaya yang dipancarkan oleh LED infra merah tidak terlihat oleh mata telanjang. (Darmana, 2015)

b. *Receiver*

Merupakan bagian yang terhubung dengan rangkaian output atau rangkaian beban, dan berisi komponen penerima cahaya yang dipancarkan oleh *transmitter*. Komponen penerima cahaya ini dapat berupa *photodiode* ataupun *phototransistor*. Tujuan utama dari digunakannya sensor cahaya dan piringan sensor adalah untuk mendapatkan data kecepatan putaran dari

setiap roda. Piringan sensor yang digunakan dibuat dari sebuah cd (*compact disc*) berwarna putih. Sedangkan sensor cahaya yang digunakan adalah *optocoupler* yang prinsip kerjanya adalah ketika sensor membaca atau mendeteksi benda di depannya berwarna hitam maka pantulan dari cahaya inframerah yang diterima sedikit, kemudian sebaliknya ketika sensor mendeteksi benda di depannya berwarna putih maka pantulan cahaya yang diterima di *receiver* lebih banyak. (Darmana, 2015)

2.8 Arduino

Arduino adalah pengendali mikro *single-board* yang bersifat *open-source*, diturunkan dari *wiring platform*, dirancang untuk memudahkan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. *Hardware* memiliki prosesor AtmelAVR dan *software* memiliki bahasa pemrograman sendiri. Arduino juga merupakan platform *hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat purwarupa peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya dengan mudah (Fadhillah, 2017).

Arduino menggunakan keluarga mikrokontroler ATmega yang dirilis oleh Atmel sebagai basis, namun ada individu atau perusahaan yang membuat clone arduino dengan menggunakan mikrokontroler lain dan tetap kompatibel dengan arduino pada level hardware. Untuk fleksibilitas, program dimasukkan melalui *bootloader* meskipun ada opsi untuk *bypass bootloader* dan menggunakan *downloader* untuk memprogram mikrokontroler secara langsung melalui *port ISP* (Fadhillah, 2017)



Gambar 2. 4 Arduino UNO
Sumber: (Kitronik, 2019)

2.9 Bahasa Pemrograman

Bahasa pemrograman adalah sebuah instruksi standar untuk memerintah komputer agar mempunyai fungsi tertentu. Bahasa pemrograman ini merupakan suatu himpunan dari aturan sintaks dan semantik yang dipakai untuk mendefinisikan program komputer. Bahasa ini memungkinkan seorang programmer dapat menentukan secara persis data mana yang akan diolah oleh komputer, bagaimana data ini akan disimpan/ diteruskan, dan jenis langkah apa secara persis yang akan diambil dalam berbagai situasi (Gandi, 2015).

Fungsi bahasa pemrograman yaitu memerintah komputer untuk mengolah data sesuai dengan alur berpikir yang kita inginkan. Keluaran dari bahasa pemrograman tersebut berupa program/ aplikasi. Contohnya adalah program yang digunakan oleh kasir di mal- mal atau swalayan, penggunaan lampu lalu lintas di jalan raya.

Bahasa pemrograman yang kita kenal ada banyak sekali di belahan dunia, tentang ilmu komputer dan teknologi dewasa ini. Perkembangannya mengikuti tingginya inovasi yang dilakukan dalam dunia teknologi. Contoh bahasa pemrograman yang kita kenal antara lain adalah untuk membuat aplikasi *game*, antivirus, *web*, dan teknologi lainnya.

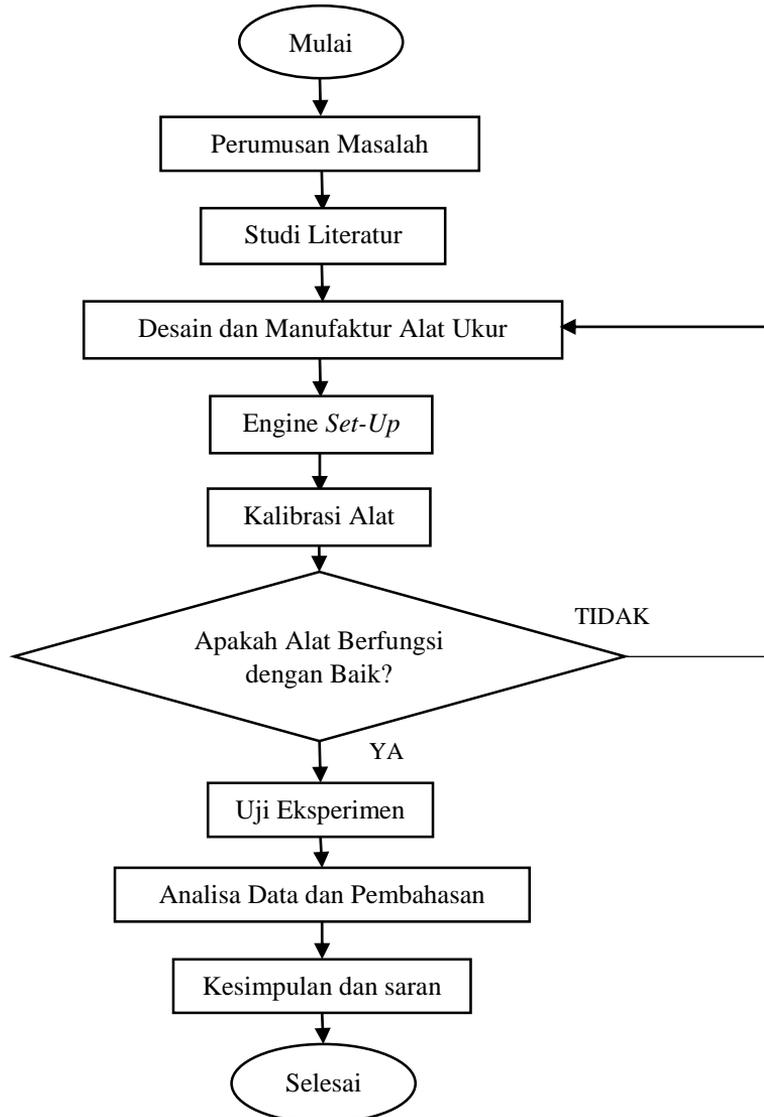
Bahasa pemrograman komputer yang kita kenal antara lain adalah Java, Visual Basic, C++, C, Cobol, PHP, .Net, dan ratusan bahasa lainnya. Namun tentu saja kebutuhan bahasa ini harus disesuaikan dengan fungsi dan perangkat yang menggunakannya. Secara umum bahasa pemrograman terbagi menjadi 4 kelompok, yaitu :

1. *Object Oriented Language* (Visual dBase, Visual FoxPro, Delphi, Visual)
2. *High Level Language* (seperti Pascal dan Basic)
3. *Middle Level Language* (seperti bahasa C), dan
4. *Low Level Language* (seperti bahasa Assembly)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian ini menggunakan dua metode, yaitu metode rekayasa dan metode eksperimen. Pelaksanaan penelitian harus mempunyai metode pengerjaan yang terstruktur agar dalam proses pengerjaan lebih terarah dan lebih mudah. Penjelasan secara detail dari tahapan metodologi pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 1. Flowchart Alur Pengerjaan

3.1 Studi Literatur

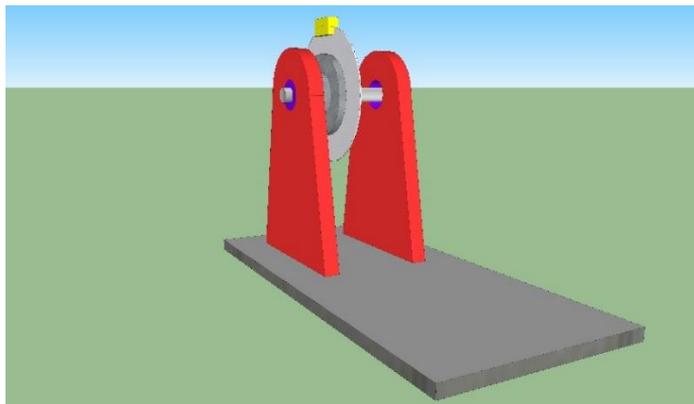
Studi literatur dilakukan dengan pengumpulan referensi mengenai alat ukur *specific fuel oil consumption* berbasis Arduino. Cara pembuatan alat berupa dinamometer dan *flowmeter*. Literatur didapatkan dari *text book*, internet, artikel, jurnal, paper dan laporan skripsi

3.2 Desain dan Manufaktur Sistem Alat Ukur SFOC

Tahapan awal dalam pembuatan alat ukur SFOC adalah proses desain. Di dalam proses desain dapat menggambarkan sebuah perencanaan manufaktur. Proses perancangan pada penelitian ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu proses perencanaan fisik dan *software*. Proses perencanaan fisik meliputi perencanaan dinamometer tipe rem cakram, perencanaan *flow* sensor, dan perencanaan sistem kontrol. Sedangkan proses perencanaan *software* meliputi perencanaan *coding* Arduino, dan *software interface* di laptop.

3.2.1 Dinamometer Rem Cakram

Rancang bangun dinamometer rem cakram dilakukan dengan kriteria desain yang sederhana, pemilihan elemen mesin yang banyak tersedia dipasarkan dan juga cara pengoperasian dan perawatan yang mudah. Jenis rem cakram untuk roda belakang sepeda motor dipilih untuk digunakan pada dinamometer. Terdapat beberapa pertimbangan untuk penggunaan rem cakram pada dinamometer, diantaranya adalah keunggulan dari rem cakram yang memiliki daya cengkram lebih baik untuk dimensi keseluruhan yang sama dengan rem tromol. Dan juga rem cakram memiliki sistem pendinginan yang lebih baik jika dibandingkan dengan rem tromol. Rancangan dinamometer terdiri dari rangka dinamometer, penyalur daya, pengereman, pengukuran torsi, dan pengukuran kecepatan putar poros. Untuk meminimalisir terjadinya kesalahan dalam manufaktur komponen, maka komponen yang akan dimanufaktur perlu digambar terlebih dahulu menggunakan aplikasi desain dua dimensi dan tiga dimensi.



Gambar 3. 2 Desain 3D Dinamometer

Pada gambar 3.2 diatas, merupakan gambar tiga dimensi perancangan dinamometer rem cakram yang akan dibuat secara *real* dengan sistem manufaktur yang ada. Bahan yang digunakan untuk pondasi adalah plat baja dengan ketebalan 15 mm. Sedangkan untuk dudukan dinamometer menggunakan plat baja dengan ketebalan 20 mm. Untuk perancangan poros dinamometer, diameter yang digunakan adalah ukuran poros 20mm.

3.2.2 Arduino UNO

Untuk perancangan sistem kontrol pembacaan pada tugas akhir ini, penulis menggunakan mikrokontroller Arduino Uno. Arduino adalah papan mikrokontroler kecil dengan konektor USB untuk terhubung ke komputer dan jumlah soket koneksi yang dapat ditransfer ke elektronik. Arduino mendapatkan supply daya melalui koneksi USB dari komputer, dari baterai atau *power supply*. Arduino dapat dikontrol dari komputer atau diprogram oleh komputer. Arduino uno merupakan minimum *system board* yang menggunakan mikrokontroler Atmega328. Arduino Uno memiliki 14 pin *input / output* (6 pin dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, konektor tegangan, *header ICSP*, dan tombol reset.



Gambar 3.3 Arduino Uno
Sumber: (Kitronik, 2019)

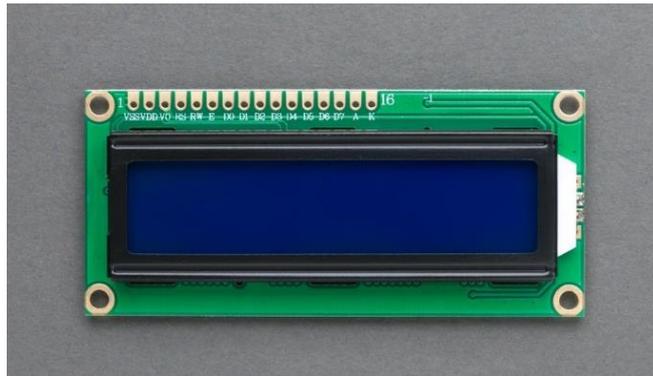
Tabel 3.1 Datasheet Arduino Uno

Arduino Uno	
Daya	5V Voltage
Input	7-12V
Batas input	6-20V
Digital I / O	14 Pins
Analog Input	Pin 6
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)

3.2.3 LCD

LCD merupakan sebuah komponen yang digunakan untuk memudahkan operator untuk melihat kondisi yang sedang terjadi pada alat yang digunakan. Pada alat yang dirancang pada tugas akhir ini akan menggunakan LCD dalam melakukan proses pemantauan pada saat eksperimen alat. LCD akan diprogram untuk menampilkan beberapa indikator, yaitu beban, rpm, torsi dan juga nilai sfoc. Beberapa indikator mendapatkan langsung nilainya dari output sensor, yaitu indikator putaran mesin dan indikator beban. Untuk indikator torsi dan sfoc mendapatkan nilainya dari data yang diolah terlebih dahulu oleh Arduino.

Untuk mensesederhanakan output yang dimiliki oleh LCD maka diperlukan komponen modul I2C untuk LCD. Modul I2C adalah modul LCD yang dikendalikan secara serial sinkron dengan *protocol Inter Integrated Circuit*. Modul ini menyederhanakan kabel *input* yang semula 16 kabel menjadi hanya 4 kabel.



Gambar 3.4 Display LCD 4x20



Gambar 3.5 Modul I2C LCD

3.2.4 Flowmeter

Flowmeter adalah alat untuk mengukur jumlah atau laju aliran dari suatu fluida yang mengalir dalam pipa atau sambungan terbuka. Alat ini terdiri dari *primary device*, yang disebut sebagai alat utama dan *secondary device* (alat bantu sekunder). *Flowmeter* umumnya terdiri dari dua bagian, yaitu alat utama dan alat bantu sekunder. Alat utama menghasilkan suatu sinyal yang merespon terhadap aliran karena laju aliran tersebut telah terganggu. Alat utamanya merupakan sebuah orifis yang mengganggu laju aliran, yaitu menyebabkan terjadinya penurunan tekanan. Alat bantu sekunder menerima sinyal dari alat utama lalu menampilkan, merekam, dan/atau mentransmisikannya sebagai hasil dari laju aliran.



Gambar 3.6 Flowmeter Sensor YF-S402B

Pada penelitian ini untuk sensor *flowmeter* dipilih menggunakan sensor *flowmeter* tipe YF-S402B yang memiliki *working range* sebesar 0.3-6L/min. Sensor ini merupakan sensor *high precision* Arduino yang terdapat di pasaran. Proses kalibrasi diperlukan untuk memastikan nilai yang dikeluarkan oleh sensor adalah nilai yang akurat. Sebelum melakukan proses kalibrasi, peneliti melakukan uji eksperimen terlebih dahulu terkait konsumsi bahan bakar per menit yang dibutuhkan oleh mesin dalam beban tertentu. Dari hasil eksperimen didapatkan data bahwa laju aliran bahan bakar yang didapatkan adalah 0.001 L/min pada kondisi beban tertentu. Dari hasil eksperimen dan uji coba sensor, penulis menyimpulkan bahwa sensor YF-S402B tidak dapat digunakan dalam penelitian ini. Namun dikarenakan tidak terdapat pilihan sensor *flow* lain yang memiliki *working range* lebih rendah dibandingkan sensor YF-S402B, maka penulis menggunakan cara lain.



Gambar 3.7 Switch Button

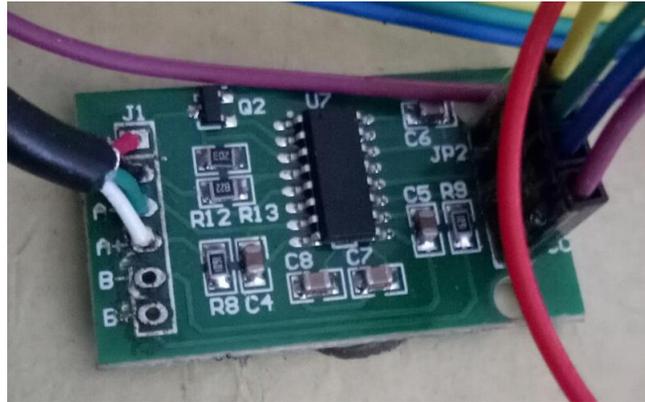
Penulis menambahkan satu tombol switch yang langsung tersambung pada rangkaian Arduino dan diprogram khusus untuk mendapatkan nilai waktu yang dibutuhkan selama satu kali eksperimen konsumsi bahan bakar. Nilai waktu dibutuhkan untuk mengetahui nilai SFOC dari suatu mesin. Sementara indikator lain yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai SFOC akan dimasukkan secara manual pada programing Arduino sebelum dilakukannya eksperimen.

3.2.5 Load Cell

Sensor *load cell* adalah sebuah transducer. *Transducer* adalah suatu komponen elektronika yang dapat mengukur besaran fisik menjadi sinyal elektrik yang dapat mengubah tekanan oleh beban menjadi sinyal elektrik. Konversi terjadi secara tidak langsung dalam dua tahap. Melalui pengaturan mekanis, gaya tekan dideteksi berdasarkan deformasi dari matriks pengukur regangan yang menggunakan *strain gauges* dalam bentuk resistor planar. Regangan ini mengubah hambatan efektif (*effective resistance*). Empat pengukur regangan disusun dalam konfigurasi wheatstone yang kemudian dibaca berupa perbedaan potensial.



Gambar 3.8 Load Cell 100 kg



Gambar 3.9 Modul HX711 Loadcell

Tabel 3.2 Datasheet Load Cell 100kg

Load Cell 100 kg	
Working Voltage	5V DC
Zero Balance	± 1 FS
Input Impedance	350 ± 5 Ohm
Output Impedance	350 ± 5 Ohm
Operating Temp	-20 to $\sim +55^{\circ}\text{C}$

Pada penelitian ini digunakan sensor *Load Cell* HX711 dengan beban maksimal sebesar 100 kilogram. Sebelum eksperimen dilakukan maka sensor ini memerlukan proses kalibrasi untuk memastikan nilai yang dikeluarkan oleh sensor *Load Cell* adalah nilai yang akurat. Proses kalibrasi menggunakan perbandingan dari benda yang ditimbang terlebih dahulu pada timbangan digital yang sudah terkalibrasi sebelumnya. Setelah itu benda diletakkan di atas *load cell* untuk mengetahui berapa berat yang dikeluarkan oleh sensor *Load Cell*. Setelah nilai berat dari sensor *Load Cell* ditampilkan pada *serial monitor* Arduino, langkah selanjutnya adalah mencari *calibration factor* yang dibutuhkan oleh *load cell* agar hasil pembacaan akurat.

```
#include "HX711.h"
#define DOUT A0
#define CLK A1
HX711 scale(DOUT, CLK);
float calibration_factor = 315
float GRAM;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  scale.set_scale();
  scale.tare();
}

void loop(){
  scale.set_scale(calibration_factor);
  GRAM = scale.get_units(), 4;
  Serial.println(GRAM);
}
```

Gambar 3.10 Coding Arduino Sensor Load Cell 100 kg

Pada gambar 3.10 diatas, ditampilkan pemrograman yang digunakan pada penelitian ini. Nilai *calibration factor* yang didapatkan dari proses kalibrasi sebelumnya dimasukkan dalam pemrograman ini. Nilai kalibrasi yang digunakan yaitu 315. Satuan standar yang digunakan pada pemrograman ini adalah gram yang nantinya akan dikonversi menjadi kilogram.

3.2.6 Sensor Putaran Mesin

Sensor putaran mesin yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor tipe IR-08H yang bekerja dengan cara mengirimkan sinyal inframerah dari frekuensi tertentu. Ketika sinar infra merah menemui hambatan (permukaan pantulan), sinar itu dipantulkan dan diterima oleh receiver dan akan membuat lampu indikator menyala. Terdapat komponen *potensiometer* pada sensor ini yang memiliki fungsi untuk menyesuaikan jarak pendeteksian.



Gambar 3.11 RPM Sensor IR-08H

Tabel 3.3 Datasheet RPM Sensor IR08H

IR08H	
Working Voltage	2,4 V to 5V DC
Working Current	$\geq 20\text{mA}$
Operating Temp	-10°C to $+50^{\circ}\text{C}$
Detected Distance	2 to 40cm
IO Interface	4-pin (EN / Out / VCC / GND)
Output signal	TTL level
	LOW level if obstacle detected
	HIGH if no obstacle detected

```

#define pinOut 5
#define LedSensor

void setup() {
  pinMode(pinOut, INPUT);
  pinMode(LedSensor, OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  boolean status = digitalRead(pinOut);
  if (status = LOW)
  // RPM Measurement
  currentstate = digitalReaad(dataIN);
  if(prevstate!= currentstate)
  {
    if( currentstate ==HIGH )
    {duration = (micros() - prevmili);
    rpm = (60000000/duration);
    prevmilis = micros();
    }
  }
}

```

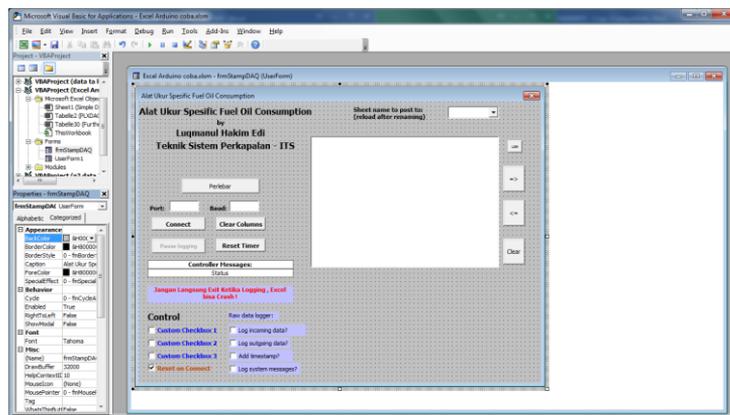
Gambar 3.12 Coding Arduino Sensor IR-08h

Pada gambar 3.12 diatas ditampilkan *coding* sensor IR-08h yang digunakan pada penelitian ini. Sensor putaran mesin dikoneksikan pada input 5 dan dikarenakan sensor ini sebenarnya merupakan sensor *obstacle*, maka input yang diberikan merupakan status *high* dan *low* yang nantinya akan dikonversikan menjadi rpm menggunakan rumus.

3.2.7 Data Logger Ms. Excel

Mikrokontroler Arduino memiliki sifat pembacaan alat ukur yang bersifat *looping*, hal ini berarti proses pembacaan yang terjadi bersifat berulang ulang dengan selang waktu yang dapat diatur melalui sistem *delay*. Jika tidak terdapat sistem yang menyimpan nilai bacaan tiap selang waktu, maka data yang dikeluarkan oleh sensor akan seketika hilang dikarenakan pembacaan Arduino yang bersifat *looping*. Dikarenakan oleh hal tersebut, dibutuhkan sistem perekaman data pada setiap proses pembacaan data oleh sensor. Sistem yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah proses data *logging*.

Terdapat banyak sistem yang dapat mendukung proses data *logging*. Untuk pengerjaan tugas akhir ini menggunakan data *logging* menggunakan Microsoft Excel. Proses data *logging* dilakukan dengan cara menghubungkan serial Arduino IDE melalui pemrograman serial print dan dikirimkan kepada Ms. Excel secara langsung. Untuk memudahkan penggunaan sistem data *logging* pada Microsoft Excel maka perlu dibuatkan desain *interface* yang sederhana. Proses pembuatan desain *interface* digunakan pemrograman *visual basic macro excel*. Hal pertama yang dilakukan adalah pembuatan desain *interface* awal.



Gambar 3.13 Tampilan pemrograman visual basic macro excel

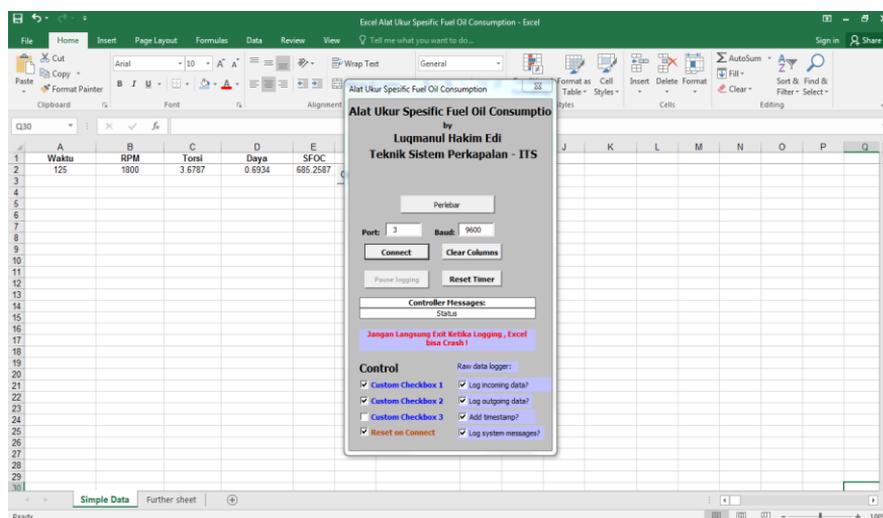
Pada *visual basic macro excel* dilakukan proses penempatan berbagai *tools* dengan fungsi masing masing. Pemrograman untuk *visual basic macro excel* memiliki pemrograman yang berbeda dengan pemrograman

Arduino IDE. Data serial Arduino akan dihubungkan dengan *visual basic* macro excel menggunakan tombol *connect* untuk menerima data serial Arduino agar langsung terekam oleh Microsoft excel.

```
#include "Wire.h" // For I2C
#include "LCD.h" // For LCD
#include "LiquidCrystal_I2C.h" // Added library*
#include "HX711.h"
#define DOUT A0
#define CLK A1
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Waktu,RPM,Torsi,Daya,SFOC"); // Komunikasi Excel
  Serial.println("RESETTIMER");
}
void loop()
```

Gambar 3.14 Pemrograman Arduino untuk Data Logger

Pengaturan kolom yang ditampilkan pada Microsoft excel bergantung pada pemrograman yang dilakukan pada program Arduino IDE. Pada gambar 3.14 ditampilkan pemrograman yang digunakan untuk *data logger* pada penelitian ini. Pengaturan kolom yang digunakan yaitu waktu, rpm, torsi, daya, dan sfoc.



Gambar 3.15 Tampilan interface pada Ms.Excel

3.3 Integrasi Sistem

Pada tahap ini dilakukan penyatuan atau integrasi antara hardware yang dirakit dengan *software* yang sudah disiapkan

3.4 Uji Eksperimen

Uji eksperimen dilakukan untuk mengetahui apakah alat ukur *specific fuel oil consumption* hasil rancangan dapat bekerja sesuai dengan hasil yang diinginkan. Pengujian kerja alat dilakukan dalam dua tahap, yaitu pengujian kerja *flowmeter* bahan bakar dan pengujian kerja dinamometer. Uji eksperimen menggunakan motor Yanmar Diesel Engine tipe TF 85 MH.



Gambar 3.16 Motor Yanmar Diesel Engine TF 85 MH

Pengukuran kinerja dilakukan pada putaran motor bakar awal tanpa beban. Setelah persiapan motor bakar selesai, pengukuran dimulai dengan penambahan beban yang sudah ditentukan di awal secara bertahap. Pada setiap kondisi pembebanan dilakukan pengukuran torsi, putaran poros, dan juga konsumsi bahan bakar. Hasil akhir dari uji coba ini adalah didapatkannya nilai torsi, power, putaran poros, *specific fuel oil consumption* dengan tingkat akurasi yang tinggi.

3.5 Kalibrasi Alat

Untuk mendapatkan hasil akhir penelitian yang akurat dan presisi maka diperlukan proses kalibrasi pada komponen yang digunakan pada perancangan dan pembangunan alat ukur torsi dan *flowmeter* bahan bakar sebagai alat ukur *specific fuel oil consumption* ini. Beberapa komponen yang memerlukan proses kalibrasi adalah *load cell*, *flowmeter*, dan sensor putaran mesin. Masing masing komponen yang digunakan dalam penelitian ini memiliki metode pengkalibrasian yang berbeda beda tergantung dari jenis dan *datasheet* yang diberikan oleh manufaktur komponen.

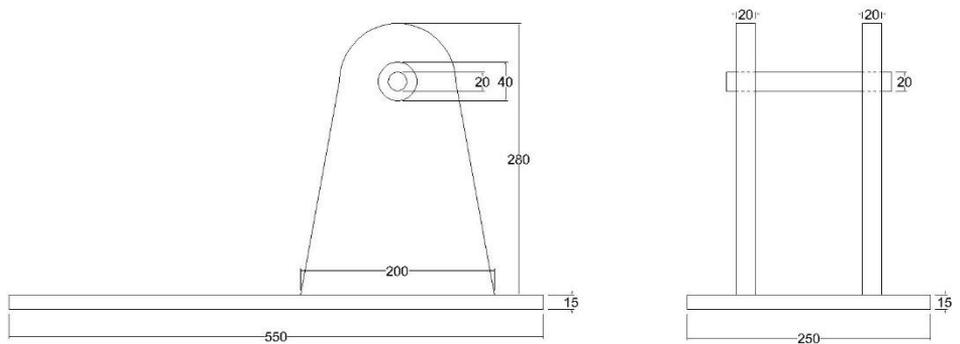
3.6 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua yang dilakukan, maka selanjutnya adalah menarik kesimpulan dari analisa data dan percobaan. Diharapkan nantinya hasil kesimpulan dapat menjawab permasalahan yang menjadi tujuan skripsi.

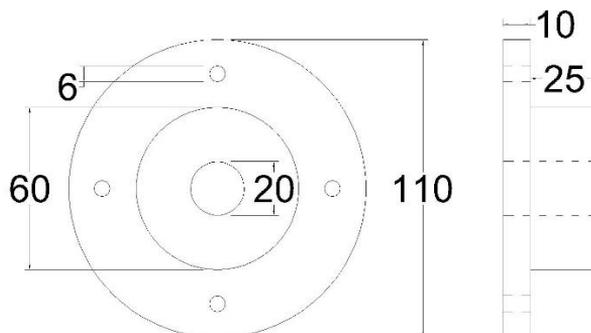
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perencanaan Alat

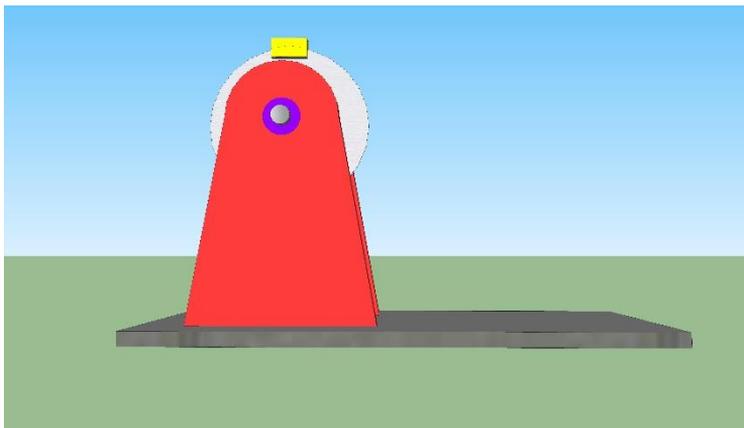
Dalam perancangan alat ini penulis menggunakan metode perancangan dengan kriteria desain yang sederhana. Proses perancangan dilakukan dengan pembuatan gambar tiga dimensi alat dan juga gambar dua dimensi alat dan komponen yang akan dimanufaktur. Beberapa komponen yang langsung dibeli di pasaran yaitu disc brake belakang sepeda motor dengan diameter 180 mm, *caliper* rem belakang nissin dari sepeda motor, serta *master* rem belakang nissin sepeda motor.



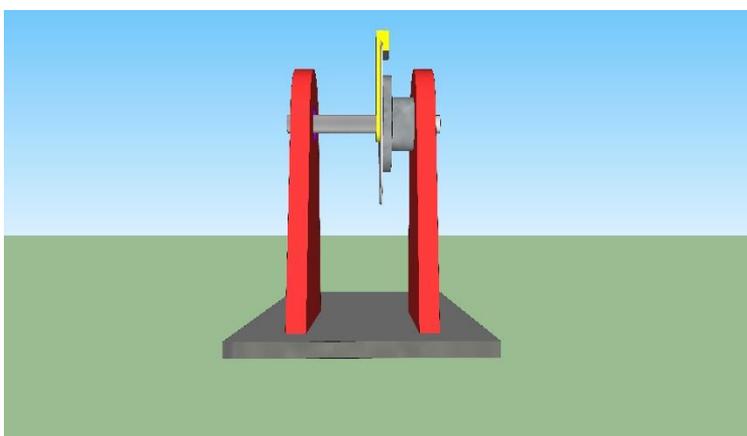
Gambar 4.1 Dimensi Dinamometer



Gambar 4.2 Dimensi Flange Disc Brake



Gambar 4.3 Tampak Samping Dinamometer



Gambar 4.4 Tampak Depan Dinamometer

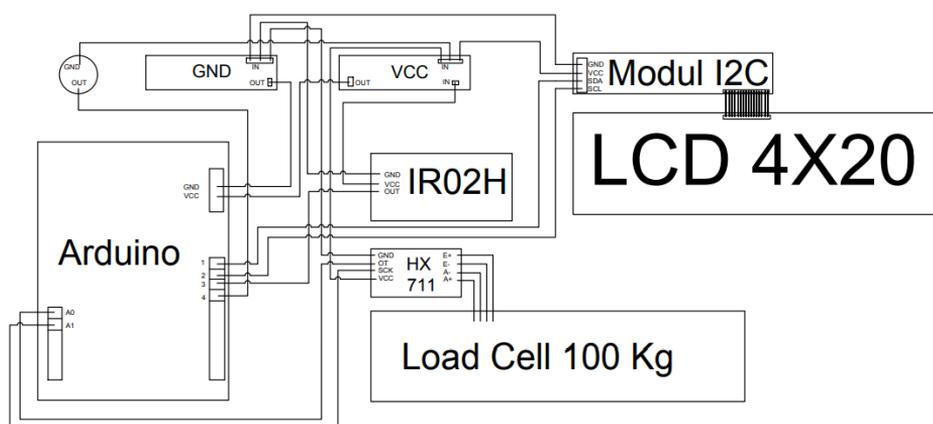
Dimensi dari alat yang dirancang yaitu, panjang sebesar 550 mm, lebar 250 mm, dan tinggi sebesar 280 mm. Untuk dimensi *flange adaptor discbrake* memiliki dimensi yaitu, diameter sebesar 110 mm, diameter poros sebesar 20 mm, dan ketebalan sebesar 35mm.

4.2 Pembangunan Alat

Pada tugas akhir ini terdapat dua manufaktur yang dilakukan oleh peneliti. Yang pertama yaitu manufaktur dari dynamometer tipe rem cakram, dan yang kedua adalah pembangunan dari sistem kontrol untuk pembacaan hasil ukur dari dynamometer tipe rem cakram. Pada pembangunan dynamometer tipe rem cakram, penulis menggunakan beberapa komponen yang terdapat di pasaran dan juga beberapa komponen yang dibangun sendiri. Komponen yang terdapat di pasaran yaitu *disc brake* dengan diameter sebesar 180 mm, *caliper* rem belakang merk nissin, dan juga master rem belakang merk nissin. Untuk komponen yang dibangun sendiri yaitu poros dengan diameter sebesar 20mm, dudukan untuk

poros dan rem cakram, dudukan untuk *load cell*, dudukan untuk *master* rem, dan juga pondasi. Dudukan untuk poros dan rem cakram menggunakan plat baja dengan ketebalan sebesar 20mm. Sedangkan untuk pondasi dari dinamometer, penulis menggunakan plat baja dengan ketebalan sebesar 15mm.

Pada pembangunan sistem kontrol pembacaan hasil dari dinamometer, penulis menggunakan komponen yang terdapat di pasaran dan dikhususkan untuk penggunaan mikrokontroller Arduino. Beberapa komponen elektronik yang digunakan penulis adalah Arduino UNO, LCD 20X4, *Load Cell*, sensor putaran mesin IR-08H, Modul I2C, dan Modul HX711. Untuk sistem kontrol Arduino sebagai fungsi pembacaan sensor, komponen sistem memiliki skematik rangkain pada gambar 4.5 sebagai berikut;



Gambar 4.5 Skematik Rangkaian Sistem Kontrol

Tabel 4.1 Pembagian Port Arduino

Pin Komponen	Port Arduino UNO
Data Analog HX 711	Port Analog 0 & 1
Data Digital IR02H	Port Digital 3
Data SDA LCD 4x20	Port Digital 1
Data SCL LCD 4x20	Port Digital 2
Ground Sensor	Port Ground
Suplai Tegangan	Port 5v

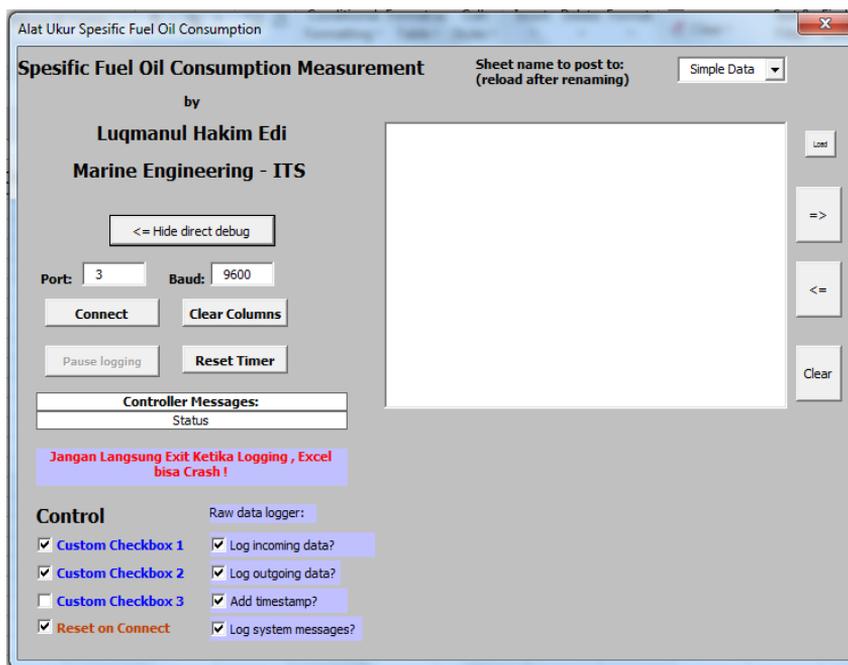
Pembacaan sensor pada alat bergantung pada port yang akan digunakan. Pembagian pin kontrol pada sistem kontrol Arduino antara lain *port* analog 0 dan 1 untuk input modul *load cell* HX 711, *port* digital 3 untuk *input* sensor putaran mesin IR02H, *port* digital 1 untuk input data sda lcd 4x20, *port* digital 2 untuk input data scl lcd 4x20, *port ground* untuk *input ground* dari setiap alat yang

sudah dirangkai seri, *port 5v* untuk suplai tegangan dari setiap alat yang sudah dirangkai seri.



Gambar 4.6 Tampilan pembacaan pada LCD

Terdapat beberapa indikator yang ditampilkan secara langsung pada *display* LCD. Indikator yang ditampilkan pada display LCD antara lain; hasil pembacaan putaran mesin (rpm), beban yang diberikan ke mesin, torsi yang dihasilkan mesin, dan nilai *specific fuel oil consumption* yang dihasilkan. Pada pembangunan *data logger* untuk menyimpan hasil pembacaan, penulis menggunakan *visual basic* macro dengan pemrograman tersendiri yang dihubungkan dengan pemrograman Arduino IDE. Penulis juga membuat desain *interface* sederhana agar memudahkan dalam pengoperasian alat pembacaan *specific fuel oil consumption*.



Gambar 4.7 Tampilan user interface data logger

Untuk hasil akhir dalam pembangunan dinamometer rem cakram dapat dilihat pada gambar 4.8 dan gambar 4.9. Gambar 4.8 adalah gambar tampak samping dinamometer tipe rem cakram yang sudah terhubung dengan mesin. Gambar 4.9 adalah gambar tampak depan dari dinamometer tipe rem cakram yang sudah terhubung dengan mesin.



Gambar 4.8 Tampak Samping Dinamometer terpasang



Gambar 4.9 Tampak atas dinamometer

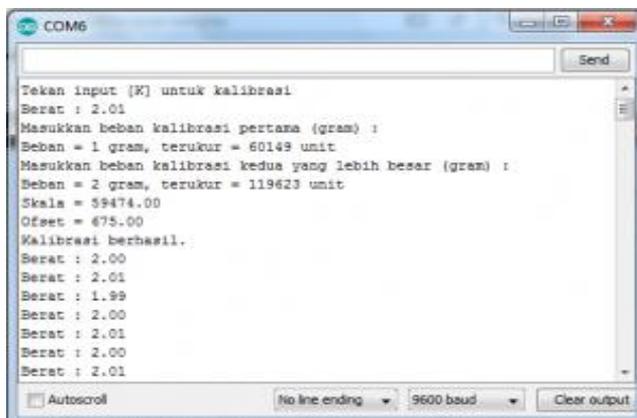
4.3 Kalibrasi Alat

Untuk mendapatkan hasil akhir pengujian dengan tingkat akurasi yang tinggi dan hasil pembacaan yang tepat, maka perlu dilakukan proses kalibrasi terlebih dahulu. Proses kalibrasi sensor putaran mesin dilakukan dengan melihat hasil pembacaan yang ditampilkan di LCD. Pada saat proses kalibrasi didapatkan bahwa sensor membaca nilai rpm sebesar 1708, sedangkan pada alat tachometer digital terbaca bahwa putaran mesin sebesar 1702 rpm. Dari perbedaan kedua hasil pembacaan maka dapat dihitung tingkat akurasi dari sensor IR-08h dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Kalibrasi Sensor Putaran Mesin

RPM Aktual	Rpm Terbaca	Akurasi
1702	1708	99.65%
1753	1760	99.60%
1799	1806	99.61%
1849	1857	99.57%
1902	1896	99.68%
1951	1957	99.69%
1998	2005	99.65%
2051	2044	99.66%
2103	2096	99.67%
	Rata-rata	99.64%

Sensor putaran mesin IR-08h yang digunakan pada alat pembacaan specific fuel oil consumption memiliki tingkat akurasi terendah sebesar 99.57% sedangkan untuk tingkat akurasi tertinggi yaitu sebesar 99.69%. Untuk nilai rata rata akurasi selama proses kaibrasi yaitu sebesar 99.64%. Dengan hasil kalibrasi sebesar 99.64% dan tergolong sebagai nilai akurasi yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan sensor putaran mesin IR-08h bekerja dengan baik. Untuk load cell yang digunakan pada alat juga memerlukan proses kalibrasi supaya mendapatkan hasil pembacaan yang akurat. Proses menentukan calibration factor dilakukan melalui coding Arduino yang telah tersedia dari library modul load cell tersebut. Setelah program terupload ke Arduino yang telah tersambung dengan load cell, hal selanjutnya adalah pengecekan calibration factor pada serial monitor program Arduino IDE. Angka calibration factor yang sudah didapatkan dari serial monitor kemudian di inputkan ke dalam coding Arduino load cell.



Gambar 4.10 Proses Kalibrasi Load Cell

Setelah proses kalibrasi pada serial monitor selesai dilakukan, maka dilakukan perbandingan pembacaan pada load cell dan timbangan digital untuk mengetahui tingkat akurasi pada loadcell. Proses ini dilakukan dengan membandingkan berat yang terbaca pada serial monitor maupun lcd display dengan berat yang terbaca pada timbangan digital. Pada timbangan digital terbaca bahwa berat dari benda adalah 164.73 gram, sedangkan pada serial monitor terbaca 164.31 gram. Dengan perhitungan nilai akurasi sebagai berikut:

Tabel 4.3 Data Kalibrasi Load Cell 100 kg

Beban Aktual (gram)	Beban Terbaca (gram)	Akurasi
164.73	164.31	99.75%
328.72	327.98	99.77%
539.12	537.58	99.71%
1028.32	1025.64	99.74%
1437.33	1433.66	99.74%
2293.21	2287.7	99.76%
3291	3282.12	99.73%
	Rata-rata	99.74%

Untuk load cell yang digunakan pada alat pembacaan specific fuel oil consumption memiliki nilai toleransi terendah sebesar 99.71%, untuk nilai akurasi tertinggi yaitu sebesar 99.75%. Sedangkan untuk rata rata nilai akurasi selama proses kalibrasi yaitu sebesar 99.74% dan tergolong sebagai nilai akurasi yang tinggi, sehingga dapat disimpulkan load cell yang digunakan bekerja dengan baik.

4.4 Cara Pengoperasian Alat Ukur SFOC

Sebelum dilakukan pengoperasian alat ukur SFOC perlu dilakukan beberapa persiapan terlebih dahulu. Langkah pertama yaitu menghubungkan alat ukur sfoc engan motor bakar yang akan diuji. Langkah selanjutnya adalah pemasangan load cell pada dudukan dan menyambungkannya dengan Arduino. Sebelum pengujian dilakukan, diperlukan melakukan kalibrasi load cell terlebih dahulu. Cara pengoperasian alat ukur sfoc yaitu:

- a. Tahap Persiapan
 1. Menghidupkan mesin selama kurang lebih 15 menit untuk pemanasan
 2. Atur putaran mesin sampai pada angka yang diinginkan untuk pengujian
 3. Hubungkan sistem kontrol alat dengan laptop
 4. Tekan tombol connect pada interface sistem kontrol untuk memulai pembacaan data

b. Tahap Pengujian

1. Pemberian beban pengereman dilakukan dengan memutar tuas beban sampai pada angka yang diinginkan.
2. Indikator beban dan putaran mesin dapat dilihat pada LCD
3. Tekan switch merah pada sistem kontrol untuk memulai pengujian
4. Tekan switch merah pada sistem kontrol ketika pengujian telah selesai
5. Langkah 1 sampa dengan 4 diulang terus menerus pada setiap variable beban dan rpm.

Setelah semua data tercatat pada Microsoft Excel maka dapat dilakukan pembuatan grafik performa secara manual.

4.5 Hasil Pengujian Alat

Pada proses pengujian alat, penulis menggunakan dinamometer tipe rem cakram yang telah dihubungkan dengan mesin diesel Yanmar TF 85 MH dengan variable pembebanan yang telah ditentukan pada RPM tertentu. Hasil pengujian alat pada mesin diesel Yanmar TF 85 dapat dilihat pada tabel 4.5 sebagai berikut;

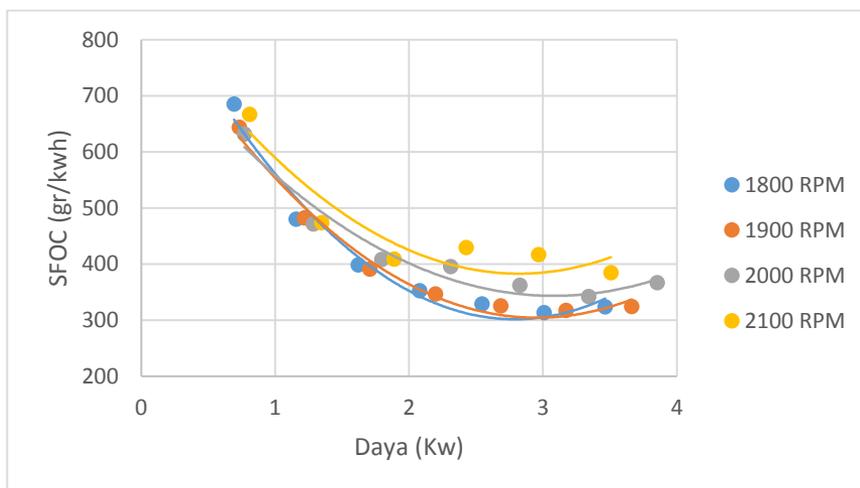
Tabel 4.5 Data Hasil Pengujian Alat

RPM	BEBAN (KG)	RPM	TORSI (Nm)	DAYA (K'w)	DAYA (HP)	WAKTU (s)	SFOC (gr/Kwh)
1800	3	1801	3.68	0.69	0.93	125.00	685.26
	5	1802	6.13	1.16	1.55	107.00	480.05
	7	1803	8.58	1.62	2.17	92.00	398.58
	9	1801	11.04	2.08	2.79	81.00	352.50
	11	1803	13.49	2.55	3.41	71.00	328.66
	13	1803	15.94	3.01	4.03	63.00	313.41
	15	1800	18.39	3.47	4.65	53.00	323.41
1900	3	1902	3.68	0.73	0.98	126.00	643.72
	5	1901	6.13	1.22	1.64	101.00	482.09
	7	1902	8.58	1.71	2.29	89.00	390.57
	9	1903	11.04	2.20	2.95	78.00	346.44
	11	1902	13.49	2.69	3.60	68.00	325.30
	13	1902	15.94	3.17	4.26	59.00	317.24
	15	1903	18.39	3.66	4.91	50.00	324.26
2000	3	2002	3.68	0.77	1.03	122.00	631.62
	5	2003	6.13	1.29	1.72	98.00	471.54
	7	2000	8.58	1.80	2.41	81.00	408.12
	9	2001	11.04	2.31	3.10	65.00	395.36
	11	2003	13.49	2.83	3.79	58.00	362.16
	13	2003	15.94	3.34	4.48	52.00	341.80
	15	2002	18.39	3.85	5.17	42.00	366.94
2100	3	2103	3.68	0.81	1.09	110.00	666.88
	5	2102	6.13	1.35	1.81	93.00	473.49
	7	2101	8.58	1.89	2.53	77.00	408.68
	9	2102	11.04	2.43	3.26	57.00	429.19
	11	2102	13.49	2.97	3.98	48.00	417.00
	13	2103	15.94	3.51	4.71	44.00	384.74
	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Dari hasil pengujian alat pada mesin diesel Yanmar TF 85 didapatkan hasil bahwa pada putaran mesin sebesar 1800 rpm, daya maksimum yang dapat dihasilkan mesin adalah sebesar 3.01 Kw dan nilai specific fuel oil consumption sebesar 313.41 gr/Kwh. Pada putaran mesin sebesar 1900 rpm, daya maksimum yang dapat dihasilkan mesin adalah sebesar 3.17 Kw dan nilai specific fuel oil consumption sebesar 317.24 gr/Kwh. Pada putaran mesin sebesar 2000 rpm,

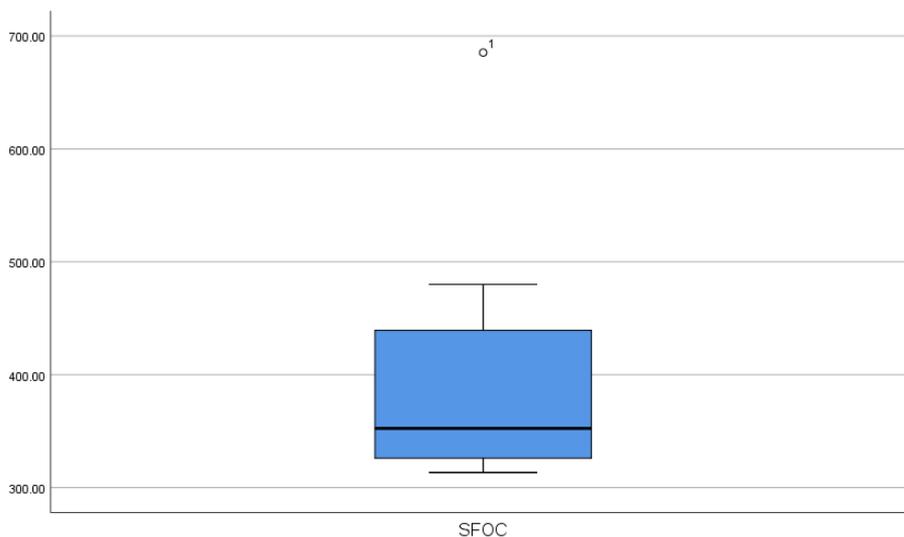
daya maksimum yang dapat dihasilkan mesin adalah sebesar 3.34 Kw dan nilai specific fuel oil consumption sebesar 341.80 gr/ Kwh. Pada putaran mesin sebesar 2100 rpm, daya maksimum yang dapat dihasilkan mesin adalah sebesar 3.51 Kw dan nilai specific fuel oil consumption sebesar 384.74 gr/Kwh. Pembebanan maksimal yang dilakukan pada pengujian ini yaitu sebesar 15 kg.

Pembuatan grafik performa untuk saat ini masih dilakukan dengan cara manual melalui Microsoft excel. Grafik hasil pengujian alat pada mesin Yanmar TF 85 dapat dilihat pada gambar sebagai berikut;



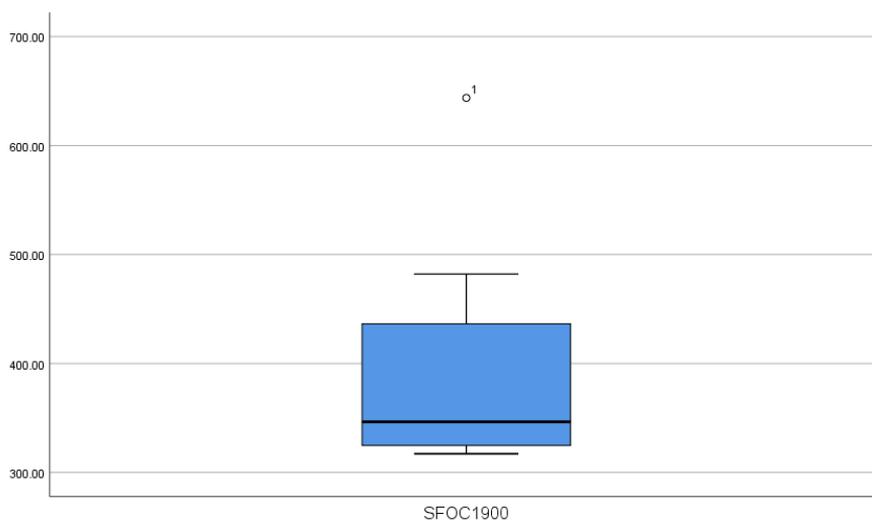
Gambar 4.11 Grafik Performa Yanmar TF 85

Berdasarkan hasil dari proses kalibrasi yang dilakukan sebelum proses pengujian alat didapatkan bahwa nilai akurasi yang dimiliki oleh load cell yaitu sebesar 99.74%, dan nilai akurasi yang dimiliki sensor putaran mesin yaitu sebesar 99.64%. Untuk keseluruhan alat didapatkan bahwa nilai akurasi yang dimiliki yaitu sebesar 99.69% yang tergolong besar dan dapat dikatakan bahwa alat bekerja dengan baik.



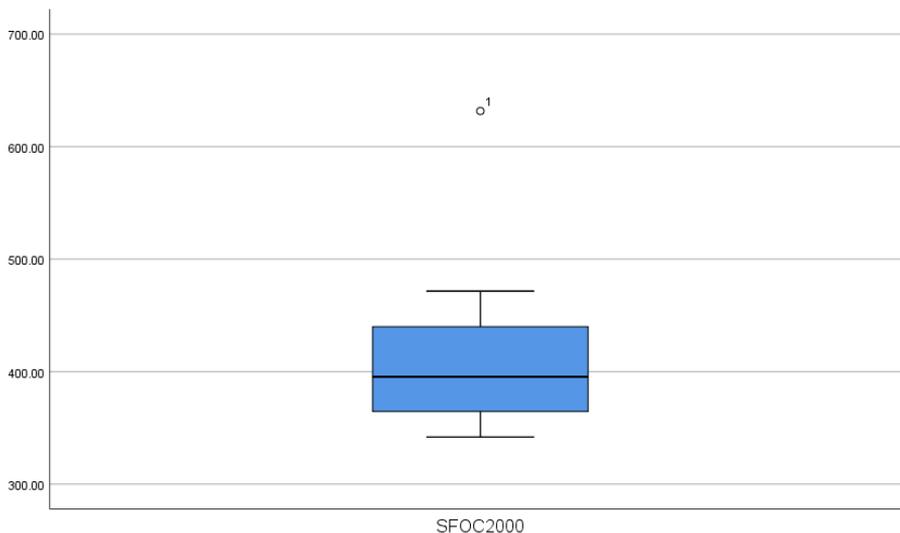
Gambar 4.12 IBM SPSS Nilai SFOC pada RPM 1800

Pada gambar 4.12 digunakan software IBM SPSS yang digunakan untuk menganalisa dan membuktikan secara statistic titik specific fuel oil consumption yang berada pada kondisi outlier. Hasil dari software IBM SPSS menunjukkan bahwa ketika pengujian pada rpm 1800 terdapat satu titik yang berada pada kondisi outlier. Satu titik yang berada pada outlier yaitu titik pertama pada pembebanan sebesar 3 kilogram. Hal itu dikarenakan terdapat perbedaan nilai yang signifikan pada nilai specific fuel oil consumption pada beban 3 kilogram dan beban yang lainnya.



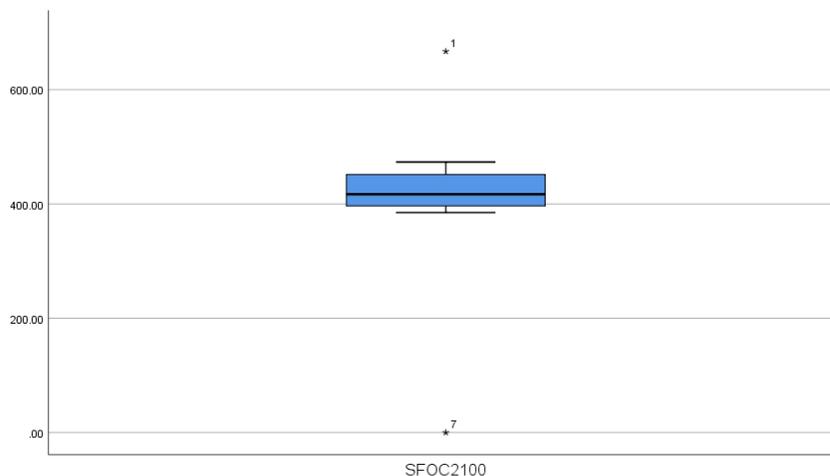
Gambar 4.13 IBM SPSS nilai SFOC pada RPM 1900

Pada gambar 4.13 digunakan software IBM SPSS untuk menganalisa dan membuktikan secara statistic titik specific fuel oil consumption yang berada pada kondisi outlier. Berdasarkan hasil dari software IBM SPSS menunjukkan bahwa ketika pengujian pada rpm 1900 terdapat satu titik yang berada pada kondisi outlier. Satu titik yang berada pada outlier yaitu titik pengujian pertama pada pembebanan 3 kilogram. Hal tersebut dikarenakan terdapat perbedaan nilai specific fuel oil consumption yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan nilai pada pembebanan yang lainnya.



Gambar 4.14 IBM SPSS nilai SFOC pada RPM 2000

Pada gambar 4.14 digunakan software IBM SPSS untuk menganalisa dan membuktikan secara statistic nilai sfoc yang didapatkan dari data hasil pengujian yang berada pada kondisi outlier. Hasil dari software menunjukkan bahwa ketika pengujian pada rpm 2000 terdapat 1 titik yang berada pada kondisi outlier. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan nilai yang cukup signifikan pada pembebanan 3 kg jika dibandingkan dengan pembebanan lainnya.



Gambar 4.15 IBM SPSS nilai SFOC pada RPM 2100

Pada gambar 4.15 digunakan software IBM SPSS untuk membuktikan dan menganalisa secara statistic nilai torsi pada pengujian yang berada pada kondisi outlier. Hasil dari software IBM SPSS menunjukkan bahwa ketika pengujian pada rpm 2100 terdapat 2 titik yang berada pada kondisi outlier. Data yang berada pada kondisi outlier yaitu pada pembebanan 3 kg dan pembebanan 15 kg. Pada pembebanan 3 kg berada pada kondisi outlier dikarenakan nilai sfoc yang terdapat perbedaan signifikan jika dibandingkan dengan pembebanan yang lainnya. Sedangkan pada pembebanan 15 kg dikarenakan tidak didapatkan data nilai sfoc pada saat pengujian karena terdapat kendala teknis.

Pada alat pembacaan nilai specific oil consumption dapat membaca beberapa indikator yang ditampilkan pada display LCD alat. Beberapa indikator tersebut adalah beban dengan satuan kilogram, putaran mesin dalam rpm, torsi dalam satuan Newton meter, dan specific fuel oil consumption (SFOC) dalam satuan gr/Kwh. Sedangkan untuk data indikator yang tersimpan dalam Microsoft excel diantaranya adalah pembacaan beban yang dibebankan kepada mesin, torsi yang dihasilkan oleh mesin, RPM actual, daya dengan dua satuan yaitu Kilowatt dan Horse Power, waktu pengujian, serta nilai specific fuel oil consumption. Dari tampilan LCD dapat dipantau langsung beberapa indikator, yaitu beban, rpm actual, torsi, dan nilai sfoc. Dari beberapa indikator yang ditampilkan secara langsung setelah pengujian maka dapat langsung diketahui berapa nilai specific fuel oil consumption yang dihasilkan oleh mesin, dikarenakan hal itu kita dapat menghentikan penambahan beban dengan cara melihat langsung hasil pengujian dan melihat grafik performa yang dihasilkan.

Pada tugas akhir sebelumnya dengan tema yang sama, data yang dapat otomatis terbaca hanyalah data berupa torsi. Namun pada penelitian kali ini dapat langsung secara otomatis membaca nilai putaran mesin, daya mesin, dan juga nilai specific fuel oil consumption.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Bedasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, yaitu rancang bangun alat ukur torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur sfoc pada mesin diesel dapat ditarik kesimpulan sementara sebagai berikut :

- a. Alat ukur torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur specific fuel oil consumption dapat dirancang dengan desain sederhana. Dalam perancangan alat ukur sfoc ditetapkan bahwa dimensi alat adalah panjang 550 mm, lebar 250 mm, dan tinggi 280 mm. Alat ini dirancang menggunakan komponen rem cakram diameter 180 mm, caliper nissin, rem master nissin, load cell 100 kg, sensor putaran mesin IR-08H, Flowmeter sensor YF-S402B.
- b. Dalam pembangunan alat ukur sfoc, bahan yang digunakan untuk manufaktur adalah plat baja dengan ketebalah sebesar 15 mm dan 20 mm, dan Assental ST60 untuk poros dengan diameter 20 mm. Untuk komponen yang digunakan yaitu rem cakram dengan diameter 180 mm, pulley dengan diameter 180 mm, caliper nissin, master rem nissin, load cell 100 kg dan sensor putaran mesin IR-08H. Untuk nilai akurasi yang didapatkan dari load cell yaitu sebesar 99.74% , dan nilai akurasi dari sensor putaran mesin IR-08H yaitu sebesar 99.64%. Dan nilai akurasi untuk keseluruhan alat sebesar 99.69%.
- c. Alat ukur torsi poros berupa dinamometer tipe rem cakram yang telah dirancang dan di uji dapat berfungsi dengan baik dan dapat digunakan untuk mengukur dan menampilkan hasil kinerja prestasi motor diesel Yanmar TF 85 MH dan didapatkan hasil uji berupa beban, torsi, rpm, daya dan specific fuel oil consumption. Alat ini memiliki beberapa kelebihan, diantaranya adalah pembacaan nilai daya dan specific fuel oil consumption secara otomatis dan dapat memantau indikator pengujian pada tampilan lcd.

5.2 Saran

Dengan dilakukannya penelitian mengenai rancang bangun alat ukur torsi poros dan flowmeter bahan bakar sebagai alat ukur sfoc pada mesin diesel, peneliti memiliki saran agar penelitian dapat lebih bermanfaat dan lebih baik lagi. Saran yang ingin disampaikan adalah sebagai berikut :

- a. Untuk meningkatkan kinerja alat ukur terutama jika digunakan dengan beban besar dan waktu pengujian yang lama, disarankan untuk melengkapi alat ukur dengan sistem pendinginan.
- b. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan pembacaan grafik performa secara otomatis.
- c. Penelitian selanjutnya dapat menggunakan flowmeter sensor dengan tingkat akurasi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- D. F., M. D. & R. G. S., 1991. *Motor Bakar Internal dan Tenaga di Bidang Pertanian*. Bogor: JICA-IPB.
- Erwin, 2008. ANALISIS TORSI PADA TAMPANG PERSEGI PANJANG DAN APLIKASI PADA KOMPONEN STRUKTUR BETON BERTULANG DENGAN MENGGUNAKAN ELEMEN GRI.
- Fadhillah, A., 2017. RANCANG BANGUN ALAT MONITORING ALIRAN AIR DENGAN MEDIA WIRELESS BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA328.
- Gandi, A., 2015. PERANCANGAN DYNOTEST PORTABLE UNTUK SEPEDA MOTOR DENGAN SYSTEM MONITORING MENGGUNAKAN MODUL ISM FREKUENSI 2.4 GHz.
- Georing, C. E. & A. C, H., 2004. *Engine and Tractor Power*. Amerika Serikat: American Society of Agricultural Engineers.
- Koestoer, R. A., 2004. *Pengukuran Teknik*. s.l.:s.n.
- Lichty, L., 1951. *Internal Combustion Engines*. 6th ed. Tokyo: McGraw Hill Book Company.
- Lundh, M., 2016. Estimation and Optimization of Vessel Fuel Consumption. *Estimation and Optimization of Vessel Fuel Consumption*, p. 1.
- Prastyono, A., 2017. PERANCANGAN DYNAMOMETER TIPE CAKRAM (BRAKE DYNAMOMETER) PORTABLE.
- Sodiran, R. H., 2015. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN DINAMOMETER TIPE PRONY BRAKE UNTUK SARANA PRAKTIKUM PRESTASI MESIN.
- Y, A. P. & Ahmad S., H., n.d. Rancang Bangun dan Uji Kinerja Dinamometer Tipe Rem Cakram.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN A

CODING ALAT UKUR SFOC

```

#include "Wire.h" // For I2C
#include "LCD.h" // For LCD
#include "LiquidCrystal_I2C.h" // Added library*
#include "HX711.h"
#define DOUT A0
#define CLK A1
HX711 scale(DOUT, CLK);
float calibration_factor = 31.5;
float GRAM;
//Set the pins on the I2C chip used for LCD connections
//ADDR,EN,R/W,RS,D4,D5,D6,D7
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,2,1,0,4,5,6,7); // 0x27 is the default I2C bus address of the backpack-see article
byte statusLed = 13;

byte sensorInterrupt = 0; // 0 = digital pin 2
byte sensorPin = 2;

float calibrationFactor = 4.5;

volatile byte pulseCount;

float flowRate;
unsigned int flowMilliLitres;
unsigned long totalMilliLitres;

unsigned long oldTime;

int sensorrpm = 5 ;
int value ;
volatile byte rpmcount;
unsigned int rpm;

unsigned int rpm;
unsigned long timeold;

void rpm_run()
{ rpmcount++;
}

void setup()
{ Serial.begin(9600);
  pinMode ( sensorrpm, INPUT ) ;
  attachInterrupt(0, rpm_run, FALLING);
  rpmcount = 0;
  rpm = 0;
  timeold = 0;

  scale.set_scale();
  long zero_factor = scale.read_average();
  // Set off LCD module
  scale.tare();
  lcd.begin (20,4); // 16 x 2 LCD module
  lcd.setBacklightPin(3, POSITIVE); // BL, BL_POL
  lcd.setBacklight(HIGH);
  // Set up the status LED line as an output
  pinMode(statusLed, OUTPUT);
  digitalWrite(statusLed, HIGH); // We have an active-low LED attached
  pinMode(sensorPin, INPUT);
  digitalWrite(sensorPin, HIGH);

  pulseCount = 0;
  flowRate = 0.0;
  flowMilliLitres = 0;

```

```

attachInterrupt(sensorInterrupt, pulseCounter, FALLING); // Set up the status LED line as an output
pinMode(statusLed, OUTPUT);
digitalWrite(statusLed, HIGH); // We have an active-low LED attached
pinMode(sensorPin, INPUT);
digitalWrite(sensorPin, HIGH);

pulseCount      = 0;
flowRate        = 0.0;
flowMilliLitres = 0;
totalMilliLitres = 0;
oldTime         = 0;
attachInterrupt(sensorInterrupt, pulseCounter, FALLING);

Serial.println("CLEARDATA");// Komunikasi Excel
Serial.println("LABEL,Waktu,RPM,Torsi,Daya,Daya,SFOC");// Komunikasi Excel
Serial.println("RESETTIMER");

void loop()

detachInterrupt(0);
rpm = 10*1000/(millis() - timeold)*rpmcount; //kalibrasi, 10 diganti,
timeold = millis();
rpmcount = 0;

erial.println(rpm);
scale.set_scale(calibration_factor);
GRAM = scale.get_units(), 3;
if((millis() - oldTime) > 1000) // Only process counters once per second
{
detachInterrupt(sensorInterrupt);
flowRate = ((1000.0 / (millis() - oldTime)) * pulseCount) / calibrationFactor;

flowRate = ((1000.0 / (millis() - oldTime)) * pulseCount) / calibrationFactor;
oldTime = millis();

// Divide the flow rate in litres/minute by 60 to determine how many litres have
// passed through the sensor in this 1 second interval, then multiply by 1000 to
// convert to millilitres.
flowMilliLitres = (flowRate / 60) * 1000;

// Add the millilitres passed in this second to the cumulative total
totalMilliLitres += flowMilliLitres;

unsigned int frac;

// Print the flow rate for this second in litres / minute
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("RPM:");
lcd.print(rpm.get_units(), 2)
lcd.print("\r rpm")
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("Beban: ");
lcd.print(scale.get_units());
lcd.print(" Kg");
lcd.setCursor(0,2);
lcd.print("Torsi ");
lcd.print(9.81 * 0.125* scale.get_units(), 2);
lcd.print(" Nm ");
lcd.setCursor(0,3);
lcd.print("SFOC: ");
lcd.print(time.get_units() / 3600*82500*0.00002/9.81*0.125*scale.get_units*rpm.get_units*2*3.14/60000() 2);
lcd.print(" gr/Kwh ");
// Reset the pulse counter so we can start incrementing again

```

```
// Enable the interrupt again now that we've finished sending output
attachInterrupt(sensorInterrupt, pulseCounter, FALLING);

attachInterrupt(0, rpm_run, FALLING);
}
lcd.setCursor(0,0);
delay(200);
}
void pulseCounter()
{
  // Increment the pulse counter
  pulseCount++;
}
```

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN B
DATA HASIL PENGUJIAN

RPM	BEBAN (KG)	RPM	TORSI (Nm)	DAYA (Kw)	DAYA (HP)	WAKTU (s)	SFOC (gr/Kwh)
1800	3	1801	3.68	0.69	0.93	125.00	685.26
	5	1802	6.13	1.16	1.55	107.00	480.05
	7	1803	8.58	1.62	2.17	92.00	398.58
	9	1801	11.04	2.08	2.79	81.00	352.50
	11	1803	13.49	2.55	3.41	71.00	328.66
	13	1803	15.94	3.01	4.03	63.00	313.41
	15	1800	18.39	3.47	4.65	53.00	323.41
1900	3	1902	3.68	0.73	0.98	126.00	643.72
	5	1901	6.13	1.22	1.64	101.00	482.09
	7	1902	8.58	1.71	2.29	89.00	390.57
	9	1903	11.04	2.20	2.95	78.00	346.44
	11	1902	13.49	2.69	3.60	68.00	325.30
	13	1902	15.94	3.17	4.26	59.00	317.24
	15	1903	18.39	3.66	4.91	50.00	324.26
2000	3	2002	3.68	0.77	1.03	122.00	631.62
	5	2003	6.13	1.29	1.72	98.00	471.54
	7	2000	8.58	1.80	2.41	81.00	408.12
	9	2001	11.04	2.31	3.10	65.00	395.36
	11	2003	13.49	2.83	3.79	58.00	362.16
	13	2003	15.94	3.34	4.48	52.00	341.80
	15	2002	18.39	3.85	5.17	42.00	366.94
2100	3	2103	3.68	0.81	1.09	110.00	666.88
	5	2102	6.13	1.35	1.81	93.00	473.49
	7	2101	8.58	1.89	2.53	77.00	408.68
	9	2102	11.04	2.43	3.26	57.00	429.19
	11	2102	13.49	2.97	3.98	48.00	417.00
	13	2103	15.94	3.51	4.71	44.00	384.74
	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RPM	BEBAN (KG)	RPM	TORSI (Nm)	DAYA (Kw)	DAYA (HP)	WAKTU (s)	SFOC (gr/Kwh)
1800	3	1801	3.68	0.69	0.93	126.00	679.82
	5	1802	6.13	1.16	1.55	105.00	489.20
	7	1803	8.58	1.62	2.17	93.00	394.30
	9	1801	11.04	2.08	2.79	82.00	348.20
	11	1803	13.49	2.55	3.41	70.00	333.36
	13	1803	15.94	3.01	4.03	62.00	318.47
	15	1800	18.39	3.47	4.65	52.00	329.63
1900	3	1902	3.68	0.73	0.98	124.00	654.10
	5	1901	6.13	1.22	1.64	100.00	486.91
	7	1902	8.58	1.71	2.29	90.00	386.23
	9	1903	11.04	2.20	2.95	79.00	342.05
	11	1902	13.49	2.69	3.60	67.00	330.16
	13	1902	15.94	3.17	4.26	57.00	328.38
	15	1903	18.39	3.66	4.91	50.00	324.26
2000	3	2002	3.68	0.77	1.03	121.00	636.84
	5	2003	6.13	1.29	1.72	99.00	466.78
	7	2000	8.58	1.80	2.41	80.00	413.22
	9	2001	11.04	2.31	3.10	64.00	401.54
	11	2003	13.49	2.83	3.79	69.00	304.42
	13	2003	15.94	3.34	4.48	53.00	335.35
	15	2002	18.39	3.85	5.17	43.00	358.41
2100	3	2103	3.68	0.81	1.09	109.00	673.00
	5	2102	6.13	1.35	1.81	92.00	478.64
	7	2101	8.58	1.89	2.53	76.00	414.06
	9	2102	11.04	2.43	3.26	58.00	421.79
	11	2102	13.49	2.97	3.98	49.00	408.49
	13	2103	15.94	3.51	4.71	45.00	376.19
	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

RPM	BEBAN (KG)	RPM	TORSI (Nm)	DAYA (Kw)	DAYA (HP)	WAKTU (s)	SFOC (gr/Kwh)
1800	3	1801	3.68	0.69	0.93	126.00	679.82
	5	1802	6.13	1.16	1.55	105.00	489.20
	7	1803	8.58	1.62	2.17	93.00	394.30
	9	1801	11.04	2.08	2.79	80.00	356.91
	11	1803	13.49	2.55	3.41	70.00	333.36
	13	1803	15.94	3.01	4.03	64.00	308.52
	15	1800	18.39	3.47	4.65	52.00	329.63
1900	3	1902	3.68	0.73	0.98	124.00	654.10
	5	1901	6.13	1.22	1.64	103.00	472.73
	7	1902	8.58	1.71	2.29	90.00	386.23
	9	1903	11.04	2.20	2.95	77.00	350.94
	11	1902	13.49	2.69	3.60	69.00	320.59
	13	1902	15.94	3.17	4.26	58.00	322.71
	15	1903	18.39	3.66	4.91	49.00	330.88
2000	3	2002	3.68	0.77	1.03	120.00	642.14
	5	2003	6.13	1.29	1.72	99.00	466.78
	7	2000	8.58	1.80	2.41	82.00	403.14
	9	2001	11.04	2.31	3.10	66.00	389.37
	11	2003	13.49	2.83	3.79	59.00	356.02
	13	2003	15.94	3.34	4.48	51.00	348.50
	15	2002	18.39	3.85	5.17	43.00	358.41
2100	3	2103	3.68	0.81	1.09	109.00	673.00
	5	2102	6.13	1.35	1.81	92.00	478.64
	7	2101	8.58	1.89	2.53	78.00	403.44
	9	2102	11.04	2.43	3.26	58.00	421.79
	11	2102	13.49	2.97	3.98	47.00	425.87
	13	2103	15.94	3.51	4.71	43.00	393.68
	15	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

“Halaman ini sengaja dikosongkan”