

Rancang Bangun Instrumen Pengujian dan Penentuan Spesifikasi Mesin Diesel

Derrick Tanadi^{1*}, Ryan Alexander², David Chandra³, Tulus Burhanuddin Sitorus⁴

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

Jalan Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Kec. Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara 2022, Indonesia

*Email: kenrickt89@gmail.com

Abstrak

Mesin diesel adalah mesin pembakaran dalam yang beroperasi dengan menggunakan minyak gas atau minyak berat sebagai bahan bakar, dimana bahan bakar tersebut disemprotkan (diinjeksikan) ke dalam silinder yang di dalamnya sudah terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang tinggi sebagai bahan bakar tersebut secara spontan terbakar. Namun masalah terbesar dalam penggunaan bahan bakar adalah dari tahun ke tahun penyediaan bahan bakar yang berasal dari fosil atau gas alam semakin menipis dan jumlah impor yang semakin meningkat, sehingga diprediksi bahwa Indonesia akan mengalami kelangkaan bahan bakar yang sangat signifikan dimasa yang akan datang. Oleh karena itu pada penelitian ini kami merancang dan membangun sebuah instrumen pengujian dan penentuan spesifikasi dari mesin diesel agar dapat digunakan sebagai suatu alat untuk menguji kelayakan pada suatu bahan bakar baru yang hendak digunakan pada mesin diesel. Hasil dari penelitian ini adalah: 1) Instrumen pengujian terdiri dari *digital tachometer*, *power monitor*, *temperature control thermostat*, pipet ukur, dan *dimmer AC*. 2) Alat uji terdiri dari generator yang digunakan generator AC sinkron 1 phase, *pulley* dengan diameter 101,6 mm, *belt* 42 inchi, dan mesin diesel R175A.

Kata kunci: Mesin diesel, generator, instrumen pengujian, bahan bakar.

Abstract

Diesel engine is an internal combustion engine that operates using gas oil or heavy oil as fuel, where the fuel is sprayed (injected) into a cylinder in which there is already air with high pressure and temperature as the fuel spontaneously ignites. However, the biggest problem in the use of fuel is that from year to year the supply of fossil fuels or natural gas is dwindling and the number of imports is increasing, so it is predicted that Indonesia will experience a very significant shortage of fuel in the future. Therefore, in this research, I designed and built an instrument for testing and determining the specifications of a diesel engine so that it can be used as a tool to test the feasibility of a new fuel to be used in a diesel engine. The results of this study are: 1) The test instrument consists of a digital tachometer, power monitor, temperature control thermostat, measuring pipette, and AC dimmer. 2) The test equipment consists of a generator that uses a single phase synchronous AC generator, a pulley with a diameter of 101.6 mm, a 42 inch belt, and an R175A diesel engine.

Keywords: Diesel engine, generator, test instrument, fuel

Pendahuluan

Motor diesel adalah pembakaran dalam yang beroperasi dengan menggunakan minyak gas atau minyak berat sebagai bahan bakar dengan suatu prinsip bahan bakar tersebut disemprotkan (diinjeksikan) ke dalam silinder yang di dalamnya sudah terdapat udara dengan tekanan dan suhu yang tinggi sebagai bahan bakar tersebut secara spontan terbakar.

Motor diesel merupakan jenis motor pembakaran dalam, dimana bahan bakar menyala akibat tekanan kompresi yang tinggi didalam silinder (*compression ignition engine*) dan bukan oleh alat bantu berenergi lain seperti busi (*spark plug*). Untuk mendapatkan unjuk kerja motor yang optimal, sebuah motor diesel sangat dipengaruhi oleh beberapa aspek operasional, diantaranya: 1) Perbandingan campuran udara dengan bahan bakar (*air fuel ratio*), dimana faktor ini mempengaruhi kesempurnaan pembakaran didalam ruang bakar. 2) Waktu Penginjeksian bahan bakar (*timing injection*), hal ini sangat berpengaruh pada kualitas pembakaran. 3) Ambien, banyaknya energi hasil pembakaran bahan bakar tergantung dari jumlah oksigen

yang terkandung dalam udara kering disekitar. Kondisi ambien sangat mempengaruhi perbandingan campuran bahan bakar dan udaran (AFR), jika kondisi ambien berubah maka AFR juga akan berubah.

Namun masalah terbesar dalam penggunaan BBM adalah dari tahun ke tahun penyediaan BBM yang berasal dari fosil atau gas alam semakin menipis dan jumlah impor yang semakin meningkat, sehingga diprediksi bahwa Indonesia akan mengalami kelangkaan BBM yang sangat signifikan dimasa yang akan datang.

Oleh karena itu pada penelitian ini dirancang dan dibangun sebuah instrumen pengujian dan penentuan spesifikasi dari mesin diesel agar dapat digunakan sebagai suatu alat untuk menguji kelayakan pada suatu bahan bakar baru yang hendak digunakan pada mesin diesel.

Teori

Mesin/motor diesel (*diesel engine*) merupakan salah satu bentuk motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) di samping motor bensin dan turbin gas. Motor diesel disebut dengan motor penyalan kompresi (*compression ignition engine*) karena penyalan bahan bakarnya diakibatkan oleh suhu kompresi udara dalam ruang bakar.

Ada beberapa unsur unjuk kerja motor penggerak mula diantaranya adalah daya, torsi dan konsumsi bahan bakar spesifik, emisi gas buang dan ketahanan motor

1. Daya motor

Daya motor adalah besarnya kerja motor selama waktu tertentu (KW) Rumus untuk menghitung daya adalah :

$$P = \frac{2\pi nT}{60000} \quad \dots (1)$$

2. Torsi

Adapun hubungan antara daya dan torsi dapat dilihat pada rumus-rumus berikut ini :

a. Torsi satuannya kg.cm dan daya satuannya HP,

$$T = 71.620 \frac{P}{n} \quad \dots (2)$$

b. Torsi satuannya kgf.mm dan daya satuannya kW,

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{N_e}{n} \quad \dots (3)$$

c. Torsi satuannya lbf.in dan daya satuannya HP,

$$T = 63.025 \frac{P}{n} \quad \dots (4)$$

d. Torsi satuannya N.m dan daya satuannya HP,

$$T = 9549 \frac{P}{n} \quad \dots (5)$$

Daya yang dihasilkan oleh generator dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$P_g = V.I.COS\phi \quad \dots (6)$$

Jenis V-belt terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan atau semacamnya dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. V-belt dibelitkan dikelilingi alur pulley yang berbentuk V- belt pula.

Untuk menurunkan putaran maka dipakai rumus perbandingan reduksi i ($i > 1$).

$$\frac{n_1}{n_2} = i = \frac{d_2}{d_1} \quad \dots (7)$$

Untuk menjaga agar tidak terjadi jepitan belt pada pulley, maka sudut groove ϕ dapat dihitung menggunakan rumus dibawah ini:

$$\phi = 2 \tan^{(-1)}.f \quad \dots (8)$$

Kecepatan pada belt dapat dihitung dengan menggunakan rumus : (Sularso, Kiyokatsu, 1978: Dasar Pemilihan dan Penelitian Elemen Mesin, Hal 166)

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 n_1}{60000} \quad \dots (9)$$

Panjang belt yang akan digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut : (Machine Design Databook.pdf, Chapter 21.34)

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (D_1 + D_2) + \frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \quad \dots (10)$$

Sudut kontak adalah besarnya sudut kontak antara pulley dan belt. Untuk mengetahui berapa derajat sudut kontak dan panjang belt yang akan digunakan, dapat dihitung dengan menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

$$\alpha = 180^\circ - \frac{(D_2 - D_1)}{C} \times 60^\circ \quad \dots (11)$$

Dari tegangan yang timbul akibat beban ini maka akan dicari jumlah belt yang dipakai dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Z = \frac{F_e}{(\sigma_d \cdot A)} \quad \dots (12)$$

Daya rencana dihitung dengan mengalikan daya yang akan diteruskan dengan faktor koreksi.

$$P_d = P \cdot f_c \quad \dots (13)$$

Gaya efektif yang bekerja sepanjang lingkaran jarak bagi alur pulley :

$$F_e = \frac{P \times 120}{v} \quad \dots (14)$$

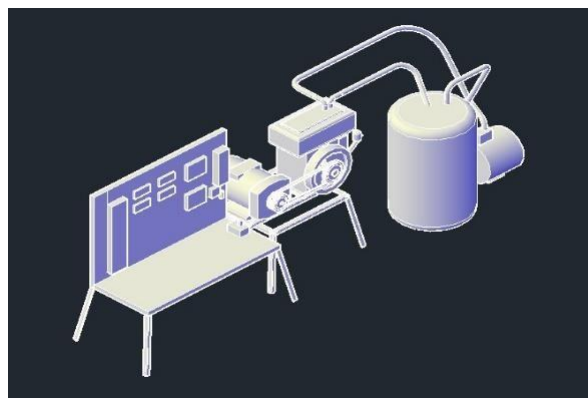
Penampang pada belt bisa dipilih berdasarkan tegangan yang diambil dan tegangan yang bekerja pada belt persatuan luas serta faktor kecepatan dan sudut kontak. Apabila seluruh beban bekerja pada belt maka tegangan yang timbul dapat ditentukan dengan persamaan :

$$\sigma_d = 2 \cdot \phi_0 \cdot \sigma_0 \quad \dots (15)$$

Metodologi Penelitian

A. Metode desain

Perancangan atau desain merupakan langkah awal dari usaha untuk merealisasikan suatu produk. Setelah perancangan selesai dilakukan, maka selanjutnya dilakukan pembuatan instrument pengujian ini dimana memiliki manfaat dalam menyumbangkan data dalam ilmu engineering dan juga dapat digunakan oleh peneliti lain untuk mendapatkan beberapa data pada bahan bakar yang akan diuji . Desain sistem ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 1. Desain instrumen pengujian dan alat uji bahan bakar

a. Perencanaan instrumen pengujian pada panel

Perencanaan instrumen pengujian dipilih sesuai kebutuhan yaitu untuk mendapatkan nilai rpm, daya, *exhaust*, konsumsi bahan bakar, dan beban. Instrumen yang dibutuhkan ialah:

1. *Digital Tachometer*
2. *Power monitor*
3. *Temperature control thermostat*
4. Pipet ukur
5. *Dimmer*

b. Perencanaan komponen alat uji bahan bakar

Perencanaan dilakukan dengan menghitung serta memilih komponen yang paling sesuai dengan kebutuhan. Komponen-komponen yang direncanakan ialah:

1. Perencanaan mesin diesel

Mesin diesel berfungsi sebagai penggerak awal dari alat uji bahan bakar. Mesin diesel ini dapat dijalankan dengan bahan bakar solar maupun biosolar dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a). Daya, torsi dan putaran harus lebih besar dari yang dibutuhkan
- b). Digerakkan dengan bahan bakar solar dan bio solar
- c). Mesin yang sering ditemukan di pasaran
- d). Sparepart mesin mudah ditemukan
- e). Harga mesin terjangkau

2. Perencanaan generator

Fungsi sebuah generator adalah mengubah tenaga mekanis atau energi mekanis menjadi energi listrik generator yang digunakan merupakan generator yang menghasilkan listrik AC dan mempunyai tegangan 220V.

3. Perencanaan pulley

Jenis pulley yang digunakan merupakan jenis pulley yang terbuat dari bahan besi karena memiliki aspek gesekan yang bagus rasio pulley yang digunakan merupakan pulley dengan perbandingan 1:1 agar rpm mesin diesel tidak terlalu tinggi sehingga mesin tidak *overheat*.

4. Perencanaan belt

Belt atau sabuk merupakan sesuatu bagian mekanisme mesin yang dibuat dari karet untuk meneruskan daya atau putaran dari satu pulley ke pulley lainnya. Pada perancangan ini digunakan V-Belt karena memiliki faktor slip yang kecil, harga v-belt yang relatif murah dan mampu untuk putaran tinggi

B. Parameter desain

Parameter desain merupakan parameter yang ditentukan sebelum melakukan sebuah perancangan instrument pengujian:

1. Besaran yang dapat diukur

Adapun besaran yang nantinya dapat diukur oleh instrument pengujian sebagai berikut: watt, volt, frekuensi, ampere, rpm, mL, temperatur.

2. Kapasitas

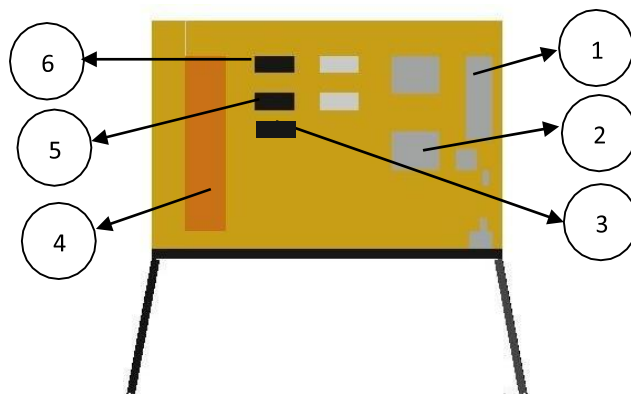
Dalam penentuan kapasitas dari alat uji bahan bakar dimana berskala laboratorium maka dalam hal itu perlu ditentukan: beban 800 watt, silinder single, rpm 1500 rpm, voltase 220 v, bahan bakar solar.

3. Desain

Untuk merancang sebuah alat sebelumnya kita harus melakukan *modelling* terlebih dahulu menggunakan software CAD (*Computed Aided Design*).

Hasil

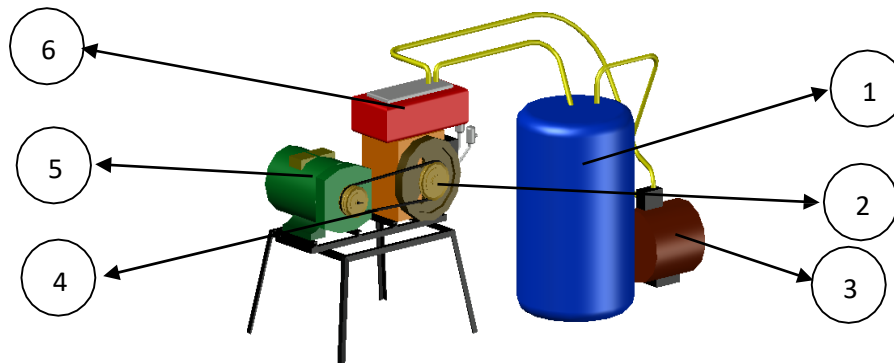
Hasil desain dari instrumen pengujian ditampilkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Desain instrumen pengujian

Keterangan :

1. Cok cabang
2. Beban lampu 500 Watt
3. Gas exhaust temperature
4. Alat ukur konsumsi bahan bakar
5. Power monitor
6. Digital tachometer



Gambar 3. Desain alat uji

Keterangan:

1. Tangki
2. Pulley
3. Pompa
4. Belt
5. Generator
6. Mesin diesel R 175 A

Besarnya Rpm yang dibutuhkan dapat diperoleh melalui persamaan di bawah ini:

$$(f \times 120)$$

$$N_r = \frac{P}{(50 \text{ Hz} \times 120)}$$

$$N_r = \frac{4}{4} = 1500 \text{ rpm}$$

Besarnya kuat arus minimum yang dibutuhkan dapat diperoleh melalui persamaan (6):

$$800 \text{ W} = 220 \text{ V.I.1}$$

$$I_{\min} = 3,63 \text{ A}$$

Perhitungan daya motor (N_e) sebagai berikut:

$$N_e = \frac{P_g}{(e_g \times e_b)}$$

$$N_e = \frac{800}{(0,85 \times 0,96)} = 980,39 \text{ Watt}$$

Nilai torsi dapat diperoleh melalui persamaan (3):

$$T = 9,74 \times 10^5 \frac{0,98 \text{ kW}}{1500} = 636,6 \text{ kgf.mm}$$

Oleh karena itu, generator minimum yang dipakai dalam membangun alat uji bahan bakar adalah generator Generator AC sinkron 1 phase karena sesuai dengan parameter yang dibutuhkan.

Untuk meneruskan banyaknya putaran dari generator maka $i = 1$ maka nilai putaran pada pulley yang digerakkan diperoleh sebagai berikut:

$$n_2 = 1500 \text{ rpm}$$

maka diameter pulley dapat diperoleh menggunakan rumus berikut :

$$D = \frac{1500}{2} \times 101,66 \text{ mm} = 101,66 \text{ mm}$$

Kecepatan keliling pulley driver dapat diperoleh dari persamaan (9) sebagai berikut :

$$v = \frac{\pi \cdot 101,66 \cdot 1500}{60 \times 1000} = 7,98 \text{ m/s}$$

Panjang belt yang diperlukan dapat dicari dengan persamaan sebagai (10) berikut :

$$L = 2(445\text{mm}) + \frac{\pi}{2}(101,66\text{mm}) + \frac{1}{4(445\text{mm})}(101,66\text{mm})^2 = 1055,31\text{mm}$$

Gaya tarik efektif pada belt dapat diperoleh sebagai (14) berikut:

$$F_e = \frac{(120,0,98\text{kW})}{7,98 \text{ m/s}} = 14,73\text{kgf}$$

Sudut kontak yang terjadi antara *belt* terhadap *driver pulley* dapat dihitung dengan persamaan (11) sebagai berikut :

$$\alpha = 180^\circ - \frac{(101,66\text{mm} - 101,66\text{mm})}{445\text{mm}} \times 60^\circ = 180^\circ$$

Tegangan akibat beban yang terjadi dapat diperoleh dengan persamaan(15)t:

$$\sigma_d = 2 \times 0,7 \times 12\text{kg/cm}^2 = 16,8\text{kg/cm}^2$$

Jumlah *belt* yang dibutuhkan (*z*) diperoleh menggunakan persamaan (12):

$$z = \frac{14,73\text{kgf}}{\left(16,8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \cdot 0,81\text{cm}^2\right)} = 1,08$$

Adapun hal yang perlu dipertimbangkan dalam pemilihan mesin diesel ini yaitu jumlah putaran yang diperlukan sebesar 1500 Rpm, serta daya minimum yang dibutuhkan diperoleh dari persamaan berikut:

$$H_p = \frac{(RPM \cdot T)}{5252}$$

$$H_p = \frac{(1500 \cdot 4,58)}{5252} = 1,31\text{Hp}$$



Gambar 4. Instrumen Pengujian dan Alat Uji

Kesimpulan

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan instrumen pengujian dan alat uji mesin diesel Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini antara lain:

1. Instrumen-instrumen pengujian yang digunakan yaitu :
 - a. *Digital tachometer* untuk mengukur rpm
 - b. *Power monitor* untuk mengukur daya
 - c. *Temperature control thermostat* untuk mengukur temperatur *exhaust*
 - d. Pipet ukur untuk mengukur konsumsi bahan bakar

- e. *Dimmer* AC untuk mengatur beban yang digunakan

2. Telah dirancang dan dibangun sebuah alat uji performansi untuk bahan bakar dengan komponen sebagai berikut :
 - a. Generator AC
Model : Generator AC sinkron 1 phase
Tipe : ST-3
Stator *Insulation* : E
Rotor *Insulation* : B
Rating Frequency (Hz) : 50/60
Rating Voltage (V) : 115-230
Max. Power (kVA) : 3
($\cos \pi$) : 1
Power Factor ($\cos \pi$) : 1
 - b. Pulley
Diameter 101,6 mm
 - c. Belt
Tinggi (h) : 9 mm
Lebar (b) : 12,5 mm
Luasan (A) : 0,87 cm²
 - d. Mesin diesel R175
Tipe : 1 Silinder, Kompresi 4 Langkah
Bore x Stroke : 75 mm x 80 mm
Maksimum Output: 4.86 KW
Rated Output : 4.41 KW
Rated Speed : 2600 r/min
Tipe Pendingin : Air

Daftar Pustaka

- [1] Imron Rosyadi. 2014. *Analisa Pengaruh Pemanasan Awal Bahan Bakar Solar Terhadap Performa Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Motor Diesel Satu Silinder*. Banten : Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
- [2] Nugrah Rekto Prabowo, Nova Yuliono. 2014. *Studi Eksperimental Pengaruh Timing Injection Terhadap Unjuk Kerja Motor Diesel 1 Silinder Putaran Konstan Dengan Bahan Bakar Bio Solar*. Purwokerto : Sekolah Tinggi Teknik Wiworotomo
- [3] Sularso ; Suga, Kiyokatsu. 1994. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta
- [4] Ode M F. 2017. *Rancang Bangun Alat Uji Tarik Kapasitas 100 Kg [SKRIPSI]*. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang
- [5] Sularso ; Suga, Kiyokatsu. 1994. *Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT. Pradnya Paramita: Jakarta
- [6] W. Robert Nitske. Charles Morrow Wilson . 1964. "Rudolf Diesel , Pioneer Of The Age Of Power " : University Of Oklahoma Press