

RANCANG BANGUN *IGNITION SYSTEM* UNTUK *TURBOCHARGER GAS TURBINE ENGINE* DENGAN *INDUCER DIAMETER 1,75 INCH*

M. Zuhul Fachri A⁽¹⁾, Wira Gauthama⁽²⁾, Zulham Hidayat⁽³⁾

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Indonesia Curug

e-mail: ¹fachriadam001@yahoo.co.id, ²wira.gauthama@ppicurug.ac.id

³zulham.hidayat@ppicurug.ac.id

Abstrak: *Turbocharger* adalah sebuah kompresor sentrifugal yang mendapat daya dari turbin yang sumber tenaganya berasal dari gas buang mesin. Pada perancangan ini *turbocharger* digunakan sebagai pengganti dari fungsi *compressor* dan *turbine*. Target dalam perancangan *ignition system* ini adalah dapat menghasilkan percikan api yang kuat sehingga mampu membakar bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar. Dari hasil perhitungan, didapatkan bahwa energi yang diperlukan untuk membakar 0,013 kg/s gas LPG sebesar 0,164 kW dan energi yang dihasilkan dari rancang bangun *ignition system* sebesar 326,286 kW. Dari hasil perhitungan maka rancang bangun *ignition system* yang penulis rancang dapat memenuhi energi untuk membakar 0,0013 kg/s gas LPG. Pada proses uji coba *turbocharger gas turbine engine* didapatkan bahwa *engine* dapat menyala secara *continuous*.

Kata Kunci: *gas turbine engine, ignition system, turbocharger.*

Abstract: *Turbocharger is a centrifugal compressor that obtain power from turbines whose power source comes from vehicle exhaust gases. In this design, the turbocharger acts as the compressor and turbine functions. The goal of designing the ignition system is that the system can produce strong sparks which burn the fuel entering the combustion chamber. Thus maintaining the operational of the engine. From the calculation, it was found that the energy required to burn 0.013 kg / s LPG gas was 0.164 kW and the energy generated from the ignition system design was 326,286 kW. In conclusion, the ignition system can supply the amount of energy to burn 0.0013 kg / s LPG gas. In the turbocharger experiment, the gas turbine engine can light up and operate normally and continuously.*

Keyword: *gas turbine engine, ignition system, turbocharger.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Turbin gas adalah sebuah mesin dengan proses pembakaran terjadi secara internal, proses kerjanya hampir sama dengan motor bakar, yaitu udara atmosfer dihisap masuk kompresor dan dikompresi, kemudian udara dimampatkan masuk ruang bakar dan dipakai untuk proses pembakaran, sehingga diperoleh suatu energi panas yang besar, energi panas tersebut diekspansikan pada turbin dan menghasilkan energi mekanik pada poros, sisa gas pembakaran yang keluar turbin menjadi energi dorong.

Daya keluaran dari turbin dipergunakan untuk menggerakkan kompresor dengan menghubungkannya secara langsung. Keluaran daya bersih dari pembangkit daya turbin adalah daya keluaran turbin dikurangi daya yang dipergunakan untuk menggerakkan kompresor. Prinsip dasar dari penerapan gas turbin ini menggunakan teori brayton.

Prinsip kerja turbocharger memanfaatkan tekanan yang dihasilkan dari exhaust pada piston engine sehingga memutar turbine yang kemudian akan memutar kompresor dikarenakan antara turbin dan kompresor dihubungkan dengan sebuah poros. Putaran dari kompresor dimanfaatkan untuk menyuplai udara yang melalui intake manifold untuk pembakaran pada piston engine. Penulis bermaksud merancang gas turbine engine dengan memanfaatkan sistem kerja turbocharger dan mengubah saluran dari piston engine menjadi combustion chamber dalam bentuk annular. Dalam perancangan gas turbine

engine dibutuhkan ignition system yang digunakan untuk menyediakan percikan bunga api bertegangan tinggi untuk membakar campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar engine.

Oleh karena itu, berdasarkan uraian tersebut yang telah dijelaskan, penulis akan mengangkat judul RANCANG BANGUN IGNITION SYSTEM UNTUK TURBOCHARGER GAS TURBINE ENGINE DENGAN INDUCER DIAMETER 1,75 INCH.

Identifikasi Masalah

1. Bagaimanakah desain perancangan turbocharger gas turbine engine?
2. Bagaimanakah desain perancangan combustion chamber turbocharger gas turbine engine?
3. Bagaimanakah desain Perancangan sistem pelumasan turbo charger gas turbine engine?
4. Bagaimanakah desain perancangan sistem bahan bakar pada gas turbine menggunakan turbo charger?
5. Bagaimanakah desain perancangan ignition system turbo charger gas turbine engine?

Pembatasan Masalah

Dari latar belakang dan identifikasi masalah yang telah dipaparkan di atas, maka penulis membatasi masalah bagaimana merancang ignition system pada gas turbine engine berbasis turbocharger agar mesin ini dapat beroperasi secara normal dan berkelanjutan.

Perumusan Masalah

1. Bagaimana menghitung energi yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar pada rancangan ignition system turbocharger gas turbine engine?

Rancang Bangun *Ignition System* Untuk *Turbocharger Gas Turbine Engine* dengan *Inducer* Diameter 1,75 Inch

2. Bagaimana menghitung energi yang dihasilkan dari rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*?
3. Bagaimana menentukan kapasitas battery yang digunakan pada rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*?
4. Bagaimana menentukan kabel yang digunakan pada rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*?
5. Bagaimana menghitung voltage drop kabel yang digunakan pada rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*?

Maksud

Maksud dari penulisan tugas akhir ini adalah untuk merancang *ignition system turbocharger gas turbine engine* agar dapat menghasilkan energi yang cukup untuk membakar bahan bakar pada *combustion chamber*

Tujuan

1. Dapat menghitung energi yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar pada rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*
2. Dapat menghitung energi yang dihasilkan dari rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*
3. Dapat menentukan kapasitas battery yang digunakan pada rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*
4. Dapat menentukan kabel yang digunakan pada rancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine*
5. Dapat menghitung besaran voltage drop kabel pada rancangan *ignition*

system turbocharger gas turbine engine.

METODOLOGI PERANCANGAN

Desain Perancangan

Kondisi saat ini



Gambar 1. Turbocharger ZAGE TD06SL2-20G

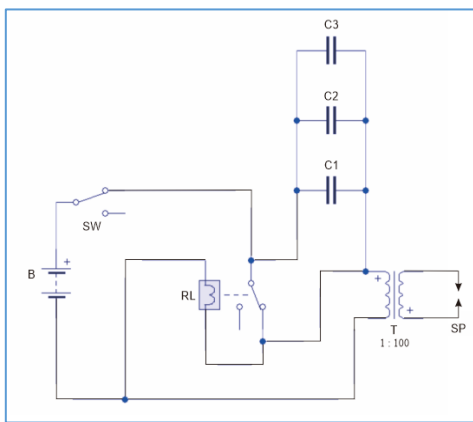
Turbocharger ZAGE TD06SL2-20G merupakan suatu alat yang digunakan pada *piston engine* untuk meningkatkan performa dari mesin tersebut. Dengan memanfaatkan udara dari gas buang, udara gas buang tersebut masuk ke dalam turbine sehingga membuat turbine dari *turbocharger* berputar.

Kemudian poros digunakan untuk menyalurkan putaran sehingga compressor berputar dan menghisap udara dari luar untuk masuk ke dalam ruang bakar. Udara dalam compressor dimampatkan dan disalurkan ke dalam ruang pembakaran sehingga dihasilkan tenaga yang besar

Kondisi yang diinginkan

Dengan kondisi sebelumnya, akan dirancang beberapa sistem agar dapat terbentuk menjadi sebuah jet engine sederhana dengan menggunakan

turbocharger sebagai pengganti dari compressor dan turbine. Beberapa sistem tersebut diantaranya adalah oil system, fuel system, combustion system dan ignition system. Penulis akan merancang ignition system pada rancang bangun turbocoharger jet engine untuk menghasilkan pengapian pada combustion chamber. Wiring diagram yang penulis rancang untuk sistem pengapian adalah sebagai berikut :



Waktu dan Lokasi Perancangan

Waktu yang dibutuhkan penulis untuk menyelesaikan pembuatan sistem *ignition system turbocharger gas turbine engine* ini adalah sekitar 6 bulan. Perancangan *ignition system turbocharger gas turbine engine* dilakukan terhitung dari bulan Maret 2019 sampai dengan Agustus 2019.

Kriteria Perancangan

Rancangan alat ini didesain dengan kriteria yang sesuai fungsi dan kegunaanya.

Kriteria yang akan dijelaskan kelak akan dibandingkan dengan hasil uji coba dan hasil perhitungan apakah terdapat kesuaian, kriteria yang akan dijelaskan sebagai berikut :

1. Spark plug / busi

Kriteria dari busi ini harus mampu memercikan bunga api yang digunakan untuk initial starting pada proses pembakaran di dalam combustion chamber.

2. Battery

Kriteria dari sumber tegangan harus mampu memberikan arus yang dibutuhkan pada rancangan kelistrikan turbocharger gas turbine engine.

3. Kabel

Kabel yang digunakan harus mampu menahan arus yang akan mengalir ke rangkaian sistem pengapian.

4. Ignition coil

Kriteria dari ignition coil adalah mampu untuk menaikkan tegangan yang diperoleh dari battery ke busi sehingga mampu membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam combustion chamber. Pada rancangan ini menggunakan ignition coil tipe canister, ignition coil yang mampu menaikkan tegangan battery 12 volt menjadi 10.000 – 45.000 volt.

5. Switch

Kriteria switch yang akan digunakan pada perancangan ini adalah switch yang mampu memutuskan dan menghubungkan tegangan dari battery ke busi.

6. Relay

Kriteria relay yang akan digunakan pada rancangan ini adalah harus mampu menghasilkan arus dan tegangan yang intermittent dari battery ke ignition coil, sehingga coil dapat menginduksi diri dan menghasilkan tegangan yang tinggi

Penggunaan Rancangan

Setelah seluruh kriteria dibuat, Langkah berikutnya adalah merancang sistem pembakaran turbocharger gas turbine engine agar dapat menyediakan percikan bunga api bertegangan tinggi yang dapat membakar campuran udara dan bahan bakar di dalam combustion chamber.

PEMBAHASAN

Gambaran Umum Perancangan

Pada perancangan ignition system turbocharger gas turbine engine ini menggunakan relay sebagai pengganti breaker point. Relay berfungsi sebagai pemutus dan mengalirkan arus yang melewati primer koil sehingga pada koil akan muncul dan hilang medan magnet dengan cepat untuk memicu tegangan induksi pada kumparan sekunder koil. Bagian-bagian dari sistem pengapian ini terdiri dari battery, switch, ignition coil, kabel tegangan tinggi, relay dan spark plug.

Relay dihubungkan dengan battery, saat switch ON battery mengalirkan arus ke normally closed contact pada relay lalu diteruskan ke kumparan pada relay sehingga menimbulkan gaya elektromagnet dan menarik armature berpindah posisi yang awalnya NC (Normally Closed) ke posisi NO (Normally Open). Saat armature ke normally open arus dari battery terputus, menyebabkan hilangnya gaya elektromagnet pada relay, sehingga armature kembali ke posisi normally closed dikarenakan gaya dari spring. Rangkaian ini menyebabkan terjadinya putaran siklus ON dan OFF pada relay. Spark dapat mengurangi umur relay

sehingga diperlukan kapasitor untuk memperpanjang umur relay.

Sinyal yang dihasilkan relay adalah sinyal ON dan OFF. Jika sinyal OFF, maka arus yang tadinya mengalir pada kumparan primer koil akan menjadi terhenti, terhentinya arus dengan cepat ini menyebabkan hilangnya medan magnet pada koil dengan sangat cepat. Perubahan garis-garis gaya magnet yang sangat cepat ini menyebabkan terjadinya tegangan induksi yang sangat tinggi pada kumparan sekunder koil. Tegangan tinggi ini disalurkan ke busi sehingga terjadi percikan bunga api pada elektroda busi.

Tahapan Perancangan

1. Menghitung energi yang diperlukan untuk pembakaran.

Berdasarkan pada perhitungan dari fuel system pada tugas akhir ridho ramadhan jumlah bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar adalah sebesar 0,013 kg/s LPG, maka penulis akan menghitung jumlah energi yang dibutuhkan untuk dapat membakar 0,013kg/s elpiji. Komposisi dari elpiji terdiri dari 30% propana dan 70% butana.

- a. Energi untuk membakar 30% gas propana

Untuk 30% gas propane maka jumlah aliran yang masuk ke ruang bakar adalah

$$\frac{30}{100} \times 0,013 = 0,0039 \text{ kg/s}$$

Didapatkan nilai nilai *mf* gas propane yang masuk ke ruang bakar adalah 0,0039 kg/

untuk menghitung energi yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar adalah sebagai berikut :

$$E_{bb} = \frac{mf \times LHV}{3600}$$

Untuk nilai LHV gas propane, yaitu sebesar 46,35 MJ/kg atau sebesar 46.350 J/kg maka

$$E_{bb} = \frac{0,0039 \times 46.350}{3600}$$

$$E_{bb} = 0,05 \text{ kWatt}$$

Jadi, untuk 0,0039 kg/s propane membutuhkan 0,05 kWatt

- b. Energi untuk membakar 70% gas butana

Untuk 70% gas butana maka jumlah aliran yang masuk ke ruang bakar adalah

$$\frac{70}{100} \times 0,013 = 0,0091 \text{ kg/s}$$

Didapatkan nilai nilai mf gas butana yang masuk ke ruang bakar adalah 0,0091 kg/s. Untuk nilai LHV gas butana, yaitu sebesar 45,37 MJ/kg atau sebesar 45.370 J/kg maka

$$E_{bb} = \frac{mf \times LHV}{3600}$$

$$E_{bb} = \frac{0,0091 \times 45370}{3600}$$

$$E_{bb} = 0,114 \text{ kWatt}$$

Jadi, 0,0091 kg butana membutuhkan energi sebesar 0,114 kWatt. Total energi pembakaran yang dibutuhkan untuk dapat membakar bahan bakar LPG sebesar 0,013 kg/s membutuhkan energi sebanyak $0,05 \text{ kW} + 0,114 \text{ kW} = 0,164 \text{ kWatt}$.

2. Menghitung energi yang dihasilkan dari rancangan *ignition system*

Energi yang dihasilkan dari rancangan *ignition system* ini diharapkan dapat memenuhi energi yang diperlukan untuk membakar bahan bakar 0,0039 kg/s elpiji.

- a. Menghitung arus pada lilitan primer

Diketahui tegangan *battery* yang masuk adalah 12 volt dan hambatan primer *ignition coil* yaitu sebesar 0,7 R. Menghitung arus menggunakan rumus

$$i = \frac{V}{R}$$

$$i = \frac{12}{0,7}$$

$$i = 17,14 \text{ A}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan arus yang mengalir pada kumparan primer adalah sebesar 17,14 A.

- b. Menghitung GGL induksi pada lilitan primer

Diketahui dari spesifikasi *ignition coil* sebesar 8 mH atau 0,008 H dan untuk Δt sebesar $350 \times 10^{-6} \text{ s}$. Untuk menghitung GGL induksi menggunakan rumus

$$\epsilon = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\epsilon = \frac{0,008 \times 17,14}{350 \times 10^{-6}}$$

$$\epsilon = 391,77 \text{ volt}$$

Didapatkan hasil pada induksi diri pada lilitan primer sebesar 391,77 volt.

- c. Menghitung tegangan sekunder

Diketahui tegangan pada lilitan primer sebesar 391,77 volt dan *turn ratio ignition coil* sebesar 1 : 100. Untuk menghitung tegangan sekunder pada *ignition coil* menggunakan rumus

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_p}{V_s}$$

$$V_s = \frac{V_p \times N_s}{N_p}$$

$$V_s = \frac{391,77 \times 100}{1}$$

$$V_s = 39.177 \text{ Volt}$$

- d. Menghitung arus yang mengalir pada lilitan sekunder

Dari perhitungan diatas didapatkan tegangan pada lilitan sekunder adalah sebesar 39.177 volt, dan diketahui bahwa tahanan pada lilitan sekunder sebesar 4,7 KΩ. Maka arus yang mengalir pada lilitan sekunder sebesar 8,33 A.

$$i = \frac{V_s}{R_s}$$

$$i = \frac{39177}{4700}$$

$$i = 8,33 \text{ A}$$

- e. Menghitung daya yang dihasilkan *ignition coil*

Setelah didapatkan tegangan dan arus yang mengalir pada lilitan sekunder maka kita dapat menghitung daya atau energi yang dihasilkan dari rancangan *ignition system* ini. Untuk menghitung daya menggunakan rumus

$$P = V \times i$$

$$P = 39170 \times 8,33$$

$$P = 326.286 \text{ Watt}$$

Dari perhitungan didapatkan daya yang dihasilkan sebesar 326.286 Watt = 326,286 kW. Berdasarkan perhitungan energi pembakaran yang dibutuhkan sebesar 0,164 kW, dengan demikian rancangan *ignition system* yang penulis rancang tidak dapat memenuhi minimal energi yang dibutuhkan untuk membakar bahan bakar LPG.

3. Menghitung kapasitas *battery* yang dibutuhkan

Pada rancangan ini *battery* akan digunakan untuk *water pump*, *oil pump*, dan *ignition system*, maka dari itu kapasitas dari *battery* harus mampu memenuhi kebutuhan dari ketiga komponen tersebut. Untuk menentukan kapasitas *battery* perlu mengetahui arus yang mengalir pada tiap-tiap komponen

4. *Water pump*

Berdasarkan spesifikasi *water pump* didapatkan data sebagai berikut :

$$\text{Daya} = 36 \text{ watt}$$

$$\text{Voltage} = 12 \text{ V}$$

Maka dapat dihitung arus yang dibutuhkan :

$$i = \frac{P}{V}$$

$$i = \frac{36}{12} = 3 \text{ A}$$

5. *Oil pump*

Berdasarkan spesifikasi *oil pump* didapatkan data sebagai berikut :

$$\text{Daya} = 120 \text{ Watt}$$

$$\text{Voltage} = 12 \text{ V}$$

Maka dapat dihitung arus yang dibutuhkan :

$$i = \frac{P}{V}$$

$$i = \frac{120}{12} = 10 \text{ A}$$

6. *Ignition system*

Berdasarkan hasil perhitungan *ignition system* yang penulis rancang didapatkan arus yang mengalir = 17,4 A. Jadi total dari arus *battery* yang dibutuhkan adalah sebesar : 3 + 10 + 17,4 = 30,4 A. Maka dari itu dipilih *battery* dengan kapasitas 32 A.

7. Menentukan kabel yang digunakan menurut AWG (American Wire Gauge)

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan maka arus yang mengalir paling besar dari *battery* ke rangkaian sebesar 17,4 A, maka berdasarkan tabel pemilihan kabel, kabel yang digunakan adalah kabel dengan SAE AWG 20 gage.

8. Menghitung *voltage drop* kabel

Dari kabel yang digunakan terdapat *voltage drop* yang dapat dihitung

Kabel dari *battery* ke *relay*

$$V_{dc} = \frac{I \times R_c \times L}{1000}$$

$$V_{dc} = \frac{10 \times 10 \times 3}{1000}$$

$$V_{dc} = 0,3 \text{ V}$$

Kabel dari *relay* ke *ignition coil*

$$V_{dc} = \frac{I \times R_c \times L}{1000}$$

$$V_{dc} = \frac{10 \times 10 \times 2}{1000}$$

$$V_{dc} = 0,2 \text{ V}$$

Berdasarkan tabel penurunan tegangan maksimum *voltage drop* untuk tegangan dibawah 14 V adalah sebesar 1 V, berdasarkan perhitungan diatas maka *voltage drop* kabel pada rancangan ini masih dibawah batas maksimum *voltage drop* yang diijinkan.

No.	Komponen	Kriteria Perancangan	Hasil Uji Coba Rancangan	Keterangan
1.	<i>Battery</i>	Mampu mengalirkan arus yang dibutuhkan pada rancangan <i>turbocharger gas turbine engine</i>	<i>Battery</i> mampu mengalirkan arus yang dibutuhkan rancangan <i>turbocharger gas turbine engine</i> sehingga komponen dapat menyala	Berhasil
2.	Kabel	Mampu menahan arus yang mengalir ke rangkaian <i>ignition system</i>	Kabel mampu menahan arus yang mengalir ke rancangan <i>ignition system</i>	Berhasil
3.	<i>Relay</i>	Mampu menghasilkan arus dan tegangan yang <i>intermittent</i> dari <i>battery</i>	<i>Relay</i> mampu menghasilkan arus dan tegangan yang <i>intermittent</i> sehingga <i>ignition coil</i> dapat menaikkan tegangan yang diperoleh dari <i>relay</i>	Berhasil
4.	<i>Switch</i>	Mampu memutuskan dan menghubungkan tegangan dari <i>battery</i>	<i>Switch</i> mampu memutuskan dan menghubungkan tegangan sehingga rancangan <i>ignition system</i> dapat dinyalakan dan dimatikan sesuai kebutuhan	Berhasil
5.	<i>Ignition Coil</i>	Mampu menaikkan tegangan dari <i>relay</i> ke busi	<i>Ignition coil</i> mampu menaikkan tegangan sehingga busi dapat menghasilkan bunga api	Berhasil
6.	<i>Spark Plug</i>	1. Mampu menghasilkan bunga api 2. Mampu membakar bahan bakar di <i>combustion chamber</i>	1. <i>spark plug</i> mampu menghasilkan bunga api 2. <i>Spark plug</i> mampu membakar bahan bakar sehingga rancangan <i>turbocharger</i> dapat menyala	Berhasil

Interpretasi Hasil Uji Coba Rancangan

Setelah dilakukan uji coba pada rancangan *turbocharger gas turbine engine*, dapat disimpulkan bahwa perancangan *ignition system* yang penulis rancang berhasil. *Ignition system* dapat bekerja dengan baik sesuai dengan

KESIMPULAN

Dari hasil perhitungan dan perancangan yang telah ditentukan pada *ignition system turbocharger gas turbine engine* maka penulis dapat menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan perancangan, didapatkan energi untuk membakar 0,013 kg/s gas LPG adalah sebesar 0,164 kWatt, sedangkan energi yang dihasilkan dari rancangan *ignition system* sebesar 326,286 kW. Dari nilai tersebut didapatkan bahwa energi untuk membakar bahan bakar 0,013 kg/s gas LPG tercukupi.
2. Nilai kapasitas battery yang dibutuhkan adalah sebesar 30,4 A, sehingga penulis memilih battery dengan kapasitas 32 A.
3. Arus yang mengalir pada rangkaian adalah 17,4 A sehingga penulis memilih kabel dengan SAE AWG 20 gage, dengan voltage drop 0,6 A dan 0,4 A sehingga masih dibawah batas maksimum doltage drop yang diijinkan.

Saran dan Rekomendasi

1. Rancangan *ignition system* dapat digunakan untuk memantikan percikan bunga api pada spark plug, akan tetapi switch pada rancangan ini

fungsinya sehingga, rancangan *turbocharger gas turbine engine* dapat bekerja dengan baik dan stabil. Hasil pengujian dapat dibandingkan dengan kriteria yang telah dibuat. Interpretasi hasil uji coba rancangan dapat dilihat pada Tabel dibawah.

mudah panas ketika switch di nyalakan terus menerus sehingga penulis menyarankan untuk menekan switch secara intermitten.

2. Pastikan memasang kabel positif dan negatif dengan benar agar tidak terjadi short circuit sehingga kerusakan komponen listrik dapat dihindari.
3. Dapat digunakan spark plug dalam jenis lain disesuaikan dengan kebutuhan perancangan.

Tentunya rancangan yang telah di kerjakan ini masih jauh dari sempurna sehingga dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan Mesin Gas Turbin yang memiliki efisiensi yang lebih tinggi dan lebih ramah lingkungan.

Daftar Pustaka

- Ardyansyah Wahyu Prasojjo. (2018). Tugas Akhir “ Rancang Bangun Prototipe Mini Turbin Gas Menggunakan Turbocharger Berbahan Bakar Minyak Tanah : Kaji Sistem Kontrol Pompa Bahan Bakar Dan Pengapian”. Politeknik Negeri Bandung.
- Anwar Dwi Murwanto. (2014). Tugas mata kuliah “Pemanfaatan Gas Buang Hasil Pembakaran Untuk Induksi Paksa Langkah Hisap Motor Diesel : Sistem Turbocharger”. Universitas Negeri Yogyakarta.

- Dewabrata, Aldrin., Rambo, T.S., & Renaldi (2010). "Induksi Elektromagnetik". Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- FAA. (1972). Airframe Handbook. Oklahoma City: Department of transportation, Flight Standart Technical Division.
- FAA. (1972). General Handbook. Oklahoma City: Department of transportation, Flight Standart Technical Division.
- Handy Wicaksono. (2004). Catatan Kuliah "Automasi 1" Bab 2 Relay-Prinsip dan Aplikasi. Teknik Elektro Universitas Kristen Petra.
<https://teknikelektronika.com/pengertian-rumus-bunyi-hukum-ohm/>.(16 oktober 2013). "Pengertian, Rumus dan Bunyi Hukum Ohm". Teknik Elektronika.
<https://direktorilistrik.blogspot.com/2013/10/perhitungan-voltage-drop-teganganjatuh-pada-kabel.html>.(31 oktober 2013). "Perhitungan Voltage Drop (Tegangan Jatuh) Pada Kabel"
- Jama, Jalius dan Wagino. (2008). Teknik Sepeda Motor Jilid 2. Jakarta : Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Taufiq Margiyanto. (2018). "Modifikasi Engine Stand Toyota Kijang 7k EFI Menjadi Engine Stand Toyota Kijang 7k Konvensional Karburasi (Tinjauan Sistem Kelistrikan)". Universitas Negeri Yogyakarta.
- Williem. (2013). Teknik Listrik Dasar Otomotif. Jakarta : Kementerian Pendidikan & Kebudayaan Republik Indonesia.
- Nursalam Parhan. (2013). Teknik Listrik. Jakarta : Kementerian Pendidikan & Kebudayaan Republik Indonesia