

Retrofit Micro Turbojet Engine AERO-16 Berbasis Turbocharge *HOLSET HX-35*

Reza Enzal Pratama Putra*, Bismil rabeta, Freddy Franciscus

Prodi Teknik Penerbangan, Fakultas Teknologi Kedirgantaraan, Universitas Suryadarma
Komplek Bandara Halim Perdanakusuma, Jakarta 13610, Indonesia

*Corresponding Author: rezaenzalp@gmail.com

Abstrak - *Gas turbine engine* merupakan jenis *engine* yang melakukan pembakaran didalam. *Engine* tersebut bekerja dengan cara merubah energi *thermal* menjadi energi mekanik, dimana energi *thermal* tersebut dihasilkan dari ruang bakar dan energi mekanik dihasilkan dari putaran turbin. Dalam penelitian ini dibahas secara rinci tentang proses Retrofit *Micro Turbojet Engine Aero-16* Berbasis *Turbocharge Holset HX-35*. Sebelum dilakukan manufaktur, terlebih dahulu dilakukan studi literatur dan pengumpulan informasi mengenai data apa saja yang perlu disiapkan sebagai dasar tolak ukur untuk melakukan manufaktur. Pada *Micro Turbojet Engine Aero-16* memiliki komponen utama berupa kompresor, ruang pembakar, dan turbin. *Engine* membutuhkan komponen lainnya seperti *compressor shroud*, *flange housing*, *housing*, stator turbin, dan *exhaust nozzle*. Pembuatan komponen-komponen digunakan untuk menghasilkan siklus kerja *micro turbojet engine* yang sempurna. Setelah proses manufaktur selesai selanjutnya, pengukuran antara *design blue print* dengan komponen hasil manufaktur yang sudah dilakukan. Terdapat perbedaan dimensi di beberapa komponen dengan *design blue print*, dikarenakan minimnya alat manufaktur yang tersedia. Dari penelitian ini *Micro Turbojet Engine Aero-16* berhasil diwujudkan secara nyata, dan diharapkan menghasilkan spesifikasi serta fitur yang bermanfaat untuk mempermudah pembelajaran tentang sistem kerja *gas turbine engine* pada pesawat.

Kata Kunci : *Gas turbine engine*, Manufaktur, *Micro turbojet engine*, *Turbocharge holset*, Komponen, Spesifikasi.

Abstract - *Gas turbine engine* is a type of engine that performs internal combustion. The engine works by converting thermal energy into mechanical energy, where the thermal energy is generated from the combustion chamber and the mechanical energy is generated from the turbine rotation. This research discusses in detail the manufacturing process of the *Micro Turbojet Engine Aero-16*. Before manufacturing, a literature study is carried out and information gathering about what data needs to be prepared as a benchmark for manufacturing. The *Micro Turbojet Engine Aero-16* has the main components in the form of a compressor, combustion chamber and turbine. The engine requires other components such as a compressor shroud, flange housing, housing, stator tube and exhaust nozzle. The manufacturing of components is used to produce a perfect *micro turbojet engine* duty cycle. After the manufacturing process is complete, measurements between the *design blue print* and the components of the manufacturing results have been carried out. There are dimensional differences in some components with the *design blue print*, due to the lack of available manufacturing tools. From this research, the *Micro Turbojet Engine Aero-16* has been successfully realized, and it is hoped that it will produce useful specifications and features to facilitate learning about the *gas turbine engine* working system on an airplane.

Keyword : *gas turbine engine*, manufacture, *micro turbojet engine*, *turbocharge holset*, compenents, specification.

I. PENDAHULUAN

Sejarah perkembangan *gas turbine engine* secara intensif dimulai sejak adanya perang dunia ke II. Pada waktu itu, *gas turbine engine* digunakan untuk gaya dorong pesawat. Seiring

dengan perkembangan zaman saat ini, *gas turbine engine* juga digunakan untuk berbagai macam aplikasi seperti gaya dorong untuk pesawat UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), penggerak baling-baling kapal laut, pembangkit tenaga listrik, tenaga pendorong misil dan lain-lain.

Sehingga dengan perkembangan yang cukup pesat di dunia penerbangan baik komersil atau militer, sangat penting adanya pemahaman mengenai komponen-komponen utama dan cara kerja pada *gas turbine engine*. Sehingga diharapkan dengan manufaktur *Micro Turbojet Engine Aero-16* dapat membantu untuk pemahaman mahasiswa tentang *gas turbine engine* sejak dini.

Gas turbine engine adalah suatu alat yang memanfaatkan fluida gas untuk memutar turbin dengan pembakaran internal. Sistem *gas turbine engine* yang paling sederhana terdiri dari tiga komponen yaitu kompresor, ruang pembakaran dan turbin. Pertama kali udara terkompresi melalui kompresor masuk ke ruang bakar. Sistem ruang pembakaran memiliki desain khusus sehingga aliran udara bertekanan akan mengkabutkan bahan bakar. Campuran bahan bakar dan udara dipicu untuk terbakar di dalam ruang bakar ini. Proses pembakaran yang terjadi seolah-olah menghasilkan efek ledakan yang membuat udara bertekanan memuai dengan sangat cepat. Pemuaian udara yang terjadi membuat udara panas hasil pembakaran berekspansi secara bebas ke arah turbin dan mendorong bilah turbin, sehingga terjadi energi mekanis putaran poros *turbojet* dan menjadi *thrust*.^[1]

Pada penelitian ini dilakukan Retrofit *Micro Turbojet Engine Aero-16* berbasis *Turbocharge Holset HX-35* yang dapat dioperasikan. Dalam penelitian ini mengacu pada rancangan model *jet engine* yang sudah ada dan melakukan modifikasi pada *turbocharge* sehingga bisa menjadi *turbojet*.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Prosedur Penelitian

Berdasarkan diagram alir, pada mulanya dilakukan studi literatur atau pengumpulan referensi untuk menjadi acuan penelitian, selanjutnya dilakukan pembuatan layout *Micro Turbojet Engine Aero-16*. Pada penelitian ini komponen utama didapatkan dari *Turbocharge Holset HX-35*. Pembuatan komponen yang dibutuhkan untuk mendapatkan siklus kerja yang lebih sempurna dan perakitan semua komponen menjadi *micro turbojet* seutuhnya. Selanjutnya, dilakukan pengujian pada *Micro Turbojet Engine Aero-16* untuk mendapatkan *sustainable point*, dan pengumpulan data dari hasil pengujian.

2.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk manufaktur *Micro Turbojet Engine Aero-16* adalah alat-alat yang sederhana dan mudah didapat. Berikut adalah bahan-bahan dan alat-alat yang diperlukan dalam membuat tugas akhir ini

2.2.1 Alat

1. *Lathe machine*, digunakan untuk membentuk dan memotong benda yang diputar.
2. *Drill machine*, digunakan untuk membuat lubang, alur, perluasan dan penghalusan secara presisi dan akurat.
3. *Grinder*, digunakan untuk mengasah/menggerus ataupun memotong benda dengan tujuan atau kebutuhan tertentu.

4. *Welding tool*, digunakan untuk mengelas atau menggabungkan dua logam menggunakan komponen logam lain sebagai pengisi.
5. *Vernier Caliper*, digunakan untuk mengukur Panjang, diameter luar, diameter dalam, dan kedalaman suatu benda.
6. *Wrench*, digunakan untuk memutar (menggencangkan/melepas) baut atau mur.
7. *Screw driver*, digunakan untuk memutar (menggencangkan/melepas) baut atau mur.
8. *Thacometer*, digunakan untuk mengukur jumlah putaran yang dilakukan oleh sebuah poros dalam satu satuan waktu.
9. *Anemometer*, digunakan untuk mengukur kecepatan angin.
10. *Digital scale*, digunakan untuk mengukur berat benda.



Gambar 2.1 Alat-alat Pendukung perancangan dan menghitung spesifikasi engine : (1) *Lathe Machine*, (2) *Drill Machine*, (3) *Gerinder*, (4) *Welding Tools*, (5) *Vernier Caliper*, (6) *Wrench*, (7) *Srew Driver*, (8) *Thacometer*, (9) *Anemometer*, (10) *Digital Scale*.

2.2.2 Bahan

1. *Turbocharge Holset Turbocharge* digunakan sebagai bahan utama yang digunakan pada penelitian ini dengan pemanfaatan

part dan pengubahan bentuk untuk menjadi bagian *Micro Turbojet Engine Aero-16*.

2. *Stainless steel 304*

Stainless steel 304 digunakan sebagai bahan dasar pembuatan *diffuser, housing shaft*, ruang pembakaran, dan stator turbin.

3. Besi Plat 304DOP

Besi Plat 304 DOP digunakan untuk pembuatan *Housing dan Exhaust Nozzle Micro Turbojet Engine Aero-16*.

4. Pipa Tembaga

Pipa tembaga ini digunakan untuk membuat fuel tube pada fuel system dan oil tube pada oil system *Micro Turbojet Engine Aero-16*.

5. Bolt

Bolt digunakan untuk menggabungkan beberapa komponen sehingga tergabung menjadi satu bagian yang memiliki sifat tidak permanen. Bolt ini dipakai untuk menggabungkan flange, compressor shroud (air intakee), diffuser, housing shaft dan stator turbin.

6. Papan

Digunakan sebagai bahan dasar pembuatan stand engine micro turbojet aero-16.



Gambar 2.2 Bahan dasar retrofit *micro turbojet engine aero-16* : (1) *Turbocharge holset* (2) *Stainless steel 304 Thicknes 20mm* (3) *Stainless steel 304 Thiknes 4mm* (4) *Pipa Kapiler* (5) *Bolt* (6) *Papan*.

Pada *shaft* harus dilakukan proses penyempurnaan sudut untuk membuat *shaft* lurus (0 derajat) dengan sempurna atau *in line*.



Gambar 3.4 Shaft dan Turbin Turbocharge Holset HX-35.

3.3 Pembuatan Komponen Micro Turbojet Engine Aero-16

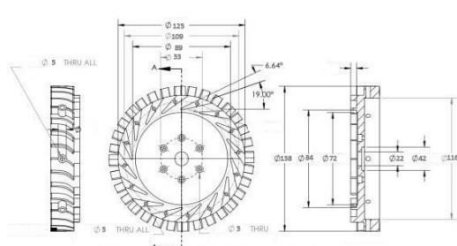
Untuk rancangan *micro turbojet engine* ini masih diperlukan beberapa pembuatan komponen lain yang menjadi bagian penting juga dalam rangkaian *micro turbojet engine aero-16* yang sempurna.

3.3.1 Pembuatan Diffuser

Dalam pembuatan *diffuser* dibutuhkan pengamatan terlebih dahulu pada kompresor yang digunakan dan juga *Compressor Shroud (Air intakee)* yang sudah di modifikasi, agar aliran udara yang terhisap oleh kompresor dapat diteruskan dengan baik ke bagian ruang pembakaran. Untuk langkah pembuatan *diffuser* sebagai berikut :

1. Pembuatan disain *diffuser*

Pembuatan disain ini memerlukan pengamatan pada bagian kompresor yang digunakan. Setelah mendapatkan spesifikasi kompresor, maka pembuatan disain dapat dilakukan. Pembuatan disain menggunakan *software Autocad 2016*, dan diperoleh disain seperti gambar 4.5.



Gambar 3.5 Desain Diffuser.

2. Pembuatan *diffuser vane*

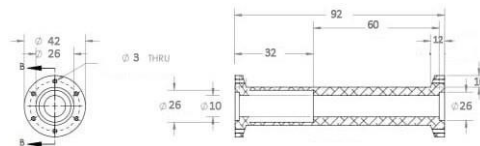
Pembuatan jalur aliran udara ini harus diperhatikan dengan baik dan benar agar aliran udara yang terhisap oleh kompresor bisa mengalir dengan sempurna ke bagian ruang pembakaran tanpa terhambat.



Gambar 3.6 Pembuatan Diffuser Vane.

3.3.2 Pembuatan Housing Shaft

Pada pembuatan *housing shaft* harus mempertimbangkan besar dari kompresor dan *diffuser* dan penyesuaian lainnya seperti mempertimbangkan ketersediaan *bearing* yang ada di pasaran agar mempermudah untuk mendapatkan suku cadang kedepannya. Selain itu, pada *housing shaft* ini juga didisain *oil system* yang digunakan untuk *lubrication* pada bagian *housing shaft* dan *shaft* yang bergesekan langsung.

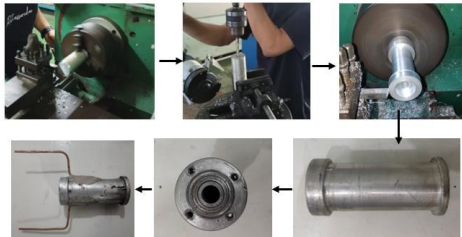


Gambar 3.7 Disain Housing Shaft Micro Turbojet Aero-16

Setelah mendapatkan disain *housing shaft* langkah selanjutnya adalah menentukan material yang dipakai.

Untuk material yang dipakai pada *housing shaft* adalah *stainless steel 304* dengan diameter 50mm. Setelah mendapat material yang dibutuhkan barulah melakukan proses pembuatan seperti berikut :

1. Langkah awal yang dilakukan adalah memperkecil diameter menjadi 42mm.
2. Melubangi bagian tengah *housing shaft*.
3. Pembentukan *housing bearing* untuk penempatan bearing.
4. Instalasi *bearing* pada *housing shaft*.
5. Instalasi *oil system* pada *housing shaft* untuk *lubrication housing* dan *bearing*.

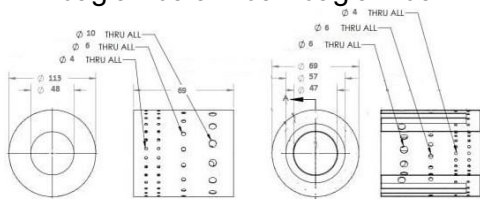


Gambar 3.8 langkah pengerjaan untuk pembuatan *housing shaft*.

3.3.3 Pembuatan Ruang Pembakaran

Pada ruang pembakaran *Micro Turbojet Engine Aero-16* menggunakan tipe *annular*. Pemilihan tipe *annular* ini karena lebih memungkinkan untuk di buat dengan skala yang lebih kecil, karena ketersediaan alat untuk menghemat waktu proses pembuatannya. Langkah pembuatannya sebagai berikut :

1. Pembuatan disain ruang pembakaran dibagi menjadi 2 yaitu bagian dalam dan bagian luar.



Gambar 3.9 Disain Ruang Pembakaran *Micro Turbojet Aero-16*.

2. Pembuatan lubang untuk celah udara, agar bahan bakar dan udara dapat bercampur dengan baik didalam ruang pembakaran.



Gambar 3.10 pembuatan lubang celah udara pada ruang pembakaran.

3. Pengelasan dan penggabungan bagian yang sudah dibuat.

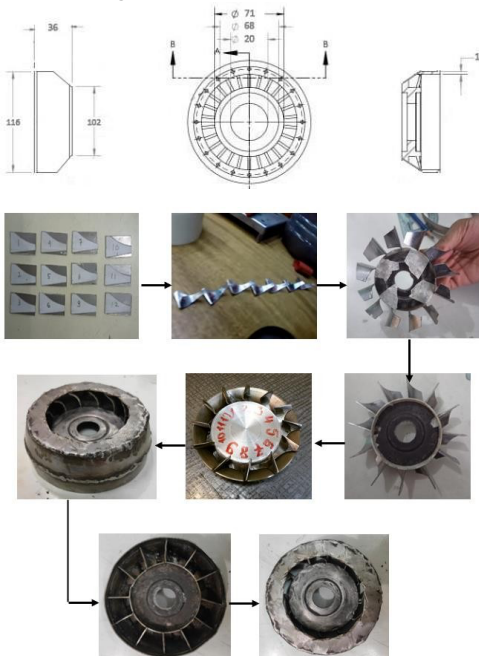


Gambar 3.11 Proses Pengelasan Ruang Pembakaran.

3.3.4 Pembuatan Stator Turbin

Pembuatan Stator Turbine ini berpatokan pada disain turbin yang sudah ada, dengan membuat *blade* turbin dengan dimensi yang sama dengan turbin. Yang membuat berbeda pada stator turbin adalah memiliki *housing* yang menyelimuti *blade* tersebut dan pembuatan bentuk mengerucut sehingga dapat dengan sempurna mengalirkan udara ke arah turbin dan meningkatkan *pressure* dikarenakan bentuknya yang mengerucut. Adapun langkah pembuatannya sebagai berikut:

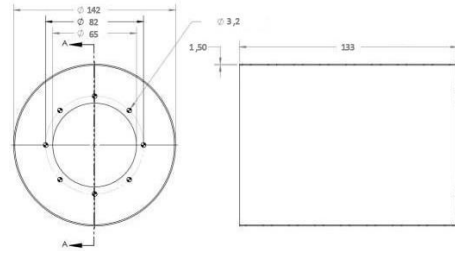
1. Pembuatan disain stator turbin. Pada pembuatan *blade* stator turbin menggunakan disain dan dimensi sama dengan *blade* turbin, hanya perbedaan penambahan poros dan *housing* untuk mengalirkan udara dengan sempurna ke turbin.
2. Pembuatan *blade* dengan dimensi dan bentuk seperti blade pada turbin.
3. Pembuatan poros dan *housing blade* stator turbin dengan dimensi sesuai dengan desain yang sudah dibuat.
4. Pengelasan bagian poros, *housing* dan *blade* yang sudah dibuat.
5. Pemasangan stator turbin dan ruang pembakaran.



Gambar 3.12 Langkah Pembuatan Stator Turbin.

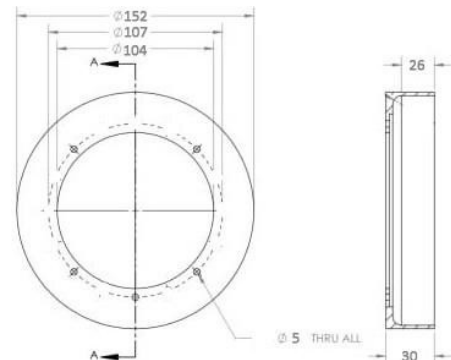
3.3.5 Pembuatan Housing dan Flange

Pembuatan *housing* disini berpatokan pada jarak dari kompresor ke turbin, diameter dari diffuser, dan diameter turbin sehingga *housing* memiliki detail disain seperti gambar 3.13.



Gambar 3.13 Disain *Housing Micro Turbojet Engine Aero-16*.

Flange Housing digunakan untuk penghubung *Housing* dan *Compressor shroud (air intakee)*. Pada pembuatan *Flange* ini yang perlu diperhatikan adalah dimensi *housing* dan juga dimensi *compressor shroud (air intakee)*, untuk spesifikasinya seperti gambar 3.14.



Gambar 3.14 Disain *Flange Housing Micro Turbojet Aero-16*

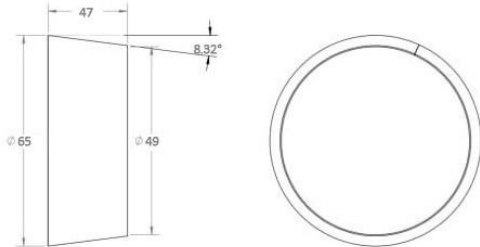
Setelah mendapatkan disain lalu pembuatan *flange housing*. Material yang digunakan adalah plat besi 304 dop dengan ketebalan 3mm lalu dilakukan proses *bending roll*, dan pengelasan. Adapun *housing* dan *flange Micro Turbojet Engine Aero-16* seperti gambar 3.15.



Gambar 3.15 *Housing dan Flange Micro Turbojet Engine Aero-16*.

3.3.6 Pembuatan Exhaust Nozzle

Pada pembuatan *exhaust nozzle* disini terdapat beberapa bagian yang harus diperhatikan salah satunya adalah diameter turbin. Desain dan dimensi *exhaust nozzle* seperti gambar 3.16.



Gambar 3.16 Disain Exhaust Nozzle Micro Turbojet Aero-16.

Setelah mendapatkan desain maka didapatkan *exhaust nozzle* Micro Turbojet Engine Aero-16 seperti gambar 3.17.

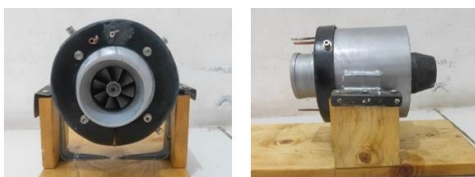


Gambar 3.17 Exhaust Nozzle Micro Turbojet Engine Aero-16.

3.4 Data Hasil Penelitian

Data hasil setelah Retrofit Micro Turbojet Engine Aero-16 selesai dilakukan maka dibutuhkan pengukuran kembali untuk mendapatkan spesifikasi dimensi dari Micro Turbojet Engine Aero-16.

3.4.1 Spesifikasi Dimensi Dan Komponen Micro Turbojet Engine Aero-16



Gambar 4.41 Tampak Depan & Tampak Samping Micro Turbojet Engine Aero- 16.

Spesifikasi Dimensi dan komponen Micro Turbojet Engine Aero-16 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Micro Turbojet Engine Aero-16.

Diameter maksimum	152 mm
Panjang	280 mm
Massa (tanpa stand engine)	3,325 kg
Massa (dengan stand engine)	4,215 kg

Tabel 3.2 Spesifikasi Komponen Micro Turbojet Engine Aero-16.

No.	Nama Komponen	Material	Proses
1.	Kompresor	Titanium	-
2.	Ruang bakar	Stainless Steel	Manufaktur
3.	Turbin & Shaft	Titanium	-
4.	Compressor Shroud	Titanium	Pemodifikasi
5.	Diffuser	Stainless Steel	Manufaktur
6.	Housing Shaft	Stainless Steel	Manufaktur
7.	Stator Turbin	Stainless Steel	Manufaktur
8.	Flange	Plat besi	Manufaktur
9.	Housing	Plat besi	Manufaktur
10.	Exhaust Nozzle	Stainless Steel	Manufaktur

3.4.2 Perbedaan Disain Dan Hasil Manufaktur

Perbedaan di dapatkan pada saat pengukuran pada komponen setelah proses manufaktur, perbedaan ini disebabkan oleh alat penunjang manufaktur yang kurang memadai sehingga masih banyak pengerjaan yang dilakukan secara manual. Perbedaan disini tidak terlalu signifikan dan tidak merubah fungsi dari setiap komponen yang dibuat. Adapun perbedaan dari disain yang direncanakan dan hasil manufaktur dapat dilihat pada tabel 3.3.

Tabel 4.6 perbedaan dimensi pada disain dan hasil manufaktur.

komponen	keterangan	Disain awal	Hasil Manufaktur
diffuser	Diameter	138 mm	136 mm
	Sudut diffuser vanes	64,64°	64°
Stator turbin	Diameter belakan	106mm	108 mm
	Diameter depan	102mm	104 mm
Ruang pembakaran	Panjang	70mm	67 mm
	Diameter	104mm	105 mm
Exhaust nozzle	Panjang	47,5mm	47 mm
	diameter	64.5mm	64 mm

IV. KESIMPULAN

Pada tugas akhir Retrofit *Micro Turbojet Engine Aero-16* berbasis *Turbocharge holset HX-35*. berdasarkan hasil dari penelitian dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. *Micro Turbojet Engine Aero-16* sudah diwujudkan secara nyata dengan proses pemodifikasian dan pemanfaatan komponen pada *turbocharge holset HX-35*. Selain itu dilakukan manufaktur komponen-komponen lainnya untuk menghasilkan siklus kerja *micro turbojet engine* yang sempurna.
2. Perbedaan maksimal yang didapat dari *design blue print* dengan komponen hasil manufaktur sebesar 3 mm. Perbedaan tersebut tidak mengubah fungsi dari komponen yang dihasilkan, dikarenakan pada saat penelitian alat penunjang manufaktur yang kurang memadai dan proses pengerjaan yang masih dilakukan secara manual.

DAFTAR PUSTAKA

1. Arismunandar, Wiranto., 2007, *Pengantar Motor Turbin dan Propulsi*, Bandung Ganesha.
2. Stricker, J. M., 1998. *The Gas Turbine Engine Conceptual Design Process - An Integrated Approach*, Wright-Patterson AFB, Air Force Research Laboratory.
3. Boyce, M. P. 2006. *Gas Turbine Engineering Handbook-second edition*. Houston, Texas: Gulf Publishing Company.
4. AudSpeed. *How turbocharger works*. www.AudSpeed.com. Diakses 21 Desember 2020.
5. Ling, J., Wong, K., & Armfield, S., 2007, *Numerical Investigation of a Small Gas Turbine Compressor*. 16th Australasian Fluid Mechanics Conference (pp. 961- 966). Brisbane: School of Engineering, The Univerity of Queensland.
6. Kamps, T., 2005, *Model Jet Engines (3rd ed.)*. United Kingdom: Traplet Publications.
7. Cohen, H., Rogers, G. F. C. dan Saravanamuttoo, H. I. H. 1987. *Gas Turbine Theory, 3rd edition*. New York: John Wiley & Sons Inc.
8. Conrado, A.C., Lacava, P.T., Filho, A.C.P. dan Sanchez, M.S. 2004. *Basic Design Principles For Gas Turbine Combustor*, 10th Brazilian Congress of Thermal Sciences and Engineering ENCIT 2004. Rio de Janeiro.

9. Hunecke, K., 1997, *Jet Engines: Fundamentals of Theory Design and Operation*. Osceola, WI: Motorbooks International Publishers & Wholesalers.
10. Mattingly, J.D. 1996. *Elements of Gas Turbine Propulsion*. New York: McGraw Hill Book Company, Inc.
11. Hill, P.G. dan Peterson, C.R. 1992. *Mechanics And Thermodynamics Of Propulsion 2nd Ed*. USA: Addison-wesley publishing Company.

