



TRAKSI

MAJALAH ILMIAH TEKNIK MESIN

DAFTAR ISI

PENGANTAR REDAKSI

DAFTAR ISI

- **Pengaruh Putaran Motor Dan Variasi Buka-an Katub Terhadap Kapasitas Aliran Air Dalam Pipa ½ Inchi**
Dwi Basuki Wibowo; Julian Alfajar..... 54 – 61
- **Ekspansi Belokan Efektif Untuk Meredam Pertambahan Panjang Pipa Karena Pemuaian**
Murni..... 62 – 68
- **Memilih Diameter Pipa PVC Yang Memberikan Nilai Paling Ekonomis Dalam Perencanaan Sistem Pemipaan Pompa Air**
Mustaqim.....69 – 73
- **Kaji Eksperimental Hubungan Antara Temperatur Bola Dan Temperatur Bola Kering Dengan Variabel Kecepatan Udara**
Purnomo74 – 79
- **Unjuk Kerja Low Pressure Compressor (LPC) Dan Specific Fuel Consumption (SFC) Mesin Turbo Jet Spey MK555-15H**
Sutomo; Ireng Sigit A.....80 – 86
- **Motor Listrik Tiga Fasa Sebagai Penggerak Alat Bantu Kapal..... 87 - 92**
Senen

UNJUK KERJA LOW PRESSURE COMPRESSOR (LPC) DAN SPECIFIC FUEL COMSUMPTION (SFC) MESIN TURBO JET SPEY MK555-15H

Sutomo ¹⁾ ; Ireng Sigit A²⁾

Abstract

The first of the whole process in this engine (Turbo Jet Spey MK555-15H) is the action of Low Pressure Compressor (LPC). Low Pressure Compressor is axial compressor with axial flowing. LPC is moved by gas turbine shaft which is moved by high energy of internal combustion in combustion chamber. If LPC can not supply the standard pressure of air so the internal combustion process will disturb and will be turned down the power of gas turbine. Bas on this reason, this research would like to know the effective rotation (rpm) to produce the influence of out put pressure LPC and specific fuel consumption (SFC) in order to give the high efficiency and high performance of this engine. The result of this research indicated that the increasing of rotation will cause increasing the output pressure and pressure ratio. The above of 6951 rpm, the increasing of pressure ratio and the output pressure is slowly. Low rotation will need high SFC, after the above of 5089 rpm will give indication that SFC is stability on low SFC. So this engine will give high efficiency and high performance in high rotation condition up to 8532 rpm.

Key word : Turbo Jet, rotation, out put pressure, specific fuel consumption.

PENDAHULUAN

Low Pressure Compressor adalah kompresor axial yang terdiri dari rotor dan stator. Rotor mempunyai sudu-sudu (blades) yang dipasang sangat kuat pada spindel. Sudu-sudu ini akan memberikan gaya dorong ke belakang seperti pada baling-baling. Kecepatan putar rotor yang sangat tinggi mengakibatkan penghisapan udara untuk masuk ke dalam lubang masuk kompresor dan mendorong, menekan ke belakang 4 tingkat pada Low Pressure Compressor (LPC). Proses-proses yang berlangsung pada motor turbo-jet sama dengan proses yang berlangsung pada motor piston (bensin), hanya tempat dimana terjadinya proses yang berbeda.

Keuntungan dari sistem turbin gas ini dibandingkan dengan motor piston adalah bahwa jenis bahan bakar yang dapat dipergunakan lebih halus, getaran-getaran lebih sedikit karena tidak ada unit yang bergerak bolak-balik, dan daya yang besar sampai dengan 200.000 hp, pada satu poros dapat diperoleh. Proses pembakaran terjadi secara kontinu, sehingga temperatur gas pembakaran harus dibatasi sesuai dengan kekuatan material sudu-sudu turbinnya. Temperatur gas pembakaran keluar dari ruang bakar antara 500 – 1100 °C, untuk membatasi temperatur keluar dari ruang bakar maka sistem turbin gas mempergunakan jumlah udara yang berlebihan.

Karena pentingnya awal mula kondisi udara keluar dari LPC untuk mensuplay HPC dan pembakaran yang ideal serta efektif di combustion section. Maka dilakukan penelitian untuk mengetahui unjuk kerja kompresor dan specific fuel consumption (SFC) yang efektif sesuai dengan putaran kerjanya (rpm). Hasil penelitian mengindikasikan bahwa bertambahnya putaran akan meningkatkan pressure ratio dan output pressure, di atas 6901 rpm akan terjadi peningkatan pressure ratio dan out put pressure yang lambat. Sedangkan SFC akan ideal setelah melewati putaran 5089 rpm keatas.

¹⁾ Staf Pengajar PSD III Jurusan Mesin UNDIP

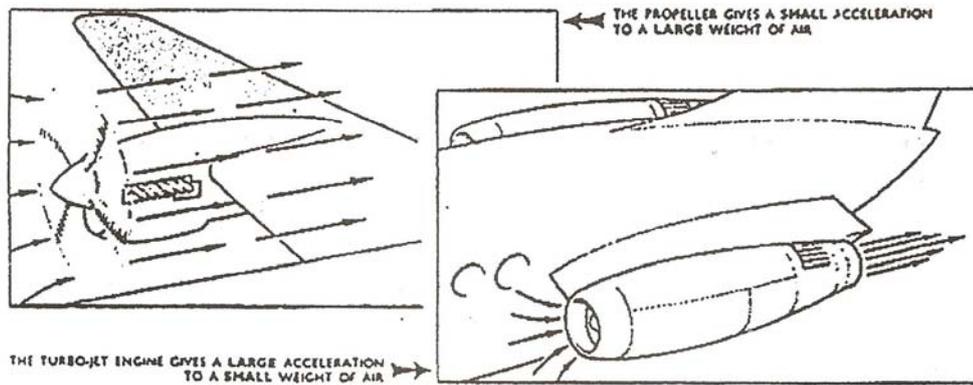
²⁾ Staf Pengajar PSD III Jurusan Mesin UNDIP

TINJAUAN PUSTAKA

Pada umumnya motor turbin-jet mempunyai bagian-bagian utama sebagai berikut:

Bagian pemasukan udara	6.	Sistem-sistem
1. Kompresor	-	Sistem starting
2. Ruang bakar	-	Sistem bahan bakar
3. Turbin	-	Sistem pelumasan
4. Saluran gas buang (<i>exhaust duct</i>)	-	Sistem anti es
5. Alat-alat bantu (<i>accessories</i>)	-	Sistem pendinginan, dll.

Mesin ini memiliki aliran/saluran aksial, saluran *by-pass* dengan *twin spool compressor* yang digerakkan oleh poros koaksial turbin. Kompresor arus aksial mempunyai dua bagian utama, yaitu rotor dan stator, rotor mempunyai sudu-sudu (*blades*) yang dipasang kuat pada spindel. Sudu-sudu ini memberikan gerak dorong (*impel*) ke arah belakang seperti pada baling-baling. Rotor berputar dengan kecepatan putar yang tinggi (*high speed*), menghisap udara ke dalam lubang masuk kompresor (*compressor inlet*) dan mendorong ke belakang dengan 4 tingkat pada *L.P. Compressor* dan 12 tingkat pada *H.P. Compressor*.

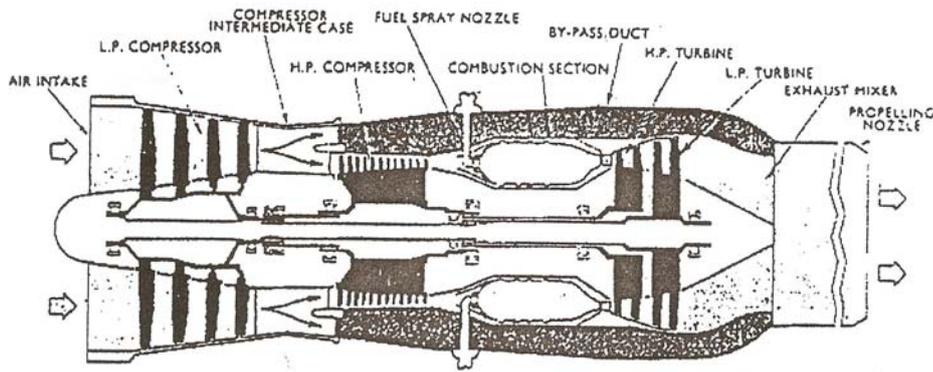


Gambar 1. Dorongan (Thrust) untuk mesin propeller dan mesin jet

Aksi motor mengakibatkan naiknya tekanan udara pada setiap tingkat dan mempercepat udara ke arah belakang dengan beberapa tingkat tadi. Dengan menaikkan kecepatan udara, maka berpindahlah energi dari kompresor ke udara yang dipercepat itu dalam bentuk energi kecepatan. Sudu-sudu stator berfungsi sebagai difuser pada setiap tingkat dengan mengubah sebagian kecepatan menjadi tekanan, dan setiap pasangan rotor dan stator akan menaikkan tekanan.

Sudu-sudu rotor biasanya didahului oleh rangkaian sudu-sudu pengahantar pemasukan (*inlet guide vanes assembly*). Sudu-sudu pengahantar (*guide vanes*) mengarahkan arus udara ke dalam sudu-sudu rotor tingkat pertama dengan sudut yang tepat dan melakukan gerakan memuntir (*swirling motion*).

Udara yang dikompresikan oleh *L.P. Compressor* dibagi menjadi 2 saluran/aliran di dalam *compressor intermediate case*. Satu aliran selanjutnya dikompresikan oleh *H.P. Compressor* untuk menyediakan proses pembakaran di dalam ruang pembakaran. Dan aliran yang lainnya kemudian langsung menuju ke saluran *by-pass* ini akan mendinginkan mesin pada bagian luar dan juga akan bergabung dengan gas sisa pembakaran dari turbin di dalam *exhaust mixer*.



Gambar 2. Konstruksi bagian dalam dari mesin Turbo-Jet Spey

Dalam udara atmosfer ini volume dari oksigen (O_2) adalah kira-kira 21% sedangkan sisanya adalah volume dari nitrogen (N_2) dan gas-gas lainnya sebesar 79%. Keadaan di dalam atmosfer sering mengalami perubahan, terutama keadaan temperatur, tekanan, gerakan udara, intensitas listrik dan sebagainya. Oleh karena sifat-sifat perubahan pada setiap ketinggian, maka diadakan pembagian atmosfer beberapa lapisan, yaitu :

- Lapisan Troposfer, merupakan lapisan yang paling dekat dengan permukaan bumi dan terdapat sampai ketinggian 10 – 12 km di atas permukaan laut. Pada lapisan ini masih paling banyak untuk aktifitas penerbangan.
- Lapisan Stratosfer, terletak di atas lapisan Troposfer pada ketinggian kira-kira 12 km sampai dengan 80 km. Keadaan dalam lapisan ini jauh lebih stabil daripada lapisan troposfer, temperaturnya praktis konstan dan berkisar kira-kira $-55^{\circ}C$.
- Lapisan Ionosfer terletak di atas lapisan stratosfer yaitu mulai dari ketinggian 80 km sampai dengan kira-kira 1000 km di atas permukaan laut.
- Lapisan Eksosfer dimulai pada ketinggian 1000 km di atas permukaan laut dan terus sampai dengan tidak terbatas hingga menjadi ruang vakum kosmos.

Tekanan ini pada permukaan bumi ini dinyatakan dalam tekanan atmosfer. Tekanan ini pada permukaan air laut adalah kira-kira sebesar 760 mmHg (29,92 inch Hg). Semakin tinggi kita naik ke atas tekanan atmosfer semakin berkurang. Ini disebabkan karena semakin tinggi, udara sedikit. Pada lapisan atmosfer bagian bawah berlaku suatu ketentuan bahwa suhu akan menurun sekitar $2^{\circ}C$ setiap kita naik 300 m ke atas atmosfer, sehingga pada lapisan stratosfer keadaan suhu sudah menjadi kira-kira $-55^{\circ}C$.

Kerapatan udara pada setiap tempat bergantung dari 2 faktor yaitu temperatur dan tekanan. Jika tekanan berkurang, kerapatan udara juga berkurang akan tetapi bila temperatur bertambah maka kerapatan udara akan naik. Menurut ISA Sea-Level atau Standar Atmosfer Internasional, di atas permukaan laut terdapat temperatur $15^{\circ}C$, tekanan 29,921 inchHg, atau 760 mmHg, dan kerapatan udara 0,002378 slugs/cu.ft atau $1,2250 \text{ kg/m}^3$.

Bagian pembakaran adalah tempat terjadinya proses pembakaran udara yang dimampatkan dari kompresor langsung masuk kedalam ruang pembakaran ini menjadi panas dan bercampur dengan bahan bakar yang dikabutkan dari nosel, lalu terbakar dan menghasilkan gas dengan suhu tinggi, sehingga energi-dalam bahan bakar berubah menjadi energi panas yang dipindahkan pada udara dan gas. Sebagian besar dari energi ini dipakai oleh turbin guna memutar kompresor.

Fungsi utama bagian pembakaran adalah mencampur bahan bakar-udara, dengan demikian terjadi penambahan panas ke udara yang menerobos bagian pembakaran dari bagian kompresor ke bagian turbin, demikian juga gas yang terjadi dari hasil pembakaran dalam ruang pembakaran. Guna mendapatkan proses pembakaran yang efisien, maka ruang pembakaran harus :

- Memberikan cara untuk pencampuran yang sebaik-baiknya antara bahan bakar dan udara, untuk menjamin pembakaran yang baik dan sempurna.
- Membakar campuran dengan efisien.
- Mendinginkan hasil pembakaran yang panas itu sampai pada tingkat suhu yang mana sudu-sudu turbin dapat tahan pada kondisi kerja.
- Meneruskan gas panas ke turbin gas.

Arus bahan bakar terkoreksi (lb/hr) :

$$F_{\text{corr}} = F_{\text{act}} \cdot \left(\frac{285.15}{T_1 + 273.15} \right)^{0.5} \left(\frac{14.696}{P_1} \right) f_F \quad (1)$$

Dimana :

- F_{act} = arus bahan bakar yang terbaca (lb/hr)
- T_1 = temperatur udara masuk kompresor LPC ($^{\circ}\text{C}$)
- P_1 = tekanan udara masuk kompresor LPC
- f_F = specific heat correction factor
- $f_F = 1,015 - 0,001T_1$

$X_{G \text{ corr}}$ = thrust yang terkoreksi (lb)

$$X_{G \text{ corr}} = X_{G \text{ act}} \cdot \left(\frac{288.15}{T_1 + 273.15} \right)^{0.5} \left(\frac{14.696}{P_1} \right) \quad (2)$$

Dimana :

- $X_{G \text{ act}}$ = thrust yang terbaca (lb)
- $f_X = 1,00675 - 0,00045T_1$
- f_X = thrust correction factor

Specific Fuel Consumption (SFC)

$$\text{SFC} = \frac{F_{\text{corr}}}{X_{G \text{ corr}}} \quad (3)$$

METODOLOGI

Mesin yang dipakai adalah mesin SPEY MK 555-15H dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

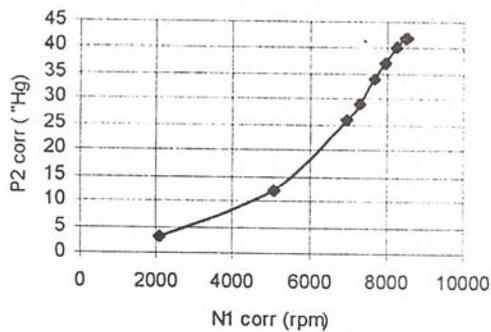
Spesifikasi	
Tipe mesin	By-pass Turbo-jet (Spey MK555-15, -15H, -15N dan -15P)
Trust minimum yang diijinkan	9850 lb (MK555-15 dan -15N) 9900 lb (MK555-15H dan -15P)
100% N1 (LPC speed)	8393 rpm
100% N2 (HPC speed)	12.136 rpm
Arah rotasi	Anti-clockwise, bila dilihat dari belakang
Rasio kompresi	15,81 : 1 (MK555-15 dan -15N) 15,88 : 1 (MK555-15H dan -15P)
Perbandingan aliran By-pass terhadap aliran H.P. Compressor	1,015 : 1 (MK555-15 dan -15N) 1,011 : 1 (MK555-15H dan -15P)
Tipe kompresor	Twin spool (arus aksial), 4 tingkat LPC, 12 tingkat HPC, yang dilengkapi dengan <i>Inlet Guide Vanes</i> dan <i>bleed valve</i> .
Tipe turbin	Twin spool, 2 tingkat LPT dan 2 tingkat HPT
Tipe ruang pembakaran	10 buah tabung pembakar (<i>combustion chamber</i>) <i>Can-annular</i> , lurus (arus sejajar), tersambung antara satu dengan yang lainnya dengan penghubung.
Sistem bahan bakar	Pompa bahan bakar <i>Multi-plunger</i> yang dikontrol oleh sistem mekanik, dengan pengatur akselerasi dan kontrol kecepatan.
Sistem start	Unit starter turbin yang digerakkan dengan udara tekanan rendah dan terhubung oleh sebuah katup pengontrol udara otomatis.
Tipe bahan bakar	Avtur JP.1 ASTM D1655-78/JET A-1 (Kerosine Type)
Tipe Oli	MOBIL JET OIL II
Dimensi	
Panjang keseluruhan	102,32 in (259, 89 cm.) (MK555-15 dan -15N) 105,34 in. (267,56 cm.) (MKK555-15H dan P)
Diameter intake	32,45 in. (82,54 cm)
Diameter keseluruhan	37,14 in (94,34 cm.)
Berat kering mesin	2222 lb. (1008 kg) \pm 1,5% (MK555-15) 2247 lb. (1019 kg) \pm 1,5% (MK555-15H) 2238 lb. (1015 kg) \pm 1,5% (MK555-15N) 2257 lb. (1024 kg) \pm 1,5% (MK555-15P)

Sesuai dengan prosedur starting engine, selanjutnya diamati perubahan keptan putarannya sampai 9 posisi maksimum. Setiap posisi putaran (rpm) diamati out put pressure dan pressure ratio (LPC) serta F_{act} dan $X_{G_{act}}$. Selanjutnya dicari SFC_{corr} sesuai rumus Specific Fuel Consumption yang terkoreksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

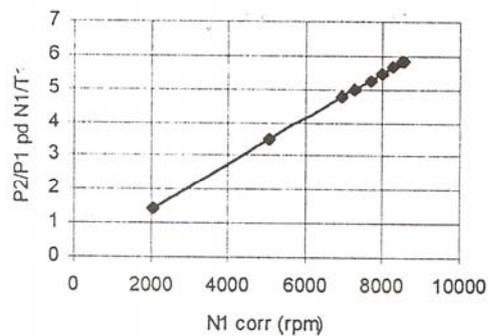
Setelah diperoleh data-data dan dianalisa dengan statistik didapatkan grafik yang dapat menggambarkan pengaruh dari masing-masing perilaku meningkatnya putaran (rpm) akan meningkatkan out put pressure dan pressure ratio LPC, hal ini dimungkinkan terjadi karena peningkatan putaran akan meningkatkan energi kinetis partikel udara, yang selanjutnya diubah menjadi energi tekanan oleh LPC. Namun setelah pada putaran 6951 rpm kenaikan out put pressure dan pressure ratio kurang begitu cepat, ada kecenderungan melambat pada putaran yang tinggi di atas 8245 rpm. SFC_{corr} adalah Specific Fuel Consumption yang telah terkoreksi akan kelihatan menurun tajam setelah dilewati putaran 2067 rpm; SFC sangat ideal sekali untuk mendapatkan thrust yang tinggi pada putaran tinggi. Kejadian ini dimungkinkan karena hampir semua peningkatan energi tekanan, energi panas dan energi dorongan, semua arah axial sehingga efisiensi energi akan lebih dapat ditingkatkan.

Grafik N1 corr VS P2 corr



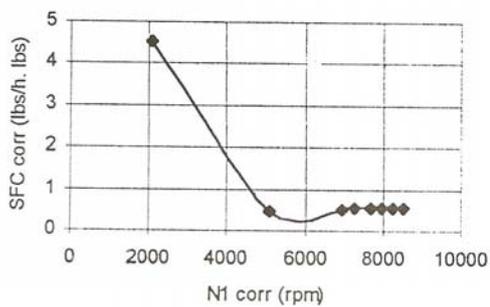
Grafik 1. Putaran terkoreksi vs P2_{corr}

Grafik N1 corr VS P2/P1 pada N1/T1



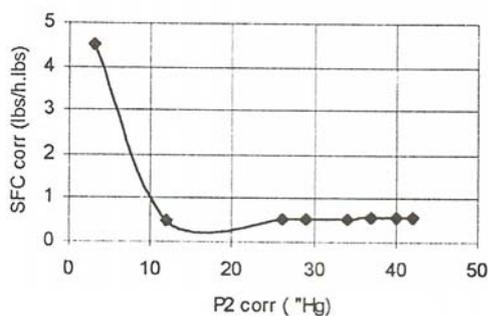
Grafik 2. N1_{corr} vs P2/P1 pada N1/T1

Grafik N1 corr VS SFC corr



Grafik 3. Putaran terkoreksi vs SFC_{corr}

Grafik SFC VS P2 corr



Grafik 4. SFC vs P2_{corr}