

# PENGARUH PUTARAN TERHADAP KEPERLUAN BAHAN BAKAR DAN THRUST TURBO JET SPEY MK 555-15H

Juli Mrihardjono, Sutomo

JURUSAN TEKNIK MESIN PSD III FT UNDIP SEMARANG

JL. PEDALANGAN, TEMBALANG, SEMARANG 50239

TELP. 024 7471373 FAX. 024 7460655

## Abstract

*Turbo Jet SPEY 555-15 is Rolls Royce's production, which is used by Concord Air Plane. This engine has external flowing by-pass channel with twin spool axial compressor and be moved by coaxial turbine shaft. This engine has four low pressure stages and twelve high pressure stages compressor to supply the high energy of air in order to have high internal combustion energy in combustion chamber. This research would like to know the influence of rotation (rpm) to fuel consumption and trust of the engine. The result of this research have indicated that increasing of rotations will cause increasing fuel consumption and trust but for fuel consumption (FC) will decrease up to 5089 rpm. Fuel consumption (FC) will be constant if the speed more than 5089 rpm more than 8501 rpm, the fuel consumption and trust will be effective.*

*Key word : Turbo jet, Rolls Royce, rotation, fuel consumption, trust.*

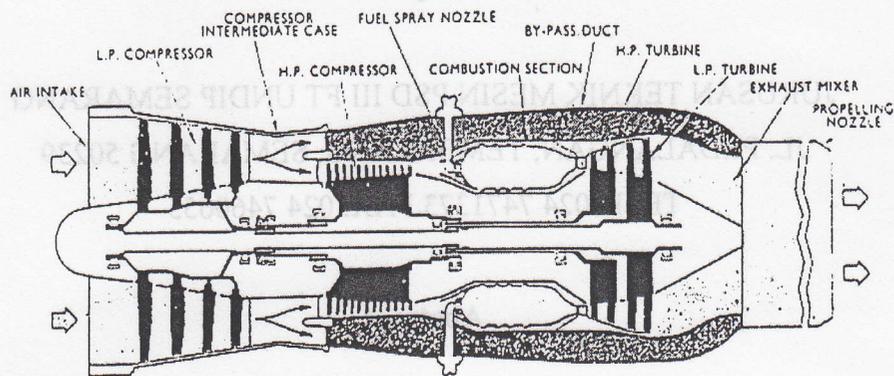
## PENDAHULUAN

Nama "Spey" diambil dari salah satu nama sebuah sungai yang ada di negara Inggris. Mesin ini dibuat oleh pabrik Rolls-Royce yang terletak di kota Derby. Rolls-Royce tidak hanya memproduksi mesin-mesin aeromotif, tetapi juga memproduksi mesin-mesin otomotif dan juga industri berat lainnya. Mesin Spey ini di produksi sekitar tahun 1940-1950an. Pada perkembangan terakhirnya pun mesin yang diproduksi oleh Rolls-Royce dan digunakan pada pesawat *Concord*-pesawat yang dibuat oleh perusahaan Perancis, kini tidak dioperasikan lagi. Proses pembakaran terjadi secara kontinu, sehingga temperatur gas pembakaran harus dibatasi sesuai dengan kekuatan material sudu-sudu turbinnya.

[Http://Jurnal.unimus.ac.id](http://Jurnal.unimus.ac.id)

Jenis-jenis motor turbin gas :

- Motor turbo-jet.
- Motor turbo propeller (*motor turboprop*).
- Motor turbo-fan.



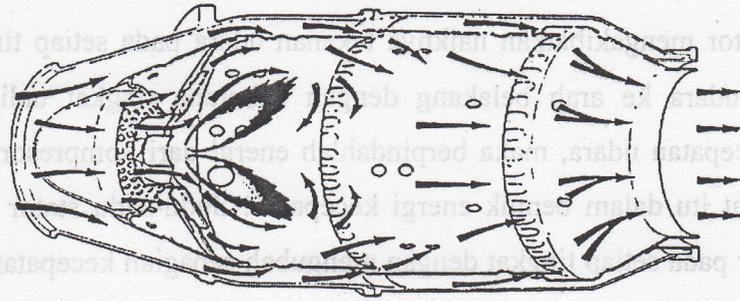
Gambar 1. Konstruksi bagian dalam mesin Spey

Dari proses pembakaran pada mesin jet, memang menarik perhatian untuk mengetahui keperluan bahan bakar yang dipengaruhi oleh perubahan putaran. Sehingga pada penelitian ini akan diketahui keperluan bahan bakar yang efektif. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa bertambahnya kecepatan putar akan mengakibatkan FC (*Fuel Consumption*) akan turun dan trust juga turun pula. Tetapi setelah putaran sampai pada 5089 rpm, FC akan naik secara pelan-pelan, sedangkan trust akan naik lebih cepat.

## TINJAUAN PUSTAKA

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. Dari proses pembakaran pada mesin jet, memang menarik perhatian untuk mengetahui keperluan bahan bakar yang dipengaruhi oleh perubahan putaran.

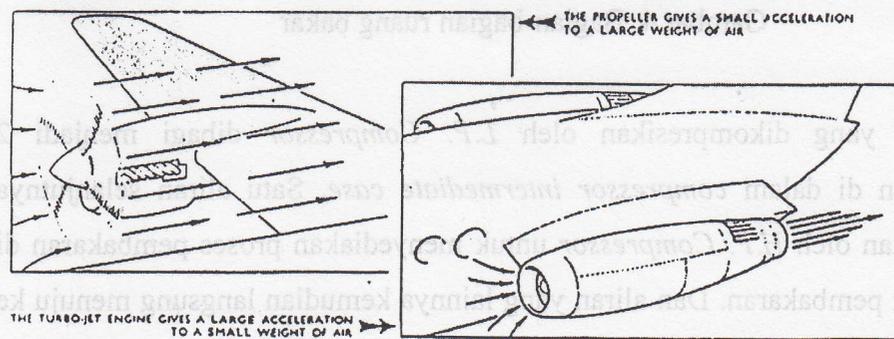


Gambar 2. Proses pembakaran

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

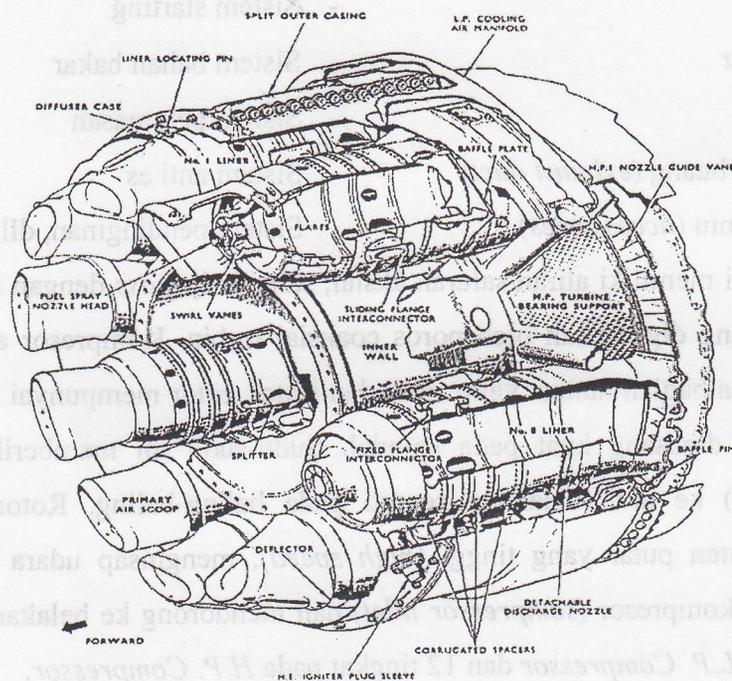
- |  |                            |
|--|----------------------------|
| 1. Bagian pemasukan udara                    | 7. Sistem-sistem           |
| 2. Kompresor                                 | - Sistem starting          |
| 3. Ruang bakar                               | - Sistem bahan bakar       |
| 4. Turbin                                    | - Sistem pelumasan         |
| 5. Saluran gas buang ( <i>exhaust duct</i> ) | - Sistem anti es           |
| 6. 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 (*sompressor inlet*) dan mendorong ke belakang dengan 4 tingkat pada *L.P. Compressor* dan 12 tingkat pada *H.P. Compressor*.



Gambar 3. Thrust pada 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 penghantar pemasukan (*inlet guide vanes assembly*). Sudu-sudu penghantar (*guide vanes*) mengarahkan arus udara ke dalam sudu-sudu rotor tingkat pertama dengan sudut yang tepat dan melakukan gerakan memuntir (*swirling motion*).



Gambar 4. Bagian-bagian ruang bakar

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*.

Bagian pembakaran adalah tempat terjadinya proses pembakaran udara yang dimampatkan dari kompresor langsung masuk ke dalam 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.

Semua ruang pembakaran terdiri dari elemen-elemen dasar yang sama :

- Peti (*casing*)
- Laras dalam lubang-lubang (*perforated innerliner*)
- Sistem injeksi bahan bakar (*fuel injection system*)
- Beberapa perlengkapan untuk penyalaan permulaan
- Sistem pembuangan bahan bakar untuk mengeluarkan bahan bakar sisa yang tidak terbakar.

Ada tiga jenis tabung pembakaran. Ketiga jenis ini berbeda bagian-bagiannya antara lain :

- Tabung Ganda (*multiple chamber*) atau jenis kan (*can type*)
- Jenis annular (*annular type*)
- Jenis annular kan (*can annular type*)

Di dalam bagian pembakaran (*Combustion Chamber*) ada beberapa hal yang sering terjadi kerusakan yaitu pada bagian pengeluaran pembakaran (*Discharge Nozzle*) sebab pada bagian ini terdapat lekukan yang mengakibatkan terjadinya keretakan akibat proses pembakaran, adapun penyebabnya lainnya antara lain :

1. Erosi yang menimbulkan crak yang menyebabkan kikis karena panas.
2. *Deformation* (perubahan bentuk) dan aus karena terlalu sering terkena proses pembakaran.

### 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 <i>By-pass</i> terhadap aliran <i>H.P. Compressor</i>	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

<b>Dimensi</b>	
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)

Mesin dijalankan sesuai dengan prosedur starting, selanjutnya diamati perubahan kecepatan putarnya sampai 9 seting. Setiap seting putaran diamati keperluan bahan bakar dan thrust yang ditimbulkan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

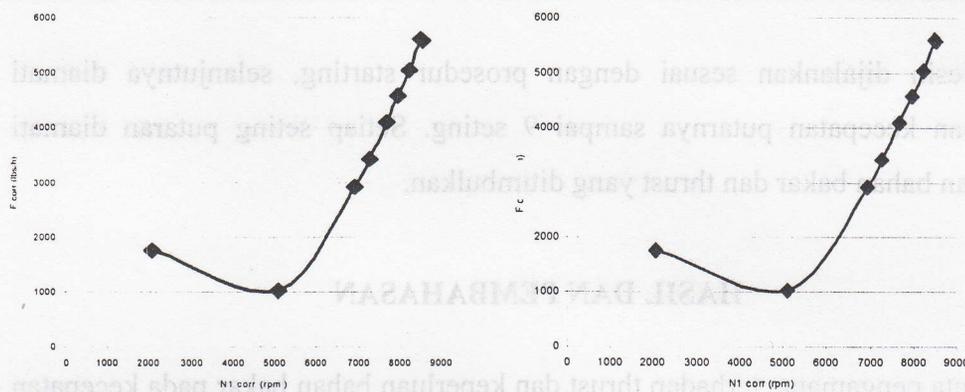
Data pengamatan terhadap thrust dan keperluan bahan bakar pada kecepatan putar tertentu, selanjutnya dianalisa dengan statistik.

Tabel 1. Pengaruh peningkatan putaran pada Bahan bakar (F terkoreksi) dan Thrust (XG terkoreksi).

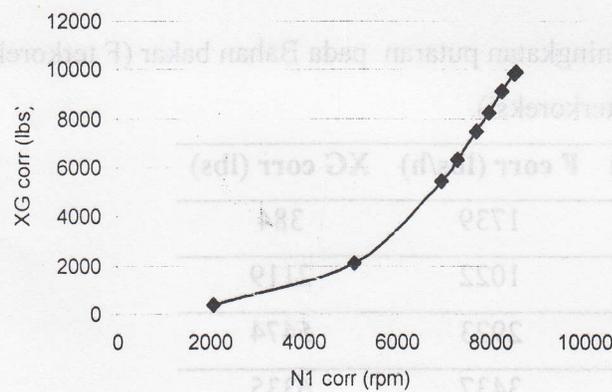
No	N1 corr (rpm)	F corr (lbs/h)	XG corr (lbs)
1	2067	1739	384
2	5089	1022	2119
3	6951	2923	5474
4	7290	3437	6335
5	7693	4097	7479
6	7963	4591	8274
7	8246	5051	9134
8	8501	5611	9869
9	8534	5583	9905

Pada grafik terlihat bahwa pada putaran rendah berakibat keperluan bahan bakar besar dan akan turun smpai pada putaran 5089 rpm. Selanjutnya setelah

putaran 5089 rpm, keperluan bahan bakar akan meningkat tajam sampai putaran 6951 rpm, kenaikan putaran juga akan menaikkan keperluan bahan bakar yang normal tidak terlalu tajam (besar). Sampai pada putaran 8501 rpm. Selanjutnya pada putaran tinggi mulai dari putaran 8501 rpm diperlihatkan bahwa bahan bakar tidak begitu naik apa bila putaran ditambah sehingga mesin jenis turbo jet ini akan sangat efektif pada putaran tinggi di atas 8501 rpm.



Grafik 1. Peningkatan putaran vs Bahan bakar



Grafik 3. Bahan bakar vs Thrust

Diperkirakan pada putaran yang tinggi, diperoleh udara intake (udara masuk) dari *H.P Compressor* cukup tinggi dan sangat efektif untuk pembakaran bahan bakar di dalam *combustion section* selanjutnya *enthalpy* (isi panas) yang ditimbulkan juga sangat efektif untuk memutar turbin gas yang *High Pressure* (HP) maupun *low pressure* (LP)

Begitu pula pada thrust atau gaya dorong mesin akan meningkat dari putaran rendah sampai putaran 6915 rpm. Selanjutnya kenaikan putaran akan diikuti dengan naiknya thrust yang bersifat normal sampai putaran 8501 rpm dengan thrust sebesar 10000 Nos. Selanjutnya pada putaran lebih dari 8532 rpm kenaikan thrust dan keperluan bahan bakar tidak tercatat.

### KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah dilakukan pembahasan di atas maka dapat disimpulkan bahwa :

- Pada putaran rendah, keperluan bahan bakar turun dengan thrust yang kecil pada putaran 5089 rpm.
- Bahan bakar akan efektif dari putaran 6951 rpm sampai 8501 rpm.
- Thrust juga akan efektif dari putaran 6951 rpm sampai 8501 rpm.
- Pada putaran yang tinggi di atas 8501 rpm, keperluan bahan bakar akan sangat menghemat.
- Mesin Turbojet Rolls-Royce SPEY MK555-15H akan sangat efektif pada putaran tinggi diatas 8501 rpm.

### DAFTAR PUSTAKA

- Juli 1966, *The Jet Engine Rolls-Royce Limited*, Derby-England 2<sup>nd</sup> Edition.
- Juli 1980, *Basic Hand Book, Gas Turbine Engine*, Jakarta Training Service Division, Jakarta.
- Agustus 2002, *Inspection Procedures Manual*, GMF Aero Asia.
- Agustus 2002, *Maintenance Organization Exposition*, GMF Aero Asia,
- September 2003, *Angkasa*, Majalah No. 12, Tahun XIII.
- Spey Engineers 'MK555-15'*, Rolls-Royce Customer Training Center.
- Haryono, Yosl dan Atas Tambunan. Drs, 1982, *Motor Pesawat Terbang*.
- Michael, Kroes. J. dan Thomas W. Wild, 1990, *Aircraft Power Plant Seventh Edition*, Mc. Grow.Hill International, New York, USA.