

PENGUJIAN VIBRASI PADA TEST CELL TURBOFAN ENGINE TYPE CFM 56-7B

Abdul Syukur A., Daryadi, Sunarto, Adhy Purnomo

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang, Kotak Pos 6199/SMS, SEMARANG 50329
Telp (024) 7473417, 7466420 (Hunting), Fax. 7472396

Abstrak

Penggunaan pesawat terbang sebagai sarana transportasi sangat penting bagi masyarakat dunia. Dengan tingginya jam terbang pesawat terbang tersebut, kondisi pesawat harus tetap diperhatikan terutama komponen-komponen yang ada di dalamnya. Perawatan pesawat terbang pun menjadi hal yang penting untuk diperhatikan agar selalu dalam kondisi terbaik saat terbang. Pelaksanaan *maintenance* pesawat melibatkan berbagai bidang ilmu pengetahuan, yaitu bidang elektronik instrumentasi, mekanik, mesin, manajemen, inspeksi dan lain-lain. Salah satu fasilitas *maintenance* yang dilakukan oleh PT. GMF AeroAsia adalah *Test Cell*. dimana akan dibahas tentang urutan proses melakukan uji *Test Cell* mulai dari persiapan, pengetesan dan pengambilan hasil pengujian. Sehingga didapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menganalisis performa Engine terhadap kriteria layak atau tidaknya Engine tersebut untuk digunakan. Dari pengujian Engine CFM56-7B yang di lakukan pada *Test Cell* tidak di temukan adanya vibrasi berlebihan..

Kata Kunci : “*Test cell*”, “*Vibrasi*”.

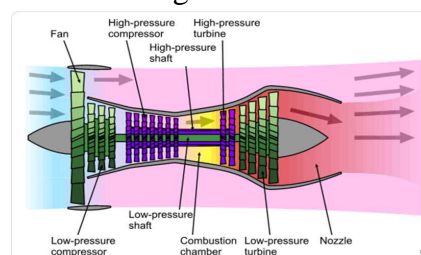
1. Pendahuluan

Industri pesawat terbang dalam satu dekade terakhir mengalami pertumbuhan yang sangat cepat terutama di Indonesia. Pesawat terbang digunakan untuk mengangkut orang dan barang dari satu tempat ke tempat lainnya. Penggunaan pesawat terbang sebagai sarana transportasi dan angkut barang, dewasa ini, sering digunakan oleh masyarakat dunia. Dengan tingginya jam terbang pesawat terbang tersebut, kondisi pesawat harus tetap diperhatikan. Pemilik pesawat harus memperhatikan komponen-komponen yang ada di dalamnya agar selalu dalam kondisi terbaik saat terbang. Perawatan pesawat terbang pun menjadi hal yang penting untuk diperhatikan. Mesin pesawat terbang merupakan hal yang sangat penting pada pesawat, oleh karena itu perawatan mesin pun perlu diperhatikan dengan baik. Engine Maintenance pada PT GMF AeroAsia merupakan bagian yang bertugas melakukan perawatan mesin tersebut. Pada badan pesawat sendiri terdiri dari berbagai komponen utama, yaitu *fuselage* atau badan pesawat, *elevator* atau *stabilizer horizontal*, *rudder* atau *stabilizer vertical*, *aileron* atau posisi pada *wing*, *nose*, *landing gear*, *engine*. *Maintenance* pada pesawat yang dikelola oleh PT. GMF AeroAsia sendiri terdapat 2 bagian utama, yaitu *line*

maintenance dan *base maintenance*. Pelaksanaan *maintenance* pesawat melibatkan berbagai bidang ilmu pengetahuan, yaitu bidang elektronik instrumentasi, mekanik, mesin, manajemen, inspeksi dan lain-lain. Salah satu fasilitas *maintenance* yang dilakukan oleh PT. GMF AeroAsia adalah *Test Cell*. Mengenai ruang lingkup penelitian ini yang akan dibahas adalah tentang “*Pengujian Performa Engine CFM 56-7 pada Test Cell*” dimana akan dibahas tentang urutan proses melakukan uji *Test Cell* mulai dari persiapan, pengetesan dan pengambilan hasil pengujian. Sehingga didapatkan parameter-parameter yang dibutuhkan untuk menganalisis performa Engine terhadap kriteria layak atau tidaknya Engine tersebut untuk digunakan.

2. Tinjauan Pustaka

Mesin turbofan adalah tipe mesin yang banyak digunakan sebagai mesin penggerak pesawat terbang.



Gambar 1. Sistem Kerja Turbo Fan

Kata “turbofan” adalah penggabungan kata dari turbine dan fan. Fungsi utama Engine yang terdapat pada pesawat adalah sebagai penggerak utama dan supplier utama instalasi listrik serta pneumatic setelah APU dimatikan. Turbo mereferensikan turbin gas yang ada didalamnya yang mengekstrak energi dari pembakaran. Sedangkan kata fan mereferensikan sistem yang mengekstrak energi mekanik dari turbin gas untuk mendorong udara ke belakang. Dalam prinsip kerjanya, mesin turbofan memiliki 4 langkah prinsip kerja dasar, yaitu Suck-Squeeze-Bang-Blow. Gaya dorong yang terjadi diekstrak untuk memutar kompresor, sehingga tahapan awal dapat berlangsung lagi. Siklus ini merupakan siklus Brayton, dimana menurut hukum siklus tersebut, semakin tinggi temperatur yang bisa dicapai, makin baik efisiensi thermal yang didapat. Turbofan Engine CFM56-7B24E merupakan kerjasama produksi antara perusahaan General Electric (GE) sebagai bidang manufaktur dan Snecma sebagai bidang keuangan yang kesepakatannya terjadi pada tahun 1969. CFM bukanlah sebuah akronim melainkan pengambilan nama dengan kombinasi dari kedua perusahaan tersebut yaitu GE CF6 dan Snecma’s M56, sedangkan kode 24E sendiri diartikan sebagai thrust (gaya dorongnya) sebesar 24,000 pounds. Dengan dukungan penuh dari perusahaan induk (CFM) yang memegang saham yang sama, memiliki fungsi ganda yaitu secara keseluruhan program manajemen, atas nama GE dan SNECMA, serta satu interface dengan pelanggan untuk dukungan pemasaran dan produk dengan berbagai Thrust (gaya dorong) 18,500 s/d 24,000 pounds. CFM56 didasarkan pada mesin GE F101 (dikembangkan untuk B-1 bomber) dengan 9-stage kompresor tekanan tinggi digerakkan oleh 1-stage turbin tekanan tinggi. CFM56-7 dikembangkan untuk menyediakan generasi berikutnya, yaitu 737 operator dengan thrust yang lebih tinggi, peningkatan efisiensi, dan biaya pemeliharaan yang lebih rendah daripada pendahulunya, CFM56-3.

Pesawat Boeing maupun Airbus *Family* pada umumnya menggunakan sumber tenaga mesin dari *turbofan engine* tipe CFM56-7B produksi oleh 2 perusahaan gabungan yaitu General Electric (GE) dan Snecma. Engine CFM56-7B di dukung oleh *nacelles* (selubung) yang kokoh. Engine CF56-7B adalah jenis mesin dengan rotor ganda, *axial flow turbofan* dengan *high bypass ratio*



Gambar 2. Penampang melintang engine CFM56-7B

Udara dihisap masuk ke *intake* oleh *fan blades* dan terbagi menjadi 2 jalur aliran, yaitu *primary flow* dan *secondary flow*. Aliran udara utama (*primary airflow*) melewati bagian dalam dari *fan blades* dan diarahkan ke *booster* (LPC). Jalur aliran kemudian memasuki *High Pressure Compressor* (HPC) dan setelah itu masuk ke *combustion chamber* (ruang bakar). Dicampur dengan bahan bakar lalu dinyalakan, aliran gas memberikan energi untuk *High Pressure Turbine* (HPT) dan *Low Pressure Turbine* (LPT). Kemudian jalur aliran sekunder (*secondary flow*) melewati bagian terluar dari *fan blades*, *The Outlet Guides Vanes* (OGV's), dan keluar melalui *nacelles* (selubung) saluran pembuangan, memproduksi sekitar 80% dari *thrust* (gaya dorong) dan juga berperan dalam sistem *thrust reverser* (pengereman pesawat). Pada statis power *take-off*, *By-pass ratio* mesin antara 5,1: 1 dan 5,5: 1, tergantung pada model mesinnya, yang berarti aliran udara sekunder (*secondary airflow*) mengambil diantara 5 dan 6 kali udara yang lebih banyak dari aliran udara utama (*primary airflow*). CFM56-7B terdiri dari 2 sistem berputar, yaitu sistem kecepatan rotasi tekanan rendah dinamakan N1 dan sistem kecepatan rotasi tekanan tinggi dinamakan N2. Rotor mesin memiliki 5 *bearings* dengan nomor 1 s/d 5, yaitu No.1 adalah yang paling depan dan

No.5 paling belakang. Sistem *drive accessory* menggunakan energi dari tekanan tinggi rotor kompresor untuk mendorong mesin dan juga berperan dalam menyalakan mesin. Dari gambar.1 skema mesin *turbofan* di atas terlihat ada 2 rangkaian (*spool*), yang berwarna ungu adalah rangkaian tekanan tinggi (*high-pressure spool*) sedang yang berwarna hijau adalah rangkaian tekanan rendah (*low-pressure spool*).

Rangkaian tekanan rendah terdiri dari: kipas (*fan*), kompresor tekanan rendah (*low-pressure compressor*), dan turbin tekanan rendah (*low-pressure turbine*). Ketiga komponen ini diikat dan saling dihubungkan dengan sebuah poros sehingga gerakan tiga komponen ini sama. Rangkaian tekanan tinggi, yaitu kompresor tekanan tinggi (*high-pressure compressor*) dan turbin tekanan tinggi (*high-pressure turbine*). Kedua komponen ini juga diikat dan saling dihubungkan dengan sebuah poros, sehingga gerakan kedua komponen ini sama.

Secara ringkas, prinsip kerja dari mesin turbofan adalah sebagai berikut: Kipas (*fan*) berfungsi untuk mempercepat aliran udara dari depan dan masuk ke kompresor tekanan rendah dan selanjutnya masuk ke kompresor tekanan tinggi. Tekanan dari udara sudah sangat tinggi setelah melewati kompresor tekanan tinggi sehingga sudah siap untuk dibakar dalam ruang bakar (*combustion chamber*). Selanjutnya udara yang sudah terbakar tadi akan mengembang (*ekspansi*) dan keluar ke belakang dengan kecepatan tinggi dan menendang turbin tekanan tinggi dan turbin tekanan rendah, sehingga kedua turbin ini berputar. Karena kedua turbin ini diikat dan dihubungkan dengan komponen lain, maka putarannya akan mengakibatkan komponen lain juga ikut berputar. Dalam hal ini, putaran turbin tekanan rendah akan membuat kompresor tekanan rendah dan kipas ikut berputar. Kemudian putaran turbin tekanan tinggi mengakibatkan kompresor tekanan tinggi ikut berputar. Pada akhirnya kipas yang diputar oleh turbin tekanan rendah akan mengakibatkan udara tertarik ke belakang dengan kecepatan tinggi. Udara dengan kecepatan tinggi ini akan

menghasilkan propulsi/dorongan. Dorongan inilah yang digunakan untuk mendorong pesawat terbang sehingga bisa bergerak dengan kecepatan tinggi.

3. Metode Uji Vibrasi Engine Cfm 56-7 Pada Test Cell

Vibrasi tersebut terjadi karena adanya rotor yang bergerak dengan cepat dan terjadi unbalance pada sisi-sisi rotornya. Dalam engine CFM 56-7 terjadi pada putaran N1,N2 dan rotor. Rotor yang di maksud adalah LPC (low Pressure Compressor), LPT (Low Pressure Turbin), HPC (high Pressure Compressor) dan HPT (high Pressure Turbin).Bearing juga berpengaruh pada vibrasi ini.

Dalam mengatasi vibrasi ada beberapa cara untuk menurunkan angka vibrasi agar dapat masuk ke batas limit yang telah di tentukan. Yakni dengan cara sebagai berikut :

3.1. Metode Trim Balance

Trim Balance adalah cara untuk mengurangi vibrasi dengan cara memasang balance screw dengan berat yang berbeda-beda agar di dapat putaran fan blade yang seimbang. Balance screw ini di pasang pada cone bagian depan engine yang berjumlah sebanyak 38 buah yang mengelilingi cone tersebut. Fan Trim balance bisa di lakukan pada sumber vibrasi dari FAN/LPC (Low Pressure Compressor) atau dari LPT (Low Pressure Turbin), karena FAN/LPC dan LPT berada dalam satu shaft, sehingga saling mempengaruhi. Apabila Fan Trim balance gagal pada sumber Vibrasi dari LPT, maka bisa di lakukan LPT Trim Balance.

3.2. Metode Re-Mapping

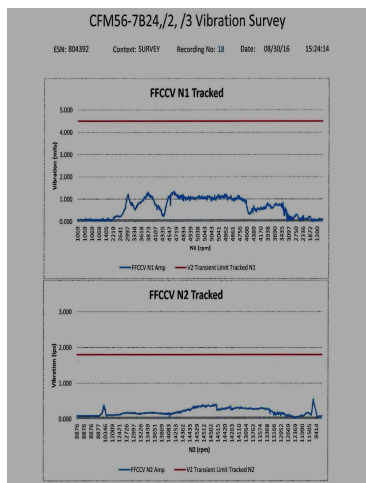
Re-Mapping adalah dengan cara mengatur kembali Fan Blade pada posisi-posisi di cone yang telah di test balancing. Balancing ini di lakukan dengan cara melepas fan blade kemudian di timbang berat fan blade satu per satu. Setelah itu di data dan masukkan data ke dalam komputer kemudian tunggu hasilnya. Setelah itu muncul nomor fan blade yang harus di letakkan pada nomor cone sesuai dengan beratnya.

3.3. Metode Reject (bongkar) dan Re-balance

Metode ini dilakukan apabila terjadi vibrasi yang berasal dari N2 system HPC (High Pressure Compressor) / HPT (High Pressure Turbin) maka procedurennya adalah engine harus di bongkar (Rejected), dan di lakukan Re-balance pada HPT atau HPC di engine shop. Kemudian apabila ada komponen yang memang sudah tidak layak maka di lakukan penggantian pada komponen tersebut biasanya penggantian pada bearingnya.

4. Hasil Dan Pembahasan

Dari hasil Test Engine pada *Test Cell* didapatkan hasil grafik.sebagai berikut:



Gambar 3. Hasil Akhir Test

Metode yang di gunakan untuk pemecahan masalah ini adalah metode trim balance karena vibrasi yang terjadi pada N1 bagian Fan major modul. Jenis trim balance yang di gunakan adalah one slot plot / analyzer. Setelah mengetahui terjadinya vibrasi, secara otomatis program komputer akan memberikan perintah untuk melakukan kalibrasi kemudian hasilnya langsung terlihat pada posisi mana saja balance screw yang akan di ganti untuk mengurangi vibrasi yang terjadi. Hasil data vibrasi yang telah di olah komputer seperti yang di tunjukkan gambar di bawah berikut : Dari data di atas menunjukkan bahwa angka vibrasi telah

menunjukkan penurunan. Dalam Grafik di tunjukkan angka vibrasi paling besar hanya mencapai *1300 Mils*, jauh dari batas limit yang telah di tentukan. Angka Vibrasi ini telah lulus test sesuai dengan syarat dan ketentuan yang ada.

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan dan data-data yang di dapat ketika melaksanakan kerja Praktik di *Test Cell Engine Maintenance* PT. GMF AeroAsia, maka dapat di simpulkan sebagai berikut:

Dari pengujian Engine CFM56-7B yang di lakukan pada *Test Cell* tidak di temukan adanya vibrasi berlebihan.

Apabila terjadi vibrasi di lakukan langkah - langkah untuk menghilangkan vibrasi yang tinggi tersebut dengan metode Trim-Balance, Re-Mapping, dan Reject (bongkar) lalu di lakukan Re-Balance.

Pada contoh kasus metode Trim-Balance di pilih karena vibrasi terjadi pada putaran rotor N1 (Fan Blade / Fan Booster).

6. Daftar Pustaka

- Aerospace Academy The Source For Global Training. 1997. *Auxiliary Power Unit 131-9B*. United States of America
- Honeywell. 2014. Engine 131-9B. Honeywell International Inc: United States of America
- Begemen, Myron L, Oswald, Philip F, Amsted, B.H, (1979). *Manufacturing Proses 7 th edisi*, new York: John Wiley & Sons, Inc.
- Dieter, G,E,176, *Mechanical Metalurgy*, Secon Edition, Tokyo, Mc. Graw Hill Kogakusha, LTd.
- Gastro, (1983), *Injection Mold-102 Proven Design*, Hanser Publisher, Munich, Vienna, New York
- Irvin I, Rubin, (1972), *Injection Moulding Theory and Practice*, John Willey and Son, New York.