

ANALISIS PEMAKAIAN BAHAN BAKAR PADA AUXILIARY POWER UNIT (APU) GTCP 85-129

H/J/K

Disusun oleh : Hasanudin

Fakultas Teknologi Industri, Teknik Mesin

ABSTRAKSI

HASANUDIN, 21402211

PROSES KERJA PEMAKAIAN BAHAN BAKAR
PADA *AUXILIARY POWER UNIT* (APU) DI PT.
GARUDA MAINTENANCE FACILITY AERO ASIA
(GMF AA).

Tugas akhir, Fakultas Teknologi Industri, Teknik
Mesin, 2009.

Kata kunci : APU, Proses kerja, Pemakaian bahan
bakar

Teknologi pesawat terbang sudah sangat maju. Salah satu sarana yang dibutuhkan oleh setiap instansi yang terdapat pada dunia penerbangan. Pesawat terbang mempunyai banyak komponen utama, salah satu komponen utama adalah *Auxiliary Power Unit* (APU). APU berfungsi sebagai *supporting engine* dalam pesawat terbang dan untuk menggerakkan/starter mesin utama. APU terdiri dari sistem kelistrikan, sistem udara, sistem pelumasan, sistem bahan bakar yang mempunyai masing-masing fungsi khusus. Sistem bahan bakar pada APU GTCP85-129 telah dianalisis dengan menjabarkan komponen-komponennya untuk menunjang fungsi sistem bahan bakar pada APU. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui.

1. Mengetahui proses kerja yang berlangsung pada APU GTCP85-129H/J/K pada pesawat boeing 737.
2. Mengetahui jenis-jenis APU yang digunakan pada pesawat terbang.
3. Mengetahui perbaikan dan perawatan pada APU yang terjadi.

Daftar Pustaka (1980 – 2009)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi pesawat terbang sudah sangat maju. Salah satu sarana yang dibutuhkan oleh setiap instansi yang terdapat pada dunia penerbangan, semakin tinggi kemampuan teknologi pesawat terbang suatu instansi, maka akan semakin tinggi pula tingkat keberhasilan dari misi penerbangan dan keselamatan penerbangan tersebut.

Keberhasilan tersebut tidak hanya pada perusahaan penerbangan sipil yang diutamakan akan tetapi pada organisasi penerbangan militer, dengan kemampuan melaksanakan perbaikan dan pemeliharaan pesawat terbang sampai pada kerusakan sedang. Tindakan perbaikan dan pemeliharaan ini berlatar belakang keselamatan, baik keselamatan para awak penumpang

maupun kru yang terlibat, juga keselamatan dari pesawat serta semua material yang mendukung operasi atau misi penerbangan tersebut. Sedangkan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan bertujuan agar pesawat selalu dalam keadaan siap setiap saat, dan juga agar komponen-komponen dari pesawat tersebut mampu bertahan dalam jangka waktu yang ditentukan.

1.2 Permasalahan

Permasalahan yang diambil adalah tentang sistem bahan bakar serta sistem perbaikan dan perawatan pada APU GTCP85-129 H/J/K yang terjadi di PT.Garuda Maintenance Facility Aero Asia (GMF AA) Jakarta.

1.3 Batasan Masalah

Pada penulisan ini dibatasi hanya sistem bahan bakar yang bekerja pada APU GTCP85-129 H/J/K. Agar tidak terjadi ke kosongan pada *engine* pesawat terbang. Yang dibahas disini adalah komponen-komponen bahan bakar pada APU GTCP85-129 H/J/K, dan yang tidak dibahas disini sistem kelistrikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian yang dilakukan dalam menyusun tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui proses kerja yang berlangsung pada APU GTCP85-129 H/J/K, Pesawat boeing 737.
2. Mengetahui jenis-jenis APU yang digunakan pada pesawat terbang.
3. Mengetahui perbaikan dan perawatan pada APU yang terjadi.

1.5 Metode Penelitian

Dalam penulisan tugas akhir ini, tulisan bersumber pada data-data yang didapat baik secara langsung ataupun tidak langsung. Untuk memperoleh data-data dilakukan dengan mengamati tiap-tiap kejadian. Dari hasil-hasil pengamatan tersebut diperoleh bahan-bahan yang dapat dipergunakan sebagai data untuk melengkapi penulisan tugas akhir ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan merupakan gambaran umum tentang isi dari penulisan untuk masing-masing bab. Penulisan ini terdiri dari 4 bab yang sistematikanya sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan penelitian dan tentang sistematika penulisan skripsi.

BAB II LANDASAN TEORI

Pada bab ini diberikan landasan teori yang berkaitan dengan pokok pembahasan yaitu menjelaskan tentang pengertian APU, konstruksi yang digunakan, dan sistem kerja APU.

BAB III DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dibahas tentang spesifikasi bahan bakar avtur, sistem bahan bakar, komponen-komponen *fuel sistem*, *atomizer flow & divider*, *thermostat*, *fuel heater*, *fuel pump*, *acceleration limiter valve*, *fuel flow control by pass*, *fuel flow control by air*, *fuel flow control by pressure*, *fuel flow shutoff*, sistem kerja *fuel sistem*, maksud dan tujuan perawatan, jenis-jenis perawatan, sistem perawatan dan perbaikan APU, unit-unit perbaikan APU.

BAB IV PENUTUP

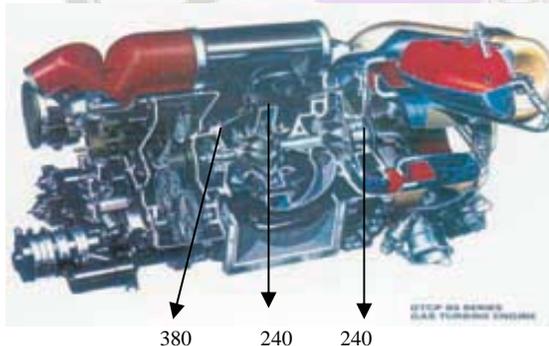
Bab ini memuat tentang kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan penelitian dan menganalisa hasilnya.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Auxiliary Power Unit (APU)

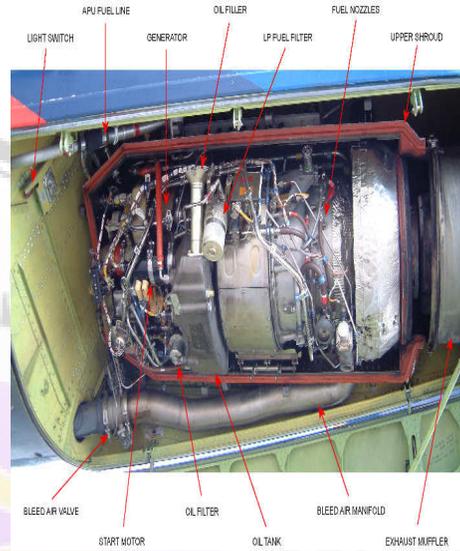
Auxiliary Power Unit (APU) adalah sebuah mesin gas turbin yang berfungsi sebagai *supporting engine* dalam pesawat. APU mentransmisikan daya (*pneumatic*) yang kemudian digunakan untuk menggerakkan/starter mesin utama (*Main Engine*) dan Generator. APU adalah mesin gas turbin yang terdiri dari kompresor sentrifugal 2 tingkat dan turbin 1 tingkat. Kompresor dengan 2 tingkat tersebut dihubungkan langsung (satu poros) dengan putaran turbin, seperti pada tampak gambar 2.1



Gambar 2.1 *Auxiliary Power Unit (APU)* ^[1]

Keterangan: 240 kompresor tingkat 1, dengan konstruksi sentrifugal type impeller, double entry (mempunyai dua sisi untuk pemasukan udara).

380. kompresor tingkat 2, dengan konstruksi sentrifugal type impeller, single entry (mempunyai satu sisi untuk pemasukan udara).



Gambar 2.2. Lokasi Komponen APU ^[2]

2.2 Jenis APU

APU dan aplikasinya pada pesawat adalah sebagai berikut :

Boeing 707	: GTCP85 (-98CK(B)
Boeing 727	: GTCP85 (-98-98D-98CK)
Boeing 737	: GTCP85 (-129)
British Aircraft BAC 1-11	:
GTCP85 (-115-115C-115CK)	:
Caravelle SE210	:
GTCP85 (-99)	:
Dassault Mercure	:
GTCP85 (-163 CK)	:
Douglas DC-9	: GTCP85 (-98D-98W-98DCK)
Hawker Siddely Trident	:
GTCP85 (3 B-115H-139H)	:

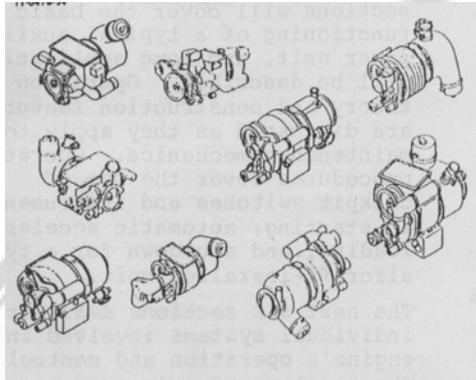
Kode jenis APU mempunyai arti sesuai spesifikasinya.

Misalkan jenis GTCP85-129

GTCP85-129

- GT : Gas Turbine
- C : Compressor (bleed air output)
- P : Power (shaft power output)

- 85 : Size class
 - 129 : 737
- Berikut di tampilkan jenis APU seri 85 seperti pada gambar 2.3



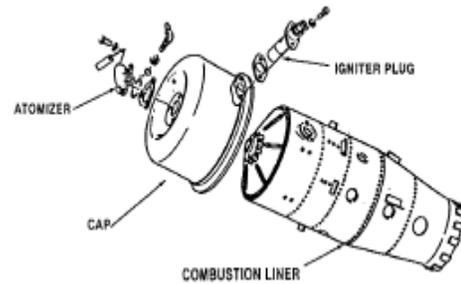
Gambar 2.3 jenis-jenis APU seri 85 [3]

Perlengkapan roda gigi terdiri dari roda gigi dan perlengkapan mesin seperti : bahan bakar, pompa oli, tombol *sentrifugal*, *starter*, *generator* dan *tachometer generator*.

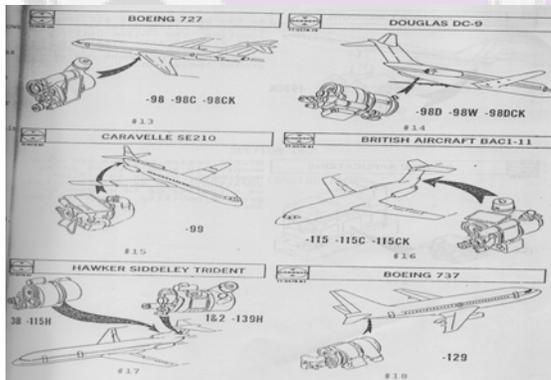
Pada roda gigi terdapat sistem roda gigi reduksi. Poros utama kompresor dan turbin dihubungkan ke roda gigi utama pada roda gigi. Roda gigi utama menstramisikan daya putar ke sistem roda gigi reduksi untuk memutar komponen-komponen pendukung (*engine accessories*).

Ruang pembakaran dilengkapi dengan garis ruang, pengabutan, dan pengapian. Garis ruang merupakan tempat terjadinya proses pembakaran gas hasil campuran udara dengan bahan bakar pada udara yang masuk ke *combustion liner*.

Combustion liner dirancang dengan terdapat lubang-lubang pada dindingnya tempat udara bertemperatur rendah, agar melapisi proses pembakaran gas agar tidak menyentuh dinding *combustion liner*.



Gambar 2.5 Typical Combustion liner [3] dan menghasilkan gas yang suhunya tidak terlalu tinggi sebelum mencapai turbin, seperti pada gambar 2.5 diatas.

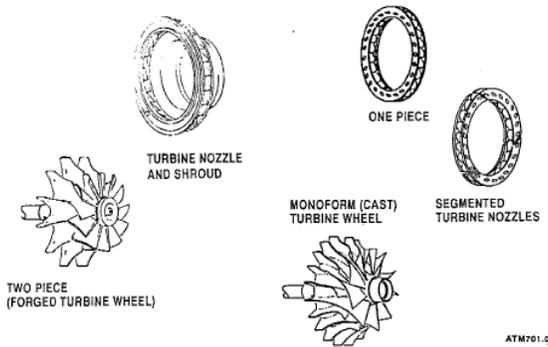


Gambar 2.4 Posisi Pemasangan APU Pada Pesawat [3]

2.3 Konstruksi Auxiliary power Unit (APU)

Auxiliary Power Unit (APU) mempunyai 4 modul utama yaitu perlengkapan roda gigi, kompresor, ruang pembakaran, dan turbin serta tempat pembuangan, seperti pada gambar 2.4.

Engine section menggerakkan dan memutar bagian-bagian pada perlengkapan engine, kipas pendingin udara, dan poros hasil yang digerakan mesin.



Gambar 2.6. Turbine Stage [3]

Turbine assembly terdiri dari 2 bagian utama yaitu : cakram turbin, dan pipa turbin. Komponen-komponen turbin terdapat pada *turbine plenum* dan dilengkapi dengan *receiver* untuk mengkompresikan udara yang berasal dari kompresor. *Turbine torus assembly* mengalirkan gas hasil pembakaran ke *turbine nozzle* dan mengarahkan gas tersebut menuju cakram turbin dengan sudut yang tepat dan kecepatan tertentu. *Turbine shroud* mengelilingi sudu-sudu turbin dan mengalirkan gas

buang ke *turbine exhaust pipe*. Seperti pada gambar 2.6 di atas.

2.4 Sistem Kerja APU GTCP85-129

Ketika starter dihidupkan, putaran starter menggerakkan pasak (*pawls*) menyambung ke rahang (*jaw*) yang terdapat pada *accessories gearcase* dan mulai memutar roda gigi transmisi (*gear train*). Roda gigi transmisi tersebut memutar kompresor dan *turbine pompa oli*, *fuel control unit*, *centrifugal switch assembly*, *generator*, dan *air fan collar*. Pada saat tersebut *low oil pressure switch electrical circuit* masih dalam keadaan menutup.

Selama kompresor dan turbin berputar, udara sekitar terhisap masuk ke dalam kompresor. Udara tersebut dikompresikan oleh *impeller stage* pertama, lalu dialirkan ke *interstage duct* menuju *impeller stage* kedua untuk di tingkatkan kompresinya. Udara bertekanan tinggi tersebut dialirkan ke dalam *vane deswirl assembly* dan dialirkan lagi ke *turbine plenum* lalu masuk kedalam ruang pembakaran.

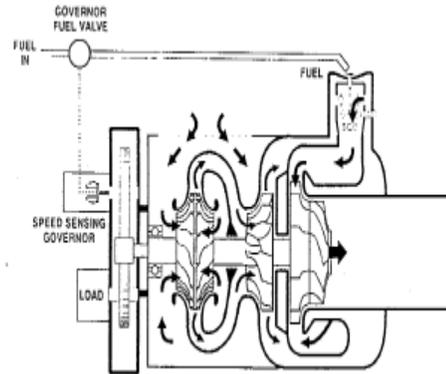
Ketika putaran mesin ditingkatkan, tekanan oli akan menggerakkan *low oil pressure sequencing switch*, yang dilengkapi dengan sebuah sirkuit untuk *fuel solenoid valve* dan *ignition unit*. *Fuel solenoid valve* merupakan katup pengatur bukaan atauutupan aliran bahan bakar ke *fuel atomizer assembly* menyemprotkan bahan bakar dalam bentuk kabut ke dalam *combustion chamber* tempat bercampurnya bahan bakar dengan udara bertekanan menjadi gas yang mudah terbakar. *Ignition unit* dengan *igniter plug* untuk membakar gas di dalam ruang pembakaran.

Proses pembakaran menambah daya energi dari campuran bahan bakar dengan udara. Gas hasil proses pembakaran mengalir masuk ke dalam *turbine torus assembly* dan diteruskan *turbine nozzle assembly* menuju sudu-sudu pada *turbine wheel*. Energi pembakaran tersebut diserap oleh putaran *turbine wheel* dan dialirkan ke *turbine exhaust*. Sebagian daya yang diterima *turbine wheel* digunakan untuk memutar *compressor impeller*, *accessory gear train*, dan *driven accessory* (*turbine wheel* dan kompresor satu poros). Dan sebagian daya lainnya digunakan untuk *output shaft power* guna menggerakkan perlengkapan pendukung (*component equipment*) saat *no-load governed speed* tercapai.

Percepatan mesin terus meningkat hasil gabungan daya starter dan energi panas gas pembakaran. Saat putaran mesin mencapai 50 %, *switch* pada *centrifugal switch assembly* membuka, selain itu starter *output relay* pada *electronic speed switch* juga membuka. Putaran starter berhenti dan *starter* menggerakkan *pawl* memutuskan hubungan dari *accessory gear train* karena putaran starter lebih kecil dari putaran mesin. Tekanan oli mesin meningkat sampai *low oil pressure sequencing switch electrical circuit* terbuka.

Putaran mesin terus bertambah, saat mencapai 95 %, *switch* pada *centrifugal switch assembly* menutup, dan siap untuk membebani *relay* pada *electronic speed switch* agar menutup, sehingga membuka sirkuit untuk *ignition unit* (hal ini menyebabkan *ignition off*) dan menutup sirkuit untuk *hourmeter*, *igniter plug* berhenti

membakar dan proses pembakaran terjadi dengan sendirinya karena panas yang terjadi dalam *combustion chamber* sudah dapat membakar gas dengan sendirinya karena tanpa percikan api dari *igniter plug*. *Hourmeter* mulai mencatat waktu operasi. Percepatan terus meningkat sampai *no-load governed speed* tercapai.



Gambar 2.7 Skematik *load control valve* [3]

Putaran mesin dipertahankan dengan mengontrol kebutuhan bahan bakar dan temperatur gas buang sesuai limit dengan mengontrol *pneumatic load*, seperti pada gambar 2.7.

Saat putaran mencapai 20 %, *time acceleration* pada *fuel control* mengambil alih dan menyediakan kebutuhan jumlah bahan bakar sesuai kondisi APU.

Mesin yang dilengkapi dengan *Flow Divider Metering Valve* (FDMV). Percepatannya ditingkatkan sampai 20 % oleh *acceleration limiter* dengan mengontrol aliran bahan bakar menuju *primary nozzle* pada *atomizer*. Pada putaran yang lebih tinggi, saat *secondary nozzle* bekerja. FDMV mengontrol laju alir bahan bakar. Hal ini untuk menjaga temperatur tetap rendah sampai mesin mencapai putaran

diatas 95 % yang mana *hyromechanical governor* dan *slide valve* mengontrol jumlah bahan bakar yang dibutuhkan mesin.

Jumlah aliran bahan bakar selama kondisi kerja normal APU ditentukan oleh *fuel governor* yang terdapat pada *fuel control unit* agar putaran tetap konstan. Saat kondisi temperatur melebihi limit selama starting, aliran bahan bakar diatur oleh aksi *thermostat control valve* yang dihubungkan dengan *three way solenoid valve* ketika dalam keadaan percepatan dari 0 sampai *idle* untuk mengontrol buangan udara (*bleed air*) dari *acceleration limiter valve* yang terdapat pada *fuel control unit*.

Putaran mesin dikontrol oleh aksi *governor* pada *fuel control unit*, *Flyweight governor* digerakan atau diputar oleh poros pemutar pompa bahan bakar yang juga diputar oleh *acceleration gear train*. Ketika putaran mesin melebihi putaran maksimal *governor*, *governor flyweight* bergerak ke sisi luar guna membuka katup sorong (*slide valve*) untuk *bypass* aliran bahan bakar dan juga pengurangan putaran mesin. Saat putaran mesin turun selama daya yang dihasilkan dipakai, *governor flyweight* bergerak ke sisi dalam guna menutup katup sorong untuk menghasilkan aliran bahan bakar yang lebih baik dan juga mempertahankan putaran mesin.

Pembebanan yang berlebihan dan kenaikan temperatur yang berlebihan saat putaran diatas 95 %, gerakan *switch* buangan udara (*bleed air switch*) yang dikontrol oleh aksi *thermostat* dihubungkan dengan *electronic temeratur control (ETC)* dan *exhaust gas turbine (EGT)*. Gerakan *bleed air switch* tersebut dimaksudkan guna membuka *load control valve*, mengaktifkan *three way solenoid shutoff valve* yang akan memutuskan aliran *compressor discharge pressure* ke *thermostat control valve*. Jika temperatur *turbine discharge* mencapai batas maksimal, *EGT thermostat* akan mengirim sinyal ke *ETC* unit. Kemudian *ETC* unit akan memberi kepada *thermostat control valve* untuk membuka dan mengalirkan udara dari *load control valve actuator*. Hal ini menyebabkan mekanisme *actuator* menggerakkan *butterfly valve* ke posisi yang lebih menutup guna mengurangi beban temperatur. Saat temperatur berkurang di bawah batas minimal, *ETC* unit menerima sinyal dari *thermostat*, dan *ETC* akan mengirim sinyal tersebut ke *thermostat control valve* untuk menutup dan mengurangi buangan udara (*bleeding air*) yang berasal dari *load control valve actuator*.

Mesin dilengkapi dengan beberapa perlengkapan keamanan (*safety devices*) yang akan mematikan mesin secara otomatis atau mengirim peringatan ketika terjadi *overspeeding*, kenaikan temperatur oli yang terlalu panas, atau hilangnya tekanan oli pada sistem mesin.

Jika putaran mesin mendekati 110 %, dan ketika *governing devices* pada *fuel control unit* tidak mampu memberikan bahan bakar yang cukup untuk mengurangi pautaran, *flyweight actuated overspeed switch assembly* biasa disebut juga dengan nama *110% solenoid* akan membuka, sehingga membuka aliran ke *fuel solenoid valve*. Saat *fuel solenoid* tidak diaktifkan, *fuel solenoid valve* akan menutup dan memutuskan aliran bahan bakar ke *combustion cahamber* sehingga mesin akan mati.

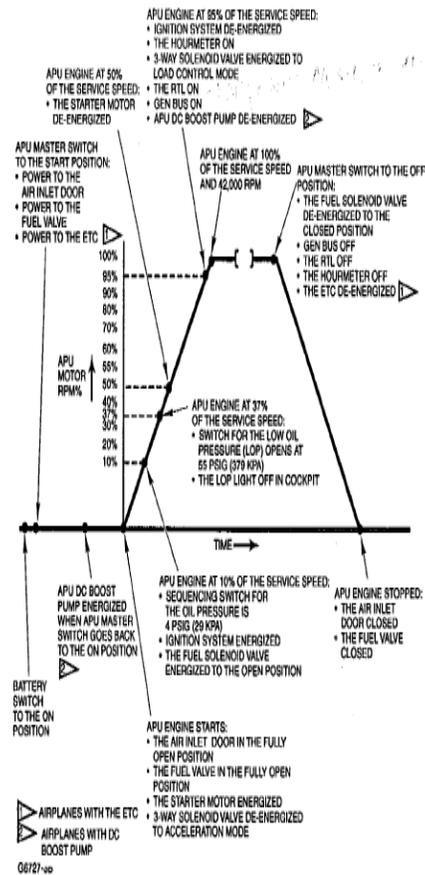
Mesin akan berhenti beroperasi akibat *pneumatic solenoid valve* perlahan menutup. Katup tersebut dihubungkan ke *compressor discharge port* dan *centrifugal switch assembly* oleh pipa-pipa. Saat *solenoid* bergerak ke posisi terbuka, hal ini menyebabkan udara bertekanan mengalir ke *centrifugal switch assembly*. Pada saat bersamaan ketika udara bertekanan pada *switch assembly* tekanannya meningkat, *switch actuating* terhubung dengan *overspeed switch*. Hal ini menyebabkan *overspeed circuit* sewaktu-waktu akan mematikan mesin.

Saat mesin dihidupkan, persediaan oli pompa dari oli dipompa dari *tank assembly*, roda gigi pada *oil pump assembly* menekan atau mendesak oli ke *oil filter*. Jika tekanan *oil filter* turun, *filter bypass valve* akan membuka untuk meneruskan aliran oli. Dari *oil pump assembly*, oli dialirkan ke fitting pada *gearcase assembly*, *turbine* dan *compressor assembly* untuk pelumasan *bearing* dan *gear* pada mesin. *Oil pressure regulating valve* pada *oil pump assembly* dioperasikan untuk menjaga agar tekanan *oil pump assembly* dioperasikan untuk menjaga agar tekanan oli yang dihasilkan sebesar antara 90 sampai 100 psi.

Jika temperatur oli melebihi batas maksimum dan tekanan oli turun dibawah minimum yang telah ditentukan, *oli temperatur switch electrical circuit* dan *low oil pressure switch* akan menutup dan mengirim sinyal ke indicator peringatan di cockpit sekaligus memutus aliran /

signal ke *fuel solenoid valve* sehingga *supply* bahan bakar ke *combustion* terputus dan APU mati sebagai pengaman karena terjadinya kenaikan temperatur oli yang melebihi batas, atau tekanan oli yang menurun untuk mencegah kerusakan dari *gear* dan *bearing*.

Mesin APU akan berhenti beroperasi akibat gerakan peralatan pendukung (*customer furnished stop switch*, gerakan dari *stop switch* tersebut akan menghentikan kerja *fuel solenoid valve*. Saat *solenoid valve* tidak aktif menyebabkan *supply* bahan bakar ke *combustion chamber* terhenti sehingga mesin berhenti beroperasi.



Gambar 2.8 Start and acceleration sequence ^[3]

pemeliharaan

Pemeliharaan terencana

Pemeliharaan Tak terencana

Pemeliharaan darurat

Pemeliharaan korektif

Pemeliharaan pencegahan

Pemeriksaan Termasuk Penyetelan dan pelumasan

Penggantian Komponen minor yang pekerjaan yang timbul langsung dari pemeriksaan

Reparasi minor yang tidak ditemukan

Overhaul terencana

Pemeliharaan Waktu berhenti

Pemeliharaan waktu berjalan

Gambar 2.9 Hubungan antara berbagai bentuk pemeliharaan [3]

Avtur kandungan utamanya.

- Methana
- Petana

Tabel 3.1 Jenis pengujian pada avtur^[4]

Bahan atau produk	Jenis pengujian	Spesifikasi metode
Avtur	Free water and particulate contamination (appearance)	ASTM D 4176-04
	Acidity	ASTM D 3242-01
	Colour	ASTM D 156-02
	Particulate contamination	ASTM D 5452-00
	Tipe hidrocarbon (aromatic cont)	ASTM D 1319-03
	Sulfur 10 %	ASTM D 1266-03
	Mercaptan sulfur	ASTM D 3227-04a
	Doctor test	IP 30-92
	Distilasi	ASTM D 86-04b
	Flash point	IP 170-99
Bahan atau produk	Jenis pengujian	Spesifikasi metode
Avtur	Density, relative density	ASTM D 4052-02
	Freezing point -47°C	ASTM D 2386-03
	Viskositas kinematik	ASTM D 445-04
	Smoke point	ASTM D 1322-02
	Naphthalene	ASTM D 1840-03
	Net head combustion (specific energy)	ASTM D 3338-04
	Copper corrosion	ASTM D 130-04
	Thermal oxidation stability	ASTM D 3241-04
	Kandungan gum	ASTM D 381-04
	Water separation characteristics	ASTM D 3948-04
	Electrical conductivity	ASTM D 2624-02
	Lubricity dengan BOCLE	ASTM D 5001-03

3.2 Sistem Bahan Bakar

Fuel sistem / sistem bahan bakar pada APU berfungsi untuk mengatur dan mengalirkan aliran bahan bakar dari pompa bahan bakar sampai ke ruang pembakaran. Operasional secara umum dari sistem bahan bakar ini adalah bahan bakar dari tangki dialirkan menuju fuel control unit (FCU) oleh pompa bahan bakar (Booster Pump). Setelah dari bagian FCU bahan bakar dialirkan menuju ruang pembakaran.

Pengontrolan aliran bahan bakar sangat diperlukan, sebab jika tekanan udara hasil kompresi sudah mulai tinggi namun bahan bakar yang dialirkan tidak normal maka APU akan drop karena kekurangan bahan bakar, Hal ini yang menggambarkan serta mempunyai hubungan dengan bleed air system, karena beberapa sensor (PCD) atau taping udara yang digunakan untuk input ke FCU sama dan juga digunakan pada bleed air

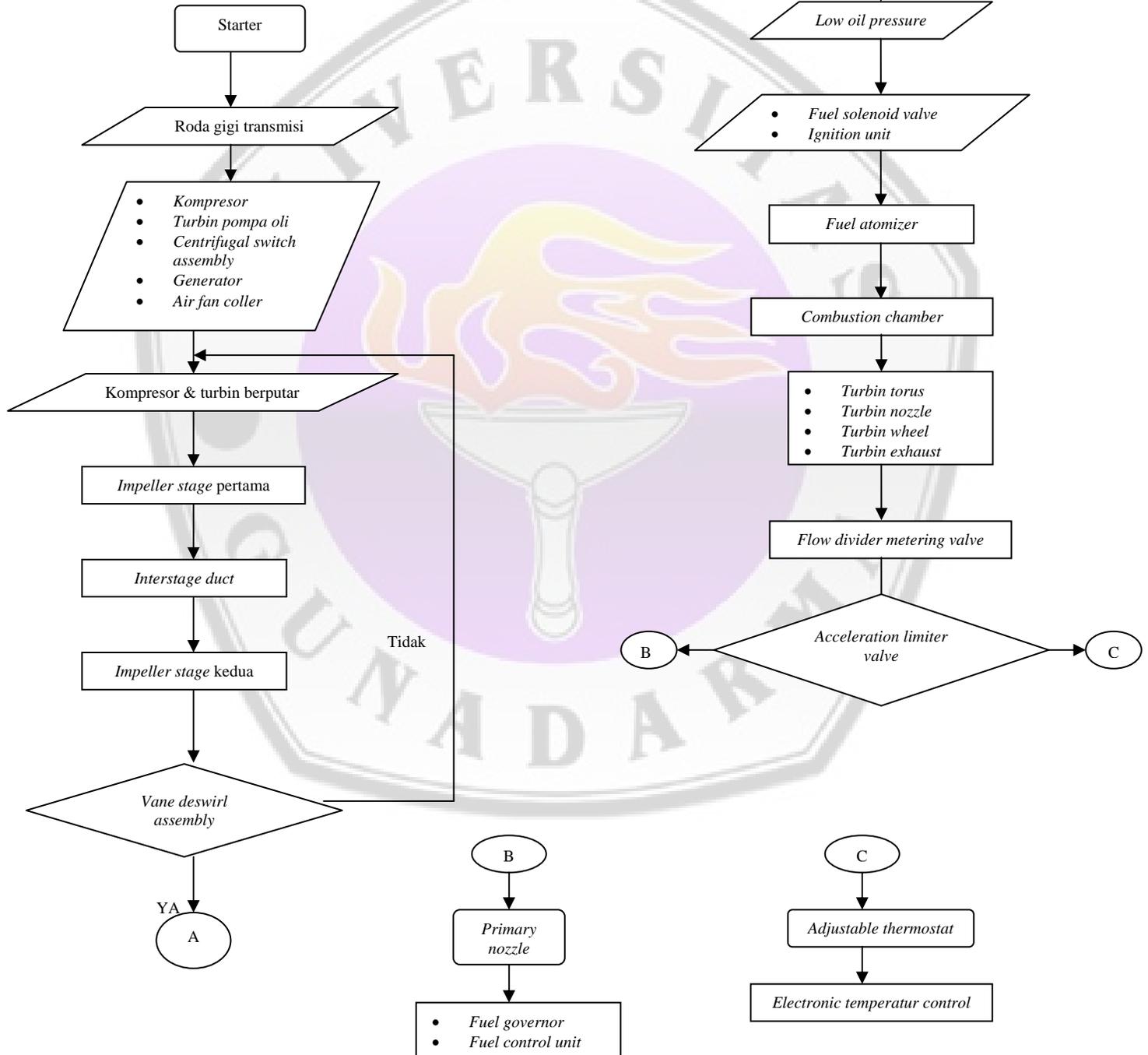
BAB III

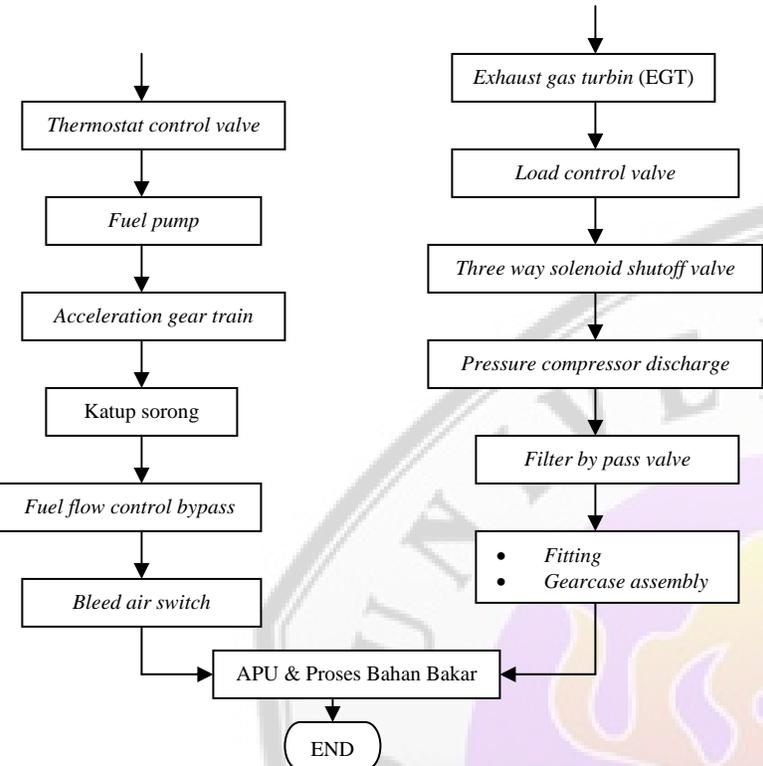
DATA DAN PEMBAHASAN

3.1 Spesifikasi Bahan Bakar Avtur

Avtur adalah salah satu produk jadi hasil penyulingan minyak bumi atau crude oil. Komponen hydrocarbon avtur ini serupa dengan minyak tanah (kerosene) sekitar (C₈ – C₁₂), hanya saja avtur mempunyai spesifikasi yang jauh lebih dekat dari kerosene, terutama terhadap kandungan air (H₂O) agar tidak mudah membeku di ketinggian yang bersuhu -40 sampai -60°C. Namun pada umumnya avtur memiliki end point sekitar 245°C, artinya lebih ringan dibandingkan kerosene.

system, pengontrolan ini juga dilakukan di FCU oleh *Acceleration Limiter system*. Pengontrolan dengan menggunakan indicator rpm juga dilakukan di FCU melalui *fuel governor*. Jika rpm mencapai 95 % maka *fuel governor* mulai bekerja untuk mengatur agar putaran rpm tidak *overspeed* dengan cara mem-bypass aliran bahan bakar sehingga tidak langsung masuk ke ruang bakar, melainkan disirkulasikan terlebih dahulu untuk kembali masuk ke pompa bahan bakar.

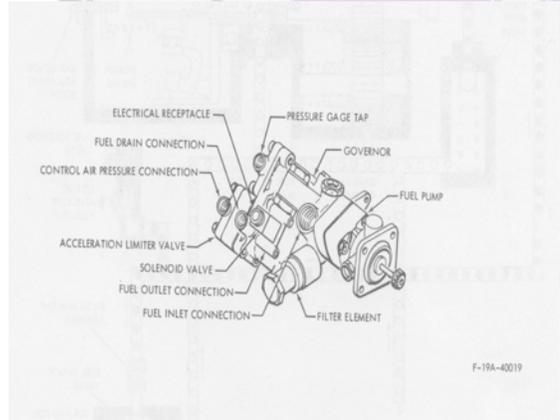




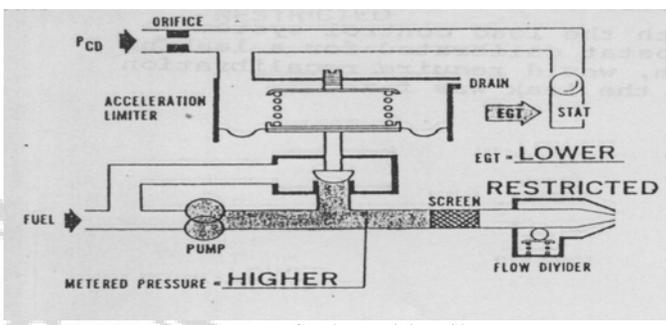
Gambar 3.1 flowchart APU dan Proses Bahan Bakar

3.3 Komponen-Komponen Fuel System

1. Fuel Pump
2. Filter Bahan Bakar (low pressure filter & high pressure filter)
3. Acceleration Limiter valve dan PCD Probe Fitting
4. Fuel Governor
5. Fuel solenoid Shutoff Valve



Gambar 3.2 Fuel Control Unit [5]

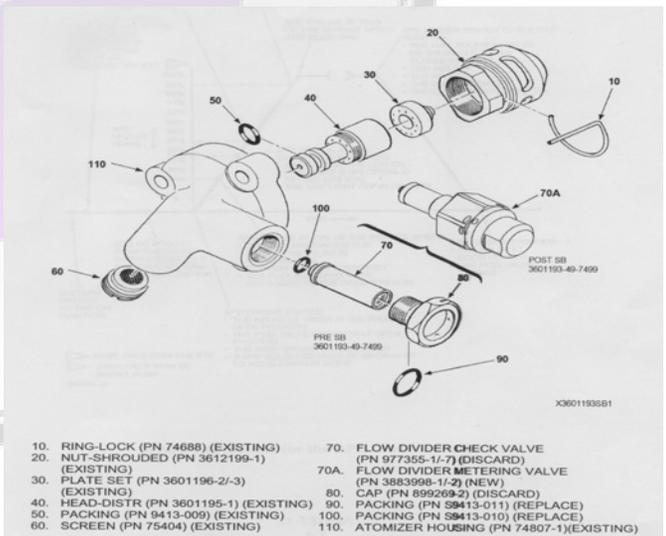


Gambar 3.3 Skema Atomizer dan Flow Divider [5]

3.4 Atomizer & Flow Divider

Karena laju aliran yang rendah pada saat *lightoff speed*, partikel *fuel* yang masuk ke *atomizer* harus lebih halus sehingga siap untuk di evaporasikan dalam proses pembakaran. Peranan *atomizer* sangat dibutuhkan disini, karena *atomizer* digunakan untuk pengabut bahan bakar. Hal tersebut membutuhkan ukuran diameter *orifice* yang sangat kecil. Saat *lightoff speed* berakhir (kecepatan dan akselerasi *engine* mulai meningkat) maka dibutuhkan *orifice* yang lebih besar. Orifice yang lebih besar ini dibatasi oleh katup tekanan yang disebut *flow divider*.

Flow divider difungsikan untuk mengurangi tekanan yang lebih tinggi dari tekanan pegas *acceleration limiter valve*. Pada saat *lightoff speed*, *fuel* akan dipancarkan hanya dari *small- primary nozzle*, karena *acceleration limiter valve* menjaga tekanan bahan bakar dibawah tekanan *flow divider*. Seperti pada gambar 3.3 di atas.



Gambar 3.4 Komponen Atomizer dan Flow Divider [5]

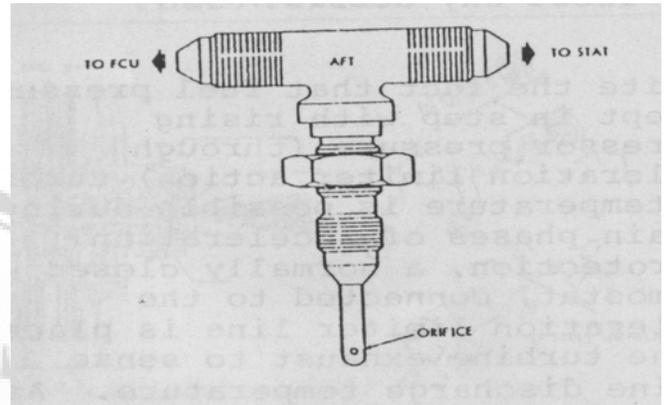
Setelah *lightoff*, tekanan udara kompresor meningkat, sehingga akselerasi dan tekanan aliran bahan bakar juga meningkat. Hal tersebut menyebabkan timbulnya gaya yang diberikan ke *flow divider* sehingga

aliran bahan bakar mengalir di *secondary nozzle*. Jadi untuk *primary flow* digunakan untuk initial starting (*lightoff speed*) dengan tekanan sebesar 60 psi, dan *secondary flow* digunakan untuk *continous operation* (peningkatan akselerasi dan kecepatan *engine*) dengan tekanan 75 psi.

Troble shooting :

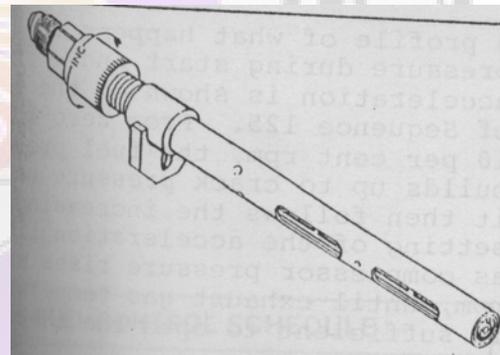
Jika kita mengatur tekanan pada *acceleration limiter valve* terlalu besar (diatas normal) maka *flow divider* akan terbuka lebih cepat (*prematurely*). Hal tersebut akan menyebabkan aliran bahan bakar yang masuk ke *combustor* akan lebih banyak (diatas batas normal), sehingga kerja *igniter* menjadi tidak normal dan terjadi *igniter snapping*, selain itu akan timbul asap (kabut pembakaran) akan keluar dari *exhaust*. Sehingga api juga dimungkinkan keluar dari *turbine exhaust*. Jika kejadian ini terus berulang, hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada komponen-komponen turbin. istilah di penerbangan *torching-hot start*.

Jika *flow divider* tidak terbuka dimana seharusnya terbuka, maka bahan bakar yang mengalir hanya pada *primary orifice* dan tidak ke *secondary orifice*, hal tersebut dapat menyebabkan temperatur pembakaran yang dihasilkan akan lebih rendah dari temperatur normal selama proses *engine start*, sehingga putaran *engine* tidak dapat mencapai *ready to load (RTL)* istilah di penerbangan *hung start*.



Gambar 3.5 PCD Probe Fitting^[5]

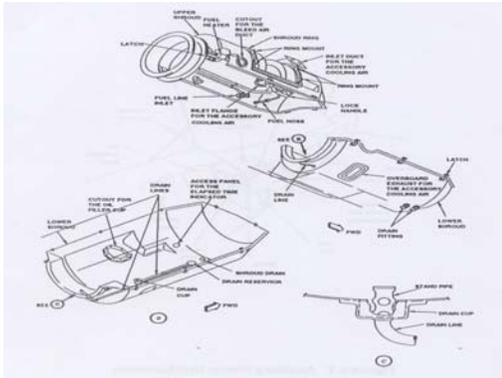
Pressure compressor discharge (PCD) probe fitting berfungsi untuk mengalirkan tekanan udara yang dihasilkan kompresor ke *acceleration limiter system*. Pada PCD probe terdapat *orifice*. Seperti pada gambar 3.5.



Gambar 3.6 Adjustable Thermostat^[5]

3.5 Adjustable Thermostat

Berfungsi untuk mengatur batas temperatur pembakaran bahan bakar selama akselerasi dan juga untuk memastikan jumlah udara dari kompresor yang masuk ke *bleed air system* sehingga tidak mengalami *overload*. *Thermostat* terdiri dari *Thermostatic* dan *spring-loaded ball valve*. Karena karakteristik material dari thermostat, maka jika temperatur naik melebihi batas atau EGT (*exhaust gas turbine*) melebihi 630° C material akan bergerak ke bawah sehingga bola katup membuka saluran udara sehingga mengalirkan tekanan udara untuk dibuang sehingga dengan penurunan tekanan udara, maka jumlah aliran bahan bakar yang masuk ke *combustion chamber* juga berkurang dan mengakibatkan suhu EGT dapat dinormalisasi. Sistem ini dipakai di APU diluar jenis GTCP85-129, sedang untuk -129, sudah menggunakan proposional *control valve*, ETCU dan ETC *thermocouple*. Seperti pada gambar 3.6 diatas.

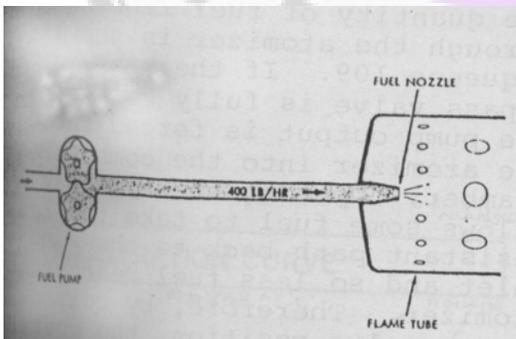


Gambar 3.7 Fuel Heater^[5]

3.6 Fuel Heater

Fuel heater digunakan untuk mencegah terjadinya penggumpalan es dalam saringan bahan bakar. Jika pesawat pada ketinggian tertentu pada saat terbang, timbulnya gumpalan-gumpalan es dapat terjadi, baik dalam fan major module di engine utama maupun sampai saringan atau filter bahan bakar. Fuel heater dan control valve dengan sensor temperatur terletak pada bagian yang sama yaitu berada di bagian dalam dari upper shroud. Pemanas terdiri dari sebuah pipa bahan bakar/ penukar panas. Pada control valve, katup ini mempunyai sebuah elemen logam yang peka terhadap temperatur bahan bakar dan dapat memungkinkan udara bebas untuk melewati pintu pemanas.

Secara operasional, ketika temperatur bahan bakar yang melewati katup mengalami penyusutan hingga 37°F, maka modul katup akan terbuka. Hal ini memungkinkan udara panas dari pipa/saluran APU melewati pemanas dan dibuang ke shroud. Ketika temperatur bahan bakar meningkat menjadi 64°F, maka katup akan tertutup. Penahan katup dipasang di dalam saluran bahan bakar diatas aliran pemanas untuk menahan bahan bakar di dalam pompa. Penahan katup yang kedua dipasang di dalam saluran udara untuk mencegah bahan bakar memasuki pipa udara. Seperti pada gambar 3.7 dari fuel heater dan posisinya dalam shroud.



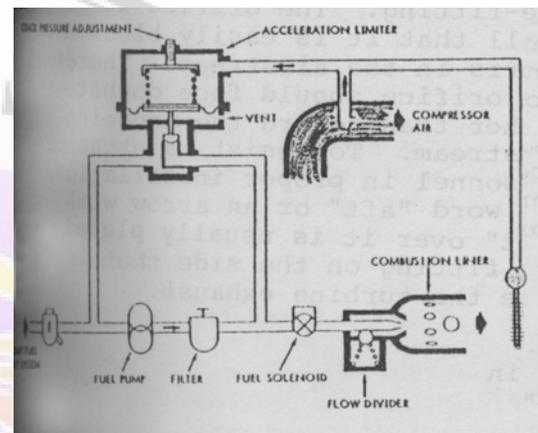
Gambar 3.8 Fuel Pump to Nozzle^[5]

3.7 Fuel Pump

Pada fuel system terdapat pompa (fuel pump), dimana pompa ini terdiri dari roda gigi sebanyak 2 buah. Pompa meningkatkan tekanan aliran bahan bakar dimana

bahan bakar tersebut akan disalurkan ke flame tube melalui nozzle. Peranan nozzle disini adalah untuk meningkatkan kecepatan aliran bahan bakar. Dengan bercampurnya bahan bakar dengan udara yang sudah terkompresi maka dengan penyalaan yang dilakukan oleh igniter plug proses pembakaran dapat terjadi.

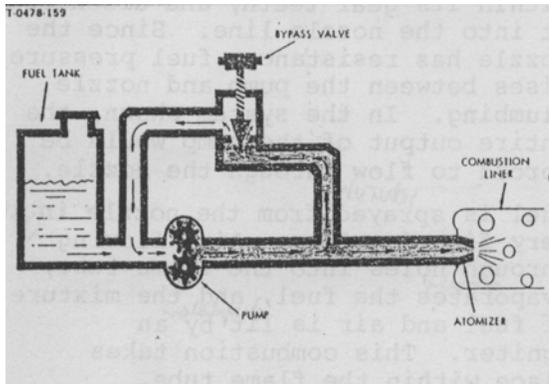
fuel pump berfungsi untuk meningkatkan jumlah bahan bakar sehingga bahan bakar yang disuplai untuk engine tidak akan drop. Seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.9 Acceleration Limiter Valve^[5]

3.8 Acceleration limiter valve

Acceleration limiter valve berfungsi untuk mengatur aliran bahan bakar berdasarkan tekanan udara yang dihasilkan dari kompresor. Disaat tekanan udara di kompresor mulai meningkat maka suplai bahan bakar dari pompa harus lebih banyak, sehingga APU tidak drop karena kekurangan suplai bahan bakar disaat tekanan udaranya tinggi. Katup untuk aliran bypass di acceleration limiter valve menggunakan sistem pegas. Dimana saat tekanan udara dikompresor tinggi maka melalui PCD (Pressure Compresor Discharge) aliran udara bertekanan tersebut dialirkan ke bagian acceleration limiter valve, sehingga karena aliran udara yang bertekanan tersebut maka pegas akan tertekan dan katup akan menutup jalur bypass untuk sirkulasi aliran bahan bakar sehingga bahan bakar dari fuel pump tidak disirkulasikan terlebih dahulu, melainkan langsung dialirkan ke ruang pembakaran. Seperti pada gambar 3.9 di atas.



Gambar 3.10 Fuel Flow Control By pass ^[5]

3.9 Fuel flow control by pass

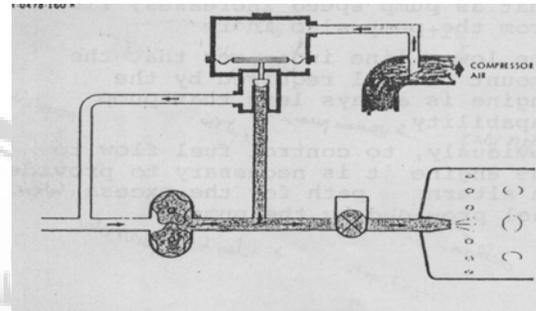
Melalui pengontrolan pada *bypass valve*, maka jumlah *fuel* yang masuk ke *combustion chamber* akan terkontrol. Jika *bypass valve* berada dalam posisi tertutup maka *fuel* yang keluar dari pompa (*output fuel*) sepenuhnya akan masuk ke ruang pembakaran melalui *atomizer*. Sebaliknya jika *bypass* dibuka maka *output fuel* tidak sepenuhnya akan masuk ke ruang pembakaran dikarenakan sebagian dari *output fuel* yang dihasilkan disirkulasikan kembali dan masuk melalui *bypass valve*. Seperti pada gambar 3.10 diatas.

- **Proses di bahan bakar**

sebelum APU *engine start*, pada keadaan ini *air inlet door* terbuka penuh, katup bahan bakar (*fuel valve*) terbuka penuh, starter motor bekerja, namun *3-way solenoid* belum bekerja karena diperlukan untuk akselerasi. Pompa Mulai bekerja untuk menaikkan tekanan aliran bahan bakar yang masuk melalui *fuel inlet connection port*. Kompresor dan turbin yang porosnya berhubungan dengan poros *fuel pump* juga ikut bekerja. Kompresor mengambil udara luar untuk selanjutnya dikompresikan sehingga menghasilkan energi pneumatik yang berfungsi untuk membantu daya putar turbin.

Selanjutnya *ignition system* bekerja dikarenakan pada keadaan ini tegangan sebesar 24 Volt DC diberikan ke *igniter plug*, kemudian *fuel solenoid valve* bekerja sehingga katup terbuka. Karena laju aliran yang rendah pada saat *lightoff speed*, partikel *fuel* yang disemprotkan masuk ke ruang bakar harus lebih halus sehingga siap untuk di evaporasikan dalam proses pembakaran. Peranan *atomizer* sangat dibutuhkan disini, karena *atomizer* digunakan untuk pengabut bahan bakar setelah terjadi proses pembakaran. Setelah proses pembakaran berlangsung maka seiring dengan naiknya tekanan udara di daerah plenum turbin, maka jumlah aliran bahan bakar yang masuk juga harus ditingkatkan. Katup dengan mekanisme pegas pada *acceleration limiter valve* mendapat tekanan udara dari PCD sehingga katup menutup aliran *bypass* bahan bakar. Karena tertutupnya aliran *bypass* bahan bakar maka bahan bakar bahan bakar langsung masuk ke ruang bakar dari pompa melalui *high pressure fuel filter*, *fuel solenoid valves*. Jika katup pada *acceleration limiter valve* dibuka maka aliran bahan bakar di-bypass untuk disirkulasikan kembali masuk menuju *fuel pump*. maka jumlah aliran bahan bakar yang masuk ke

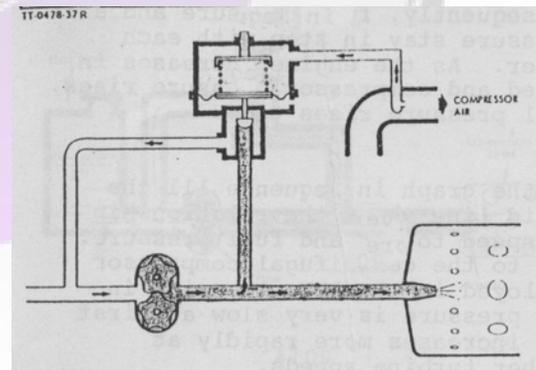
combustion chamber juga berkurang dan mengakibatkan suhu EGT dapat dinormalisasi.



Gambar 3.11 Fuel Flow Control by Air ^[5]

3.10 Fuel Flow Control By Air

Pada *engine* melakukan *start* dan akselerasi, aliran *fuel* harus menghasilkan temperatur (EGT) yang tepat, atau dengan kata lain temperatur yang dihasilkan masih dalam *acceptable limits* (batas waktu yang diterima) disaat kecepatan *engine* mulai meningkat. Hal tersebut juga harus dikoordinasikan dengan aliran udara dari kompresor yang digunakan sebagai acuan seberapa besar aliran *fuel* yang dibutuhkan (sensor oleh PCD). Aliran bahan bakar yang masuk ke ruang pembakaran harus selaras dengan tekanan kompresor yang dihasilkan. Sehingga jika kecepatan *engine* meningkat dan tekanan udara dari kompresor meningkat maka tekanan bahan bakar (*fuel pressure*) juga meningkat. Jika tekanan bahan bakar tidak meningkat disaat kecepatan *engine* meningkat maka *engine* akan *drop* karena kekurangan bahan bakar. Seperti pada gambar 3.11 di atas.

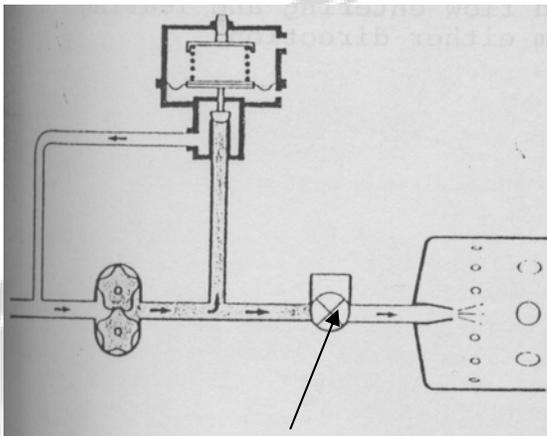


Gambar 3.12 Fuel Flow Control by Pressure ^[5]

3.11 Fuel Flow Control By Pressure

Pada saat kompresor menghasilkan udara yang bertekanan, maka untuk mengatur agar aliran bahan bakar yang harus disuplai ke ruang bakar dibutuhkan katup pengontrol untuk aliran bahan bakar yang bekerja berdasarkan tekanan udara yang diberikan oleh kompresor. Sistem katup tersebut adalah *acceleration limiter valve*. Aliran udara yang bertekanan selain dialirkan ke *bleed air system* juga dialirkan juga ke *fuel control unit* (FCU) dimana aliran udara bertekanan ini disebut CDP (*compressor discharge valve*) atau biasa juga disebut PCD (*pressure compressor discharge*). Tekanan

udara inilah yang menekan diafragma *acceleration limiter valve* agar katup bahan bakar tertutup supaya bahan bakar tidak disirkulasikan dulu (di *bypass*) untuk kembali masuk menuju *fuel pump*, sehingga bahan bakar yang dipompa langsung dialirkan menuju ruang bakar. Jika tekanan udara di kompresor kecil maka katup akan membuka dan bahan bakar sehingga bahan bakar yang disalurkan ke ruang pembakaran lebih sedikit (direduksi) karena disirkulasikan kembali menuju *fuel pump*. Seperti pada gambar 3.12 di atas.



Gambar 3.13 Fuel Flow Shutoff^[5]

3.12 Fuel Flow Shutoff

Fuel flow shutoff adalah *solenoid valve*, dimana *solenoid valve* ini adalah salah satu katup utama aliran fuel, yang dialirkan dari *boost pump*. Katup *shutoff* ini bekerja berdasarkan *normally spring-loaded closed*, maksudnya adalah katup ini akan bekerja (membuka aliran) jika ada gaya atau sinyal ke solenoid. Katup terbuka secara elektrik dari sinyal yang berasal dari switch oil pressure pada saat rpm engine mencapai 10%. Katup ini akan tertutup jika terjadi overspeed pada engine atau biasanya rpm engine bisa mencapai 110 %. Jika dalam keadaan darurat, untuk mematikan APU kita dapat langsung menutup katup ini secara manual sehingga bahan bakar akan drop dan APU akan mati (*de-energized*). Seperti gambar 3.13.

3.13 Sistem Kerja Fuel System

Seperti telah diuraikan sebelumnya bahwa selain komponen-komponen dalam *fuel system* seperti *fuel pump*, *solenoid valve* dan lainnya, dalam *fuel system* terdapat *fuel control unit* yang berfungsi untuk mengatur laju aliran *fuel*, sehingga *fuel* yang dialirkan sesuai dengan yang dibutuhkan. Berikut ini adalah skema untuk siklus bahan bakar dari *fuel pump* sampai ke ruang pembakaran.

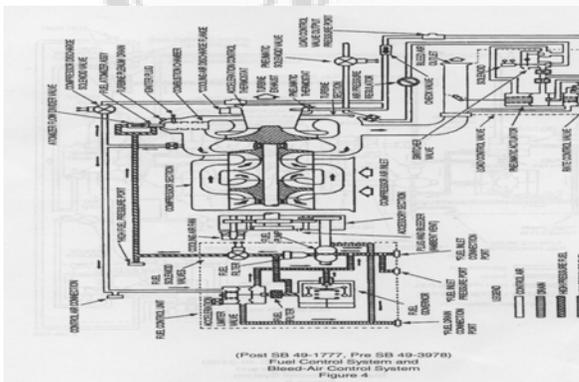
Sesaat sebelum APU *engine start*, pada keadaan ini *air inlet door* terbuka penuh, katup bahan bakar (*fuel valve*) terbuka penuh, starter motor bekerja, namun *3-way solenoid* belum bekerja karena diperlukan untuk akselerasi. Pompa Mulai bekerja untuk menaikkan tekanan aliran bahan bakar yang masuk melalui *fuel inlet connection port*. Kompresor dan turbin yang porosnya berhubungan dengan poros *fuel pump* juga ikut bekerja. Kompresor mengambil udara luar untuk selanjutnya dikompresikan sehingga menghasilkan energi pneumatik yang berfungsi untuk membantu daya putar turbin. Seperti pada tampak gambar 3.14.

Pada rpm 10%, oil pressure naik sampai 4 psig (29 kPa). Selanjutnya *ignition system* bekerja dikarenakan pada keadaan ini tegangan sebesar 24 Volt DC diberikan ke *ignitor exciter* dan *igniter plug*, kemudian *fuel solenoid valve* bekerja sehingga katup terbuka. Karena laju aliran yang rendah pada saat *lightoff speed*, partikel *fuel* yang disemprotkan masuk ke ruang bakar harus lebih halus sehingga siap untuk di evaporasikan dalam proses pembakaran. Peranan *atomizer* sangat dibutuhkan disini, karena *atomizer* digunakan untuk pengabut bahan bakar setelah terjadi proses pembakaran. Setelah proses pembakaran berlangsung maka seiring dengan naiknya tekanan udara di daerah plenum turbin, maka jumlah aliran bahan bakar yang masuk juga harus ditingkatkan.

Katup dengan mekanisme pegas pada *acceleration limiter valve* mendapat tekanan udara dari PCD sehingga katup menutup aliran *bypass* bahan bakar. Karena tertutupnya aliran *bypass* bahan bakar maka bahan bakar bahan bakar langsung masuk ke ruang bakar dari pompa melalui *high pressure fuel filter*, *fuel solenoid valves*. Jika katup pada *acceleration limiter valve* dibuka maka aliran bahan bakar di-bypass untuk disirkulasikan kembali masuk menuju *fuel pump*.

RPM governor bekerja berdasarkan tingkat putaran mesin atau RPM dari APU. Pada saat rpm masih dibawah 96%, katup masih dalam posisi tertutup. RPM governor terdiri atas *flyweight* dan mekanisme pegas. Jika rpm APU mulai diatas 96%, *flyweight* mulai bergerak dan dengan mekanisme pegas katup terangkat, sehingga aliran bahan bakar masuk dan disirkulasikan untuk selanjutnya dialirkan kembali menuju *fuel pump*. Hal tersebut menyebabkan jumlah aliran *fuel* yang masuk menjadi berkurang sehingga rpm tidak mencapai *overspeed*.

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa *adjustable thermostat* berfungsi untuk mengatur batas temperatur gas buang hasil pembakaran bahan bakar (EGT) selama akselerasi dan juga untuk memastikan jumlah udara dari kompresor yang masuk ke *bleed air system* sehingga tidak mengalami *overload*. *Thermostat* terdiri dari *Thermostatic* dan *spring-loaded ball valve*. Karena karakteristik material dari thermostat, maka jika



Gambar 3.14 Skema Siklus Fuel System^[5]

temperatur naik melebihi batas atau EGT (*exhaust gas turbine*) melebihi 630° C material akan bergerak ke bawah sehingga bola katup membuka saluran udara sehingga mengalirkan tekanan udara untuk dibuang sehingga dengan penurunan tekanan udara, maka jumlah aliran bahan bakar yang masuk ke *combustion chamber* juga berkurang dan mengakibatkan suhu EGT dapat dinormalisasi.

3.14 Maksud Dan Tujuan Perawatan

Pemeliharaan atau perawatan adalah suatu kombinasi dari berbagai tindakan yang dilakukan untuk menjaga suatu barang (mesin) atau memperbaikinya sampai suatu kondisi yang dapat diterima.

Pada umumnya dibentuknya departemen perawatan dalam suatu industri bertujuan untuk melaksanakan perawatan secara berkala dari mesin-mesin, alat-alat perkakas termasuk gedung-gedung serta fasilitas lainnya agar setiap komponen produksi tersebut selalu dalam kondisi operasi yang baik.

Perawatan atau perbaikan pada industri pesawat terbang sangatlah penting dilakukan Karena industri tersebut bergerak pada bidang jasa transportasi yang menyangkut keselamatan penumpang dan orang banyak yang menggunakan sarana tersebut, di mana jika terjadi sedikit kesalahan atau kelalaian saja dapat berakibat fatal terhadap keselamatan penumpangnya. Oleh karena itu perawatan atau perbaikan pada pesawat pada umumnya dilakukan dengan berpedoman pada semacam buku petunjuk "*manual book*" yang dikeluarkan oleh pihak pabrik pesawat yang berisi tata cara pelaksanaan sekaligus prosedur-prosedur yang harus digunakan didalam merawat dan memperbaiki kondisi pesawat agar selalu dalam kondisi siap terbang.

Berikut merupakan tujuan pemeliharaan yang utama, yaitu :

1. untuk memperpanjang usia kegunaan aset (yaitu setiap bagian dari suatu tempat kerja bangunan dan isinya).
2. untuk menjamin ketersediaan optimum peralatan yang dipasang untuk produksi (atau jasa) dan mendapatkan laba investasi maksimum yang mungkin.
3. untuk menjamin kesiapan operasional dari seluruh peralatan yang diperlukan dalam keadaan darurat setiap waktu.
4. untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.

3.15 Jenis-jenis Perawatan

Pada umumnya perawatan terbagi dalam perawatan terencana dan tak terencana. Di mana perawatan terencana merupakan perawatan yang dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, sedangkan perawatan tak terencana merupakan perawatan yang segera dilakukan untuk mencegah akibat yang lebih serius atau fatal.

Jenis-jenis perawatan terbagi dalam :

➤ Perawatan Prediktif

Yaitu perawatan yang hanya memperkirakan kerusakan yang terjadi pada alat atau mesin dengan cara seperti : uji laboratorium, alat sensor, thermography, dan lain sebagainya.

➤ Perawatan Preventif

Yaitu perawatan yang dilakukan untuk mencegah alat atau mesin tidak mengalami kerusakan, seperti : inspeksi berlanjut, pelumasan, pembersihan pengecatan, dan lain-lain.

➤ Perawatan Korektif

Yaitu perawatan yang dilakukan setelah mengalami terjadi kerusakan pada alat atau mesin, seperti : reparasi minor, reparasi medium, overhaul, dan lain-lain.

Dari ketiga jenis perawatan di atas adalah termasuk jenis perawatan yang terencana sedangkan yang tidak terencana adalah perawatan darurat dan itu langsung ditangani.

3.16 Sistem Perawatan Dan Perbaikan APU GTCP 85-129

Suatu kondisi pesawat atau mesin ditentukan berdasarkan jumlah jam terbang atau jumlah *cycle* dari suatu pesawat, artinya jika jam terbang dari suatu pesawat atau mesin telah habis maka pesawat atau mesin tersebut sudah tidak layak terbang walaupun kondisinya masih bagus. Pada APU terdapat istilah jumlah jam operasional guna menggambarkan suatu kondisi kelayakan APU tersebut digunakan atau dioperasikan.

Perawatan atau perbaikan pada APU khususnya APU GTCP 85-129 sama pentingnya dengan perawatan atau perbaikan pada bagian-bagian lain pesawat, walaupun APU merupakan suatu mesin dalam sistem pesawat terbang yang digunakan atau dioperasikan hanya pada saat start awal saja guna keperluan penyalakan sistem pesawat, seperti penyalakan mesin utama pesawat, sistem penerangan, sistem *air condition* , dan lain-lain, selain itu APU juga merupakan suatu mesin pada sistem pesawat yang dirancang dengan dilengkapi sistem proteksi otomatis yang tinggi, artinya jika terdapat suatu kerusakan atau kebocoran pada sistem-sistem yang terdapat pada APU tersebut maka dengan sendirinya APU tersebut secara otomatis akan mengirim sinyal peringatan atau menghentikan operasionalnya (*auto shutdown*).

3.16.1 Unit-unit Perbaikan APU GTCP 85-129

➤ *PPC (Planing And Process Control) & QC (Quality Control)* unit

PPC & QC unit merupakan suatu unit yang melaksanakan *incoming inspection* terhadap suatu mesin yang masuk ke *engine shop*.

Kegiatan yang dilakukan seperti :

1. Mencari dan mengumpulkan data mesin yang bersangkutan, seperti : *live limit engine*, konfigurasi mesin, dan lain-lain.
2. Melakukan pemeriksaan secara menyeluruh terhadap mesin secara visual maupun dengan menggunakan alat Bantu.
3. Melakukan pencatatan mengenai komponen-komponen yang terpasang maupun yang tidak terpasang pada mesin.
4. Melakukan kontrol terhadap proses produksi sesuai dengan *master production schedule* tahunan.

➤ *APU disassy-assy unit*

APU disassy-assy unit merupakan suatu unit yang melaksanakan pembongkaran dan pemasangan kembali suatu mesin yang akan atau telah diperbaiki. Pekerjaan yang dilakukan seperti :

1. Melaksanakan pembongkaran komponen/bagian suatu mesin sesuai *work order*.
2. Melaksanakan pemasangan kembali komponen/bagian suatu mesin sesuai *work order*.

➤ **Balancing unit**

Balancing unit merupakan suatu unit yang melaksanakan penyeimbangan (*balance*) terhadap komponen / bagian mesin yang berputar seperti *compressor, turbine, oil fan coller* dan lain-lain.

Metode yang digunakan pada *balancing unit* yaitu :

- *Tail weighth* yaitu proses pembalancingan suatu komponen mesin dengan memberi beban pada bagian yang tidak *balance* sehingga dicapai suatu keadaan yang *balance*.
- *Cutting* yaitu proses pembalancingan suatu komponen mesin dengan memotong sedikit bagian yang tidak *balance* sehingga dicapai suatu keadaan yang *balance*.

➤ **Cleaning unit**

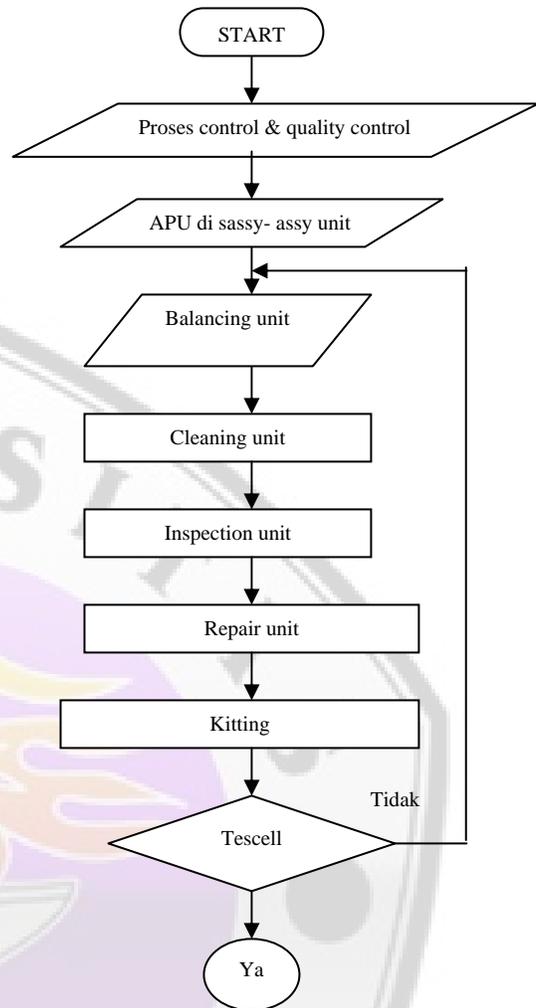
Cleaning unit merupakan suatu unit yang melaksanakan pencucian dan pembersihan dengan menggunakan bahan kimia terhadap komponen/bagian suatu mesin dari kotoran, oli, cat, karat dan lain-lain, di mana proses pembersihan tersebut dilakukan berdasarkan yang diterima dan bertujuan memudahkan dalam proses selanjutnya (proses inspeksi).

Bahan-bahan kimia yang digunakan dalam *cleaning process* :

- Addrox 6333, Addrox 6025, addrox 5502 untuk menghilangkan *oil/grease* dan karbon deposit.
- Addrox 188 untuk menghilangkan karbon dan membantu mengurangi guratan-guratan pada permukaan komponen.
- Addrox 1873 untuk *feritic chromium steel*.
- Addrox 3962 untuk menghilangkan korosi.
- Addrox 2302, Addrox 185 untuk menghilangkan cat dan karbon.
- Addrox 2204 untuk menghilangkan silikon dan karet yang melekat pada komponen.

➤ **Inspection Unit**

Inspection unit merupakan suatu unit yang melaksanakan pemeriksaan mengenai kondisi komponen/bagian suatu mesin baik secara visual maupun menggunakan bantuan alat terhadap kerusakan seperti *crack, scrape, rubs, scratch* dan kerusakan lainnya yang disebabkan karena panas, gesekan, pembebanan yang berlebihan dan lain-lain.



Gambar 3.15 flowchart perbaikan APU

Inspection unit terbagi dalam 3 sub unit, yaitu :

1. *NDT (Non Destructive Test)*
2. *Bench inspection*
3. *Bearing and hardness inspection*

3.16.2 NDT (Non Destructive Test)

NDT merupakan sub unit *inspection* yang melaksanakan pemeriksaan terhadap komponen/bagian mesin, terutama yang bekerja pada daerah panas (*hot section*).^[6]

Metode yang digunakan adalah :

- Penetrant Cair
- Magnetic Partikel
- Metode Radiografi
- Metode Ultrasonik
- Metode Arus Pusar

Penetrant Cair

Metode penetrant cair digunakan untuk mendeteksi diskontinuitas permukaan seperti : porositas, retak dan cacat-cacat lain dari proses welding. Metode dapat digunakan pada berbagai jenis bahan, asalkan bahan tersebut tidak terlalu banyak porinya. Bahan berpori banyak akan mengakibatkan penetrant tertangkap pada tiap

pori sehingga diskontinuitas permukaan tidak dapat ditampilkan dengan jelas.

Magnetik Partikel

Prinsip dasar metode magnetik partikel adalah memagnetisasi benda uji. Kemudian mendeteksi diskontinuitas dimana terjadi kebocoran fluks magnet yang akan menarik partikel-partikel magnetik yang di aplikasikan. Pengujian dengan metode ini hanya dapat dilakukan pada benda-benda yang dapat dimagnetisasi dengan baik

Metode Radiografi

Metode radiografi adalah salah satu dari metode-metode uji tanpa rusak yang menggunakan radiasi pengion sebagai sarana untuk memberikan informasi diskontinuitas yang ada pada material. Radiasi pengion biasa digunakan dalam metode radiografi ialah sinar-X dan sinar-γ.

Metode Ultrasonik

Prinsip dasar metode ultrasonik merupakan metode yang cukup luas pemakaiannya. Metode ini digunakan untuk menguji baik bahan logam maupun non logam. Metode ini dapat mendeteksi diskontinuitas di dalam atau sub-permukaan benda uji.

Metode Arus Pusing

Metode arus pusing memanfaatkan arus yang terinduksi dalam benda uji, ketika benda tersebut diaplikasikan medan magnet. Karena berdasarkan induksi elektromagnetik, maka metode ini tidak memerlukan kontak langsung antara probe dengan benda uji.

3.16.3 *Bench Inspection*

Bench inspection merupakan sub unit *inspection* yang melakukan pemeriksaan terhadap kondisi komponen/bagian mesin di atas meja secara visual dengan bantuan alat ukur (micrometer, sigmat, dan lain-lain) terutama terhadap dimensi dari komponen tersebut.

3.16.4 *Bearing and wiring inspection*

Bearing and wiring inspection merupakan sub unit inspeksi yang melakukan pemeriksaan dan perbaikan terhadap kondisi dari *bearing* dan *wiring* (alat / soket elektrik untuk menghubungkan sistem elektrik mesin ke sistem elektrik pesawat).

Hasil pemeriksaan terhadap komponen/bagian mesin pada *inspection* unit tersebut mempunyai beberapa kategori yaitu :

- *Serviceable* yaitu komponen / bagian yang masih layak digunakan pada mesin.
- *Repairable* yaitu komponen / bagian yang masih layak digunakan tetapi memerlukan proses perbaikan terlebih dahulu.
- *Condem* yaitu komponen / bagian yang sudah tidak layak digunakan.

3.17 *Repair Unit*

Repair Unit merupakan suatu unit yang melakukan perbaikan terhadap komponen/bagian suatu mesin yang *repairable*. Proses perbaikan tersebut disesuaikan dengan *work order* atau *non-routine PD sheet* (lembaran perintah proses kerja yang hanya diperuntukkan untuk komponen/bagian mesin yang *repairable*).

Repair unit terbagi dalam beberapa sub unit, yaitu :

- *Painting, processing laboratorium.*
- *Machining dan thermal spray*
- *Miscelaneous repair, welding, heat treatment*
- *General repair*

3.18 *Kitting*

Kitting merupakan unit yang melaksanakan penataan terhadap komponen / bagian menjadi modul/sub modul berdasarkan *IPC (Indeks Part Catalog)* karena setiap komponen mempunyai *part number* atau *serial number*.

3.19 *Testcell*

Test Cell merupakan suatu unit yang melaksanakan pengetesan terhadap mesin yang sudah mengalami proses perbaikan untuk mengetahui performa mesin tersebut sesuai dengan standar yang ditentukan.

3.20 *Perhitungan Bahan Bakar Pada Pesawat*

Untuk mencari pemakaian bahan bakar pesawat merupakan perhitungan dari selisih bahan bakar awal sebelum digunakan dengan sisa bahan bakar yang telah digunakan setelah pesawat mendarat (*landing*).

Rumus:

$$\text{Burn off} = \text{fuel order} - \text{remain}$$

Burn off = pemakaian bahan bakar (kg)

Fuel order = bahan bakar awal (kg)

Remain = Bahan bakar akhir/ sisa bahan bakar (kg)

Rata-rata pemakaian bahan bakar

Untuk menghitung rata-rata bahan bakar dari pemakaian bahan bakar dibagi dengan lama nya perjalanan pesawat terbang, dari perjalan terbang sampai *take off*.

$$\text{Average burn off per hours} = \frac{\text{burn off}}{\text{time}}$$

Average burn off per hours = rata-rata pemakaian bahan bakar per jam (kg)

Burn off = pemakaian bahan bakar (kg)

Time = (jam)

Tabel 3.2 Rata-rata pemakaian bahan bakar per jam

Ket : Dji = jaya pura
Mdc = manado
Upg = ujung pandang
Cgk = cengkareng
Tim = timika

Pada tabel 3.2 di atas rata-rata pemakaian

no	route perjalanan	BB awal (kg)	Bb akhir (kg)	bb terpakai (kg)	lama perjalanan (jam)	pemakaian bb/jam (kg/jam)
1	DJJ - MDC	13000	6280	6720	2,42	2,780.69
2	MDC -UPG	11000	5940	5060	1,5	3,373.33
3	UPG - TIM	13000	11070	1930	2,83	681.18
4	DJJ - UPG	13000	3000	10000	3,82	2,620.09
5	TIM - DJJ	8500	5550	2950	0,85	3,470.59
6	UPG - CGK	12000	2750	9250	2,03	4,549.18

bahan bakar per jam menjelaskan rute perjalanan jaya pura (djj) – manado (mdc) dengan berat bahan bakar awal 13000 kg dengan lama perjalanan 2 jam 25 menit dengan pemakaian bahan bakar per jam 2,780.69 kg/jam dengan kapasitas penumpang orang dewasa laki-laki 115 orang, anak-anak 6 orang, dan orang dewasa perempuan 10 orang, dengan total penumpang 131 orang. Bila kekurangan bahan bakar pada pesawat maka pesawat akan *landing* mencari bandara terdekat. Faktor cuaca juga mempengaruhi penerbangan bila cuaca buruk maka pesawat tidak boleh terbang.

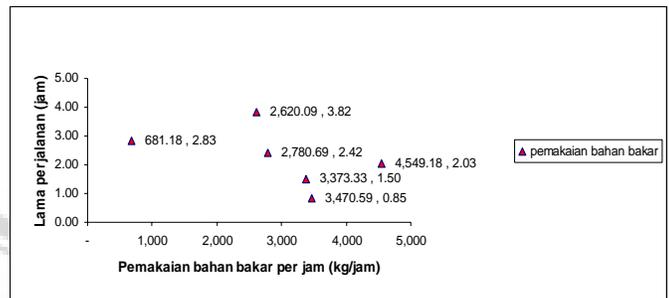
Rute perjalanan manado (mdc) - ujung pandang (upg) dengan berat bahan bakar awal 11000 kg dengan lama perjalanan 1 jam 30 menit dengan pemakaian bahan bakar per jam 3,373.33 kg/jam dengan kapasitas penumpang orang dewasa laki-laki 95 orang, anak-anak 2 orang, dan orang dewasa perempuan 7 orang, dengan total kapasitas penumpang 104 orang.

Rute perjalanan ujung pandang (upg) – timika (tim) dengan berat bahan bakar awal 13000 kg dengan lama perjalan 2 jam 50 menit dengan pemakaian bahan bakar per jam 681.18 kg/jam. Dengan kapasitas penumpang orang dewasa laki-laki 57 orang, anak-anak 7 orang, dan orang dewasa perempuan 9 orang dengan total kapasitas penumpang 73 orang. Beban pada pesawat juga mempengaruhi bahan bakar bila penumpang nya lebih sedikit atau beban yang dibawanya tidak terlalu berat maka penggunaan bahan bakarnya tidak terlalu besar.

Rute perjalanan jaya pura (djj) – ujung pandang (upg) dengan berat bahan bakar awal 13000 kg dengan lama perjalanan 3 jam 49 menit dengan pemakaian bahan bakar 2,620.09 kg/jam. Dengan penumpang orang dewasa 99 orang, anak-anak 5 orang, dan orang dewasa perempuan 5 orang dengan total kapasitas penumpang 109 orang.

Rute perjalanan timika (tim) - jaya pura (djj) dengan berat bahan bakar awal 8500 kg dengan lama perjalanan 51 menit dengan pemakaian bahan bakar 3,470.59 kg/jam. Dengan penumpang orang dewasa laki-laki 97 orang, anak-anak 4 orang, dan orang dewasa perempuan 7 orang dengan total kapasitas penumpang 108 orang.

Rute perjalanan ujung pandang (upg) – cengkareng (cgg) dengan berat bahan bakar awal 12000 kg dengan lama perjalanan 2 jam 2 menit dengan pemakaian bahan bakar 4,549.18 kg/jam. Dengan penumpang orang dewasa laki-laki 114 orang, anak-anak 7 orang, dan orang dewasa perempuan 6 orang dengan total kapasitas penumpang 127 orang ditambah 1 pilot, 1 kopilot dan 5 pramugari. Beban yang dibawa sangat besar sehingga mempengaruhi bahan bakar yang terpakai dan rute perjalananya lebih jauh di bandingkan dengan yang lain.



Gambar. 3.16 Grafik pemakaian bahan bakar

Pada gambar 3.16 menjelaskan pemakaian bahan bakar secara global pada tiap jam nya semakin jauh rute perjalanan maka semakin banyak pemakaian bahan bakar yang dikeluarkan.

Tabel 3.3 Harga pemakaian avtur per liter

no	route perjalanan	volume (L)	Harga avtur per liter (Rp)	Harga pemakaian avtur (Rp)
1	djj-mdc	10,200.00	12,253.00	124,980.600
2	mdc-upg	6,000.00	12,253.00	73,518.000
3	upg-tim	10,400.00	12,253.00	127,431.200
4	djj-upg	9,400.00	12,253.00	115,178.200
5	tim-djj	4,400.00	12,253.00	53,913.200
6	upg-cgg	11,400.00	12,253.00	139,684.200

Pada tabel 3.3 di atas menjelaskan mengenai harga avtur (bahan bakar pesawat terbang), bila ditinjau sekilas balik kebelakang perubahan harga per liter sudah mengalami kenaikan dari Rp 11,240,- per liter menjadi Rp 12,253,- per liter hal ini menjadi dampak bagi pelaku-pelaku ekonomi, PT Pertamina sebagai satu-satunya perusahaan penghasil minyak diantaranya bahan bakar pesawat udara (avtur) di Indonesia, dalam penetapan jual harga avtur belum dapat menentukan harga jual per liter secara independen karena masih ada peranan pemerintah untuk mempertimbangkan tingkat harga dengan melihat kepentingan masyarakat banyak. Kenaikan harga avtur mempunyai pengaruh terhadap maskapai penerbangan yang secara khusus bila dilihat dari unsur biaya operasi akan sulit untuk tetap mempertahankan anggaran sesuai rencana, sementara itu untuk penetapan harga jual produk bukanlah suatu yang sederhana.

Sebagaimana dapat dilihat dalam waktu kurun 2 tahun terakhir ini munculnya perusahaan-perusahaan baru yang bergerak pada jasa angkutan udara adalah sangat nyata, sementara dengan banyaknya maskapai penerbangan khususnya yang melayani rute domestik masyarakat dapat merasakan adanya suatu kemudahan untuk melakukan perjalanan domestik yang relatif mudah dan murah, hal ini disebabkan karena harga tiket yang bersaing dengan ketat sehingga harga relatif lebih murah dan bila dilihat dari pengorbanan waktu untuk menempuh jarak tertentu dengan menggunakan pesawat terbang kenyataanya adalah lebih murah dan lebih cepat.

Pertimbangan ini dapat dibaca dengan baik oleh setiap maskapai penerbangan sehingga mereka dalam persaingan yang sangat ketat berlomba untuk merebut penumpang dengan membuat berbagai macam promosi misalnya kelas ekonomi yang dibagi dalam beberapa kelas dengan jumlah kursi tertentu, mengadakan diskon khusus dan lain-lain. Cara ini dapat dilihat keberhasilannya sehingga secara lebih luas berdampak lebih positif terhadap bisnis yang terkait lainnya, misalnya transportasi darat yang khusus melayani antar kota yang langsung ke bandara dikota tertentu.

BAB IV PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan di PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. APU menghasilkan 2 tenaga/power yang dimanfaatkan oleh sistem-sistem pada pesawat. Kedua tenaga tersebut diantaranya adalah *shaft horsepower* dan *pneumatic power*. *Shaft horsepower* digunakan untuk menggerakkan *generator* atau komponen-komponen lainnya yang dihubungkan ke bagian aksesoris.
2. *Fuel* sistem / sistem bahan bakar pada APU berfungsi untuk mengatur dan mengalirkan aliran bahan bakar dari pompa bahan bakar sampai ke ruang pembakaran. Operasional secara umum dari sistem bahan bakar ini adalah bahan bakar dari tangki dialirkan menuju *fuel control unit (FCU)* oleh pompa bahan bakar (*Boster Pump*). Setelah dari bagian FCU bahan bakar dialirkan menuju ruang pembakaran.

DAFTAR PUSTAKA

1. [Http://www.amtonline.com](http://www.amtonline.com)
2. [Http://www.b737.org.uk/apu.htm.c](http://www.b737.org.uk/apu.htm.c)
3. *Manual Book Auxiliary Power Unit (APU) Boeing 737*, Penerbit:PT Garuda Maintenance Facility Aero Asia, Jakarta, 1988.
4. <http://www.bsn.go.id/files/laboratorium/p-144-IDN.pdf>
5. *GTCP85 Two Bearing Series Gas Turbine Engine, Training Study Guide*, Penerbit: PT. Garuda Maintenance Facility Aero Asia, Jakarta, 1980.
6. Muhammad Margono, *Metode penetran cair*, Puspitek serpong, 2002.