

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Fuel*

Bahan bakar pesawat atau *fuel* adalah bahan bakar dengan jenis khusus yang berasal dari minyak bumi yang digunakan sebagai bahan bakar pesawat udara. Bahan bakar penerbangan harus memenuhi persyaratan serta karakteristik yang ketat, seperti titik nyala dan titik beku yang harus sesuai dengan aturan yang ada. Ada beberapa jenis bahan bakar utama penerbangan, diantaranya yaitu *avtur* (*Jet A-1*) yang digunakan untuk pesawat udara dengan tipe mesin turbin, *avgas* yang digunakan untuk pesawat udara dengan tipe mesin piston, dan *Jet B*, *biofuel*, ataupun *biokerosene*. Berikut ini adalah jenis bahan bakar yang umum digunakan pada pesawat udara:

1. *Jet A*

Jet A dapat digunakan sebagai bahan bakar untuk pesawat komersial modern dan merupakan campuran minyak tanah yang sangat halus, yang terbakar pada suhu pada atau di atas 49° C (120° F). Bahan bakar tersebut berbahan dasar minyak tanah dan memiliki titik nyala yang jauh lebih tinggi daripada bahan bakar berbahan bakar bensin, hal tersebut membuatnya membutuhkan suhu yang jauh lebih tinggi untuk menyalakannya.

2. *Jet A-1*

Avtur (*Aviation Turbine Fuel*) atau secara internasional lebih dikenal dengan nama *Jet A-1*, karena banyak sekali pesawat terbang jenis jet yang menggunakan bahan bakar ini. *Avtur* merupakan bahan bakar yang digunakan untuk pesawat terbang jenis jet. Pada umumnya *avtur* memiliki spesifikasi yang diperketat, terutama mengenai titik uap dan titik beku. Bahan bakar minyak (BBM) tersebut merupakan BBM jenis khusus yang dihasilkan dari fraksi minyak bumi.

Avtur memiliki titik nyala lebih tinggi dari 38°C dan titik beku -47°C . *Avtur* didesain khusus untuk bahan bakar pesawat udara dengan tipe mesin turbin (*external combustion*). Performa atau nilai mutu jenis bahan bakar *avtur* ditentukan oleh karakteristik kemurnian, model pembakaran turbin, dan daya tahan struktur pada suhu yang rendah. Selain digunakan sebagai sumber energi penggerak mesin pesawat terbang, *avtur* juga dapat digunakan sebagai cairan hidrolik pada sistem kontrol mesin dan sebagai pendingin bagi beberapa komponen sistem pembakaran.

Berikut adalah perbedaan dari *Jet A* dengan *Jet A-1*, titik beku *Jet A-1* (-47°C atau -53°F) lebih rendah dibandingkan dengan *Jet A* (-40°C atau -40°F). Perbedaan lainnya adalah penambahan wajib anti-statis aditif ke *Jet A-1*. Truk *Jet A*, tangki penyimpanan, dan pipa ledeng yang membawa *Jet A* pada umumnya ditandai dengan stiker hitam bertuliskan "*Jet A*" berwarna putih yang tercetak di atasnya, yang bersebelahan dengan garis hitam lainnya.

3. *Avgas*

Avgas (aviation gasoline) pada umumnya lebih sering digunakan sebagai bahan bakar pesawat berukuran relatif lebih kecil (pesawat pribadi) yang bermesin piston. *Avgas* memiliki suhu titik beku antara -100°C atau lebih rendah dari *Jet A* dan *Jet A-1*.

Ada berbagai standar dari *American Society for Testing and Materials (ASTM)* untuk *avgas*, dan hampir semua *avgas* yang ada di pasar Amerika Serikat saat ini memiliki kandungan timbal rendah, yaitu *avgas 100LL*. Meskipun kadar kandungan timbal tersebut tergolong rendah, apabila terhirup atau tertelan maka timbal dapat menimbulkan keracunan. Selain itu, timbal dapat memengaruhi kesehatan manusia dalam berbagai cara, termasuk berdampak pada sistem saraf, sel darah merah, dan sistem kardiovaskular.

2.2 Pengertian *Refueling* dan *Defueling*

Setiap pesawat memiliki tangki bahan bakar yang berfungsi menyediakan bahan bakar untuk proses pembakaran di *engine* sehingga menghasilkan gaya dorong (*thrust*). Untuk menjaga agar tangki bahan bakar pada pesawat dapat menyediakan

cukup bahan bakar untuk *engine* maka apabila kapasitas bahan bakar yang tersedia di dalam tangki berkurang atau tidak cukup untuk melakukan penerbangan maka harus dilakukan *refueling*, yaitu mengisi kembali bahan bakar ke dalam tangki sesuai kapasitas yang telah dihitung dan ditentukan, proses *refueling* pada pesawat angkut komersil dilakukan di darat dengan dilengkapi prosedur pencegahan kebakaran.

Sementara, *defueling* adalah proses mengeluarkan bahan bakar dari tangki bahan bakar pesawat. *Defueling* dapat dilakukan untuk tujuan tertentu seperti untuk keperluan perawatan yang mengharuskan untuk dilakukan inspeksi pada tangki bahan bakar pesawat atau inspeksi pada pompa bahan bakar.

2.3 Metode Refueling dan Defueling

2.3.1 Metode Refueling

Terdapat dua metode proses *refueling* pada pesawat, yaitu:

1. *Over the wing-refueling* atau *Gravity refueling*

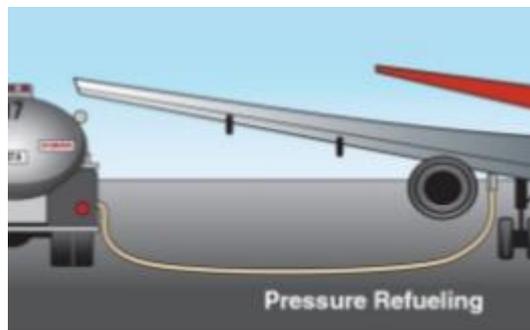
Pengisian bahan bakar di atas sayap dilakukan dengan membuka tutup tangki bahan bakar di permukaan atas sayap. *Nozzle* pengisian bahan bakar dengan hati-hati dimasukkan ke dalam lubang pengisian dan bahan bakar dipompa ke dalam tangki. Proses ini mirip dengan proses yang digunakan untuk mengisi bahan bakar tangki bensin mobil. Setelah selesai, tutupnya dipasang kembali dan tangki berikutnya dibuka dan diisi ulang sampai pesawat memiliki muatan bahan bakar yang diinginkan di atas pesawat.



Gambar 2.1 *Gravity Refueling* [6]

2. *Pressure refueling*

Pengisian ulang menggunakan tekanan terjadi di bagian bawah tangki bahan bakar. *Nozzle* pengisian bahan bakar bertekanan mengunci port pengisian bahan bakar di stasiun pengisian bahan bakar pada bawah sayap pesawat. Bahan bakar dipompa ke dalam pesawat dengan tekanan melalui *valve* yang dilengkapi *seal*. Sistem ini dilengkapi pengukur kuantitas bahan bakar untuk memastikan berapa banyak bahan bakar yang telah di isi kedalam tangki. Sistem ini juga dilengkapi *auto cut-off*. Ini menutup katup pengisian bahan bakar saat tangki penuh.



Gambar 2.2 *Pressure Refueling* [6]

2.3.2 Metode *defueling*

Pesawat berbahan bakar bertekanan biasanya melepaskan bahan bakar melalui *port* pengisian bahan bakar bertekanan. *Booster pump* dalam tangki pesawat dapat digunakan untuk memompa keluar bahan bakar. Pompa pada truk bahan bakar juga dapat digunakan untuk mengeluarkan bahan bakar. Ikuti prosedur pabrik untuk mengeluarkan bahan bakar pesawat.

1. Metode *Booster Pump*

Fuel Booster Pump adalah salah satu komponen yang pokok dalam setiap proses pemindahan fluida untuk disalurkan ke komponen lainnya. *Booster Pump* berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dalam keadaan bertekanan positif sehingga bahan bakar yang akan disalurkan menuju mesin mempunyai tekanan dan laju aliran yang stabil atau teratur. Tekanan yang dihasilkan *booster pump* juga dapat digunakan untuk mengeluarkan dan menyedot seluruh bahan bakar di dalam tangki untuk dikeluarkan dari tangki.

2. Metode *Suction Drain*

Sistem *fuel* pesawat terbang dilengkapi *drain valve*, sehingga *system* dapat dikuras saat pesawat di *ground*. Metode *suction drain* menggunakan *pressure* eksternal atau *pressure* yang terdapat pada mobil tangki pengisian bahan bakar.

2.4 Komponen *refueling* dan *defueling*

1. *Check valve*



Gambar 2.3 *Check Valve*[7]

Check valve adalah alat yang digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi *reversed flow* atau *back flow*. Untuk mengalirkan fluida hanya ke satu arah dan mencegah aliran ke arah sebaliknya. Tidak menggunakan *handle* untuk mengatur aliran, tapi menggunakan gravitasi dan tekanan dari aliran fluida itu sendiri. Karena fungsinya yang dapat mencegah aliran balik (*backflow*). *Check valve* sering digunakan sebagai pengaman dari sebuah sistem perpipaan.

2. *Drain Valve*

Drain valve dapat menjadi satu dengan filter bahan bakar (*fuel strainer*), pada *sump* (tampungan) atau padatempat lainnya. Katup pada *sump* digunakan untuk menguras akumulasi uap dari tangki dan untuk menguras *fuel* dari tangki yang masih tersisa setelah *defueling*.



Gambar 2.4 *Drain Valves* [7]

3. *Fuel Lines and Piping*

Merupakan pipa-pipa yang disambung dengan *fitting-fitting* dan *nut* yang menjadi satu kesatuan sehingga penyaluran bahan bakar dapat didistribusikan dengan baik dan efisien. Pada tangki bahan bakar memiliki pipa untuk mentransfer *fuel* dari tangki ke tangki

4. *Fuel Shutoff Valve*

Valve ini berfungsi sebagai pemutus dan penghubung aliran *fuel* yang akan masuk ke sistem. Biasanya digerakan menggunakan motor listrik berkapasitas 24-28 *Volt DC*. Apabila ada kerusakan dalam sistem elektriknya maka dapat dibuka secara manual, tetapi tidak boleh ditutup manual karena akan merusak sistem mekaniknya.

5. *Fuel Fill Valve*

Merupakan *valve* yang berfungsi untuk memasukkan bahan bakar kedalam tangki pesawat yang terletak pada bagian atas sayap pesawat yang berfungsi untuk pengisian bahan bakar dengan metode *gravity feed* dan terletak pada bagian bawah sayap pesawat untuk pengisian bahan bakar dengan metode *pressure feed*.



Gambar 2.5 *Fill Valve* dibawah sayap pesawat [7]

6. *Pump*

Jenis pompa bahan bakar yang paling umum digunakan pada pesawat terbang, terutama pesawat terbang besar dan adalah pompa sentrifugal. Ini adalah motor listrik yang digerakkan dan paling sering terendam di tangki bahan bakar atau terletak tepat di luar bagian bawah tangki dengan saluran masuk pompa memanjang ke tangki. Pompa sentrifugal adalah pompa perpindahan variabel. Ini mengambil bahan bakar di tengah impeler dan mengeluarkannya ke luar saat *impeler* berputar. *Valve* keluar mencegah bahan bakar mengalir kembali melalui pompa.

2.5 Jenis-Jenis Pompa

Pompa adalah salah satu jenis mesin *fluida* yang berfungsi untuk memindahkan zat cair dari suatu tempat ke tempat lain yang diinginkan. Pompa beroperasi dengan membuat perbedaan tekanan antara bagian masuk (*suction*) dengan bagian keluar (*discharge*). Pompa juga berfungsi mengubah tenaga mekanis dari suatu sumber tenaga penggerak menjadi tenaga kinetis (kecepatan). Tenaga ini berguna untuk mengalirkan cairan dan mengatasi hambatan yang ada di sepanjang aliran.

2.5.1 Pompa Perpindahan Positif (*Positif Displacmnet Pump*)

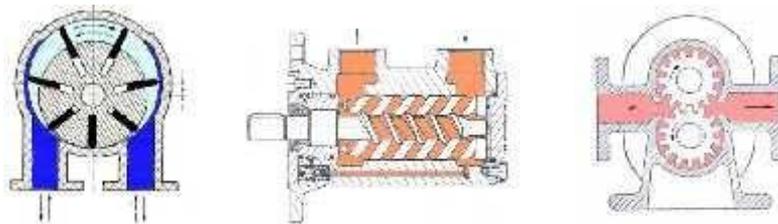
Pompa perpindahan positif bekerja dengan cara memberikan gaya tertentu pada *volume fluida* tetap dari sisi *inlet* menuju ke sisi *outlet* pompa. Kelebihan dari penggunaan pompa jenis ini adalah dapat menghasilkan *power density* (gaya persatuan berat) yang lebih berat dan memberikan perpindahan *fluida* yang

tetap atau stabil di setiap putarannya.

Pompa perpindahan positif memiliki tipe yang lebih bervariasi dari pada pompa dinamik. Secara general pompa perpindahan positif dibagi menjadi dua yaitu jenis pompa *rotary* dan jenis *reciprocating*.

1. Pompa *Rotary*

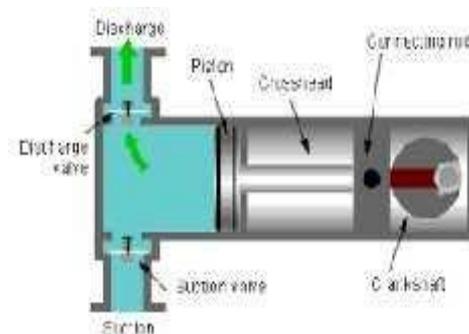
Pompa *rotary* ini memindahkan *fluida* kerja melalui mekanisme *rotary* dengan jalan menimbulkan efek *vakum* sehingga dapat menghisap *fluida* kerja dari sisi *inlet*, dan memindahkannya ke sisi *outlet*. Terperangkapnya udara di dalam *rotary*, secara natural pompa ini akan mengeluarkan udara tersebut. Jenis pompa *rotary* antara lain pompa roda gigi, pompa *screw* dan pompa kipas.



Gambar 2.6 Pompa Kipas, Pompa *Screw*, Pompa Roda Gigi [8]

2. Pompa *Reciprocating*

Pompa ini menggunakan piston yang bergerak maju mundur sebagai komponen kerjanya, serta mengarahkan aliran *fluida* kerja kehanya satu arah dengan *check valve*. Pompa *reciprocating* ini memiliki rongga kerja yang meluas pada saat menghisap *fluida* dan akan mendorong dengan mempersempit rongga kerja tersebut. *Check valve* digunakan untuk mengatur arah aliran *fluida* sehingga akan terjadi proses pemompaan yang seimbang.



Gambar 2.7 Pompa *Reciprocating* [8]

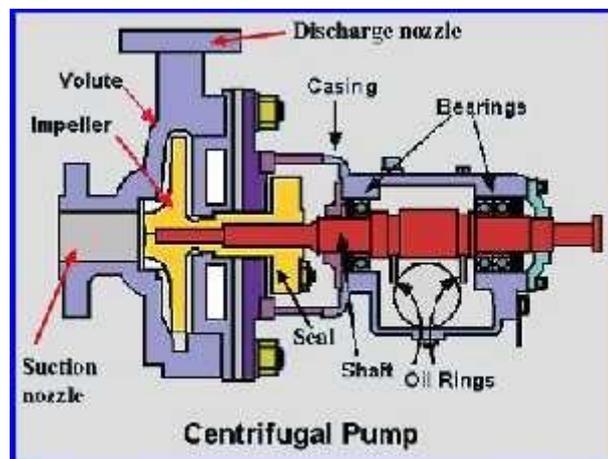
2.5.2 Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*)

Pompa dinamik terbagi menjadi beberapa macam yaitu pompa sentrifugal, pompa aksial dan pompa spesial efek atau pompa pengaruh khusus. Pompa-pompa ini beroperasi dengan menghasilkan kecepatan fluida tinggi dan mengkonversi kecepatan menjadi tekanan melalui perubahan penampang aliran fluida. Jenis pompa ini biasanya juga memiliki efisiensi yang lebih rendah dari pada tipe pompa perpindahan positif, tetapi memiliki biaya yang rendah untuk perawatannya. Pompa dinamik juga bisa beroperasi pada kecepatan yang tinggi dan debit aliran yang juga tinggi. Berikut jenis-jenis pompa dinamik.

1. Pompa *Sentrifugal*

Sebuah pompa sentrifugal tersusun atas sebuah *impeller* dan saluran *inlet* ditengah-tengahnya. Dengan desain ini maka pada saat *impeller* berputar, *fluida* mengalir menuju casing disekitar *impeller*

Sebagai akibat dari gaya *sentrifugal*. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran *fluida* sementara kecepatan putar *impeller* tetap tinggi. Kecepatan *fluida* dikonversikan menjadi tekanan oleh casing sehingga *fluida* dapat menuju titik outlet nya.

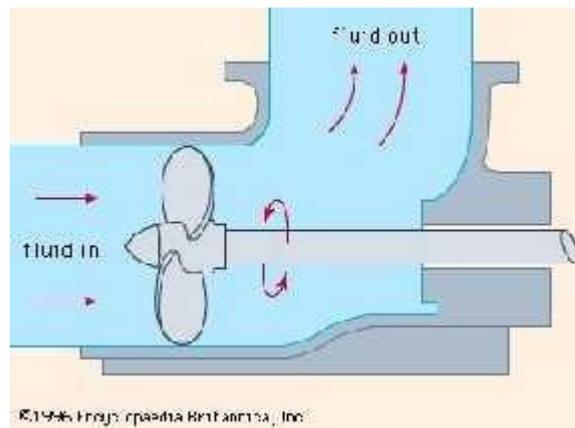


Gambar 2.8 Pompa *Sentrifugal* [8]

2. Pompa *Aksial*

Pompa *aksial* bisa juga disebut dengan pompa *propeller*. Pompa ini menghasilkan sebagian besar tekanan dari *propeller* dan gaya *lifting* dari sudu terhadap fluida. Pompa ini banyak digunakan pada sistem drainase dan irigasi.

Pompa *aksial vertikal single stage* lebih umum digunakan, akan tetapi kadang pompa *aksial two stage* lebih ekonomis penerapannya. Pompa *aksial horisontal* digunakan untuk debit aliran fluida yang besar dengan tekanan yang kecil dalam alirannya.



Gambar 2.9 Pompa Aksiali [8]

3. *Spesial Effect Pump*

Pompa ini sering digunakan untuk kebutuhan industri. Pompa yang termasuk dalam *spesial effect pump* yaitu *jet (eductor)*, *gas lift*, *hydraulic ram* dan *elektromagnetic*. Pompa jet digunakan untuk mengkonversi energi tekanan dari fluida bergerak menjadi energi gerak sehingga menciptakan area bertekanan rendah, dan dapat menghisap di sisi *suction*. *Gas lift pump* adalah sebuah cara untuk mengangkat fluida di dalam sebuah kolom dengan jalan menginjeksikan suatu gas tertentu yang menyebabkan turunnya berat hidrostatis dari fluida tersebut sehingga *reservoir* dapat mengangkatnya ke permukaan. Pompa *electromagnetic* adalah pompa yang menggerakkan fluida logam dengan jalan menggunakan gaya *electromagnetic*.

2.6 Aliran Fluida

Seperti yang telah kita ketahui, fluida adalah zat yang dapat mengalir. Aliran fluida itu sendiri dapat diklasifikasikan berdasarkan jenisnya, yaitu:

1. Aliran Laminar

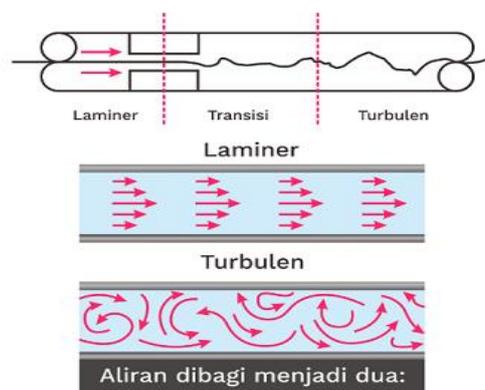
Terjadi apabila aliran fluida dalam pipa sejajar dengan dinding pipa tanpa adanya komponen radial. Fluida bergerak dengan kecepatan yang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, tidak terdapat fluktuasi.

2. Aliran Transisi

Terjadi apabila aliran fluida dalam pipa mulai tidak sejajar dengan dinding pipa. Hal ini terjadi bila fluida tersebut mencapai kecepatan kritis; berada pada daerah antara aliran laminar dan turbulen.

3. Aliran Turbulen

Terjadi bila aliran fluida dalam pipa tidak beraturan / tidak sejajar dengan pipa. Dalam turbulen tidak semua partikel dari zat cair bergerak tidak searah, namun pada permukaan dinding pipa terjadi lapisan yang sangat tipis, di mana aliran tersebut masih tetap laminar yang disebabkan oleh viskositas (kekentalan) dari zat cair tersebut. Lapisan tipis yang terjadi tersebut dinamakan lapisan pemisah (boundary layer) dan tebalnya tergantung pada kecepatan rata-rata aliran serta akan berkurang bila kecepatannya naik.



Gambar 2.10 Aliran Fluida [13]

2.7 Head Pompa

Head merupakan energi spesifik per satuan berat fluida, *head* pada umumnya dinyatakan dalam tinggi kolom fluida yang dinyatakan dalam satuan meter atau ft.

Head pompa yang harus disediakan untuk mengalirkan jumlah zat cair sesuai dengan yang direncanakan, dapat ditentukan dari kondisi instalasi yang akan dilayani oleh pompa

2.8 Losses Pipa

Losses adalah kerugian-kerugian *head*/energi pada aliran yang disebabkan oleh adanya faktor gesek fluida pada dinding dalam pipa, adanya katup-katup, belokan, dan lain-lainnya. *Head Losses* ada dua macam yaitu *Mayor Losses* dan *Minor Losses*.

A. Mayor losses

Mayor losses adalah energi yang hilang sepanjang pipa lurus yang seragam dan sebanding dengan panjang pipa. *Losses* ini disebabkan karena gesekan internal fluida dan juga gesekan antara fluida dan dinding saluran, maka semua pipa baik pipa halus atau pipa kasar muncul *major losses*.

B. Minor Losses

Minor Losses adalah kerugian-kerugian yang disebabkan oleh adanya kerugian energi/*head* pada aksesories pipa seperti belokan-belokan, katup-katup, percabangan dan perubahan luas penampang pipa saluran. Besarnya *minor losses* dapat dihitung.

2.9 Spesifikasi Bahan

Mengetahui spesifikasi bahan diperlukan untuk mengetahui keandalan dan pada rangka juga menentukan kekuatan untuk menopang alat rancang bangun tersebut

2.9.1 Menentukan Kekuatan Rangka

Saat menentukan kekuatan rangka dimulai dengan berat setiap komponen yang ditopang oleh rangka. Setelah didapatkan maka hitung momen inersia, titik berat dan momen maksimum suatu benda dan tegangan Tarik ijin. Apabila tegangan Tarik ijin lebih rendah dari tegangan Tarik maksimumnya maka suatu rangka dikatakan dapat menahan beban.

2.9.2 Massa Jenis

Berikut adalah tabel massa jenis benda:

Tabel 2.1 Massa Jenis [3]

Benda	Massa Jenis
Air	1000 kg/m^3
Akrilik	1180 kg/m^3
Plywood	600 kg/m^3

2.9.3 Kekuatan Tarik

Kekuatan Tarik adalah tegangan maksimum suatu benda ketika ditarik atau diregangkan hingga benda tersebut patah. Tegangan Tarik besi *hollow* adalah $723,83 N/m^3$.

2.10 Rumus-rumus yang sering digunakan

a. Volume bangun

1. Balok

$$V = P \times L \times T \dots\dots\dots (2.1, \text{Lit. } 8)$$

2. Prisma

$$V = \frac{1}{2} \times a \times b \times T \dots\dots\dots (2.2, \text{Lit. } 8)$$

Keterangan:

V = volume (m^3)

P = panjang (m)

L = lebar (m)

T = tinggi (m)

a = panjang alas (m)

b = Tinggi segitiga (m)

b. Massa jenis

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2.3, \text{Lit. } 9)$$

Keterangan:

ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa (kg)

$v = \text{volume (m}^3\text{)}$

c. Debit aliran air

$$Q = A \cdot v = V/t \dots\dots\dots (2.4, \text{Lit.9})$$

Keterangan:

$Q = \text{debit air (m}^3\text{/s)}$

$v = \text{kecepatan aliran (m/s)}$

$A = \text{luas penampang}$

$V = \text{volume}$

$t = \text{waktu (s)}$

d. Menghitung bilangan Reynold

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot d}{\mu} \dots\dots\dots (2.5, \text{Lit.10})$$

Keterangan:

$\rho = \text{massa jenis (kg/m}^3\text{)}$

$v = \text{kecepatan aliran (m/s)}$

$d = \text{diameter pipa (m)}$

$\mu = \text{viskositas dinamik (kg/m)}$

Bila $R_e < 2000$ maka aliran nya laminar, sedangkn bila $R_e > 2000$ maka aliran nya turbulen.

e. *Losses* pipa

$$H_{Lm} = k \cdot \frac{v^2}{g} \dots\dots\dots (2.6, \text{Lit.11})$$

$H_{Lm} = \text{Minor Losses (m)}$

$k = \text{koefisien kerugian pada asesories pipa}$

$v = \text{kecepatan rata-rata aliran fluida (m/s)}$

$g = \text{percepatan gravitasi (m/s}^2\text{)}$

Dalam menghitung *minor losses* dibutuhkan mencari koefisien *losses*, berikut ini rumus mencari koefisien losses elbow,

Rumus:

$$f = [0,131 + 1,847 \left(\frac{D}{2R}\right)^{3,5}] \left(\frac{\theta}{90}\right) \dots\dots\dots (2.7, \text{Lit.11})$$

f = koefisien kerugian *elbow*

D = diameter dalam pipa

R = jari- jari *elbow*

θ = sudut belokan *elbow* (90^0)

f. *Head* total pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{vd^2}{2g} \dots\dots\dots (2.8, \text{Lit.11})$$

Keterangan:

H = *head* total pompa (m)

h_a = *head* statis total (m)

Δh_p = perbedaan *head* tekanan yang bekerja pada kedua permukaan air (m)

h_l = berbagai kerugian *head* di pipa, katup, belokan, sambungan, dll. (m)

$\frac{vd^2}{2g}$ = *head* kecepatan keluar (m)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

g. Menghitung gaya

$$F = m \cdot g \dots\dots\dots (2.9, \text{Lit. 13})$$

Keterangan:

F = gaya (N)

m = massa (kg)

g = gravitasi (m/s^2)

h. Momen Inersia

$$I = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3) \dots\dots\dots (2.10, \text{Lit. 12})$$

Keterangan:

I = momen inersia besi *hollow* kotak (mm^4)

BH = Ukuran luar bahan (mm^2)

bh = Ukuran dalam bahan (mm^2)

i. Tegangan tarik rangka

$$(\sigma_{tarik \text{ rangka}}) = \frac{M_{max} \cdot y}{I} \dots\dots\dots (2.11, \text{Lit. 13})$$

Keterangan:

M_{max} = momen maksimum

y = jarak titik berat (mm)

I = momen inersia (mm^4)

j. Faktor keamanan

$$S_f = \frac{\sigma_{Yield\ strength}}{\sigma_{Tarik\ rangka}} \dots\dots\dots(2.12, \text{Lit.13})$$

k. Tegangan tarik ijin rangka

$$\sigma_{ijin} = \sigma_{tarik\ rangka} \cdot S_f \dots\dots\dots(2.13, \text{Lit.13})$$

Keterangan:

σ_{ijin} = tegangan tarik ijin (N/m^2)

$\sigma_{tarik\ rangka}$ = tegangan tarik (N/mm^2)

S_f = faktor keamanan

l. Rumus Statistika

Rata-rata (*mean*)

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \dots\dots\dots(2.14, \text{Lit.13})$$

2.11 Prosedur Pengoperasian pada Pesawat

Dalam dunia aviasi terdapat ATA 100 yang menjadi standar referensi umum untuk mengatur penomoran dokumentasi pesawat komersial. Hal ini dimaksudkan untuk mempermudah orang yang ingin mencari refensi dari pesawat tersebut, sebagai contohnya yaitu pilot, teknisi pesawat, maupun insinyur.

Prosedur operasi *refueling*, dan *defueling* ini terdapat pada ATA 28 yang membahas tentang *fuel operation*. Berikut merupakan prosedur yang merujuk pada ATA 28 pesawat Boeing 737-300/400/500:

2.11.1 Proses *Refueling*

Peringatan: Pastikan sistem kelistrikan sudah terikat dengan baik dan hubungkan pesawat ke *electrostatic ground* untuk mencegah *electricity discharge* dan kemungkinan kebakaran atau ledakan. Berikut merupakan langkah-langkah *refueling*:

1. Pastikan pesawat pada posisi *grounded* dengan benar
2. Hubungkan pesawat dengan kabel *grounding*
3. Hubungkan pesawat dengan sumber listrik eksternal (*Ground Power Suplly*)

4. Pastikan komponen pada *refuel station* dapat digunakan dengan baik seperti *seal* pada katup pengisian, lampu indikator dan indikator kuantitas *fuel*
5. Pastikan *Shut-off valve* pada posisi terbuka
6. Buka *fill nozzle* dengan hati-hati dan hubungkan dengan selang pengisian eksternal
7. Tentukan kuantitas bahan bakar pada tangki yang akan diisi
8. Nyalakan *switch* tangki yang akan diisi jika sudah mencapai batas yang telah ditentukan maka *shut-off valve* akan tertutup secara otomatis
9. Matikan aliran bahan bakar dari truk pengisian bahan bakar
10. Putuskan sambungan *fill valve*
11. Kembalikan kondisi pesawat pada keadaan semula.

2.11.2 Proses Defueling

Peringatan: Jangan operasikan radio, radar dan perangkat elektronik lain kecuali yang terkait dengan proses *defueling* pastikan kabel *grounding* pesawat terhubung dengan baik.

1. Sambungkan kabel *ground* pesawat
2. Buka panel akses kontrol bahan bakar pesawat
3. Lepaskan tutup pada adapter *fuel fill* dan sambungkan *nozzle* untuk *defueling* bahan bakar
4. Buka katup *defueling*, tentukan jumlah bahan bakar yang ingin dikuras dan nyalakan *switch* pada posisi *on*.
5. Jika jumlah bahan bakar yang dikuras telah sesuai dengan yang diinginkan kemudian matikan *switch*.
6. Atur katup *shut-off valve* pada posisi tertutup
7. Lepaskan sambungan konektor pada *fill valve* dan tutup panel akses kontrol bahan bakar
8. Kembalikan pesawat pada keadaan semula

2.11.3 Proses *Sump Drain Valves*

Catatan: Semua *drain valve* dioperasikan dengan cara yang sama

1. Masukkan *probe* alat pengurasan pada bagian tengah keran kemudian lakukan penekanan ke arah atas
2. Lakukan penekanan sampai air atau bahan bakar (jika ingin menguras hingga habis) berhenti mengalir
3. Periksa seluruh *drain valve* dari kebocoran.

2.12 Pembuatan

Pembuatan merupakan proses yang digunakan untuk mengubah suatu bahan menjadi alat tepat guna agar dapat melakukan fungsi semestinya dari alat yang diperlukan. Proses pembuatan meliputi perencanaan, pemilihan bahan dan perakitan atau penyatuan bahan bahan yang dibentuk menjadi suatu alat.

2.13 Pengujian

Dalam proses pembuatan suatu peralatan diperlukan adanya pengujian guna mengetahui apakah alat yang sudah dibuat dapat bekerja sesuai dengan fungsi dan tujuannya serta dapat mengetahui kelemahan alat tersebut agar dapat dilakukan perubahan sesuai dengan fungsi dan tujuan awal perencanaan.

2.13.1 Metode Pengujian

Pengujian yang akan dilakukan pada simulator ini meliputi pengujian pada tiap komponen dan pengukuran lamanya waktu simulator menyelesaikan proses *refueling* dan *defueling* pada berbagai metode yang akan diujikan pada alat simulator ini.

2.13.2 Tujuan Pengujian

Adapun tujuan dari pengujian simulator *refueling* dan *defueling* bahan bakar pada pesawat ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah simulator dapat berfungsi dengan baik sesuai yang direncanakan.
2. Mengetahui waktu yang diperlukan simulator untuk menyelesaikan pekerjaan pada tiap-tiap proses yang diujikan.

3. Mengetahui apakah spesifikasi pompa yang dipakai sesuai dengan debit aktual yang mengalir pada simulator.

2.14 Pengertian perawatan

Di dunia permesinan, perawatan merupakan hal yang harus selalu diperhatikan. Pada dasarnya perawatan adalah suatu usaha yang dilakukan untuk menjaga dan mempertahankan kualitas alat atau mesin agar dapat berfungsi dengan baik sehingga mencapai hasil atau kondisi yang dapat diterima dan diinginkan sesuai dengan buku manual alat atau mesin tersebut. Adapun cara menjaga alat atau mesin adalah dengan merawat alat atau mesin tersebut secara berkala atau secara periodik yang teratur, sesuai dengan waktu yang dijalankan.

2.15 Jenis Perawatan

Pada umumnya kegiatan perawatan dibagi menjadi dua yaitu perawatan terencana (*Planned Maintenance*) dan perawatan tidak terencana (*Unplanned Maintenance*). Perawatan terencana merupakan kegiatan perawatan yang pada dasarnya memiliki perencanaan dalam hal ini perawatan yang dilakukan dengan pertimbangan untuk jangka panjang, terkontrol dan tercatat. Sedangkan perawatan tidak terencana merupakan kegiatan perawatan yang dilakukan secara tiba-tiba atau tanpa diduga sebelumnya.

2.15.1 Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*)

Perawatan Terencana (*Planned Maintenance*) adalah perawatan yang diorganisasi dan dilakukan dengan pemikiran ke masa depan, pengendalian dan pencatatan sesuai dengan rencana yang telah ditentukan sebelumnya.

Keuntungan dilakukan perawatan terencana antara lain:

1. Pengurangan perawatan secara darurat, ini adalah salah satu alasan utama untuk merencanakan pekerjaan *maintenance*.
2. Pengurangan waktu yang terbuang secara sia-sia, waktu yang digunakan untuk pembelian suku cadang, baik dibeli dari luar atau dibuat lokal, mengakibatkan waktu terbuang secara sia-sia. Apalagi bila kita sangat membutuhkan suku cadang tersebut dengan cepat.

3. Menaikkan ketersediaan untuk produksi suku cadang dan lain-lain, hal ini erat hubungannya dengan pengurangan waktu yang terbuang secara sia-sia pada mesin atau pelayanan.
4. Meningkatkan penggunaan tenaga kerja untuk pemeliharaan dan produksi
5. Meningkatkan efisiensi mesin/peralatan
6. Pengurangan penggantian suku cadang

Perawatan terencana (*planned maintenance*) terdiri dari 2 macam:

1. Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Perawatan pencegahan (*Preventive Maintenance*) adalah kegiatan pemeliharaan dan perawatan yang dilakukan untuk mencegah timbulnya kerusakan-kerusakan yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan fasilitas produksi mengalami kerusakan pada waktu proses produksi. Jadi, semua fasilitas produksi yang mendapatkan perawatan pencegahan ini akan terjamin kontinuitas kerjanya dan selalu diusahakan dalam kondisi atau keadaan yang siap dipergunakan untuk setiap operasi atau proses produksi pada setiap saat.

Untuk tujuan dari perawatan pencegahan sendiri adalah :

- a. Memperpanjang umur produktif asset dengan mendeteksi bahwa sebuah asset memiliki titik kritis penggunaan (*critical wear point*) dan mungkin akan mengalami kerusakan.
- b. Melakukan inspeksi secara efektif dan menjaga supaya kondisi peralatan selalu dalam keadaan sehat.
- c. Mengeliminir kerusakan peralatan dan hasil produksi yang cacat serta meningkatkan ketahanan mesin dan kemampuan proses.
- d. Mengurangi waktu yang terbuang pada kerusakan peralatan dengan membuat aktivitas pemeliharaan peralatan.
- e. Menjaga biaya produksi seminimum mungkin.

2. Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance*)

Perawatan korektif (*Corrective Maintenance*) adalah tindakan perawatan yang dilakukan untuk mengatasi kerusakan-kerusakan atau kemacetan yang terjadi berulang kali. Prosedur ini diterapkan pada peralatan atau mesin yang

sewaktu-waktu dapat rusak. Dalam kaitan ini perlu dipelajari penyebab-penyebabnya, perbaikan apa yang dapat dilakukan, dan bagaimanakah tindakan selanjutnya untuk mencegah agar kerusakan tidak terulang lagi.

Perawatan korektif tidak dapat menghilangkan semua kerusakan, karena bagaimanapun juga suatu alat atau mesin-mesin yang dipakai lambat laun akan rusak. Namun demikian, dengan adanya tindakan perbaikan yang memadai akan dapat membatasi terjadinya kerusakan.

Pemeliharaan yang bersifat memperbaiki (*corrective maintenance*) akan berkaitan dengan deteksi kerusakan, penentuan lokasi kerusakan, dan perbaikan atau penggantian bagian yang rusak.

2.15.2 Perawatan Tidak Terencana (*Unplanned Maintenance*)

Pada *unplanned maintenance* hanya ada satu jenis perawatan yaitu perawatan darurat (*emergency maintenance*). Perawatan darurat adalah perawatan yang dilakukan ketika mesin mengalami kerusakan yang tidak terdeteksi sebelumnya. Perawatan darurat (*emergency maintenance*) dilakukan untuk mencegah dari akibat serius yang akan terjadi jika tidak dilakukan penanganan segera.

Adanya berbagai jenis perawatan di atas diharapkan dapat menjadi *alternative* untuk melakukan pemeliharaan sesuai dengan kondisi yang dialami di perusahaan. Sebaiknya perawatan yang baik adalah perawatan yang tidak mengganggu jadwal produksi atau dijadwalkan sebelum kerusakan mesin terjadi sehingga tidak mengganggu produktivitas mesin.

2.16 Tujuan Perawatan

Definisi dari tujuan perawatan, adalah sebagai berikut:

1. Pemakaian fasilitas produksi lebih lama.
2. Ketersediaan optimum dari fasilitas produksi.
3. Menjamin kesiapan operasional seluruh fasilitas yang diperlukan pada saat pemakaian darurat.
4. Menjamin keselamatan operator dan pemakaian fasilitas.
5. Membantu kemampuan mesin dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan fungsinya.

6. Mendukung pengurangan pemakaian dan penyimpanan yang di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan.
7. Melaksanakan kegiatan *maintenance* secara efektif dan efisien agar tercapai tingkat biaya perawatan serendah mungkin (*lowest maintenance cost*).

2.17 Aktivitas Perawatan

Aktivitas-aktivitas utama dalam perawatan dan perbaikan adalah sebagai berikut:

a. Perencanaan dan Penjadwalan

Hal ini mengenai tentang apa yang dirawat, bagaimana merawat dan kapan dirawat, sehingga seluruh kegiatannya berjalan dengan lancar.

b. Pembersihan

Pembersihan bagian-bagian dari mesin dan perlengkapannya adalah salah satu kegiatan perawatan yang terpenting dan suatu tugas yang harus dikerjakan oleh operator. Kegiatan pembersihan sebaiknya dilakukan sebelum dan sesudah melakukan kegiatan, baik pada saat operasi maupun pada saat melakukan perawatan.

c. Pelumasan

Pelumasan harus dianggap sama pentingnya seperti perawatan preventif, seperti ketidaktepatan pelumasan dan tingkat pelumasan adalah salah satu penyebab utama kegagalan mesin-mesin. Karena terlalu sedikit pelumasan atau tidak ada pelumasan.

d. Inspeksi

Dalam inspeksi ada dua macam tes yaitu tes ketelitian dan penampilan. Tes ketelitian merupakan keperluan utama untuk alat-alat mesin dan dilaksanakan pada saat sebelum atau sesudah pemakaian. Sedangkan tes penampilan adalah penilaian terhadap sebuah komponen mesin secara keseluruhan.

e. *Check up*

Aktivitas ini meliputi seluruh ukuran-ukuran perawatan preventif lainnya seperti *check up* yang teratur, pemeriksaan dan perbaikan yang sebelumnya direncanakan. Aktivitas ini termasuk juga pengontrolan, dimana meliputi jadwal-jadwal waktu perawatan, pekerjaan perawatan, perbaikan, dan ketelitian.

2.18 Hal-Hal Penting Dalam Perawatan

Ada beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam perawatan, antara lain:

- a. Aktivitas perawatan merupakan suatu hal yang penting dan harus dilakukan dengan sebaik-baiknya. Maka dalam melaksanakan aktivitas perawatan perlu diperhatikan petunjuk dan pengalaman, serta jadwal yang telah ditentukan
- b. Untuk kelancaran aktivitas perawatan diperlukan adanya organisasi, perencanaan, penjadwalan dan pengendalian biaya sebaik-baiknya.
- c. Kerja sama yang baik antara pemakai mesin dengan bagian perawatan, sehingga proses perawatan dapat berjalan dengan lancar dan dapat mencapai target dan sasarnya.
- d. Perlu diperhatikan pula pada proses perawatan, hendaknya biaya ditetapkan serendah-rendahnya, tanpa mengurangi sedikit pun arti dari perawatan itu sendiri.
- e. Kualitas perawatan alat/mesin dapat dicapai apabila fasilitas perawatan cukup memadai.
- f. Perawatan alat/mesin sifatnya adalah *continue* dan harus dapat terbaca tentang riwayat yang menyangkut perawatannya.

2.19 Pengertian Perbaikan

Perbaikan adalah aktivitas yang dilakukan untuk mengembalikan suatu kondisi peralatan/mesin yang telah mengalami kerusakan atau penurunan fungsi sehingga menjadi tetap, atau mendekati keadaan seperti semula. Proses ini tidak menuntut penyamaan kondisi sesuai dengan kondisi awal peralatan/mesin tersebut, yang diutamakan adalah alat tersebut bisa berfungsi normal kembali.

Dalam pemeliharaan komponen-komponen pada suatu alat terdapat perbedaan dalam perawatan dan perbaikan, karena adanya perbedaan dalam bentuk, fungsi, konstruksi dan sebagainya, yang disesuaikan dengan data-data teknis dan spesifikasi dari alat tersebut.

2.20 Jenis Perbaikan

Walaupun suatu alat/mesin telah dilakukan perawatan secara rutin dan teratur, pasti akan ada salah satu komponen alat/mesin yang mengalami kerusakan. Maka hal ini memerlukan suatu cara untuk memperbaiki komponen mesin yang

mengalami kerusakan sehingga peralatan tersebut berguna dan berfungsi kembali seperti semula. Dalam melakukan perbaikan terhadap kerusakan yang terjadi pada komponen-komponen, menurut jenisnya kerusakan dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu:

1. Kerusakan yang dapat diperbaiki

Jenis ini merupakan kerusakan mengenai volume dari komponen tidak berubah hanya bentuk dan kondisi saja sehingga dapat diperbaiki dengan mengembalikannya pada posisi dan bentuk semula.

2. Kerusakan yang tidak diperbaiki

Jenis ini merupakan kerusakan dimana volume dari komponen berubah, sehingga tidak dapat digunakan lagi. Maka solusinya adalah dengan penggantian terhadap komponen tersebut.

