

## 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  $38^{\circ}\text{C}$  dan titik beku  $-47^{\circ}\text{C}$ . *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 ( $-47^{\circ}\text{C}$  atau  $-53^{\circ}\text{F}$ ) lebih rendah dibandingkan dengan Jet A ( $-40^{\circ}\text{C}$  atau  $-40^{\circ}\text{F}$ ). 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  $-100^{\circ}\text{C}$  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*

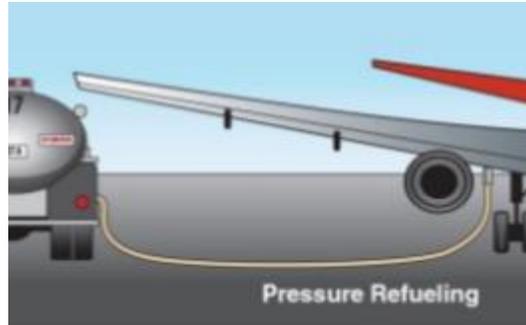
Pengisian bahan bakar di atas sayap dilakukan dengan membuka tutup tangki bahan bakar di permukaan atas sayap. *Nozzle* pengisian bahan bakar dengan hati-hati dimasukkan ke dalam lubang pengisian dan bahan bakar dipompa ke dalam tangki. Proses ini mirip dengan proses yang digunakan untuk mengisi bahan 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*  
(Sumber: Lit 6, 2017)

#### 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 ke dalam tangki. Sistem ini juga dilengkapi *auto cut-off*. Ini menutup katup pengisian bahan bakar saat tangki penuh.



Gambar 2.2 *Pressure Refueling*  
(Sumber: Lit 6, 2017)

### 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 bertekanan. 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*  
(Sumber: Lit 7, 2017)

*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*  
(Sumber: Lit 7, 2017)

## 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  
(Sumber: Lit 7, 2017)

#### 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 *impeller* 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.

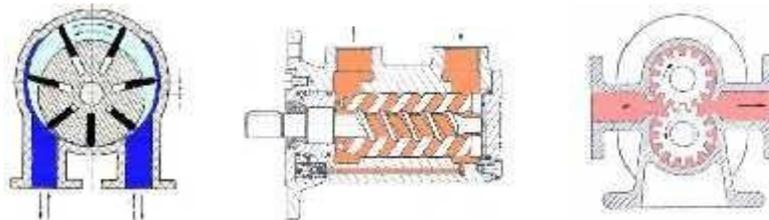
### 2.5.1 Pompa Perpindahan Positif (*Positif Displacmnet Pump*)

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*

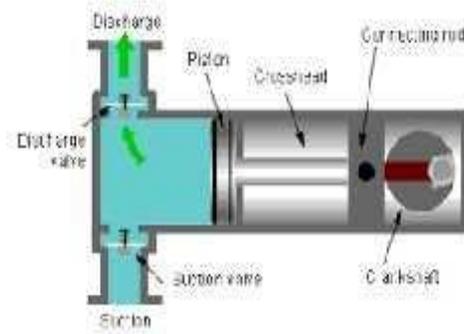
Pompa *rotary* ini memindahkan *fluida* kerja melalui mekanisme *rotary* dengan jalan menimbulkan efek *vakum* sehingga dapat menghisap *fluida* kerja dari sisi *inlet*, dan memindahkannya ke sisi *outlet*. Terperangkapnya udara di dalam *rotary*, secara natural pompa ini akan mengeluarkan udara tersebut.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



Gambar 2.6 Pompa Kipas, Pompa *Screw*, Pompa Roda Gigi  
(Sumber: Lit 8, 2017)

#### 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*  
(Sumber: Lit 8, 2017)

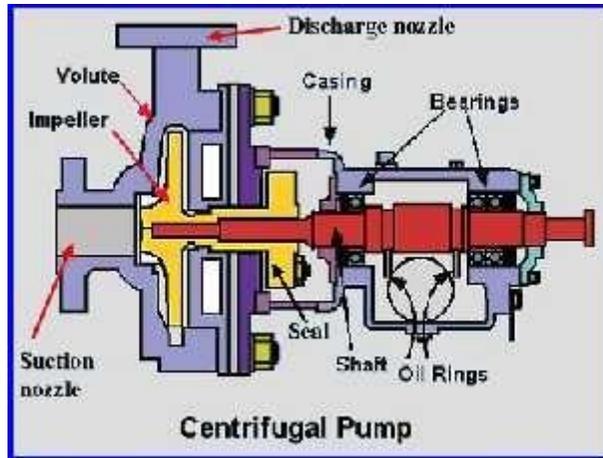
### 2.5.2 Pompa Dinamik (*Dynamic Pump*)

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*

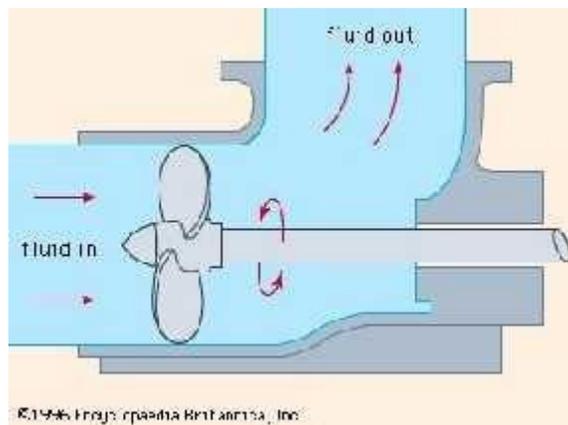
Sebagai akibat dari gaya *sentrifugal*. *Casing* ini berfungsi untuk menurunkan kecepatan aliran *fluida* sementara kecepatan putar *impeller* tetap tinggi. Kecepatan *fluida* dikonversikan menjadi tekanan oleh casing sehingga *fluida* dapat menuju titik outlet nya.



Gambar 2.8 Pompa *Sentrifugal*  
(Sumber: Lit 8, 2017)

## 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 *Aksial*  
(Sumber: Lit 8, 2017)

## 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

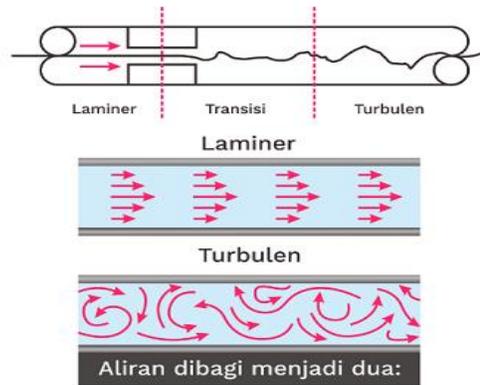
Terjadi apabila aliran fluida dalam pipa sejajar dengan dinding pipa tanpa adanya komponen radial. Fluida bergerak dengan kecepatan yang sama dan dengan lintasan partikel yang tidak memotong atau menyilang, tidak terdapat fluktuasi.

### 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  
(Sumber: Lit 13, 2017)

## 2.7 Head Pompa

*Head* merupakan energi spesifik per satuan berat fluida, *head* pada umumnya dinyatakan dalam tinggi kolam 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 asesories 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

Benda	Massa Jenis
Air	$1000 \text{ kg/m}^3$
Akrilik	$1180 \text{ kg/m}^3$
Plywood	$600 \text{ kg/m}^3$

(Sumber: Lit 3, 2013)

### 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  $723,83 \text{ N/m}^3$ .

## 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 ( $\text{m}^3$ )

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:

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

m = massa (kg)

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

c. Debit aliran air

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

Keterangan:

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

v = kecepatan aliran (m/s)

A = luas penampang

V = volume

t = waktu (s)

d. Menghitung bilangan Reynold

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

Keterangan:

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

v = kecepatan aliran (m/s)

d = diameter pipa (m)

$\mu$  = 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 = koefisien kerugian pada asesories pipa

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

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

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*

$\theta$  = 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)

$\Delta h_p$  = 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

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

Keterangan:

$M_{max}$  = momen maksimum

y = jarak titik berat (mm)

I = momen inersia (mm<sup>4</sup>)

j. Faktor keamanan

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

k. Tegangan tarik ijin rangka

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

Keterangan:

$\sigma_{ijin}$  = tegangan tarik ijin (N/m<sup>2</sup>)

$\sigma_{tarik\ rangka}$  = tegangan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$S_f$  = faktor keamanan

l. Rumus Statistika

Rata-rata (*mean*)

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

## 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 Supply*)
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.