

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Bahan Bakar

Menurut Gunawan (Sumber: Lit.1), *Fuel*/Bahan bakar merupakan salah satu komponen penting dalam menggerakkan sebuah alat transportasi. Tanpa bahan bakar, pesawat tidak bisa dioperasikan. Salah satu karakteristik paling penting dari bahan bakar penerbangan adalah kemampuan bertindak sebagai pendingin untuk sistem lain dan untuk membakar panas yang diserap dalam proses pembakaran, kemampuan bahan bakar untuk melakukan fungsi ini diatur oleh panas spesifik bahan bakar dan suhu maksimum bahan bakar dapat dinaikkan tanpa menimbulkan efek samping yang merugikan. Bahan bakar dimuat di pesawat dari *ground service* melalui wadah pengisian bahan bakar di stasiun pengisian bahan bakar bertekanan. Salah satu hal fatal yang dapat menyebabkan kecelakaan pesawat adalah kurangnya bahan bakar saat sedang melakukan penerbangan. Pada dasarnya, bahan bakar dapat diibaratkan seperti makanan untuk manusia.

2.2 Jenis-Jenis Bahan Bakar Pesawat Udara

a) Avtur

Beberapa pesawat terbang komersial menggunakan avtur sebagai bahan bakar utama. Avtur merupakan singkatan dari *Aviation Turbine Fuel*. Dalam dunia penerbangan internasional, bahan bakar ini juga disebut dengan Jet A-1 karena banyak sekali pesawat terbang jenis jet yang menggunakan bahan bakar ini. Bahan bakar jet A-1 memiliki *freezing point* -47 derajat *celcius*. Avtur tidak menggunakan angka oktan atau RON karena avtur merupakan turunan dari kerosene atau minyak tanah.



Gambar 2.1 Avtur Jet A-1
(Sumber: Lit. 2)

b) Avgas

Avgas merupakan singkatan dari *Aviation Gasoline*, yakni sejenis bensin yang diolah secara khusus guna keperluan penerbangan (*aviation*). Umumnya, pesawat terbang yang memiliki ruang pembakaran dalam (*internal*) yang menggunakan bahan bakar jenis Avgas. Itu artinya, hanya pesawat terbang yang menggunakan mesin *Piston Engine* yang bisa menggunakan bahan bakar jenis ini. Berbeda dengan *gasoline* (bensin) yang digunakan untuk kendaraan bermotor, bensin yang diolah menjadi Avgas memiliki nilai oktan yang lebih tinggi sehingga membuat mesin lebih bersih. Sifat dari bahan bakar ini mudah terbakar bahkan di suhu normal. Avgas juga cepat sekali menguap. Maka dari itu, hanya pesawat yang memiliki ruang pembakaran dalam saja yang dapat menggunakan bahan bakar ini.



Gambar 2.2 Avgas 100LL
(Sumber: Lit. 2)

2.3 Sistem Distribusi Bahan Bakar

Dalam dunia penerbangan, jaminan keselamatan merupakan hal yang paling penting dan utama. Pada pengoperasiannya, pesawat terbang menggunakan mesin/motor sebagai penggerak sehingga memerlukan bahan bakar. Oleh karena itu, pesawat terbang dilengkapi dengan suatu sistem yang mengatur pendistribusian bahan bakar yang disebut *Engine Fuel System*. Sistem bahan bakar pun memerlukan beberapa persyaratan, diantaranya.

- A. Mempunyai keandalan, setiap bahan bakar harus di konstruksikan dan disusun sedemikian rupa agar menjamin aliran bahan bakar tetap pada tekanan dan laju yang diinginkan oleh *engine* serta APU (*Auxiliary Power Unit*) dalam setiap kondisinya operasinya.
- B. Sistem bahan bakar harus independen/tidak bergantung. *Filler cap* (lubang pengisian) harus dirancang sedemikian rupa agar pemasangannya mudah dan tidak lepas pada saat penerbangan. Biasanya *filler cap* dilengkapi dengan ventilasi sehingga tekanan tangki tetap stabil.
- C. Pelindung petir/*Lightning Protection*, sistem bahan bakar harus dilengkapi dengan alat untuk mencegah terjadinya kebakaran akibat sambaran petir.
- D. Aliran bahan bakar/ *Fuel Flow*, *fuel system* harus dapat memberikan aliran *fuel* yang sesuai dengan kebutuhan pesawat.
- E. Kebutuhan indikator untuk sistem bahan bakar, indikator yang dibutuhkan dalam sistem bahan bakar antara lain: indikator pengukur jumlah bahan bakar, penunjuk tekanan, penunjuk temperatur, dan penunjuk aliran bahan bakar.

2.4 Komponen-komponen pada Sistem Aliran Bahan Bakar (*Fuel System*)

Sistem ini berperan untuk mentransfer bahan bakar dari tangki menuju *engine* untuk proses pembakaran, agar *engine* dapat bekerja dengan baik dan dapat menghasilkan performa terbaik pula. Pada sistem ini terdapat beberapa komponen yang terpasang untuk perannya masing-masing guna mempermudah dan menjaga keamanan proses pembakaran, diantaranya sebagai berikut.

a. *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. *Booster pump* dihidupkan pada saat:

- ✓ Pada waktu pesawat *take off /landing*.
- ✓ Untuk menghidupkan *jet pump* untuk pemindahan bahan bakar dari *auxiliary tank* ke *main tank*.
- ✓ Untuk *crossfeed system*.
- ✓ Menyuplai *fuel* ke *engine* apabila *EDP (engine driven pump)* rusak.

Komponen ini juga berperan sebagai penghasil tekanan pada bahan bakar saat *start engine* ketika *engine driven pump* belum bekerja. Maka bisa disimpulkan bahwa *Booster Pump* memiliki peranan yang besar untuk kinerja mesin. *Booster Pump* biasanya berupa *impeller* dimana agar mendapatkan volume yang lebih besar daripada tekanan.



Gambar 2.3 *Booster Pump*
(Sumber: Lit. 3)

b. *Fuel Pump*

Fuel Pump terletak di *engine* yang terhubung oleh *gearbox*. Karena aktivitasnya yang digerakkan oleh *engine*, maka komponen ini biasanya disebut dengan *engine driven pump (EDP)*, terletak pada *engine* yang terhubung oleh *gearbox accesory* dan memiliki daya tekan kurang lebih 1000 Psi. Pompa ini menghasilkan tekanan bahan bakar bertekanan agar bahan bakar saat berada di

combustion chamber berupa kabut sehingga lebih mudah untuk dilakukan pembakaran.



Gambar 2.4 Fuel Pump
(Sumber: Lit. 4)

c. *Check Valve*

Check Valve adalah alat yang digunakan untuk membuat aliran fluida hanya mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi *reversed flow/back flow*. Komponen ini mengalirkan fluida hanya ke satu arah dan mencegah aliran ke arah sebaliknya. Alat ini tidak menggunakan handel 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 komponen dalam sistem perpipaan.



Gambar 2.5 Check Valve
(Sumber: Lit. 5)

d. *Fuel Filter* (Penyaring Bahan Bakar)

Sistem bahan bakar adalah bagian penting dari pesawat terbang dimana masalahnya yang mungkin timbul adalah bahan bakar kotor yang menjadi penyebab utama kontaminasi *fuel filter* mesin. Penyaring bahan bakar pada pesawat

merupakan komponen yang bertujuan untuk melindungi dari terjadinya penurunan tekanan pada saluran bahan bakar yang dapat menyebabkan kegagalan pada sistem dan juga mencegah terjadinya penyumbatan pada saluran bahan bakar yang dapat menyebabkan kegagalan mesin. Kontaminan yang terdapat pada sistem bahan bakar biasanya disebabkan oleh kotoran karbon dari pembakaran, debu dan kotoran yang terbawa masuk oleh udara atau bahan bakar, bagian yang halus dari logam yang merupakan hasil dari keausan yang bercampur dengan bahan bakar, dan kondensasi/pengembunan air dari udara.



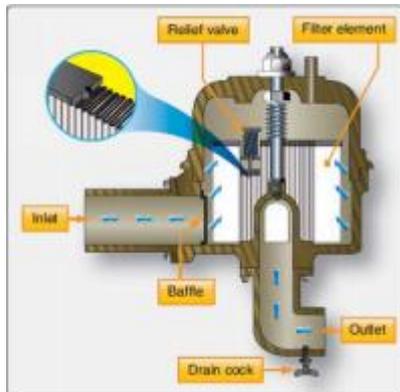
Gambar 2.6 *Fuel Filter*
(Sumber: Lit. 6)

e. Katup *Bypass*

Katup *bypass* merupakan faktor keamanan yang diperlukan dalam sistem distribusi bahan bakar. Jika pada suatu penerbangan terjadi penyumbatan pada penyaring bahan bakar bertekanan rendah, tekanan yang terjebak pada sistem penyaringan akan menekan katup *bypass* yang akan secara otomatis terbuka jika menerima jumlah tekanan tertentu sehingga memungkinkan bahan bakar tetap mengalir dengan baik.



Gambar 2.7 Katup *Bypass*
(Sumber: Lit. 7)



Gambar 2.8 Bagian Katup *Bypass*
(Sumber: Lit. 7)

f. *Fuel Heat Exchanger*

Fuel Heat Exchanger adalah komponen yang akan dilalui oleh bahan bakar, dimana fungsi dari komponen ini adalah memanaskan bahan bakar agar ketika disemprotkan, bahan bakar berada dalam keadaan panas oleh *nozzle*.



Gambar 2.9 Fuel Heat Exchanger
(Sumber: Lit. 8)

g. *Fuel Control Unit*

Fuel Control Unit berperan sebagai pengatur jumlah bahan bakar yang akan disemprotkan oleh *nozzle* sesuai dengan ratio pembakaran yang dibutuhkan di ruang bakar/*combustion chamber*. Pada era kemajuan teknologi seperti ini, *FCU* telah menggunakan sistem komputerisasi meskipun dengan nama yang berbeda dengan fabrikasinya, seperti *MEC (Main Engine Control)* yang dipakai pada *Boeing Classic*, *EEC (Electronic Engine Control)* yang dipakai pada *Boeing 737*

NG dan Airbus. Tidak hanya itu, sistem tersebut juga didukung dengan sistem FADEC (*Full Authority Display Electronic Control*) yang berfungsi mengatur performa *engine*.



Gambar 2.10 Fuel Control Unit
(Sumber: Lit. 9)

h. *Fuel Nozzle*

Fuel Nozzle memberikan pola semprot tepatnya didefinisikan kabut bahan bakar ke *combustion chamber* untuk pembakaran yang cepat, kuat dan lengkap.

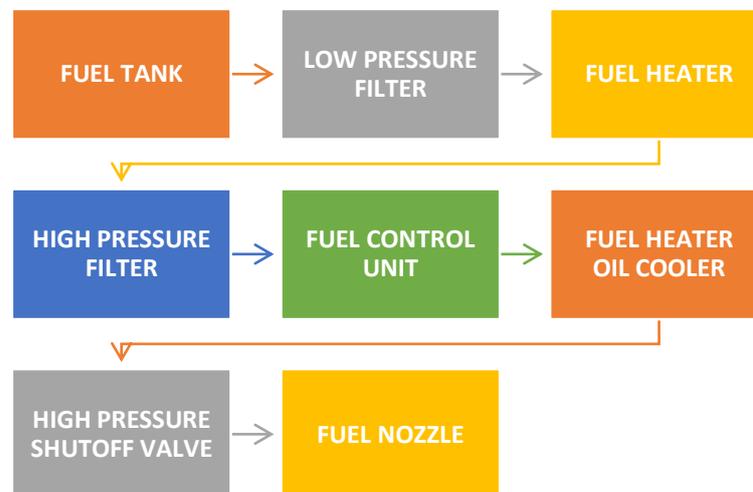
i. *Fuel Line and Piping*

Merupakan pipa-pipa yang disambung dengan *fitting-fitting* dan *nut* yang menjadi satu kesatuan sehingga penyaluran bahan bakar dapat didistribusikan dengan baik dan efisien. Sistem bahan bakar pesawat menggunakan pipa-pipa paduan aluminium, tembaga atau jenis lain dan selang (*flexible hose*) dengan *fitting*. *Hose* ini terbuat dari karet sintetis dan diperkuat dengan anyaman *fiber*.

2.5 Alur Distribusi Bahan Bakar Secara Normal pada Engine CFM56-3

Fuel System terdiri dari *fuel booster pump* yang mengalirkan *fuel* dengan *low pressure pump* dari tangki langsung melalui *engine* atau melalui *crossfeed valve*, setiap *pump* bersifat sentrifugal yang digerakan dengan *switch* di *overhead panel*, dari *booster pump fuel* masuk ke *oil fuel heater* dimana panasnya oil akan menyampur dengan *fuel*, sehingga temperaturnya naik dan tidak akan terjadi *ice*. Apabila *fuel temperaturnya* sudah naik *fuel* masuk ke *fuel filter* untuk menyaring *fuel* dari partikel-partikel yang ikut bersama *fuel* tersebut, dalam keadaan normal

fuel akan mengalir langsung ke *high pressure pump* untuk menaikkan *pressure* menjadi 800/900 psi (tujuannya proses pembakaran menjadi sempurna). Apabila terjadi kondisi *fuel filter block* sehingga terjadi perbedaan tekanan yang dideteksi oleh *fuel filter*, maka *differential switch* akan bekerja pada 10-11,5 psi yang akan menyalakan *amber light filter bypass*, *fuel* yang tidak bisa melewati *fuel filter* akibat terjadi *block* maka *fuel* langsung menuju *high pressure fuel pump* dan masuk ke *wash filter* yang akan dialirkan ke dua arah yang pertama langsung ke *Main Engine Control (MEC)* yang kedua *fuel* masuk ke *servo fuel heater* dan seterusnya masuk ke *MEC servo control*. *Fuel* yang masuk ke *fuel meter valve* yang tugasnya mengatur jumlah *fuel* yang sesuai dengan perintah *Power Management Control (PMC)* dan input-input yang lain, apabila terjadi kelebihan *fuel* maka akan dimasukkan ke *bypass valve* dan dikembalikan ke *low pressure booster pump*. *Fuel* yang dari *meter valve* akan masuk ke *pressurizing valve* dan *drain valve*, *pressurizing* bekerja untuk *fuel* tetap *pressurizing* yang masuk ke transmitter dan selanjutnya masuk ke manifold yang akan dibagi ke 20 *fuel nozzle*.

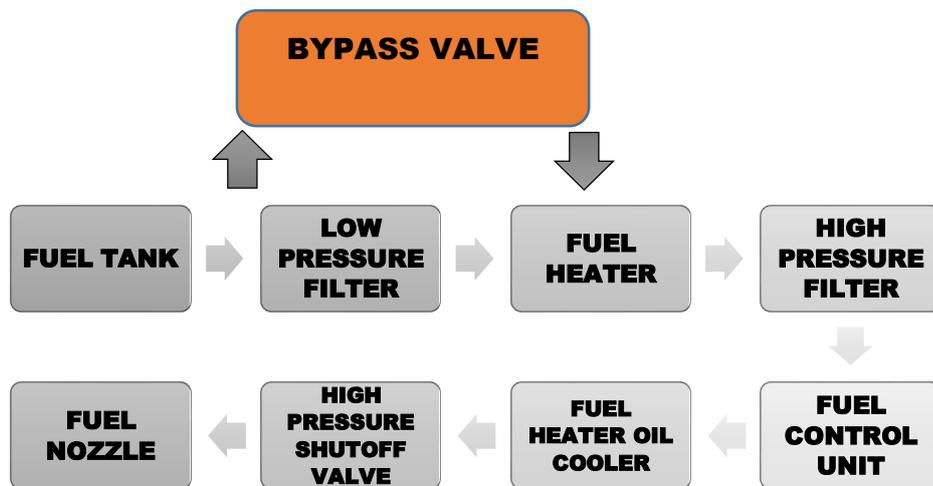


Gambar 2.11 Alur Distribusi Bahan Bakar secara Normal pada Engine CFM56-3 (Sumber: Dokumen Pribadi)

2.6 Alur Distribusi Bahan Bakar Menggunakan Katup *Bypass* Akibat Terjadi Penyumbatan pada *Fuel Filter*

Terjadinya masalah penyumbatan penyaring bahan bakar masih melewati tahapan awal aliran bahan bakar yang berjalan normal. Dari tangki, bahan bakar

didorong oleh *booster pump* dengan sistem pompa menuju *engine*. Setelah itu, bahan bakar akan melalui *fuel filter* agar kontaminan yang terdapat pada bahan bakar akan tersaring. Namun seiring berjalannya waktu, kontaminan seperti debu dan partikel es tersebut dapat mengotori *fuel filter* yang mengakibatkan terjadinya penyumbatan/*blocked*. *Bypass Valve* atau *relief valve* bekerja jika tekanan yang menekan kearah katup tersebut melebihi batas tekanan yang telah di sesuaikan sehingga akan membuka paksa jalur alternatif untuk mengalihkan tekanan tersebut. Katup ini di gunakan sebagai tindakan pertama untuk pengamanan tekanan, sehingga jika terjadinya tekanan berlebih di penyaring bahan bakar, tekanan tersebut akan teralihkan kearah katup *bypass* sehingga tidak terjadinya masalah lain yang dapat timbul seperti kebocoran dan rusaknya penyaring bahan bakar. Bahan bakar akan mengalir melalui saluran *bypass* sebelum pada akhirnya melewati proses selanjutnya sampai ke pembakaran.



Gambar 2.12 Alur Distribusi Bahan Bakar menggunakan Katup *Bypass* Jika Terjadi Penyumbatan pada *Fuel Filter*
(Sumber: Dokumen Pribadi)

2.7 Bagian-Bagian *Fuel Filter*

a.) *Relief Valve*

Relief Valve yang juga biasa disebut *Bypass Valve* adalah salah satu jenis katup yang berfungsi untuk mengontrol atau membatasi tekanan dengan cara

mengarahkan/mengalihkan aliran ke dalam jalur tambahan yang jauh dari jalur aliran utama. Jika elemen saringan tersumbat oleh kotoran, maka akan terjadi perbedaan tekanan antara saluran masuk dan saluran keluar. Apabila sudah melebihi tekanan yang ditetapkan, maka katup *bypass* akan membuka dan menyalurkan bahan bakar ke bagian mesin yang bergerak untuk menghindari kerusakan dan keausan yang lebih fatal dan parah.

b.) Elemen *Fuel Filter*

Elemen *fuel filter* adalah penyaring dalam saluran bahan bakar yang menyaring kotoran dan partikel kontaminan dari bahan bakar. Unit *fuel filter* yang berupa kaleng yang terdiri dari kertas-kertas, dan dapat diganti dengan mudah apabila filternya sudah kotor disebut dengan unit *cartridge*. Elemen ini terdapat di dalam *integral fuel filter housing* dan berkemampuan untuk penyaringan kira-kira 20 mikron.

2.8 Prinsip Kerja Penyaring Bahan Bakar pada pesawat

Penyaring bahan bakar pada pesawat atau *fuel filter* berfungsi untuk mencegah terdapatnya kotoran yang terbawa oleh bahan bakar yang dapat mengganggu kinerja unit lain dalam sistem bahan bakar pada pesawat. Bahan bakar dari tangki bahan bakar di pompa oleh *booster pump* yang kemudian akan masuk ke dalam *fuel filter*, kemudian aliran bahan bakar akan melalui sekat-sekat berbahan kertas untuk menyaring kontaminan yang terbawa oleh bahan bakar sehingga bahan bakar dapat diatur oleh *fuel control unit* dengan baik. Jika dalam suatu keadaan terjadi penyumbatan baik oleh kotoran, lumut, atau partikel es yang terbentuk di penyaring bahan bakar, aliran bahan bakar akan dialihkan ke katup *bypass* sehingga tidak terjadi tekanan berlebih yang dapat merusak unit tersebut.

2.9 Prinsip Kerja Katup *Bypass*

Bypass Valve atau *relief valve* bekerja jika tekanan yang menekan ke arah katup tersebut melebihi batas tekanan yang telah disesuaikan sehingga akan membuka paksa jalur alternatif untuk mengalihkan tekanan tersebut. Katup ini digunakan sebagai tindakan pertama untuk pengamanan tekanan, sehingga jika

terjadinya tekanan berlebih di penyaring bahan bakar, tekanan tersebut akan teralihkan kearah katup *bypass* sehingga tidak terjadinya masalah lain yang dapat timbul seperti kebocoran dan rusaknya penyaring bahan bakar.

2.10 Dasar Pemilihan Bahan

Sebelum melakukan perencanaan dan perancangan suatu mesin atau peralatan terlebih dahulu dilakukan pemilihan bahan yang di gunakan agar mesin atau peralatan yang akan dirancang dapat bekerja dengan baik. Berikut adalah hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan untuk perencanaan dan perancangan alat simulasi ini:

a. Sesuai Fungsinya

Suatu komponen harus diperhatikan pemilihan bahannya agar sesuai dengan tujuan komponen tersebut. Sifat dari bahan yang di gunakan dapat mempengaruhi kemampuan dan keamanan komponen tersebut. Bahan yang di gunakan dalam suatu komponen harus mempunyai kemampuan yang memadai untuk menopang komponen tersebut saat di gunakan, baik sifat mekanis, kimia dan sebagainya.

b. Mudah didapat

Bahan yang mudah di dapatkan di pasaran dapat mempermudah proses pembuatan dan dapat menekan biaya dari pembuatan alat simulasi ini, karna jika suatu bahan dari komponen sulit untuk di dapatkan selain harga yang cenderung lebih tinggi juga dapat memperlambat proses pembuatan alat. Juga bahan yang mudah di dapat akan mempermudah proses perawatan yang mungkin di lakukan di waktu yang akan datang.

c. Efisiensi pemakaian

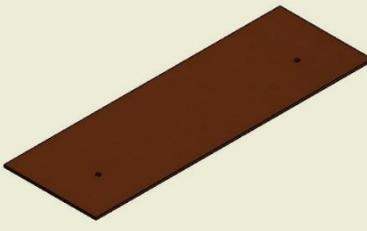
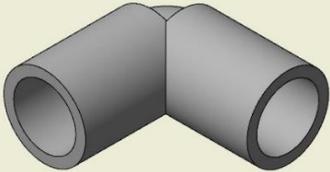
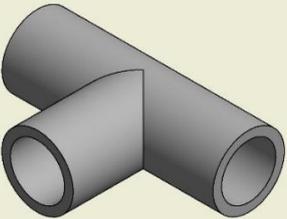
Penggunaan suatu bahan di usahakan seminimal mungkin untuk menghemat biaya pembuatan agar bahan tidak terbuang percuma tanpa mengurangi kemampuan maupun mengganggu fungsi dari komponen.

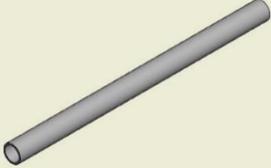
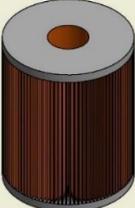
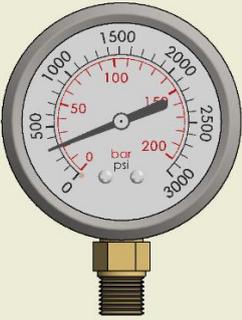
d. Harga Relatif Murah

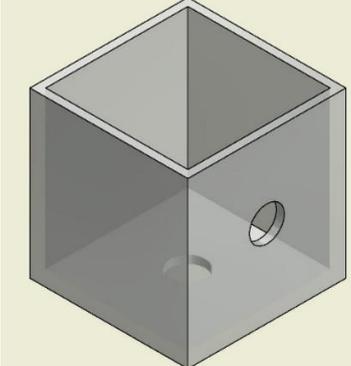
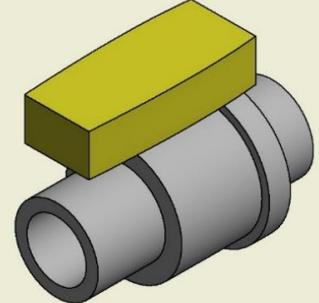
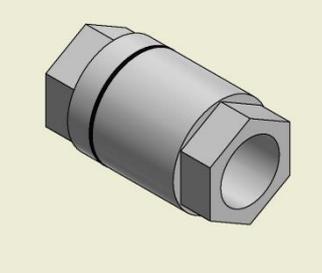
Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka diusahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa

mengurangi karakteristik dan kualitas bahan tersebut. Dengan demikian dapat mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan

Tabel 2.1 Dasar Pemilihan Bahan

Nama	Gambar	Opsi Material & Ukuran	Material & Ukuran yang dipilih	Alasan
Rangka Meja		<ul style="list-style-type: none"> - Kayu - <i>Baja Hollow</i> 	<i>Baja Hollow</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Baja lebih kuat dan tahan lama dibanding kayu - Kebutuhan Estetika
Alas Meja		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Plywood</i> - Besi 	<i>Plywood</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Kebutuhan Estetika
<i>Elbow</i>		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Metal</i> - <i>Polyvinyl Chloride</i> - Ukuran 45° dan 90° 	<i>Polyvinyl Chloride 90°</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Mudah didapat - Murah
<i>Tee</i>		<ul style="list-style-type: none"> - <i>Equal Tee</i> - <i>Unequal Tee</i> - <i>Metal</i> - <i>Polyvinyl Chloride</i> 	<i>Polyvinyl Chloride Equal Tee</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Mudah didapat - Murah

Nama	Gambar	Opsi Material & Ukuran	Material & Ukuran yang Dipilih	Alasan
Pipa		<ul style="list-style-type: none"> - Metal - Polyvinyl Chloride -Pipa Akrilik 	<i>Polyvinyl Chloride</i> 1/2"	<ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Mudah didapat - Murah - Efisiensi
<i>Filter</i>		<ul style="list-style-type: none"> - Metal - Paper 	<i>Paper Filter</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Mudah didapat - Sesuai Kebutuhan
Penyangga Aquarium			<i>Plywood</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah didapat
<i>Fitting Pressure Gauge</i>			<i>Brass Pressure Gauge Fitting</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah didapat
<i>Pressure Gauge</i>		<ul style="list-style-type: none"> - 2,5 Bar - 4 Bar - 7 Bar 	2,5 Bar	<ul style="list-style-type: none"> - Agar tekanan dapat terbaca dengan jelas - Sesuai kebutuhan

Nama	Gambar	Opsi Material & Ukuran	Material & Ukuran yang dipilih	Alasan
<i>Filter Case</i>		<ul style="list-style-type: none"> - Akrilik - Kaca 		<ul style="list-style-type: none"> - Akrilik cenderung lebih mudah bocor jika dialiri air - Kebutuhan Estetika
<i>Ball Valve</i>		<ul style="list-style-type: none"> - Ball Valve - Gate Valve 		<ul style="list-style-type: none"> - Ringan - Mudah di Dapat
Pompa air		<ul style="list-style-type: none"> - Submersible - Surface Pump 	<i>Surface Pump</i> Debit 5000L/h	<ul style="list-style-type: none"> - Kebutuhan Estetika
<i>Check Valve</i>		<ul style="list-style-type: none"> - Heavy Brass Bypass Valve - Tusen Klep Light Brass - Plastik 	Plastik	<ul style="list-style-type: none"> - Mudah didapat - Ukuran Kecil

(Sumber : Dokumen Pribadi)

2.11 Rumus-Rumus yang Digunakan

a. Volume Bangun (V)

1. Balok

$$V = P \times L \times T \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 10})$$

2. Prisma

$$V = \frac{1}{2} \times a \times b \times T \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 10})$$

3. Tabung

$$V = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times T \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 11})$$

Keterangan:

V = Volume (m³)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

a = Panjang Alas (m)

b = Tinggi Segitiga (m)

$\pi = \text{phi} = 3,14 \text{ atau } \frac{22}{7}$

d = Diameter (m)

b. Massa Jenis (ρ)

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 12})$$

Keterangan:

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

m = massa (kg)

v = volume (m³)

c. Beban (W)

$$W = m_{total} \times g \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 13})$$

Keterangan:

W = Berat (N)

M_{total} = Massa Total (m)

G = Percepatan Gravitasi ($\frac{m}{s^2}$)

d. Momen Inersia

$$I = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3) \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 14})$$

Keterangan:

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

e. Tegangan Tarik Rangka

$$(\sigma_{\text{tarik rangka}}) = \frac{M_{\text{max}} \cdot y}{I} \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 15})$$

Keterangan:

M_{max} = momen maksimum (Nmm)

y = jarak titik berat (mm)

I = momen inersia (mm^4)

f. Faktor Keamanan

$$S_f = \frac{\sigma_{\text{Yield Strength}}}{\sigma_{\text{Tarik Rangka}}} \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 16})$$

g. Tegangan Tarik Ijin Rangka

$$\sigma_{\text{ijin}} = \sigma_{\text{tarik rangka}} \cdot S_f \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 17})$$

Keterangan:

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

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

S_f = faktor keamanan

h. Debit Aliran Air

$$Q = v \times A \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 18})$$

Keterangan:

Q = debit air (m^3/s)

v = kecepatan aliran (m/s)

A = luas penampang (m^2)

i. Hukum Bernoulli

$$P_1 + 1/2\rho V_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + 1/2\rho V_2^2 + \rho gh_2 \dots\dots\dots (\text{Sumber: Lit. 19})$$

Keterangan:

P = tekanan (Pa)

ρ = Massa Jenis (kg/m^3)

v = kecepatan aliran (m/s)

h = ketinggian (m)

j. Menghitung Bilangan Reynold

$$Re = \frac{V d}{\nu} \dots\dots\dots (Sumber: Lit. 20)$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran m/s

D = Diameter pipa (m)

μ = viskositas dinamik (Ns/m^3)

k. Kerugian *Mayor* dalam Pipa

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \dots\dots\dots (Sumber: Lit. 21)$$

Keterangan:

h_f = *head loss mayor* (m)

f = koefisien gesekan

L = panjang pipa (m)

D = diameter dalam pipa (m)

v = kecepatan aliran dalam pipa (m/s)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

l. Head Total Pompa

$$H = h_a + \Delta h_p + h_l + \frac{V_d^2}{2g} \dots\dots\dots (Sumber: Lit. 22)$$

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)

$\frac{V_d^2}{2g}$ = *Head* kecepatan keluar (m)

G = Percepatan gravitasi (m/s^2)

