

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian *Fuel* dan Klasifikasinya

2.1.1 Pengertian *Fuel*

Fuel (Bahan bakar) adalah bahan-bahan yang biasa digunakan dalam proses pembakaran sehari-hari, bahan bakar sangat di perlukan untk kebutuhan sehari-hari. Bahan bakar sudah menjadi kebutuhan bagi manusia, sedangkan bahan bakar di Indonesia ini sudah semakin menipis persediaannya. Syarat utama proses pembakaran adalah tersedia bahan bakar yang tercampur dengan baik dengan udara dan tercapainya suatu pembakaran. Bahan bakar yang di pergunakan dapat di klasifikasikan dalam tiga kelompok yakni bahan bakar berbentuk cair, gas dan padat. Bahan bakar gas sering digunakan di tempat-tempat yang banyak menghasilkan gas yang ekonomis dipakai pada kendaraan bermotor, yakni gas alam, gas dapur kokas, gas dapur tinggi, dan gas dari pabrik gas. Bahan bakar cair diperoleh dari minyak bumi yang salah satunya adalah bensin. Ada beberapa jenis bahan bakar yaitu sebagai berikut:

1. Bahan Bakar Padat

Bahan bakar padat adalah bahan bakar yang secara fisik berupa padat dan biasanya menjadi sumber daya panas atau bahan bakar cair yang diperoleh dari bumi yang dalam kelompok ini adalah bensin dan minyak bakar kemudian kerosin. Seperti contohnya kayu serta batubara, daya panas yang dihasilkan dapat dipakai untuk memanaskan air menjadi uap untuk menggerakkan peralatan.



Gambar 2.1. Contoh Bahan Bakar Padat

2. Bahan Bakar Cair

Bahan bakar cair adalah bahan bakar yang strukturnya tak rapat, berbeda dengan bahan bakar padat, seperti contoh Bensin/Gasolin, Premium, Minyak Tanah, ataupun Minyak Solar, bahan bakar cair ini sering sekali digunakan oleh masyarakat sebagai bahan bakar untuk transportasi dan masih banyak lagi kegunaan bahan bakar cair.



Gambar 2.2. Contoh Bahan Bakar Cair

3. Bahan Bakar Gas

Bahan bakar gas adalah bahan bakar yang sering digunakan di tempat – tempat yang banyak menghasilkan gas, yang ekonomis dipakai yakni gas alam, gas dapur kokas, gas dapur tinggi dan gas dari pabrik gas. Serta ada dua tipe, yaitu

Compressed Alami Gas (CNG) serta Liquid Petroleum Gas (LPG). Yang sering sekali kita jumpai adalah bahan bakar gas dengan tipe LPG. LPG sendiri sudah menjadi pengganti bahan bakar minyak bagi kebutuhan rumah tangga, seperti memasak.



Gambar 2.3. Contoh Bahan Bakar Gas

2.1.2 Bahan Bakar pada Pesawat Udara

Bahan bakar pesawat tergantung mesin (engine) yang dipakai pesawat terbang itu sendiri. Bahan bakar pesawat hanya ada dua yaitu avtur dan avgas. Avtur adalah singkatan dari *Aviation Turbine Fuel* (bahan bakar yang digunakan untuk pesawat yang menggunakan mesin turbin gas atau bahasa gaulnya mesin jet) dan Avgas adalah *Aviation Gasoline* (bahan bakar pesawat terbang yang menggunakan mesin piston). Asal mula avtur dan avgas adalah *crude oil* atau minyak mentah, sama seperti bahan bakar fosil lainnya seperti diesel, gas LPG, dan sebagainya. Dari minyak mentah itulah dilakukan proses *refining* sehingga terbentuklah berbagai macam bahan bakar dan beberapa diantaranya adalah avtur dan avgas untuk pesawat terbang.

Sebelum mengurai tentang avgas dan avtur, terlebih dahulu harus mempelajari tentang ASTM. ASTM adalah American Standard Testing Material, yaitu standar uji dan penamaan untuk sebuah material dimana avgas dan avtur ketika dalam standar testing di Amerika bukan lagi disebut avtur atau

avgas ,tetapi menggunakan nama ASTM diikuti kode angkanya dan untuk standar inggris menggunakan DEF-STAN lalu diikuti kode angkanya.. Avtur tidak menggunakan angka oktan atau RON karena avtur merupakan turunan dari *kerosene* atau minyak tanah. Berikut beberapa contoh bahan bakar pesawat dan warnanya.

2.1.3 AVGAS (Aviation Gasoline)

Avgas adalah bahan bakar pesawat untuk jenis pesawat bermesin piston. Avgas merupakan bahan bakar yang diolah dari *gasoline* (bensin) yang lebih disempurnakan dari segi *volatility*, titik didih, titik bekunya dan *flash point* nya.:

a. AVGAS 100 / ASTM D-910 / DEF-STAN 91-90

Ciri-ciri AVGAS 100 yaitu oktan tinggi karena ditambahkan zat adiktif yaitu *lead*/timbal. *Lead* atau timbal sangat berbahaya bagi kesehatan manusia. Warna AVGAS 100 adalah hijau.



Gambar 2.4 AVGAS 100

b. AVGAS 100LL

Sama dengan AVGAS 100 tetapi ditambah huruf LL (Low Lead) tipe ini memiliki kadar timbal yang lebih sedikit jadi lebih aman daripada AVGAS 100. Warna bahan bakar ini adalah biru.



Gambar 2.5 Barel AVGAS 100LL

c. AVGAS 82UL / ASTM 6227

Digunakan untuk mesin pesawat yang memiliki rasio kompresi rendah. Jenis ini tidak ditambah *lead* atau timbal untuk meningkatkan angka oktan. Warna bahan bakar jenis ini adalah ungu.



Gambar 2.6. AVGAS 82UL

2.1.4 AVTUR (Aviation Turbine Fuel)

Jika AVGAS untuk pesawat bermesin piston, kalau AVTUR untuk pesawat bermesin turbine gas atau jet. Avgas diolah dari gasoline/bensin sedangkan avtur diolah dari *kerosene* (minyak tanah). Sifat yang terkandung pada minyak tanah yang dipakai untuk masak dan lampu senter/lampu teplok itulah asalnya avtur. Perbedaannya hanya dari segi kebersihannya dan titik didih serta flash pointnya.

Avtur adalah nama umum di kehidupan sehari-hari, setiap negara memiliki nama sendiri-sendiri untuk menamakan avtur di negaranya. Nama avtur dikalangan pesawat sipil berbeda dengan nama avtur untuk tentara NATO, Cina, dan lain lain walaupun sama-sama avtur. Avtur untuk sipil diberi nama Jet A-1, Jet-A dan Jet-B. Untuk NATO F-35. Untuk Rusia memberi nama TS-1. Cina memberi nama RP-1, RP-2, dan sebagainya.

a. Avtur versi Sipil/Pesawat Komersial/Untuk Maskapai

Avtur untuk versi sipil dibagi menjadi tiga yaitu Jet-A1, Jet-A, dan Jet-B. Dibawah ini adalah tabel perbandingan karakteristik antara Jet A dan Jet A-1

	Jet A-1	Jet A
Flash point	38 °C (100 °F)	
Autoignition temperature	210 °C (410 °F) ^[9]	
Freezing point	-47 °C (-53 °F)	-40 °C (-40 °F)
Open air burning temperatures	260–315 °C (500–599 °F) ^[9]	
Density at 15 °C (59 °F)	.804 kg/L (6.71 lb/US gal)	.820 kg/L (6.84 lb/US gal)
Specific energy	43.15 MJ/kg	43.02 MJ/kg
Energy density	34.7 MJ/L	35.3 MJ/L

Gambar 2.7 Karakteristik Jet A dan Jet A-1

Yang paling mencolok adalah *freezing point* atau titik bekunya dimana Jet A-1 memiliki titik beku paling rendah dibandingkan Jet A. Jet B adalah bahan bakar avtur yang memiliki titik beku paling rendah dan terbuat dari campuran *kerosene*

dan *gasoline*. Untuk pesawat terbang yang terbangnya sangat tinggi dimana suhunya sangat rendah, menggunakan bahan bakar ini seperti pesawat SR-71 Blackbird.

(i) Avtur Jet A-1 / DEF-STAN 91-91 / F-35 / ASTM-D1665

Avtur Jet A-1 adalah avtur yang paling banyak digunakan untuk pesawat komersil. Pesawat Garuda, Lion Air, Citilink, dan lain-lainnya menggunakan Avtur jenis ini. Avtur jenis ini memiliki kelebihan titik bekunya hingga minus 47 derajat celcius. Hal ini sangat mendukung operasi penerbangan pesawat ketika terbang *cruising* atau terbang jelajah pada ketinggian 30.000 kaki sampai 40.000 kaki. Pada ketinggian jelajah tersebut, suhu *ambient* atau *freestream* mencapai minus 45 derajat celcius. Bayangkan apa yang akan terjadi jika pesawat terbang tidak menggunakan avtur Jet A-1 pada saat terbang jelajah, sudah pasti avturnya akan membeku menjadi es, pesawat akan mengalami kegagalan mesin (*engine fail*), dan pesawat akan jatuh. Di spesifikasi inggris, Avtur Jet A-1 disebut DEF-STAN 91-91, tentara NATO menyebutnya F-35, dan ASTM Internasional menyebutnya ASTM D-1665 walaupun intinya sama, adalah sama-sama avtur.



Gambar 2.8 Avtur Jet A-1

(ii) Avtur Jet A / DEF-STAN 91-91 / F-35 / ASTM-D16

Avtur Jet-A memiliki flash point minus 40 dan tidak digunakan pada pesawat- pesawat komersil di Indonesia. Avtur jenis ini dipakai untuk pesawat latih ataupun pesawat bermesin jet yang tidak terbang tinggi.

(iii) Avtur Jet B / ASTM D-6615/CAN-CGSB 3

Avtur jenis ini tidak dipakai di Indonesia karena avtur jenis ini *flammability* nya sangat tinggi dan digunakan pada daerah cuaca ekstrem seperti eropa dan amerika bagian utara yang memiliki temperatur sangat dingin. Avtur jenis ini sangat rumit dari segi penyimpanannya sehingga butuh penanganan ekstra untuk menggunakan avtur jenis ini.

a. Avtur Versi Pesawat Militer

Avtur versi militer menggunakan simbol JP (Jet Propellant). Antara lain:

1. JP-4 yaitu avtur yang memiliki titik beku yang sangat rendah. NATO memberi kode avtur ini F-40 dengan sebutan Avtag dan dalam versi sipil,JP-4 ini adalah Jet B.
2. JP-5 adalah avtur yang berwarna kuning dan memiliki titik beku -46 derajat celcius. NATO memberi kode bahan bakar ini F-44 dengan sebutan Avcat.
3. JP-8 yaitu avtur yang banyak digunakan karena JP-8 adalah Jet A-1 dalam versi sipilnya. NATO menyebutnya dengan kode F-34.

2.2 Sistem Bahan Bakar Pesawat Terbang (Aircraft Fuel System)

Sebuah pesawat tidak akan terbang jika tidak ada bahan bakar (*fuel*) yang mengisinya, jadi bisa dibilang *fuel* adalah syarat penting pesawat untuk bisa terbang. Selain ada *fuel*, pasti juga akan ada sistem yang menjalankannya di dalam pesawat, suatu *fuel* tidak akan bekerja jika tidak ada sistem yang bekerja didalamnya. Sistem bahan bakar pesawat berfungsi untuk memberikan aliran *fuel* yang sudah tersaring bersih, dengan aliran yang konstan ke karburator atau FCU (Fuel Control Unit). Pemberian aliran *fuel* harus sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan *engine* dalam berbagai keadaan pesawat saat terbang.

2.2.1 Persyaratan

Pemberian aliran bahan bakar ini harus sesuai dengan jumlah yang dibutuhkan engine dalam operasinya pada berbagai ketinggian dan sikap (*attitude*) terbang. Sistem pembakaran pada pesawat memiliki beberapa persyaratan :

1. *Dependable*, setiap bahan bakar harus di konstruksikan dan disusun sedemikian rupa agar menjamin aliran *fuel* tetap pada tekanan dan laju yang diinginkan oleh engine serta APU (Auxiliary Power Unit) dalam setiap kondisinya.
2. *Independence*, *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.
3. *Lightning Protection*, sistem bahan bakar harus dilengkapi dengan pencegah kebakaran akibat sambaran petir.
4. *Fuel Flow*, *fuel system* harus dapat memberikan aliran *fuel* yang sesuai dengan kebutuhan pesawat.
5. *Indicator-able*, harus dapat dilihat/dipantau melalui indikator pada pesawat seperti *fuel quantity indicator*, *fuel pressure indicator*, dan sebagainya.

2.3 Komponen-komponen Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar merupakan sistem yang sangat penting pada suatu pesawat udara. Hal ini karena fungsi utamanya ialah memasok *fuel* kepada *engine*, dimana *engine* merupakan tenaga penggerak utama dari pesawat. Untuk itu diperlukan beberapa komponen yang penting antara lain:

2.3.1 Tangki Bahan Bakar (Fuel Tank)

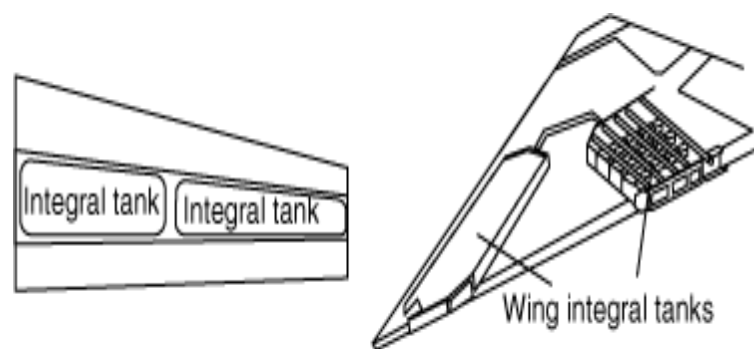
Berfungsi sebagai penyimpan bahan bakar yang digunakan untuk operasi *engine* pesawat terbang. Kontruksi *fuel tank* pesawat terbang dari bahan paduan aluminium, karet sintetis tahan bahan bakar, bahan-bahan komposit ataupun baja tahan karat (stainless steel).

a. Jenis *Fuel Tank*

Setiap pesawat udara memiliki jenis tangki yang berbeda tergantung dari fungsi pesawat tersebut. Berikut beberapa jenis tangki yang digunakan pada pesawat terbang.

(i) **Integral Tank**

Tangki yang merupakan bagian integral (menjadi satu) dengan struktur dasar pesawat. bagian – bagian struktur, antara lain: permukaan sayap (*wingskin*), *ribs*, *stiffeners* & *stringers* sehingga membentuk tangki. Guna mencegah kebocoran digunakan bahan *sealing*, yang terbuat dari karet sintetis.



Gambar 2.9 *Integral Tank*

(ii) **Rigid Removeable Tank**

Merupakan tangki yang terbuat dari metal (biasanya dari aluminium yang dilas).berbentuk ruang guna menyimpan bahan bakar. Jenis tangki ini banyak digunakan pada pesawat-pesawat kecil.



Gambar 2.10 *Rigid Removeable Tank*

(iii) **Blader fuel cell**

Berupa kantong karet yang konstruksinya diperkuat yang digunakan untuk menyimpan bahan bakar. Komponen *blader fuel cell* antara lain ventilasi, *fitting* penguras (*drain valve*), *fuel quantity indicator*. *Blader fuel cell* dipasang dalam ruang dalam pesawat dengan cara memasukkannya dengan melipat.



Gambar 2.11 *Blader fuel cell*

(iv) **External Tank**

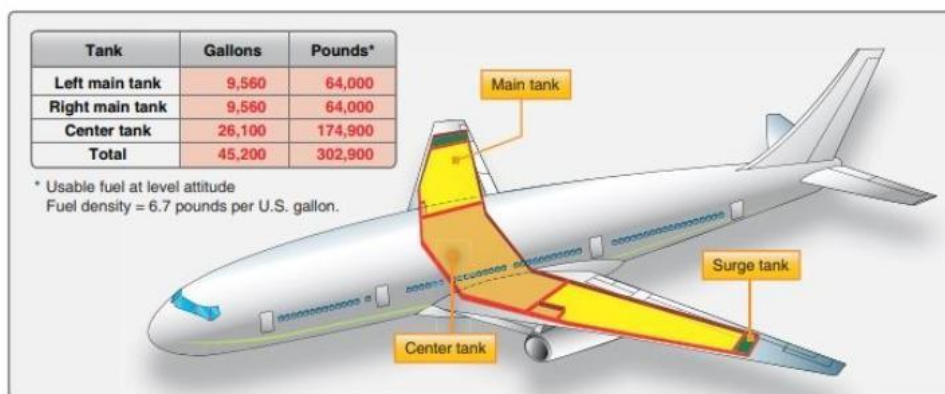
External Tank adalah tangki yang diluar struktur pesawat, biasanya dipasang pada *pylon* dibawah sayap. Beberapa jenis *external tank* yang bisa dijatuhkan saat penerbangan jika tangki tersebut tidak dibutuhkan, atau bisa dilepas dengan mudah dan cepat. Pada bagian dalam tangki biasanya disekat oleh beberapa *bulkhead*.



Gambar 2.12 *External Fuel Tank*

(v) **Surge Tank**

Biasanya dipasang pada pesawat transport dengan konstruksi mirip seperti tangki jenis integral. *Surge tank* sebenarnya tidak diisi bahan bakar, namun hanya digunakan untuk penampungan kelebihan atau tumpahan bahan bakar terutama pada saat pengisian bahan bakar. Letak *surge tank* dalam pesawat dapat dilihat pada gambar 2-9.



Gambar 2.13 *Surge Tank*

2.3.2 **Fuel Pump (Pompa Bahan Bakar)**

Pompa bahan bakar digunakan untuk memompa bahan bakar dari tangki ke *engine*, memompa bahan bakar dari tangki yang satu ke tangki yang lain serta dari *engine* kembali ke tangki. prinsip kerja pompa bahan bakar sama seperti pompa hidrolis atau jenis pompa lainnya. namun karena sifat bahan bakar yang mudah

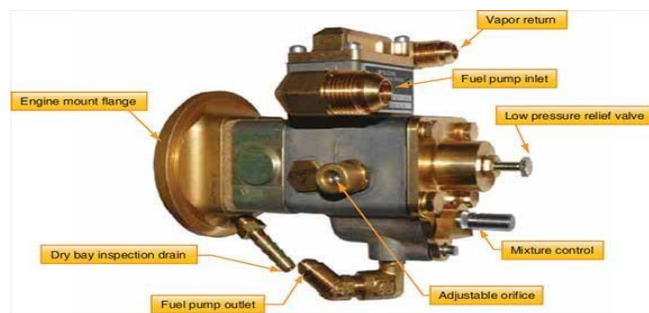
terbakar jika dipompa, maka bahan dan perancangan pompa bahan bakar harus dapat mencegah terjadinya kebakaran.

a. Jenis – jenis Pompa

Ada beberapa jenis pompa yang terdapat pada pesawat udara tergantung fungsinya masing-masing. Berikut beberapa jenis pompa yang terdapat pada pesawat udara.

(i) Engine Driven Fuel Pump

Fungsi *engine driven fuel pump* (pompa bahan bakar yang diputar engine) adalah untuk memberikan bahan bakar secara kontinyu dengan tekanan yang tepat selama engine beroperasi.



Gambar 2.14 Engine Driven Fuel Pump

(ii) Auxiliary Fuel Pump (Booster Pump)

Booster pump merupakan bagian penting dalam system bahan bakar, karena berfungsi :

1. Penghasil tekanan dalam bahan bakar pada saat *start engine (fuel engine driven pump)* belum bekerja)
2. Penghasil tekanan bahan bakar pada saat emergensi yaitu saat *fuel engine driven pump* mati/rusak.
3. Menambah kapasitas pemompaan *fuel engine driven pump* guna menjamin tekanan bahan bakar yang cukup pada kondisi tertentu, al: pada saat pesawat dalam proses *take off* dan *landing*.
4. Memindahkan bahan bakar dari tangki satu ke tangki lainnya.



Gambar 2.15 *Auxiliary Fuel Pump* (Booster Pump)

(iii) Ejector Pump

Berguna untuk menghisap *fuel* dari tempat yang relatif jauh dari tangki & memberikan *fuel* bertekanan untuk *fuel control unit* (fcu). Pompa ini tidak mempunyai bagian-bagian bergerak melainkan hanya tergantung pada aliran bahan bakar dari *engine driven pump*.



Gambar 2.16 Ejector Pump

2.3.3 Katub Pengurasan (Drain Valve)

Sistem *fuel* pesawat terbang dilengkapi *drain valve*, sehingga system dapat dikuras saat pesawat di ground. *drain valve* dapat menjadi satu dengan filter bahan bakar (*feul strainer*), pada *sump* (tampungan) atau pada tempat lainnya. Katup pada *sump* digunakan untuk menguras akumulasi uap dari tangki dan untuk menguras *feul* dari tangki yang masih tersisa setelah *defueling*.



Gambar 2.17 Drain valve

2.3.4 Fuel Selector Valve dan Shutoff Valve

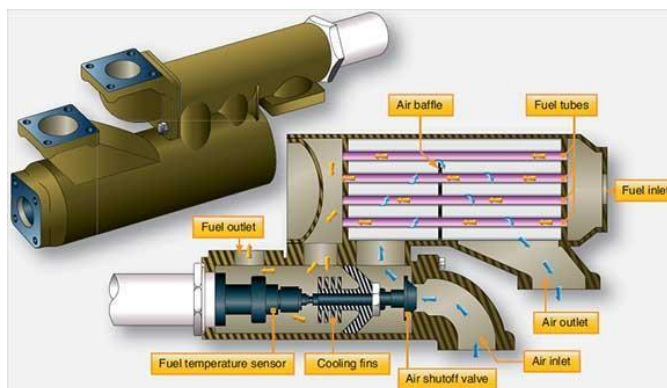
Fuel Selector Valve dan Shutoff Valve digunakan untuk menutup aliran bahan bakar, memilih tangki yang akan digunakan (jika menggunakan multi tank), memindahkan feul dari tangki satu ke tangki lainnya serta mengarahkan fuel ke satu atau lebih engine (yang menggunakan multi engine). Satu atau lebih dari katub-katub tersebut digunakan untuk menutup semua aliran bahan bakar ke tiap-tiap engine.



Gambar 2.18 *Fuel Selector Valve dan Shutoff Valve*

2.3.5 Fuel Heater (Pemanas Bahan Bakar)

Pemanas bahan bakar biasanya digunakan dalam sistem *fuel* pada *turbine engine*, untuk mencegah terbentuknya kristal es yang dapat menyumbat filter. Jika temperatur fuel dalam tangki dibawah titik beku air, maka partikel air akan membeku. Jika bahan bakar yang mengandung kristal es mengalir melalui filter, maka dapat terjadi penyumbatan.



Gambar 2.19 Fuel Heater

2.3.6 Filler Cap

Filler cap harus kedap dan dirancang tidak bisa terlepas dalam penerbangan. Ventilasi tangki biasanya terdapat pada *filler cap*. *Fuel cap* dilepas dengan cara mengangkat dan memutar handel pada pusat cap. rantai pada *fuel cap* berguna untuk mencegah agar cap tidak jatuh saat dibuka. pada saat dipasang, *fuel cap* permukaannya rata dengan sayap dan kedap bocor karena adanya seal “o” ring.



Gambar 2.20 Filler Cap

2.3.7 Fuel Lines dan Piping

Sistem bahan bakar pesawat menggunakan pipa-pipa paduan aluminium, tembaga atau jenis lain dan selang (flexible hose) dengan *fitting*. *Hose* ini terbuat dari karet sintesis dan diperkuat dengan anyaman *fiber*. Jenis *hose* lain yaitu : *wheather head* 3H-241 yang dilengkapi dengan jenis *fitting* yang bisa digunakan lagi. Yang daerah operasi kerja antara -40 sampai dengan 300 F (-40 sampai dengan 149 C) jika digunakan dalam bahan bakar.

2.4 Pengisian Bahan Bakar

Tidak seperti mobil yang mengisi bahan bakar di SPBU, pesawat terbang memiliki beberapa cara mengisi bahan bakar. Ada dua cara pesawat mengisi bahan bakarnya yaitu dengan cara Aerial Refuelling (pengisian bahan bakar di udara) dan Ground Refuelling (pengisian bahan bakar di darat atau di bandara)

2.4.1 Aerial Refuelling (pengisian bahan bakar di udara)

Pengisian bahan bakar di udara, juga disebut air refueling, in-flight refueling, air to air refueling, atau tanking, adalah proses pengisian bahan bakar dari satu pesawat (pesawat tanker) ke pesawat lain (penerima) dalam sebuah penerbangan. Hal ini dilakukan guna menambah jarak tempuh pesawat dari yang awal mulanya hanya bisa menempuh jarak tertentu, jadi bisa mencapai jarak yang lebih panjang. Pengisian bahan bakar di udara juga berfungsi untuk menambah daya angkut suatu pesawat. Dalam air to air refueling, dikenal dengan dua cara yaitu Sistem Boom and Receiver dan Sistem *Probe and Drogue*.

2.4.2 Ground Refuelling (pengisian bahan bakar di darat)

Pengisian bahan bakar di darat adalah pengisian bahan bakar yang paling umum dilakukan. Pengisian bahan bakar di darat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan truck tanki dan juga fuel hydrant.



Gambar 2.21 Pengisian Bahan Bakar dengan Truk Tangki

Mengisi bahan bakar dengan truck tanki dilakukan apabila bandara tempat pesawat tersebut parkir tidak memiliki sistem fuel hydrant atau saluran bahan bakar yang dipendam di dalam tanah. Untuk mengisi dengan cara ini, ketika pesawat parkir di apron dan mesin telah dimatikan, maka truk bahan bakar akan bergerak mendekat dan petugas akan mulai melakukan pengisian bakar. Cara pengisian bahan bakar baik menggunakan fuel hydrant ataupun truk tanki, untuk pesawat penumpang transport yang letak sayapnya tinggi, pertama petugas akan mendekatkan ladder atau tangga pengisi bahan bakar pada bagian fuel cap atau penutup tanki bahan bakar yang terdapat pada sayap pesawat.



Gambar 2.22 Pengisian Bahan Bakar dengan Fuel Hydrant

Kalau pesawat kecil yang fuel capnya ada di atas sayap, maka petugas akan naik ke atas sayap jika sayapnya model high wing, jika sayapnya jenis sayap rendah yang fuel cap nya di atas, maka petugas tidak perlu naik. Setelah petugas membuka fuel cap maka petugas akan memasang bagian ujung fuel hose pipe ke lubang fuel cap kemudian di lock. Setelah itu petugas akan menghidupkan pompa untuk memompa bahan bakar ke pesawat. Pengisian bahan bakar ini tidak sembarangan dan harus didampingi flight dispatcher atau FOO karena berpengaruh terhadap keseimbangan pesawat.

2.5 Sistem Aliran Bahan Bakar

Sistem bahan bakar pesawat berfungsi untuk memberikan aliran *fuel* yang sudah tersaring bersih, dengan aliran yang konstan ke karburator atau FCU (Fuel Control Unit). Ada dua metode untuk mengalirkan bahan bakar ke karburator atau FCU (Fuel Control Unit) yaitu *Gravity Feed* dan *Pressure Feed*.

2.5.1 Gravity Feed

Metode gravity feed menggunakan gaya gravitasi untuk mengalirkan bahan bakar ke karburator. Karena itu posisi tangki harus lebih tinggi dari posisi karburator.

2.5.2 Pressure Feed

Metode pressure feed menggunakan pompa untuk menghisap bahan bakar dari tangki ke karburator. Sistem ini diperlukan jika posisi tangki lebih rendah daripada karburator atau posisinya terlalu jauh dari engine.

2.6 Fuel Filter System

Sistem bahan bakar adalah bagian penting dari pesawat terbang dimana masalah yang mungkin timbul adalah bahan bakar kotor yang menjadi penyebab utama kontaminasi *filter* pesawat. Penyaring bahan bakar pada pesawat merupakan komponen yang bertujuan untuk melindungi dari terjadinya penurunan tekanan pada saluran *fuel* yang dapat menyebabkan kemungkinan terburuknya menjadi kegagalan pada mesin pesawat. Kontaminan yang terdapat pada bahan bakar yang mengalir 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 2.23 *Fuel Filter*

2.6.1 Bagian-Bagian *Fuel Filter*

a. *Relief Valve*

Relief Valve yang juga biasa disebut *Bypass Valve* adalah satu jenis katup yang berfungsi untuk mengontrol atau membatasi tekanan dengan cara mengarahkan/mengalihkan aliran ke dalam saluran tambahan yang berbeda dari jalur aliran utama. Jika *filter* 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 filturnya sudah kotor disebut dengan unit *cartridge*. Elemen ini terdapat di dalam *integral fuel filter housing* dan bekemampuan untuk penyaringan.

2.7 Prinsip Kerja *Fuel Filter* Pesawat

Fuel Filter pesawat berfungsi untuk mencegah terdapatnya kotoran yang terbawa oleh bahan bakar yang dapat mengganggu kinerja unit lain dalam sistem bahan bakar pada pesawat. *Fuel* dari tangki di pompa oleh booster pump yang kemudian akan masuk kedalam *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 dikarenakan kotoram, 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.

2.8 Arduino NANO

Arduino adalah mikrokontroler *single-board* yang bersifat *open-source* yang digunakan untuk memberikan kemudahan penggunaan elektronik dalam berbagai bidang. Arduino ini memiliki *hardware processor* Atmel AVR dan *software* nya memiliki bahasa pemrograman sendiri. Mikrokontroler ini sangat populer di kalangan pelajar di seluruh dunia. Arduino sangat terkenal karena mudah dipelajari bagi para pemula yang baru belajar mengenal robotika dan elektronika. Tidak hanya pemula, para profesional pun ikut mengembangkan aplikasi-aplikasi elektronik menggunakan Arduino. Bahasa yang dipakai dalam Arduino bukan assembler yang relatif sulit, tetapi bahasa C yang disederhanakan dengan bantuan pustaka-pustaka (*libraries*) Arduino. Arduino juga menyederhanakan proses bekerja dengan mikrokontroler.



Gambar 2.24 Arduino NANO

Arduino Nano adalah salah satu varian dari produk board mikrokontroler keluaran Arduino. Arduino Nano adalah board Arduino terkecil, menggunakan mikrokontroler Atmega 328 untuk Arduino Nano 3.x dan Atmega168 untuk Arduino Nano 2.x. Varian ini mempunyai rangkaian yang sama dengan jenis Arduino Duemilanove, tetapi dengan ukuran dan desain PCB yang berbeda. Arduino Nano tidak dilengkapi dengan soket catudaya, tetapi terdapat pin untuk catu daya luar atau dapat menggunakan catu daya dari mini USB port. Arduino Nano didesain dan diproduksi oleh Gravitech.

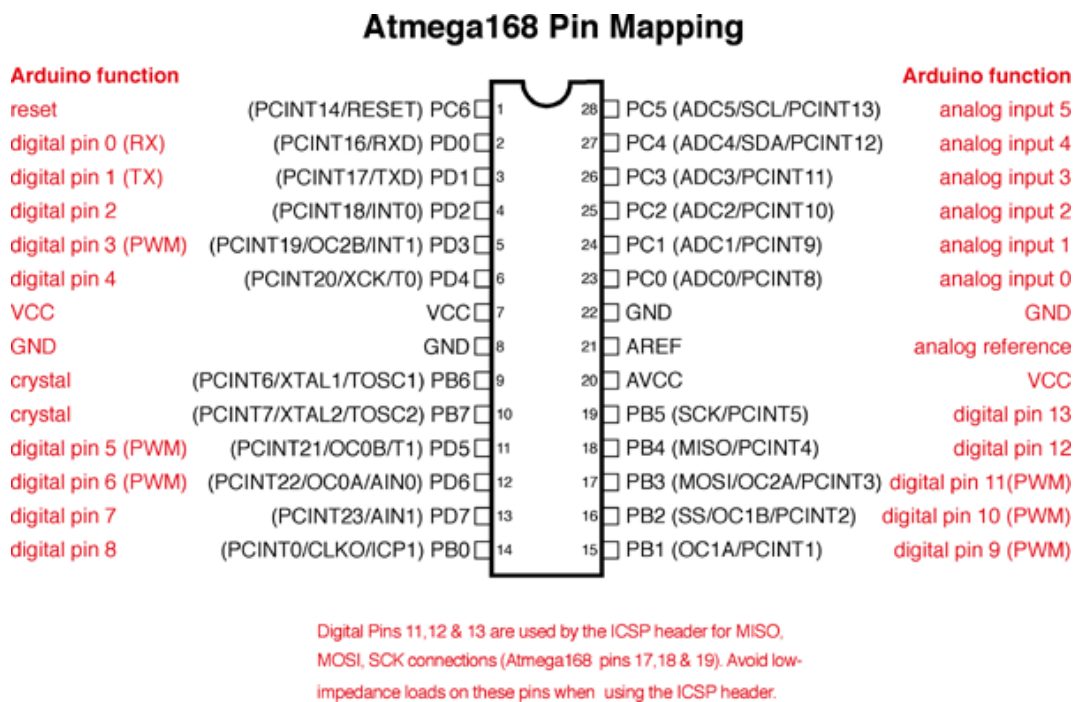
Secara garis besar Arduino mempunyai 14 pin Digital yang dapat di set sebagai Input atau Output dan 6 pin input Analog. Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi Arduino NANO bisa dilihat dibawah ini.

Mikrokontroler	Atmega168P (<i>Data Sheet</i>)
Tegangan Pengoperasian	5V
Tengan Input (Rekomendasi)	7-12V
Batas Tegangan Input	6-20V
Pin I/O Digital	14 (Pin D ₀ sampai pin D ₁₃)
Pin Digital PWM	6
Pin Input Analog	8 (Pin A ₀ sampai Pin A ₇)
Arus listrik maksimum	40 mA
<i>Flash Memory</i>	32KB (Atmega1688P)
SRAM	1 KB (Atmega168P)
EEPROM	512 B (Atmega168P)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Panjang	4,5 mm
Lebar	18 mm
Berat	5 g

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino NANO

Arduino NANO mempunyai 14 Pin sebagai Input atau Output dan 6 pin Analog berlabel A0 sampai A5 sebagai ADC, setiap Pin Analog memiliki resolusi sebesar 10 bit. Ada beberapa pin memiliki fungsi khusus:

- **Serial** : Pin 0 (RX) dan Pin 1 (TX) dapat digunakan untuk mengirim (Tx) dan menerima (Rx) TTL data serial
- **External Interrupts** : INT0 adalah Pin 2 dan INT1 adalah Pin 3
- **PWM** : 3, 5, 6, 9, 10, dan 11 menyediakan output PWM 8 bit
- **SPI** : 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin ini mendukung komunikasi SPI menggunakan *SPI Library*
- **LED** : 13. Built-in LED terhubung dengan Pin Digital 13
- **12C** : A4 adalah pin SDA dan A5 adalah pin SCL. Komunikasi 12C menggunakan *Wire Library*.



Gambar 2.25 Konfigurasi pin ATmega 1688P

2.9 Liquid Crystal Display (LCD)

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan sandwich memiliki polarizer cahaya vertikal depan dan polarizer cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan.



Gambar 2. 26 Contoh Bentuk LCD

2.9.1 Pengendali / Kontroler LCD (Liquid Cristal Display)

Dalam modul LCD (Liquid Cristal Display) terdapat microcontroller yang berfungsi sebagai pengendali tampilan karakter LCD (Liquid Cristal Display). Microntroller pada suatu LCD (Liquid Cristal Display) dilengkapi dengan memori dan register. Memori yang digunakan microcontroler internal LCD adalah:

1. DDRAM (Display Data Random Access Memory) merupakan memori tempat karakter yang akan ditampilkan berada.
2. CGRAM (Character Generator Random Access Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana bentuk dari karakter dapat diubah-ubah sesuai dengan keinginan.

3. CGROM (Character Generator Read Only Memory) merupakan memori untuk menggambarkan pola sebuah karakter dimana pola tersebut merupakan karakter dasar yang sudah ditentukan secara permanen oleh pabrikan pembuat LCD (Liquid Cristal Display) tersebut sehingga pengguna tinggal mengambilnya sesuai alamat memorinya dan tidak dapat merubah karakter dasar yang ada dalam CGROM.

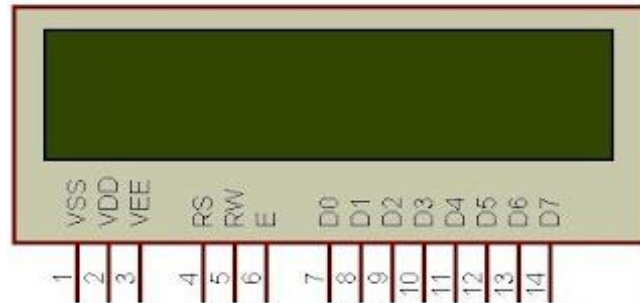
Register control yang terdapat dalam suatu LCD diantaranya adalah:

1. Register perintah yaitu register yang berisi perintah-perintah dari mikrokontroler ke panel LCD (Liquid Cristal Display) pada saat proses penulisan data atau tempat status dari panel LCD (Liquid Cristal Display) dapat dibaca pada saat pembacaan data.
2. Register data yaitu register untuk menuliskan atau membaca data dari atau keDDRAM. Penulisan data pada register akan menempatkan data tersebut keDDRAM sesuai dengan alamat yang telah diatur sebelumnya.

Pin, kaki atau jalur input dan kontrol dalam suatu LCD (*Liquid Cristal Display*) diantaranya adalah:

1. Pin data adalah jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan menggunakan LCD (*Liquid Cristal Display*) dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
2. Pin RS (Register Select) berfungsi sebagai indikator atau yang menentukan jenis data yang masuk, apakah data atau perintah. Logika low menunjukkan yang masuk adalah perintah, sedangkan logika high menunjukkan data.
3. Pin R/W (Read Write) berfungsi sebagai instruksi pada modul jika low tulis data, sedangkan high baca data.
4. Pin E (Enable) digunakan untuk memegang data baik masuk atau keluar.
5. Pin VLCD berfungsi mengatur kecerahan tampilan (kontras) dimana pin ini dihubungkan dengan trimpot 5 Kohm, jika tidak digunakan

dihubungkan ke ground, sedangkan tegangan catu daya ke LCD sebesar 5 Volt.



Gambar 2. 27 Konfigurasi Pin LCD

Keterangan pin:

1. VSS: digunakan untuk menyalakan LCD (*ground*)
2. VDD: digunakan untuk menyalakan LCD (+5 V)
3. VEE: digunakan untuk mengatur tingkat *contrast* pada LCD
4. RS: menentukan mode yang akan digunakan (0 = *instruction input*, 1

=

data input)

5. R/W: menentukan mode yang akan digunakan (0 = *write*, 1 = *read*)
6. EN: *enable* (untuk *clock*)
7. D0: data 0
8. D1: data 1
9. D2: data 2
10. D3: data 3
11. D4: data 4
12. D5: data 5

13. D6: data 6

14. D7: data 7 (MSB)

2.9.2 Cara Kerja LCD Secara Umum

Pada aplikasi umumnya RW diberi logika rendah “0”. Bus data terdiri dari 4-bit atau 8-bit. Jika jalur data 4-bit maka yang digunakan ialah DB4 sampai dengan DB7. Sebagaimana terlihat pada table diskripsi, *interface* LCD merupakan sebuah *parallel bus*, dimana hal ini sangat memudahkan dan sangat cepat dalam pembacaan dan penulisan data dari atau ke LCD. Kode ASCII yang ditampilkan sepanjang 8-bit dikirim ke LCD secara 4-bit atau 8 bit pada satu waktu. Jika mode 4-bit yang digunakan, maka 2 nibble data dikirim untuk membuat sepenuhnya 8-bit (pertama dikirim 4-bit MSB lalu 4-bit LSB dengan pulsa clock EN setiap *nibblenya*). Jalur kontrol EN digunakan untuk memberitahu LCD bahwa mikrokontroler mengirimkan data ke LCD. Untuk mengirim data ke LCD program harus menyet EN ke kondisi high “1” dan kemudian menyet dua jalur kontrol lainnya (RS dan R/W) atau juga mengirimkan data ke jalur data bus. Saat jalur lainnya sudah siap, EN harus diset ke “0” dan tunggu beberapa saat (tergantung pada *datasheet* LCD), dan set EN kembali ke high “1”. Ketika jalur RS berada dalam kondisi low “0”, data yang dikirimkan ke LCD dianggap sebagai sebuah perintah atau instruksi khusus (seperti bersihkan layar, posisi kursor dll). Ketika RS dalam kondisi *high* atau “1”, data yang dikirimkan adalah data ASCII yang akan ditampilkan dilayar. Misal, untuk menampilkan huruf “A” pada layar maka RS harus diset ke “1”. Jalur kontrol R/W harus berada dalam kondisi *low* (0) saat informasi pada data bus akan dituliskan ke LCD. Apabila R/W berada dalam kondisi *high* “1”, maka program akan melakukan *query* (pembacaan) data dari LCD. Instruksi pembacaan hanya satu, yaitu Get LCD status (membaca status LCD), lainnya merupakan instruksi penulisan. Jadi hampir setiap aplikasi yang menggunakan LCD, R/W selalu diset ke “0”. Jalur data dapat terdiri 4 atau 8 jalur (tergantung mode yang dipilih pengguna), DB0, DB1, DB2, DB3, DB4, DB5, DB6 dan DB7. Mengirim data secara *parallel* baik 4-bit atau 8-bit merupakan 2 mode operasi primer. Untuk

membuat sebuah aplikasi *interface* LCD, menentukan mode operasi merupakan hal yang paling penting.

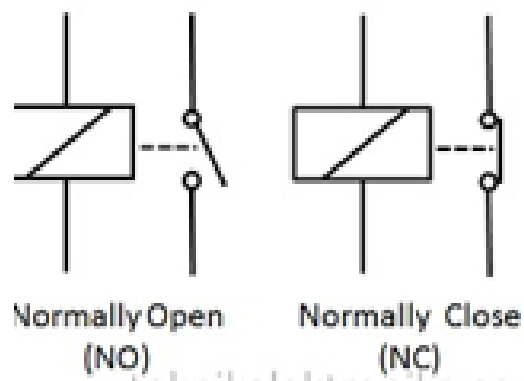
Mode 8-bit sangat baik digunakan ketika kecepatan menjadi keutamaan dalam sebuah aplikasi dan setidaknya minimal tersedia 11 pin I/O (3 pin untuk kontrol, 8 pin untuk data). Sedangkan mode 4 bit minimal hanya membutuhkan 7-bit (3 pin untuk kontrol, 4 pin untuk data). Bit RS digunakan untuk memilih apakah data atau instruksi yang akan ditransfer antara mikrokontroller dan LCD. Jika bit ini di set ($RS = 1$), maka byte pada posisi kursor LCD saat itu dapat dibaca atau ditulis. Jika bit ini di reset ($RS = 0$), merupakan instruksi yang dikirim ke LCD atau status eksekusi dari instruksi terakhir yang dibaca.

2.10 Relay

Relay adalah Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen Electromechanical (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni Elektromagnet (Coil) dan Mekanikal (seperangkat Kontak Saklar/Switch). Relay menggunakan Prinsip Elektromagnetik untuk menggerakkan Kontak Saklar sehingga dengan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi. Sebagai contoh, dengan Relay yang menggunakan Elektromagnet 5V dan 50 mA mampu menggerakkan Armature Relay (yang berfungsi sebagai saklarnya) untuk menghantarkan listrik 220V 2A.



Gambar 2.28 Bentuk *Relay*

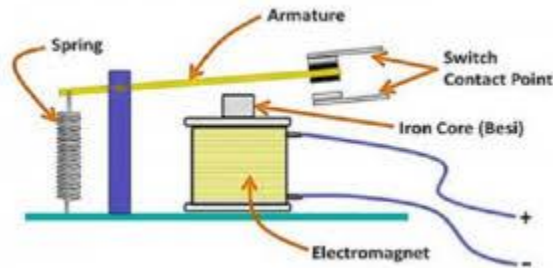


Gambar 2.29 Simbol *Relay*

Pada dasarnya, Relay terdiri dari 4 komponen dasar yaitu:

1. Electromagnet (Coil)
2. Armature
3. Switch Contact Point (Saklar)
4. Spring.

Berikut ini merupakan gambar dari bagian-bagian *Relay*:



Gambar 2.30 Konstruksi bagian dalam Relay 5 Volt

Kontak Poin (Contact Point) Relay terdiri dari 2 jenis yaitu:

1. Normally Close (NC) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi CLOSE (tertutup)
2. Normally Open (NO) yaitu kondisi awal sebelum diaktifkan akan selalu berada di posisi OPEN (terbuka)

Berdasarkan gambar diatas, sebuah Besi (Iron Core) yang dililit oleh sebuah kumparan Coil yang berfungsi untuk mengendalikan Besi tersebut. Apabila Kumparan Coil diberikan arus listrik, maka akan timbul gaya Elektromagnet yang kemudian menarik Armature untuk berpindah dari Posisi sebelumnya (NC) ke posisi baru (NO) sehingga menjadi Saklar yang dapat menghantarkan arus listrik di posisi barunya (NO). Posisi dimana Armature tersebut berada sebelumnya (NC) akan menjadi OPEN atau tidak terhubung. Pada saat tidak dialiri arus listrik, Armature akan kembali lagi ke posisi Awal (NC). Coil yang digunakan oleh Relay untuk menarik Contact Poin ke Posisi Close pada umumnya hanya membutuhkan arus listrik yang relatif kecil.

Beberapa fungsi Relay yang telah umum diaplikasikan kedalam peralatan Elektronika diantaranya adalah:

1. Relay digunakan untuk menjalankan Fungsi Logika (*Logic Function*)
2. Relay digunakan untuk memberikan Fungsi penundaan waktu (*Time Delay Function*)
3. Relay digunakan untuk mengendalikan Sirkuit Tegangan tinggi dengan bantuan dari Signal Tegangan rendah.
4. Ada juga Relay yang berfungsi untuk melindungi Motor ataupun komponen lainnya dari kelebihan Tegangan ataupun hubung singkat (Short).

2.10 Pengertian *Water Pressure Sensor*

Water Pressure Sensor atau bisa disebut Sensor Tekanan air adalah jenis sensor tekanan yang biasa digunakan dalam praktek industri. Sensor ini secara luas digunakan dalam berbagai lingkungan industri yang dinamis, pemeliharaan air dan rekayasa tenaga air, peralatan konstruksi transportasi, sistem kontrol produksi, teknologi aerospace, teknologi kapal, pipa dan sebagainya.

Sensor tekanan air adalah alat yang dapat mendeteksi informasi yang terukur dan mengubah informasi yang terdeteksi menjadi sinyal listrik atau bentuk lain dari keluaran informasi sesuai dengan aturan tertentu, untuk memenuhi transmisi informasi, pemrosesan, penyimpanan, tampilan, catatan dan persyaratan kontrol. Sensor ini adalah langkah pertama untuk mewujudkan deteksi dan kontrol otomatis.

Inti dari sensor tekanan air biasanya terbuat dari silikon menyebar, prinsip kerjanya adalah bahwa tekanan tekanan air langsung diterapkan ke diafragma sensor, sehingga diafragma menghasilkan mikro-perpindahan sebanding dengan tekanan air. Hambatan listrik dari sensor berubah, dan sirkuit elektronik digunakan untuk mendeteksi perubahan, dan output dari sinyal pengukuran standar yang sesuai dengan tekanan diubah.



Gambar 2.31 Sensor Tekanan Air

2.11 Pengertian *Water Heater*

Water Heater adalah alat yang menggunakan proses termodinamika dengan menggunakan sumber energi untuk memanaskan air di atas suhu awal. Energi alternatif seperti energi surya, panas bumi, gas, dan sumber energi lainnya juga dapat digunakan untuk memanaskan air. *Water heater* memiliki beberapa tipe seperti sebagai berikut:

1. *Electric Water Heater*,

Yaitu alat pemanas air yang mengandalkan energi listrik dikenal dengan *water heater* listrik atau pemanas listrik. Begitu banyak beredar merk *electric water heater*, bisa didapatkan di toko toko sanitari dengan harga sangat terjangkau. *Electric water heater* banyak dipakai di rumah tinggal sebagai sarana untuk mandi air panas, hotel, apartement, rumah sakit, villa, dan lain lain.

2. *Gas Water Heater,*

Merupakan alat pemanas air yang mengandalkan energi gas elpiji, dikenal dengan pemanas air gas, biaya gas elpiji relatif murah, dan kecepatan panas cukup tinggi. Banyak dipakai untuk rumah tinggal, hotel, dan villa, produk gas heater yang banyak beredar dipasaran.

3. *Boiler Water Heater,*

Yaitu alat pemanas air mengandalkan energi boiler, banyak digunakan untuk kebutuhan air panas dengan kapasitas besar dengan suhu cukup panas kisaran 80 derajat sampai 100 derajat celcius. Bahkan ada yang menghasilkan uap, dikenal dengan nama *steam boiler*. Air panas yang dihasilkan diatas suhu 100 derajat celcius dan kebanyakan *boiler water heater* dan sistem boiler digunakan untuk proses industri, banyak dipakai dipabrik - pabrik yang membutuhkan air panas dengan suhu tinggi, bahkan memerlukan uap panasnya. Hotel - hotel besar untuk memenuhi kebutuhan air panas di kamar-kamar, keperluan kitchen, dan air panas untuk laundry, yang semuanya membutuhkan air panas dengan jumlah besar.

4. *Solar Water Heater,*

Merupakan alat pemanas air yang mengandalkan energi surya matahari yang dikenal dengan istilah pemanas air tenaga surya, karena menghasilkan air panas, kalau solar sell menghasilkan listrik. Untuk negara Indonesia yang terletak digaris khatulistiwa didaerah tropis, dimana panas matahari sangat mudah didapat, bahkan sangat melimpah bila dibandingkan dengan negara lain didaerah sub tropis. Pada umumnya alat ini dilengkapi dengan pemanas cadangan (elektrik heater) untuk digunakan pada musim hujan dikarenakan kurang nya sinar matahari yang digunakan sebagai sumber tenaga

5. *Aircon Water Heater,*

Alat pemanas air yang mengandalkan energi buang dari out door AC (Air Conditioner), yaitu suhu freon yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Pada AC biasa suhu tersebut akan diturunkan lagi (dibuang) pada *condensor* dengan cara ditiup oleh kipas, sebelum masuk condesor, aliran freon panas tersebut dibelokkan kedalam tangki yang berisi air dingin. Di dalam tangki ada pipa spiral yang disebut *Heat Exchanger*, sehingga terjadi kontak antara freon panas dan air dingin pada *exchanger*. Air yang semula dingin perlahan akan memanaskan sesuai dengan suhu freon. Sebaliknya freon yang semula sangat panas akan sedikit menurun temperaturnya sebagai hasil kontakannya dengan air dingin tersebut

6. *Heat Pump Water Heater,*

Heat pump atau pompa kalor adalah alat pemanas air yang mengandalkan suhu freon yang sangat tinggi pada saat keluar dari kompresor. Udara luar (outdoor air, semakin panas semakin efisien) dihisap masuk oleh kipas, udara luar yang panas ini akan memanaskan *refrigerant* ramah lingkungan didalam evaporator, selanjutnya melalui kompresor, *refrigerant* yang telah panas ini ditekan sehingga bertambah panas lagi dan disirkulasikan ke *heat exchanger* tersebut. Proses pemanasan *heat pump* ini sangat efisien karena listrik diperlukan hanya untuk kompresor saja, sehingga secara keseluruhan akan menghasilkan kapasitas pemanasan hingga 3x Lipat daya yang dipakai heat pump dengan kata lain heat pump memerlukan daya listrik hanya sepertiga dari kapasitas pemanasnya.