

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pesawat DC-9

Pesawat McDonnell Douglas DC-9 pertama kali memasuki layanan pada 8 Desember 1965 dan diproduksi terakhir pada tahun 1982. Pesawat DC-9 merupakan pesawat bermesin ganda yang menjadi awal dari terciptanya pesawat MD-80, MD-90, dan MD-95 (Boeing 717). Setelah 41 tahun, produksi pesawat DC-9 berakhir yang ditandai dengan pengiriman terakhirnya pada Oktober 1982 dan pengiriman terakhir Boeing 717 (MD-95) untuk Midwest Airlines serta AirTran Airways pada tanggal 23 Mei 2006.

Di dunia penerbangan Indonesia, pesawat DC-9 cukup lama beroperasi sebelum penggunaannya semakin menurun pada awal tahun 1990-an. Pada saat ini, hanya tersisa dua pesawat DC-9. Satu pesawat beregistrasi PK-GNT yang berada di Museum Transportasi TMII. Satu pesawat lagi beregistrasi PK-GNC yang berada di PT GMF AeroAsia Tbk. sebagai sarana belajar calon teknisi. Gambar di bawah ini menunjukkan pesawat DC-9 yang berada di *shelter* dan masih digunakan sebagai media pembelajaran mahasiswa BAM (*Basic Aircraft Maintenance*) untuk melakukan praktik.



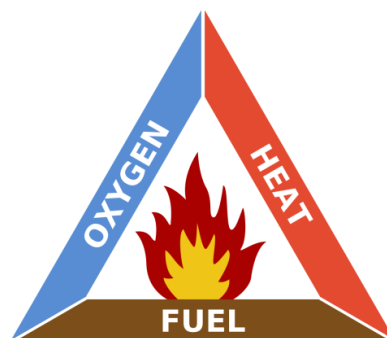
Gambar 2.1 Pesawat DC-9

Pesawat DC-9 memiliki 2 *engine* yang diproduksi dari Pratt & Whitney JT8D *turbofan* dan terpasang pada *tail* pesawat. Pesawat DC-9 dapat dioperasikan oleh 2 orang, yaitu pilot dan co-pilot. Desain *engine* yang dipasang di *tail* pesawat dapat memiliki banyak kelebihan seperti *flap* dapat lebih panjang, *leading edge wing* tidak terhalang oleh *pod*, dan *trailing edge wing* tidak terkena *engine blast*. Desain ini meningkatkan *airflow* pada kecepatan rendah dan memungkinkan kecepatan *take-off* dan *approach* yang lebih rendah sehingga menjaga struktur *wing* tetap ringan. Keuntungan lainnya adalah berkurangnya FOD (*Foreign Object Damage*) dari *runway* dan *apron*. Terakhir, tidak adanya *engine* di *underslung pod* memungkinkan pengurangan *ground clearance* badan pesawat sehingga membuat pesawat lebih mudah diakses oleh *ground personnel* bagasi dan penumpang.

2.2 Definisi Api dan Klasifikasi Kelas Api

2.2.1 Definisi Api

Api merupakan suatu zat yang dihasilkan dari reaksi kimia antara udara (oksigen), panas, dan bahan bakar. Reaksi kimia yang terjadi adalah oksidasi di mana proses ini berlangsung dengan cepat lalu menghasilkan api yang dapat memberikan panas dan cahaya. Dengan dipahaminya definisi tersebut, ditemukanlah suatu teori mengenai api, yaitu teori segitiga api atau *fire triangle*. Teori segitiga api atau *fire triangle* terdiri dari tiga komponen yang diperlukan untuk menyalakan dan mempertahankan api, yaitu oksigen, panas, dan bahan bakar.



Gambar 2.2 Segitiga Api

2.2.2 Klasifikasi Kelas Kebakaran

Jenis kebakaran dapat diklasifikasikan dalam beberapa kelas berdasarkan penyebab kebakarannya. Klasifikasi kebakaran ini dapat menentukan pemilihan alat pemadam api yang tepat karena setiap alat pemadam api telah dibuat khusus untuk kebakaran tertentu. Berikut ini merupakan klasifikasi kelas kebakaran berdasarkan NFPA atau biasa dikenal dengan *National Fire Protection Association*.

1. Kelas A

Pada kelas A, kebakaran biasanya diakibatkan oleh benda padat yang tidak termasuk dalam benda logam seperti kertas, kain, plastik, karet, atau kayu. Kebakaran kelas A dapat dipadamkan menggunakan alat pemadam yang berisi air, busa (*foam*), atau *dry powder*.

2. Kelas B

Pada kelas B, kebakaran biasanya diakibatkan oleh benda cair atau gas seperti cat, gas LPG, bensin, *solvent*, *grease*, atau minyak goreng. Kebakaran kelas B dapat dipadamkan menggunakan alat pemadam yang berisi air, busa (*foam*), *dry powder*, atau CO₂ (Karbon Dioksida).

3. Kelas C

Pada kelas C, kebakaran biasanya diakibatkan oleh listrik seperti kulkas, televisi, atau alat-alat listrik lainnya. Kebakaran kelas C dapat dipadamkan menggunakan alat pemadam yang berisi CO₂ (Karbon Dioksida) atau *dry powder*.

4. Kelas D

Pada kelas D, kebakaran biasanya diakibatkan oleh benda yang mengandung logam seperti kalium, natrium, aluminium, litium, atau titanium. Kebakaran kelas D dapat dipadamkan menggunakan alat pemadam yang berisi *dry powder* khusus.

2.3 Zona Kebakaran pada Pesawat Terbang

2.3.1 Zona Kebakaran pada *Cargo Compartment*

Zona kebakaran pada *cargo compartment* dibagi menjadi empat kelas. Berikut ini pembagian kelas dari zona kebakaran pada *cargo compartment*.

1. Kelas A

Pada kelas A, kebakaran dapat mudah diidentifikasi secara visual dan kru pesawat dapat dengan mudah mengaksesnya selama penerbangan.

2. Kelas B

Pada kelas B, ada akses yang cukup dalam penerbangan untuk memungkinkan kru pesawat untuk secara efektif menjangkau seluruh bagian dari *cargo compartment* dengan alat pemadam api tangan atau *hand fire extinguisher*. Terdapat *smoke detector* atau *fire detector system* terpisah yang berfungsi untuk memberikan *warning*.

3. Kelas C

Pada kelas C, terdapat *smoke detector* atau *fire detector system* terpisah untuk memberikan peringatan pada pilot. Terdapat juga *built in fire extinguishing* atau *suppression system* yang dapat dikendalikan dari *cockpit*.

4. Kelas E

Pada kelas E, terdapat *smoke detector* atau *fire detector* terpisah yang untuk memberikan peringatan pada pilot. Kru pesawat dapat mengakses kontrol untuk mematikan aliran udara ventilasi ke atau di dalam *cargo compartment*.

2.3.2 Zona Kebakaran pada *Engine Power Plant*

Zona kebakaran pada *engine power plant* dibagi menjadi lima kelas. Berikut ini pembagian kelas dari zona kebakaran pada *engine power plant* berdasarkan aliran udara yang melewatinya.

1. Zona Kelas A

Area *heavy airflow* melewati pengaturan penghalang yang berbentuk serupa. Bagian *power* dari *reciprocating engine* biasanya menggunakan tipe ini.

2. Zona Kelas B

Area *heavy airflow* melewati penghalang yang bersih. Yang termasuk di dalam jenis ini adalah *heat exchanger ducts*, *exhaust manifold shrouds*, dan area di mana bagian dalam penutup *cowling* atau penutup lainnya lancar, bebas dari gelembung udara, dan dikeringkan sampai tidak ada genangan dari kebocoran bahan yang mudah terbakar terbentuk. Kompartemen *turbine engine* dapat diidentifikasi

ke dalam kelas ini jika permukaan *engine* bersih secara aerodinamis dan semua struktur *airframe* ditutupi oleh bahan yang tahan api (*fireproof*).

3. Zona Kelas C

Area *low airflow* di mana sebuah *engine accessory compartment* terpisah dari bagian *power* dapat menjadi contoh dari jenis zona ini.

4. Zona Kelas D

Area dengan *airflow* yang sedikit atau tidak ada sama sekali. Yang termasuk di dalam zona ini adalah *wing compartment* dan *wheel well* di mana terdapat sedikit ventilasi yang ada.

5. Zona Kelas X

Area *heavy airflow* yang memiliki konstruksi tidak biasa. Hal ini sulit untuk menghasilkan distribusi seragam dari *extinguishing agent*.

2.4 Fire Protection System

Fire protection system merupakan suatu sistem yang sangat penting di dalam pesawat karena dapat berfungsi sebagai alat monitor ketika terjadi peristiwa api (*fire*), asap (*smoke*), panas yang berlebihan (*overheat*), dan kebocoran pada saluran *pneumatic* (*pneumatic duct leak*).

Fire protection system di pesawat terbagi menjadi dua sistem lagi yang bekerja secara berkesinambungan, yaitu *fire detection system* (sistem pendeteksi kebakaran) dan *fire extinguishing system* (sistem pemadam kebakaran).

Sistem ini tersebar di beberapa tempat tertentu di pesawat, seperti *engine*, APU (*Auxiliary Power Unit*), *cargo compartment*, *lavatory*, *wheel well*, dan *electronic bays*.

2.4.1 Fire Detection System

Fire detection system merupakan suatu sistem yang digunakan untuk mendeteksi adanya api di dalam pesawat. Sensor untuk mendeteksi api di pesawat sangatlah bervariasi. Beberapa sensor pendeteksi di pesawat biasanya digunakan untuk mendeteksi suhu dan asap karena karakteristik dari api adalah terdapat kenaikan suhu dan terbentuknya asap.

Pada *fire protection system* di pesawat terbang sekarang tidak boleh lagi mengandalkan hasil observasi dari kru pesawat untuk mendeteksi adanya kebakaran. Oleh karena itu karakteristik utama yang harus dimiliki sebuah *fire detection system* adalah sebagai berikut:

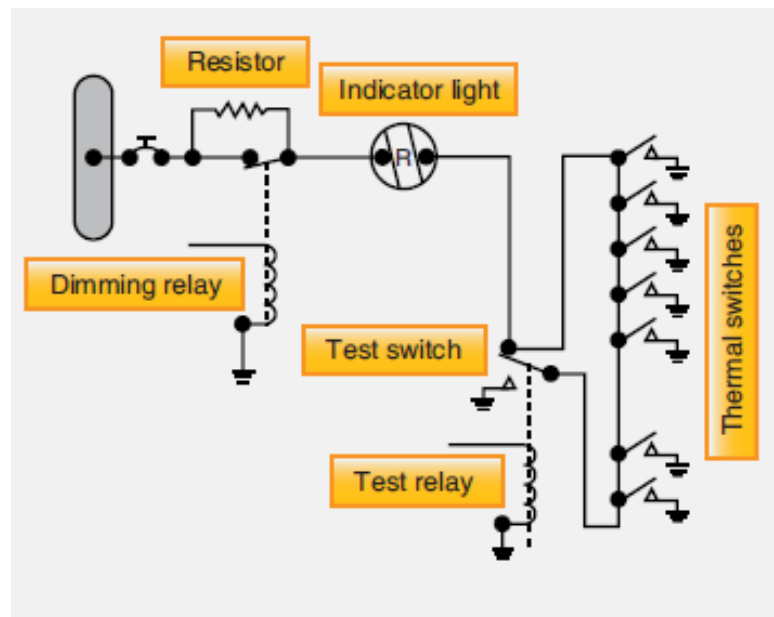
1. Tidak boleh ada peringatan palsu pada saat penerbangan maupun di darat dalam kondisi apapun.
2. Mengindikasikan api dengan tepat dan lokasi api dengan akurat.
3. Mengindikasikan bahwa api telah padam dengan akurat.
4. Mengindikasikan bahwa api telah hidup kembali.
5. Indikasi yang berkelanjutan terhadap durasi kebakaran.
6. Memiliki cara untuk menguji sistem detektor secara elektrik dari kokpit pesawat.
7. Dapat menahan beban kerusakan dari paparan oli, air, getaran, temperatur ekstrem, atau penanganan dari mekanik.
8. Berbobot ringan dan mudah dipasang di posisi *mounting* manapun.
9. Sirkuitnya dapat beroperasi langsung dari sistem daya pesawat tanpa adanya bantuan *inverter*.
10. Persyaratan arus listrik minimum ketika tidak mengindikasikan api.
11. Terdapat lampu yang menyala di kokpit, mengindikasikan lokasi terjadinya api, dan dilengkapi dengan sistem alarm yang berbunyi.
12. Terdapat sistem detektor terpisah di setiap *engine*.

Terdapat tiga tipe sistem detektor yang sering digunakan di pesawat, yaitu *thermal switch system*, *thermocouple*, dan *continuous loop*.

- ***Thermal Switch System***

Thermal switch system atau sistem sakelar termal masih banyak digunakan di pesawat tipe lama. Selain menggunakan sistem sakelar termal, pesawat tipe lama juga menggunakan *thermocouple system* atau sistem termokopel. Sistem sakelar termal memiliki satu atau lebih lampu indikator yang akan dihidupkan oleh sistem daya pesawat dan operasi lampunya dikontrol oleh sakelar termal. Sakelar termal merupakan suatu komponen yang sensitif terhadap panas yang terpasang pada sirkuit dan bekerja pada suhu tertentu. Sakelar termal ini dihubungkan secara

paralel dengan satu sama lain tetapi sakelar termal ini dihubungkan secara seri dengan lampu indikatornya. Dapat dilihat pada gambar 2.3 bahwa jika suhu naik di atas nilai yang telah ditetapkan pada salah satu bagian sirkuit, sakelar termal akan menutup dan menyalakan lampu untuk mengindikasikan api atau kondisi panas berlebih (*overheat*). Produsen pesawat yang menentukan jumlah sakelar termal. Pada beberapa instalasi, terdapat satu sakelar termal untuk satu lampu, tetapi ada juga yang menghubungkan seluruh sakelar termal ke satu lampu.



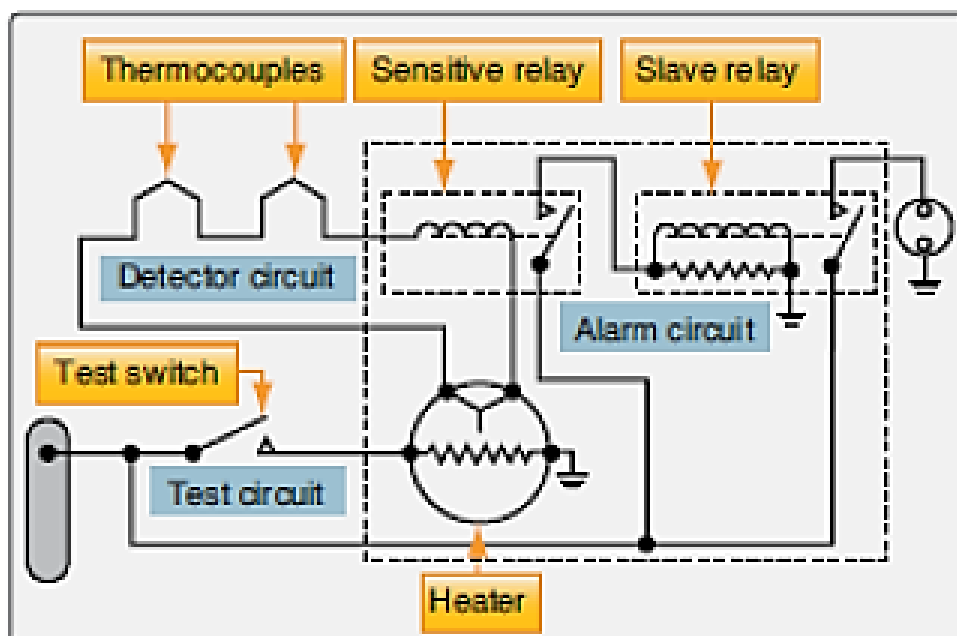
Gambar 2.3 Thermal Switch Fire Circuit

Beberapa lampu peringatan (*warning light*) merupakan lampu *push-to-test* di mana lampu dapat diuji dengan ditekan untuk memeriksa *auxiliary test circuit*. Sirkuit pada gambar 2.3 menunjukkan bahwa terdapat sebuah *test relay*. Ketika posisi kontak *relay* seperti gambar di atas, terdapat dua kemungkinan jalur untuk aliran arus dari sakelar ke lampu yang merupakan fitur keamanan tambahan. Dengan memberikan daya pada *test relay*, rangkaian seri pun terhubung dan akan mengecek semua kabel dan lampu yang ada. Pada sirkuit tersebut juga terdapat *dimming relay*. Ketika *dimming relay* diberikan daya, rangkaian diubah untuk memasukkan resistor secara seri dengan lampu. Pada beberapa instalasi, beberapa sirkuit dihubungkan melalui *dimming relay* sehingga seluruh lampu dapat diredupkan secara bersamaan.

- **Thermocouple System**

Thermocouple system atau sistem termokopel beroperasi dengan prinsip yang sangat berbeda dari *thermal switch system* atau sistem sakelar termal. *Thermocouple* bekerja berdasarkan pada tingkat kenaikan suhu dan tidak memberikan *warning* pada saat terjadi *overheat* di engine atau ketika terjadi korsleting. *Thermocouple system* terdiri dari *relay box*, lampu peringatan, dan termokopel. Sistem pengkabelannya dapat dibagi menjadi sirkuit detektor, sirkuit alarm, dan sirkuit uji.

Thermocouple fire warning circuit ditunjukkan pada gambar 2.4 di mana sirkuit ini terdiri dari dua *relay*, yaitu *sensitive relay* dan *slave relay* dan memiliki *thermal test unit*. Sebuah *relay box* biasanya terdiri dari satu sampai delapan sirkuit yang sama tergantung pada jumlah zona api yang potensial. *Relay* berfungsi untuk mengontrol *warning light*. Sedangkan, termokopel berfungsi untuk mengontrol operasi *relay*-nya. Sirkuit ini juga terdiri dari beberapa termokopel yang dihubungkan secara seri satu sama lain dan dihubungkan dengan *sensitive relay*.



Gambar 2.4 *Thermocouple Fire Warning Circuit*

Termokopel terdiri dari dua logam yang berbeda, seperti chromel dan konstantan. Pada termokopel terdapat yang namanya *hot junction*. *Hot junction*

merupakan titik di mana logam ini bergabung dan terpapar panas dari api. Selain *hot junction* terdapat juga *reference junction*. *Reference junction* terletak di ruang hampa udara antara dua *insulation blocks*. Ada logam yang berbentuk kandang yang mengelilingi termokopel untuk melindungi secara mekanis tanpa menghalangi pergerakan udara ke daerah *hot junction*. Jika temperatur meningkat dengan cepat, termokopel akan menghasilkan tegangan karena ada perbedaan temperatur antara *reference junction* dan *hot junction*. Jika kedua *junction* dipanaskan pada tingkat yang sama, maka tidak akan ada tegangan yang dihasilkan.

Pada *engine compartment*, terjadi kenaikan temperatur secara normal dan bertahap yang dihasilkan dari operasi *engine* sehingga kedua *junction* tersebut akan dipanaskan pada tingkat yang sama dan tidak akan ada *warning signal* yang dihasilkan. Lain halnya ketika terjadi kebakaran, temperatur pada *hot junction* akan meningkat lebih cepat dari *reference junction*. Sehingga tegangan yang dihasilkan tersebut akan menyebabkan arus mengalir ke rangkaian detektor dan menyalakan *warning signal*. Jumlah termokopel yang terpasang pada masing-masing sirkuit detektor tergantung pada ukuran dari zona kebakaran dan resistansi rangkaian total yang biasanya tidak melebihi dari 5 Ohm.

- ***Continuous Loop System***

Pesawat transport biasanya menggunakan *continuous thermal sensing element* untuk proteksi *engine powerplant* dan proteksi untuk *wheel well*. *Continuous loop system* dapat mendeteksi dengan baik dan memiliki ketahanan yang baik ketika digunakan pada mesin *turbofan* modern.

Continuous loop detector atau *sensing system* memungkinkan area bahaya kebakaran dapat dimonitor dalam cakupan yang lebih luas daripada *spot-type temperature detector*. Ada dua jenis *continuous loop system* yang sering digunakan yaitu detektor jenis termistor, seperti sistem Kidde dan Fenwal, dan detektor tekanan pneumatik, seperti sistem Lindberg. Sistem Lindberg ini juga dikenal sebagai Systron-Donner atau Meggitt Safety system.

Selain beberapa jenis *continuous loop system* yang telah disebutkan, terdapat juga *sensing element*. Pada *sensing element*, resistansi sensor bervariasi secara

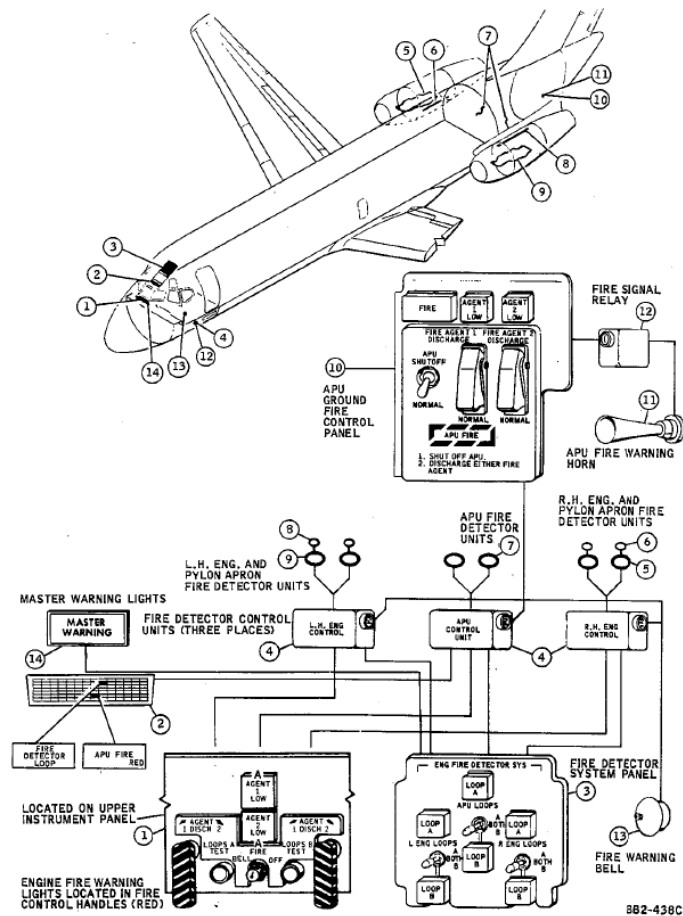
berkebalikan saat dipanaskan. Ketika temperatur sensor meningkat, resistansi sensor pun akan menurun. Setiap sensor memiliki dua kabel yang terpasang di dalam bahan termistor yang terbungkus di dalam tabung inconel berdinding berat untuk kekuatan tinggi pada kenaikan suhu yang tinggi.

Sinyal analog dari *thermistor sensing element* dapat mengatur sirkuit kontrol untuk memberikan dua respon dari *sensing element loop* yang sama. Respon pertama merupakan peringatan panas berlebih (*overheat warning*) pada tingkat temperatur di bawah tingkat temperatur peringatan kebakaran yang mengindikasikan kenaikan suhu pada *engine compartment*. Salah satu contoh hal yang dapat menyebabkan *overheat* adalah kebocoran *bleed air* atau gas hasil pembakaran ke dalam *engine compartment*. Hal ini juga dapat menjadi peringatan sebelum terjadinya kebakaran yang akan memperingatkan kru pesawat untuk melakukan tindakan yang tepat untuk mengurangi temperatur dari *engine compartment*. Respon kedua merupakan tingkat perubahan suhu di atas yang dapat dicapai oleh terjadinya kebocoran gas panas dan hal ini merupakan suatu peringatan kebakaran.

2.4.2 Engine Fire Detection System

Engine fire detection system menyediakan sarana untuk mendeteksi terjadinya kebakaran atau kondisi *overheat* pada *engine* kiri, *engine* kanan, dan APU (*Auxiliary Power Unit*) serta memberikan peringatan kepada kru pesawat dengan bentuk indikasi aural maupun visual. Sistem ini terdiri dari beberapa komponen sebagai berikut:

- *Fire Detector Unit*
- *Fire Detector Control Unit*
- *Fire Warning Indicating Component*
- *Fire Bell Off Switch*
- *Fire Detector System Panel*
- *Fire Detector Loop Light*
- *Loop Test Switch*



Gambar 2.5 Fire Detection System

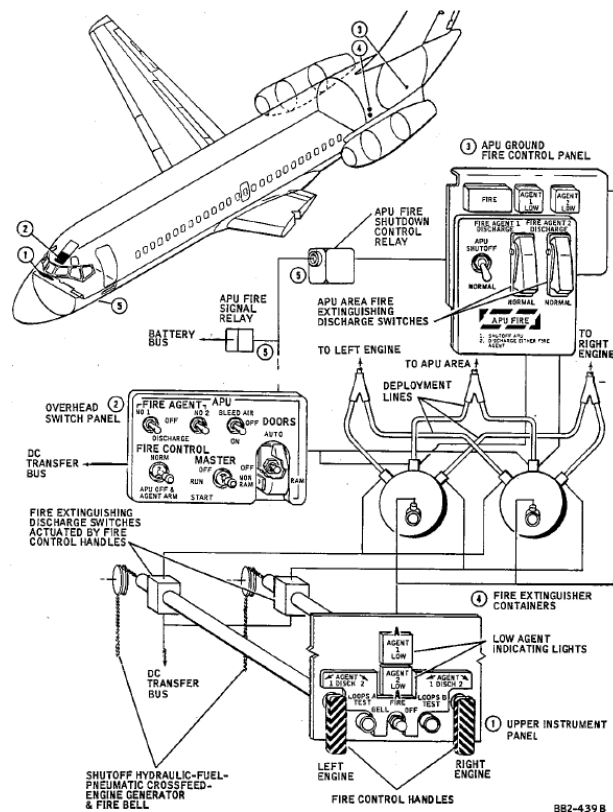
Deteksi kebakaran normal bekerja secara otomatis ketika bus listrik pesawat diberi daya dan *circuit breaker* sistem detektor kebakaran ditutup. Jika kondisi kebakaran terjadi di zona kebakaran yang telah ditentukan, kedua *sensing element* yang terdapat di sana akan mengalami kenaikan suhu. Kenaikan suhu tersebut akan menyebabkan nilai resistansi *sensing element* menurun. Pada nilai resistansi yang telah ditentukan, setiap rangkaian *monitoring sensing element* di unit kontrol detektor kebakaran akan mengaktifkan *relay* di sirkuitnya. *Relay* yang diberi daya akan mengaktifkan komponen indikasi peringatan kebakaran. Ketika api padam, suhu dan nilai resistansi *sensing element* harus kembali normal. Sirkuit monitor akan menghilangkan energi *relay* dan komponen indikasi peringatan kebakaran akan mati. Bel peringatan kebakaran akan mati secara otomatis, ketika salah satu *engine fire control handle* ditarik sepenuhnya. Bel dapat terputus sebelum menarik pegangan kendali kebakaran dengan menekan *off* pada *fire bell switch*.

2.4.3 Fire Extinguishing System

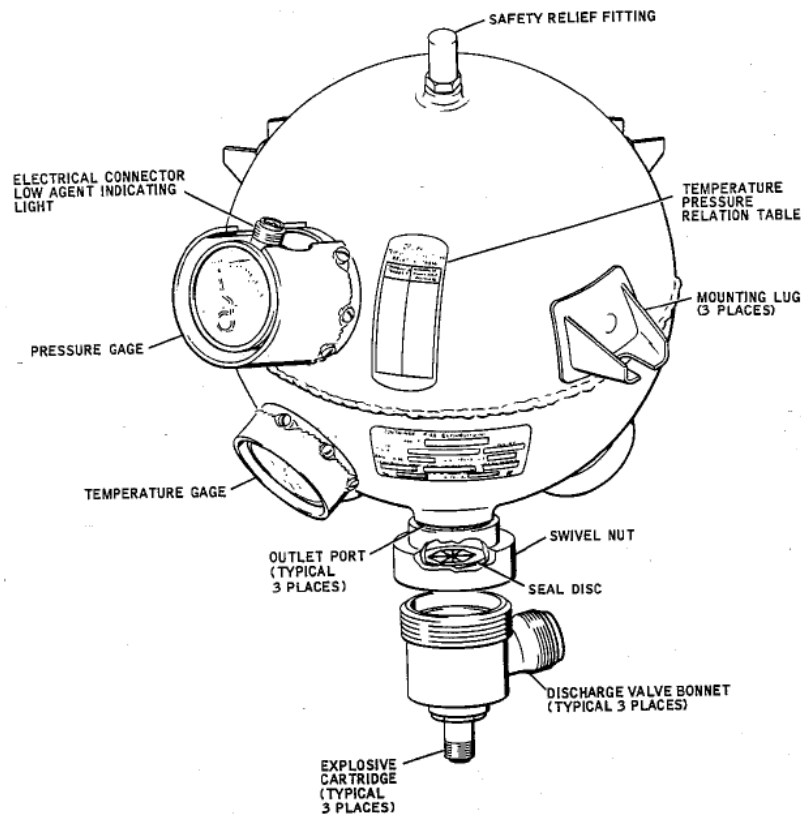
Fire extinguishing system terbagi menjadi dua jenis, yaitu *fixed fire extinguisher system* dan *portable fire extinguisher system*. *Fixed fire extinguisher system* merupakan sistem pemadam kebakaran yang terpasang secara permanen pada beberapa bagian pesawat seperti *engine*, APU (*Auxiliary Power Unit*), serta *cargo compartment* dan harus dipastikan dalam kondisi yang baik. Sedangkan, *portable fire extinguisher* merupakan sistem pemadam kebakaran yang terletak di *cabin* yang dapat digunakan oleh *cabin crew* dan penumpang pada saat terjadi api di daerah *cabin*.

2.4.4 Engine Fire Extinguishing System

Sistem *engine fire extinguishing* pada pesawat digunakan untuk memadamkan api yang ada di *engine compartment*. Tipe *fire extinguishing system* yang digunakan pada *engine* merupakan tipe *fixed fire extinguishing system*. Sistem ini terdiri dari 2 *fire extinguisher bottle*, *fire extinguishing agent deployment lines*, *fire extinguishing discharge controls and circuits*, dan *low agent indicating lights*.



Gambar 2.6 Fire Extinguishing System



Gambar 2.7 *Fire Bottle*

Dua *fire bottle* tersebut terletak di bagian belakang *accessory compartment*. Botol tersebut berisikan *fire extinguishing agent* berupa bromotrifluoromethane (CF_3Br). Setiap *fire bottle* memiliki *pressure gauge*, *temperature gauge*, dan *safety relief fitting*. *Fire bottle* ini memiliki tiga *outlet port* yang digunakan untuk *engine* kiri, *engine* kanan, dan APU (*Auxiliary Power Unit*). Terdapat juga *discharge valve bonnet* yang terpasang di setiap *outlet port* yang berfungsi sebagai sebuah *adapter* antara *fire bottle* dan *deployment lines* serta untuk tempat dipasangnya *explosive cartridge*. *Pressure gauge* berfungsi untuk mengindikasikan tekanan di dalam *fire bottle*. Sedangkan *temperature gauge* berfungsi untuk mengindikasikan temperatur *fire agent* yang ada di dalam *fire bottle* dengan satuan derajat Fahrenheit. Selain itu, terdapat juga *safety relief fitting* yang memiliki *seal disc* yang didesain untuk meletus jika terjadi kondisi *overheat* yang diakibatkan oleh kenaikan *pressure* di dalam *fire bottle*. Jika *seal*-nya meletus, maka *fire extinguishing agent*-nya akan dilepaskan melalui *fitting* ke luar.

2.4.3 Fire Extinguishing Agent

Terdapat beberapa *fire extinguishing agent* yang sering digunakan di antaranya adalah:

- Halon

Halon atau *halogenated hydrocarbon* merupakan satu-satunya *fire extinguishing agent* yang digunakan di pesawat penerbangan sipil. Tetapi, halon merupakan bahan kimia yang dapat merusak lapisan ozon dan memicu *global warming*. Halon telah dilanggar untuk digunakan secara umum berdasarkan perjanjian internasional. Tetapi khusus untuk industri penerbangan terdapat pengecualian yang dikarenakan oleh hasil penggunaannya yang sangat efektif, tidak memiliki residu, tidak bersifat konduktor, dan memiliki kadar toksin yang relatif rendah. Ada dua tipe halon yang dipakai di dunia aviasi, yaitu Halon 1301 (CBrF₃) dan Halon 1211 (CBrClF₂). Hal yang perlu diperhatikan adalah halon hanya boleh digunakan untuk memadamkan api kelas A, B, atau C dan tidak boleh digunakan untuk kelas D.

- Karbon Dioksida (CO₂)

Karbon dioksida (CO₂) merupakan *fire extinguishing agent* yang efektif. Karbon dioksida paling sering digunakan dalam alat pemadam kebakaran untuk memadamkan api di bagian luar pesawat, seperti *engine* atau APU kebakaran pada saat masih di darat. Senyawa kimia ini digunakan untuk memadamkan kebakaran yang diakibatkan oleh cairan yang mudah terbakar dan kebakaran yang melibatkan peralatan listrik. Karbon dioksida bekerja efektif sebagai *fire extinguishing agent* karena dapat mencairkan udara dan mengurangi kandungan oksigen sehingga pembakaran tidak terjadi dalam waktu yang lebih lama. Senyawa kimia ini tidak efektif sebagai pemadam kebakaran yang melibatkan bahan kimia selulosa nitrat yang digunakan dalam beberapa cat pesawat.

- Air

Air dapat digunakan untuk memadamkan api kelas A di mana air berfungsi sebagai pendingin di bawah suhu *ignition*-nya dan mencegah api hidup kembali.

- *Dry Powder*

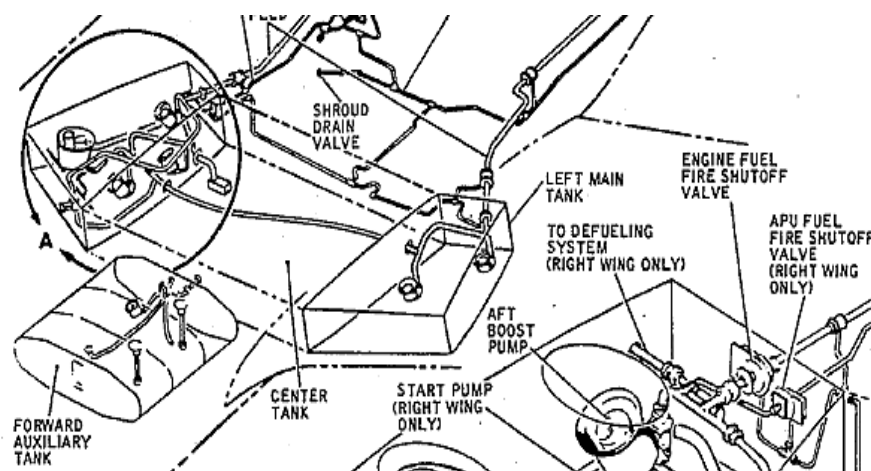
Dry powder atau bubuk kering dapat digunakan untuk memadamkan api kelas A, kelas B, atau kelas C. Seluruh *dry powder* serbaguna mengandung monoammonium fosfat dengan rumus kimia $(\text{NH}_4)(\text{H}_2\text{PO}_4)$. Penggunaan *dry powder* ini dibatasi karena banyak residu dan perlu dibersihkan setelah dipakai.

2.5 Sistem Pesawat yang Berhubungan dengan *Engine Fire Protection System*

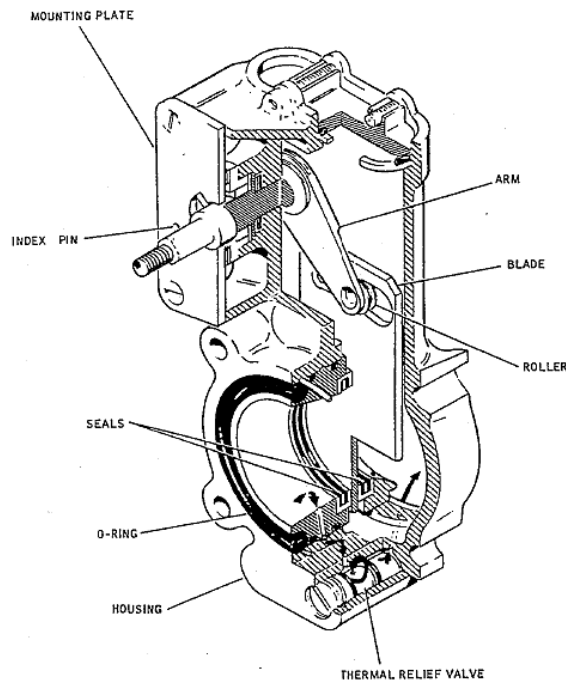
Pesawat terbang memiliki sistem yang kompleks dan saling terintegrasi satu sama lain yang mengakibatkan kerja dari berbagai sistem pada pesawat tersebut saling berhubungan. Pada *engine* suatu pesawat, terdapat empat sistem yang bekerja secara berkesinambungan dan dapat terpengaruhi performanya jika terjadi kebakaran pada *engine*. Hal ini menyebabkan keempat sistem ini diintegrasikan dengan *engine fire protection system* sehingga dapat meminimalisasi kerusakan yang diakibatkan oleh kebakaran pada *engine* pesawat. Empat sistem yang berhubungan dengan *engine fire protection system* tersebut adalah *engine fuel fire shutoff valve*, *pneumatic crossfeed valve*, *hydraulic fire shutoff valve*, dan *engine generator*.

2.5.1 *Engine Fuel Fire Shutoff Valve*

Engine fuel fire shutoff valve merupakan suatu *valve* atau katup yang berfungsi untuk mengalirkan *fuel* dari *fuel tank* ke *engine*. *Valve* ini terletak di masing-masing *wing root* pesawat. *Engine fuel fire shutoff valve* selalu dalam kondisi terbuka atau biasa disebut dengan *normally open (NO)*.



Gambar 2.8 Posisi *Fuel Distribution System* di *Wing Root* Pesawat

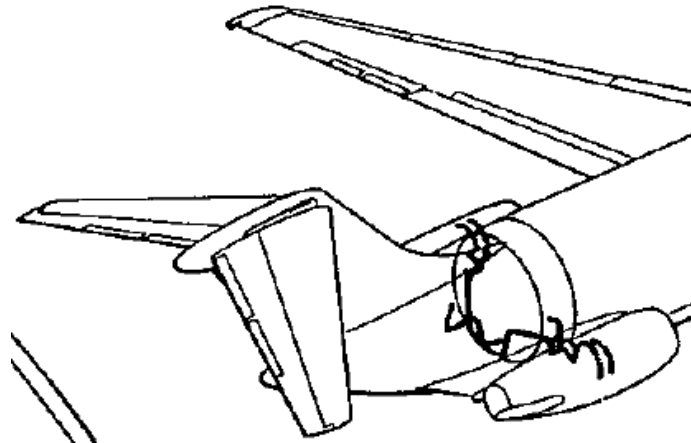


Gambar 2.9 Tampilan *Close-up Engine Fuel Fire Shutoff Valve*

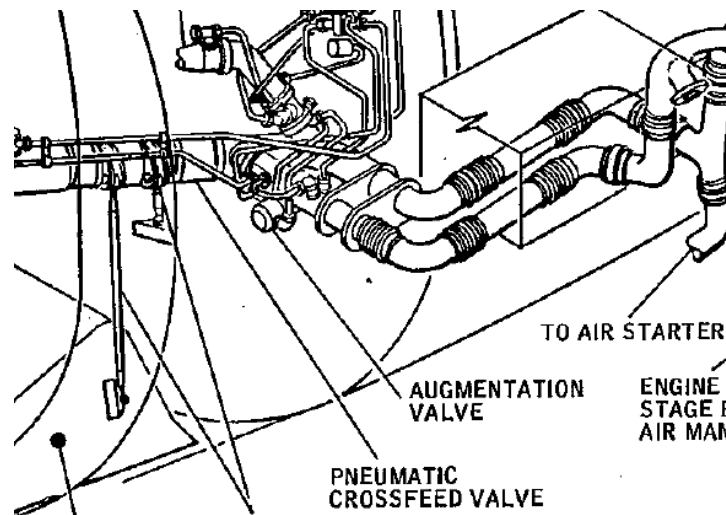
Valve ini terintegrasi dengan *engine fire handle*, di mana ketika terjadi kebakaran pada pesawat dan *engine fire handle* ditarik, maka *valve* ini akan tertutup sehingga suplai *fuel* ke *engine* dihentikan. Hal ini dilakukan sehingga api tidak menjadi lebih besar karena mendapatkan suplai *fuel* secara terus menerus.

2.5.2 *Pneumatic Crossfeed Valve*

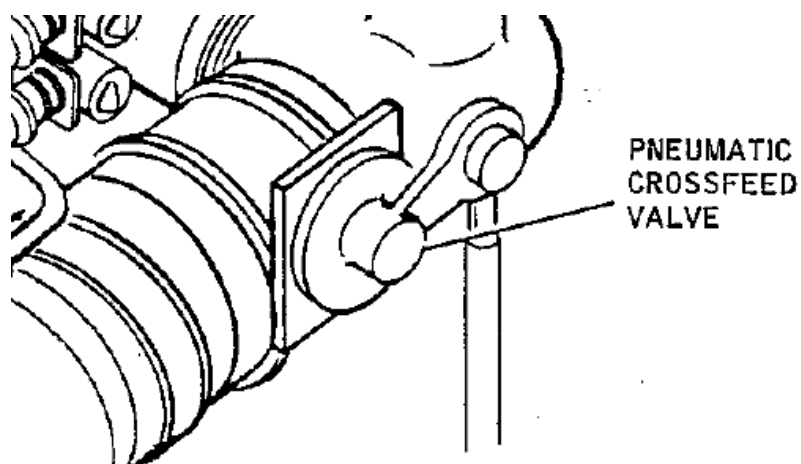
Pneumatic crossfeed valve merupakan sebuah *valve* (katup) yang berfungsi untuk mengalirkan udara ke berbagai sistem di pesawat dari sumber *pneumatic* manapun. *Valve* ini terletak di *tail compartment* dan dapat dioperasikan dari *pneumatic crossfeed control lever* yang berada di *control pedestal cockpit*. *Control lever* tersebut terdiri dari *control cable* yang terpasang di sepanjang *centerline* pesawat di atas atau *below cargo compartment*. *Control lever* ini terintegrasi dengan *engine fire handle*, di mana ketika terjadi kebakaran pada pesawat dan *engine fire handle* ditarik, maka *control lever* tersebut bergerak ke posisi tertutup dan menutup *pneumatic crossfeed valve*. Hal ini mengakibatkan suplai *pneumatic* ke *engine* dan sistem pesawat lainnya dapat dihentikan. Hal ini dilakukan sehingga api tidak menjadi lebih besar karena mendapatkan suplai udara bertekanan tinggi secara terus menerus.



Gambar 2.10 Posisi *Pneumatic Duct System* di *Tail Compartment* Pesawat



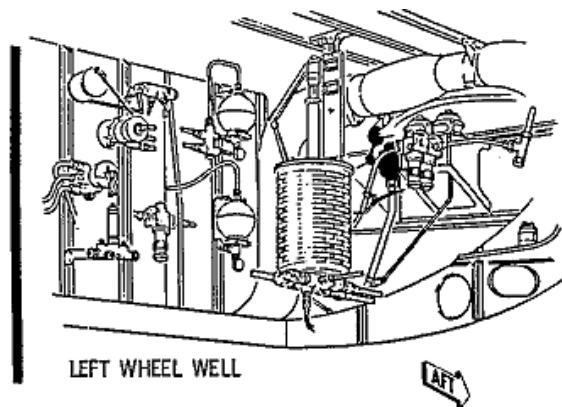
Gambar 2.11 Posisi *Pneumatic Crossfeed Valve* di *Tail Compartment* Pesawat



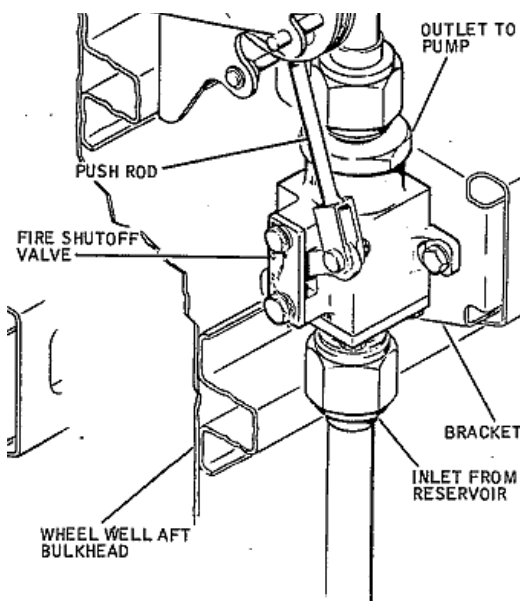
Gambar 2.12 Tampilan *Close-up Pneumatic Crossfeed Valve*

2.5.3 Hydraulic Fire Shutoff Valve

Hydraulic fire shutoff valve merupakan sebuah *valve* atau katup yang berfungsi untuk menyuplai *hydraulic* ke *engine*. *Valve* ini terletak pada *bracket* yang terpasang di *aft bulkhead* setiap *main landing gear wheel well*. *Valve* ini dapat diakses melalui *main landing gear inboard door*. *Valve* ini juga terhubung dengan *engine fire handle*, di mana ketika terjadi kebakaran dan *engine fire handle* ditarik, maka *valve* ini akan tertutup secara otomatis sehingga suplai *hydraulic* ke *engine* dihentikan. Hal ini dilakukan sehingga api tidak menjadi lebih besar karena mendapatkan suplai *hydraulic* secara berkelanjutan.



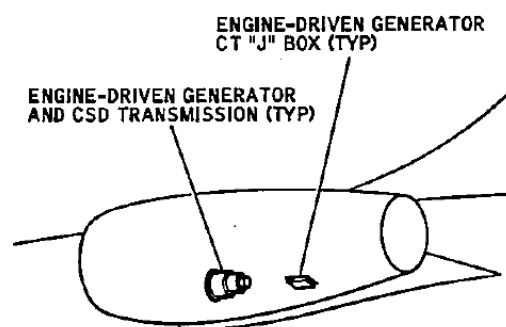
Gambar 2.13 Posisi *Hydarulic System* di *Wheel Well* Pesawat



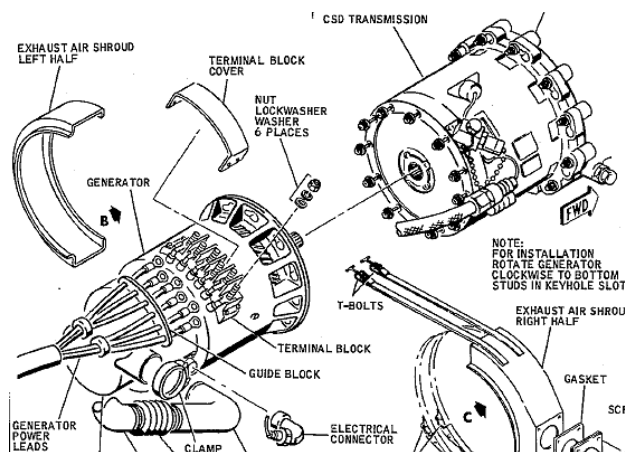
Gambar 2.14 Tampilan *Close-up Hydraulic Fire Shutoff Valve*

2.5.4 Engine Generator

Engine generator termasuk ke dalam AC generator dan digerakkan oleh *engine accessory gearbox*. *Generator* ini terpasang di dalam *engine* dan dilengkapi dengan CSD (*Constant Speed Drive*) *transmission* tipe hidromekanikal yang berguna untuk mempertahankan *output* kecepatannya sebesar 6000 rpm (*Revolution Per Minute*). Frekuensi dari *engine generator* ini juga dipertahankan pada 400 cps (*Cycle Per Second*) oleh *governor* di dalam CSD. *Engine generator* berfungsi sebagai sumber *power* utama untuk seluruh beban AC *Bus* di pesawat. *Generator* ini juga terhubung dengan *engine fire handle*, di mana ketika terjadi kebakaran dan *engine fire handle* ditarik, maka *generator* akan *trip* atau *OFF* secara otomatis sehingga *engine accessory gearbox* yang memutar *generator* dan CSD dapat dihentikan. Hal ini dilakukan sehingga api tidak menyebabkan kerusakan yang lebih besar dan menambah beban kerja *engine* karena harus memutar *generator* secara terus menerus.



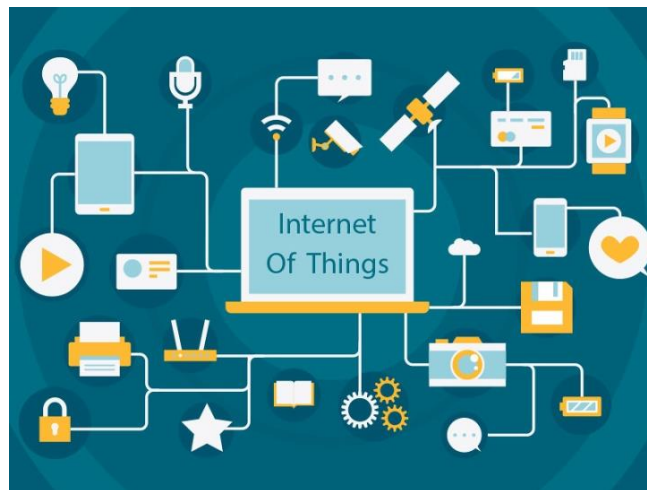
Gambar 2.15 Posisi *Generator* di *Engine* Pesawat



Gambar 2.16 Tampilan *Close-up Engine Generator*

2.6 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) merupakan suatu program atau konsep yang memungkinkan suatu objek dapat mengirimkan data melalui suatu jaringan untuk melakukan suatu fungsi kerja tanpa bantuan manusia atau perangkat komputer lainnya. *Internet of Things (IoT)* memanfaatkan konektivitas atau hubungan koneksi antar jaringan. Setiap sistem yang terprogram di dalam sistem IoT saling terhubung dengan jaringan internet yang dapat memungkinkan sistemnya bekerja dengan lebih efisien. *Hardware* (perangkat keras) dan *software* (perangkat lunak) dari sistem IoT ini harus dapat dikendalikan secara otomatis tanpa bantuan manusia. *Hardware* dan *software* sistem IoT dihubungkan melalui perantara jaringan internet, sehingga manusia hanya perlu untuk memonitor kerja dari sistem tersebut. Dapat dipahami dari uraian sebelumnya bahwa *Internet of Things (IoT)* memiliki manfaat yang luas, yaitu dapat memudahkan proses konektivitas antar perangkatnya, dapat mencapai efisiensi kerja yang tinggi, dan dapat meningkatkan efektifitas dari kegiatan *monitoring*.



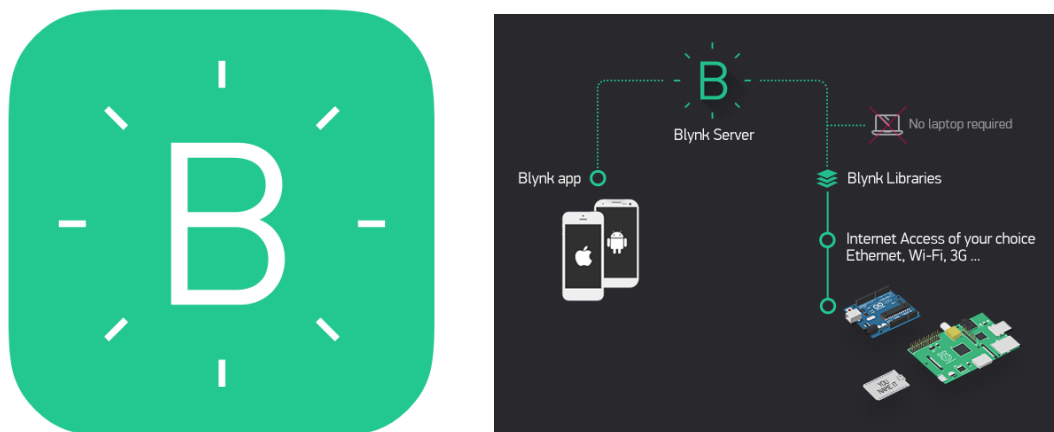
Gambar 2.17 *Internet of Things (IoT)*

2.7 Blynk

Blynk merupakan suatu platform yang dapat digunakan untuk membuat suatu tampilan (*interface*) yang berguna untuk mengontrol *hardware* atau perangkat keras dari *smartphone* berbasis android dan iOS atau laptop maupun PC. Blynk dirancang untuk membuat proyek *Internet of Things (IoT)* dengan lebih mudah. Blynk dapat digunakan untuk mengontrol suatu *hardware* (perangkat keras) dari

jarak dekat hingga jarak jauh, menampilkan data yang didapatkan dari bacaan sensor, menyimpan data yang terdeteksi, dan memvisualisasikan data tersebut pada *hardware* maupun *software* yang telah dirancang.

Terdapat tiga komponen utama dari platform Blynk, yaitu Blynk *App*, Blynk *Server*, dan Blynk *Library*. Blynk *App* berfungsi sebagai aplikasi yang menyediakan berbagai *widget* untuk membuat tampilan (*interface*) pada suatu proyek. Sedangkan Blynk *Server* berfungsi sebagai wadah semua komunikasi antara *smartphone* dan *hardware* (perangkat keras). Selain itu, kita dapat menggunakan Blynk *Cloud* atau menjalankan Blynk *Server* pribadi secara lokal. Terdapat juga Blynk *Library* yang merupakan suatu ekstensi yang bekerja pada *hardware* atau perangkat keras. Blynk *Library* berfungsi sebagai pengatur konektivitas, melakukan autentikasi perangkat di dalam *cloud*, dan memproses perintah antara Blynk *App*, Blynk *Cloud*, dan *hardware* (perangkat keras).



Gambar 2.18 Blynk

2.8 Thermocouple Type K

Termokopel Tipe K terdiri dari Nikel-Kromium atau Nikel-Alumel. Termokopel tipe K merupakan jenis termokopel yang paling umum. Termokopel jenis ini memiliki harga yang relatif murah, mendeteksi secara akurat, dan memiliki rentang suhu yang luas. Termokopel tipe K memiliki kisaran suhu umum sekitar -200 hingga 1260 °C (-326 hingga 2300 °F). Termokopel tipe K ini terdiri dari kaki positif yang bersifat non-magnetik dan kaki negatif yang bersifat magnetik. Salah satu logam penyusun termokopel ini, yaitu nikel bersifat magnetik dan dapat bekerja pada suhu tinggi.



Gambar 2.19 Termokopel Tipe K

| THERMOCOUPLE CONDUCTOR COMBINATION TYPE | INTERNATIONAL COLOUR CODE TO IEC 5843:1989 | AMERICAN TO ANSI/MC96.1 | JAPANESE TO JIS C 1610-1981 |
|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| K |  |  |  |

Gambar 2.20 Kode Warna Termokopel Tipe K

Pada termokopel ini, kaki positifnya terdiri dari 90% nikel dan 10% kromium sedangkan untuk kaki negatifnya terdiri dari 95% nikel, 2% aluminium, 2% mangan dan 1% silikon. Termokopel ini memiliki sensitivitas sekitar $41\mu\text{V}/^\circ\text{C}$. Termokopel jenis ini banyak digunakan di industri untuk memonitor suhu. Selain itu, digunakan juga untuk menguji suhu dari proses pembuatan suatu cairan, digunakan untuk pengujian keamanan alat pemanas, dan kegunaan sebagai sensor lainnya. Termokopel tipe K ini memiliki kelebihan berupa *output* yang sangat stabil.

2.8.1 Modul MAX6675

Modul MAX6675 melakukan kompensasi *cold junction* dan mendigitalkan sinyal dari termokopel tipe K. Data yang dikeluarkan memiliki resolusi sebesar 12-bit, kompatibel dengan SPI, dan memiliki format *read-only*. Konverter ini menetapkan suhu hingga $0,25^\circ\text{C}$, memungkinkan pembacaan hingga $+1024^\circ\text{C}$, dan menunjukkan akurasi termokopel 8 LSB untuk suhu mulai dari 0°C hingga $+800^\circ\text{C}$. MAX6675 tersedia dalam paket SO 8-pin kecil. *Thermocouple* yang digunakan dapat dipilih *range* suhu mana yang ingin dipakai.



Gambar 2.21 *Thermocouple* Tipe K dan Modul MAX6675

2.9 Bel

Bel ini digunakan sebagai indikator aural ketika terjadinya *fire*. Inputnya berasal dari *output fire detection system*. Bel ini berbentuk bulat berwarna merah dan akan berbunyi selama beberapa detik ketika diaktifkan. Ukuran dari bel ini bermacam-macam, *input power*-nya adalah 220 Volt AC, dan dapat menghasilkan suara dengan desibel yang beragam tergantung dari jenis dan ukuran belnya.



Gambar 2.22 Bel

2.10 OLED *Display*

OLED (*Organic Light Emitting Diode*) *display* merupakan suatu teknologi pemancar cahaya datar yang dibuat dengan menempatkan serangkaian film tipis organik di antara dua konduktor. Ketika OLED *display* diberikan arus listrik, dipancarkanlah cahaya terang dari layarnya. OLED *display* merupakan layar emisif yang tidak membutuhkan lampu latar sehingga ukuran layarnya menjadi lebih tipis dan lebih efisien daripada LCD *display* yang membutuhkan lampu latar berwarna putih.



Gambar 2.23 OLED Display

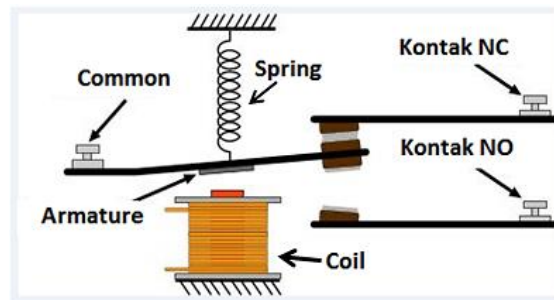
Nama OLED ini menimbulkan banyak kesalahpahaman bahwa OLED sama dengan LED (*Light Emitting Diode*). LED dibuat dengan cara melakukan doping yang digunakan untuk membuat daerah PN *junction* yang berfungsi untuk mengubah konduktivitas dari semikonduktor utama. Sedangkan, OLED tidak memerlukan suatu PN *junction*. OLED didoping untuk meningkatkan efisiensi radiasi dengan modifikasi langsung dan digunakan untuk memperoleh panjang gelombang emisi foton.

Layar OLED tidak menggunakan lampu latar untuk berfungsi karena OLED dapat memancarkan cahaya tampak. Oleh karena itu, OLED dapat menampilkan suatu gambar yang memiliki tingkat hitam pekat yang lebih tipis dan lebih ringan daripada LCD (*Liquid Crystal Display*). Selain itu, di dalam ruangan gelap, layar OLED dapat mencapai rasio kontras yang lebih tinggi daripada LCD sehingga gambar yang ditampilkan lebih jelas.

2.11 Relay

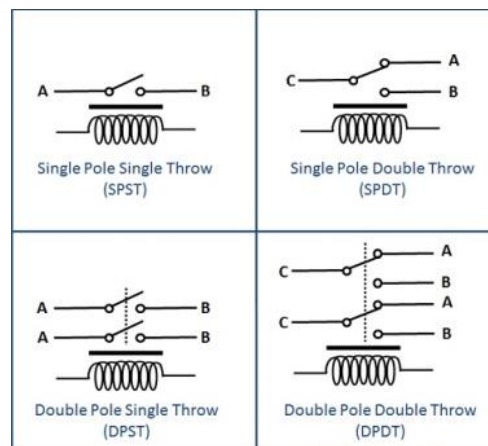
Relay merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi sebagai sakelar atau *switch* yang dapat bekerja ketika diberikan listrik. *Relay* ini terdiri dari *coil* dan *switch* sehingga disebut sebagai komponen *electromechanical*. *Relay* dapat bekerja dengan diberikan arus listrik yang kecil untuk menggerakkan sakelarnya dan dapat menghantarkan listrik yang bertegangan tinggi. Komponen ini terdiri dari 4 bagian, yaitu *armature*, *coil*, *switch contact point*, dan *spring*. *Relay* memiliki beberapa fungsi di antaranya adalah untuk memberikan fungsi *time delay* (penundaan waktu), untuk mengoperasikan *logic function* (fungsi logika),

untuk mengendalikan sirkuit bertegangan tinggi dengan memakai sinyal bertegangan rendah, dan untuk melindungi komponen elektronika dari *short circuit*.



Gambar 2.24 Struktur *Relay* Sederhana

Dari gambar di atas diketahui bahwa *relay* memiliki 2 jenis *contact point*, yaitu *normally close* (NC) dan *normally open* (NO). *Normally close* merupakan kondisi *relay* sebelum dihidupkan akan selalu dalam posisi *close* (tertutup). Sedangkan *normally open* merupakan kondisi *relay* sebelum dihidupkan akan selalu dalam posisi *open* (terbuka).



Gambar 2.25 Jenis *Relay* Berdasarkan *Pole* dan *Throw*

Dapat dipahami bahwa *relay* merupakan suatu jenis sakelar, sehingga istilah *pole* dan *throw* berlaku juga pada *relay*. *Pole* merupakan jumlah kontak yang dimiliki sebuah *relay*. Sedangkan *throw* merupakan jumlah kondisi yang dimiliki sebuah kontak. Berdasarkan jumlah *pole* dan *throw* suatu *relay*, maka jenis *relay* ada empat, yaitu SPST (*Single Pole Double Throw*), SPDT (*Single Pole Double Throw*), DPST (*Double Pole Single Throw*), dan DPDT (*Double Pole Double Throw*).

2.12 Arduino

Arduino merupakan suatu platform elektronik yang memiliki sistem *open-source* yang berbasis perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang mudah digunakan. Papan Arduino dapat digunakan untuk membaca input, mengaktifkan sensor, memproses suatu program menjadi suatu output baru, menjalankan motor, menhidupkan LED, dan masih banyak lagi. Arduino diprogram menggunakan bahasa pemrograman Arduino berdasarkan dari *wiringnya* dan Arduino *software* (IDE) berdasarkan dari pemrosesannya.

Arduino memiliki beberapa jenis, di antaranya adalah:

- Arduino Uno

Arduino Uno merupakan salah satu jenis Arduino yang paling sering digunakan. Arduino Uno telah direvisi sebanyak tiga kali sehingga versi terakhirnya menjadi Arduino Uno R3. Arduino jenis ini menggunakan ATMEGA328 sebagai mikrokontrolernya. Arduino Uno memiliki 6 pin input analog dan 14 pin I/O digital dan dapat dihubungkan untuk pemrograman menggunakan USB *type A to type B*.



Gambar 2.26 Bentuk Fisik Arduino Uno

- Arduino Mega

Arduino Mega ini mirip dengan Arduino Uno. Tetapi, kelebihan Arduino Mega dari Arduino Uno adalah Arduino ini menggunakan *microcontroller chip* yang berspesifikasi lebih tinggi, yaitu ATMEGA2560 dan memiliki pin input analog serta pin I/O digital yang lebih banyak.



Gambar 2.27 Bentuk Fisik Arduino Mega

- Arduino Nano

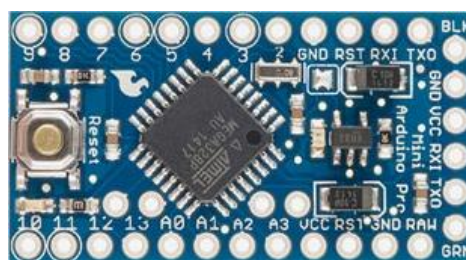
Arduino Nano memiliki ukuran yang kecil tetapi dapat menjalankan fungsi yang banyak. Arduino Nano dapat digunakan untuk pemrograman lewat *micro* USB karena telah dilengkapi dengan FTDI. Mikrokontroler yang dipakai ada dua, yaitu ATMEGA168 atau ATMEGA328. Pin yang dimiliki Arduino Nano juga lebih banyak dari Arduino Uno, yaitu 8 pin input analog dan 14 pin I/O digital.



Gambar 2.28 Bentuk Fisik Arduino Nano

- Arduino Mini

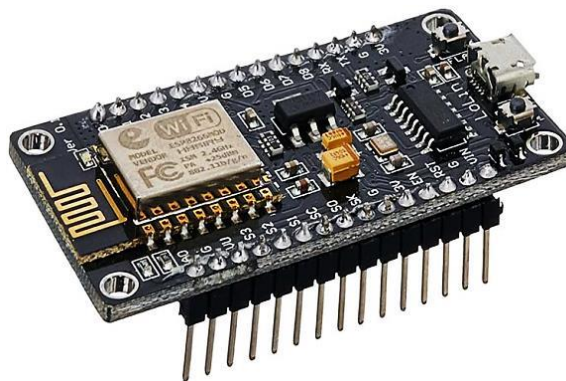
Arduino Mini memiliki fungsi yang sama dengan Arduino Nano. Tetapi, Arduino Mini tidak menggunakan *micro* USB untuk pemrogramannya dan ukurannya hanya sebesar 30 mm x 18 mm.



Gambar 2.29 Bentuk Fisik Arduino Mini

2.13 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan suatu papan elektronik yang menggunakan *chip* ESP8266 dan memiliki kemampuan untuk menjalankan fungsi mikrokontroler dan dapat dikoneksikan ke internet. Modul NodeMCU ESP8266 dapat diprogram menggunakan software Arduino IDE. Pada modul ini terdapat beberapa pin I/O yang dapat dikembangkan menjadi suatu aplikasi *controlling* atau *monitoring* pada sistem *Internet of Things* (IoT). Modul ini hampir mirip dengan Arduino tetapi modul NodeMCU ESP8266 ini digunakan khusus untuk dikoneksikan ke internet.



Gambar 2.30 Modul NodeMCU ESP8266

2.14 LED

Light Emitting Diode atau sering disingkat dengan LED merupakan komponen elektronika yang ketika diberikan tegangan *forward bias* dapat menghasilkan cahaya monokromatik. Warna cahaya yang dipancarkan oleh LED akan berbeda-beda tergantung dari semikonduktor yang digunakan. Karena LED termasuk dalam jenis dioda, maka LED hanya dapat mengalirkan arus listrik ke satu arah. Penggunaan LED harus disertai dengan penggunaan resistor yang berfungsi untuk membatasi arus yang masuk ke LED sehingga LED tidak rusak.

LED terdiri dari dua buah kaki, yaitu kaki positif (anoda) dan kaki negatif (katoda) yang akan diberikan tegangan positif pada kaki anoda tegangan negatif. Anoda dan katoda LED dapat dibedakan dari karakteristik fisiknya. Anoda memiliki kaki yang lebih panjang dan *lead frame* yang lebih kecil. Sedangkan katoda memiliki kaki yang lebih pendek, *lead frame* yang lebih besar, dan terpasang di sisi yang pipih (*flat*).

Berikut ini merupakan gambar yang menunjukkan simbol LED, bentuk fisik LED, dan bagian penyusun LED.



Gambar 2.31 Simbol LED, Bentuk Fisik LED, dan Bagian Penyusun LED

2.15 Water Pump

Water pump atau biasa disebut dengan pompa air sering ditemui di dalam kehidupan sehari-hari dan memiliki beragam ukuran. Sesuai dengan namanya, *water pump* berfungsi untuk memompa air. Pompa sendiri dapat didefinisikan sebagai sebuah mesin atau alat yang berguna untuk memindahkan cairan yang telah diberikan energi tambahan sehingga dapat dipindahkan melalui suatu media perpipaan yang berlangsung secara terus menerus dari suatu tempat ke tempat yang lain.



Gambar 2.32 *Water Pump* Mini

Pompa bekerja dengan memanfaatkan prinsip perbedaan tekanan di mana pada pompa akan dibuat suatu perbedaan tekanan antara bagian penyedot (*suction*) dengan bagian keluarannya (*discharge*). Dapat dikatakan juga bahwa pompa bekerja dengan mengubah tenaga mekanis suatu penggerak menjadi tenaga kinetis sehingga dapat mengalirkan cairan dan menghindari terjadinya hambatan pada alirannya. Penggunaan pompa tidak terbatas hanya sebagai pemindah cairan saja, tetapi pompa juga dapat meningkatkan tekanan, ketinggian, dan kecepatan dari cairan.

2.16 Adaptor

Adaptor merupakan sebuah perangkat elektronik yang berfungsi untuk memberikan daya listrik ke suatu perangkat elektronik lainnya. *Adaptor* yang siap dipakai dapat dengan mudah ditemui di pasaran atau bisa juga dirangkai secara manual menggunakan komponen-komponen elektronika sederhana. Jika ingin merangkai secara manual, komponen-komponen yang dibutuhkan antara lain adalah *transformator step down*, *diode bridge*, kapasitor elektrolit, *voltage regulator*, dan dioda. Secara umum, *adaptor* bekerja dengan cara mengonversi tegangan AC sebesar 220V/50Hz menjadi tegangan DC berkisar dari 3V sampai 12V sehingga kegunaannya sangat luas. Berikut ini merupakan contoh *adaptor* yang dapat menyuplai tegangan DC sebesar 12V 2A.



Gambar 2.33 Adaptor 12V 2A