

BAB II LANDASAN TEORI

2.1 Kebakaran

2.2.1 Teori Kebakaran

Kebakaran merupakan hasil dari reaksi kimia antara berbagai jenis bahan bakar dan oksigen. Ketika reaksi ini muncul, energi dilepaskan dalam bentuk panas dan cahaya. Kebakaran dapat terbentuk dari tiga unsur, yaitu panas (*heat*), oksigen (*oxygen*) dan bahan bakar (*fuel*). Teori ini dikenal sebagai segitiga api (*fire triangle*). Kebakaran tidak dapat tercipta jika salah satu unsur dari segitiga api ada yang hilang.



Gambar 2. 1 Segitiga api

1. Panas (*heat*)
Sumber panas diperlukan untuk menyalakan api. Setiap bahan memiliki titik nyala yang berbeda atau suhu terendah di mana dapat terjadi api pada bahan tersebut. Reaksi pembakaran juga menghasilkan panas saat terbakar, yang selanjutnya meningkatkan suhu bahan bakar. Panas dapat didinginkan dengan menggunakan air, tetapi cara ini hanya berlaku pada beberapa jenis api.
2. Oksigen (*oxygen*)
Oksigen diperlukan untuk mempertahankan reaksi pembakaran karena bereaksi dengan bahan bakar yang terbakar untuk melepaskan karbon dioksida dan panas. Atmosfer bumi terdiri dari 21% oksigen, yang berarti cukup untuk memicu kebakaran selama dua komponen lainnya ada.

3. Bahan bakar (*fuel*)

Api tidak dapat menyala jika tidak ada bahan bakar yang tersedia untuk dibakar. Bahan bakar merupakan unsur paling sulit untuk disingkirkan dari segitiga api. Bahan bakar harus dipastikan disimpan dengan benar dan tidak terjadi kebocoran sehingga tidak menjadi bahaya kebakaran.

2.2.2 Klasifikasi Kebakaran

British Standard European Norm (BS EN) 2 adalah standar klasifikasi kebakaran yang digunakan di Amerika dan Eropa. Berdasarkan BS EN 2, kebakaran dapat diklasifikasikan menjadi lima kategori. Lima kategori tersebut adalah kelas A, B, C, D dan F.

1. Kelas A

Kebakaran dipicu oleh bahan bakar yang mudah terbakar seperti kayu, kertas, dan kain. Kebakaran ini biasanya terjadi di kabin pesawat dan kokpit, jadi setiap bahan pemadam yang digunakan untuk kebakaran kelas A harus aman bagi manusia.

2. Kelas B

Kebakaran dipicu oleh cairan yang mudah terbakar seperti bensin, bahan bakar mesin turbin, oli pelumas, dan cairan hidrolik. Kebakaran kelas ini biasanya terjadi di *engine compartments*.

3. Kelas C

Kebakaran yang diakibatkan oleh gas seperti butana, metana dan propana.

4. Kelas D

Kebakaran pada logam seperti magnesium. Kebakaran ini biasanya terjadi pada rem dan roda. Kebakaran ini tidak boleh dipadamkan dengan air karena akan memperparah api.

5. Kelas F

Kebakaran yang disebabkan oleh *cooking oil* dan lemak.

2.2.3 Zona Kebakaran pada Pesawat

Untuk keperluan proteksi kebakaran dan pemadaman kebakaran, *compartments* di pesawat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Kelas A adalah deteksi visual asap dan memiliki alat pemadam kebakaran dalam penerbangan yang dapat diakses.
2. Kelas B adalah kelas di mana *crew* dapat memindahkan dan menjangkau semua bagian *compartments* dengan *hand fire extinguishing*.
3. Kelas C adalah detektor asap atau api dan sistem pemadam kebakaran yang dipasang dan dikendalikan dari kokpit.
4. Kelas D adalah kelas dimana api dapat dipadamkan sepenuhnya tanpa membahayakan keselamatan pesawat atau penumpang. Kelas ini harus dilapisi dengan bahan yang tahan api.
5. Kelas E adalah kelas untuk pesawat khusus kargo. Detektor asap atau api dipasang secara terpisah dan tidak ada aliran udara ke atau di dalam *compartment*. Kelas ini harus benar-benar dilapisi dengan bahan yang tahan api dan tirai jendela harus tertutup.

2.2 Fire Protection System

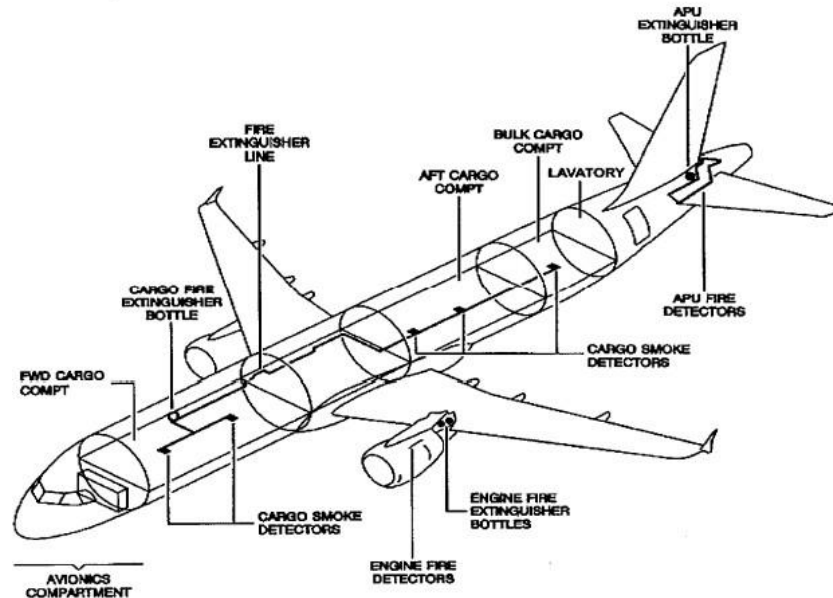
Kebakaran adalah salah satu ancaman paling berbahaya bagi pesawat. Zona kebakaran potensial di pesawat dilengkapi dengan *fire protection system*. *Fire protection system* dipasang pada pesawat untuk mendeteksi dan melindungi pesawat dari kebakaran. *Fire protection system* terdiri dari sistem pendeteksi dan sistem pemadaman kebakaran.

Zona pada pesawat yang dilengkapi dengan sistem deteksi dan sistem pemadaman adalah:

1. *Engines*, dilengkapi dengan sistem pendeteksi api dan sistem pemadam kebakaran.
2. *Auxiliary Power Unit (APU)*, dilengkapi dengan sistem pendeteksi api dan juga sistem pemadam kebakaran.
3. *Cargo*, dilengkapi sistem pendeteksi dan pemadam asap.

4. *Lavatory*, dilengkapi sistem pendeteksi asap dan *waste bin extinguisher*.
5. *Avionics Bay*, dilengkapi sistem pendeteksi asap.

Gambar dibawah ini menunjukkan zona sistem proteksi pada pesawat.



Gambar 2. 2 Zona sistem proteksi pada pesawat

2.2.1 Fire Detection System

Sistem deteksi kebakaran yang lengkap terdiri dari detektor kebakaran, detektor *overheat*, detektor kenaikan suhu, detektor asap, dan detektor karbon monoksida. Persyaratan untuk sistem deteksi kebakaran adalah:

1. Sistem tidak boleh memberikan peringatan palsu dalam kondisi penerbangan atau operasi darat apapun.
2. Sistem harus memberikan indikasi kebakaran yang cepat dan mengidentifikasi lokasinya secara akurat.
3. Sistem harus secara akurat menunjukkan kapan api telah padam.
4. Sistem harus membunyikan peringatan jika api menyala kembali.
5. Sistem harus menunjukkan adanya kebakaran selama kebakaran masih berlangsung. Integritas sistem harus dapat diuji dari kokpit.
6. Detektor tidak boleh rusak jika terkena oli, air, getaran, suhu ekstrem, dan penanganan normal yang biasa ditemui di pemeliharaan normal.

7. Detektor harus ringan dan dapat disesuaikan dengan posisi pemasangan apapun.
8. *Circuit* detektor harus beroperasi langsung dari sistem kelistrikan pesawat.
9. *Circuit* detektor harus menggunakan arus listrik minimum saat tidak menunjukkan kebakaran.
10. Setiap sistem deteksi harus mengaktifkan alarm yang dapat didengar dan lampu pada kokpit yang menunjukkan lokasi kebakaran.
11. Harus ada sistem deteksi terpisah untuk setiap mesin.

Ada dua tipe dasar detektor kebakaran yang biasa digunakan, yaitu *thermocouple* dan sakelar *bi-metallic*.

Thermocouple terdiri dari dua bahan berbeda yang akan menghasilkan tegangan kecil ketika suhu dinaikkan. *Thermocouple* juga digunakan pada sensor *exhaust gas temperature* (EGT) atau *cylinder head temperature* (CHT) untuk digunakan pada sistem manajemen mesin dan indikasi di kokpit pesawat.

Sakelar *bi-metallic* mendeteksi perubahan suhu karena masing-masing dari dua bahan yang berbeda memiliki tingkat ekspansi yang berbeda. Dengan demikian mengubah sakelar, dan membuka atau menutupnya tergantung pada jenis sakelar yang diterapkan.

Kebakaran juga dapat dideteksi oleh sensor inframerah yang terhubung ke *circuit* di mana ambang batas yang ditetapkan untuk menunjukkan suhu yang naik atau keluar dari jangkauan.

Metode deteksi kebakaran yang lainnya menggunakan *continuous loop device*. Ini adalah kawat tipis di dalam tabung kapiler yang diisolasi dengan bahan jenis *thermistor*. Bahan ini akan menjadi konduktor ketika suhu tinggi *preset* tertentu tercapai.

Ketika *loop* dipicu (oleh panas) arus kecil akan mengalir dan memicu rangkaian detektor dan perangkat peringatan. Setelah suhu turun (api padam) kabel akan berhenti mengalir dan sistem direset dan dapat digunakan kembali.

2.2.2 Fire Extinguishing System

2.2.2.1 Fire-Extinguishing Agents

Api adalah reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen. Api dapat dikendalikan dengan mengganggu reaksi kimia tersebut dengan cara mengeluarkan bahan bakar, membekap bahan bakar dengan zat yang tidak mengandung oksigen, atau menurunkan suhu bahan bakar. Metode yang paling efektif untuk memadamkan kebakaran pada pesawat melibatkan penggunaan senyawa kimia yang digabungkan dengan oksigen untuk mencegahnya bergabung dengan bahan bakar.

1. Air

Kebakaran kelas A dapat dipadamkan dengan air, yang dapat menurunkan suhu bahan bakar. Alat pemadam api kecil berisi air cukup dilindungi dengan zat antibeku. Ketika pegangan alat pemadam ini diputar, segel dalam *cartridge* karbon dioksida (CO_2) rusak, dan CO_2 menekan air dan mengeluarkannya dalam bentuk semprotan. Ketika air berubah dari air menjadi uap, ia akan menyerap panas dari udara di atas api dan menurunkan suhunya untuk mendinginkan bahan bakar yang cukup untuk memadamkan api. Jangan menggunakan air pada kebakaran kelas B, C, atau D. Sebagian besar cairan yang mudah terbakar mengapung di atas air, dan penggunaan air pada kebakaran kelas B hanya akan menyebarkan api. Air menghantarkan listrik, dan penggunaannya pada kebakaran listrik akan menimbulkan bahaya tersengat listrik. Air yang disemprotkan pada logam yang terbakar pada kelas D akan memperbesar api bukan memadamkannya.

2. Karbon Dioksida (CO_2)

CO_2 lebih berat daripada udara, dan ketika disemprotkan, ia akan tetap berada di permukaan dan mengeluarkan oksigen dari proses pembakaran dan membuat api padam. CO_2 merupakan *extinguishing agent* yang paling disukai. *Agent* ini relatif murah, tidak beracun, aman untuk ditangani, dan memiliki umur simpan yang lama.

Alat pemadam CO₂ ditemukan hampir di semua *maintenance shops*, di sebagian besar jalur penerbangan, dan di sebagian besar kendaraan darat. Pesawat generasi lebih tua memiliki alat pemadam CO₂ portabel yang dipasang di kabin dan kokpit. Sistem pemadam CO₂ tetap berada di *nacelles* mesin. Alat pemadam ini telah diganti di pesawat modern dengan tipe yang lebih efisien. CO₂ biasanya berupa gas yang disimpan dalam botol berbahan baja bertekanan. Saat dilepaskan, CO₂ akan mengembang dan menjadi dingin hingga berubah menjadi salju kering yang halus. CO₂ juga dapat digunakan langsung pada ban dengan menutupi api dengan bubuk kering seperti: natrium bikarbonat, kalium bikarbonat, atau amonium fosfat. Serbuk kering berguna untuk kebakaran kelas D seperti kebakaran di rem pesawat

3. Hidrokarbon Halogen (Halon)

Dua jenis hidrokarbon halogen yang paling banyak digunakan adalah *bromotrifluorometana* (CBrF₃), secara luas dikenal sebagai Halon 1301, dan *bromochlorodifluoromethane* (CBrClF₂), yang dikenal sebagai Halon 1211. Kedua senyawa ini sering disebut dengan nama *Freon*, memiliki toksisitas yang sangat rendah. Halon 1301 merupakan *agent* yang paling tidak beracun dari semua *agent* yang umum digunakan. Keduanya sangat efektif sebagai agen pemadam kebakaran, tidak korosif, cepat menguap, tidak meninggalkan residu dan tidak memerlukan pembersihan atau netralisasi. Halon 1301 tidak memerlukan zat bertekanan, tetapi Halon 1211 dapat diberi tekanan dengan nitrogen atau dengan Halon 1301.

Hidrokarbon Halogen diberi nomor sesuai dengan rumus kimianya dengan nomor halon lima digit, yang mengidentifikasi bahan kimia *agent*-nya. Digit pertama menunjukkan jumlah atom karbon dalam molekul senyawa; digit kedua mewakili jumlah atom fluor; digit ketiga mewakili jumlah atom klorin; digit keempat mewakili jumlah atom bromin; dan digit kelima mewakili jumlah atom yodium, jika ada.

Agent yang pernah populer adalah *Methyl Bromide* (MB) (Halon 1001). Namun, pemakaian *agent* ini telah dihentikan karena toksisitasnya terhadap personel dan sifat korosif terhadap paduan aluminium, magnesium dan seng.

2.2.2.2 *Portable Extinguishers*

Kebakaran yang terjadi di dalam kabin atau dek penerbangan timbul dalam salah satu dari tiga cara, yaitu:

1. Kebakaran yang melibatkan peralatan listrik. Contohnya, di kabin penumpang biasanya terdapat sistem IFE (*In Flight Entertainment*), peralatan listrik di dapur, peralatan avionik di dek penerbangan, atau *Personal Electronic Devices* (PED) yang dibawa oleh penumpang.
2. Kebakaran di bahan yang mudah terbakar, misalnya kain, kertas, karet, dan bahan plastik. Di kabin pesawat biasanya pada perabotan.
3. Kebakaran yang disebabkan oleh cairan yang mudah terbakar, misalnya, *oil*, *grease*, cat berbasis dasar minyak dan gas yang mudah terbakar. Di kabin pesawat biasanya kebakaran oven di *galley*.



Gambar 2. 3 *Portable extinguisher*

Alat pemadam *portable* harus mampu memadamkan berbagai jenis api. Alat pemadam Halon 1211 telah sepenuhnya menggantikan kombinasi sebelumnya dari dua jenis alat pemadam *portable* yang berbeda (karbon dioksida dan glikol air) pada pesawat modern dan tidak ada jenis alat

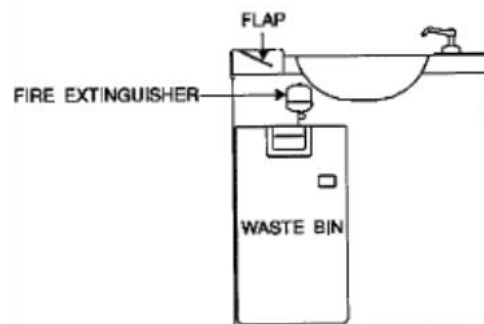
pemadam tunggal lainnya yang telah diidentifikasi sebagai alternatif yang memuaskan.

2.2.2.3 *Hold Fire Extinguishing Systems*

Sistem pemadam kebakaran jenis ini diaktifkan sebagai respons awak pesawat terhadap deteksi panas abnormal di ruang pesawat, dan biasanya beroperasi dalam fungsi ganda. Bagian dari kemampuan pemadaman kebakaran yang tersedia dikerahkan secara 'instan' atau 'knock-down', pelepasan *agent* pemadaman dan sisanya digunakan secara lebih bertahap selama periode yang lebih lama hingga satu jam, untuk membantu mencegah menyala kembali atau setidaknya memberikan pemadaman kebakaran parsial.

2.2.2.4 *Waste Bin Fire Extinguisher*

Alat pemadam jenis ini diaktifkan secara otomatis jika detektor panas di sekitar diaktifkan, aktivasi detektor asap toilet tidak memicu alat pemadam ini. Sebuah silinder pemadam kebakaran dipasang di dekat *waste bin*. Silinder ini dibuang secara otomatis ke dalam *waste bin* ketika suhu di dalamnya naik terlalu tinggi. Perangkat pemutus silinder ini terdiri dari bahan yang memiliki titik leleh rendah (sekitar 719°C). Pelat suhu yang terletak di atas *waste bin* menunjukkan suhu yang terlampaui.



Gambar 2. 4 *Waste bin fire extinguisher*

2.2.2.5 Fire Bottles

Fire bottle di kompartemen mesin biasanya dioperasikan secara elektrik setelah pemilihan manual oleh awak pesawat berdasarkan deteksi kebakaran otomatis. Dalam kasus di udara, *fire bottle* pada APU diaktifkan dengan cara yang sama tetapi biasanya untuk deteksi kebakaran APU otomatis selama operasi darat untuk memicu pemadaman otomatis dan aktivasi alat pemadam kebakaran. Sampai saat ini, bahan pemadam yang paling umum digunakan adalah Halon 1301 untuk semua mesin/APU yang dipasang pada pesawat angkut sipil. Namun, Halon 1301 tidak lagi diproduksi dan dilarang (untuk sistem baru) sejak tahun 1994 dan digantikan oleh HFC (*Hydrofluorocompounds*).

2.3 APU Fire Protection System pada Pesawat DC-9

2.3.1 APU Fire Detection System

APU *fire detection system* menyediakan pendeteksi api atau kondisi panas berlebih pada *Auxiliary Power Unit* (APU) dan memberikan peringatan kepada *crew* dengan indikasi suara dan visual. Sistemnya terdiri dari:

1. Unit pendeteksi kebakaran

Setiap unit pendeteksi kebakaran terdiri dari dua *sensing elements* yang diletakkan di dekat *rigid support tube*. Ada dua unit detektor kebakaran yang dipasang di setiap daerah. Di APU, unit tersebut dipasang masing-masing satu unit di setiap sisi. *Sensing elements* dari satu unit terhubung ke *sensing element* unit lainnya oleh rangkaian listrik yang membentuk dua *loop sensing*.

Sensing elements merupakan komponen dasar untuk mendeteksi kondisi kebakaran dan memulai aktivasi komponen indikasi peringatan api. Elemennya terdiri dari dua kawat konduktor yang tertanam di *thermistor* tipe isolasi didalam *metal tube*.

Kemampuan untuk menentukan kondisi kebakaran dilakukan dengan memonitor nilai resistansi dari *sensing element*, yang diukur dari salah satu konduktor ke konduktor *grounded* ke *shell*. Nilai resistansi akan turun jika suhu naik. Kondisi kebakaran akan mengakibatkan resistansi *sensing element*

mencapai nilai resistansi yang telah ditentukan sebelumnya, sehingga memulai urutan untuk mengaktifkan indikasi peringatan kebakaran.

2. Unit kontrol pendeteksi kebakaran

Unit ini adalah perangkat listrik yang berisi *circuit* untuk memantau nilai resistansi dari *sensing elements*.

3. Indikasi peringatan kebakaran (suara/visual)

Jika APU *fire* terjadi, maka ada empat indikasi yang aktif, yaitu:

- Lampu APU *fire* menyala berwarna merah yang terletak di *annunciator panel flight compartment*.



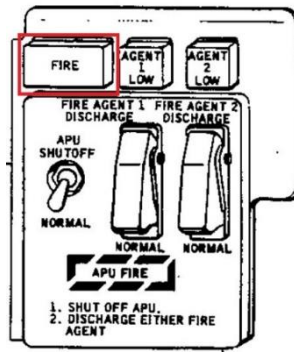
Gambar 2. 5 Lampu APU *fire*

- Lampu *master warning* menyala yang terletak di *glare shield-flight compartment*.



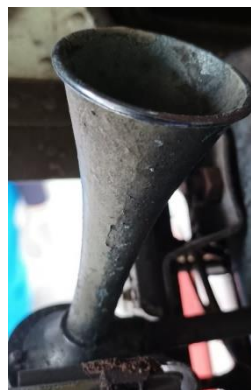
Gambar 2. 6 Lampu *master warning*

- Lampu fire menyala berwarna merah yang terletak di APU *ground fire control panel*.



Gambar 2. 7 Lampu *fire*

- Bunyi peringatan *horn* yang terletak bersebelahan dengan APU *ground fire control panel*.



Gambar 2. 8 *horn*

4. Panel sistem detektor kebakaran

Panel ini terletak di *overhead switch panel* pada *flight compartment*. Panel ini berisi enam lampu *amber* dengan tiga sakelar dalam tiga kelompok. Setiap kelompok terdiri dari dua lampu dan sebuah sakelar yang mempresentasikan area *fire*. Masing-masing lampu mempresentasikan *sensing element loops*, *loop A* atau *loop B*. Lampu *amber* memberikan indikasi visual apakah *sensing element loops* beroperasi secara normal atau sedang dalam pengetesan. Sakelar mempunyai tiga posisi: *both*, *loop A*, dan *loop B*. sakelar tersebut menyediakan sarana untuk memilih salah satu *loop* untuk pengetesan. Untuk kondisi normal, sakelar ini diletakkan diposisi *both*.



Gambar 2. 9 Panel sistem detektor kebakaran

5. Sakelar tes *loop*

Sakelar tes *loop A* dan *loop B* terletak di *upper instrument panel* di *flight compartment*. Pemeriksaan integritas sistem pendeteksi kebakaran dilakukan dengan cara menekan sakelar tes.

2.3.2 APU Fire Extinguishing System

Sistem pemadam terdiri dari *fixed fire extinguishing system* dan *portable fire extinguishers*. *Fixed system* digunakan untuk memadamkan kebakaran di daerah *engines* dan APU. Sistemnya terdiri dari dua *fire bottle*, jalur untuk *agent* pemadam kebakaran, kontrol dan *circuit discharge* pemadaman kebakaran dan lampu indikasi *low agent*. *Portable fire extinguishers* digunakan untuk memadamkan kebakaran di *flight compartment*, *passenger compartment*, atau area yang dapat diakses.

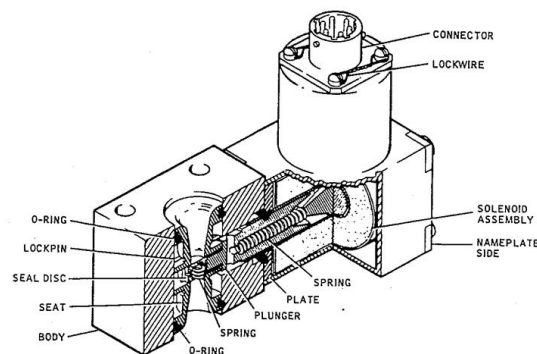


Gambar 2. 10 *fire bottle*

2.4 Sistem yang Berhubungan dengan APU *Fire Protection System*

APU terintegrasi dengan beberapa sistem di pesawat. Sistem tersebut adalah APU *fire shutoff valve*, *pneumatic load control valve* dan APU generator. Ketiga sistem ini merupakan sistem yang sangat penting. Pada saat terjadi kebakaran di APU, ketiga sistem ini harus dinonaktifkan untuk meminimalisir terjadinya kerusakan.

2.4.1 APU *Fuel Fire ire Shutoff Valve*



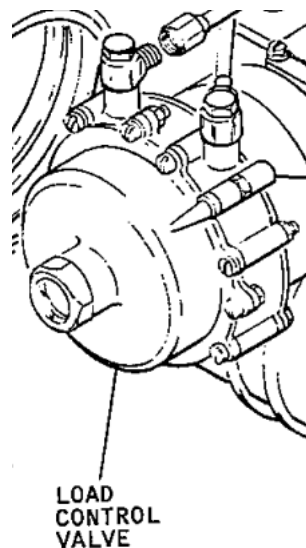
Gambar 2. 11 APU *fuel fire shutoff valve*

APU *fuel fire shutoff valve* adalah suatu *valve* yang berfungsi untuk mengontrol suplai bakar ke APU. *Valve* ini terletak di dekat *engine fuel fire shutoff valve* di *wing root* bagian kanan pesawat. *Valve* ini *normally close* (dalam kondisi tertutup) dan akan *open* jika APU *master switch* diposisikan di *start*. *Valve ini* akan tetap *open* selama APU hidup.

Saat terjadi kebakaran di APU, *valve* ini akan tertutup jika APU *fire control* ditekan sehingga aliran bahan bakar ke APU akan terhenti. Hal ini dilakukan agar api tidak membesar karena mendapatkan suplai bahan bakar.

2.4.2 *Pneumatic Load Control Valve*

Pneumatic load control valve berada di *pneumatic actuator* di bagian kanan *oil tank*. Akses ke *valve* ini dapat melalui pintu akses APU sebelah kanan. *Load control valve* berperan sebagai *shutoff valve* dan digunakan untuk mensuplai atau menghentikan aliran *bleed air* dari kompresor. Saat terjadi kebakaran di APU, *valve* ini akan tertutup jika APU *fire control* ditekan sehingga aliran udara ke APU akan terhenti dan dapat membuat kebakaran terhenti dengan cepat.

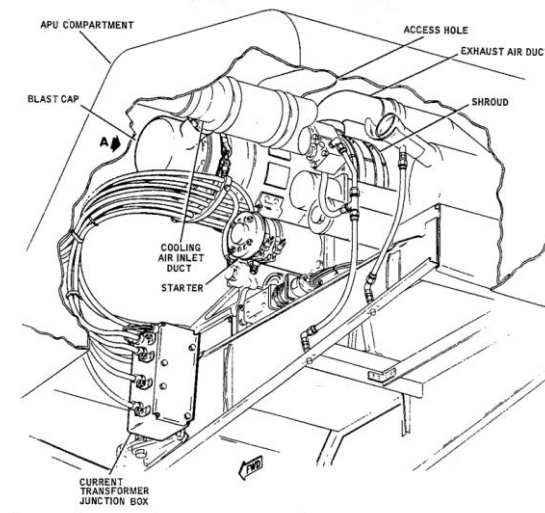


Gambar 2. 12 *Pneumatic load control valve*

2.4.3 *APU Generator*

APU generator termasuk ke dalam *AC generator*. *APU generator* berfungsi untuk mensuplai tegangan AC jika *engine generator* mengalami kegagalan selama penerbangan atau dapat juga berfungsi untuk mensuplai tegangan AC ketika pesawat *on ground* dan tidak ada *ground power unit*.

Generator ini terhubung dengan *switch APU fire control* dan akan otomatis *trip* atau OFF ketika *switch* ini ditekan saat terjadi kebakaran pada APU. Hal ini dilakukan untuk meminimalisir kerusakan yang lebih besar.



Gambar 2. 13 APU Generator

2.5 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sistem perangkat komputasi yang saling terkait, mesin mekanis dan digital, objek, hewan atau orang yang dilengkapi dengan pengidentifikasi unik (*unique identifiers/UIDs*) dan kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan tanpa memerlukan interaksi antar manusia atau interaksi antara manusia dan computer.

IoT terdiri dari perangkat pintar berkemampuan web yang menggunakan sistem tertanam, seperti prosesor, sensor dan perangkat keras komunikasi untuk mengumpulkan, mengirimkan, dan bertindak berdasarkan data yang diperoleh dari lingkungan mereka. Perangkat IoT berbagi data sensor yang dikumpulkan dengan menghubungkan *gateway* IoT atau *edge device* lainnya dimana data dikirim ke *cloud* untuk dianalisis secara lokal. Terkadang, perangkat ini berkomunikasi dengan perangkat terkait lainnya dan bertindak berdasarkan informasi yang didapatkan antara satu sama lain. Perangkat melakukan sebagian besar pekerjaan tanpa campur

tangan manusia, meskipun manusia dapat berinteraksi dengan perangkat, misalnya untuk mengaturnya, memberi instruksi atau mengakses data.

Konektivitas, jaringan, dan protokol komunikasi yang digunakan dengan perangkat yang mendukung web ini sangat bergantung pada aplikasi IoT tertentu yang digunakan. IoT juga dapat menggunakan kecerdasan buatan (AI) dan *learning machine* untuk membantu proses pengumpulan data menjadi lebih mudah dan lebih dinamis.

2.6 Blynk

Blynk adalah platform untuk IOS atau Android yang digunakan untuk mengontrol module Arduino, Rasberry Pi, Wemos dan module sejenisnya melalui internet. Pada platform ini dapat dibangun *graphic interface* untuk *project* yang akan dikerjakan. *Blynk* dirancang untuk *Internet of Things* dengan tujuan untuk mengontrol *hardware* dari jarak jauh, menampilkan data sensor, menyimpan data, visual dan lainnya. Tiga komponen utama dalam *platform* ini adalah *Blynk App*, *Blynk Server*, dan *Blynk Library*.

2.7 Sensor Thermocouple

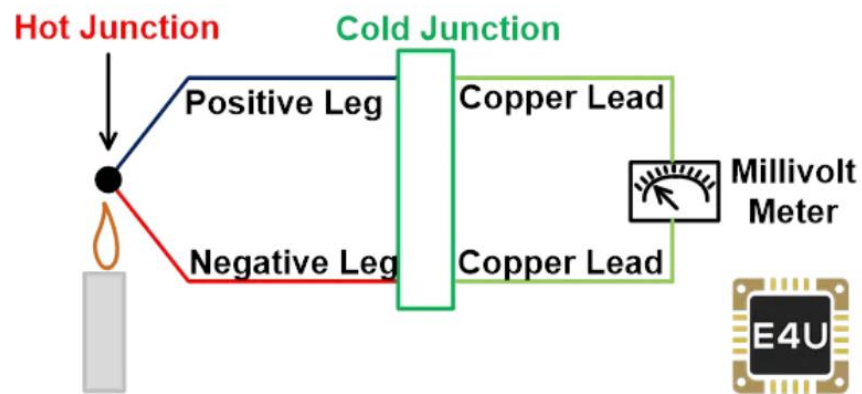
Thermocouple adalah sambungan termal yang berfungsi berdasarkan fenomena efek termoelektrik, yaitu konversi langsung perbedaan suhu yang menjadi tegangan listrik. *Thermocouple* merupakan perangkat elektrik atau sensor yang digunakan untuk mengukur suhu.

Thermocouple dapat mengukur berbagai suhu. Sensor ini adalah sensor suhu yang sederhana, kuat dan hemat biaya. Sensor ini digunakan pada berbagai aplikasi industri, rumah, kantor, aplikasi komersial, dan lainnya.

2.7.1 Prinsip Kerja Thermocouple

Thermocouple terdiri dari dua pelat logam yang berbeda. Kedua pelat dihubungkan pada salah satu ujungnya dan membuat sambungan. Sambungan ditempatkan pada elemen atau permukaan tempat pengukuran suhu. Persimpangan ini disebut *hot junction*. Ujung pelat yang lainnya ditempatkan

pada suhu yang lebih rendah (suhu ruang). Persimpangan ini disebut *cold junction* atau *reference junction*.



Gambar 2. 14 Prinsip kerja *thermocouple*

Berdasarkan efek *seedback*, perbedaan suhu antara dua logam yang berbeda menginduksi perbedaan potensial antara kedua titik pelat *thermocouple*. Jika rangkaian ditutup, maka sejumlah arus kecil akan mengalir melalui rangkaian. *Voltmeter* terhubung ke *circuit*. Tegangan yang diukur oleh *voltmeter* adalah fungsi dari perbedaan suhu antara dua persimpangan.

2.7.2 Jenis-Jenis *Thermocouple*

Berdasarkan berbagai jenis kombinasi *alloy*, *thermocouple* tersedia dalam berbagai jenis. Jenis *thermocouple* dapat disesuaikan dengan aplikasi, biaya, ketersediaan, stabilitas, sifat kimia, keluaran, dan rentang suhu.

1. *Thermocouple* Tipe K

Thermocouple tipe k adalah jenis *thermocouple* yang paling umum, dan memiliki rentang pengukuran suhu terluas. Bahan logam konduktor positif *thermocouple* tipe k terdiri dari 90% nikel dan 10% kromium. Bahan logam konduktor negatif terdiri dari sekitar 95% nikel, 2% mangan, dan 1% silikon.

Kabel positif berwarna kuning dan merupakan bahan non-magnetik. Kabel negatif berwarna merah dan merupakan bahan magnetik. Warna secara keseluruhan berwarna kuning.

Kisaran suhu *thermocouple* tipe k adalah -200°C hingga $+1260^{\circ}\text{C}$ (-328°F hingga $+2300^{\circ}\text{F}$). *Thermocouple* jenis ini murah dan banyak digunakan dalam aplikasi tujuan umum di mana sensitivitas suhu membutuhkan sekitar $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Keakuratan *thermocouple* tipe k adalah $\pm 2.2\text{C}^{\circ}\%$ (0.75%). Keakuratan *thermocouple* juga tergantung pada deviasi *alloys*.

Thermocouple tipe k bekerja paling baik dalam atmosfer pengoksidasi yang bersih. Tidak disarankan untuk digunakan pada kondisi pengoksidasi sebagian dalam ruang hampa.

2. *Thermocouple* Tipe T

Thermocouple jenis ini cocok untuk mengatur suhu rendah. Bahan logam konduktor positif terdiri dari tembaga dan bahan logam konduktor negatif terdiri dari konstantan (45% nikel dan 55% tembaga).

Sensitivitas *thermocouple* tipe t adalah $43\text{V}/^{\circ}\text{C}$. *thermocouple* jenis ini cocok bekerja di atmosfer pengoksidasi. Kisaran suhu *thermocouple* ini adalah antara -200°C hingga 350°C .

3. *Thermocouple* Tipe J

Thermocouple jenis ini adalah *thermocouple* yang murah dan banyak digunakan. Bahan logam konduktor positif terbuat dari besi. Bahan logam konduktor negatif terbuat dari konstantan (45% nikel dan 55% tembaga).

Kabel positif berwarna putih dan terminal negatif berwarna merah. Warna secara keseluruhan berwarna hitam.

Kisaran suhu *thermocouple* tipe j adalah antara -210°C hingga 750°C (-326°F hingga 1400°F). Jenis ini memiliki rentang suhu yang lebih kecil dan masa pakai yang lebih pendek dibandingkan dengan *thermocouple* tipe k. Tetapi *thermocouple* jenis ini sangat cocok untuk atmosfer pengoksidasi.

Keakuratan *thermocouple* jenis ini adalah $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ (0.75%). Jenis *thermocouple* ini tidak direkomendasikan untuk aplikasi suhu rendah. Sensitivitas *thermocouple* jenis ini adalah sekitar $50\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

4. *Thermocouple* Tipe E

Thermocouple jenis ini memiliki akurasi yang lebih tinggi dan sinyal yang lebih kuat daripada *thermocouple* tipe k dan j pada rentang suhu sedang. Jenis ini lebih stabil dibandingkan tipe k. *thermocouple* tipe e menghasilkan EMF per derajat tertinggi dibandingkan *thermocouple* tipe lainnya.

Bahan logam konduktor positif terdiri dari nikel-kromium (90% nikel dan 10% kromium). Terminal negatif terdiri dari konstantan (95% nikel, 2% aluminium, 2% mangan dan 1% silikon). Terminal positif berwarna ungu dan terminal negatif berwarna merah.

Kisaran suhu *thermocouple* jenis ini adalah antara -270°C hingga 870°C (454 hingga 1600°F). Standar akurasinya adalah $\pm 1.7^{\circ}\text{C}$.

Jenis *thermocouple* ini digunakan di mana akurasi tinggi dan respons cepat diperlukan. Jenis ini tidak digunakan untuk aplikasi ruang hampa atau kadar oksigen rendah dan daerah sulfat. *Thermocouple* tipe e lebih mahal daripada *thermocouple* tipe j dan k.

5. *Thermocouple* Tipe N

Thermocouple tipe N dirancang oleh *Defense Science and Technology Organization* (DSTO) Australia, oleh Noel A. Burley. Tingkat akurasi dan batas suhu dari *thermocouple* tipe n sama seperti *thermocouple* tipe k. Kisaran suhu *thermocouple* tipe n antara -270°C sampai 1300°C . sensitivitasnya sedikit lebih rendah dibandingkan *thermocouple* tipe k, yaitu $39\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Thermocouple tipe n terdiri dari nicrosil dan nisil. Di mana nicrosil merupakan gabungan dari nikel, kromium dan silikon, bagian ini untuk

kabel positif. Nisil adalah kombinasi dari nikel dan silikon, bagian ini untuk kabel negative.

Thermocouple ini adalah alternatif terbaik untuk *thermocouple* tipe k untuk kondisi oksigen rendah. Jenis ini cocok digunakan di ruang hampa, atmosfer pengoksidasi, atmosfer inert, atau atmosfer kering.

6. *Thermocouple* Tipe S

Thermocouple tipe s digunakan untuk aplikasi suhu yang lebih tinggi. Karena akurasi dan stabilitas yang tinggi, maka terkadang digunakan untuk suhu rendah juga.

Kisaran suhu *thermocouple* tipe s adalah antara 630°C hingga 1064°C. Kabel positif terdiri dari 90% platinum, 10% rhodium. Kabel negatif terdiri dari platinum.

Umumnya *thermocouple* jenis ini digunakan dalam aplikasi di dunia Farmasi dan Biotek di mana suhu tinggi harus diukur dengan tingkat akurasi yang tinggi.

7. *Thermocouple* Tipe R

Thermocouple tipe r juga terdiri dari platinum dan rhodium. Tetapi jangkauan keluaran dan stabilitas *thermocouple* tipe r sedikit lebih tinggi daripada *thermocouple* tipe s.

Thermocouple tipe r untuk kabel positifnya terbuat dari 87% platinum dan 13% rhodium. Kabel negatifnya terbuat dari platinum. Kisaran suhu *thermocouple* jenis ini adalah antara 0°C hingga 1600c.

8. *Thermocouple* Tipe B

Thermocouple tipe b terdiri dari kombinasi platinum dan rhodium. Kabel positif *thermocouple* terdiri dari 70% platinum dan 30% rhodium. Kabel negatif terdiri dari 94% platinum dan 6% rhodium.

Thermocouple tipe b digunakan untuk mengukur suhu hingga 1800°C. Namun keluaran *thermocouple* ini lebih rendah dibandingkan *thermocouple* tipe r dan s.

2.8 Arduino Uno R3

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang berbasis ATmega328P. Arduino Uno memiliki 14 pin input/output digital (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, *ceramic resonator* 16 MHz, koneksi USB, *jack* listrik, *header* ICSP dan tombol reset. Semua bagian ini diperlukan untuk mendukung sebuah rangkaian mikrokontroler.

Tabel 2. 1 Spesifikasi Arduino Uno R3

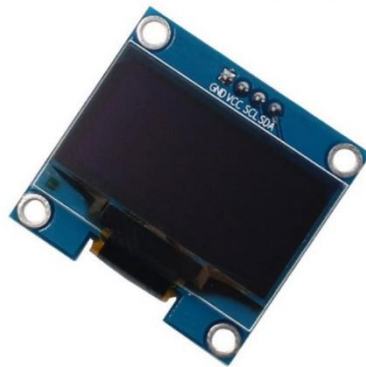
Mikrokontroler	ATmega328
<i>Operating Voltage</i>	5V
<i>Input Voltage (recommended)</i>	7-12V
<i>Input Voltage (batas)</i>	6-20V
<i>Digital I/O Pins</i>	14 (6 sebagai output PWM)
<i>Analog Input Pins</i>	6
<i>DC Current per I/O pin</i>	40 mA
<i>DC Current untuk 3.3V pin</i>	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 Kb (ATmega328) dengan 0,5 sebagai <i>boothloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
Panjang	68.6 mm
Lebar	53.4 mm
Berat	25 g

2.9 OLED Display

OLED (*Organic Light Emitting Diode*), atau *Organic LED* adalah teknologi yang digunakan untuk menghasilkan cahaya atau gambar yang baik dan berkualitas

tinggi. OLED *display* terdiri dari panel OLED yang dapat memancarkan cahayanya sendiri ketika arus listrik melewatinya.

OLED *display* mencakup sejumlah komponen. Di dalam struktur, yang disebut *substrat*, adalah katoda yang menyediakan elektron, anoda yang menarik elektron, dan bagian tengah (lapisan organik) yang memisahkannya. Di dalam lapisan tengah ada dua lapisan tambahan, salah satunya bertanggung jawab untuk menghasilkan cahaya dan yang lainnya untuk menangkap cahaya. Warna cahaya yang terlihat pada layar OLED dipengaruhi oleh lapisan merah, hijau, dan biru yang melekat pada media. Ketika warna menjadi hitam, piksel dapat dimatikan untuk memastikan bahwa tidak ada cahaya yang dihasilkan untuk piksel itu.



Gambar 2. 15 OLED *display*

2.10 NodeMCU ESP8266

NodeMCU merupakan sebuah *board modul embedded system* yang mempunyai fitur WiFi, menggunakan chip ESP8266 dengan *firmware* berbasis Lua. NodeMcu dilengkapi dengan *port Micro USB* yang berfungsi untuk pemrograman sekaligus sebagai *power supply*.



Gambar 2. 16 NodeMCU ESP8266

Tabel 2. 2 Spesifikasi Modul NodeMCU ESP8266

Mikrokontroler	ESP8266-12E
Tegangan Input	3.3 ~ 5V
GPIO	13 Pin
Kanal PWM	10 Kanal
10 bit ADC Pin	1 Pin
<i>Flash Memory</i>	4 MB
<i>Clock Speed</i>	40/26/24 MHz
WiFi	IEEE 802.11 b/g/n
Frekuensi	2.4 GHz -22.5 Ghz
USB Port	Micro USB
USB Chip	CH340G

2.11 *Horn Buzzer*

Horn buzzer merupakan sirene/alarm *high decibel* yang dapat menghasilkan *output* suara >125 dB. Alarm akan aktif ketika diberi arus 12VDC.

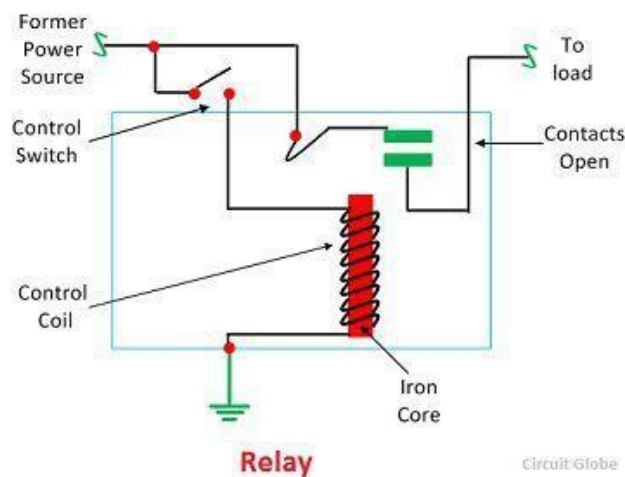
Gambar 2. 17 *horn buzzer*

2.12 *Relay*

Relay adalah perangkat yang membuka atau menutup kontak untuk menyebabkan pengoperasian kontrol listrik lainnya. *Relay* mendeteksi kondisi yang tidak dapat ditoleransi atau tidak diinginkan dengan area yang ditentukan dan memberikan perintah kepada pemutus *circuit* untuk memutuskan area yang terpengaruh. Dengan demikian melindungi sistem dari kerusakan.

Relay bekerja berdasarkan prinsip tarik-menarik elektromagnetik. Ketika rangkaian *relay* merasakan arus gangguan, ia memberi energi pada medan elektromagnetik yang menghasilkan medan magnet sementara.

Medan magnet ini menggerakkan *armature relay* untuk membuka atau menutup sambungan. *Relay* daya kecil hanya memiliki satu kontak, dan *relay* daya tinggi memiliki dua kontak untuk membuka sakelar.



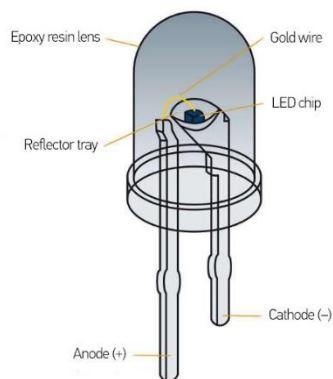
Gambar 2. 18 Prinsip kerja *relay*

Bagian dalam *relay* memiliki inti besi yang dililit oleh kumparan kontrol. Catu daya diberikan ke koil melalui kontak beban dan sakelar kontrol. Arus yang mengalir melalui kumparan menghasilkan medan magnet di sekitarnya.

Karena medan magnet ini, lengan atas magnet menarik lengan bawah. Oleh karena itu *circuit* tertutup, yang membuat arus mengalir melalui beban. Jika kontak sudah tertutup, maka ia bergerak berlawanan dan mengakibatkan kontak terbuka.

2.13 *Light Emitting Diodes (LED)*

Light Emitting Diodes (LED) adalah jenis dioda *PN junction*. LED didoping khusus dan terbuat dari jenis semikonduktor khusus. Dioda ini dapat memancarkan cahaya ketika dalam keadaan bias maju (*forward bias*). Aluminium indium gallium phosphide (AlInGaP) dan indium gallium nitride (InGaN) adalah dua semikonduktor yang paling umum digunakan untuk teknologi LED.



Gambar 2. 19 LED

Cara kerja LED hamper sama dengan keluarga dioda lainnya yang memiliki dua kutub, yaitu kutub positif (P) dan kutub negative (N). LED akan memancarkan cahaya jika dialiri tegangan maju (*forward bias*) dari anoda ke katoda.

LED terdiri dari sebuah chip semikonduktor yang didopping, sehingga menciptakan *junction* antara kutub P dan kutub N. Proses *dopping* dalam semikonduktor adalah proses untuk menambahkan ketidakmampuan pada semikonduktor yang murni, sehingga dapat menghasilkan karakteristik kelistrikan yang diinginkan.

Ketika LED dialiri tegangan maju yaitu dari Anoda (P) menuju Katoda (N), kelebihan elektron pada N- type material akan berpindah ke wilayah yang memiliki lubang lebih banyak yaitu pada wilayah bermuatan positif (P- type material). Saat elektron berjumpa dengan hole akan melepaskan proton dan memancarkan cahaya monokromatik (satu warna). LED yang memancarkan cahaya ketika dialiri tegangan maju ini juga dapat digolongkan sebagai Transduser yang dapat mengubah energi listrik menjadi energi cahaya.

2.14 *Water pump*

Water pump (pompa air) adalah alat untuk menggerakkan air dari tempat bertekanan rendah ke tempat bertekanan tinggi. Pada pembuatan simulator ini digunakan *water pump* DC 6 V untuk menyemprotkan air pada saat sistem pemadam bekerja.



Gambar 2. 20 Water pump

2.15 Adaptor 12V 2A

Adaptor merupakan rangkaian elektronika yang berfungsi untuk mengubah tegangan AC menjadi tegangan DC. Adaptor memiliki empat bagian utama agar dapat menghasilkan arus DC yang stabil. Bagian-bagian tersebut adalah transformator, penyearah (*rectifier*), penyaring (*filter*), dan regulator yang berfungsi sebagai penstabil tegangan.

Adaptor mensuplai tegangan dari tegangan AC 220V yang diubah menjadi tegangan DC mulai dari 5V sampai 12V. Gambar 2.17 merupakan contoh adaptor yang mensuplai tegangan DC 12V 2A.



Gambar 2. 21 Adaptor 12V 2A