

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Api dan Klasifikasi Kelas Api

2.1.1 Pengertian Api

Api (*fire*) adalah hasil dari reaksi kimia antara beberapa jenis bahan bakar dan oksigen. Ketika reaksi ini terjadi, energi dilepaskan dalam bentuk panas dan cahaya. Agar api dapat menyala, harus ada bahan bakar, oksigen, dan suhu yang cukup tinggi untuk memulai reaksi. Api dapat dipadamkan dengan mengeluarkan bahan bakar atau oksigen atau dengan mengurangi suhu ke tingkat di bawah yang diperlukan untuk reaksi.

2.1.2 Klasifikasi Kelas Api

Api dikategorikan oleh peraturan Eropa dan diidentifikasi berdasarkan jenis agen pemadam yang paling baik digunakan pada setiap jenis. Lima kategori tersebut adalah Kelas A, B, C, D, dan F.

1. Kelas A adalah kelas dimana api dipicu oleh bahan-bahan padat yang mudah terbakar seperti kayu, kertas, dan kain. Kebakaran ini biasanya terjadi di kabin pesawat dan kokpit, sehingga setiap agen pemadam yang digunakan untuk kebakaran Kelas-A harus aman bagi penghuninya.
2. Kelas B adalah kelas dimana api dipicu oleh cairan yang mudah terbakar seperti bensin, bahan bakar mesin turbin, oli pelumas, dan cairan hidrolik. Kebakaran itu terjadi di kompartemen *engine*.
3. Kelas C adalah kelas dimana api yang melibatkan gas seperti butana, metana, dan propana.
4. Kelas D adalah kelas dimana beberapa logam seperti magnesium terbakar. Kebakaran ini biasanya terjadi pada *brake* dan *wheel*, dan terbakar dengan intensitas yang ganas. Jangan pernah menggunakan air pada logam yang terbakar, itu hanya meningkatkan api.
5. Kelas F adalah api yang melibatkan minyak goreng dan lemak.

2.2 Zona Kebakaran pada Pesawat Terbang

2.2.1 Zona Kebakaran pada *Compartment*

Demi tujuan perlindungan terhadap kebakaran dan pemadamannya. Semua *compartment* terbagi beberapa kelas sebagai berikut.

1. Kelas A adalah deteksi secara visual terhadap asap dan memiliki akses selama terbang untuk memadamkan api.
2. Kelas B adalah kelas dimana *crew* bisa memindahkan semua alat pemadaman dan menjangkau semua bagian dari *compartment* dengan *hand fire extinguisher*.
3. Kelas C adalah kelas dimana pendeteksi asap atau api terpasang dan sistem pemadaman kebakaran dapat dikontrol dari *cockpit*.
4. Kelas D adalah kelas dimana api akan sepenuhnya dibatasi tanpa membahayakan keselamatan pesawat terbang dan penumpang. Kelas ini harus dilengkapi dengan bahan yang tahan api.
5. Kelas E adalah kelas pada bagian *cargo* dimana detektor api atau asap terpasang terpisah dan tidak ada akses aliran udara. Kelas ini harus terpasang bahan tahan api.

2.2.2 Zona Kebakaran pada *Engine* dan APU

Kompartemen pembangkit listrik pada pesawat terbang diklasifikasikan ke dalam zona berdasarkan aliran udara yang melaluinya.

1. Zona Kelas A adalah area aliran udara deras melewati pengaturan teratur dengan bentuk penghalang yang serupa. Bagian kekuatan dari mesin bolak-balik biasanya dari jenis ini.
2. Zona Kelas B adalah area aliran udara deras melewati penghalang yang bersih secara aerodinamis. Termasuk dalam jenis ini adalah saluran penukar panas, selubung berjenis knalpot, dan area di mana bagian dalam penutup penutup atau penutup lainnya halus, bebas dari kantong, dan dikeringkan secara memadai sehingga kebocoran yang mudah terbakar tidak dapat genangan air. Kompartemen *engine* turbin dapat dipertimbangkan dalam kelas ini jika permukaan *engine* bersih secara aerodinamis dan semua pembentuk struktural badan pesawat ditutup

oleh liner tahan api untuk menghasilkan permukaan penutup yang bersih secara aerodinamis.

3. Zona Kelas C adalah area aliran udara yang relatif rendah. Kompartemen aksesoris mesin yang terpisah dari bagian daya adalah contoh dari zona jenis ini.
4. Zona Kelas D adalah area yang sangat sedikit atau tidak ada aliran udara. Ini termasuk kompartemen *wing* dan *wheel well* di mana sedikit ventilasi disediakan.
5. Zona Kelas X adalah area aliran udara yang deras dan konstruksi yang tidak biasa, membuat distribusi seragam alat pemadam sangat sulit. Daerah yang mengandung ruang dan kantong yang sangat tersembunyi antara pembentuk struktur besar adalah tipe ini. Tes menunjukkan persyaratan agen menjadi dua kali lipat dari untuk zona Kelas A.

2.3 Deskripsi *Fire Protection System*

Fire Protection System dibuat untuk memonitor kondisi yang bisa terjadi pada pesawat terbang yaitu api, asap, *overheat* dan *pneumatic leak*. Sistem ini terdiri dari *fire detection system* (sistem deteksi kebakaran) dan *fire extinguishing system* (sistem pemadam kebakaran). Zona khas pada pesawat yang memiliki sistem proteksi kebakaran adalah:

1. *Engine*
2. *Auxiliary Power Unit (APU)*
3. *Cargo Compartment*
4. *Lavatory*
5. *Wheel well*
6. *Electronic bays*

2.3.1 *Fire Detection System*

Sistem detektor kebakaran memperingatkan awak pesawat tentang keberadaan api yang meningkatkan suhu lokasi tertentu ke nilai tinggi yang telah ditentukan sebelumnya. Sistem perlindungan kebakaran pada pesawat produksi saat

ini tidak mengandalkan pengamatan oleh anggota kru sebagai metode utama deteksi kebakaran. Sistem detektor kebakaran yang ideal harus memenuhi kriteria pada fitur berikut:

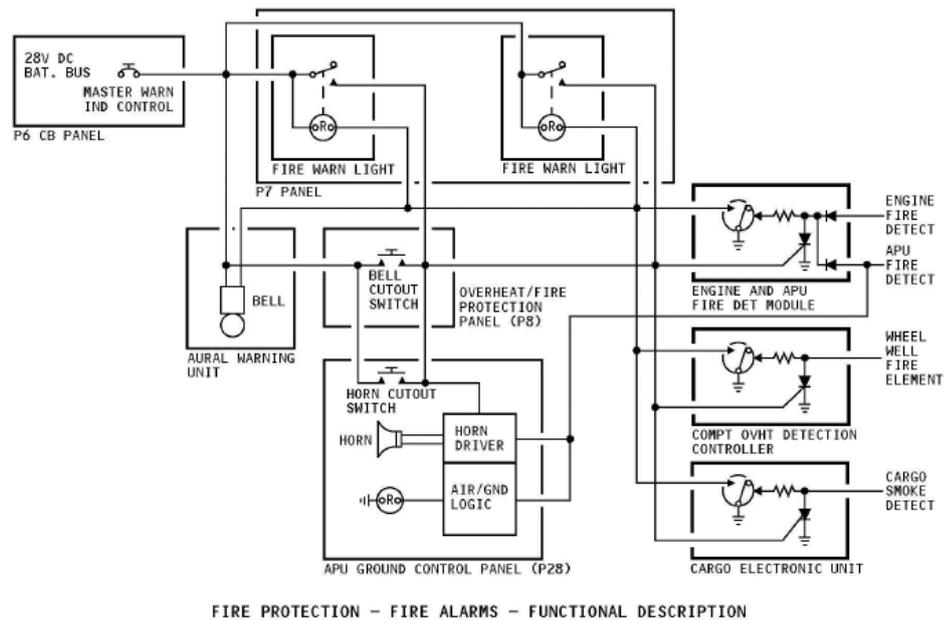
1. Tidak ada peringatan palsu dalam penerbangan atau darat apa pun kondisi.
2. Indikasi cepat kebakaran dan lokasi akurat api.
3. Indikasi akurat bahwa api padam.
4. Indikasi bahwa api telah dinyalakan kembali.
5. Indikasi berkelanjutan untuk durasi kebakaran.
6. Cara untuk menguji secara elektrik sistem detektor kokpit pesawat.
7. Menahan kerusakan dari paparan minyak, air, getaran, suhu ekstrem, atau penanganan.
8. Ringan dan mudah beradaptasi dengan pemasangan apa pun posisi.
9. Sirkuit yang beroperasi langsung dari daya pesawat sistem tanpa *inverter*.
10. Persyaratan arus listrik minimum saat tidak menunjukkan api.
11. Cahaya kokpit yang menyala, menunjukkan lokasi api, dan dengan sistem alarm yang dapat didengar.
12. Sistem detektor terpisah untuk setiap mesin.

Pada sistem deteksi kebakaran terdapat *fire alarm* yang disediakan untuk memberikan indikasi berupa *aural* dan *visual* ke *flight crew* jika terdapat indikasi api di beberapa sistem pesawat yaitu *engine 1*, *engine 2*, *APU*, *forward cargo compartment*, *aft cargo compartment*, dan *main wheel well*. Berikut ini merupakan *visual* dan *aural* indikasinya di pesawat berupa:

1. Dua *Fire Warn light* berwarna merah pada panel di cockpit
2. *Bell* sebagai peringatan berupa suara
3. Lampu merah dan *bell* di kanan *main wheel well* (*alarm* jenis ini hanya jika *APU* yang mengalami kebakaran dan *bell* juga tidak akan terdengar jika saat kondisi *in flight*)

Apabila ada indikasi kebakaran di *engine* maka *engine fire detection module* akan menyediakan *ground* untuk 2 lampu *FIRE WARN* dan *bell* untuk beroperasi.

Hampir sama dengan *engine*, jika terjadi indikasi kebakaran di APU maka APU *fire detection module* akan menyediakan *ground* untuk 2 lampu *FIRE WARN* dan *bell* untuk beroperasi. *Module* tersebut juga akan menyediakan *power* untuk lampu merah dan *horn* untuk beroperasi pada panel.



Gambar 2.1 *Fire Alarm* (GMF AeroAsia, 2018)

Apabila terdapat indikasi kebakaran di *main wheel well* maka *compartment overheat detection controller* akan menyediakan *ground* untuk 2 lampu *FIRE WARN* dan *bell* untuk beroperasi. Selanjutnya jika terdapat indikasi asap di *aft* atau *forward cargo compartment* maka *cargo electronic unit* akan menyediakan *ground* untuk 2 lampu *FIRE WARN* dan *bell* untuk beroperasi.

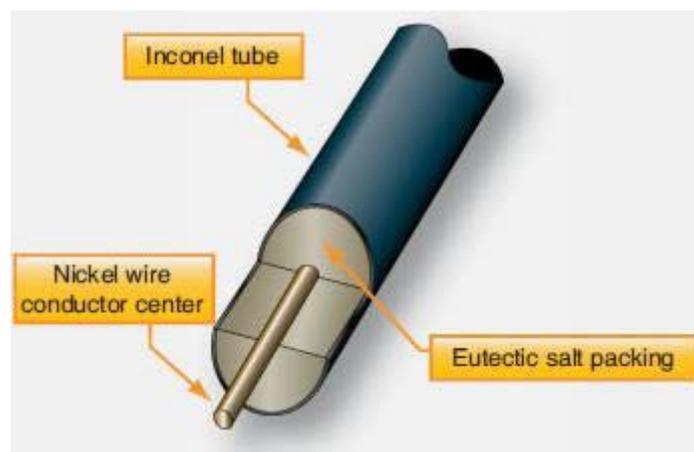
2.3.2 *Fire Extinguisher System*

Sistem pemadam kebakaran terdiri dari dua jenis yaitu *fixed fire extinguisher system* dan *portable fire extinguisher system*. *Fixed fire extinguisher system* adalah sistem pemadam kebakaran yang terpasang permanen pada *engine*, *lavatory* dan APU. *Portable fire extinguisher* adalah sistem pemadam kebakaran yang dapat diakses oleh *cabin crew* dan penumpang yang diletakkan pada *cabin*.

2.4 Engine Fire Detection System

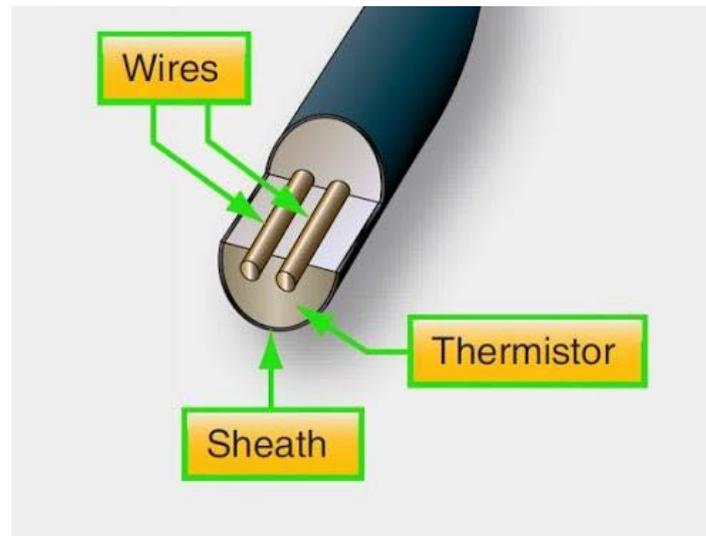
Engine fire detection system merupakan detektor yang terdapat di *engine*. Detektor tersebut akan memantau kondisi *engine* jika terjadi *overheat* maupun kebakaran. Ketika sistem ini merasakan kondisi *overheat* maupun kebakaran maka *fire alarm indication* akan beroperasi di *flight compartment*.

Detektor yang digunakan pada kebanyakan pesawat angkut untuk *engine*, APU, *wheel well* adalah *continuous loop detector* atau *sensing element* yang memungkinkan cakupan area bahaya kebakaran yang lebih lengkap daripada semua jenis detektor suhu tipe spot. Sistem *continuous loop detector* memiliki sensor dalam bentuk tabung iniconel panjang. Dua jenis sistem loop kontinu yang banyak digunakan adalah sistem Fenwall dan Kidde.



Gambar 2.2 Sistem Fenwall (GMF AeroAsia, 2015)

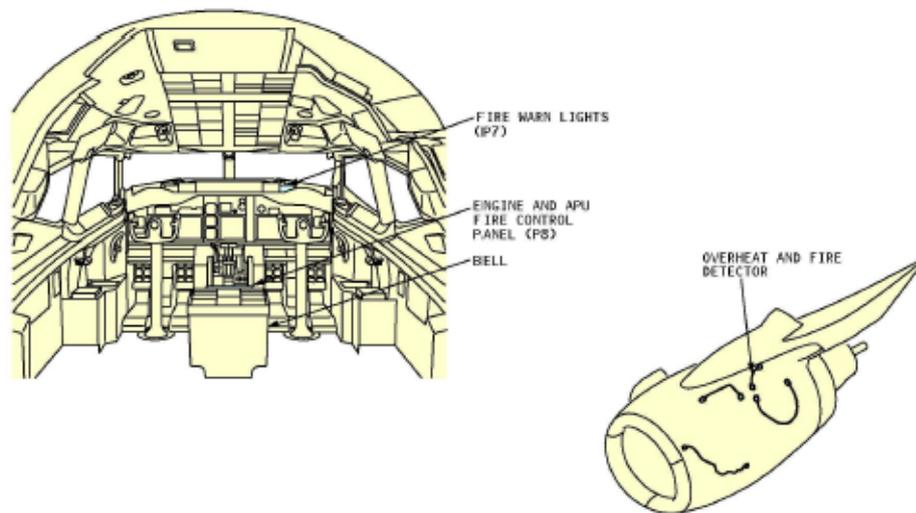
Sistem Fenwall menggunakan kawat tunggal yang dikelilingi oleh untaian manik-manik keramik terus-menerus dalam tabung iniconel. Manik-manik dalam sistem ini dibasahi dengan garam eutektik yang memiliki karakteristik tiba-tiba menurunkan hambatan listriknya saat elemen penginderaan mencapai suhu alarmnya. Jika terjadi kebakaran atau kondisi panas berlebih, resistansi inti turun dan arus mengalir antara kabel sinyal dan arde, memberi energi pada sistem alarm. Sistem Fenwall menggunakan unit kontrol penguat magnetik.



Gambar 2.3 Sistem Kidde (GMF AeroAsia, 2015)

Dalam sistem Kidde, dua kabel tertanam dalam inti keramik khusus dalam tabung inconel. Kawat kedua adalah timah panas yang menyediakan sinyal arus listrik ketika bahan inti keramik mengubah resistansi dengan perubahan suhu. Elemen-elemen penginderaan Kidde terhubung ke unit kontrol relai. Unit ini secara konstan mengukur resistansi total dari loop penginderaan penuh. Sistem merasakan suhu rata-rata, serta titik panas apa pun. Sinyal analog dari elemen sensor-termistor memungkinkan rangkaian kontrol diatur untuk memberikan dua kali respon dari loop elemen sensor yang sama. Pertama adalah peringatan kepanasan pada tingkat suhu tertentu dan yang kedua peringatan kebakaran yang menunjukkan kenaikan suhu contohnya pada *engine compartment* seperti yang disebabkan oleh kebocoran dari *hot bleed air* atau *combustion gas* ke *engine compartment*. Hal itu bisa menjadi peringatan dini kebakaran dan akan mengingatkan *flight crew* untuk melakukan tindakan yang sesuai untuk menurunkan suhu di *engine compartment*.

Kedua sistem secara terus-menerus memonitor suhu di kompartemen yang terkena dampak, dan keduanya akan secara otomatis diatur ulang setelah alarm kebakaran atau panas berlebih, setelah kondisi panas berlebih dihilangkan atau api dipadamkan.



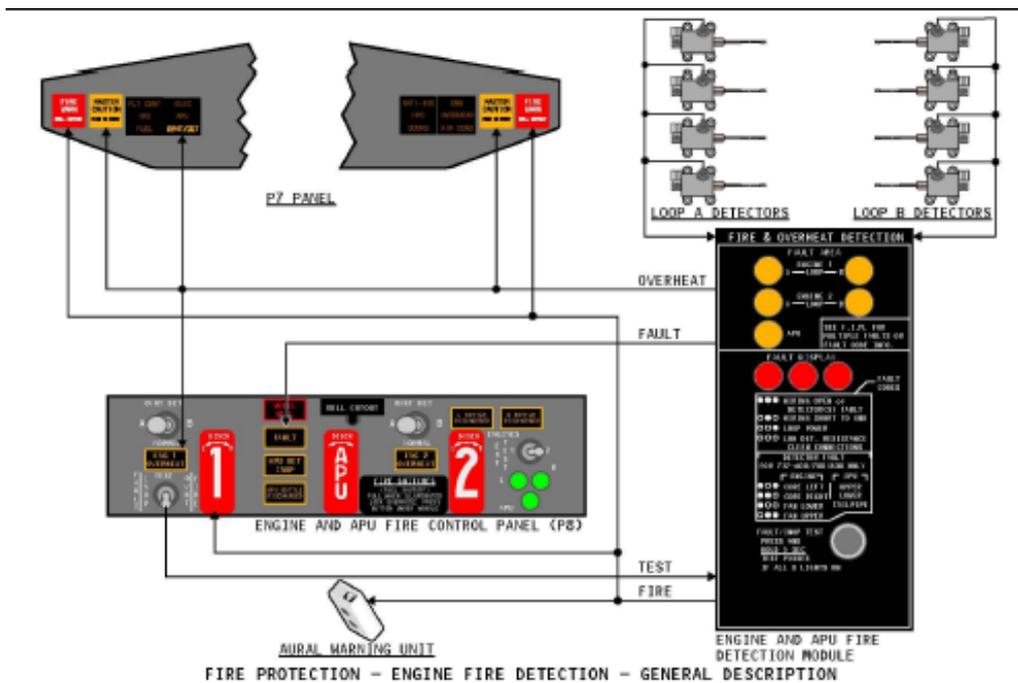
FIRE PROTECTION - ENGINE FIRE DETECTION - INTRODUCTION

Gambar 2.4 *Engine Fire Detection* pada Pesawat B737 NG (GMF AeroAsia, 2018)

Ada beberapa komponen yang digunakan untuk mendeteksi engine *overheat* maupun *fire* yaitu:

1. *Engine overheat/fire detector* (loop A dan loop B)
2. *Engine dan APU fire detection module*
3. *Glareshield, P7 panel*
4. *Aural warning unit*

Engine dan APU fire detection module membutuhkan inputan dari kedua loop yaitu loop A dan loop B untuk menyediakan sebuah *overheat* atau *fire signal* ke sistem indikator dan *aural warning unit*.



Gambar 2.5 Deskripsi *Engine Fire Detection* pada Pesawat B737 NG
(GMF AeroAsia, 2018)

Engine fire detector akan mendeteksi temperatur tinggi yang terjadi di area *engine*. Pada pesawat B737 NG di setiap *engine* terdapat 8 detektor. Detektor tersebut akan memonitor 4 bagian dari *engine*. Di setiap bagian dari *engine* tersebut dipasang 2 detektor. *Engine fire detectors* mempunyai beberapa komponen yaitu:

1. *Overheat, fire, and fault pressure switch*
2. Resistor
3. *Terminal stud*
4. Sebuah *stainless steel*, dan *gas charge tube*

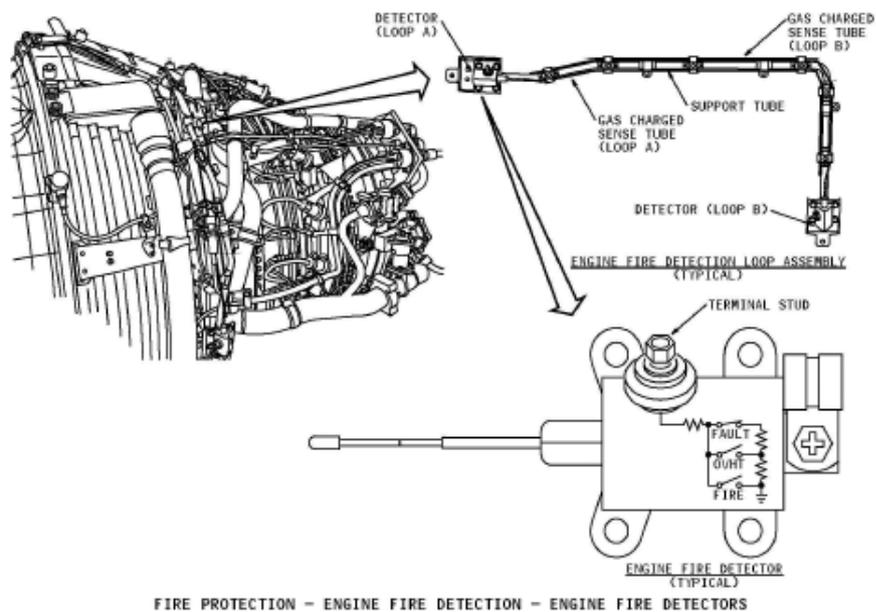
Adapun lokasi dari *engine fire detectors*, yaitu:

1. 2 detektor pada bagian *upper fan case*
2. 2 detektor pada bagian *lower fan case*
3. 2 detektor pada bagian *left core section*
4. 2 detektor pada bagian *right core section*

Berikut ini merupakan tabel yang menunjukkan karakteristik dari *engine fire detector*:

Tabel 2.1 Karakteristik *Engine Fire Detector* pada Pesawat B737 NG
(GMF AeroAsia, 2018)

| Lokasi Detektor | <i>Overheat</i> | <i>Fire</i> |
|---------------------------|-----------------|---------------|
| <i>Upper Fan Case</i> | 345°F (174°C) | 580°F (304°C) |
| <i>Lower Fan Case</i> | 345°F (174°C) | 580°F (304°C) |
| <i>Left Core Section</i> | 650°F (343°C) | 850°F (454°C) |
| <i>Right Core Section</i> | 650°F (343°C) | 850°F (454°C) |

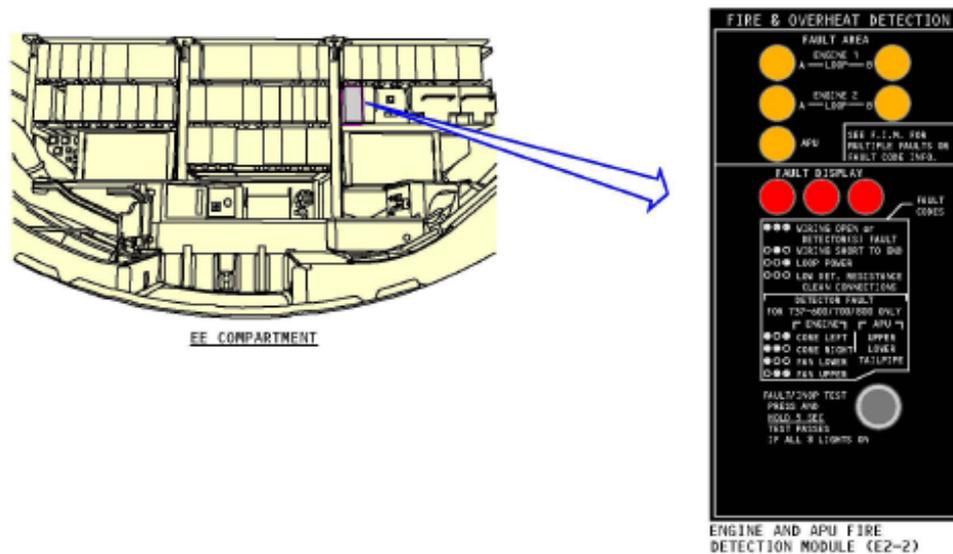


Gambar 2.6 *Engine Fire Detector* pada Pesawat B737 NG (GMF AeroAsia, 2018)

Rangkaian kontrol untuk *engine overheat* dan *fire* maupun *APU fire detection* berada di dalam sebuah *module* yang terdapat di *electronic equipment compartment* (E2-2). Pada panel di depan *module* ini terdapat beberapa komponen yaitu:

1. *ENGINE 1 LOOP A amber fault light*
2. *ENGINE 1 LOOP B amber fault light*
3. *ENGINE 2 LOOP A amber fault light*
4. *ENGINE 2 LOOP B amber fault light*
5. *APU amber fault light*
6. 3 buah lampu *Fault display* yang berwarna merah
7. *FAULT/INOP test switch*

Selama kondisi normal semua lampu yang ada di panel depan tersebut tidak menyala, namun ketika terjadi kondisi *error*, maka lampu yang berhubungan dengan area yang *error* tersebut akan menyala.



FIRE PROTECTION - ENGINE FIRE DETECTION - ENGINE AND APU FIRE DETECTION MODULE

Gambar 2.7 Engine dan APU Fire Detection Module (GMF AeroAsia, 2018)

2.5 Media-Media Pemadam Kebakaran

Api adalah reaksi kimia antara bahan bakar dengan oksigen, api dapat dikendalikan dengan mengganggu reaksi ini. Cara untuk memadamkan api dapat dilakukan dengan menghilangkan bahan bakar, menekan bahan bakar dengan zat yang tidak termasuk oksigen, atau menurunkan suhu bahan bakar. Metode yang paling efektif untuk memadamkan kebakaran pesawat melibatkan penggunaan senyawa kimia yang bergabung dengan oksigen untuk mencegahnya bergabung dengan bahan bakar.

Berikut media-media *fire extinguisher*:

1. Air

Kebakaran kelas A dapat dipadamkan dengan agen, seperti air, yang menurunkan suhu bahan bakar. Jangan pernah menggunakan air pada kebakaran kelas B, C, atau D. Sebagian besar cairan yang mudah terbakar melayang di atas air, dan penggunaan air pada kebakaran kelas B hanya akan menyebarkan api. Air menghantarkan listrik, dan penggunaannya pada api listrik merupakan bahaya tersengat listrik. Air yang disemprotkan pada logam yang terbakar di api kelas D akan benar-benar mengintensifkan api daripada memadamkannya.

2. Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO_2) adalah agen pemadam yang efektif. CO_2 paling sering digunakan dalam alat pemadam kebakaran untuk memadamkan api di bagian luar pesawat, seperti kebakaran *engine* atau APU. CO_2 relatif murah, tidak beracun, aman untuk ditangani, dan memiliki umur panjang dalam penyimpanan. CO_2 tidak mudah terbakar dan tidak bereaksi dengan sebagian besar zat. CO_2 efektif sebagai agen pemadam terutama karena mencairkan udara dan mengurangi kandungan oksigen sehingga pembakaran tidak lagi didukung. Dalam kondisi tertentu, beberapa efek pendinginan juga terwujud.

3. Hidrokarbon Halogen (Halon)

Dua hidrokarbon terhalogenasi yang paling banyak digunakan adalah bromotrifluorometana (CBrF_3), dikenal luas sebagai Halon 1301, dan bromochlorodifluoromethane (CBrClF_2), yang dikenal sebagai Halon 1211. Kedua senyawa ini, sering disebut dengan nama dagang Freon, memiliki toksisitas yang

sangat rendah. Halon 1301 adalah racun paling sedikit dari semua agen yang umum digunakan. Keduanya sangat efektif sebagai agen pemadam api. Mereka tidak korosif, menguap dengan cepat, tidak meninggalkan residu, dan tidak memerlukan pembersihan atau netralisasi.

4. *Dry Powder* (Bubuk kering)

Kebakaran kelas A, B, atau C dapat dikendalikan oleh agen pemadam bahan kimia kering. Satu-satunya alat serbuk kimia kering serba guna (Kelas A, B, C) mengandung monoammonium fosfat. Alat pemadam kimia bubuk kering paling baik mengendalikan api kelas A, B, dan C tetapi penggunaannya terbatas karena residu dan dibersihkan setelah digunakan.

2.6 *Engine Fire Extinguishing System*

Sistem ini disediakan untuk *power plant*, APU, dan di beberapa jenis pesawat, untuk rongga *landing gear*, kompartemen bagasi, dan instalasi *combustion heater*. Suatu sistem umumnya terdiri dari sejumlah wadah atau botol logam, berisi alat pemadam yang diberi tekanan dengan gas. Ketika dioperasikan sakelar pemilih di kokpit, kartrid yang ditembakkan secara elektrik memecahkan diafragma logam di *discharge valve* dan media pemadam dilepaskan untuk mengalir melalui pipa ke zona kebakaran yang sesuai. Daya listrik 28 volt DC. dan dipasok dari busbar layanan penting atau busbar baterai.



Gambar 2.8 *Fire Extinguisher Panel* pada Boeing 737 (GMF AeroAsia, 2015)

Dua metode pemadaman digunakan untuk pembangkit listrik. Pada metode pertama, yang digunakan di sebagian besar jenis pesawat yang lebih tua, sistem individual disediakan untuk setiap pembangkit listrik. Metode kedua, yang dikenal secara umum sebagai 'sistem dua tembakan', adalah metode yang paling banyak digunakan dan terdiri dari koneksi antara masing-masing sistem pembangkit listrik, sehingga memungkinkan dua pelepasan terpisah alat pemadam ke salah satu pembangkit listrik.

2.7 Fire Switch

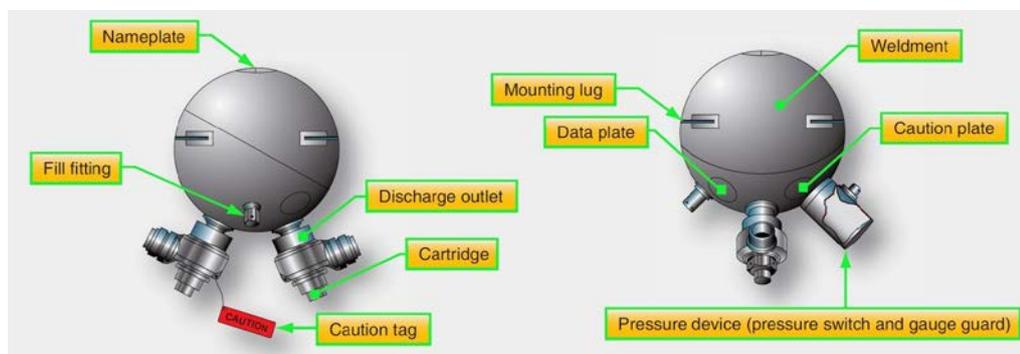
Switch api untuk *engine* dan APU biasanya dipasang pada *overhead panel* tengah atau konsol tengah di *cockpit* penerbangan. Ketika *switch* untuk *engine* diaktifkan, maka *engine* berhenti karena kontrol bahan bakar mati, *engine* diisolasi dari sistem pesawat, dan sistem pemadam kebakaran diaktifkan. Beberapa pesawat menggunakan *switch* yang perlu ditarik dan diputar untuk mengaktifkan sistem, sementara yang lain menggunakan saklar tipe *push*.



Gambar 2.9 Fire Switch untuk Engine dan APU di Overhead Panel Tengah pada Cockpit (GMF AeroAsia, 2015)

2.8 Sistem Pemadaman Berkecepatan Tinggi (*High Rate Discharge*) pada *Engine*

Sebagian besar pesawat bertenaga mesin turbin modern memiliki area pembangkit listriknya dilindungi oleh dua atau lebih botol *High Rate Discharge* (HRD) berbentuk bola atau silinder. Muatan nitrogen terkompresi biasanya ditempatkan dalam wadah untuk memastikan bahwa agen terdispersi dalam waktu sesingkat mungkin. Seluruh isi botol habis dalam waktu sekitar 0,08 detik setelah sakelar pelepasan agen ditutup.

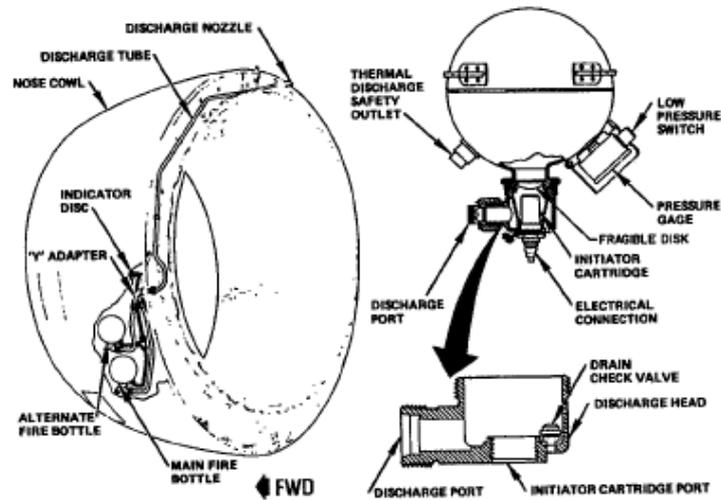


Gambar 2.10 Botol *High Rate Discharge* (GMF AeroAsia, 2015)

Kartrid dinyalakan secara listrik, yang mendorong pemotong ke dalam disk dan melepaskan agen. Ketika gas ventilasi ke atmosfer, gas meniup keluar disk indikator merah, menunjukkan bahwa botol telah habis karena kondisi kepanasan. Pengukur menunjukkan tekanan agen dan gas dalam wadah. Botol yang lebih baru tidak memiliki pengukur tekanan. Untuk menentukan jumlah isinya, botol harus dikeluarkan dari pesawat dan ditimbang.

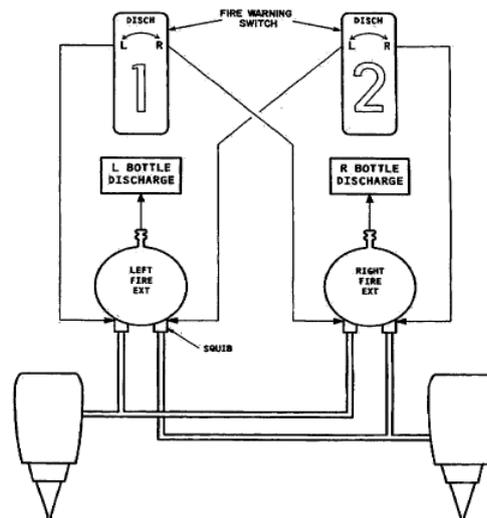
2.9 Sistem Pemadam Api pada *Large Commercial Twin Jet*

Sistem pemadam api meliputi sakelar kontrol kokpit, wadah agen pemadam api, dan sistem distribusi agen. Mesin dapat dilindungi dengan satu botol saja atau sistem umpan silang dengan dua botol atau lebih. Botol diberi tekanan dengan agen pemadam, dalam kisaran 500 hingga 600 PSI. *Discharge valve* adalah piringan yang mudah pecah (*frangible*) yang pecah jika botol terlalu panas.



Gambar 2.11 Instalasi *Fire Extinguishing System* (GMF AeroAsia, 2015)

Untuk mengeluarkan media botol dari kokpit, arus listrik diberikan ke kontaktor yang meledakkan kartrid peledak (biasanya disebut *squib*). Ini menghancurkan disk yang terletak di dalam botol outlet. Dari sana agen mengalir ke *engine*. Sistem pemadam *twin engine* dengan sistem umpan silang. Kebakaran *engine* satu dapat dipadamkan dengan botol api nomor satu dan juga botol api nomor dua. Hal yang sama berlaku untuk *engine* dua melalui sistem distribusi.



Gambar 2.12 Sistem Penyemprotan pada *Large Commercial Twin Engine* (GMF AeroAsia, 2015)

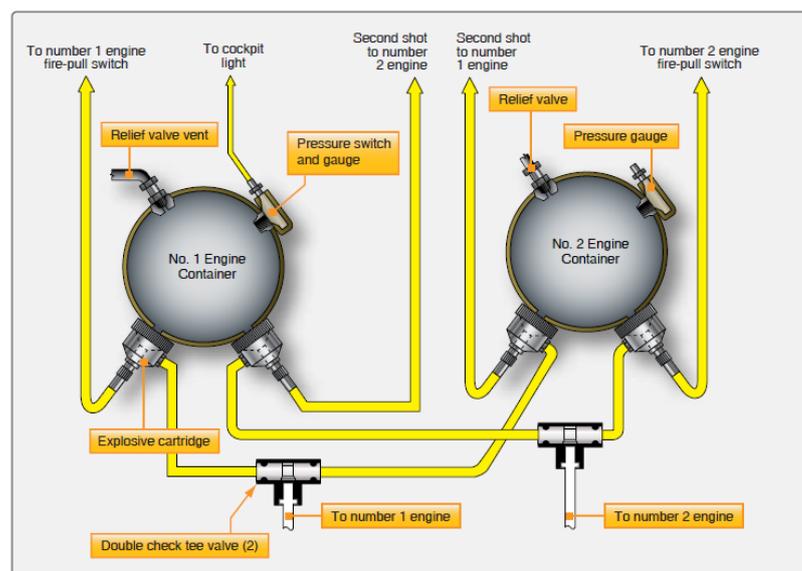
Untuk mengoperasikan alat pemadam kebakaran setelah alarm kebakaran atau lampu peringatan merah, pilot akan terlebih dahulu menarik pegangan pelepasan yang terkait. Tindakan ini akan:

1. Melepaskan bidang generator listrik mesin terkait, sehingga mematikan generator yang digerakkan oleh *engine*.
2. Melepaskan pompa hidrolik yang terkait.
3. Menutup *Fuel High Pressure cock* yang memasok *engine*.

Memutar pegangan pelepasan ke kiri atau kanan akan mengoperasikan squib botol api kiri atau kanan masing-masing, dan membuang isi botol itu ke dalam kompartemen mesin.

2.10 Wadah Pemadam Api

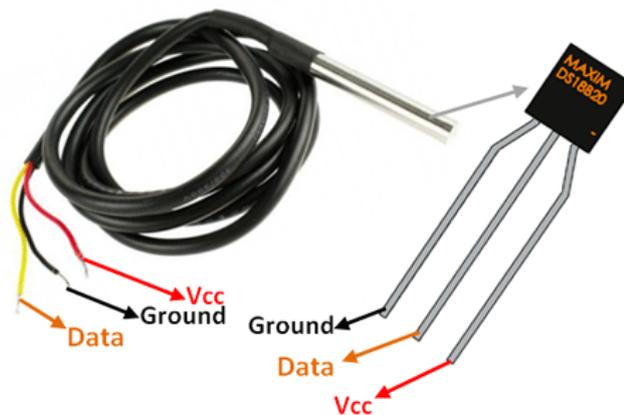
Wadah (*container*) pemadam api menyimpan zat pemadam halogen cair dan gas bertekanan (biasanya nitrogen). Mereka biasanya dibuat dari stainless steel. Sebagian besar wadah pemadam api pesawat berbentuk bulat, yang memberikan bobot sekecil mungkin. Setiap wadah menggabungkan diafragma pelepas keselamatan yang sensitif terhadap suhu atau tekanan yang mencegah tekanan wadah melebihi tekanan uji wadah jika terpapar suhu yang berlebihan.



Gambar 2.13 Diagram dari *Fire Extinguisher Container* (GMF AeroAsia, 2015)

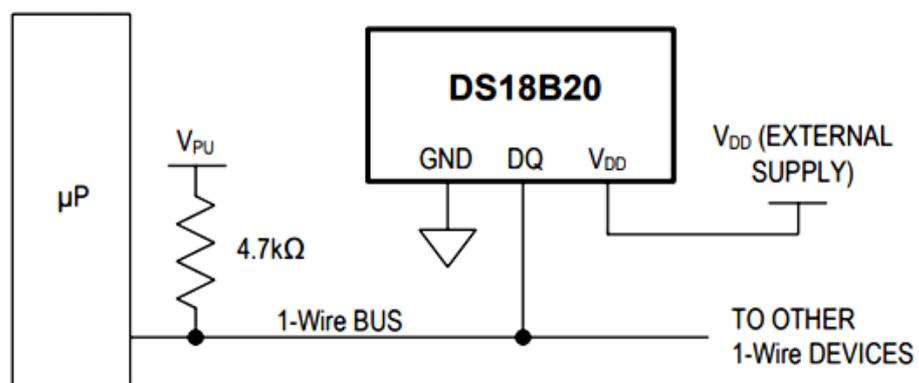
2.11 Sensor Suhu DS18B20

DS18B20 adalah sensor suhu digital *1-wire*. Termometer digital DS18B20 memberikan pengukuran suhu 9-bit juga 12-bit *celcius* dan memiliki fungsi alarm dengan titik pemicu atas dan bawah yang dapat diprogram pengguna. DS18B20 berkomunikasi melalui bus *1-wire* yang menurut definisi hanya membutuhkan satu jalur data (dan *ground*) untuk komunikasi dengan *microprocessor* pusat.



Gambar 2.14 Sensor Suhu DS18B20 (Nagar, 2018)

Sensor bekerja dengan metode komunikasi *1-wire*. Ini hanya membutuhkan pin data yang terhubung ke mikrokontroler dengan resistor *pull up* dan dua pin lainnya digunakan untuk daya.



Gambar 2.15 Diagram Sirkuit Mikrokontroler DS18B20 (Nagar, 2018)

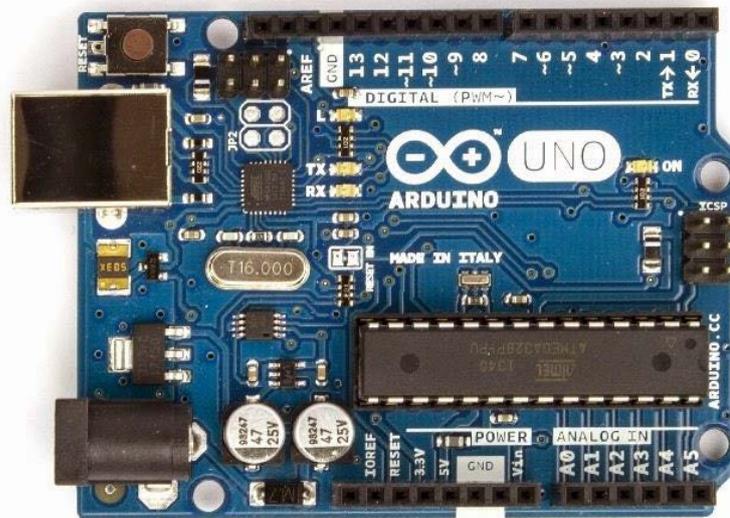
Penarik *pull-up* digunakan untuk menjaga saluran dalam keadaan tinggi ketika bus tidak digunakan. Nilai suhu yang diukur oleh sensor disimpan dalam register *2-byte* di dalam sensor.

Tabel 2.2 Spesifikasi Sensor Suhu DS18B20

| Spesifikasi | Nilai |
|--------------------------|---|
| <i>Operating voltage</i> | 3V to 5V |
| <i>Temperature Range</i> | -55°C to +125°C |
| <i>Accuracy</i> | ±0.5°C |
| <i>Output Resolution</i> | 9-bit hingga 12-bit (<i>programmable</i>) |
| <i>Conversion time</i> | 750ms pada 12-bit |
| <i>Communicates</i> | 1-Wire |

2.12 Arduino UNO

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah ICSP header, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.



Gambar 2.16 Modul Arduino UNO (Febrianto, 2014)

Kata “UNO” berarti satu dalam bahasa Italia dan dinamai untuk menandakan keluaran (produk) Arduino 1.0 selanjutnya. Arduino UNO dan versi 1.0 akan menjadi referensi untuk versi-versi Arduino selanjutnya. Arduino UNO adalah sebuah seri terakhir dari board Arduino USB dan model referensi untuk papan Arduino, untuk suatu perbandingan dengan versi sebelumnya

2.12.1 Pin Masukan dan Keluaran Arduino UNO

Masing-masing dari 14 pin digital arduino uno dapat digunakan sebagai masukan atau keluaran menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()* dan *digitalRead()*. Setiap pin beroperasi pada tegangan 5 volt. Setiap pin mampu menerima atau menghasilkan arus maksimum sebesar 40 mA dan memiliki resistor *pull-up* internal (diputus secara default) sebesar 20-30 KOhm. Sebagai tambahan, beberapa pin masukan digital memiliki kegunaan khusus yaitu:

1. Komunikasi serial: pin 0 (RX) dan pin 1 (TX), digunakan untuk menerima (RX) dan mengirim (TX) data secara serial.
2. *External Interrupt*: pin 2 dan pin 3, pin ini dapat dikonfigurasi untuk memicu sebuah interrupt pada nilai rendah, sisi naik atau turun, atau pada saat terjadi perubahan nilai.

3. *Pulse-width modulation* (PWM): pin 3, 5, 6, 9, 10 dan 11, menyediakan keluaran PWM 8-bit dengan menggunakan fungsi *analogWrite()*.
4. *Serial Peripheral Interface* (SPI): pin 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO) dan 13 (SCK), pin ini mendukung komunikasi SPI dengan menggunakan SPI library.
5. LED: pin 13, terdapat built-in LED yang terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH maka LED menyala, sebaliknya ketika pin bernilai LOW maka LED akan padam.

Arduino UNO memiliki 6 masukan analog yang diberi label A0 sampai A5, setiap pin menyediakan resolusi sebanyak 10 bit (1024 nilai yang berbeda). Secara default pin mengukur nilai tegangan dari ground (0V) hingga 5V, walaupun begitu dimungkinkan untuk mengganti nilai batas atas dengan menggunakan pin AREF dan fungsi *analogReference()*. Sebagai tambahan beberapa pin masukan analog memiliki fungsi khusus yaitu pin A4 (SDA) dan pin A5 (SCL) yang digunakan untuk komunikasi *Two Wire Interface* (TWI) atau *Inter Integrated Circuit* (I2C) dengan menggunakan *Wire library*.

2.12.2 Sumber Daya dan Pin Tegangan Arduino UNO

Arduino Uno dapat diaktifkan melalui koneksi USB atau dengan catu daya eksternal (otomatis). Eksternal (non-USB) daya dapat berasal baik dari AC-ke adaptor-DC atau baterai. Adaptor ini dapat dihubungkan dengan menancapkan plug jack pusat-positif ukuran 2.1mm konektor POWER. Ujung kepala dari baterai dapat dimasukkan kedalam Gnd dan Vin pin header dari konektor POWER.

Kisaran kebutuhan daya yang disarankan untuk board Uno adalah 7 sampai dengan 12 volt, jika diberi daya kurang dari 7 volt kemungkinan pin 5v Uno dapat beroperasi tetapi tidak stabil kemudian jika diberi daya lebih dari 12V, regulator tegangan bisa panas dan dapat merusak board Uno.

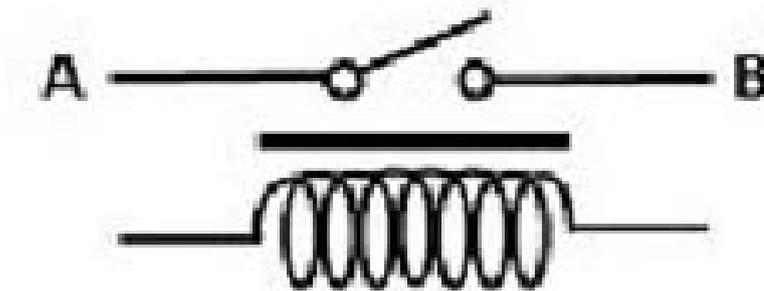
Pin-pin tegangan pada arduino uno adalah sebagai berikut:

1. VIN adalah tegangan masukan kepada board Arduino ketika itu menggunakan sumber daya eksternal (sebagai pengganti dari 5 volt koneksi USB atau sumber daya lainnya).
2. 5V adalah catu daya digunakan untuk daya mikrokontroler dan komponen lainnya.

3. 3v3 adalah Sebuah pasokan 3,3 volt dihasilkan oleh regulator on-board.
4. GND adalah pin *ground*.

2.13 Relai

Relai adalah komponen elektronika yang berupa saklar elektrik yang dioperasikan menggunakan listrik. Relai juga biasa disebut sebagai komponen electromechanical atau elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yaitu *coil* atau elektromagnet dan kontak saklar atau mekanikal. Komponen relai menggunakan prinsip elektromagnetik sebagai penggerak kontak saklar, sehingga dengan menggunakan arus listrik yang kecil atau *low power*, dapat menghantarkan arus listrik yang memiliki tegangan lebih tinggi.



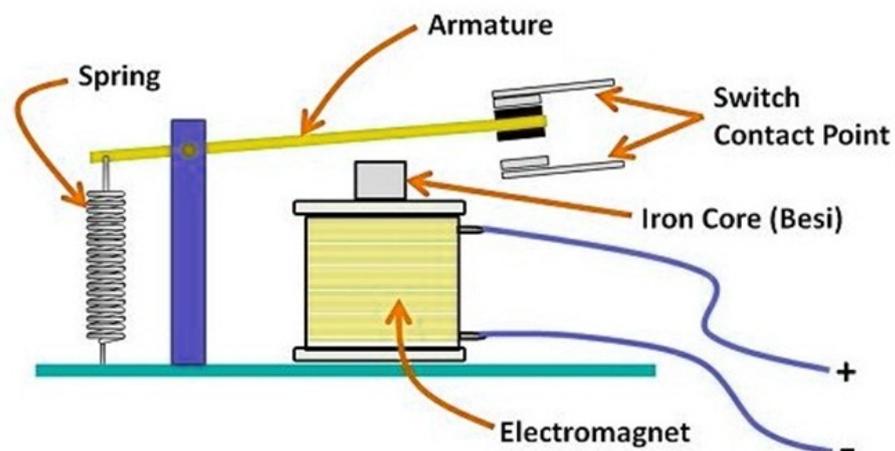
Gambar 2.17 Simbol Relai (Permono, 2016)

Berikut adalah beberapa fungsi komponen relai saat diaplikasikan ke dalam sebuah rangkaian elektronika.

1. Mengendalikan sirkuit tegangan tinggi dengan menggunakan bantuan signal tegangan rendah.
2. Menjalankan fungsi logika alias logic function.
3. Memberikan fungsi penundaan waktu alias *time delay function*.

4. Melindungi motor atau komponen lainnya dari kelebihan tegangan atau korsleting.

Sebuah relai memiliki 4 buah bagian penting yakni elektromagnet (*coil*), *armature*, *switch contact point* (saklar), dan *spring*. Sebuah besi (*iron core*) yang dililit oleh kumparan *coil*, berfungsi untuk mengendalikan besi tersebut. Apabila kumparan *coil* dialiri arus listrik, maka akan muncul gaya elektromagnetik yang dapat menarik *armature* sehingga dapat berpindah dari posisi sebelumnya tertutup atau *normally close* (NC) menjadi posisi baru yakni terbuka atau *normally open* (NO).



Gambar 2.18 Struktur Relai (Permono, 2016)

Dalam posisi *normally open* (NO), saklar dapat menghantarkan arus listrik. Pada saat tidak dialiri arus listrik, *armature* akan kembali ke posisi awal *normally close* (NC). *Coil* yang digunakan oleh relai untuk menarik *contact point* ke posisi *close* hanya membutuhkan arus listrik yang relatif cukup kecil. *Normally close* (NC) adalah kondisi awal relai sebelum diaktifkan selalu berada di posisi tertutup. *Normally open* (NO) adalah kondisi awal relai sebelum diaktifkan selalu berada di posisi terbuka.

2.14 *Water Pump*

Water pump yang digunakan pada alat ini digerakan oleh motor dengan tipe motor yang digunakan umumnya adalah tipe *wound* dan tipe ferrite magnet. Tipe *wound* adalah tipe dimana gaya magnet dihasilkan dengan menggunakan sebuah kumparan *coil* untuk menciptakan gaya elektromagnet, sedangkan pada tipe ferrite motor yaitu gaya magnet dihasilkan oleh magnet permanen. Namun dewasa ini, tipe ferrite motor yang paling banyak digunakan.

Pada rancang bangun prototipe *engine fire protection system* berbasis mikrokontroler ini menggunakan *water pump* sebagai keluaran yang aktif menyala apabila terdapat identifikasi kebakaran dimana sensor mendeteksi suhu telah mencapai $\geq 60,8^{\circ}\text{C}$. *Water pump* ini terhubung dengan *accumulator* 12V dan relai yang diletakkan di *fire panel module* yang dibuat sebagai tempat untuk meletakkan indikator dan berbagai komponen elektronika dari rancang bangun. Alasan menggunakan *accumulator* 12V adalah spesifikasi dari *water pump* yang digunakan adalah 12VDC sedangkan sumber dari Arduino adalah 5VDC sehingga diperlukannya sumber yang cukup besar untuk menyemprotkan air dari *water pump*. *Water pump*, *accumulator*, dan relai terhubung sesuai dengan fungsi dari masing-masing pin. Pin positif dari *accumulator* terhubung ke positif dari *water pump*. Pin negatif dari *accumulator* terhubung ke COM di relai. Pin negatif *water pump* terhubung ke *normally open* di relai. Pada kondisi awal *water pump* tidak akan mengalirkan air ke area prototipe *engine* namun *water pump* otomatis menyala saat mendapat perintah dari mikrokontroler sebagai pemroses bahwa sedang terjadi kebakaran di salah satu bagian, baik itu di *upper fan case* maupun di *lower fan case* dan otomatis pula berhenti saat suhu telah turun mencapai $\leq 60,8^{\circ}\text{C}$.

Pada pompa yang digunakan ada beberapa tipe yaitu tipe roda gigi, tipe *squeeze* dan tipe sentrifugal. Pompa yang digunakan pada alat ini adalah tipe pompa sentrifugal dikarenakan pada pompa tipe ini memiliki daya tahan yang lebih kuat dibandingkan dengan tipe lainnya dikarenakan bagian-bagian yang saling bersinggungan kecil sekali. Tipe pompa sentrifugal ini posisi pompa diletakkan di bawah tangki.

2.15 LCD (*Liquid Crystal Display*) 16x2

LCD merupakan salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf, atau grafik. LCD membutuhkan tegangan dan daya yang kecil sehingga sering digunakan untuk aplikasi pada kalkulator, arloji digital, dan instrumen elektronik seperti multimeter digital. LCD memanfaatkan silikon dan galium dalam bentuk kristal cair sebagai pemancar cahaya. Pada layar LCD, setiap matrik adalah susunan dua dimensi piksel yang dibagi dalam baris dan kolom. Dengan demikian, setiap pertemuan baris dan kolom terdiri dari LED pada bidang latar (*backplane*), yang merupakan lempengan kaca bagian belakang dengan sisi dalam yang ditutupi oleh lapisan elektroda transparan. Dalam keadaan normal, cairan yang digunakan memiliki warna cerah. Kemudian daerah-daerah tertentu pada cairan tersebut warnanya akan berubah menjadi hitam ketika tegangan diterapkan antara bidang latar dan pola elektroda yang terdapat pada sisi dalam kaca bagian depan.

LCD 16x2 sangat populer karena dibangun pada modul antarmuka HD44780. Modul ini membuatnya sangat mudah untuk menambahkan LCD ke proyek apapun dengan set karakter bawaan dan struktur perintah LCD mudah. *Liquid Crystal Display* memiliki daya lebih rendah daripada tampilan LED. Lebih fleksibel dalam ukuran dan bentuk, waktu respons lebih lambat. Pengontrol internal LCD dapat menerima beberapa perintah dan memodifikasi tampilan sesuai dengan itu. Perintah-perintah ini akan seperti *Clear Screen* dan *Return Home*. *Interface* LCD 16x2 memiliki 8 bit data (DB0 ~ DB7) dan 3 pin kontrol. Bit data terhubung ke 8 pin μC .

Pada rancang bangun prototipe *engine fire protection system* berbasis mikrokontroler ini menggunakan LCD 16x2 sebagai salah satu indikator keluaran dari sistem. LCD 16x2 ini terpasang di *fire panel module* yang dibuat sebagai tempat untuk meletakkan indikator dan berbagai komponen elektronika dari rancang bangun. LCD 16x2 akan selalu beroperasi dari awal sistem dinyalakan. LCD 16x2 ini dihubungkan dengan I2C untuk menghemat penggunaan pin di Arduino sehingga pin yang tidak digunakan dapat dimanfaatkan untuk sumber masukan dari komponen lain. Apabila LCD 16x2 sudah dihubungkan ke I2C maka

pin GND dari I2C dihubungkan ke *ground* dari mikrokontroler. Pin VCC dari I2C dihubungkan ke pin 5V dari mikrokontroler. Pin SDA dan SCL dari I2C dihubungkan ke pin analog dari mikrokontroler, pada rancang bangun pin SDA terhubung ke A4 dan pin SCL terhubung ke A5 dari mikrokontroler.

Tabel. 2.3 Konfigurasi Pin LCD 16x2

| No | Nama Pin | Deskripsi |
|-------|--------------------------|---|
| 1 | Vss (<i>Ground</i>) | <i>Ground</i> pin terhubung to sistem <i>ground</i> |
| 2 | Vdd (+5 Volt) | Daya LCD with +5V (4.7V – 5.3V) |
| 3 | VE (<i>Contrast V</i>) | Tentukan tingkat kontras tampilan. Terhubung ke <i>ground</i> untuk mendapatkan kontras maksimum. |
| 4 | <i>Register Select</i> | Terhubung ke mikrokontroler untuk beralih antara register perintah atau data |
| 5 | <i>Read/Write</i> | Digunakan untuk membaca atau menulis data. Biasanya terhubung ke <i>ground</i> untuk menulis data ke LCD |
| 6 | <i>Enable</i> | Terhubung ke Pin mikrokontroler dan beralih antara 1 dan 0 untuk pengakuan data |
| 7-10 | Data Pin 0-3 | Pin data 0 hingga 7 membentuk garis data 8-bit dan dapat terhubung ke mikrokontroler untuk mengirim data 8-bit. |
| 11-14 | Data Pin 4-7 | LCD ini juga dapat beroperasi pada mode 4-bit jika pin Data 4, 5, 6, dan 7 akan dibiarkan bebas. |
| 15 | LED Positif | <i>Backlight</i> LED pin terminal positif |
| 16 | LED Negatif | <i>Backlight</i> LED pin terminal negatif |

Keunggulan menggunakan LCD adalah konsumsi daya yang relatif kecil dan menarik arus yang kecil (beberapa mikro ampere), sehingga alat atau sistem menjadi portable karena dapat menggunakan catu daya yang kecil. Keunggulan

lainnya adalah ukuran LCD yang pas yakni tidak terlalu kecil dan tidak terlalu besar, kemudian tampilan yang diperlihatkan dari LCD dapat dibaca dengan mudah dan jelas.

Prinsip kerja LCD 16x2 adalah dengan menggunakan lapisan film yang berisi kristal cair dan diletakkan di antara dua lempeng kaca yang telah dipasang elektroda logam transparan. Saat tegangan dicatukan pada beberapa pasang elektroda, molekul-molekul kristal cair akan menyusun agar cahaya yang mengenainya akan diserap. Dari hasil penyerapan cahaya tersebut akan terbentuk huruf, angka, atau gambar sesuai bagian yang diaktifkan.

2.16 *Light Emitting Diode (LED)*

Light Emitting Diode (LED) adalah dioda yang dapat memancarkan cahaya pada saat mendapat arus bias maju (*forward bias*). LED merupakan salah satu jenis dioda, sehingga hanya akan mengalirkan arus listrik satu arah saja. LED akan memancarkan cahaya apabila diberikan tegangan listrik dengan konfigurasi *forward bias*. Berbeda dengan dioda pada umumnya, kemampuan mengalirkan arus pada LED cukup rendah yaitu maksimal 20 mA. Apabila LED dialiri arus lebih besar dari 20 mA maka LED akan rusak, sehingga pada rangkaian LED dipasang sebuah resistor sebagai pembatas arus.

LED memiliki dua buah kaki, yaitu kaki anoda dan kaki katoda. Kaki anoda memiliki ciri fisik lebih panjang dari kaki katoda pada saat masih baru, kemudian kaki katoda pada LED ditandai dengan bagian body LED yang di papas rata. Pemasangan LED agar dapat menyala adalah dengan memberikan tegangan bias maju yaitu dengan memberikan tegangan positif ke kaki anoda dan tegangan negatif ke kaki katoda. Konsep pembatas arus pada dioda adalah dengan memasang resistor secara seri pada salah satu kaki LED.

Pada rancang bangun prototipe *engine fire protection system* berbasis mikrokontroler ini menggunakan LED sebagai salah satu indikator keluaran yang akan mengidentifikasi kebakaran apabila sensor mendeteksi bahwa suhu telah mencapai $\geq 60,8^{\circ}\text{C}$. LED ini terpasang di *fire panel module* yang dibuat sebagai tempat untuk meletakkan indikator dan berbagai komponen elektronika dari

rancang bangun. LED otomatis menyala saat mendapat perintah dari mikrokontroler sebagai pemroses bahwa sedang terjadi kebakaran di salah satu bagian, baik itu di *upper fan case* maupun di *lower fan case* dan otomatis pula berhenti saat suhu telah turun mencapai $\leq 60,8^{\circ}\text{C}$. Pin anoda dari LED terhubung ke pin digital di mikrokontroler dan pin katoda dari LED terhubung ke *ground* dari mikrokontroler yang diparalelkan dengan komponen lain.

2.17 Buzzer

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronika yang masuk dalam keluarga transduser, yang dimana dapat mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara. Pada saat ada aliran catu daya atau tegangan listrik yang mengalir ke rangkaian yang menggunakan *piezoelectric*, maka akan terjadi pergerakan mekanis pada *piezoelectric* tersebut. Yang dimana gerakan tersebut mengubah energi listrik menjadi energi suara yang dapat didengar oleh telinga manusia.

Pada rancang bangun prototipe *engine fire protection system* berbasis mikrokontroler ini menggunakan *buzzer* sebagai salah satu indikator keluaran yang akan mengidentifikasi kebakaran apabila sensor mendeteksi bahwa suhu telah mencapai $\geq 60,8^{\circ}\text{C}$. *Buzzer* ini terpasang di *fire panel module* yang dibuat sebagai tempat untuk meletakkan indikator dan berbagai komponen elektronika dari rancang bangun. *Buzzer* otomatis menyala (berbunyi) saat mendapat perintah dari mikrokontroler sebagai pemroses bahwa sedang terjadi kebakaran di salah satu bagian, baik itu di *upper fan case* maupun di *lower fan case* dan otomatis pula berhenti saat suhu telah turun mencapai $\leq 60,8^{\circ}\text{C}$. *Buzzer* ini terhubung pada salah satu pin digital di mikrokontroler yang diprogram sebagai keluaran dengan perintah yang sesuai dengan sistem dari rancang bangun. Pada rancang bangun ini pin data dari *buzzer* terhubung ke pin masukan digital di mikrokontroler, yaitu pin 7. Pin VCC dari *buzzer* terhubung ke pin 5V dari mikrokontroler dan pin GND dari *buzzer* terhubung ke *ground* dari mikrokontroler yang diparalelkan dengan komponen lain.

Piezoelectric menghasilkan frekuensi di range kisaran antara 1 – 5 kHz hingga 100 kHz yang diaplikasikan ke *ultrasound*. Tegangan operasional piezoelectric pada umumnya yaitu berkisar antara 3Vdc hingga 12 Vdc. Pada umumnya terdapat 2 jenis *buzzer* antara lain:

1. *Passive buzzer* yaitu yang tidak mempunyai suara sendiri, sehingga cocok untuk dipasangkan dengan Arduino yang dapat diprogram tinggi rendah nadanya.
2. *Active buzzer* yaitu yang dapat berdiri sendiri atau *stand alone* atau singkatnya sudah mempunyai suara tersendiri ketika diberikan catu daya.