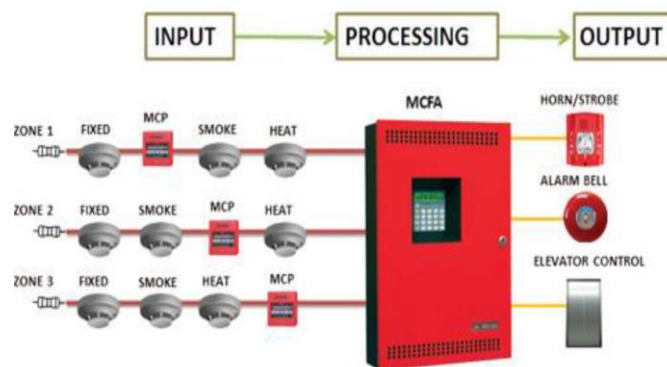


BAB II DASAR TEORI

2.1 Sistem *Fire Alarm Control Panel* (FACP)

Fire Alarm Control Panel (FACP) adalah sistem pendeteksi keberadaan api secara otomatis dengan melihat perubahan yang terjadi di area sekitar yang akan terjadi kebakaran, perubahan yang dapat ditentukan sebagai tandanya kebakaran misalnya munculnya asap, meningkatnya suhu ruangan, dan munculnya api atau gas [7]. FACP merupakan komponen utama dalam sistem alarm kebakaran yang berfungsi untuk mengatur seluruh instalasi *fire alarm*, FACP dapat mengolah data dari berbagai perangkat detektor yang nantinya mengeluarkan output berupa indikator *alarm*, atau *annunciator*.



Gambar 2.1 Fire Alarm Control Panel

Gambar 2.1 merupakan visualisasi dari pengkonfigurasi antar sistem, diantaranya adalah sistem *input*, sistem pemrosesan, dan sistem *output*. Dalam sistem FACP, terdapat dua metode konfigurasi deteksi yang berkaitan dengan cara detektor dihubungkan dan komunikasi dalam sistem FACP yaitu *single wire* dan *cross wire*. *Single wire* merupakan metode dimana satu zona (segmen) *input* akan langsung mengaktifkan *output alarm* apabila salah satu atau beberapa detektor mendeteksi parameter yang melebihi ambang batas. Mode ini memiliki kelebihan dalam pendeteksian cepat, tetapi ada potensi menghasilkan *false alarm* jika satu detektor mengalami gangguan atau kesalahan deteksi. Selain itu, *cross wire* atau *double knock logic* menerapkan prinsip konfirmasi dari dua detektor yang berbeda sebelum sistem memberikan respons alarm.

Sistem akan mengaktifkan alarm apabila dua detektor dari zona yang berbeda mendeteksi tanda kebakaran secara bersamaan atau dalam rentang waktu yang berdekatan. Konfigurasi *cross wire* biasa diterapkan di lingkungan yang membutuhkan tingkat keamanan tinggi terhadap kesalahan deteksi seperti ruang server, laboratorium, atau fasilitas industri kritikal [8].

Fire alarm system memiliki tiga jenis sistem, yaitu sistem konvensional, sistem semi *addressable*, dan sistem *addressable*. Sistem konvensional adalah sistem yang menerima sinyal secara langsung dari semua detektor dan tidak memiliki alamat langsung lokasi detektor yang mengirim sinyal, sistem ini menggunakan sistem zonasi atau area pada detektornya sehingga dapat diketahui area yang mengalami kebakaran tetapi tidak dapat mengetahui letak akurat sumber api atau asap yang terdeteksi oleh detektor [7]. Sistem *addressable* adalah sistem yang menggunakan pengalamatan pada setiap detektor, setiap detektor memiliki alamat yang dapat diketahui letak sumber api atau asap secara akurat [9]. Sistem semi *addressable* merupakan sistem penggabungan antara *full addressable* dengan konvensional seperti *control panel* nya menggunakan sistem *addressable* dan perangkat *input output* nya konvensional [7].

Tabel 2.1 Perbandingan Rancangan FACP dengan FACP lain

<i>Control Panel</i>		Jumlah	Jumlah <i>Output</i>	<i>Control Button</i>
		<i>Input</i>		
China	Produk	1-4, 1-8, 1-	1 Contact DC 24V &	<i>Mute, Silence,</i>
(Konvensional)		16	5V, 1-4	<i>Alarm Test, Reset</i>
		<i>Input</i>	<i>Sounder, dan 3 Relay</i>	
			(Alarm, Fault, Spv)	
LPCB/EN54		2 <i>Zone Input</i>	1 Contact DC 24V &	<i>Reset, Silence</i>
Certificate	UK	(<i>Modular up</i>	5V, 2 <i>Alarm Sounder,</i>	<i>Evacuate</i>
(Konvensional)		to 32 zona)	3 Relay (Alarm,	
			Fault, Spv)	

Tabel Lanjutan 2.1 Perbandingan Rancangan FACP dengan FACP lain

<i>Control Panel</i>	<i>Jumlah Input</i>		<i>Jumlah Output</i>		<i>Control Button</i>
Notifier Honeywell (<i>Addressable</i>)	Mencapai 1000	I/O Modular	Bersifat modular, sesuai dengan konfigurasi slot card yang digunakan		<i>Mute, Silence, Test, Reset</i>
Rancangan FACP	1-16	<i>Zone Input</i> & 1 RS485	16 <i>Contact</i> 24VDC, 16 <i>Alarm Sounder</i> , bisa dikonfigurasi tiap 2 zone (1 output pre alarm & alarm LED notifikasi dan 1 Contact DC 24V, 1 alarm sounder), 2 Relay (Alarm & Fault)		<i>Mute, Silence, Test, Reset, SWITCH</i>

Perbandingan rancangan sistem FACP yang dibuat dengan sistem FACP yang lain ditunjukkan pada Tabel 2.1, table tersebut berisi perbandingan jumlah *input*, *output* serta fitur kontrol yang tersedia pada FACP dari berbagai merk dan jenis. Pada produk FACP konvensional China dan UK hanya memiliki *zona input* konvensional dan tidak memiliki pengalaman unik pada setiap detektor yang terhubung dengan panel, karena produk tersebut tidak memiliki terminal *input* RS485 yang bisa digunakan untuk mengintegrasikan *addressable smoke detector*. FACP *full addressable system* dari merk Notifier Honeywell memiliki sistem pengalaman pada setiap detektor, tetapi produk ini hanya bisa menggunakan *addressable smoke detector* dengan merk yang sama dengan panel kontrolnya. Oleh karena itu, rancangan FACP yang dibuat memiliki fleksibilitas yang tinggi karena dapat menggunakan berbagai macam merk untuk 16 zona *input* dengan 1 terminal

RS485 yang dapat digunakan untuk berbagai merk *addressable smoke detector* yang mengeluarkan *output* data RS485.

Dalam perancangan sistem FACP ini mengikuti beberapa standarisasi dan aturan yang berlaku secara nasional maupun internasional. Pada tingkat nasional, referensi standar yang digunakan antara lain adalah SKPT Menteri Pekerjaan Umum No. 10/SKPT/2005 tentang pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran pada bangunan gedung; serta beberapa Standar Nasional Indonesia (SNI), seperti SNI 03-1735-2000 mengenai tata cara perencanaan akses bangunan dan lingkungan untuk pencegahan bahaya kebakaran, SNI 03-1736-2000 mengenai sistem proteksi aktif, SNI 03-3985-2000 mengenai pemasangan dan pengujian sistem proteksi pasif, dan SNI 03-3989-2000 mengenai sistem sprinkler otomatis. Selain itu, Persyaratan Umum Listrik 2000 (PUIL 2000) juga menjadi acuan penting dalam aspek kelistrikan. Pada tingkat internasional, sistem ini merujuk langsung pada pedoman EN 54 yang digunakan secara luas di Eropa mencakup berbagai aspek sistem proteksi kebakaran. Beberapa di antaranya mencakup EN 54-2 untuk panel kontrol dan indikasi, EN 54-3 untuk alarm suara, EN 54-4 untuk catu daya, EN 54-5 untuk *heat detector*, EN 54-7 untuk *smoke detector*, EN 54-10 untuk *flame detector*, EN 54-11 untuk manual *call point*, EN 54-13 untuk penilaian kompatibilitas komponen sistem, serta EN 54-16 untuk peralatan pengontrol dan indikator alarm suara. Penggunaan standar-standar ini dimaksudkan agar sistem yang dikembangkan memiliki keandalan tinggi serta sesuai dengan praktik terbaik dalam industri sistem deteksi dan alarm kebakaran.

2.2 Pemrosesan Sinyal

Pemrosesan sinyal (*signal processing*) adalah ilmu dan teknik untuk menganalisis, memodifikasi, atau mengekstrak informasi dari sinyal [10]. Tujuannya yaitu untuk membersihkan, memperjelas, mengenali pola, atau mengubah bentuk sinyal agar bisa digunakan. Pemrosesan sinyal melibatkan konversi atau transformasi data, sinyal dapat berupa gelombang suara, gambar atau data [11]. Terdapat dua jenis pemrosesan sinyal yaitu

Pemrosesan Sinyal Analog yang melibatkan manipulasi sinyal kontinu menggunakan elektronik seperti filter aktif dan pasif, dan Pemrosesan Sinyal Digital melibatkan konversi sinyal analog menjadi bentuk digital (diskrit) agar dapat dianalisis dan dimodifikasi menggunakan algoritma komputer atau prosesor digital khusus [12].

Pada penelitian ini, arus yang diubah menjadi tegangan menggunakan shunt resistor termasuk kedalam tahap pemrosesan sinyal analog dan untuk pemrosesan sinyal digital dapat ditemukan pada tahap pengakuisisi data digital dari ADC, *filtering* (Kalman Filter), dan Akuisisi data menggunakan komunikasi serial (RS485 to UART).

2.3 Kalman Filter

Kalman Filter adalah algoritma yang digunakan untuk mengestimasi hasil selanjutnya berdasarkan data sebelumnya. Kalman Filter pada dasarnya adalah sebuah estimator yang digunakan untuk memprediksi keadaan (*state*) atau elemen tertentu dalam suatu sinyal. Proses estimasi ini bertujuan untuk mengurangi gangguan (*noise*) dari sinyal, sehingga menghasilkan data yang lebih akurat dan bersih [13].

Kalman Filter berfungsi untuk memperhalus data sensor (*filtering*) mengurangi efek fluktuasi (*noise*) dari sensor analog, memprediksi keadaan sistem selanjutnya (*prediction*), dan memberikan estimasi *real-time* secara efisien [14]. Metode ini bekerja secara rekursif atau *update* estimasi berulang dari waktu ke waktu dengan menggunakan hasil perhitungan sebelumnya dan data baru [15], metode ini memiliki dua tahap utama yaitu prediksi dan koreksi. Berikut adalah perumusan murni dari Metode Kalman Filter, yang terdiri dari dua tahap utama :

1. Tahap Prediksi (*Prediction Step*)

a. Prediksi *state* (keadaan) sistem

$$\hat{x}_{t|t-1} = A\hat{x}_{t-1|t-1} + Bu_t \quad (2.1)$$

Perumusan ini menghitung prediksi *state* sistem saat ini berdasarkan state sebelumnya dan *input* kontrol.

b. Prediksi *Error Covariance*

$$P_{t|t-1} = AP_{t-1|t-1}A^T + Q \quad (2.2)$$

Perumusan ini menghitung seberapa besar ketidakpastian (*error*) dari prediksi *state*.

2. Tahap Update (*Correction Step*)

a. *Kalman Gain* (Bobot Pembaruan)

$$K_t = P_{t|t-1}H^T(HP_{t|t-1}H^T + R)^{-1} \quad (2.3)$$

Perumusan ini menghitung bobot seberapa besar kepercayaan terhadap prediksi dibandingkan pengukuran aktual.

b. *Update State* (perbarui keadaan) Berdasarkan Pengukuran Aktual

$$\hat{x}_{t|t} = \hat{x}_{t|t-1} + K_t(Z_t - H\hat{x}_{t|t-1}) \quad (2.4)$$

Perumusan ini memperbarui nilai prediksi menggunakan pengukuran aktual untuk mendapatkan estimasi yang lebih akurat.

c. *Update Error Covariance*

$$P_{t|t} = (I - K_tH)P_{t|t-1} \quad (2.5)$$

Perumusan ini memperbarui ketidakpastian setelah koreksi berdasarkan informasi baru dari pengukuran.

Berdasarkan dari perumusan 2.1 hingga 2.5. Pada tahap prediksi, tahapan ini untuk memperkirakan keadaan sistem berikutnya berdasarkan informasi dari waktu sebelumnya. Tahapan ini mencakup estimasi nilai keadaan dan prediksi ketidakpastian (kovariansi kesalahan) pada waktu tersebut. Kemudian pada tahap koreksi, model sistem akan menerima data pengukuran baru dari sensor secara langsung, lalu menghitung perbedaan antara prediksi dan pengukuran aktual. Perbedaan ini digunakan untuk mengoreksi prediksi sebelumnya yang menghasilkan estimasi akhir yang lebih akurat. Koreksi dilakukan menggunakan Kalman Gain, yaitu bobot yang menentukan seberapa besar pengaruh pengukuran baru terhadap estimasi akhir. *Output* utama yang dihasilkan dari Kalman Filter adalah estimasi nilai yang mendekati kondisi real atau real dari sistem, bukan sekedar nilai mentah dari

sensor yang seringkali fluktuatif akibat gangguan. Selain itu, Kalman Filter juga menghasilkan nilai kovariansi kesalahan estimasi yang menunjukkan seberapa yakin sistem terhadap estimasi yang dihasilkan.

Pada sistem FACP, algoritma Kalman Filter digunakan untuk memfilter sinyal sensor yang sering terpengaruh *noise*. *Noise* menyebabkan hasil pembacaan ADC pada mikrokontroler tidak stabil, dengan adanya algoritma ini, sistem dapat memproses data yang lebih stabil, memudahkan mikrokontroler untuk menentukan status, dan sistem akan lebih aman. Algoritma ini juga membantu untuk menentukan *threshold* nilai arus kondisi alarm pada sensor.

2.3.1 *Tunning Kalman Filter*

Tunning Kalman Filter adalah proses menyesuaikan parameter kovarians *noise* untuk mendapatkan estimasi yang lebih akurat dan stabil, proses ini penting karena parameter yang salah dapat menyebabkan estimasi yang terlalu lambat atau terlalu responsif terhadap *noise*. Proses dilakukan dengan cara memvariasikan variabel kovarians *noise* proses (Q) dan kovarians *noise* pengukuran (R), cara untuk menentukan parameter tersebut adalah dengan cara *trial and error*. Dalam penentuan nilai parameter kovarians *noise* dilakukan dengan metode rasio, rasio dilakukan dengan menggunakan kelipatan 10 karena lebih efisien dibandingkan perubahan linear kecil [13].

2.4 *Error*

Error adalah kejadian pada program yang tidak sesuai dengan yang diharapkan karena kesalahan dari pemrogram. *Error* bersifat terprediksi dan dapat ditangani kejadiannya. Secara umum, *error* adalah kesalahan, pengertian *error* dapat dikelompokkan sesuai dengan penggunaan katanya. Seperti *error* dalam perhitungan data yang tidak dapat membaca atau menampilkan data [16].

$$Error = \left(\frac{Nilai\ pengukuran - Nilai\ aktual}{Nilai\ aktual} \right) \times 100\% \quad (2.6)$$

2.5 Akurasi

Akurasi adalah ketepatan perhitungan atau pengukuran terhadap angka atau data sebenarnya [17], akurasi yang dimaksud dalam penelitian ini adalah pemanfaatan metode Kalman Filter untuk meningkatkan akurasi pembacaan sinyal analog detektor.

$$Akurasi = 100\% - Error \quad (2.7)$$

2.6 Analog to Digital Converter (ADC)

Analog to Digital Converter adalah sebuah sistem elektronik yang berfungsi untuk mengubah sinyal analog, yaitu sinyal yang bersifat kontinu terhadap waktu menjadi sinyal digital yang bersigat diskrit terhadap waktu [18]. ADC merupakan sistem elektronik yang memiliki input analog, input tegangan referensi dan output digital. Keluaran dari ADC berupa resolusi jumlah bit biner yang menyatakan banyaknya kemungkinan kode yang muncul [19].

$$BIT = 2^n \quad (2.8)$$

Dari perumusan 2.8, n menyatakan jumlah bit. Jika dalam ADC 12 bit terdapat 4096 kemungkinan nilai biner yang muncul (0 hingga 4095). Nilai yang dihasilkan ADC dipengaruhi oleh tegangan input analog, tegangan referensi, dan jumlah kemungkinan kode digital yang dapat dihasilkan dari perumusan 2.9 [19].

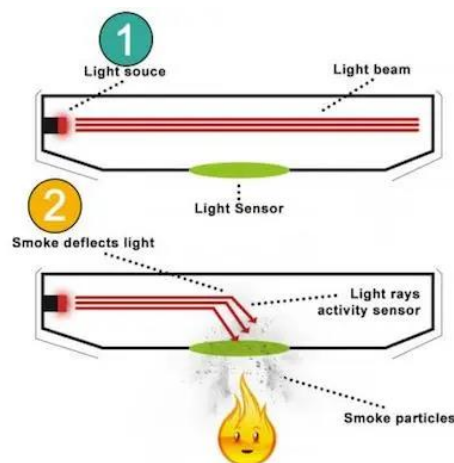
$$ADC = \frac{V_{in}}{V_{REF}} BIT \quad (2.9)$$

2.7 Smoke Detector

Smoke Detector adalah perangkat keamanan yang dirancang untuk mendeteksi keberadaan asap, yang merupakan indikasi awal kebakaran. *Smoke detector* berperan penting dalam memberikan peringatan dini, sehingga tindakan evakuasi dan pemanggilan bantuan darurat dapat segera dilakukan.

2.7.1 *Conventional Photoelectric Smoke Detector 2 Wire*

Conventional Photoelectric Smoke Detector 2 Wire adalah jenis alarm kebakaran yang memanfaatkan pantulan cahaya untuk mendeteksi keberadaan asap [20], *smoke detector* ini bekerja dengan mendeteksi perubahan dalam konsentrasi asap di udara. Ketika asap masuk ke dalam detektor, partikel asap tersebut akan mengganggu aliran cahaya atau arus listrik di dalam perangkat sehingga detektor mengaktifkan alarm. Visualisasi cara kerja dari *photoelectric smoke detector* dapat dilihat pada Gambar 2.2. *Smoke detector 2 wire* hanya menggunakan kabel daya dan sinyal deteksi, penggunaan *smoke detector 2 wire* karena sistem penggunaan yang lebih sederhana dibanding dengan *smoke detector 4 wire*. *Smoke detector* jenis ini membutuhkan tegangan *supply* DC 24V dengan *standby current* $<100\mu\text{A}$, ketika *smoke detector* ini mendeteksi keberadaan asap arus yang dihasilkan adalah 60mA. Detektor ini dapat mendeteksi asap dalam area hingga 80m^2 dan bekerja pada suhu $-10^\circ\text{C} \sim 55^\circ\text{C}$.



Gambar 2.2 Cara Kerja Photoelectric Smoke Detector [21]

Conventional Smoke Detector yang digunakan pada sistem FACP ini adalah *smoke detector photoelectric 2 wire* dengan merk GRIT, perangkat ini termasuk kedalam *smoke detector* analog karena sinyal *output* yang dihasilkan berupa arus dan tidak memiliki alamat

spesifik seperti sistem *addressable*. Perangkat ini dapat dilihat pada Gambar 2.3 dan spesifikasinya disebutkan pada Tabel 2.2.



Gambar 2.3 Conventional Photoelectric Smoke Detector 2 Wire

Tabel 2.2 Spesifikasi Conventional Smoke Detector [22]

Subjek	Spesifikasi
<i>Model</i>	FA 02-05
<i>Power Supply</i>	24V DC
<i>Alarm Current</i>	60mA
<i>Standby Current</i>	< 100 uA
<i>Working Environment</i>	-10°C ~ 55°C

2.7.2 *Addressable Smoke Detector*

Addressable Smoke Detector adalah jenis *smoke detector* yang memiliki sistem pengalamatan spesifik, detektor ini dapat mengidentifikasi lokasi kebakaran secara tepat. *Addressable smoke detector* termasuk dalam kategori digital karena memiliki kemampuan pengolahan data dan komunikasi, bukan pada sinyal analog atau digital [23].



Gambar 2.4 Addressable Smoke Detector RS485 [24]

Addressable Smoke Detector RS485 menggunakan protokol komunikasi RS485 Modbus-RTU yang berarti dapat mengirimkan data digital, data yang dikirim dapat berisi informasi kondisi asap dan *address* atau alamat perangkat. Perangkat ini dapat menggunakan tegangan *supply* DC 10V hingga 30V, dengan konsumsi daya dalam kondisi *standby* 0.12W. Perangkat ini dapat beroperasi pada suhu -10°C hingga 50°C dengan maksimal kelembaban $\leq 95\%$ RH (*Relative Humidity*) dan memiliki sensitivitas yang cukup sensitif yaitu detektor akan memicu alarm pada tingkat nilai kekeruhan udara mencapai 1.06% dari *full scale turbidity* (FT) dengan toleransi $\pm 0.26\%$ akibat asap oleh karena itu detektor membutuhkan tempat yang tidak mempunyai kelembaban tinggi seperti kamar mandi dan dapur. Ketika *addressable smoke detector* RS485 mendeteksi adanya asap maka konsumsi daya yang digunakan akan naik menjadi 0.7W dan mengeluarkan alarm suara hingga 80 dB.

Tabel 2.3 Spesifikasi Addressable Smoke Detector RS485 [24]

Subjek	Spesifikasi
<i>Model</i>	RS-YG-N01
<i>Power Supply</i>	10 ~ 30V DC
<i>Static Power</i>	0.12W

Tabel Lanjutan 2.3 Spesifikasi Addressable Smoke Detector RS485

Subjek	Spesifikasi
<i>Alarm Power Consumption</i>	0.7W
<i>Alarm Sound</i>	$\geq 80\text{dB}$
<i>Signal Output</i>	RS485 Modbus-RTU
<i>Smoke Sensitivity</i>	$1.06 \pm .26\% \text{ F T}$
<i>Standards Compliant</i>	GB4715 – 2005
<i>Working Environment</i>	$-10^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$, $\leq 95\%$, No Condensation

Addressable smoke detector menggunakan 4 *wire* untuk sistem koneksinya, dengan 2 kabel power dan 2 kabel data 485 (485-A dan 485-B). Berikut adalah *wiring diagram* dari *addressable smoke detector*.

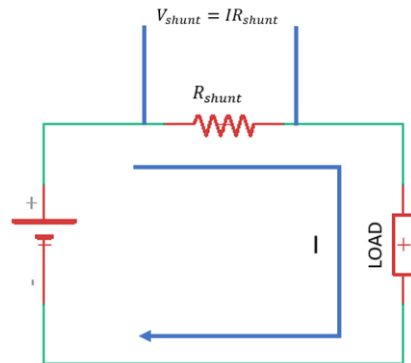
Tabel 2.4 Wire Information

Warna Kabel	Deskripsi	Keterangan
Coklat	<i>Power Supply</i>	
Hitam	<i>Negative Power Supply</i>	10 ~ 30V DC
Kuning	485-A	
Biru	485-B	

2.8 Sistem *Input Analog*

2.8.1 Shunt Resistor

Shunt Resistor digunakan untuk mengukur arus listrik, baik bolak-balik maupun searah. Hal ini dilakukan dengan mengukur penurunan tegangan pada resistor [25]. Cara kerja dari resistor ini dilakukan dengan memberikan jalur yang memiliki resistansi yang lebih kecil terhadap aliran arus listrik. Resistor dihubungkan secara paralel ke alat pengukur arus seperti ampere meter. Rangkaian Shunt resistor dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Rangkaian Shunt Resistor Pengukur Penurunan Tegangan

Pengukuran arus dilakukan dengan menerapkan hukum Ohm untuk menentukan resistansi dan tegangan. Dengan demikian, arus listrik dapat diketahui menggunakan rumus Ohm [26]. Rumus penurunan tegangan pada shunt resistor dapat diketahui dengan sebagai berikut.

$$V_{shunt} = IR_{shunt} \quad (2.10)$$

Dalam sistem input analog pada FACP, shunt resistor berfungsi sebagai konverter arus ke tegangan karena *smoke detector* analog mengeluarkan *output* sinyal berupa arus yang perlu dikonversi ke tegangan agar bisa dibaca oleh mikrokontroler STM32F4 Discovery.

2.9 Sistem *Input* Digital

2.9.1 RS485 to UART TTL

RS485 to UART TTL adalah *Converter* pengubah sinyal komunikasi dari protokol komunikasi RS485 menjadi sinyal UART dengan level TTL (0V, 3.3V, dan 5V), sehingga dapat dibaca oleh mikrokontroler atau perangkat lain yang mempunyai komunikasi UART [27]. RS485 to UART TTL menggunakan driver MAX485CPA sebagai komponen pengubah sinyal UART TTL ke RS485 atau sebaliknya.

A. MAX485CPA

MAX485CPA adalah IC *transceiver* komunikasi RS485 yang digunakan untuk mengonversi sinyal UART TTL ke RS485 atau sebaliknya, MAX485CPA memungkinkan transmisi data komunikasi yang stabil dalam jarak yang jauh. MAX485CPA mampu bekerja dalam kondisi suhu 0°C hingga 70°C dengan *output current* pada pin A/B 250mA. Pada sistem ini, MAX485CPA digunakan untuk mengubah sinyal RS485 dari *addressable smoke detector* menjadi TTL agar bisa dibaca oleh UART STM32F1.



Gambar 2.6 MAX485CPA

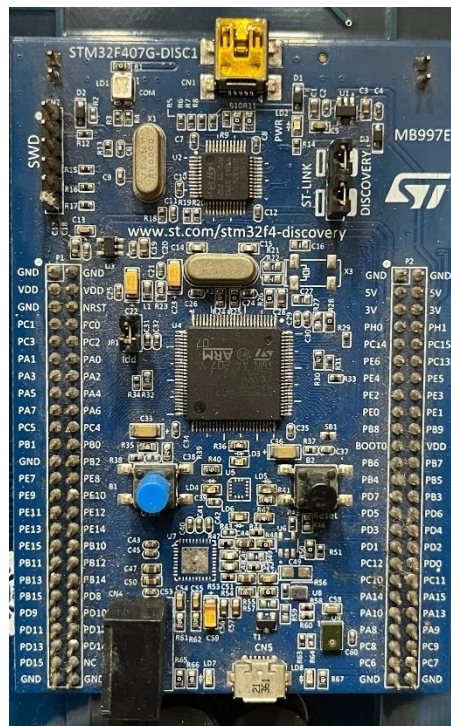
Tabel 2.5 Rating Spesifikasi MAX485CPA [28]

Subjek	Spesifikasi
<i>Input Supply Voltage</i> (VCC)	-0.3V - 12V
Tegangan <i>Input/Output</i> (DI, RO, A, B, RE, DE)	-0.5V hingga (Vcc + 0.5V)
Driver Output Current - A/B Pins	±250mA
Storage Temperature Range	-65°C hingga 150°C
Operating Temperature Range	0°C hingga 70°C

2.10 Sistem Pemrosesan Data

2.10.1 STM32F4 Discovery

STM32F4 Discovery adalah mikrokontroler yang dirancang oleh STMicroelectronics untuk memfasilitasi evaluasi dan pengembangan aplikasi menggunakan mikrokontroler STM32F407VGT6 yang berbasis inti ARM Cortex-M4F dengan kecepatan hingga 168MHz [29]. Mikrokontroler ini memiliki pin GPIO dengan berbagai fungsi yang bisa digunakan untuk *Input*, *Output*, USART, SPI, I2C, CAN, USB, Timer, ADC, dan DAC. Perangkat ini dilengkapi *memory* 1Mb Flash dan 192Kb RAM di LQFP100 *Package*. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C, biasanya untuk memprogram mikrokontroler ini bisa menggunakan *software* STM32CubeIDE dan Keil uVision. Untuk konfigurasinya menggunakan *software* CubeMX yang dapat mengatur CPU dan periferal serta menyesuaikan frekuensi dan mode pin.



Gambar 2.7 STM32F4 Discovery

STM32F4 Discovery membutuhkan daya 3.3V atau 5V sebagai sumber daya utamanya, untuk *debugger*-nya menggunakan ST-Link/V2-A. STM32F4 Discovery berperan sebagai unit pemrosesan utama yang bertanggung jawab dalam pengontrolan *input* dan *output* pada sistem FACP.

Tabel 2.6 Spesifikasi STM32F4 Discovery [30]

Subjek	Spesifikasi
<i>Core</i>	32-bit Arm® Cortex®-M4 with FPU core
Kecepatan Clock	168MHz
IC Package	LQFP64, LQFP100, LQFP144, dan lain-lain
<i>Memory</i>	1Mb Flash, 192KB RAM in LQFP100 Package
Debugger/Programmer On Board	ST-LINK/V2-A
Power	USB 5V or 3V
Periferal	USART, SPI, I2C, CAN, USB, Timer, ADC, DAC
Tombol	1 Tombol Pengguna, 1 Tombol Reset
Port USB OTG	Micro-AB
Software Pendukung	STM32Cube atau STSW-STM32068 (legacy standard libraries)

Pin *General Purpose Input Output* (GPIO) yang digunakan STM32F4 Discovery untuk sistem FACP adalah GPIO *Input Output*, ADC *Input*, SPI, I2C, dan RX/TX. ADC adalah pin *input* STM32F4 Discovery yang dapat membaca sinyal analog (tegangan kontinu) dan merubahnya menjadi data digital (biner), tujuan dirubahnya sinyal ini adalah agar mikrokontroler dapat memproses sinyal

analog yang diterima dari sensor yang outputnya berupa tegangan. *Inter-Integrated Circuit* (I2C) adalah komunikasi serial sinkron yang memungkinkan komunikasi antara beberapa master dan beberapa slave melalui dua jalur SDA (Data) dan SCL (*Clock*), *Serial Data Line* (SDA) berfungsi sebagai jalur untuk mengirim dan menerima data, sedangkan *Serial Clock Line* (SCL) berfungsi sebagai jalur untuk mengirim sinyal *clock* dari master ke slave [31].

Serial Peripheral Interface (SPI) adalah komunikasi serial sinkron yang digunakan untuk komunikasi cepat antara mikrokontroler (STM32) dengan *peripheral* seperti sensor (*gyroscope, accelerometer, dll*), SD Card, LCD/ Display SPI, EEPROM, *Flash memory*. SPI memiliki 4 pin utama yaitu, *Master Out Slave In* (MOSI) sebagai jalur pengiriman data dari master ke slave, *Master In Slave Out* (MISO) sebagai jalur pengiriman data dari slave ke master, *Serial Clock* (SCK) *Clock* utama yang disediakan master untuk sinkronisasi bit data, dan pin terakhir adalah *Slave Select* (NSS) digunakan master untuk memilih slave tertentu [32]. RX/TX adalah konfigurasi pin dari *Universal Asynchronous Receiver Transmitter* (UART), pin RX adalah pin *receiver* yaitu pin yang menerima data dan pin TX adalah pin *transmitter* yaitu pin yang mengirim data [33].

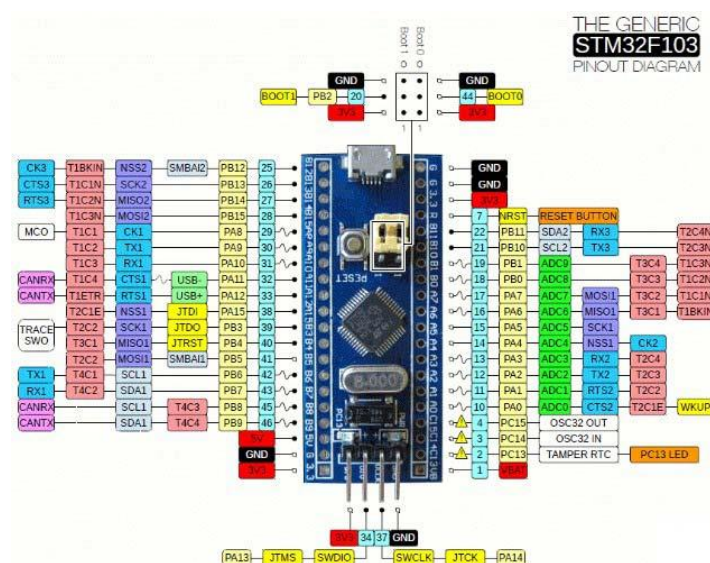
Berdasarkan dari Tabel 2.6, mengenai spesifikasi dari STM32F4 Discovery, mikrokontroler ini memiliki spesifikasi yang tepat untuk digunakan sebagai mikrokontroler utama pada sistem FACP. STM32F4 memiliki kinerja yang tinggi karena menggunakan *core* ARM Cortex-M4 yang bisa memproses data dalam bentuk 32-bit dengan kecepatan *clock* 168MHZ, dengan *core* ini, STM32F4 Discovery dapat melakukan pemrosesan data secara cepat dan efisien untuk melakukan *filtering* sinyal analog seperti Kalman Filter pada sistem FACP. Selain itu, unit FPU pada ARM Cortex-M4 memungkinkan mikrokontroler untuk melakukan perhitungan

matematis kompleks dengan presisi tinggi tanpa membebani performa sistem secara keseluruhan. Mikrokontroler ini juga memiliki *Flash* sebesar 1MB dan SRAM sebesar 192KB yang sangat mendukung dalam penyimpanan data dan variabel selama sistem berjalan.

Banyaknya jumlah peripheral seperti ADC 12-bit berkecepatan tinggi, komunikasi UART, SPI, I2C, serta DMA membuat STM32F4 Discovery mampu menangani berbagai proses secara multitasking tanpa mengalami *bottleneck* (memperlambat sistem secara keseluruhan). Dengan spesifikasi seperti ini, STM32F4 Discovery merupakan pilihan yang tepat sebagai pusat pengolahan data dalam sistem FACP yang membutuhkan kecepatan, akurasi dan stabilitas dalam membaca serta memproses sinyal sensor secara *real-time*.

2.10.2 STM32F103C8T6 BLUE PILL

STM32F103C8T6 BLUE PILL adalah seri mikrokontroler 32-bit yang dikembangkan oleh STMicroelectronics, berbasis arsitektur ARM Cortex-M3. Seri ini termasuk dalam kelompok mikrokontroler mainstream STM32 dan dikenal karena performa yang baik dan fitur-fitur yang luas [34].



Gambar 2.8 STM32F103C8T6 BLUE PILL [35]

Mikrokontroler ini membutuhkan 5V atau 3V sebagai sumber daya utamanya, frekuensi operasinya adalah 72MHz yang berarti mikrokontroler ini bekerja dengan kecepatan clock 72MHz. Selain itu, perangkat ini menggunakan mode debug SWD (*Serial Wire Debug*) yang merupakan protokol debugging dari ARM pengembang STM32. Untuk komunikasinya, perangkat ini mendukung berbagai *interface* seperti UART (komunikasi serial), SPI (komunikasi kecepatan tinggi dengan sensor dan memori), I2C (komunikasi periferan EEPROM dan sensor), CAN (komunikasi industri), USB (koneksi USB), serta *Timer* (Pengaturan waktu). Mikrokontroler ini memiliki 64KB Flash sebagai memori program, 20KB SRAM sebagai memori kerja penyimpanan data sementara saat program berjalan.

Tabel 2.7 Spesifikasi STM32F103C8T6 BLUE PILL [34]

Subjek	Spesifikasi
<i>Core</i>	CPU ARM Cortex-M3 32-bit
<i>Memory</i>	64KB Flash, 20KB SRAM
<i>IC Package</i>	LQFP48, LQFP64, dan LQFP100.
Interface	USART, SPI, I2C, CAN, USB, Timer
Frekuensi Operasi	72MHz
Mode Debug	SWD
ADC Converter	2x ADC (12-bit / 16-channel)
Power	5V dan 3.3V
Suhu Operasi	-40°C hingga +85°C atau +105°C

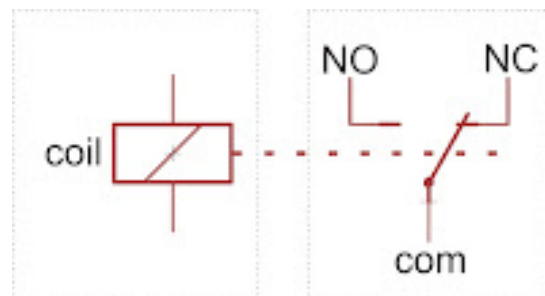
STM32F1 Blue Pill ini digunakan karena mempunyai performa yang tinggi tetapi hemat daya, selain itu mikrokontroler ini merupakan MCU yang kompatibel dengan STM32F4 Discovery karena termasuk kedalam STM32 Cortex-M series dan memiliki *software development* yang sama, sehingga STM32F103C8T6

BLUE PILL dengan STM32F4 Discovery lebih mudah untuk dikonfigurasi.

2.11 Sistem *Output*

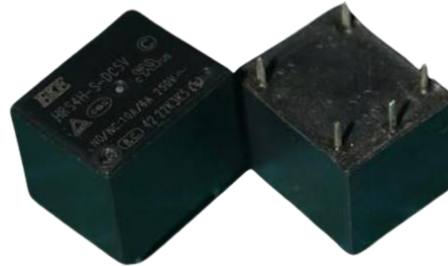
2.11.1 Relay 5V 5 Pin HKE HRS4H-SDC5V

Relay adalah komponen elektronik yang memiliki fungsi sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh listrik. Komponen relay terdiri dari 2 bagian utama yaitu, elektromagnet (*coil*) dan mekanisme saklar (*switch*). Relay bekerja dengan memanfaatkan prinsip elektromagnetik, dimana arus listrik yang mengalir melalui *coil* akan menghasilkan medan magnet yang menarik atau mendorong kontak saklar, sehingga memungkinkan aliran listrik pada rangkaian yang dikendalikannya [36]. Simbol relay akan ditampilkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Simbol Relay [37]

Relay yang digunakan adalah relay jenis *Single Pole Double Throw* (SPDT) yang memiliki 5 terminal (3 terminal saklar dan 2 terminal *coil*), relay ini dapat mengontrol dua rangkaian elektronik dan beroperasi dalam dua posisi kontak. Relay ini bekerja saat diberi tegangan 5VDC, dengan tegangan operasi minimal 3.5VDC. Komponen ini mampu mengontrol perangkat hingga arus maksimal 10A, dan dapat digunakan untuk tegangan AC hingga 250V atau tegangan DC hingga 30V.



Gambar 2.10 Relay 5V HKE HRS4H-S0DC5V

Tabel 2.8 Spesifikasi HKE HRS4H-S-DC5V [38]

Subjek	Spesifikasi
<i>Coil Voltage</i>	5V DC
<i>Coil Resistance</i>	70 Ω
Operating Voltage (Tegangan Operasi Minimal)	3.5V DC
Release Voltage (Tegangan Lepas Minimal)	0.5V DC
<i>Coil Power</i>	0.36W
<i>Current Maximum</i>	10A
<i>Voltage Maximum</i>	250V AC / 30V DC
Konfigurasi Kontak	Single Pole Double Throw (SPDT)

2.11.2 Annunciator

Annunciator fire alarm merupakan perangkat pelengkap yang mendukung kinerja FACP. Secara fungsional, annunciator berperan sebagai media komunikasi serta penghubung antara operator dengan panel detektor. Alat ini berguna untuk mempermudah proses pemantauan, namun tidak memiliki fungsi pengendali aktif seperti *control panel* utama [39].



Gambar 2.11 Fire Alarm Hooter

Tabel 2.9 Spesifikasi Fire Hooter

Subjek	Spesifikasi
<i>Operating Voltage Zone</i>	24VDC
<i>Operating Current</i>	$\leq 60\text{mA}$
<i>Alarm</i>	SPL $\geq 84\text{dB}$ (3 pilihan suara)
<i>Flash period</i>	1 Time/Sec
<i>Environmental Temperature</i>	-5 to 40°C (23-10°F)
<i>Humidity</i>	5 to 95% RH, non-condensing
<i>Protection</i>	IP30

Pada Gambar 2.11, *fire alarm hooter* adalah salah satu jenis *annunciator* suara (*audible annunciator*). Perangkat ini bekerja dengan cara mengeluarkan suara nyaring yang dapat diubah suaranya (3 pilihan suara) dan cahaya kilat (*strobe light*) secara bersamaan ketika menerima sinyal dari FACP.

2.11.3 Piezoelectric Buzzer 5V

Buzzer merupakan komponen elektronika yang dapat menghasilkan getaran suara berupa gelombang bunyi. *Buzzer* elektronik menghasilkan getaran suara saat diberikan tegangan listrik dalam batas tertentu, sesuai dengan spesifikasi bentuk dan ukurannya. *Buzzer* bekerja dengan cara mengubah tegangan listrik

menjadi getaran suara dengan frekuensi sekitar 1-5 KHz [40]. Efek *piezoelectric* pada *buzzer* adalah sifat bahan tertentu yang menghasilkan muatan listrik saat ditekan secara mekanis. Muatan listrik ini kemudian diubah menjadi gelombang suara [41].



Gambar 2.12 Bentuk dan Simbol Buzzer [40]

2.12 Sistem *Power Supply*

2.12.1 Rangkaian *Buck Converter*

Buck Converter merupakan DC-DC *converter* yang menurunkan tegangan *input* DC yang lebih tinggi menjadi tegangan *output* DC lebih rendah, terdiri dari komponen *switching*, komponen pasif induktor dan kapasitor, dan resistor sebagai beban [42]. *Buck converter* bekerja dengan prinsip *switching*, menggunakan MOSFET sebagai saklar yang mengatur arus melalui induktor dan dioda untuk menjaga tegangan *output* tetap stabil.

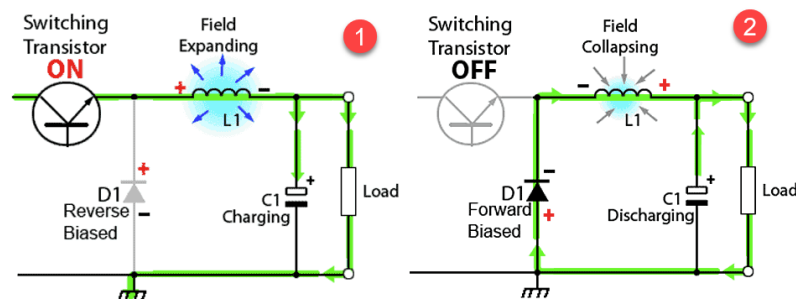


Fig. 3.1.2 Switching Transistor 'on' Period

Fig. 3.1.3 Switching Transistor 'off' Period

Gambar 2.13 Rangkaian Buck Converter [43]

Gambar 2.13 merupakan visualisasi dari cara kerja *buck converter*. Saat *switch* tertutup (ON) maka tegangan *input* dialirkan di rangkaian utama yang meliputi induktor dan beban sehingga arus yang melalui induktor meningkat. Dioda dianggap tidak aktif karena kondisi *reverse biased*. Saat *switch* terbuka (OFF) maka dioda

menjadi *forward biased* sehingga arus mengalir melalui dioda. Energi yang sebelumnya disimpan dalam induktor selama mode ON dilepaskan ke beban [43].

Pada susunan *buck converter* yang dirangkai pada *board* terdapat regulator tegangan yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan *output* yang diinginkan yaitu 12V, 5V, dan 3V, seperti penggunaan regulator tegangan LM2596 dan LM350 pada susunan rangkaian *buck converter*.

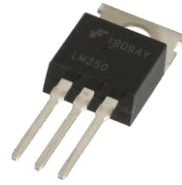


Gambar 2.14 LM2596T-ADJ/NOPB Switching Regulator [44]

Berdasarkan Gambar 2.14, LM2596 adalah *switching voltage* regulator tipe *buck converter* (*step-down*) yang digunakan untuk menurunkan tegangan *input* 24V dari Modul *Buck converter* 24V menjadi tegangan yang lebih rendah yaitu 12V dan 5V. Berikut adalah spesifikasi dari LM2596T yang akan ditampilkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10 Spesifikasi LM2596T [45]

Subjek	Spesifikasi
<i>Input Voltage</i>	40V
<i>Output Voltage</i>	1.2 – 37V (Adjustable)
<i>Output Current Maximum</i>	3A
<i>Switching Frequency</i>	150KHz
Efisiensi	73%

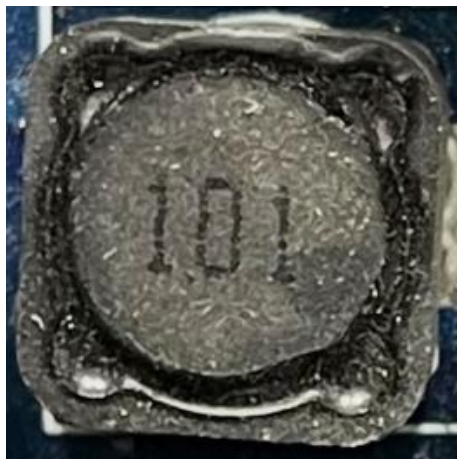


Gambar 2.15 LM350 [46]

Gambar 2.15 merupakan LM350 atau *linear voltage* regulator yang digunakan untuk menurunkan tegangan *input* 5V menjadi tegangan yang lebih rendah yaitu 3V. Berikut spesifikasi dari LM350 akan ditampilkan pada Tabel 2.11.

Tabel 2.11 Spesifikasi LM350 [47]

Subjek	Spesifikasi
<i>Input Voltage</i>	35V
<i>Output Voltage</i>	1.25 – 33V (<i>Adjustable</i>)
<i>Output Current</i>	3A
Efisiensi	50% - 70%



Gambar 2.16 Induktor DS1207

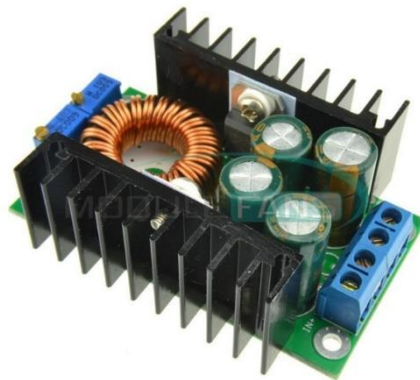
Induktor adalah komponen elektronika pasif yang dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh aliran listrik [48]. Induktor yang digunakan adalah induktor DS1207 100uH, induktor ini digunakan pada rangkaian *buck converter* yang bertujuan untuk mengoptimalkan proses konversi daya.

Tabel 2.12 Spesifikasi Induktor DS1207 [49]

Subjek	Spesifikasi
Nilai Induktansi	100 μ H
Toleransi Induktansi	$\pm 20\%$
Resistansi DC (DCR)	0,1 Ω
Arus Maksimum	2A
Frekuensi Kerja	hingga 1MHz
Tipe	SMD Power Inductor

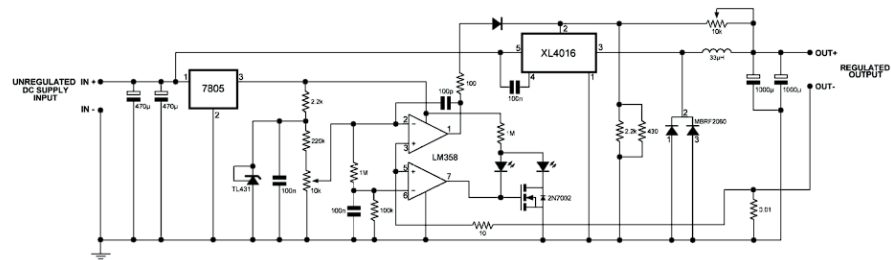
2.12.2 Modul *Buck Converter* 24V

Modul *Buck Converter* 24V merupakan salah satu jenis *converter* DC - DC yang digunakan dalam sistem ini untuk mengubah tegangan input yang lebih tinggi menjadi tegangan output yang lebih rendah dan stabil. Bentuk fisik dari modul tersebut ditunjukkan pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Buck Converter 5-40V To 1.2-35V Power module

Modul *Buck Converter* 24V adalah jenis *converter* DC-DC yang berfungsi menurunkan tegangan dari sumber tegangan yang lebih tinggi menjadi tegangan yang lebih rendah. Modul *converter* ini dapat menurunkan tegangan *input* yang kurang stabil dari SMPS 24V 10A dan baterai 24V menjadi tegangan *output* 24V yang stabil, rangkaian skematik dari *buck converter module* XL4016 akan ditampilkan pada Gambar 2.18.



Gambar 2.18 Skematik Buck Converter XL4016 Modul [50]

Pada Gambar 2.18, skematik dari modul *buck converter* ini memiliki regulator 7805 (5V) yang mengatur tegangan *input* LM358, yang berfungsi sebagai komparator tegangan umpan balik. TL431 bekerja sebagai shunt regulator, digunakan sebagai referensi tegangan positif dalam rangkaian komparator. XL4016 adalah regulator tegangan *switching*, yang berarti bekerja sebagai saklar frekuensi tinggi. Dioda ganda (Schottky) berfungsi sebagai penyearah tegangan dan memiliki karakteristik kecepatan tinggi yang sangat penting untuk efisiensi *converter*. Kumparan induktor berperan sebagai komponen konversi energi. Rangkaian ini juga memiliki kapasitor elektrolit di bagian *input* dan *output*, yang berfungsi sebagai filter untuk menghilangkan riak tegangan dari bagian rangkaian yang tidak teratur dan bekerja dengan sistem *switching*, serta menyimpan energi listrik [50].

Sistem FACP menggunakan Modul *Buck Converter* 24V DC karena berdasarkan komponen yang memiliki tegangan terbesar dalam sistem FACP adalah 24V DC, tegangan ini digunakan untuk sumber daya tegangan sensor, *buck converter on board*, dan kontrol *pole output* relay. Berdasarkan Tabel 2.13, modul *buck converter* ini dapat menurunkan tegangan *input* 5V-40V DC menjadi tegangan *output* yang dapat diatur 1.2V hingga 35V DC. Arus *output* dapat ditentukan sesuai kebutuhan dari sistem FACP dengan maksimal keluaran arus 12A, dan maksimal daya yang dikeluarkan adalah 300W.

Tabel 2.13 Spesifikasi DC Buck Converter Power Module. [50]

Subjek	Spesifikasi
<i>Input Voltage</i>	5 - 40V
<i>Output Voltage</i>	1.25 - 35V (<i>adjustable</i>)
<i>Constant current range</i>	0.2-9A (<i>adjustable</i>)
<i>Output Power Max</i>	250W
Dimensi	6.5cm x 4.8cm x 2.4cm

2.12.3 *Battery SMT Power 12V*

Baterai merupakan alat yang mengonversi energi kimia dalam bahan aktifnya menjadi energi listrik secara langsung melalui proses elektrokimia oksidasi-reduksi (redoks). Proses ini melibatkan perpindahan elektron antara bahan yang berbeda melalui sirkuit listrik [51].

**Gambar 2.19** Baterai SMT Power 12Volt 5AH – SMT125

Berdasarkan Tabel 2.14, baterai SMT Power memiliki tegangan 12V dengan kapasitas 5Ah, yang berarti dapat menyediakan arus 5A selama 1 jam atau 0.5A selama 10 jam sebelum mencapai tegangan batasnya. Untuk pengisian daya, tegangan optimalnya adalah 14,4V - 15,0V pada 25°C dalam mode siklus (penggunaan aktif), sedangkan dalam mode standby (cadangan daya), tegangan pengisian yang disarankan adalah 13,5V - 13,8V. Koefisien suhu untuk pengisian adalah -30mV/°C untuk mode siklus dan -20mV/°C untuk mode standby, yang berarti tegangan pengisian harus disesuaikan dengan suhu lingkungan untuk mencegah overcharging

[52]. Untuk menghitung estimasi waktu *backup* dari sistem FACP jika terjadi pemadaman listrik (terjadi kebakaran atau gangguan PLN), maka sistem daya akan beralih menggunakan baterai aki sebagai sumber daya cadangan. Berikut adalah perumusannya.

$$Waktu Backup = \frac{\text{daya total baterai}}{\text{daya sistem}} \quad (2.11)$$

Berdasarkan perumusan 2.11, daya total baterai didapat dari kapasitas daya baterai aki dan daya sistem didapat dari total daya sistem FACP.

Tabel 2.14 Spesifikasi Baterai SMT-Power [52]

Subjek	Spesifikasi
<i>Voltage</i>	12V
<i>Capacity</i>	5Ah
<i>Rated Capacity</i>	• 5,0 Ah (0,25A – 20 jam, 1,80V/sel, 25°C) • 4,72 Ah (0,472A – 10 jam, 1,80V/sel, 25°C) • 4,40 Ah (0,88A – 5 jam, 1,75V/sel, 25°C) • 4,06 Ah (1,35A – 3 jam, 1,75V/sel, 25°C) • 3,51 Ah (3,51A – 1 jam, 1,60V/sel, 25°C)
<i>Cycle Use</i>	<i>Initial Charging Current less than 1.2A. Voltage 14.4V~15.0V at 25°C(77°F) Temp. Coefficient - 30mV/°C</i>
<i>Stand by Use</i>	<i>No limit on initial Charging Current Voltage 13.5V~13.8V at 25°C(77°F) Temp. Coefficient - 20mV/°C</i>

Baterai yang digunakan pada sistem FACP adalah baterai aki 12V 5Ah, sistem FACP menggunakan dua baterai aki yang dihubungkan secara seri bertujuan untuk menyediakan *backup* daya 24V karena sistem FACP bekerja pada daya 24V.

2.12.4 Fuse

Fuse adalah komponen pengaman aliran listrik yang dirancang untuk melindungi sirkuit dan peralatan elektronik dari kerusakan akibat arus berlebih atau korsleting. Ketika arus listrik melebihi batas aman, fuse akan meleleh atau terputus yang mengakibatkan aliran listrik terputus untuk mencegah terjadinya kerusakan atau bahkan kebakaran [53].



Gambar 2.20 Fuse 10A

2.12.5 MCB (*Miniature Circuit Breaker*)

MCB adalah alat yang berfungsi untuk memutus arus listrik ketika terjadi gangguan pada sirkuit untuk mencegah kerusakan kabel listrik lebih lanjut atau bahkan kebakaran. MCB akan memutuskan aliran listrik secara otomatis ketika terjadi gangguan arus berlebih, seperti korsleting atau hubungan singkat arus yang pendek [54]. MCB menggunakan mekanisme elektromagnetik atau bimetal yang akan memutuskan aliran listrik secara otomatis ketika terjadi kelebihan arus dan dapat digunakan kembali dengan merubah posisi saklar. Spesifikasi dari MCB Chint NXB-63 akan ditampilkan pada Tabel 2.15.



Gambar 2.21 MCB Chint NXB-63 1P [55]

Tabel 2.15 Spesifikasi MCB Chint NXB-63 [55]

Subjek	Spesifikasi
<i>Rated Current</i>	2A
<i>Rated Voltage</i>	230VAC
<i>Frequency</i>	50Hz
<i>Pole</i>	1P
<i>Rated Short-Circuit Breaking Capacity</i>	6000A



Gambar 2.22 MCB DC TOMZN 10A 1P [56]

Selain MCB Chint NXB-63, sistem FACP juga menggunakan MCB untuk tegangan DC dari baterai aki yaitu MCB DC TOMZN 10A 1P (dapat dilihat pada Gambar 2.22). MCB DC merupakan perangkat pelindung untuk memutus aliran arus searah (DC) dalam suatu sirkuit saat arus berlebih terdeteksi yang dapat menyebabkan panas berlebih dan kerusakan. Spesifikasi dari MCB DC TOMZN 10A bisa dilihat pada Tabel 2.16.

Tabel 2.16 Spesifikasi MCB DC TOMZN 10A [56]

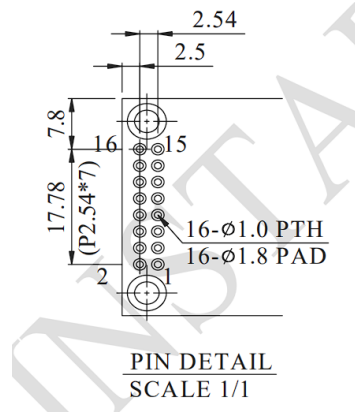
Subjek	Spesifikasi
<i>Rated Current</i>	10A
<i>Rated Voltage</i>	125VDC
<i>Pole</i>	1P
<i>Rated Short-Circuit Breaking Capacity</i>	6000A

2.13 Display LCD Green 40x2

LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah modul tampilan elektronik yang menggunakan kristal cair untuk menghasilkan gambar yang terlihat [57]. LCD yang digunakan untuk sistem FACP adalah LCD karakter 40x2 yang memiliki layar 40x2 dengan 40 karakter per barisnya, setiap karakter ditampilkan dalam matriks *pixel* 5x7 dengan dimensi 182mm x 33.5mm . *Supply voltage* yang dibutuhkan untuk menyalakan LCD 40x2 ini adalah 5V yang berasal dari *buck converter*.

**Gambar 2.23** LCD Character 40x2**Tabel 2.17** Spesifikasi LCD [58]

Subjek	Spesifikasi
<i>Supply Voltage</i>	5V
<i>Operating Temperature</i>	-20°C - 70°C
<i>LCD Colour</i>	Green
<i>Number of Characters</i>	40 Character x 2 Lines
<i>Backlight Type</i>	LED
IC	ST7066U



Gambar 2.24 Detail Pin LCD 40x2 [58]

Tabel 2.18 Fungsi Pin LCD 40x2 [58]

Pin	Symbol	Deskripsi
1	V_{SS}	Ground
2	V_{DD}	Vcc (5V)
3	V_0	Operating Voltage LCD (Contrast Adjustment)
4	RS	H : Data, L Instruction code
5	R/W	H: Read, L: Write
6	E	Chip enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	A/V_{EE}	Power Supply for Backlight +
16	K	Power Supply for Backlight -

Berdasarkan Tabel 2.18, LCD ini memiliki 16 pin yang memiliki perannya masing-masing. Pin 1 (V_{SS}) adalah *ground* dan dihubungkan ke GND sistem, Pin 2 (V_{DD}) adalah *input* tegangan positif (5V) untuk menghidupkan LCD, Pin 3 (V_0) adalah pin untuk mengatur kontras tampilan LCD yang biasanya dihubungkan ke potensiometer. Pin 4 (RS) atau *Register Select* berfungsi untuk memilih jenis data yang akan dikirim, jika RS bernilai *high* maka data yang dikirim dianggap sebagai karakter, sedangkan RS bernilai *low* maka data yang dikirim dianggap sebagai perintah. Pin 5 (R/W) adalah pin kontrol untuk *read* atau *write*, Pin 6 (E) adalah pin *enable* untuk transfer data ke LCD yang dikontrol oleh modul adapter I2C. Pin 7 hingga 14 (D0-D7) adalah jalur data, pada mode 8-bit pin DB0 hingga DB7 digunakan untuk mengirimkan data dan perintah, namun pada mode 4-bit hanya DB4-DB7 yang digunakan, dimana data dikirim dalam dua bagian (*nibble*), dan yang terakhir adalah Pin 15 dan Pin 16 merupakan pin positif *backlight* LCD dan pin negatif atau *ground* untuk *backlight*.

2.14 Exhaust DC Fan 12V

Exhaust DC Fan berfungsi mengatur sirkulasi udara pada mesin. Dalam sistem FACP, kipas ini digunakan untuk membuang panas di dalam panel akibat kerja sistem power menjaga suhu panel tetap stabil. *Exhaust DC Fan* memerlukan suplai 12V yang diperoleh dari *buck converter* 12V [59]. Bentuk *exhaust DC Fan* dapat dilihat pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25 Exhaust DC Fan 12V