

LAMPIRAN I
PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA
NOMOR 10 TAHUN 2023
TENTANG
BANGUNAN GEDUNG CERDAS

STANDAR TEKNIS BGC

A. PRINSIP BGC

Prinsip BGC merupakan asas yang menjadi pertimbangan dalam perwujudan BGC dalam setiap tahapan Penyelenggaraan BGC yang dikelola secara terintegrasi melalui Sistem Manajemen Bangunan Gedung atau *Building Management System* (BMS) pada BGC. Prinsip BGC memuat keseimbangan antara aspek manusia, lingkungan, dan teknologi, baik yang dinyatakan secara eksplisit maupun implisit. Prinsip BGC meliputi:

1. Bekerja secara otomatis
BGC menggunakan sistem automasi untuk memantau dan mengendalikan berbagai elemen dalam Bangunan Gedung agar beroperasi secara optimal, efisien, dan responsif terhadap kebutuhan pengguna.
2. Saling terhubung dan terintegrasi
BGC melibatkan penggunaan teknologi tinggi yang saling terhubung dan terintegrasi antar-elemen di dalam Bangunan Gedung, antara Bangunan Gedung dengan kawasan dan kota, melalui suatu jaringan komunikasi data.
3. Penerapan manajemen energi terpadu
BGC melibatkan penggunaan sistem manajemen energi yang terintegrasi untuk mengoptimalkan penggunaan energi, dengan cara mengurangi konsumsi energi yang tidak perlu dan mengidentifikasi peluang penghematan. Termasuk di dalamnya berupa pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk meminimalkan dampak lingkungan dari penggunaan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui.
4. Perlindungan dari ancaman siber
BGC dilengkapi dengan sistem keamanan yang dapat melindungi BGC dari ancaman siber (peretasan) baik dalam bentuk serangan melalui jaringan maupun melalui perangkat.
5. Penggunaan analitik data dan pembelajaran mesin (*machine learning*)
BGC menggunakan analitik data dan teknik pembelajaran mesin untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memanfaatkan data yang dihasilkan oleh berbagai elemen Bangunan Gedung untuk mengidentifikasi masalah dan mengambil tindakan yang tepat, sehingga dapat mengoptimalkan kinerja operasionalnya.
6. Berorientasi kepada kepuasan pengguna
BGC mengutamakan pemenuhan kebutuhan pengguna dalam aspek keselamatan, kesehatan, kenyamanan, kemudahan, dan keamanan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hidup pengguna. Pemenuhan kebutuhan pengguna tersebut dapat dicapai melalui pengaturan lingkungan binaan di dalam dan sekitar Bangunan Gedung yang meliputi lingkungan termal dan visual, penyediaan air minum, pengelolaan sampah dan air limbah, serta keamanan fisik

pengguna, dengan bantuan teknologi cerdas.

7. Bersifat fleksibel
Kesiapan BGC di masa depan melibatkan pertimbangan skalabilitas dan fleksibilitas. Infrastruktur harus mengakomodasi kemajuan teknologi dan kebutuhan pengguna yang berkembang.
8. Pemantauan berkelanjutan
Pemantauan berkelanjutan dan pemeliharaan berkala harus dilakukan untuk mengidentifikasi potensi masalah, mengoptimalkan kinerja, dan memperpanjang umur sistem BGC. SOP pemantauan dan pemeliharaan dapat dimodifikasi sesuai kebutuhan.
9. Bersifat inklusif
BGC harus melibatkan semua pemangku kepentingan, termasuk Pemilik, Pengelola, dan Pengguna Bangunan Gedung. Edukasi dan peningkatan kesadaran pengguna diperlukan untuk mendorong upaya kolaboratif dalam implementasi BGC.

B. SISTEM MANAJEMEN BANGUNAN GEDUNG (*BUILDING MANAGEMENT SYSTEM*) PADA BGC

1. Umum

Sistem Manajemen Bangunan Gedung atau *Building Management System* (BMS) pada BGC dapat memberikan data terkait peralatan atau komponen tertentu dalam sistem Bangunan Gedung serta memberikan alarm jika terjadi masalah atau gangguan. BMS umumnya disediakan oleh penyedia jasa sistem automasi Bangunan Gedung, dan dapat diakses melalui stasiun-kerja atau perangkat nirkabel dan juga akses internet.

2. Kriteria

Penerapan BMS mengacu pada:

- a. ANSI/ASHRAE 135-2020, *BACnet - A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks* atau perubahannya;
- b. ISO 16484-1, *Building Automation and Control Systems (BACS) - Part 1: Project Specification and Implementation* atau perubahannya;
- c. ISO 16484-2, *Building Automation and Control Systems (BACS) - Part 2: Hardware* atau perubahannya;
- d. ISO 16484-3, *Building Automation and Control Systems (BACS) - Part 3: Functions* atau perubahannya;
- e. ISO 16484-5, *Building Automation and Control Systems (BACS) - Part 5: Data communication protocol* atau perubahannya;
- f. ISO 16484-6, *Building Automation and Control Systems (BACS) - Part 6: Data communication conformance testing* atau perubahannya;
- g. IEC EN 61131-2, *Industrial-process measurement and control – Programmable controllers – Part 2: Equipment requirements and tests* atau perubahannya;
- h. EN 61326, *Electrical equipment for measurement, control, and laboratory use – EMC requirements* atau perubahannya; dan
- i. UL 916, *UL Standard for Safety Energy Management Equipment* atau perubahannya.

BMS terdiri dari tiga lapisan, yaitu:

- a. Lapisan bawah (*low layer*)
Lapisan ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang

digunakan untuk mengumpulkan data dari lapangan. Perangkat keras meliputi sensor, aktuator, dan kontroler yang terhubung ke jaringan BMS, sementara perangkat lunak berupa sistem operasi waktu-nyata yang digunakan untuk mengumpulkan data secara periodik.

b. Lapisan tengah (*middle layer*)

Lapisan ini bertindak sebagai penghubung antara lapisan bawah dan lapisan atas. Pada lapisan ini, data yang dikumpulkan oleh perangkat keras pada lapisan bawah diolah dan dianalisis oleh perangkat lunak seperti *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) atau *Direct Digital Control* (DDC). Lapisan ini juga berisi basis data yang menyimpan informasi tentang konfigurasi sistem, riwayat pemeliharaan, dan jadwal perawatan.

c. Lapisan atas (*top layer*)

Lapisan ini merupakan antarmuka pengguna akhir untuk memantau dan mengendalikan BMS secara keseluruhan. Lapisan ini harus memiliki kemampuan sebagai perangkat lunak platform BGC. Pada lapisan ini, data yang telah diolah pada lapisan tengah ditampilkan dalam bentuk grafik atau tabel menggunakan aplikasi BMS. Pengguna dapat menggunakan aplikasi ini untuk memantau kondisi Bangunan Gedung secara waktu-nyata.

3. Komponen

BMS memiliki perangkat teknologi informasi (TI) yang terdiri dari server, sistem operasi TI, alamat *Internet Protocol* (IP), dan basis data TI. Sistem TI ini harus memenuhi standar, termasuk standar internasional untuk pemasangan kabel yang terkait dengan sistem automasi Bangunan Gedung, kontroler *Building Automation System* (BAS), dan analisis data untuk data sistem Bangunan Gedung.

BMS terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

a. Sensor

Sensor digunakan untuk mengukur besaran-besaran fisika, kimia, maupun biologis yang mungkin ada di dalam sebuah Bangunan Gedung seperti suhu udara, kelembapan udara, tekanan udara, tingkat pencahayaan, karbon dioksida, PM2.5, PM10, *volatile organic compound* (VOC), dan besaran lainnya.

Sensor harus memenuhi standar dan memiliki spesifikasi teknis sesuai dengan peruntukannya, memiliki luaran dalam bentuk sinyal digital, dan terhubung ke dalam sistem automasi dan kontrol Bangunan Gedung.

b. Kontroler

Komponen ini bertanggung jawab untuk mengendalikan sistem BGC, yang secara umum disebut DDC dan memiliki kemampuan terprogram yang mencakup penjadwalan waktu, *set-point*, program logika, *history log trend*, dan alarm.

Kontroler harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- 1) Memenuhi standar untuk kontroler BMS seperti IEC EN 61131-2, EN 61326, dan UL 916 atau perubahannya.
- 2) Dapat ditingkatkan kapasitasnya untuk mengakomodasi poin berupa modul input/output (I/O) yang perlu dipasang secara terpisah dari kontroler *master* dengan jarak maksimal 300 meter.
- 3) Menggunakan XML Web Services.

- 4) Memiliki bantalan (*mounting*) untuk instalasi menggunakan *DIN Rail*.
- 5) Menggunakan catu daya yang sesuai
- 6) Protokol yang digunakan harus protokol terbuka seperti misalnya *Building Automation and Control networks (BACnet)* dan *Modbus*.
- 7) Berbasis IP.
- 8) Memiliki fasilitas *Real Time Clock (RTC)* dengan akurasi 10 detik per bulan
- 9) Kontroler *master* memiliki *porta Universal Serial Bus (USB)* untuk melakukan penyelesaian masalah (*troubleshooting*) secara langsung.
- 10) Ruang penyimpanan atau peletakan kontroler harus memenuhi persyaratan suhu udara dan kelembapan udara tertentu tanpa terjadinya kondensasi.

c. *Gateway*

Komponen ini menghubungkan dua jaringan atau lebih dengan protokol komunikasi/informasi yang berbeda namun dilakukan secara bersamaan. Komponen ini juga berfungsi sebagai penghubung antara perangkat keras dan perangkat lunak BMS.

d. Perangkat Lunak

Perangkat lunak BMS digunakan untuk memantau dan mengendalikan sistem secara keseluruhan. Perangkat lunak dapat diakses melalui komputer atau perangkat seluler.

Perangkat lunak BMS memiliki standar fitur berupa:

- 1) Perangkat lunak yang diprogram untuk memudahkan pengguna mengetahui kondisi aktual dari perangkat yang terpasang.
- 2) Perangkat lunak yang dapat memfasilitasi jumlah akun pengguna tidak terbatas melalui internet atau intranet. Akses untuk *login* dapat menggunakan standar *web browser* yang mendukung HTML5.
- 3) Perangkat lunak yang dapat memberikan level keamanan yang berbeda kepada pengguna, yaitu *user viewer* dan *user command*.
- 4) Program yang diimplementasikan seperti alarm, skedul, *data logger*, grafik, serta notifikasi harus dapat ditampilkan di *dashboard graphical user interface (GUI)*. Apabila alarm tidak direspons dalam kurun waktu tertentu, program harus dapat memerintahkan untuk eskalasi alarm, dapat berupa email, SMS atau bentuk pemberitahuan lain, kepada level pengguna yang lebih tinggi.
- 5) GUI yang mendukung HTML5, sehingga aksesibilitas, dukungan audio dan video, serta interaksi dengan teknologi seluler dapat diakses melalui komputer atau laptop atau telepon pintar.
- 6) Data aktual harus dapat disimpan menggunakan format *Structured Query Language (SQL)*, *MySQL*, *Oracle Database*, dan *HTTP/HTML/XML, comma-separated values (CSV)*.
- 7) Kapasitas jumlah poin dari perangkat lunak harus dapat ditingkatkan apabila ada pengembangan di lapangan atau apabila terdapat penambahan poin untuk fase berikutnya.
- 8) Perangkat lunak harus mengacu kepada standar keamanan siber yang didukung oleh kata sandi dengan kombinasi angka,

huruf, serta karakter spesial. Selain itu, perangkat lunak harus memiliki fitur *auto logout* dalam durasi waktu tertentu.

- e. Aktuator
Aktuator merupakan sebuah peralatan mekanis untuk menggerakkan atau mengendalikan sebuah mekanisme atau sistem. Pada BGC, aktuator digunakan untuk menggerakkan peralatan seperti katup pengondisian udara, katup air, atau motor listrik yang menggerakkan pintu atau jendela, dan lain-lain.
- f. Jaringan
Jaringan BMS terdiri dari jaringan kabel atau nirkabel yang menghubungkan semua komponen di atas agar dapat berkomunikasi satu sama lain.

Arsitektur jaringan BMS terdiri dari level jaringan berikut:

1) Level Manajemen

Level merupakan level teratas yang terdiri dari stasiun-kerja yang dapat berkomunikasi, menginterogasi, dan mengendalikan perangkat di jaringan. Level manajemen memiliki fungsi:

- a) Pusat administrasi dan kontrol sistem,
- b) Pemrograman sistem dan kontroler lain termasuk urutan (*sequence*) operasi,
- c) Tampilan informasi sistem,
- d) Pelaporan sistem,
- e) Penjadwalan sistem,
- f) Pengarsipan dan analisis data historis,
- g) Cadangan basis data kontroler,
- h) Pelaporan dan analisis alarm, dan
- i) Analisis tren.

Sistem dikelola oleh server dan stasiun-kerja menggunakan sistem operasi standar, aplikasi perangkat lunak pengondisian udara khusus, antarmuka GUI, dan akses *web*.

2) Level Sistem/Bangunan

Level sistem/bangunan dapat dihubungkan ke level manajemen, dan dapat mengelola peralatan pengondisian udara secara langsung atau tidak langsung melalui jaringan di tingkat hilir. Kontroler level ini menangani operasi semua kontroler di tingkat hilir, mengumpulkan dan memelihara data, dan beroperasi sebagai unit mandiri jika komunikasi hilang ke level manajemen. Kontroler level ini memiliki hubungan *peer-to-peer* dengan kontroler lainnya.

Kontroler level sistem/bangunan memungkinkan kontroler level lapangan berkomunikasi dengan kontroler level lapangan lainnya atau sekelompok kontroler lapangan, serta mengakses basis data dan program.

3) Level Lapangan

Level lapangan ini melayani lantai Bangunan Gedung, area, aplikasi, dan perangkat tertentu. Kontroler level ini terbatas dalam hal fungsionalitas dan konektivitas, termasuk di dalamnya kontroler DDC, mekanis, dan kontroler aplikasi khusus.

DDC dapat mendukung banyak aplikasi, jaringan perangkat tertentu, atau komponen peralatan tertentu seperti *Air*

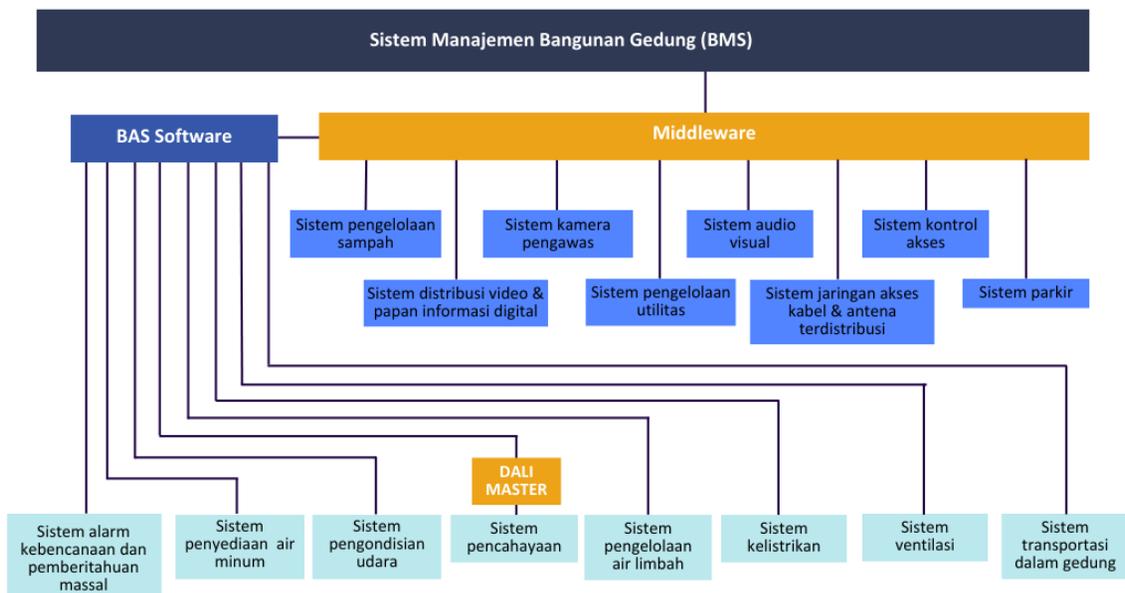
Handling Unit (AHU). Baik DDC dan kontroler mekanis melakukan kontrol melalui algoritma kontrol.

Meskipun protokol jaringan IP dapat digunakan di level manajemen, BACnet atau LonTalk dapat digunakan di level lain. Protokol lain mengenali dominasi protokol IP dan menyediakan *router* untuk transisi dari protokol asalnya ke IP (LonTalk) atau bermigrasi ke IP dengan standar seperti BACnet/IP.

4. Integrasi Sistem

Sistem automasi dan kontrol Bangunan Gedung yang canggih membutuhkan perangkat keras dan protokol jaringan yang mendukung komunikasi antara perangkat dan kontroler di dalam Bangunan Gedung, serta komunikasi antara Bangunan Gedung ke situs jarak jauh, utilitas, dan penyedia layanan lainnya. Istilah teknis yang mengacu pada sistem transfer data ini yaitu *bus*, yang terdiri dari perangkat keras transfer data (kabel, dan lain-lain), perangkat lunak, dan protokol komunikasi.

Sebagian besar jaringan automasi Bangunan Gedung terdiri dari *bus* primer dan *bus* sekunder yang menghubungkan kontroler tingkat tinggi (biasanya khusus untuk automasi Bangunan Gedung, tetapi umumnya berupa DDC) dengan kontroler tingkat rendah, perangkat I/O, dan antarmuka pengguna. Gambar I.1 menggambarkan elemen BGC yang terhubung dan terintegrasi dalam sebuah BMS.



Gambar I.1. Contoh diagram integrasi sistem dalam BMS.

Protokol komunikasi terdiri dari seperangkat aturan yang harus diterapkan untuk bertukar data antara dua lapisan BMS. Kurangnya interoperabilitas antara protokol komunikasi dapat memengaruhi kemungkinan kontrol dan optimalisasi fasilitas yang luas terutama terkait dengan perluasan dan integrasi jaringan sensor nirkabel pintar.

Membuat kerangka umum integrasi sistem sangat penting untuk menyamakan konsep antara Pemilik Bangunan Gedung, perencana, dan kontraktor terkait metode dan integrasi sistem teknologi cerdas yang akan diterapkan.

a. *Middleware*

Middleware merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai penghubung antara perangkat keras dan perangkat lunak pada

lapisan bawah dengan aplikasi pada lapisan atas, sekaligus bertindak sebagai jembatan penghubung untuk mentransfer data teknis dan nonteknis yang didapatkan dari elemen BGC menuju BMS (Gambar I.1).

Elemen BGC yang memberikan data teknis (misal: sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal, sistem pengondisian udara, dan lain-lain) dihubungkan ke perangkat lunak BAS terlebih dahulu sebelum datanya ditransfer ke *middleware* untuk dikumpulkan di BMS. Sistem pencahayaan dikontrol melalui *Digital Addressable Lighting Interface* (DALI) Master sebagai protokol khusus untuk kontrol pencahayaan. Elemen BGC yang memberikan data nonteknis (misal: sistem pengelolaan sampah, sistem distribusi video dan papan informasi digital, dan lain-lain) dihubungkan langsung ke *middleware* untuk menuju BMS.

Middleware memungkinkan data dari berbagai sumber diintegrasikan dan diproses bersama-sama sehingga memberikan informasi yang lebih lengkap dan akurat tentang kondisi Bangunan Gedung. *Middleware* dapat mengoptimalkan kinerja BMS dengan mengatur lalu lintas data dan memastikan data yang diterima oleh aplikasi pada lapisan atas tersaring dan terstruktur dengan baik.

b. Metode Integrasi

Integrasi dapat diterapkan pada beberapa level, yaitu level fisik dan *High Level Interface* (HLI) pada jaringan dan aplikasi, dan menyatukan sistem secara fisik dan fungsional. Integrasi secara fisik merujuk pada pemasangan kabel, ruang peralatan dan dukungan infrastruktur, sementara integrasi secara fungsional pada HLI mengacu pada kemampuan beberapa sistem untuk saling beroperasi menjadi suatu integrasi fungsionalitas.

Metode integrasi sistem antara lain:

1) Integrasi Standar Terbuka (*Open System Interconnection* (OSI))
Salah satu pendekatan metode ini yaitu dengan memilih dua protokol utama yang dapat mencakup hampir semua kebutuhan sistem seperti misalnya BACnet IP dan Modbus IP, atau *Local operating network* (LonWorks) IP dan Modbus IP.

2) Integrasi *Handshake*

Sistem ini memungkinkan penggunaan sistem, fasilitas, atau produk dari dua pabrikan yang berbeda. Pabrikan mengembangkan *Application Programming Interface* (API) agar dua atau beberapa sistem yang berbeda dapat saling terhubung. Protokol ini umumnya digunakan untuk mengintegrasikan sistem BGC dengan sistem kota cerdas atau sistem lain yang lebih besar.

c. Kerangka Referensi

Kerangka referensi untuk integrasi sistem dapat merujuk pada model OSI yang dikembangkan oleh *International Standards Organization* (ISO) berupa tujuh lapisan jaringan komunikasi informasi terbuka yang setiap lapisannya memiliki peran untuk melakukan komunikasi secara menyeluruh pada jaringan.

d. Strategi Pengolahan Integrasi Sistem

Strategi integrasi sistem pada BGC sebagai berikut:

- 1) Membuat daftar jumlah dan tipe sistem yang akan diintegrasikan pada tahap pembangunan dan operasi.
- 2) Menghitung jumlah data yang dapat diintegrasikan dari setiap

sistem dan subsistem, termasuk perangkat fisik.

Struktur komunikasi sistem dan subsistem serta keterbatasan *baud rate* dan *bus scan* perlu dirancang dengan hati-hati agar jaringan dapat ter-konvergensi penuh untuk mengakses data pada tingkat jaringan IP secepat mungkin.

Untuk merancang platform yang dapat menghasilkan informasi sesuai kebutuhan, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain: *throughput* data, kecepatan pemindaian data, kecepatan komunikasi, ketentuan pertukaran data pada sistem perangkat lunak, serta jumlah total nilai dan data.

e. Langkah Integrasi Sistem

Langkah-langkah integrasi sistem dalam BGC sebagaimana ditunjukkan pada Gambar I.2.



Gambar I.2. Diagram langkah-langkah integrasi sistem pada BGC.

- 1) Memahami proses bisnis Bangunan Gedung dan menyusun konsep pemrograman. Tentukan fungsi dan Klasifikasi Bangunan Gedung, serta kebutuhan serta kemampuannya untuk menerapkan sistem cerdas. Pada langkah ini, diperoleh informasi tentang elemen BGC yang perlu disediakan pada Bangunan Gedung.
- 2) Merencanakan integrasi sistem sejak tahap awal. Elemen BGC yang dihasilkan dari langkah sebelumnya kemudian direncanakan proses integrasinya pada tiap lapisan yang diinginkan, dengan mempertimbangkan tujuan penerapan teknologi cerdas berdasarkan fungsi dan klasifikasi Bangunan Gedung.
- 3) Menetapkan tujuan yang realistis dalam penerapan teknologi cerdas, termasuk di dalamnya mengidentifikasi potensi permasalahan, penyesuaian pada manajemen Bangunan Gedung, dan rencana anggaran biaya.
- 4) Mengidentifikasi peran masing-masing penyedia jasa dan tenaga ahli yang merencanakan dan merancang sistem cerdas, menyediakan perangkat lunak dan perangkat keras, serta memasang dan mengoperasikan sistem cerdas.
- 5) Membuat matriks integrasi sistem elemen BGC yang digunakan dan menentukan integrasinya pada setiap tingkatan (level),

baik pada tingkatan fisik (misal: kabel, perlengkapan ruang, dan sebagainya), tingkatan logis (misal: protokol komunikasi/informasi), dan tingkatan fungsional. Contoh matriks integrasi sistem diperlihatkan dalam Tabel I.1.

- 6) Menyusun dokumen spesifikasi teknis dan fungsi operasional integrasi sistem beserta komponen di dalamnya, seperti misalnya kabel, protokol komunikasi, basis data sistem terbuka, peralatan manajemen perambah *web*, skema pelabelan peralatan, dan lainnya.
- 7) Menjembatani Pemilik/Pengelola dalam merespons perubahan operasional dan manajemen Bangunan Gedung akibat adanya integrasi sistem, termasuk terkait peran Pengelola, kebutuhan personil, dan biaya.
- 8) Memberikan estimasi rencana anggaran biaya integrasi sistem dan memperbaharainya secara berkala sesuai kondisi pasar dan perubahan desain.
- 9) Menyesuaikan jadwal pelaksanaan pekerjaan integrasi sistem dengan jadwal pelaksanaan konstruksi secara keseluruhan karena berkaitan dengan pekerjaan Bangunan Gedung lainnya seperti kebutuhan ruang, jalur pengkabelan, dan komponen lainnya.
- 10) Memastikan instalasi integrasi sistem sesuai dengan perencanaan dan berfungsi secara optimal.

Tabel I.1. Contoh Matriks Integrasi Sistem BGC

Matriks Integrasi Sistem BGC	Jaringan Data	Kabel Terstruktur	Sistem Pembumian	VoIP	Sistem UPS	Sistem Nirkabel	Sistem Pendeteksi Intrusi	Sistem Transportasi dalam Gedung	Sistem Pengondisian Udara	Sistem Pencahayaan	Sistem Kelistrikan	Sistem Kontrol Akses	Sistem Kamera Pengawas	Sistem Distribusi Video dan Papan Informasi Digital	Sistem Alarm Kebencanaan dan Pemberitahuan Massal	Sistem Jaringan Akses Kabel dan Antena Terdistribusi	Sistem Audio Visual	Sistem Parkir	Sistem Penyediaan Air Minum	Sistem Pengelolaan Air Limbah	Sistem Pengelolaan Sampah	Sistem Pengelolaan Utilitas	Sistem Ventilasi	Integrasi Sistem Bisnis
Jaringan Data		•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•	•	•	•
Kabel Terstruktur	•			•	•	•			•	•	•	•	•		•		•		•	•	•	•		•
Sistem Pembumian	•			•		•	•	•	•	•	•	•	•		•		•					•		•
VoIP	•	•	•		•			•	•	•		•			•	•	•							•
Sistem UPS	•			•		•	•	•	•	•	•	•	•		•		•		•	•		•		•
Sistem Nirkabel	•	•	•	•	•		•										•	•			•			
Sistem Pendeteksi Intrusi			•		•							•	•											
Sistem Transportasi dalam Gedung			•	•	•				•	•		•	•		•									
Sistem Pengondisian Udara	•	•	•		•	•			•			•			•		•					•		•
Sistem Pencahayaan	•	•	•	•	•		•		•			•	•		•		•					•		
Sistem Kelistrikan	•		•		•																	•		•
Sistem Kontrol Akses	•	•	•	•	•		•	•	•	•		•						•						•
Sistem Kamera Pengawas	•	•	•		•		•	•							•									
Sistem Distribusi Video dan Papan Informasi Digital	•																							
Sistem Alarm Kebencanaan dan Pemberitahuan Massal		•	•	•	•			•	•	•		•	•											
Sistem Jaringan Akses Kabel dan Antena Terdistribusi				•																		•		
Sistem Audio Visual	•		•	•	•				•	•														
Sistem Parkir	•					•						•												•
Sistem Penyediaan Air Minum	•	•			•										•									•
Sistem Pengelolaan Air Limbah	•	•			•																			
Sistem Pengelolaan Sampah	•					•																		•
Sistem Pengelolaan Utilitas	•				•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Sistem Ventilasi	•	•	•		•	•			•	•		•			•		•					•		•
Integrasi Sistem Bisnis	•											•						•		•	•			

C. ELEMEN BGC

1. Sistem Alarm Kebencanaan dan Pemberitahuan Massal

a. Umum

Sistem alarm kebencanaan merupakan sistem keselamatan utama untuk setiap Bangunan Gedung. Sistem ini dapat mengurangi kemungkinan cedera atau kehilangan nyawa dan membatasi kerusakan akibat bencana seperti kebakaran, gempa bumi, atau bencana lainnya.

Sistem pemberitahuan massal digunakan untuk memberikan informasi dan instruksi secara langsung kepada penghuni pada kondisi darurat. Sistem ini dapat menggunakan berbagai teknologi seperti pengeras suara, papan tanda digital, peringatan pada tampilan komputer, pesan teks SMS, siaran radio, TV kabel, ponsel, lampu strobo, dan *paging*.

Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal harus dapat terhubung dengan jaringan kawasan dan sistem kota cerdas.

b. Kriteria

Standar dan acuan penerapan sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal antara lain:

- 1) Peraturan perundang-undangan mengenai Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan;
- 2) Peraturan perundang-undangan mengenai Pedoman Sistem Informasi dan Komunikasi Penanggulangan Bencana;
- 3) SNI 03-3985-2000 Tata cara perencanaan pemasangan dan pengujian sistem deteksi dan alarm kebakaran untuk pencegahan bahaya kebakaran pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 4) SNI 03-6574-2001 Tata cara perancangan pencahayaan darurat, tanda arah, dan sistem peringatan bahaya pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 5) NFPA 72-2022 *National Fire Alarm and Signaling Code* atau perubahannya;
- 6) NFPA 101-2021 *Life Safety Code* atau perubahannya;
- 7) UL 268 7th Edition *Smoke Detector Standard* atau perubahannya;
- 8) EN 54 *Series on Fire Detection and Fire Alarm Systems* atau perubahannya;
- 9) ISO 7240 *Fire Detection and Alarm Systems* atau perubahannya;
- 10) ISO 22322:2022 *Security and resilience - Emergency management - Guidelines for public warning* atau perubahannya;
- 11) ISO 22324:2022 *Security and resilience - Emergency management - Guidelines for colour-coded alert* atau perubahannya;
- 12) ISO 22325:2016 *Security and resilience - Emergency management - Guidelines for capability assessment* atau perubahannya;
- 13) ISO 22329:2021 *Security and resilience - Emergency management - Guidelines for the use of social media in emergencies* atau perubahannya;
- 14) ISO 8201:2017 *Alarm systems - Audible emergency evacuation signal - Requirements* atau perubahannya;

- 15) SNI ISO 22320:2012 Keamanan masyarakat - Manajemen kedaruratan - Persyaratan untuk penanganan insiden atau perubahannya; dan
- 16) SNI ISO/IEC 27037:2014 Teknologi Informasi – Teknik Keamanan – Pedoman Identifikasi, pengumpulan, akuisisi, dan preservasi bukti digital atau perubahannya.

Kriteria sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal sebagai berikut:

- 1) Memenuhi standar dan acuan yang berlaku untuk memastikan keandalan sistem dan keselamatan penghuni bangunan.
- 2) Dilengkapi dengan sistem deteksi kebencanaan, panel kontrol alarm kebencanaan, panel isyarat (*annunciator*), sistem pemadam kebakaran, dan sistem pemberitahuan untuk memastikan informasi dan instruksi yang akurat dan waktu-nyata (*real time*).
- 3) Dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain seperti sistem pengondisian udara dan sistem kontrol akses, dan lain-lain.
- 4) Menggunakan infrastruktur kabel dan/atau protokol komunikasi (Protokol BAS/IP) untuk mengoptimalkan keselamatan dari bahaya kebencanaan.
- 5) Desain dan instalasi sistem melibatkan profesional yang berpengalaman, berkualifikasi dan berlisensi.
- 6) Desain dan instalasi sistem dikoordinasikan dengan otoritas setempat yang berwenang untuk mendapatkan persetujuan.
- 7) Sistem diuji, dirawat, dan dipelihara secara berkala untuk memastikan kinerja yang optimal dan memperpanjang umur pakai.
- 8) Penghuni Bangunan Gedung dilatih dalam penggunaan sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal.
- 9) Pengguna dapat mengontrol siaran pemberitahuan massal dari *personal computer* (PC) atau perambah web pada telepon IP dan mengirimkan siaran langsung, rekaman, atau terjadwal ke satu atau beberapa grup *paging*.

c. Komponen

Komponen utama atau komponen dasar sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal antara lain:

- 1) Sistem Deteksi Kebencanaan
Sistem deteksi kebencanaan dapat mencakup komponen-komponen sebagai berikut:
 - a) Akselerometer, untuk mendeteksi dan mengukur getaran pada Bangunan Gedung. Sensor ini merupakan bagian dari sistem pemantauan kesehatan struktur Bangunan Gedung (*structural health monitoring*).
 - b) *Pull station*, di mana ketika seseorang melihat api dan menyalakan alarm secara manual.
 - c) Detektor panas yang mendeteksi kenaikan suhu yang tinggi akibat api.
 - d) Detektor asap yang mendeteksi asap kebakaran, termasuk yang diletakkan pada saluran *ducting* sistem pengondisian udara.
 - e) Detektor api yang mendeteksi radiasi dari api.
 - f) Sensor aliran air springkler.
 - g) Detektor gas kebakaran yang mendeteksi gas seperti karbon monoksida dan karbon dioksida.

- h) Detektor multi-sensor untuk mendeteksi beberapa tanda kebakaran secara bersamaan.
- i) Detektor pengambil sampel udara, yang umumnya digunakan pada lingkungan khusus seperti ruang bersih (*clean room*), rumah sakit, museum, pusat data, dan lain-lain.

Pemilihan jenis detektor kebakaran mengacu pada ketentuan SNI dan standar NFPA. Detektor yang digunakan harus tersertifikasi dengan standar umum seperti UL dan/atau FM *approved*.

2) Panel Kontrol Alarm Kebencanaan

Panel kontrol memantau integritas sistem dan menjalankan semua urutan prosedur operasi yang harus dijalankan mulai dari deteksi, pemberitahuan, evakuasi, dan pemadaman (jika kebakaran). Panel kontrol umumnya berbasis mikroprosesor dengan perangkat lunak untuk komunikasi, pemrosesan, dan pengambilan tindakan. Prinsip kerja dari panel kontrol alarm sebagai berikut:

- a) Mengumpulkan data dari sistem deteksi, memproses data, dan menindaklanjuti data jika diperlukan.
- b) Mengelola integrasi sistem alarm kebencanaan dengan sistem pemadam (kebakaran), sistem evakuasi, sistem automasi Bangunan Gedung, serta sistem keamanan dan keselamatan jiwa lainnya.
- c) Mendeteksi kegagalan dalam sistem yang memerlukan perbaikan dan pemeliharaan.

Jumlah panel kontrol tergantung ukuran dan jumlah massa Bangunan Gedung. Sistem alarm dapat memiliki satu panel kontrol terpusat atau memiliki panel kontrol distribusi yang terintegrasi pada panel kontrol utama.

Panel kontrol dapat berjenis *full-addressable* sehingga dapat membaca alamat atau titik pemberi sinyal kebakaran berasal. Selain dapat membaca sinyal lokasi bencana, pemberitahuan kegagalan pada perangkat pemberi sinyal bencana juga dapat dipantau.

3) Panel Isyarat (*Annunciator*)

Panel ini memberi indikasi visual dan suara bahwa alarm telah terinisiasi termasuk lokasi deteksi alarm, sehingga dapat mengidentifikasi penghuni serta sistem di area tersebut yang perlu bekerja untuk mengatasi bahaya. Panel isyarat dasar hanya memiliki tampilan alfanumerik dan saklar untuk mengindikasikan dan mematikan alarm, sementara panel isyarat yang lebih canggih dilengkapi dengan GUI yang menampilkan denah dan lokasi deteksi alarm.

4) Sistem Pemadam Kebakaran

Sistem alarm dapat terintegrasi dengan sistem pemadam kebakaran berupa sistem hidran dan sistem springkler. Ketentuan lebih rinci mengenai kontrol sistem pemadam kebakaran mengacu pada ketentuan peraturan perundang-undangan dan standar.

5) Sistem Pemberitahuan Massal

Apabila bencana terdeteksi, pemberitahuan kepada penghuni untuk melakukan evakuasi dapat dilakukan dalam bentuk

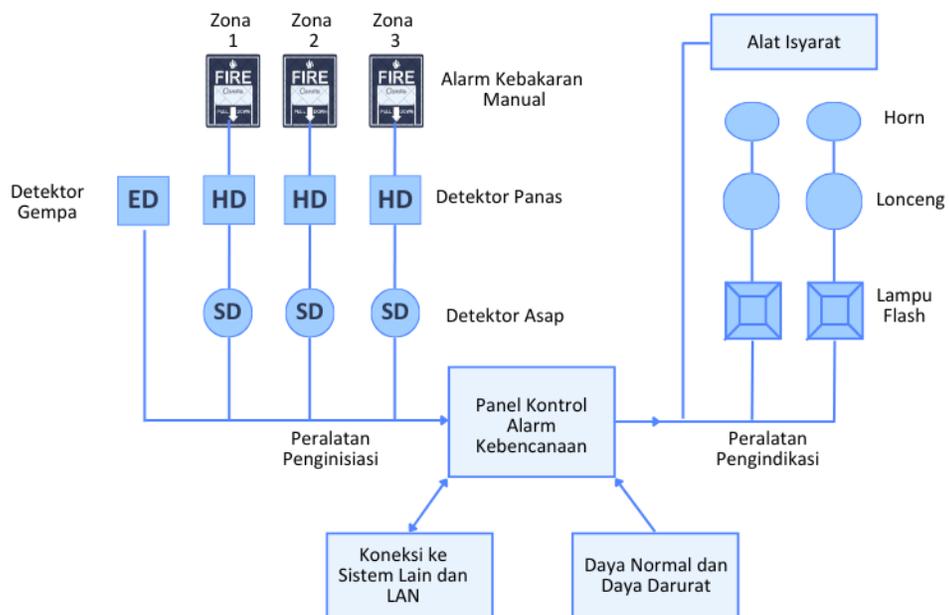
sinyal audio dan/atau visual. Perangkat pemberitahuan massal harus dilengkapi dengan catu daya cadangan berupa baterai. Sistem pemberitahuan massal yang terintegrasi mencakup server pusat atau unit kontrol, unit terminal, dan jaringan perangkat pemberitahuan seperti bel, pengeras suara, sirene, strobo, tanda digital, dan lain-lain. Sistem dapat dihubungkan ke internet atau layanan seluler untuk menyiarkan pemberitahuan melalui media tersebut.

Pemberi sinyal audio harus memiliki kekuatan suara minimal 15 dB di atas kondisi suara ruangan atau minimal 75 dB(A). Pemasangan sinyal audio pada area yang ditempati oleh penghuni yang tidur direkomendasikan menggunakan audio berfrekuensi rendah (520 Hz ± 10%). Perangkat audio tersebut harus tersertifikasi.

Komponen khusus yang perlu ditambahkan pada sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal yaitu protokol komunikasi yang dapat mengintegrasikan sistem ini dengan sistem lainnya dalam BGC. Integrasi tersebut untuk meminimalkan dampak bencana dengan cara menginisiasi komunikasi dengan sistem automasi keamanan Bangunan Gedung untuk memfasilitasi evakuasi dan menahan terjadinya bencana yang lebih buruk. Protokol komunikasi yang dapat digunakan pada sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal antara lain:

- a) Protokol BAS (BACnet/LonTalk)
- b) Protokol lainnya (*Open Platform Communication (OPC) Data Access (DA)/ Unified Architecture (UA), Modbus Remote Terminal Unit (RTU)/Transmission Control Protocol (TCP), Open Building Information Xchange (oBIX)*)
- c) IP antar komponen utama
- d. Sistem Kontrol

Sistem kontrol untuk alarm kebakaran dan pemberitahuan massal diperlihatkan oleh Gambar I.3.



Gambar I.3. Prinsip kerja sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal.

Keandalan sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal bergantung pada pemasangan kabel sistem untuk memastikan

perangkat tetap bekerja meskipun ada gangguan. Pengkabelan antara panel kontrol dapat berupa kabel standar, seperti *twisted pair* atau serat optik, yang memungkinkan sistem menggunakan infrastruktur kabel yang sama dengan elemen BGC lainnya. Selain menggunakan protokol komunikasi seperti BACnet atau LonTalk, sistem alarm kebakaran dapat menggunakan protokol komunikasi berbasis IP.

Sistem pemberitahuan massal dibangun di atas teknologi jenis *Voice over Internet Protocol* (VoIP) dan perangkat akhir IP. Konektivitas jaringan memungkinkan petugas mengirim dan menyiarkan audio secara bersamaan ke *speaker* dan telepon IP. Beberapa sistem memiliki kemampuan untuk secara bersamaan mengirim audio *multicast* dan pesan teks yang dapat dikirim tidak hanya ke pengeras suara dan telepon IP, tetapi juga PC dan telepon non-VoIP. Pengguna dapat mengontrol siaran dari PC atau perambah *web* pada telepon IP dan mengirimkan siaran langsung atau rekaman ke satu atau beberapa grup pengeras suara.

Sistem pemberitahuan massal harus memenuhi standar dan tersertifikasi. Sistem harus memiliki redundansi sumber daya listrik atau catu daya cadangan (baterai) untuk memastikan sistem dapat bekerja dalam keadaan darurat. Potensi kegagalan sistem (misal: kehilangan sumber listrik utama, kegagalan *amplifier*, terputusnya instalasi kabel ke pengeras suara, dan kendala lainnya) harus dipantau dan dilaporkan pada kontroler alarm.

Sistem kontrol untuk alarm kebakaran dan pemberitahuan massal memiliki satu atau beberapa atau semua fitur perangkat kontroler berikut:

- 1) memiliki kemampuan untuk mendeteksi status sensor secara individual;
- 2) memiliki riwayat arsip terpisah antara alarm dan *general event*;
- 3) memiliki fitur pemrograman logika untuk fleksibilitas aktivasi perangkat lain;
- 4) dapat menarik informasi dari semua perangkat seperti sensor dan modul kurang dari 5 detik;
- 5) memiliki fitur *cross zone* untuk aktivasi pemadaman otomatis berbasis gas (*clean agent*);
- 6) memiliki fitur tunda alarm otomatis hingga waktu yang ditentukan untuk konfirmasi;
- 7) memiliki kemampuan untuk mendeteksi status perangkat sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal;
- 8) otomatis *fail-over amplifier* cadangan; dan/atau
- 9) mendukung beberapa saluran audio yang dapat bekerja bersamaan.

Pemantauan sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal dapat dilakukan secara lokal maupun secara jarak jauh, baik oleh Bangunan Gedung itu sendiri ataupun terintegrasi pada suatu pusat pengendalian.

e. Integrasi Sistem

- 1) Integrasi dengan elemen BGC lain
Sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya, antara lain:
 - a) Sistem kontrol akses

- b) Sistem kamera pengawas
- c) Sistem kelistrikan
- d) Sistem pengondisian udara
- e) Sistem pencahayaan
- f) Sistem ventilasi
- g) Sistem audio visual
- h) Sistem distribusi video dan papan informasi digital
- i) Sistem transportasi dalam Bangunan Gedung
- j) Sistem pengelolaan utilitas

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Integrasi sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal dengan BMS menggunakan protokol komunikasi yang sesuai dengan BMS. Beberapa protokol yang umum digunakan antara lain BACnet, Modbus, *Simple Network Management Protocol* (SNMP), atau OPC. Protokol khusus sistem automasi seperti BACnet dan LonTalk dapat dirutekan ke sistem IP dan penambahan beberapa protokol, seperti BACnet/IP.

Peralatan sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal (dalam hal ini menggunakan kontroler DDC) dapat menggunakan protokol BACnet untuk berkomunikasi dengan Server BAS. Untuk integrasi data dari perangkat lunak BAS menuju ke BMS diperlukan sebuah platform penghubung seperti OPC atau *Middleware*.

2. Sistem Kamera Pengawas

a. Umum

Sistem kamera pengawas juga dikenal sebagai sistem *closed-circuit television systems* (CCTV), merupakan salah satu bagian dari sistem keamanan dan keselamatan suatu Bangunan Gedung. Sistem keamanan dan keselamatan yang terintegrasi juga melibatkan elemen BGC lainnya seperti sistem kontrol akses dan deteksi gangguan (*intrusion*).

b. Kriteria

Standar dan acuan penerapan sistem kamera pengawas antara lain:

- 1) ISO 22311:2012 *Societal security — Video-surveillance — Export interoperability* atau perubahannya;
- 2) ISO 30137 *Information technology - Use of biometrics in video surveillance systems* atau perubahannya;
- 3) SNI ISO/IEC 27037:2014 *Teknologi Informasi – Teknik Keamanan – Pedoman Identifikasi, pengumpulan, akuisisi, dan preservasi bukti digital* atau perubahannya; dan
- 4) IEEE 2410-2020 *Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)* atau perubahannya.

c. Komponen

Sistem kamera pengawas memiliki tujuh komponen utama, yang meliputi kamera, stasiun pemantauan, perekam video, kabel dan *router*, perangkat penyimpanan rekaman video, catu daya, dan sistem manajemen video.

1) Kamera

Kamera merupakan inti dari sistem kamera pengawas. Terdapat dua tipe kamera yang dapat digunakan, yaitu:

- a) Kamera IP: menggunakan internet untuk mengirim dan menerima rekaman. Kamera berbasis IP dapat mengirimkan sinyal output video digital, audio, atau perintah kontrol lainnya.
- b) Kamera analog: menggunakan sinyal analog yang ditranskripsikan melalui *Digital Video Recorder* (DVR).

Beberapa jenis kamera pengawas yang biasa digunakan sesuai kebutuhan Bangunan Gedung di antaranya:

- a) *Bullet-shaped*: memiliki jangkauan yang jauh. Umumnya digunakan di luar ruangan, halaman yang luas, tempat parkir dan jalur sempit;
- b) *Dome*: berbentuk setengah bola terbalik, memiliki putaran mekanis horizontal 360° untuk arah pandang, dan memiliki sudut pandang lensa kamera maksimal 120°.
- c) *Pan-tilt-zoom* (PTZ): kamera dengan perangkat motor untuk menggerakkan kamera secara vertikal 90° dan horizontal 360°, motor untuk lensa *zoom* dengan *focal length* kamera minimal 100 mm, serta mampu untuk autofokus.

Secara umum kamera memiliki satu atau beberapa atau semua spesifikasi berikut:

- a) Menerapkan manajemen *port* yang ketat pada kamera IP, menonaktifkan layanan jaringan yang tidak digunakan atau tidak aman seperti Telnet, dan FTP;
- b) Memiliki fungsi perekaman secara otomatis berdasarkan jadwal, *event*, atau rekaman berkesinambungan;
- c) Dapat menjalankan proses pembaruan perangkat lunak kamera;
- d) Berbasis jaringan (TCP/IP) berstandar IEEE 802.3 - *IEEE Standard for Ethernet*;
- e) Resolusi minimal 2 megapiksel untuk area dalam ruang dan 4 megapiksel untuk area luar ruang;
- f) Memiliki fitur *wide dynamic range* (WDR) yang menjamin kamera yang menghadap ke arah sumber cahaya tetap dapat melihat obyek dengan jelas;
- g) Memiliki *impact resistance* minimal IK10 dan *ingress protection* minimal IP67 untuk kamera luar ruang;
- h) Memiliki media penyimpanan minimal 256 GB;
- i) Mendukung kompresi video MJPEG, H.254 dan H.265;
- j) Mendukung sertifikasi *Federal Communications Commission* (FCC) dan *Conformite Europeene* (CE); dan/atau
- k) Mendukung komunikasi terenkripsi seperti HTTPS, EAS128, *Transport Layer Security* (TLS) 1.2, SSH atau setara.

2) Stasiun Pemantauan

Berupa perangkat komputer dengan kelas stasiun-kerja *non-desktop* yang mendukung dua monitor output serta memori grafis minimal 4GB, untuk bekerja 24 jam nonstop. Dilengkapi perangkat lunak untuk keperluan pemantauan kamera, baik secara individual ataupun matriks dengan kombinasi 2x2, 3x3, 4x4, 8x8, atau kombinasinya, serta dapat melakukan *playback* rekaman video dari perangkat perekam video, dan kontrol kamera IP secara individual seperti fokus, *pan*, *tilt*, ataupun *zoom*.

3) Perekam Video

Video yang direkam pada kamera diproses untuk disimpan dan dilihat. Sistem perekaman video mendukung konfigurasi redundan (*automatic failover*) untuk mencegah kehilangan rekaman atau sistem *down-time*. Terdapat dua tipe perekam video:

- a) DVR: merekam video digital ke perangkat penyimpanan, seperti *disk drive* atau kartu *secure digital* (SD).
- b) *Network Video Recorder* (NVR): mendapatkan video melalui sinyal digital dari kamera melalui jaringan bersama.

4) Kabel dan *Router*

Penggunaan kabel dan *router* tergantung dari kebutuhan pengguna seperti anggaran biaya, kompatibilitas dengan ISP, jangkauan cakupan dan protokol nirkabel. Kabel digunakan untuk menyambungkan kamera dengan perangkat perekam, terutama ketika menggunakan kamera analog. Apabila menggunakan sistem nirkabel, dibutuhkan *router* untuk mengoperasikan sistem.

Instalasi jaringan kabel data mengacu ke manajemen struktur kabel dengan menerapkan perangkat *patch panel* pada rak server serta penggunaan *modular jack female* untuk koneksi perangkat kamera IP di gedung.

Koneksi setiap perangkat berbasis jaringan IP harus menggunakan kabel *patch cord* yang terhubung ke konektor *female* yang terhubung dengan kabel cat5/5e/6/6a ke *patch panel* di rak server.

Konektor di luar ruang server harus tertutup di dalam kotak dengan bahan *Acrylonitrile Butadiene Styrene* (ABS)/plastik tebal dan dibaut permanen di permukaan dinding atau plafon. Untuk instalasi di luar gedung diperlukan kotak metal dengan tutup yang memiliki kunci, kotak memiliki rating minimal IP56 atau setara. Jika posisi kotak terkena sinar matahari langsung, maka kotak harus memiliki rating minimal IP65 dan bagian atas memiliki kanopi.

Seluruh kabel terpasang di dalam gedung ditarik dalam pipa PVC, untuk posisi luar bangunan harus menggunakan pipa metal galvanis.

5) Perangkat Penyimpanan Rekaman Video

Sistem kamera pengawas harus dapat merekam, menyimpan, dan memutar ulang video tanpa henti dari berbagai sumber. Oleh karena itu, sangat penting untuk memilih sistem penyimpanan yang kuat untuk penyimpanan data yang aman.

6) Catu Daya

Sistem kamera pengawas harus dilengkapi dengan catu daya listrik utama dan catu daya listrik cadangan berupa baterai untuk memastikan sistem dapat bekerja pada keadaan darurat, khususnya pada Bangunan Gedung yang membutuhkan keamanan tinggi.

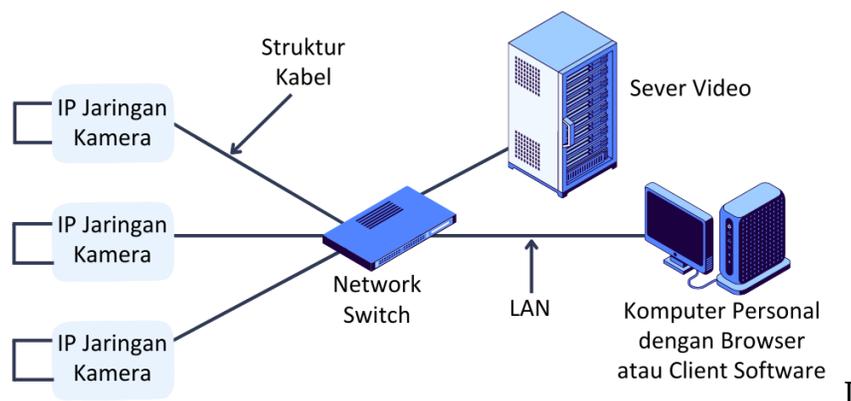
7) Sistem Manajemen Video

Sistem manajemen video terpusat dapat mengatur kinerja setiap kamera dan fungsi perekaman yang terhubung dalam sistem, serta melakukan integrasi dengan sistem kontrol akses. Operator sistem kamera pengawas dapat menjalankan langkah-langkah prosedur melalui sistem manajemen video

pada saat terjadi insiden dan mendokumentasikan jejak prosedur yang telah dijalankan termasuk waktu kejadian, lokasi kejadian, bukti rekaman, komen operator dan prosedur operasional standar.

d. Sistem Kontrol

Sistem kamera pengawas menggunakan protokol IP dengan jaringan kabel standar yang memungkinkan sistem dapat terintegrasi ke dalam sistem BGC (Gambar I.4). Sistem kamera pengawas digital berbasis IP dapat meningkatkan fleksibilitas sistem dalam format dan resolusi gambar, fungsionalitas, dan skala cakupan. Kapasitas dan kualitas layanan jaringan berbasis IP harus dapat mengakomodasi kuantitas dan resolusi kamera pengawasan yang digunakan.



Gambar I.4. Prinsip kerja sistem kamera pengawas berbasis jaringan IP.

1) Prinsip kerja sistem

Prinsip kerja sistem kamera pengawas sebagai berikut:

a) Pengambilan Video

Kamera pengawas menangkap gambar atau video dengan menggunakan jenis kamera sebagaimana disebutkan pada bagian c.1) di atas. Penempatan kamera pengawas harus mempertimbangkan kebutuhan tingkat keamanan, jenis kamera, lensa kamera, pencahayaan ruang, dan daya yang digunakan. Kamera dapat diaktifkan dan dinonaktifkan dari pusat pengendali keamanan dengan menggunakan POE.

b) Pengiriman/Transmisi Video

Pengiriman sinyal video dari kamera pengawas ke pusat pengendali dapat menggunakan jaringan kabel *twisted-pair*, kabel serat optik atau transmisi nirkabel seperti Wi-Fi, *inframerah*, gelombang mikro, atau *free-span optic* (FSO). Pemilihan media transmisi harus mempertimbangkan jarak antar-kamera, perlengkapan pusat pengendali atau pusat penyiaran (*headend*), biaya, keamanan sinyal, dan resolusi.

c) Pemrosesan Video

Pemrosesan video menggunakan perangkat lunak yang mengenkripsi sinyal video dari kamera pengawas untuk ditampilkan pada layar monitor pada pusat pengendali. Pemrosesan tersebut memungkinkan beberapa output video dapat ditampilkan pada satu layar monitor.

d) Perekaman dan Penyimpanan Video

Media perekaman dan penyimpanan video dapat berupa:

(1) Penyimpanan DVR

Media penyimpanan DVR yang berbasis *hard-disk* dapat mengirimkan video digital melalui jaringan data, dan dapat diakses secara jarak jauh melalui perangkat lunak.

(2) Penyimpanan berbasis server

Kamera digital terhubung dengan server melalui jaringan data yang berfungsi untuk merekam, menyimpan, dan mengelola sistem kamera pengawas. Perangkat lunak sistem kamera pengawas berbasis server lebih memudahkan dalam mengatur jumlah input, resolusi, dan jumlah tampilan video pada layar monitor.

e) Pemantauan

Pemantauan dilakukan untuk mengamati dan menganalisis video serta mengambil tindakan keamanan apabila dibutuhkan sesuai dengan prosedur. Pemantauan dapat dilakukan secara lokal atau secara jarak jauh melalui jaringan internet, baik melalui tampilan langsung (*live*) atau arsip video.

2) Kamera Pengawas dengan *Artificial Intelligence* (AI)

Kamera pengawas dengan AI dapat menganalisis suatu video dengan tujuan tertentu seperti identifikasi wajah, perilaku, penghitungan kepadatan penghuni dan kendaraan, dan pelat nomor kendaraan. Perangkat lunak AI dapat berupa sistem yang mandiri atau dapat terintegrasi langsung dengan kamera pengawas atau perangkat lunak manajemen video. Perangkat lunak AI harus dapat mencakup fungsi-fungsi sebagai berikut:

- a) *Masking* dinamis, untuk melindungi atau menyembunyikan informasi sensitif dengan cara mengubah atau menyamarkan data secara dinamis untuk mencegah akses tidak sah atau pengungkapan informasi yang tidak diinginkan. Fungsi ini melibatkan penggunaan algoritma atau metode tertentu untuk mengubah data asli menjadi bentuk yang tidak terbaca atau sulit dipahami.
- b) Deteksi gerakan, untuk mendeteksi pergerakan atau perubahan pada suatu lingkungan berdasarkan perubahan piksel-piksel dalam citra atau *frame* video. Deteksi gerakan melibatkan perbandingan piksel-piksel atau analisis perbedaan antara *frame-frame* berturut-turut dalam video.
- c) Deteksi objek, untuk menentukan keberadaan suatu jenis objek atau pengenalan objek termasuk orang, kendaraan, atau dapat juga digunakan sebagai deteksi api dan asap kebakaran. Metode ini melibatkan penggunaan teknik dan algoritma komputer untuk menganalisis gambar dan mengenali pola atau fitur yang berkaitan dengan objek yang ingin dideteksi.
- d) Pengenalan atau pencocokan (*recognition*), yang dapat mengenali identitas objek seperti orang atau kendaraan berdasarkan karakteristik atau pola tertentu, seperti pengenalan wajah (*face recognition*).
- e) Pelacakan video, untuk menentukan lokasi orang atau objek dalam video melalui analisis jaringan referensi eksternal. Algoritma komputer digunakan untuk mengenali objek, menentukan posisi dan kecepatan objek, serta mengikuti pergerakan objek dari *frame* ke *frame* dalam video.

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem kamera pengawas dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya, antara lain:

- a) Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal
- b) Sistem kontrol akses
- c) Sistem pengondisian udara
- d) Sistem pencahayaan
- e) Sistem transportasi dalam gedung
- f) Sistem parkir
- g) Sistem pengelolaan utilitas

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Integrasi sistem kamera pengawas dengan sistem BAS/BMS dilakukan dengan memilih protokol komunikasi yang sesuai untuk menghubungkan keduanya. Beberapa protokol yang umum digunakan dalam integrasi ini yaitu *Open Network Video Interface Forum (ONVIF)*, atau protokol standar terbuka lain. Konfigurasi alamat dan parameter komunikasi diperlukan untuk memungkinkan pertukaran data antara sistem kamera pengawas dan BAS/BMS. Selanjutnya, perangkat lunak atau antarmuka dikonfigurasi untuk dapat memantau dan mengendalikan sistem kamera pengawas.

3. Sistem Kontrol Akses

a. Umum

Sistem kontrol akses merupakan salah satu pendukung pada sistem keamanan untuk mengontrol dan membatasi pengguna Bangunan Gedung yang keluar/masuk ke area tertentu melalui pintu khusus yang terkontrol. Termasuk di dalamnya yaitu sistem penghitungan orang untuk menghitung jumlah orang yang masuk atau keluar dari suatu ruang atau Bangunan Gedung. Sistem penghitungan orang dapat dimanfaatkan untuk manajemen pengunjung atau menghitung jumlah orang yang evakuasi ketika dalam keadaan darurat.

b. Kriteria

Kinerja sistem akses Bangunan Gedung mengacu pada beberapa standar antara lain:

- 1) ISO/IEC 27001 Sistem Manajemen Keamanan Informasi, atau perubahannya;
- 2) FIPS 201-2 *Personal Identity Verification (PIV) of Federal Employees and Contractors* atau perubahannya;
- 3) UL 294 *UL Standard for Safety Access Control System Units* atau perubahannya;
- 4) ANSI/BHMA A156.25 *Electrified Locking Devices* atau perubahannya;
- 5) IEC 60839-11-1:2013 *Alarm and electronic security systems - Part 11-1: Electronic access control systems - System and components requirements* atau perubahannya;
- 6) IEC 60839-11-2:2014 *Alarm and electronic security systems - Part 11-2: Electronic access control systems - Application guidelines* atau perubahannya;
- 7) ISO/IEC 19794-6:2019 *Information technology - Biometric data interchange formats - Part 6: Iris image data* atau perubahannya;

- 8) ISO/IEC 19794-5:2011 *Information technology - Biometric data interchange formats - Part 5: Face image data* atau perubahannya;
- 9) IEEE 2410-2020 *Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)* atau perubahannya; dan
- 10) ISO 14762 *Information technology — Functional safety requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES)* atau perubahannya.

Kriteria sistem kontrol akses sebagai berikut:

- 1) Setidaknya terdiri dari komputer induk/server, panel kontrol, dan perangkat perifer. Komputer induk/server terhubung ke panel kontrol melalui jaringan yang mengumpulkan data dari perangkat perifer.
- 2) Komputer induk/server dapat menampung basis data berupa data pengguna yang sudah terdaftar memiliki akses.
- 3) Panel kontrol terkoneksi ke semua perangkat perifer, menyediakan daya ke perangkat perifer sesuai kebutuhan, dan mengatur perangkat perifer saat tidak ada komunikasi dengan komputer.
- 4) Perangkat perifer di antaranya sebagai berikut:
 - a) Kontak pintu (*door contacts*), yang memanfaatkan koneksi elektromagnetik untuk membuka/menutup pintu.
 - b) *Electrified door hardware*, untuk mengunci atau membuka pintu secara otomatis.
 - c) Pembaca akses, dapat menggunakan *Multi Factor Authentication* (MFA) berupa yang tanpa sentuhan (*touchless*) atau pembaca biometrik, pemindai sidik jari, retina, iris mata, struktur tangan, identifikasi suara dan lain sebagainya.
- 5) Sistem kontrol akses untuk penghitungan orang diterapkan pada lapisan terluar Bangunan Gedung dengan menggunakan kontrol akses dobel di kedua sisi pintu akses masuk dan keluar, baik pada daun pintu mekanis atau *turnstile*. Sistem ini perlu didukung dengan fitur *anti-passback*. Jika jumlah pintu terluar Bangunan Gedung lebih dari satu, diperlukan fitur *global anti-passback*.

c. Komponen

Sistem kontrol akses memiliki komponen utama yang memberikan otorisasi dan pengawasan akses bagi pengguna yang diizinkan untuk mengakses area atau fitur tertentu dalam sebuah fasilitas. Komponen itu antara lain:

1) Kredensial dan Metode Identifikasi

Kredensial dan metode identifikasi digunakan untuk mengidentifikasi dan memverifikasi identitas seseorang sebelum memberikan akses. Beberapa jenis kredensial yang umum digunakan antara lain kartu akses, kunci elektronik, kode PIN, sidik jari, dan pemindaian wajah. Kredensial berupa kartu akses sebaiknya menggunakan jenis yang tidak mudah diduplikasi.

Proses autentikasi masuk ke dalam sistem kontrol akses menjadi satu dengan autentikasi di sistem operasi komputer stasiun kerja yang dioperasikan oleh operator.

Perubahan data di dalam sistem dapat diaudit dalam bentuk laporan detail terkait nama operator, kapan, jenis data dan lokasi perubahan dilakukan.

2) Pembaca Akses (*Access Reader*)

Merupakan perangkat yang digunakan untuk membaca dan memvalidasi kredensial atau metode identifikasi. Pembaca akses dapat berupa pembaca kartu, pemindai sidik jari, atau kombinasi keduanya, atau perangkat lainnya yang sesuai dengan metode identifikasi yang digunakan.

3) Kontroler

Kontroler merupakan unit pemrosesan yang mengelola dan mengendalikan lalu lintas informasi antara pembaca akses, sistem pengunci pintu, dan sistem manajemen akses. Unit ini bertanggung jawab membuat keputusan akses berdasarkan informasi yang diterima dari pembaca akses.

Kontroler memiliki spesifikasi prosesor dan memori tertentu dengan kapasitas sesuai kebutuhan. Kontroler dapat melakukan fungsi multiproses yaitu kontrol, perbarui, hapus, dan modifikasi secara bersamaan. Kontroler memiliki beberapa jalur komunikasi data, baik jaringan komunikasi berbasis TCP/IP maupun komunikasi serial (RS232 atau RS485) dengan protokol terenkripsi antara kontroler dengan sistem manajemen akses atau dengan pembaca akses (kartu atau biometrik) dengan enkripsi (seperti OSDP, TLS, dan lainnya).

Kontroler memiliki fitur pengawasan terhadap perangkat non-data seperti tombol keluar, sensor pintu, dan *breakglass* di mana jika kabel perangkat terputus, kontroler dapat mendeteksi dan mengirimkan status perangkat sebagai alarm ke komputer induk/server.

4) Perangkat *Door Lock*

Perangkat *door lock* merupakan komponen yang mengendalikan kunci atau mekanisme pengunci pada pintu. Perangkat ini bekerja dengan kontroler untuk membuka atau mengunci pintu berdasarkan otorisasi yang diberikan. Perangkat ini tidak terbatas untuk pintu mekanis, tetapi dapat mencakup perangkat *turnstile* pedestrian, *gate barrier*, *rolling door*, atau *motorized gate*.

5) Perangkat Tombol Keluar

Berupa tombol mekanis dengan kondisi *normally open* atau umumnya dikenal sebagai mekanisme tombol *single pole single throw* (SPST).

6) Perangkat *Emergency Breakglass*

Perangkat ini digunakan oleh penghuni dari dalam ruangan pada keadaan darurat, jika sistem kontrol akses tidak berfungsi. Perangkat ini umumnya berwarna hijau dan memiliki tombol berlapis kaca plastik dengan mekanisme SPST. Perangkat ini ditempatkan pada posisi dalam ruangan dari pintu kontrol akses.

7) Perangkat Daya Tegangan Rendah (PDTR)

PDTR memiliki mekanisme relai masuk dan keluar. Relai masuk dari sistem alarm, sementara relai keluar untuk status hilang daya dan baterai cadangan habis daya.

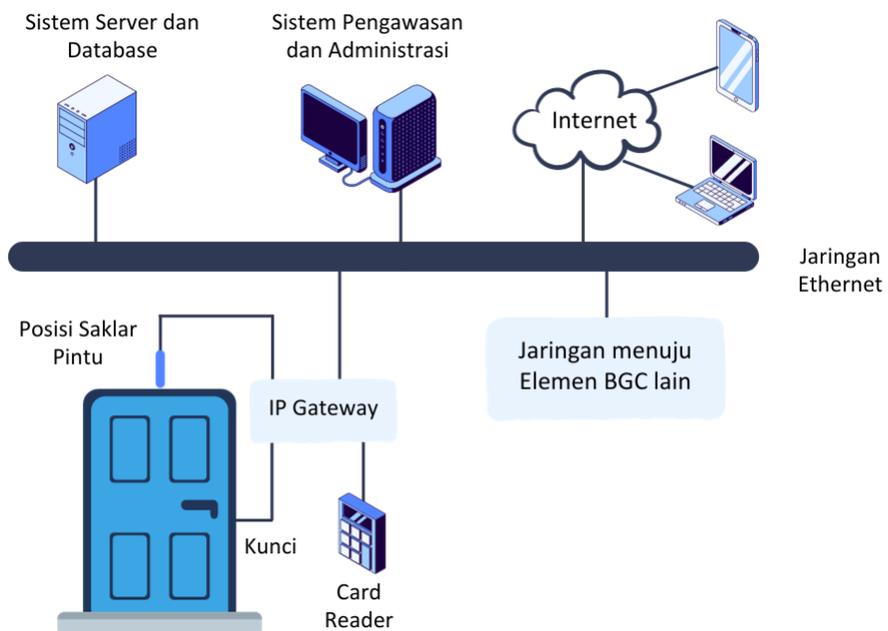
PDTR harus memiliki cadangan daya dari unit baterai kering 12VDC/24VDC 7Ah~12Ah, dan dapat melakukan pengisian daya baterai sekaligus memasok tegangan. Pada saat pasokan daya dari Bangunan Gedung terputus, kebutuhan daya diambil dari unit baterai.

8) Manajemen Akses

Manajemen akses merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk mengelola dan mengatur pengguna, otorisasi, dan kebijakan akses dalam sistem kontrol akses. Sistem ini memungkinkan administrator untuk mengatur hak akses, mengelola pengguna, dan melacak aktivitas akses. Manajemen akses dapat menerapkan pembatasan akun yang memiliki hak istimewa baik secara fisik dan logika (akses berjenjang bagi pegawai yang memasuki ruang kontrol, ruang monitoring, ruang server, dan lainnya).

d. Sistem Kontrol

Sistem kontrol akses dapat dikendalikan dengan menggunakan koneksi ke jaringan IP dan komponen POE. Dalam sistem ini, pengguna harus memiliki kartu akses atau kode PIN untuk dapat membuka pintu atau mendapatkan akses. Ketika pengguna memasukkan kartu atau kode PIN ke pembaca kartu, informasi tersebut dikirim ke server kontrol akses melalui jaringan IP. Server kemudian memverifikasi informasi tersebut dan memberi instruksi kepada sistem kontrol akses lainnya, seperti kontroler pintu atau *turnstile* untuk membuka atau menutup pintu sesuai dengan hak akses pengguna.



Gambar I.5. Contoh sistem kontrol akses berbasis IP yang terhubung dengan kontroler pintu.

Sistem kontrol akses memiliki satu atau beberapa atau semua fitur perangkat kontroler berikut:

- 1) Mendukung arsitektur *client server*;
- 2) Mendukung pengawasan kejadian dari semua perangkat dan sistem akses secara jarak jauh melalui jaringan berbasis TCP/IP;
- 3) Mendukung aplikasi berbasis web;

- 4) Dapat menampilkan *dashboard* yang memetakan perangkat-perangkat dalam satu tampilan map;
- 5) Mendukung konfigurasi redundan;
- 6) Memiliki sertifikasi *Federal Information Processing Standards (FIPS) 201*;
- 7) Mendukung *Lightweight Directory Access Protocol (LDAP)*;
- 8) Mendukung data enkripsi 256-bit *Advanced Encryption Standard (AES)* pada koneksi antara server dan panel kontroler;
- 9) Mendukung *4-eye principle* di mana sistem kontrol akses harus meminta autentikasi dari dua pihak yang berwenang jika operator ingin melakukan modifikasi pada perangkat sistem;
- 10) Memiliki fungsi pengaturan akses berdasarkan tanggal dan jadwal libur secara dinamis;
- 11) Memiliki fungsi pengaturan akses berdasarkan pintu akses, grup pintu akses, serta tingkatan akses;
- 12) Mendukung proses *musterring* (evakuasi ke titik kumpul);
- 13) Sistem dapat menonaktifkan kredensial akses jika dalam jangka waktu tertentu tidak digunakan sama sekali.
- 14) Aktivitas perangkat baik normal atau alarm dapat dialokasikan ke operator tertentu atau grup operator.
- 15) Sistem dapat mengeluarkan langkah-langkah penanganan terhadap alarm yang timbul pada monitoring kejadian di sistem *client*.
- 16) Tampilan monitoring gedung dapat menampilkan perubahan status perangkat umum yang dipantau, seperti kondisi pintu, kamera, kondisi sensor, dan lainnya.
- 17) Mendukung multi-akses untuk pengguna yang melakukan akses dari internet.

e. Integrasi Sistem

- 1) Integrasi dengan elemen BGC lain
Sistem kontrol akses dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya, di antaranya:
 - a) Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal
 - b) Sistem kamera pengawas
 - c) Sistem pengondisian udara
 - d) Sistem pencahayaan
 - e) Sistem ventilasi
 - f) Sistem transportasi dalam gedung
 - g) Sistem pengelolaan utilitas
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
Protokol komunikasi untuk menghubungkan sistem kontrol akses dengan BAS/BMS antara lain BACnet, Modbus, RTU/TCP, atau API. Protokol ini menghubungkan sistem kontrol akses dengan BAS/BMS. Untuk menghubungkan sistem kontrol akses ke BMS memerlukan *Middleware*. Untuk memantau dan mengendalikan sistem kontrol akses, pengaturan kebijakan akses, waktu akses, dan pemrograman alarm atau notifikasi diatur pada perangkat lunak atau antarmuka pada BAS/BMS.

4. Sistem Distribusi Video dan Papan Informasi Digital

a. Umum

Sistem distribusi video dan papan informasi digital merupakan teknologi yang digunakan untuk merekam, mengedit, dan

memutar video. Sistem ini digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengawasan keamanan, produksi film dan televisi, serta konferensi video. *Internet Protocol Television* (IPTV) merupakan teknologi yang memungkinkan penyiaran televisi melalui jaringan internet, serta dapat menyediakan saluran televisi langsung atau konten *on-demand* melalui koneksi internet. Pada Bangunan Gedung komersial, distribusi video ditempatkan di area umum seperti pintu masuk, kafetaria, ruang pertemuan, lif, ruang kelas, dan lain sebagainya.

Papan informasi digital merupakan teknologi yang digunakan untuk menampilkan konten multimedia pada layar digital seperti monitor atau layar LED. Selain digunakan untuk pemasaran dan promosi di tempat-tempat umum seperti bandara, stasiun kereta api, pusat perbelanjaan atau perkantoran, teknologi ini juga merupakan sistem komunikasi yang efektif, langsung, dan dinamis, sekaligus sebagai sarana informasi, hiburan, pengiklanan yang dapat meningkatkan pengalaman menyeluruh pengguna Bangunan Gedung. Salah satu penggunaan teknologi ini yaitu untuk keselamatan, di mana sistem papan informasi menambah alarm kebakaran dan membangun sistem otomatisasi.

b. Kriteria

Standar dan acuan penerapan sistem distribusi video dan papan informasi digital antara lain:

- 1) DS/EN 62820 *Building intercom system* atau perubahannya;
- 2) TIA-570 *Residential Telecommunications Infrastructure Standard* atau perubahannya; dan
- 3) ISO 14762 *Information technology - Functional safety requirements for Home and Building Electronic Systems* (HBES) atau perubahannya.

Standar yang umum digunakan dalam sistem video yaitu standar kompresi video seperti H.264, MPEG-2 dan MPEG-4 yang memungkinkan video untuk dikompresi menjadi ukuran yang lebih kecil tanpa mengorbankan kualitas gambar. Selain itu, standar seperti *Real-time Transport Protocol* (RTP) dan *Real-Time Streaming Protocol* (RTSP) juga digunakan untuk mengirimkan konten multimedia melalui jaringan IP.

Selain itu, beberapa standar keamanan jaringan yang umum digunakan termasuk ONVIF dan *Physical Security Interoperability Alliance* (PSIA), yang memastikan interoperabilitas antara perangkat dari berbagai produsen atau pabrikan.

Standar keamanan pada IPTV, terutama dalam hal hak cipta dan privasi pengguna, menggunakan beberapa standar keamanan yang umum digunakan termasuk *Digital Rights Management* (DRM), TLS, dan *Secure Real-time Transport Protocol* (SRTP).

c. Komponen

Sistem distribusi video digital terdiri dari sumber video (kamera pengawas), perangkat perekam (DVR atau NVR), atau sumber video lainnya seperti *file* video yang disimpan di server, enkoder, jaringan komunikasi, dan dekoder.

Komponen dasar papan informasi digital mencakup tampilan, prosesor dan kontroler media, stasiun-kerja, pemutar media (*media player*), dan server.

d. Sistem kontrol

1) Tampilan Video

Beberapa format TV digital dapat dikelompokkan menjadi:

- a) *Standard Definition* (SDTV)
Standar TV analog yang dikirim sebagai sinyal digital dengan tiga variasi format yang ditangani jumlah piksel, bentuk piksel, dan *interlacing*.
- b) *Enhanced Definition* (EDTV)
Seperti SDTV, dengan perbedaan utama pada penggunaan pemindaian yang lebih progresif daripada *interlacing*. Ada sembilan variasi EDTV yang berhubungan dengan jumlah dan bentuk piksel.
- c) *High Definition* (HDTV)
Standar televisi digital yang disiarkan dalam format 16:9 yang sanggup menampilkan resolusi gambar elektronik yang lebih tajam.

2) Transmisi Video Digital Melalui Jaringan Data

Pengiriman video melalui jaringan data standar dapat dilakukan dengan beberapa moda, yaitu:

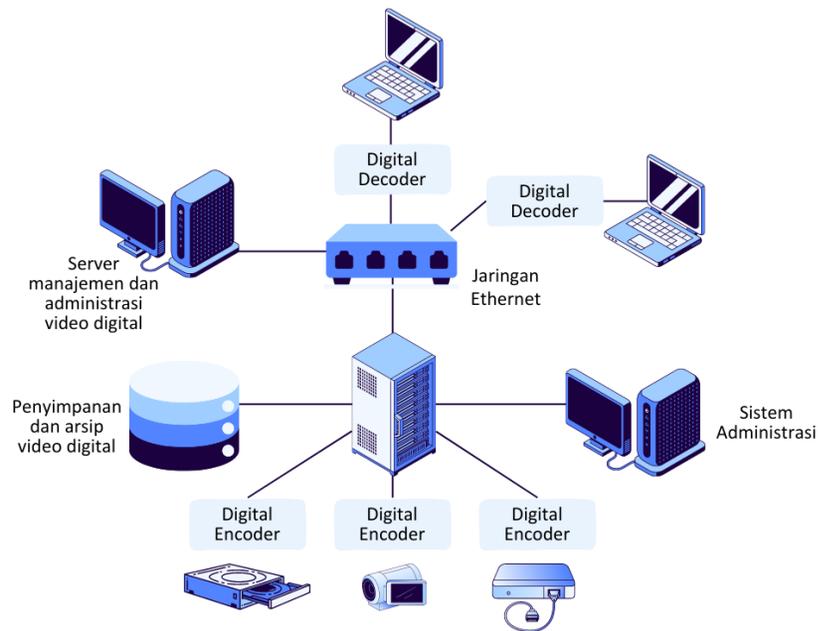
- a) Moda *multicast*, yang dapat dikirim ke beberapa perangkat sekaligus pada waktu yang sama,
- b) Moda *unicast*, yang dapat dikirim hanya ke satu perangkat, dan
- c) Moda *broadcast*, yang dapat dikirim ke semua perangkat terbuka di waktu yang sama

Penyebaran video melibatkan:

- a) TV digital yang ditransmisikan melalui jaringan data berbasis TCP/IP,
- b) Distribusi video digital yang mengirim dan menerima aliran video MPEG,
- c) Distribusi dan transmisi video digital dalam moda *broadcast*, *multicast* atau *unicast*,
- d) Sistem pengambilan media, yang memungkinkan pengguna berwenang untuk menjadwalkan dan *streaming* pemrograman video sesuai permintaan,
- e) Sistem manajemen dan pelaporan yang luas, dan
- f) Input ke sistem distribusi video digital, termasuk siaran langsung atau siaran tunda (*recorded*), dan video analog yang disandikan.

3) Papan Informasi Digital

Papan informasi digital merupakan aplikasi pada sistem IPTV yang menyiarkan suatu konten ke pengguna Bangunan Gedung. Jaringan papan informasi digital dapat digunakan di satu ruangan, seluruh Bangunan Gedung, atau area kawasan yang lebih luas. Sistem distribusi video digital terdiri dari beberapa komponen, termasuk sumber video, enkoder, jaringan komunikasi dan dekoder (Gambar I.6).



Gambar I.6. Sistem distribusi video digital.

Sumber video dapat berupa kamera pengawas, perangkat perekam (DVR atau NVR), atau sumber video lainnya seperti *file* video yang disimpan di server. Enkoder digunakan untuk mengubah sinyal analog menjadi digital, mengompres data dan mengurangi ukuran *file* sehingga mempercepat transfer data melalui jaringan. Dekoder digunakan untuk mengubah sinyal digital menjadi sinyal analog sehingga dapat ditampilkan pada layar monitor atau TV. Jaringan komunikasi yang digunakan untuk mengirim data dari enkoder ke dekoder dapat berupa jaringan kabel seperti Ethernet atau jaringan nirkabel seperti Wi-Fi.

Komponen dasar dari sistem papan informasi digital mencakup (1) tampilan, (2) prosesor dan kontroler media, (3) stasiun-kerja, dan (4) pemutar media (*media player*) dan server.

a) Tampilan (*Display*)

Tampilan video hadir dalam berbagai ukuran dan teknologi, dan yang paling populer yaitu layar plasma dan LCD. Ukuran monitor dan jarak harus disesuaikan dengan posisi orang yang akan melihat; jarak pandang sebaiknya 2-5 kali lebar monitor. Beberapa sistem media digital mampu menyediakan video untuk papan informasi melalui komputer. Fitur layar sentuh dapat juga digunakan apabila diperlukan.

b) Prosesor dan Kontroler Media

Prosesor dan kontroler media menerima konten dari sistem, menyimpannya secara lokal, lalu memasukkannya ke tampilan yang ada. Kontroler terhubung ke jaringan melalui LAN atau internet ke server utama dan stasiun-kerja. Kontroler umumnya disediakan dengan berbagai format grafik dan layar beresolusi agar kompatibel dengan berbagai tampilan. Tergantung pada konfigurasinya, beberapa sistem memberikan tampilan langsung dari sistem dan memanfaatkan enkoder untuk mengonversi video digital ke dalam format grafik.

c) Stasiun-kerja

Stasiun-kerja merupakan PC yang terhubung ke jaringan

dan terinstal perangkat lunak, yang memungkinkan administrator sistem membuat konten, menjadwalkan pendistribusian konten, mengonfigurasi pemroses media dan kontroler, memantau sistem, dan menghasilkan laporan manajemen sistem.

d) Pemutar Media dan Server

Server dan pemutar media menyimpan konten untuk sistem papan informasi dalam format digital, termasuk video MPEG, konten yang diunduh dari internet, yang dibuat dengan PowerPoint atau QuickTime, teks, gambar, dan sebagainya. Pemutar media dapat menggerakkan satu layar dan diperbarui melalui CD ROM atau *flash-drive* USB. Sistem yang lebih besar dengan konektivitas jaringan memungkinkan operator jaringan papan informasi digital mendorong konten ke banyak pemutar sekaligus setiap pemutar menarik konten dari server. Penyebaran papan informasi digital difasilitasi oleh jaringan data yang ada. Penggunaan sistem dan isinya sangat fleksibel dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan organisasi.

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem distribusi video dan papan informasi digital dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain, antara lain:

- a) Sistem Alarm Kebencanaan dan Pemberitahuan Massal
- b) Sistem Audio Visual
- c) Sistem Kelistrikan
- d) Pengelolaan Utilitas
- e) Sistem Parkir

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Integrasi sistem distribusi video dan papan informasi digital dengan sistem BAS/BMS dilakukan dengan memilih protokol komunikasi yang sesuai untuk menghubungkan keduanya. Beberapa protokol yang umum digunakan dalam integrasi ini yaitu ONVIF, Modbus RTU/TCP, BACnet, atau API. Konfigurasi alamat dan parameter komunikasi diperlukan untuk memungkinkan pertukaran data antara sistem kamera pengawas dan BAS. Langkah selanjutnya yaitu mengonfigurasi perangkat lunak atau antarmuka yang digunakan untuk mengontrol dan memantau sistem distribusi video dan papan informasi digital.

5. Sistem Audio Visual

a. Umum

Sistem audio visual mencakup sejumlah peralatan, standar teknis, dan teknologi yang dapat berkembang dengan cepat. Sistem audio visual dapat diterapkan pada seluruh area Bangunan Gedung, namun sebagian dirancang untuk kebutuhan khusus untuk ruangan tertentu seperti auditorium, ruang rapat, ruang kelas, dan lainnya.

b. Kriteria

Standar dan acuan penerapan sistem audio visual di antaranya:

- 1) Peraturan perundang-undangan mengenai Pemberlakuan

Standar Nasional Indonesia Audio Video dan Elektronika Sejenis secara Wajib;

- 2) SNI 04-2233-1991 Penguat audio Hi Fi, Persyaratan unjuk kerja minimum atau perubahannya;
- 3) SNI 04-2234-1991 Sistem dan peralatan audio Hi Fi, Persyaratan umum atau perubahannya;
- 4) SNI 04-6709.1-2002 Peralatan dan sistem audio visual, video dan televisi - Bagian 1: Umum atau perubahannya;
- 5) SNI 04-6714.1-2002 Peralatan tata suara - Bagian 1: Umum atau perubahannya;
- 6) SNI 04-6253-2003 Peralatan audio, video dan elektronika-sejenis - Persyaratan keselamatan atau perubahannya;
- 7) SNI 04-6709.2-2004 Peralatan dan sistem audiovisual, video dan televisi - Bagian 2: Definisi istilah umum atau perubahannya;
- 8) SNI 04-6709.10-2004 Peralatan dan sistem audiovisual, video dan televisi - Bagian 10: Sistem kaset audio atau perubahannya;
- 9) SNI IEC 61883-1:2009 Perlengkapan video/audio konsumen - antarmuka digital Bagian 1: Umum atau perubahannya; dan
- 10) SNI IEC 62368-1:2014 Peralatan audio/video, teknologi informasi dan komunikasi - Bagian 1: Persyaratan keselamatan atau perubahannya.

c. Komponen

Komponen sistem audio visual di antaranya:

1) Sumber Audio Visual

Sumber audio dapat berasal dari mikrofon (misal: mikrofon genggam, mikrofon nirkabel, mikrofon *clip-on*, mikrofon meja, dan lain-lain), instrumen elektronik (misal: radio, pemutar kaset/CD/MP3, komputer, dan lainnya), atau sumber lain yang sudah terprogram. Output dari sumber audio diproses, disesuaikan, diperkuat, dan dikirim ke penguat suara.

Sumber visual dapat berasal dari kamera, *videocassette recorder* (VCR), *digital video disc* (DVD), *video tape recorder* (VTR), *digital voice tape recorder* (DVTR), televisi, siaran, komputer, jaringan data, dan instrumen elektronik lainnya.

2) Pemrosesan Audio Visual

Sinyal audio diproses menggunakan penyeimbang frekuensi (*equalizer*) untuk menghasilkan kualitas audio yang dibutuhkan. Pemrosesan audio dilakukan dengan menggabungkan beberapa sinyal audio untuk dialihkan ke satu output.

Sinyal video diproses dengan melibatkan penguatan atau penyesuaian waktu, warna, kecerahan, atau kontras sinyal. Peralatan pemrosesan video dapat menyertakan korektor untuk menjaga integritas penguat pemrosesan sinyal dan video. Penguat sinyal (*amplifier*) video mengambil output sinyal, memperkuatnya untuk menjaga kualitas sinyal, lalu mendistribusikannya ke beberapa output.

3) Output Audio Visual

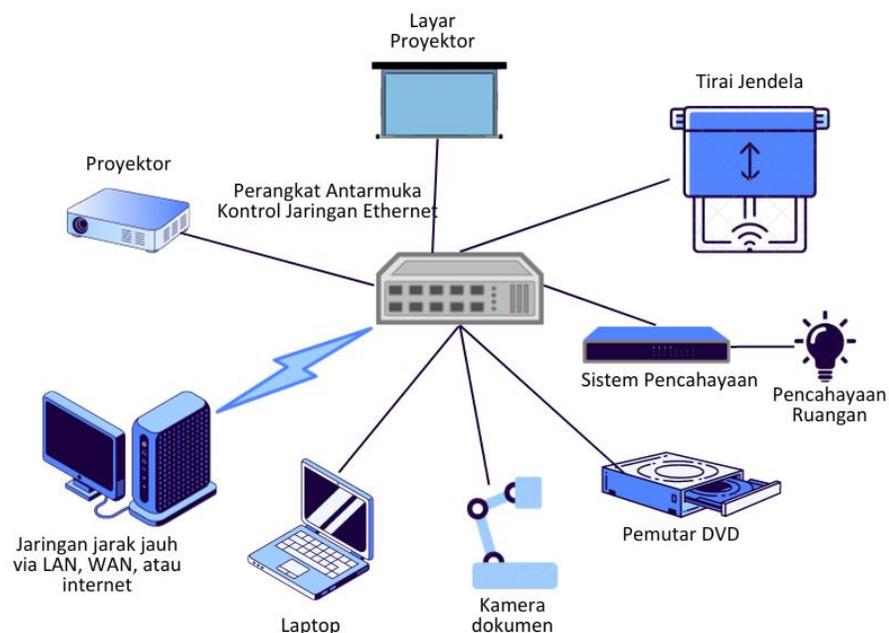
Jenis penguat suara sebagai output dari sistem audio memiliki variasi sesuai rentang frekuensi audio yang direproduksi dan pola dispersi suara. Karena tidak ada satu *driver* penguat

suara yang dapat mereproduksi seluruh rentang frekuensi secara akurat, beberapa *driver* dapat digunakan dalam satu pengeras suara.

d. Sistem Kontrol

Sistem kontrol untuk audio visual ditunjukkan pada Gambar I.7. Layar untuk menampilkan video dipilih berdasarkan dimensi, tampilan, pencahayaan, jenis konten yang akan ditampilkan, dan lingkungan. Tampilan layar video dapat diproyeksikan depan atau belakang sesuai dengan kebutuhan. Proyeksi layar belakang dan depan dapat menggunakan teknologi *Liquid Crystal Displays* (LCD), *Cathode Ray Tube* (CRT), atau *Digital Light Projector* (DLP).

Sistem kontrol dibutuhkan untuk mengelola semua komponen sistem audio visual sesuai kebutuhan pengguna. Sistem kontrol lokal dapat berupa tombol kontrol yang terletak pada ruangan, perangkat nirkabel, layar, atau komputer. Selain sistem kontrol konvensional yang melibatkan relai, kontrol jarak jauh, dan kontrol pabrikan, sistem kontrol audio visual dapat melibatkan perangkat komputer, perangkat lunak, dan jaringan data dengan protokol Ethernet dan IP.



Gambar I.7. Penerapan Sistem Audio Visual berbasis Jaringan IP Ethernet

Sistem kontrol berbasis jaringan IP mengelola perangkat sistem audio visual. Perangkat tersebut terhubung ke antarmuka Ethernet atau perangkat antara yang menghubungkan berbagai input dan output ke jaringan IP Ethernet. Sistem ini menambahkan jaringan pada sistem audio visual untuk mengompensasi kekurangan beberapa perangkat yang tidak dapat langsung terhubung ke jaringan IP. Beberapa contoh perangkat yang dapat dikontrol dengan menggunakan jaringan IP antara lain proyektor, monitor, kamera, VCR, DVD, layar, dan pengeras suara.

Pemantauan jarak jauh memungkinkan teknisi mengakses dan memantau semua komponen sistem audio visual melalui perambah *web* atau perangkat lunak. Teknisi dapat menghidupkan atau mematikan perangkat audio visual, melakukan pemeriksaan perangkat, mengontrol perangkat secara terpusat, serta melakukan komunikasi jarak jauh dua arah.

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem audio visual dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya di antaranya:

- a) Sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal
- b) Sistem pencahayaan
- c) Sistem distribusi video dan papan informasi digital
- d) Sistem kelistrikan
- e) Pengelolaan utilitas

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Integrasi sistem audio-visual dengan sistem BAS/BMS dilakukan dengan memilih protokol komunikasi yang sesuai untuk menghubungkan keduanya. Beberapa protokol yang umum digunakan dalam integrasi ini yaitu Modbus RTU/TCP, BACnet, atau API. Konfigurasi alamat dan parameter komunikasi diperlukan untuk memungkinkan pertukaran data antara audio-visual dan BMS. Langkah selanjutnya yaitu mengonfigurasi perangkat lunak atau antarmuka yang digunakan untuk mengontrol dan memantau sistem audio-visual.

Perangkat lunak BMS dapat mengatur sistem audio visual bersamaan dengan elemen BGC lainnya. Perangkat lunak BMS dapat menjadwalkan penggunaan suatu ruangan seperti ruang pertemuan, sehingga sistem kontrol dapat secara otomatis menyalakan perangkat audio visual, serta mengatur suhu dan pencahayaan ruangan sesuai dengan jadwal yang telah ditetapkan.

6. Sistem Jaringan Akses Kabel dan Antena Terdistribusi

a. Umum

Sistem jaringan akses kabel merupakan sistem jaringan yang memberikan layanan telekomunikasi ke pelanggan berupa TV kabel, telepon rumah, dan akses internet menggunakan akses kabel fiber optik. Sistem jaringan akses kabel harus stabil dan menjamin kualitas layanan yang baik.

Antena terdistribusi merupakan sistem yang digunakan untuk meningkatkan cakupan sinyal seluler di dalam Bangunan Gedung. Sistem ini terdiri dari beberapa antena kecil yang ditempatkan di seluruh Bangunan Gedung dan terhubung ke pusat distribusi. Antena terdistribusi digunakan untuk meningkatkan kualitas sinyal seluler, Wi-Fi, komunikasi publik, sistem identifikasi frekuensi radio/*Radio Frequency Identification* (RFID), *paging*, dan perangkat nirkabel lainnya.

b. Kriteria

Standar dan acuan penerapan sistem jaringan akses kabel dan antena terdistribusi di antaranya:

- 1) ISO 33.180 *Fibre Optic Communication* atau perubahannya;
- 2) IEEE 802.3 *Ethernet* atau perubahannya; dan
- 3) ISO/IEC 14763-3:2019 *Information technology - Implementation and operation of customer premises cabling - Part 3: Testing of optical fibre cabling* atau perubahannya.

Kriteria sistem kontrol jaringan akses kabel dan antena terdistribusi sebagai berikut:

- 1) Sistem jaringan akses kabel dan antena terdistribusi stabil serta dapat menjamin kualitas panggilan suara yang baik, fleksibel dan dapat menawarkan fitur-fitur tambahan seperti panggilan video dan konferensi panggilan.
- 2) Transmisi suara secara waktu-nyata.
- 3) Mudah untuk diintegrasikan dengan sistem lain misalnya email atau aplikasi berbasis *web*.
- 4) Menggunakan satu jaringan untuk data, suara, dan televisi (*triple play*) sehingga menghemat biaya konsolidasi sumber daya untuk manajemen, administrasi, dan pemeliharaan.

c. Komponen

Secara umum komponen sistem jaringan akses kabel meliputi:

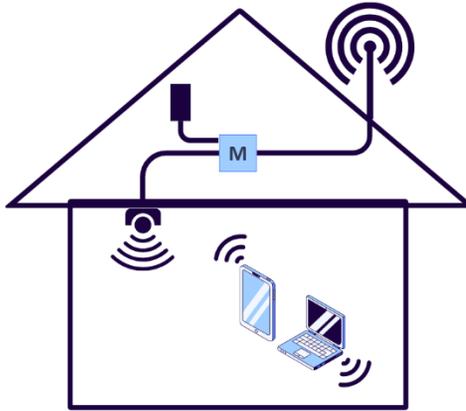
- 1) *VoIP Gateway*, yaitu perangkat yang menerjemahkan sinyal suara analog ke digital agar dapat ditransmisikan melalui jaringan IP.
- 2) Perangkat telepon IP, yaitu perangkat telepon untuk panggilan suara berbasis IP.
- 3) Modem, yaitu perangkat yang menghubungkan ke jaringan penyedia layanan internet; dapat berupa modem *Digital Subscriber Line* (DSL), kabel modem, atau perangkat fiber optik.
- 4) *Router*, yaitu perangkat yang mengatur lalu lintas data pada jaringan IP di dalam Bangunan Gedung dan memungkinkan beberapa perangkat untuk berbagi koneksi internet yang sama.
- 5) *Set-Top Box* (STB), yaitu perangkat untuk menerima, mengonversi, dan menampilkan sinyal IPTV untuk mendapatkan saluran TV digital, video *on-demand*, dan layanan TV interaktif.
- 6) Perangkat Televisi, yang mencakup televisi atau perangkat lain yang digunakan untuk menampilkan konten IPTV.

Secara umum komponen sistem antena terdistribusi meliputi:

- 1) Antena, yaitu antena yang terhubung ke sistem antena terdistribusi untuk menerima dan mentransmisikan sinyal seluler.
- 2) Antena Donor, yaitu antena eksternal yang mengambil sinyal dari operator seluler dan mengirimkannya ke dalam gedung.
- 3) *Remote Unit* (RU), yaitu unit yang mengendalikan distribusi sinyal antara donor antena dan jaringan distribusi dalam gedung.
- 4) Kabel koaksial, yaitu kabel yang menghubungkan antena donor, *Remote Unit*, dan antena terdistribusi di dalam gedung.
- 5) Kabel fiber optik, yang digunakan untuk menghubungkan komponen sistem antena terdistribusi yang lebih jauh, seperti *Remote Unit* di dalam gedung dan *Central Unit* di luar gedung.
- 6) *Central Unit*, yaitu unit pusat yang mengontrol dan mengelola seluruh sistem antena terdistribusi dalam gedung.
- 7) Sumber sinyal, yang dapat berupa *Base Transceiver Station* (BTS), *repeater*, atau perangkat lain yang mengirimkan sinyal ke sistem antena terdistribusi.
- 8) Kontroler sistem, yaitu perangkat lunak atau perangkat keras yang mengendalikan dan mengoptimalkan kinerja sistem antena terdistribusi.

d. Sistem Kontrol

Salah satu metode sistem antenna terdistribusi merupakan *picocell* berupa *base station* seluler dengan kapasitas dan daya terbatas untuk memperkuat sinyal seluler di dalam Bangunan Gedung dan meningkatkan kualitas layanan telepon seluler (Gambar I.8). *Base station* seluler luar terhubung dengan *picocell* menggunakan jaringan IP sehingga dapat mengelola lalu lintas komunikasi di dalam Bangunan Gedung.



Gambar I.8. Skema Sistem Antena Terdistribusi.

Teknologi lain yang dapat digunakan yaitu konvergensi layanan seluler dan Wi-Fi, sehingga pengguna dapat memilih jaringan seluler dan Wi-Fi yang tersedia dengan menggunakan perangkat masing-masing (telepon cerdas, komputer personal, dan lain-lain).

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem jaringan akses kabel dan antenna terdistribusi dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya antara lain:

- a) Sistem pengelolaan utilitas
- b) Elemen BGC lain yang relevan

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Integrasi sistem jaringan akses kabel dengan BMS dilakukan dengan menggunakan protokol komunikasi yang sesuai, seperti Modbus RTU/TCP, BACnet, atau API. Konfigurasi alamat dan parameter komunikasi diperlukan untuk memungkinkan pertukaran data antara sistem jaringan akses kabel dan BMS. Langkah selanjutnya yaitu mengonfigurasi perangkat lunak atau antarmuka yang digunakan untuk mengontrol dan memantau sistem jaringan akses kabel.

Penempatan perangkat aktif sistem jaringan akses kabel dan antenna terdistribusi membutuhkan ruangan khusus sebesar 5x5 meter yang berada di lantai dasar untuk mempermudah kegiatan pemeliharaan dan perbaikan (Gambar I.9).



Gambar I.9. Ruang Untuk Perangkat Aktif Sistem Akses Kabel dan Antena Terdistribusi.

7. Sistem Kelistrikan

a. Umum

Sistem kelistrikan mencakup sistem manajemen daya listrik yang dirancang untuk mengelola, mengawasi, dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik di dalam Bangunan Gedung secara efisien. Sistem ini dapat mengelola permintaan (*demand response*) yang mengatur konsumsi listrik berdasarkan ketersediaan pasokan dan harga listrik.

Sistem manajemen daya listrik memantau sistem distribusi listrik, memberikan data konsumsi listrik secara keseluruhan dan secara spesifik, kualitas daya listrik, serta alarm peristiwa (*event alarm*). Sistem ini mengurangi konsumsi dan biaya listrik dengan mengurangi beban daya berdasarkan ambang batas yang ditentukan.

b. Kriteria

Standar dan acuan penerapan sistem kelistrikan di antaranya:

- 1) SNI 0225:2020 Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL) 2020 atau perubahannya; dan
- 2) SNI 62053 Perlengkapan Meter Listrik atau perubahannya.

Kriteria sistem kelistrikan sebagai berikut:

- 1) Dilengkapi sensor untuk memantau, mengumpulkan, dan menganalisis data penggunaan energi listrik pada Bangunan Gedung secara waktu-nyata.
- 2) Dapat mengendalikan peralatan dan sistem dalam Bangunan Gedung secara otomatis berdasarkan pola penggunaan energi, jadwal, atau kondisi lingkungan.
- 3) Dapat memantau beban energi pada peralatan dan sistem di dalam Bangunan Gedung, sehingga dapat mengatur dan mendistribusikan beban dengan cerdas, menghindari beban berlebih atau ketidakseimbangan dalam jaringan listrik, dan mengoptimalkan penggunaan daya listrik.
- 4) Dapat diintegrasikan dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin, untuk mengoptimalkan penggunaan energi terbarukan. Sistem dapat memantau dan mengelola produksi energi terbarukan serta mengalirkan energi tersebut ke peralatan dan sistem yang membutuhkan.

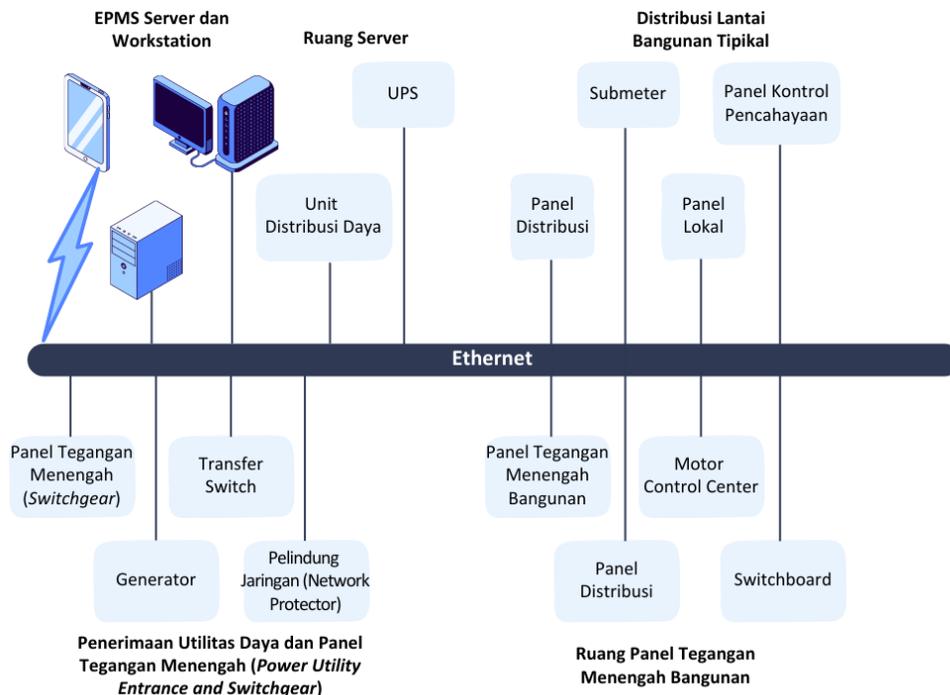
- 5) Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tren, pola konsumsi energi, dan peluang penghematan energi. Informasi ini dapat digunakan untuk mengambil keputusan dalam mengoptimalkan penggunaan energi dan meningkatkan efisiensinya.
- 6) Dapat menerapkan *demand response* untuk mengurangi penggunaan energi listrik pada waktu beban puncak (WBP), sehingga pengguna dapat menyesuaikan konsumsi daya dengan pasokan listrik dan mengurangi beban daya puncak secara efektif.

c. Komponen

Secara umum komponen sistem kelistrikan terdiri dari :

- 1) Perangkat pengukuran (*metering*), yaitu peralatan pengukuran konsumsi energi dan kualitas daya listrik
- 2) Sistem monitoring dan kontrol, yang berfungsi untuk memantau dan menganalisis data penggunaan energi dan operasional peralatan yang mengonsumsi energi
- 3) Komponen distribusi daya, termasuk panel distribusi, *transformator*, *circuit breaker* dan lain-lain
- 4) Jaringan komunikasi, yaitu jaringan yang dapat menghubungkan tiap komponen melalui komunikasi data via jaringan Ethernet maupun *wireless*
- 5) Sistem analisis dan pelaporan, yang berupa panel kontrol atau perangkat lunak yang menampilkan informasi visual tentang penggunaan energi dan kinerja sistem kelistrikan dan mampu menganalisis data penggunaan energi dan memberikan data untuk pengambilan keputusan.

Skema sistem kelistrikan secara umum dapat diperlihatkan dalam Gambar I.10.



Gambar I.10. Skema sistem kelistrikan dalam BGC.

d. Sistem Kontrol

Beberapa hal penting sistem kontrol dari sistem kelistrikan antara lain:

1) Pemantauan

Sistem kelistrikan melakukan pemantauan beban listrik yang dipakai dengan cara membaca arus maupun tegangan listrik, berbasis mikroprosesor, dan dapat berkomunikasi melalui jaringan. Sistem pemantauan dapat berupa sistem relai sederhana ataupun sistem *metering* digital yang dapat membaca kualitas daya untuk komponen kritis.

Diperlukan stasiun-kerja terpusat yang berfungsi untuk mengoperasikan dan menganalisis sistem kelistrikan. Stasiun-kerja harus dapat melakukan:

- a) Pengamatan grafik sistem distribusi,
- b) Pelaporan konsumsi listrik secara waktu-nyata,
- c) Pelaporan tren konsumsi listrik,
- d) Pelaporan data historis konsumsi listrik,
- e) Pelaporan alarm peristiwa,
- f) Analisis kurva daya listrik,
- g) Penentuan pelepasan beban daya listrik,
- h) Komunikasi dengan sistem pengondisian udara dan sistem pencahayaan, dan
- i) Operasi perangkat lunak biaya penggunaan daya listrik.

2) Jaringan koneksi *backbone* sistem kelistrikan

Jaringan koneksi ini dapat menggunakan jaringan kabel standar. Topologi fisik jaringan koneksi dapat berupa:

- a) konfigurasi *bus*,
- b) bintang, atau
- c) *daisy-chain*.

Sementara itu, komunikasi jaringan dapat berupa:

- a) RS-485 untuk tingkat jaringan rendah, dan
- b) Protokol TCP/IP untuk tingkat jaringan lebih tinggi.

Protokol komunikasi umum yang dapat digunakan yaitu Modbus TCP, SNMP *Management Information Base* (MIB) melalui koneksi Ethernet, Modbus RTU melalui koneksi RS-232, dan BACnet melalui jaringan RS-485.

3) *Metering* dan *Submetering*

Metering merupakan proses pengukuran dan pemantauan konsumsi daya listrik secara keseluruhan, sedangkan *sub-metering* merupakan proses pengukuran dan pemantauan konsumsi daya listrik di setiap bagian atau peralatan tertentu di dalam Bangunan Gedung. Fungsi *metering* dan *sub-metering* sebagai berikut:

- a) Mengumpulkan data konsumsi daya secara keseluruhan dan spesifik, kualitas daya, dan alarm peristiwa.
- b) Membantu pengguna mengidentifikasi area yang membutuhkan perbaikan dan mengembangkan strategi penghematan energi yang lebih efektif.
- c) Melakukan tagihan kembali (*bill back*) penggunaan daya meteran ke pengguna atau penyewa.

Sistem meter cerdas (*smart meter*) dapat digunakan karena memiliki kemampuan untuk mengukur dan merekam data interval dan mengirimkan data tersebut ke lokasi jarak jauh. Meter cerdas dapat menemukan masalah kualitas daya seperti transien, gangguan tegangan, faktor daya, dan harmonis. Submeter umumnya memberi informasi tentang konsumsi energi berdasarkan kilowatt jam (kWh).

- 4) Sakelar Daya Cerdas (*Smart Power Strip*)
Sakelar daya cerdas dapat digunakan bersamaan dengan meter listrik untuk memberikan informasi konsumsi energi, termasuk biaya energi dan kualitas daya, tegangan, frekuensi garis, dan faktor daya. Sakelar daya ini memiliki *port* Ethernet IP yang memungkinkan manajer untuk memantau, mengelola, dan *reboot* peralatan secara cerdas.
- 5) *Power Over Ethernet* (POE)
POE merupakan teknologi yang memungkinkan perangkat jaringan seperti telepon, kamera, pengeras suara pengumuman (*speaker paging*), *card reader*, dan sebagainya, menerima daya listrik melalui kabel Ethernet yang digunakan untuk mentransfer data. POE memungkinkan instalasi perangkat jaringan yang lebih mudah dan hemat biaya karena tidak perlu memasang kabel listrik tambahan untuk setiap perangkat.

Sistem kelistrikan harus memiliki *selector switch* pada panel untuk mengatur kondisi auto atau manual. Kondisi auto berarti semua dikendalikan dan dipantau secara langsung dengan BMS. Kondisi manual berarti penyelesaian masalah (*troubleshooting*) dilakukan dengan mematikan sistem otomatis yang ada dengan memutar *selector switch*.

e. Integrasi Sistem

- 1) Integrasi dengan elemen BGC lain
Sistem kelistrikan dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain, seperti:
 - a) Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal
 - b) Sistem jaringan akses kabel dan antena terdistribusi
 - c) Sistem pengondisian udara
 - d) Sistem pencahayaan
 - e) Sistem ventilasi
 - f) Sistem transportasi dalam gedung
 - g) Distribusi video dan papan informasi digital
 - h) Sistem audio visual
 - i) Sistem penyediaan air minum
 - j) Sistem pengelolaan air limbah
 - k) Sistem pengelolaan utilitas
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
Terdapat dua pendekatan dalam integrasi sistem kelistrikan, yaitu:
 - 1) *Pre-created* sistem kelistrikan yang dirancang dan dibuat sejak awal oleh produsen peralatan distribusi listrik.
 - 2) Menggunakan integrator sistem kelistrikan yang mengintegrasikan sistem yang sudah ada dengan sistem BAS. Peralatan listrik dilengkapi dengan GUI dan sistem pelaporannya sendiri. Integrator menggunakan grafik dan protokol komunikasi terbuka yang memungkinkan sistem kelistrikan berkomunikasi dengan sistem BAS.

Sistem kelistrikan dapat terintegrasikan dengan perangkat lunak BAS/BMS dengan menggunakan protokol Modbus RTU/TCP, SNMP MIB, dan TCP/IP. Untuk mengontrol dan memantau sistem kelistrikan, pengaturan tampilan grafis, pengaturan alarm dan pemberitahuan, pemrograman pengendalian otomatis, dan pembuatan laporan energi diatur pada perangkat lunak atau antarmuka pada BMS.

8. Sistem Pencahayaan

a. Umum

Sistem pencahayaan pada BGC memanfaatkan teknologi dan automasi dalam mengoptimalkan pencahayaan pada Bangunan Gedung untuk kenyamanan, efisiensi energi, dan produktivitas penghuni. Sistem pencahayaan pada BGC mencegah pemakaian lampu yang tidak terkontrol dan menyebabkan pemborosan energi pada Bangunan Gedung.

b. Kriteria

BGC melibatkan sistem pencahayaan terpusat di seluruh lantai, serta memiliki kemampuan penggantian sistem pencahayaan. Kebutuhan pencahayaan pada Bangunan Gedung mengikuti ketentuan standar acuan antara lain:

- 1) SNI 6197:2020 Konservasi energi sistem pencahayaan atau perubahannya;
- 2) SNI 03-6575-2001 Tata cara perancangan sistem pencahayaan buatan pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 3) SNI 03-2396-2001 Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 4) SNI IEC 60929:2009 Balast elektronik bertegangan a.b. - Untuk lampu fluoresen tabung - Persyaratan kinerja atau perubahannya; dan
- 5) ISO/CIE 20086:2019 *Light and lighting — Energy performance of lighting in buildings* atau perubahannya.

Strategi dan fungsi kontrol pencahayaan harus melibatkan:

- 1) Penjadwalan, yaitu memiliki jadwal kapan lampu harus dihidupkan dan dimatikan,
- 2) Sensor kehadiran (*occupancy sensor*), yaitu lampu dapat dinyalakan dan dimatikan berdasarkan sensor kehadiran dalam perangkat kontrol pencahayaan,
- 3) Pencahayaan alami, yaitu memaksimalkan pemanfaatan pencahayaan alami dengan menggunakan sensor iluminasi, dan
- 4) Pencahayaan yang dapat diatur kecerahannya (*dimnable*).

Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tren, pola penggunaan sistem pencahayaan, pola konsumsi energi, dan peluang penghematan energi. Informasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan mengambil keputusan yang lebih baik dalam efisiensi penggunaan sistem pencahayaan.

Sistem kontrol harus memungkinkan individu yang berwenang, termasuk penyewa atau penghuni lainnya, untuk menyesuaikan pencahayaan melalui jaringan atau perambah *web*.

c. Komponen

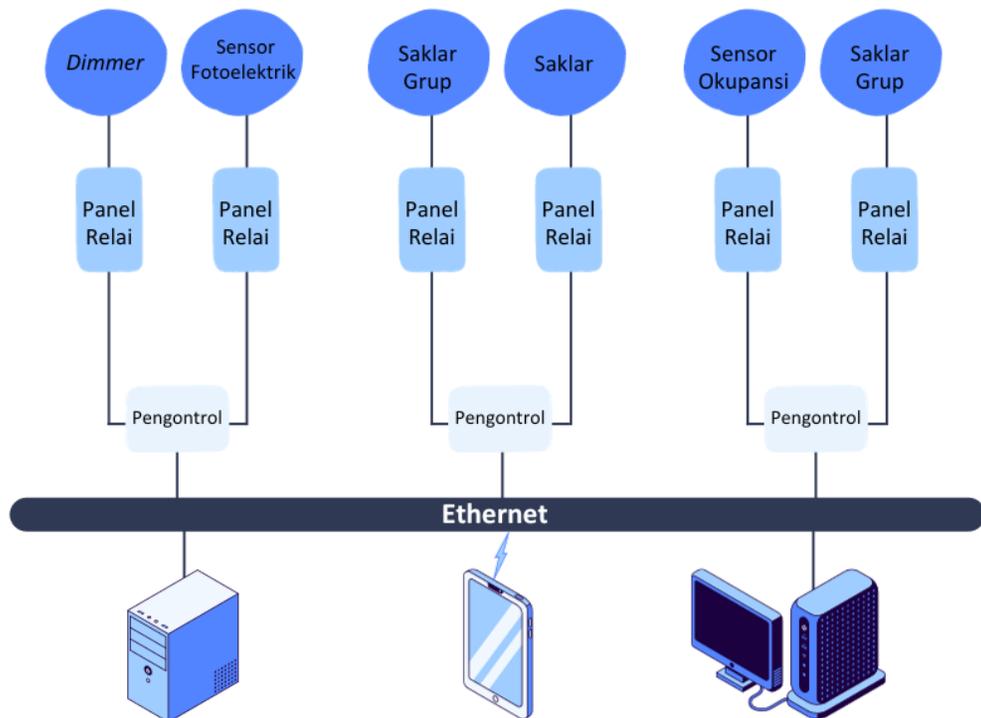
Komponen pada sistem pencahayaan terdiri dari kontroler, panel relai, sensor kehadiran, pengatur cahaya (*dimmer*), dan sensor pencahayaan alami.

d. Sistem Kontrol

Pusat sistem pencahayaan terdiri dari server yang mendukung web (*web-enabled server*), stasiun-kerja dengan GUI, dan aplikasi perangkat lunak untuk administrasi sistem. Kontroler sistem bersifat modular yang memungkinkan perkembangan sistem di

masa mendatang, serta memiliki panel antarmuka yang dapat digunakan sebagai pengganti stasiun-kerja sistem untuk memrogram dan memantau sistem pencahayaan.

Kontroler dan server sistem terhubung melalui jaringan Ethernet, serta memiliki antarmuka komunikasi seperti *port* Ethernet, komunikasi RS-232 dan RS-485, atau *port* komunikasi lain yang umum digunakan. Kontroler sistem dapat berkomunikasi dengan masing-masing panel melalui koneksi Ethernet atau protokol BACnet, LonWork atau Modbus, atau protokol lain yang sesuai standar, yang dialihkan ke jaringan IP yang lebih besar (Gambar I.11).



Gambar I.11. Sistem kontrol cerdas pencahayaan.

1) Panel Relai

Panel relai menyediakan kontrol tegangan untuk beban penerangan, yang berisi pemutus sirkuit dengan tegangan yang sesuai dengan sistem kelistrikan Bangunan Gedung. Panel relai memungkinkan satu sirkuit mengalir ke beberapa relai, dan memungkinkan beberapa pemutus sirkuit mengalir ke satu panel relai. Panel relai dilengkapi dengan indikator status untuk keluaran relai, input untuk penggantian program dan perangkat pemantauan seperti sel fotolistrik dan sensor kehadiran. Meskipun panel relai dapat diprogram atau dikendalikan oleh kontroler, panel relai juga harus dapat beroperasi tanpanya.

Pada Bangunan Gedung bertingkat, terdapat panel relai di setiap lantai yang mengendalikan semua lampu di lantai tersebut. Setiap ruangan di lantai memiliki sakelar lokal dan sakelar utama untuk seluruh lantai. Sakelar utama dapat diprogram untuk menyalakan dan mematikan lampu pada jam dan tempat tertentu yang telah diatur.

2) Sensor Kehadiran (*Occupancy Sensors*)

Sensor kehadiran mendeteksi apakah suatu ruangan ditempati atau tidak. Sensor ini dapat digunakan di kamar mandi, ruang

utilitas, ruang konferensi, ruang ganti, dan ruang lainnya, atau mengikuti ketentuan penilaian kinerja BGH Tahap Pemrograman dan Tahap Perencanaan Teknis sesuai peraturan perundang-undangan mengenai Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau.

Terdapat beberapa jenis sensor kehadiran, antara lain inframerah pasif (*passive infrared* atau PIR), ultrasonik aktif (*active ultrasound*), dan hibrid seperti kombinasi PIR-ultrasonik aktif atau PIR-*audible sound*. Sensitivitas sensor kehadiran perlu diperhatikan dan diatur sesuai dengan kebutuhan.

Sensor ultrasonik memberikan cakupan area yang kontinu dan sesuai untuk area terbuka seperti kantor, ruang kelas, dan ruang konferensi besar. Sensor ini tidak boleh ditempatkan di dekat perangkat mekanis yang menghasilkan getaran atau perubahan aliran udara seperti sistem pengondisian udara.

Sensor PIR harus tertuju pada suatu area, sehingga tidak boleh dihalangi oleh partisi atau furnitur. Sensor PIR tidak boleh dipasang menghadap jendela, karena sumber inframerah yang kuat seperti lampu kendaraan atau sinar matahari dapat menyebabkan alarm palsu.

Penggunaan beberapa sensor dapat memberikan deteksi yang lebih akurat, terutama di area yang besar atau berbentuk tidak teratur.

3) Pengatur Cahaya (*Dimmer*)

Modul ini mengatur sakelar tegangan rendah dan kontrol keluaran tegangan pada beban pencahayaan. Pengatur cahaya mandiri (*stand-alone dimmer*) dilengkapi dengan indikator status, input analog untuk fotosel (*photocell*) atau sensor kehadiran, dan diagnostik sistem.

Sensor pengatur cahaya harus terhubung ke panel relai. Pengatur cahaya dapat digunakan untuk ruang tertentu seperti ruang audio-visual, atau digunakan secara menyeluruh dalam sistem total untuk mengelola fasilitas besar. Pengaturan pengatur cahaya ini tidak dapat diubah oleh siapa pun kecuali oleh personel yang disetujui dan yang berwenang.

4) Sensor Pencahayaan Alami (*Lux Sensor*)

Sensor ini menggunakan sensor fotoelektrik untuk menggunakan pencahayaan alami guna mengurangi penggunaan pencahayaan buatan. Sensor ini harus terhubung ke panel relai. Sensor ini dapat ditempatkan di sekitar Bangunan Gedung, atrium, lorong, area dengan atap terbuka, atau di garis isolux (batas antara area pencahayaan alami dan pencahayaan buatan) sebagaimana diatur dalam Peraturan perundang-undangan mengenai Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau.

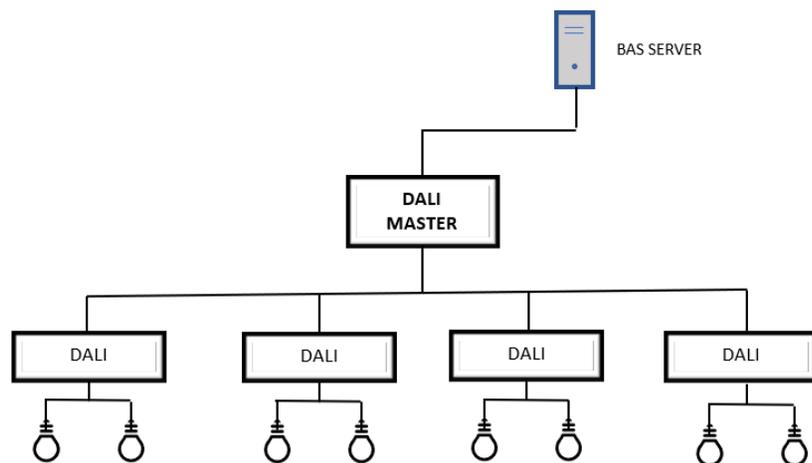
e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem pencahayaan dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain, antara lain:

- a) Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal
- b) Sistem kontrol akses
- c) Sistem pengondisian udara

- d) Sistem audio visual
 - e) Sistem kelistrikan
 - f) Sistem pengelolaan utilitas
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
- Sistem pencahayaan dapat menggunakan protokol komunikasi DALI untuk sakelar relai. Setiap lampu harus memiliki alamat jaringan masing-masing. Karena protokol DALI hanya digunakan oleh sistem pencahayaan, integrasinya ke sistem lain memerlukan terjemahan protokol dengan sistem yang menggunakan BACnet atau LonWorks, atau yang dapat terhubung ke jaringan internet melalui TCP/IP. Perangkat pencahayaan yang menggunakan protokol DALI dan DALI Master berkomunikasi dengan BAS Server (Gambar I.12). Integrasi data dari BAS Server menuju BMS memerlukan sebuah platform penghubung seperti OPC DA/UA atau *Middleware*.



Gambar I.12. Integrasi sistem pencahayaan.

9. Sistem Pengondisian Udara

a. Umum

Sistem pengondisian udara menjaga kondisi udara di dalam Bangunan Gedung dengan mengendalikan suhu udara, kelembapan udara, dan aliran udara untuk menciptakan lingkungan yang nyaman, efisien, dan optimal bagi pengguna. Sistem pengondisian udara juga berperan dalam mengelola sebagian besar penggunaan energi pada Bangunan Gedung dan mengendalikan asap ketika terjadi kebakaran.

Sistem pengondisian udara dilengkapi dengan teknologi yang terintegrasi dan bekerja secara otomatis untuk mengoptimalkan kinerjanya. Sistem ini harus mampu merespons berbagai kondisi di luar dan di dalam Bangunan Gedung, seperti cuaca, waktu operasional, tingkat penghunian, dan fungsi ruang untuk menciptakan kenyamanan bagi pengguna dan memaksimalkan efisiensi penggunaan energi.

b. Kriteria

Secara umum, kinerja sistem pengondisian udara harus memenuhi standar teknis sebagai berikut:

- 1) SNI 6390:2020 Konservasi energi sistem tata udara Bangunan Gedung atau perubahannya;

- 2) SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengondisian udara pada Bangunan Gedung atau perubahannya; dan
- 3) ASHRAE/IESNA 90.1 *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* atau perubahannya.

Kriteria sistem pengondisian udara pada BGC sebagai berikut:

- 1) Dilengkapi sensor yang memantau kondisi variabel sistem dan komponennya seperti meliputi tekanan cairan dan gas, suhu, kelembapan, laju aliran cairan dan gas, serta kecepatan dan keadaan *on/off* peralatan.
- 2) Dapat mengendalikan sistem dan komponennya secara otomatis berdasarkan kondisi lingkungan, pola penghunian, atau jadwal.
- 3) Dapat memantau konsumsi energi yang digunakan oleh sistem dan komponen.
- 4) Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tren, pola penggunaan sistem pengondisian udara, pola konsumsi energi, dan peluang penghematan energi. Informasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan mengambil keputusan yang lebih baik dalam efisiensi penggunaan sistem pengondisian udara.

c. Komponen

Sistem pengondisian udara sangat kompleks dan terdiri dari banyak komponen. Komponen utama sistem ini meliputi *chiller*, unit penanganan udara atau AHU, unit terminal udara atau *air terminal unit* (ATU), dan peralatan *variable air volume* (VAV).

- 1) *Chiller*
Chiller berfungsi mendinginkan udara dengan menghilangkan panas menggunakan siklus refrigerasi, yang terdiri dari kompresi, kondensasi, ekspansi, dan penguapan. *Chiller* berpendingin air (*water-cooled*) memiliki efisiensi yang lebih tinggi daripada *chiller* berpendingin udara (*air-cooled*). *Chiller* kondensasi evaporatif (*evaporative condensed chiller*) beroperasi sebagai versi yang lebih kecil dan lebih efisien dari *chiller* berpendingin air. *Chiller* ini menggunakan air jauh lebih sedikit sehingga mengurangi biaya operasional.
- 2) Unit Penanganan Udara atau AHU
AHU memberikan udara dingin ke berbagai bagian Bangunan Gedung, dan dapat melayani satu atau beberapa lantai Bangunan Gedung. Jika AHU melayani beberapa zona, setiap zona memiliki kontrol dengan menghasilkan udaranya sendiri setelah terlebih dahulu dicampur di AHU. AHU yang lebih kecil, disebut *Fan Coil Unit* (FCU), terdiri dari koil, kipas, dan filter udara, serta dapat beroperasi tanpa menggunakan udara luar. FCU dapat ditempatkan di lokasi di mana kebutuhan pendinginan kecil, atau berdasarkan kamar per kamar, seperti kamar hotel dan apartemen.
- 3) Unit Terminal Udara atau ATU
ATU menangani beban termal atau zona termal pengondisian udara tertentu. Beban termal terdiri dari beban luar dan beban dalam, sementara zona termal merupakan ruang atau kelompok ruang yang bersebelahan dalam sebuah Bangunan Gedung dengan beban termal sama. ATU mengompensasi

beban termal dan zona termal ini dengan memvariasikan suhu udara, volume udara, atau keduanya.

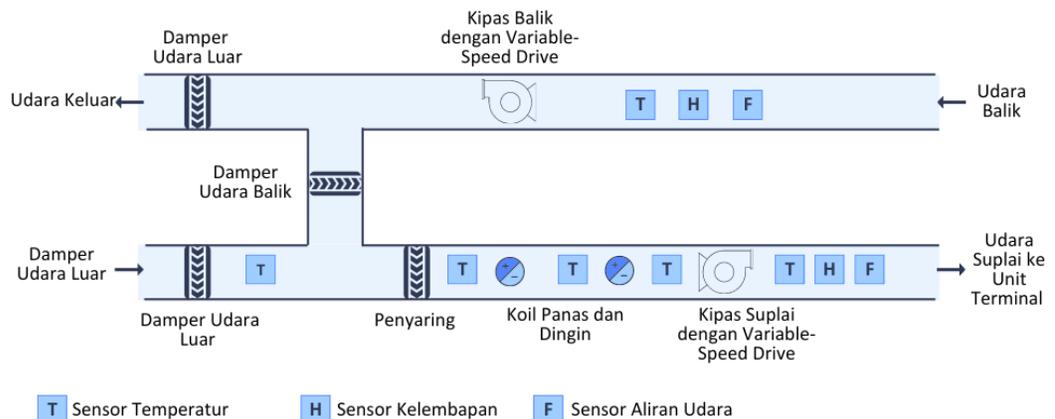
Terdapat dua sistem ATU, yaitu *constant air variable* (CAV) dan VAV. CAV menyediakan udara pada suhu dan laju aliran tetap sedangkan VAV menyediakan udara pada suhu konstan dengan mengatur laju aliran udara ke dalam ruang. VAV lebih hemat energi daripada CAV karena menggunakan lebih sedikit volume udara sehingga energi yang digunakan untuk pendinginan, dan pengoperasian lebih kecil.

d. Sistem Kontrol

Sistem pengondisian udara harus dapat mengontrol kondisi variabel sistem dan komponennya, yang meliputi tekanan cairan dan gas, suhu udara, kelembapan udara, laju aliran cairan dan gas, serta kecepatan dan keadaan *on/off* peralatan mekanis (Gambar I.13).

Sensor yang digunakan antara lain termostat, sensor termohigrograf (*thermo-hygrograph*), sensor tekanan diferensial untuk pompa dan pendingin, sensor tekanan diferensial untuk aliran udara, sensor aliran udara (*flowmeter*), sensor tekanan statis, sensor tekanan udara, dan sensor kelembapan udara.

Sensor harus terstandarisasi dan memiliki spesifikasi teknis sesuai dengan kebutuhan pengukuran. Penempatan sensor harus sesuai dengan persyaratan teknis atau standar yang berlaku, atau sesuai dengan spesifikasi sensor tersebut. Perangkat-perangkat ini harus dapat berkomunikasi satu sama lain atau dengan kontroler melalui sinyal analog atau digital.



Gambar I.13. Ilustrasi sistem pengondisian udara dan pemasangan sensor.

Sistem pengondisian udara dapat dipantau dan dikendalikan beberapa pengguna pada saat yang bersamaan. Akses ke data sistem kontrol harus dibatasi dengan menggunakan kata sandi (*password*). Operator dapat mengakses ke sistem kontrol pada komputer mana pun dan dapat mengakses ke seluruh data yang dibutuhkan tergantung kedudukan operator di sistem.

Kontroler sistem menggunakan input data dari sensor untuk membuat keputusan, dan berdasarkan informasi tersebut mengendalikan perangkat aktuator. Kontrol sistem pengondisian udara disediakan melalui tenaga listrik atau sarana pneumatik. DDC digunakan pada sistem pengondisian udara yang lebih kompleks dan memungkinkan kontroler menghitung urutan operasi berdasarkan input digital dari sensor.

Koneksi jaringan TI ke perangkat dapat menggunakan kabel *patch cord* keluaran pabrik dan koneksi ke struktur kabel jaringan TI dapat menggunakan *patch* panel pada rak server serta modular *jack female* pada posisi perangkat.

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

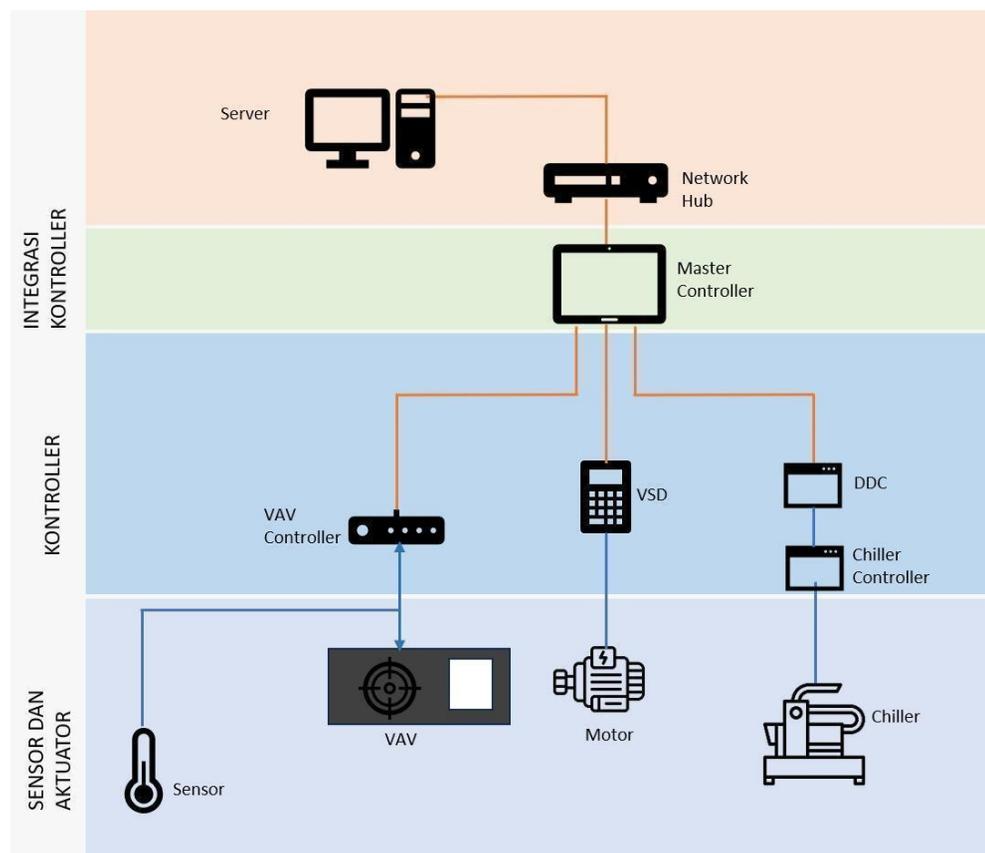
Sistem pengondisian udara dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain:

- a) Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal
- b) Sistem kontrol akses
- c) Sistem kamera pengawas
- d) Sistem pencahayaan
- e) Sistem ventilasi
- f) Sistem kelistrikan
- g) Sistem pengelolaan fasilitas

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Sistem pengondisian udara dapat dihubungkan atau diintegrasikan dengan BAS/BMS (Gambar I.14). Integrasi sistem dilakukan dengan mengidentifikasi sistem dan perangkat yang akan diintegrasikan, memilih protokol komunikasi, memasang sensor dan aktuator, serta mengomunikasikan dan mengonfigurasi sistem pengondisian udara dengan Server BMS.

Peralatan sistem pengondisian udara (dalam hal ini, menggunakan DDC) dapat menggunakan protokol BACnet untuk berkomunikasi dengan Server BMS. Integrasi data dari perangkat lunak BMS menuju BMS memerlukan sebuah platform penghubung seperti OPC DA/UA atau *Middleware*.



Gambar I.14. Skema Integrasi Sistem Pengondisian Udara dengan BMS.

10. Sistem Ventilasi

a. Umum

Sistem ventilasi pada BGC merupakan teknologi cerdas yang dirancang untuk memastikan sirkulasi udara dalam ruangan lebih sehat dan nyaman sesuai dengan kebutuhan penghuni dan operasi Bangunan Gedung, dengan tetap mengoptimalkan penggunaan sumber daya dan energi. Sistem ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan menjaga keseimbangan sirkulasi udara sehingga dapat meningkatkan kesehatan, kesejahteraan, dan produktivitas penghuni.

b. Kriteria

Standar teknis penerapan sistem ventilasi pada BGC di antaranya sebagai berikut:

- 1) Peraturan perundang-undangan mengenai Standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja Perkantoran;
- 2) Peraturan perundang-undangan mengenai Pedoman Penyehatan Udara dalam Ruang Rumah;
- 3) SNI 03-6572-2001 Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 4) SNI 6390:2020 Konservasi energi sistem tata udara Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 5) ASHRAE 62.1 *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality* atau perubahannya; dan
- 6) ASHRAE 62.2 *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings* atau perubahannya.

Kriteria sistem ventilasi pada BGC sebagai berikut:

- 1) Mendeteksi kualitas udara dalam ruang seperti suhu udara dan kelembapan udara, kadar karbon-monoksida dan karbon-dioksida, dan konsentrasi kontaminan lainnya (misal: partikel debu, formaldehida, VOC, dan lain-lain), jika diperlukan, untuk mengendalikan besaran ventilasi secara otomatis sesuai dengan kebutuhan udara segar.
- 2) Mendeteksi kondisi udara di luar bangunan untuk mengendalikan sistem dalam mengatur jumlah udara luar yang perlu diambil, kinerja filter, atau kebutuhan resirkulasi udara.
- 3) Mengendalikan sistem dan komponennya secara otomatis untuk beradaptasi dengan perubahan kebutuhan yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan (suhu udara, kualitas udara), pola penghunian (jumlah penghuni, aktivitas), atau jadwal.
- 4) Memiliki sensor untuk mendeteksi aliran udara, tekanan udara, atau konsumsi energi sistem.
- 5) Data yang dikumpulkan dapat dianalisis untuk mengidentifikasi tren, pola penggunaan sistem ventilasi, dan pola konsumsi energi. Informasi ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan mengambil keputusan yang lebih baik dalam mengoptimalkan penggunaan sistem ventilasi dan meningkatkan efisiensinya.

c. Komponen

Komponen sistem ventilasi di antaranya:

- 1) Sensor kualitas udara dalam dan luar ruang untuk mengukur kualitas udara yang meliputi suhu udara, kelembapan udara,

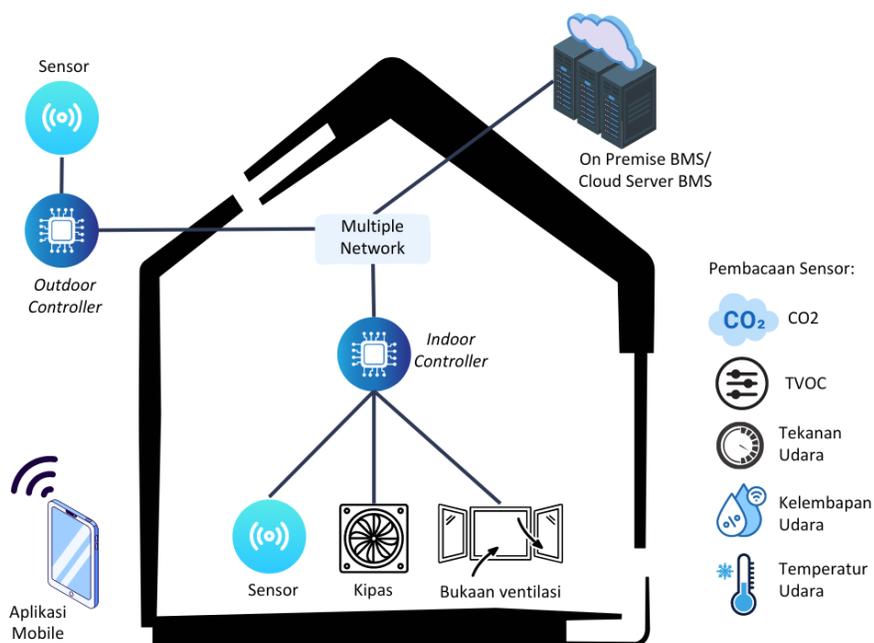
konsentrasi karbon-monoksida dan karbon-dioksida, serta konsentrasi kontaminan lain (misal: partikel debu, formaldehida, VOC, dan lain-lain), jika diperlukan.

- 2) Sensor kehadiran untuk mendeteksi penghunian di dalam ruangan.
- 3) Sensor aliran udara dan tekanan sistem untuk memantau kinerja sistem ventilasi dan mendeteksi apabila terjadi kegagalan sistem.
- 4) Aktuator atau kontroler penggerak berupa *Variable Speed Drive* (VSD) atau *Variable Frequency Drive* (VFD) untuk menyesuaikan volume udara yang masuk/keluar ruangan.

d. Sistem Kontrol

Sistem kontrol pada sistem ventilasi cerdas melibatkan pengumpulan data dari sensor untuk mendeteksi kualitas udara dalam dan luar ruang, dan tingkat penghunian. Data tersebut dikirimkan dan diolah melalui sistem kontrol terpusat, dan digunakan untuk membuat keputusan dan mengambil tindakan. Tindakan yang sesuai diambil melalui pengiriman sinyal kepada aktuator oleh sistem kontrol, seperti mengendalikan kecepatan putaran kipas untuk mengatur sirkulasi udara dalam ruang. Contoh sistem kontrol pada sistem ventilasi cerdas ditunjukkan pada Gambar I.15.

Penggunaan teknik kecerdasan buatan atau AI dalam sistem kontrol dapat membantu sistem ventilasi dalam menganalisis data sensor dan mengambil keputusan yang lebih cerdas dalam mengatur sirkulasi udara. Berdasarkan data historis dan informasi cuaca yang tersedia, sistem ventilasi dapat menggunakan AI untuk memprediksi perubahan kualitas udara luar sehingga memungkinkan sistem mengambil tindakan sebelum kondisi buruk tiba.



Gambar I.15. Sistem kontrol cerdas ventilasi.

e. Integrasi Sistem

- 1) Integrasi dengan elemen BGC lain
Sistem ventilasi dapat terintegrasi dan berkolaborasi dengan

elemen BGC lainnya melalui BMS, antara lain:

- a) Sistem alarm kebakaran dan pemberitahuan massal
- b) Sistem kontrol akses
- c) Sistem pengondisian udara
- d) Sistem kelistrikan
- e) Sistem parkir
- f) Sistem pengelolaan utilitas

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Sistem ventilasi dapat dihubungkan atau diintegrasikan dengan BAS/BMS. Integrasi sistem dilakukan dengan mengidentifikasi sistem dan perangkat yang akan diintegrasikan, memilih protokol komunikasi, memasang sensor dan aktuator, serta mengomunikasikan dan mengonfigurasi sistem pengondisian udara dengan Server BMS.

Integrasi sistem ventilasi dengan BAS/BMS menggunakan protokol komunikasi standar terbuka seperti BACnet/IP, Modbus RTU/TCP, LonTalk, OPC DA/UA, dan/atau protokol standar terbuka lain.

11. Sistem Penyediaan Air Minum

a. Umum

Sistem penyediaan air minum pada BGC merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk menyediakan dan mengontrol penggunaan air di dalam Bangunan Gedung secara cerdas dan efisien. Sistem ini menggunakan teknologi yang terintegrasi untuk memantau, mengatur, dan mengoptimalkan penggunaan air dengan mudah dan akurat.

Target penggunaan sistem penyediaan air minum cerdas meliputi:

- 1) Efisiensi penggunaan air
- 2) Efisiensi biaya operasional
- 3) Menjamin kualitas air minum sesuai standar baku mutu.

b. Kriteria

Standar teknis dalam penerapan sistem penyediaan air minum sebagai berikut:

- 1) Peraturan perundang-undangan mengenai Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau.
- 2) Peraturan perundang-undangan mengenai Kesehatan Lingkungan;
- 3) SNI 8153:2015 Sistem plambing pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 4) SNI 0140:2007 Cara pengukuran debit air atau perubahannya;
- 5) SNI 2547:2019 Spesifikasi meter air minum atau perubahannya;
- 6) ISA 112 SCADA System atau perubahannya;
- 7) ISA 18.2 *Management of Alarm Systems for the Process Industries* atau perubahannya;
- 8) Peraturan terakhir dari “Peralatan listrik dan bangunan” yang diterbitkan IEE dan NEC (IEC 61158/Modbus TCP Slave) atau perubahannya;
- 9) SNI 06-4828-1998 Spesifikasi cincin karet sambungan pipa air minum, air limbah dan air hujan atau perubahannya;

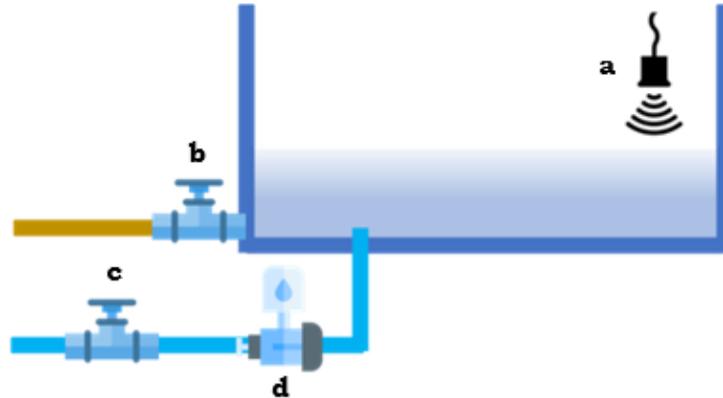
- 10) SNI 4829.1-2015 Sistem perpipaan plastik - Pipa polietilena (PE) dan fitting untuk sistem penyediaan air minum - Bagian 1: Umum (ISO 4427-1:2007, MOD) atau perubahannya;
- 11) SNI 4829.2-2015 Sistem perpipaan plastik - Pipa polietilena (PE) dan fitting untuk sistem penyediaan air minum - Bagian 2: Pipa (ISO 4427-2:2007, MOD) atau perubahannya;
- 12) SNI 4829.3-2015 Sistem perpipaan plastik - Pipa polietilena (PE) dan fitting untuk sistem penyediaan air minum - Bagian 3: Fitting (ISO 4427-3:2007, MOD) atau perubahannya;
- 13) SNI 06-6419-2000 Spesifikasi pipa PVC bertekanan berdiameter 110-315 mm untuk air bersih atau perubahannya;
- 14) SNI 19-6783-2002 Spesifikasi desinfeksi perpipaan air bersih atau perubahannya;
- 15) SNI 122:2022 Keran air suplai untuk keperluan domestik atau perubahannya; dan
- 16) ISO 24512:2007 *Activities relating to drinking water and wastewater services — Guidelines for the management of drinking water utilities and for the assessment of drinking water services* atau perubahannya.

c. Komponen

Secara umum komponen pada sistem penyediaan air minum cerdas pada Bangunan Gedung meliputi:

- 1) Meter Air Cerdas
Berfungsi untuk mengukur dan memantau pemakaian air secara akurat yang dilengkapi dengan teknologi cerdas. Meter air cerdas memiliki spesifikasi umum sebagai berikut:
 - a) Memiliki akurasi yang baik sekurang-kurangnya 5 %.
 - b) Data dari meter air cerdas dapat digunakan dalam analisa indikasi kebocoran dan penggunaan air yang tidak normal.
 - c) Mampu mengukur dengan tepat dan secara waktu-nyata.
 - d) Dapat diintegrasikan dengan sistem *Internet of Things* (IoT) yang terkirim ke *cloud* atau *Dashboard/BMS Server*.
- 2) Katup Cerdas (*Smart valve*)
Katup cerdas merupakan katup yang dapat diprogram untuk membuka dan menutup secara otomatis berdasarkan parameter yang ditetapkan. Contohnya yaitu *Pressure Reduce Valve* (PRV) yang dilengkapi solenoid.
- 3) *Automated Demand-Responsive System* (ADRS)
Berfungsi untuk memantau kebutuhan air dalam Bangunan Gedung dengan menggunakan sensor, memperoleh data pola kebutuhan dan penggunaan air, level air pada reservoir, serta tekanan air di berbagai titik dalam sistem pipa atau peralatan yang menggunakan air. Penggunaan ADRS dapat diterapkan pada:
 - a) Penyesuaian pasokan air melalui pengaturan pompa air atau katup yang dikendalikan secara otomatis.
 - b) Pengecekan aliran air berdasarkan jadwal dan kebutuhan, optimalisasi penggunaan air selama jam sibuk dan penurunan aliran air saat tidak ada permintaan yang signifikan.
- 4) Pembersihan Otomatis (*Automated cleaning*)
Berfungsi melakukan pembersihan secara otomatis untuk menjaga kebersihan sistem pipa dan peralatan plambing atau

fixture unit, seperti gelontoran (*flushing*). Sistem ini dipasang pada tangki reservoir (*roof tank*), berupa *level transmitter* yang dapat dijadikan sebagai input perintah terhadap pompa ataupun aktuatur untuk melakukan gelontoran atau pengeringan secara otomatis saat proses pembersihan. Skema *automated clean reservoir* dapat dilihat pada Gambar I.16.



Keterangan gambar:

- a. Level sensor
- b. Katup penguras
- c. Katup distribusi
- d. Pompa

Gambar I.16. Skema *automated clean reservoir*.

5) Pemantauan Kualitas Air

Berfungsi memantau kualitas air yang didistribusikan di dalam Bangunan Gedung terutama air untuk langsung minum (*tap water*). Parameter kualitas air meliputi kekeruhan (*turbidity*), pH, disinfektan, dan/atau total padatan terlarut/*Total Dissolve Solid* (TDS). Sensor kualitas air yang harus dipasang yakni sensor disinfektan. Sensor *turbidity analyzer*, *pH analyzer*, dan *TDS analyzer* dipasang berdasarkan kebutuhan. Sensor-sensor tersebut diintegrasikan dengan BMS.

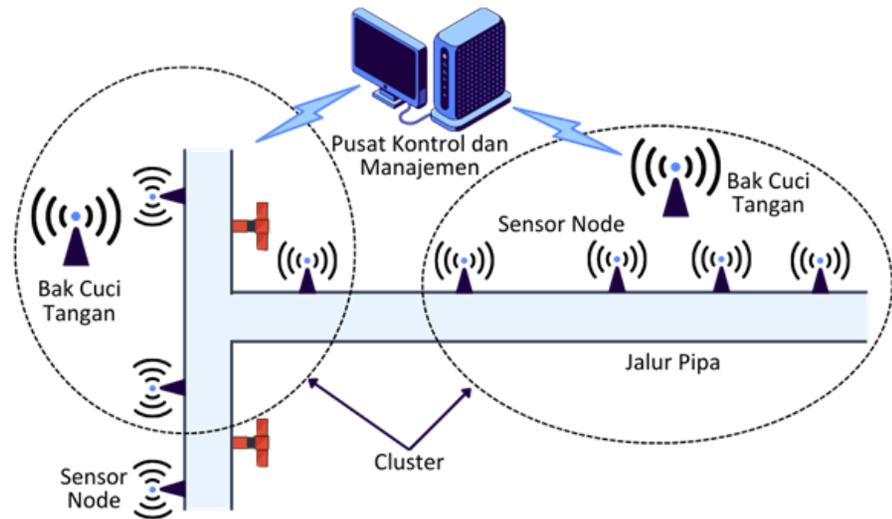
6) Sistem Kontrol Kebocoran (*Smart Water Leak Detection*)

Sistem ini berfungsi mendeteksi kebocoran air secara dini menggunakan sensor, algoritma, dan konektivitas, sehingga tindakan dapat diambil dengan cepat untuk menghindari kerusakan lebih lanjut dan untuk menjaga efisiensi air. Sistem akan memberikan peringatan kepada Pengelola atau petugas pemeliharaan melalui pesan teks, email, atau notifikasi visual ketika kebocoran terdeteksi.

Terdapat tiga metode umum yang dapat digunakan dalam deteksi kebocoran, yaitu korelator (*correlator*), analitik tekanan dan aliran air (*pressure and flow analytic / PFA*) dan sensor serat optik.

a) Korelator

Metode ini menggunakan dua sensor atau lebih yang dipasang pada pipa atau peralatan dengan jarak maksimal 30 meter. Sensor ini merekam suara atau getaran yang dihasilkan oleh aliran air, yang kemudian dianalisis untuk menemukan korelasi di antara sensor tersebut (Gambar I.17). Dengan melakukan perbandingan waktu tiba suara atau getaran, lokasi kebocoran air dapat diidentifikasi dan diperkirakan dengan akurat.



Gambar I.17. Arsitektur Sistem Korelator.

b) Analitik Tekanan dan Aliran Air (PFA)

Sensor tekanan dipasang pada titik-titik strategis dalam sistem pipa untuk memantau tekanan air secara menerus. Sensor aliran air dipasang di pipa atau peralatan untuk mengukur jumlah air yang mengalir melalui sistem. Data tekanan dan aliran dari sensor dianalisis menggunakan algoritma dan model matematika untuk mengidentifikasi pola, perubahan, atau anomali data tersebut.

c) Sensor Serat Optik

Sensor serat optik akurat dalam mendeteksi kebocoran kecil, mampu menjangkau area yang luas, ketahanannya terhadap kondisi lingkungan yang sulit diakses, tidak terpengaruh oleh gangguan elektromagnetik, dan tidak memerlukan sumber daya listrik tambahan di sepanjang serat optik.

Sensor serat optik ditempatkan di sepanjang sistem pipa atau area yang ingin dideteksi kebocorannya. Secara umum terdapat dua jenis sensor serat optik, yaitu:

- (1) Sensor interferometri yang menggunakan interferensi cahaya yang dipantulkan di serat optik untuk mendeteksi perubahan panjang gelombang yang dihasilkan oleh kebocoran.
- (2) Sensor *bragg grating* yang menggunakan *grating* optik yang dipancarkan ke dalam serat optik untuk mendeteksi perubahan panjang gelombang akibat kebocoran.

d. Sistem Kontrol

Sistem kontrol penyediaan air minum cerdas menggunakan BAS sebagai instrumen kontroler utamanya. Protokol Modbus merupakan salah satu pilihan terbaik dalam implementasinya. Instrumentasi untuk kualitas dan kuantitas air dapat menggunakan Modbus RTU dalam proses pembacaan laju aliran hingga volume konsumsinya.

Komunikasi dari kontroler ke sistem BAS atau perangkat lunak BMS dapat menggunakan protokol Modbus TCP dalam akuisisi datanya. Ada banyak metode dan protokol lainnya yang digunakan dari kontroler yang dapat berkomunikasi dengan perangkat lunak

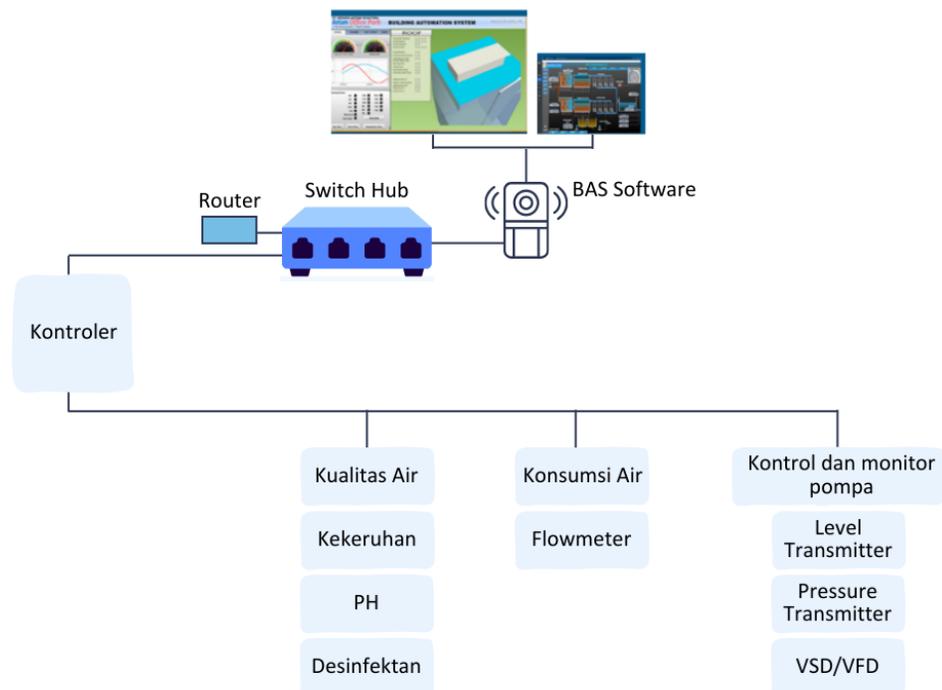
BMS, seperti *Message Queueing Telemetry Transport* (MQTT), OPC, atau BACnet. OPC merupakan standar protokol terbuka yang dirancang untuk melakukan integrasi data dari berbagai platform yang berbeda. Gambar I.18 menunjukkan contoh topologi umum yang biasanya digunakan dalam sistem kontrol air.

Dalam sistem kontrol pemompaan, RTU harus dapat dilakukan melalui tiga moda, yaitu:

- 1) Moda Otomatis
- 2) Moda Semi-otomatis
- 3) Moda Manual

Selain moda dalam sistem kontrol tersebut, harus terdapat moda operasi yang dibagi menjadi:

- 1) Moda lokal, yang dioperasikan di panel lokal.
- 2) Moda jarak jauh, yang dapat dikontrol secara jarak jauh dari perangkat lunak BAS/BMS.



Gambar I.18. Arsitektur sistem kontrol air pada Bangunan Gedung.

e. Integrasi Sistem

- 1) Integrasi dengan elemen BGC lain
Sistem penyediaan air minum dapat diintegrasikan dengan sistem lainnya seperti:
 - a) Sistem pengelolaan utilitas
 - b) Sistem kelistrikan
 - c) Sistem lainnya yang relevan
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
Integrasi data terdiri dari monitoring penginderaan jauh (*remote sensing*), stasiun pemantauan data yang meliputi kualitas dan kuantitas air, serta kondisi kerja. Infrastruktur sistem yang dibangun terdiri dari platform *cloud*, teknik jaringan (*network engineering*), infrastruktur lingkungan, dan keamanan jaringan. Alat pengumpul data yang digunakan yaitu penginderaan jauh dan IoT.

Sistem penyediaan air minum dapat terintegrasi dengan perangkat lunak BAS dengan menggunakan protokol Modbus TCP/IP. Dalam melakukan integrasi, data harus tersimpan dengan konsep *Management Database System* yang baik. Salah satu basis data yang dapat digunakan yaitu format SQL. Data yang dikumpulkan oleh perangkat lunak harus *login* melalui ODBC ke *relational database* untuk mendukung *support historical* dan analisis. Pengaturan waktu penyimpanan berdasarkan waktu interval yang dapat diatur untuk *looping* penyimpanan.

Antara sistem pemantauan dan sistem kontrol dapat saling melakukan pertukaran data dalam bentuk diskret dan analog dari perangkat I/O dan kontrol, sehingga informasi dapat secara mudah dibagikan antara sistem komputer dan aplikasinya. Sistem mendukung aplikasi modular seperti tampilan grafis, pemberitahuan (*alarming*), fungsi-fungsi logika (*logical functions*), analisis, dan basis data historis.

Salah satu fitur GUI harus tersedia sebagai fasilitas yang menampilkan status proses sistem penyediaan air minum cerdas yang mencakup aspek proses pemantauan pengendalian konsumsi air, sistem kontrol, pemantauan waktu-nyata, hingga deteksi kebocoran cerdas.

12. Sistem Pengelolaan Air Limbah

a. Umum

Sistem pengelolaan air limbah pada BGC merupakan sistem yang dapat memantau pengelolaan air limbah secara waktu-nyata dan daring. Jika Bangunan Gedung terletak di area layanan air limbah kota, maka sistem pemantauan air limbah secara otomatis diterapkan mulai dari plambing air limbah sampai ke unit pengumpulan. Jika Bangunan Gedung memiliki IPAL, maka sistem pemantauan air limbah secara otomatis diterapkan mulai dari plambing air limbah sampai unit pengolahan.

Strategi penerapan sistem pengelolaan air limbah sebagai berikut:

- 1) Pemantauan kebocoran
- 2) Deteksi volume dan kualitas air limbah di unit pengumpulan atau pengolahan air limbah secara langsung.
- 3) Deteksi kondisi anomali, akibat gangguan sumbatan pada perpipaan air limbah.
- 4) Edukasi terhadap operator gedung, penghuni, dan pengunjung Bangunan Gedung.

Target penerapan sistem pengelolaan air limbah sebagai berikut:

- 1) Pengaliran air limbah berjalan dengan lancar.
- 2) Pencemaran gas NH_3 dan H_2S dapat dideteksi.
- 3) Kebocoran air limbah dapat dideteksi.
- 4) Efisiensi biaya operasional dan pemeliharaan.
- 5) Kuantitas dan kualitas air limbah dapat dipantau sesuai persyaratan sistem IPAL terpusat atau persyaratan efluen unit pengolahan.

b. Kriteria

Standar teknis yang dirujuk dalam penerapan sistem pengelolaan air limbah sebagai berikut:

- 1) SNI 8153:2015 Sistem plambing pada Bangunan Gedung atau perubahannya;
- 2) SNI 797-2020 Kloset duduk atau perubahannya;
- 3) SNI 03-6379-2000 Spesifikasi dan tata cara pemasangan perangkat bau atau perubahannya;
- 4) SNI 579-2020 Wastafel keramik atau perubahannya;
- 5) SNI 9161: 2023 Metode uji instalasi pengolahan air limbah domestik atau perubahannya;
- 6) ISA 112 SCADA *System* atau perubahannya;
- 7) ISA 18.2 *Management of Alarm Systems for the Process Industries* atau perubahannya;
- 8) ISO 30500 *Non-sewered sanitation system-prefabricated integrated treatment units-Generated safety and performance requirements for design and testing* atau perubahannya; dan
- 9) Peraturan terakhir dari “Peralatan listrik dan bangunan” yang diterbitkan IEEE dan NEC (IEC 61158/Modbus TCP *Slave*) atau perubahannya.

Kriteria dalam penerapan sistem pengelolaan air limbah meliputi:

- 1) Sistem dapat memberikan informasi kepada pengelola Bangunan Gedung jika terjadi masalah dalam pengelolaan air limbah.
- 2) Sistem dapat mengidentifikasi kebocoran melalui perubahan suhu dan tekanan atau konsentrasi gas pada perpipaan air limbah.
- 3) Sistem dapat mendeteksi kelebihan volume di unit pengumpulan atau unit pengolahan.
- 4) Sistem dapat dioperasikan untuk kegiatan pembersihan secara otomatis dan periodik.
- 5) Sistem dapat mendeteksi kualitas air limbah yang masuk ke unit pengumpulan atau unit pengolahan, mengacu ke rentang kualitas influen.
- 6) Sistem dapat mendeteksi kualitas efluen unit pengolahan yang akan dialirkan ke badan air atau dimanfaatkan, mengacu ke baku mutu yang berlaku.
- 7) Data harus dapat diintegrasikan dengan sistem perangkat lunak BAS/BMS dan sistem pemantauan pusat yang memantau kondisi air limbah secara langsung.

c. Komponen

Sistem pengelolaan air limbah terdiri dari sistem plambing air limbah dan unit pengumpulan atau unit pengolahan. Sistem tersebut dilengkapi dengan berbagai komponen dan fitur yang dapat bekerja bersama untuk mencapai efisiensi yang maksimal, antara lain:

- 1) Sensor yang dipasang dalam pipa air limbah atau unit pengumpulan atau pengolahan untuk mendeteksi aliran, level muka air, gas, dan kualitas air limbah.
- 2) Pemanfaatan *Human Machine Interface* (HMI), yaitu antarmuka untuk memantau dan mengontrol sistem atau proses secara langsung.
- 3) Akuisisi data oleh kontroler untuk berkomunikasi dengan sistem perangkat lunak BAS.
- 4) Konsep Protokol Modbus dengan Modbus *master* dan perangkat Modbus *slave* melalui koneksi Ethernet, untuk mengintegrasikan data dengan sistem BAS.

d. Sistem Kontrol

Kontrol sistem pengelolaan air limbah terdiri dari:

1) Deteksi Kebocoran

Deteksi kebocoran menggunakan metode sensor serat optik dan deteksi gas.

a) Sensor Serat Optik

Sensor serat optik digunakan untuk mendeteksi kebocoran, yang dipasang dengan melintasi jalur pipa air limbah. Ketika kebocoran terjadi pada pipa air limbah, perubahan suhu atau tekanan akan terdeteksi oleh sensor. Data yang diperoleh dari sensor tersebut kemudian dianalisis oleh perangkat lunak BAS. Pada sistem ini, pemantauan dilakukan secara menerus.

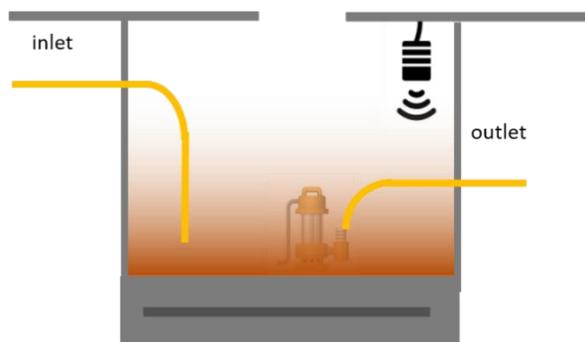
b) Sensor gas NH_3 dan H_2S

Sensor gas NH_3 dan H_2S ditempatkan pada lokasi strategis di sekitar sistem pipa air limbah, khususnya di titik yang berpotensi mengalami kebocoran, seperti pada sambungan, belokan, pertemuan pipa dan sebagainya.

Sensor gas H_2S dan NH_3 bekerja secara kontinu dan terhubung dengan sistem pemantauan atau alarm. Ketika konsentrasi gas melebihi ambang batas yang telah ditetapkan, sensor memberikan notifikasi berupa lampu indikator, alarm suara, atau pengiriman pesan otomatis.

2) Deteksi Kelebihan Volume

Deteksi kelebihan volume di unit pengumpulan atau unit pengolahan dapat menggunakan sensor ketinggian muka air. Sensor yang digunakan dapat menggunakan tipe sensor level ultrasonik atau sensor radar. Sensor ini memiliki akurasi yang tinggi, dan akan mengirimkan data ke perangkat lunak BAS yang kemudian dapat diintegrasikan dengan berbagai kebutuhan lainnya. Contoh pemasangan sensor untuk mendeteksi kelebihan volume dapat dilihat pada Gambar I.19.



Gambar I.19. Contoh sensor level muka air pada unit pengumpulan.

3) Pembersihan Otomatis (*Automated Cleaning*)

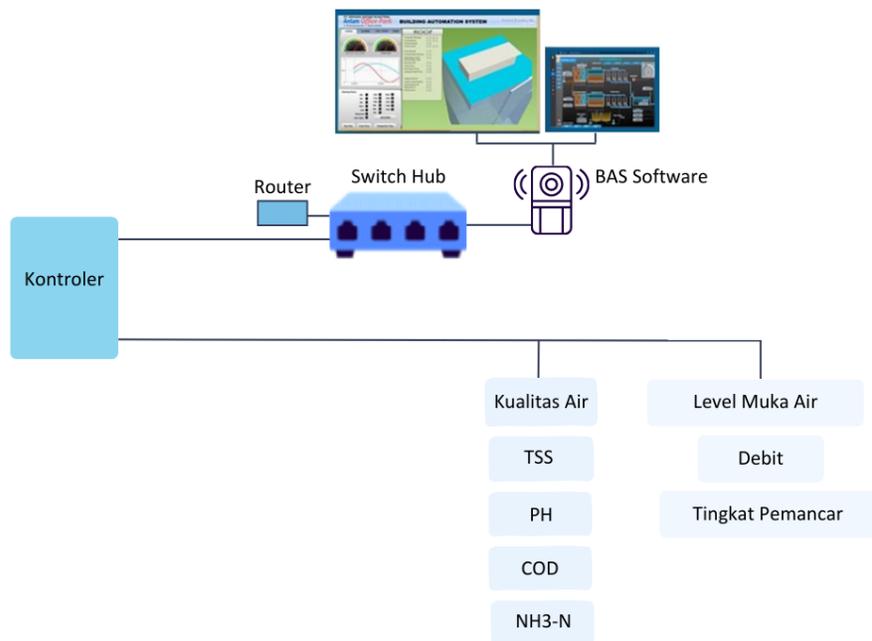
Sistem kontrol pengelolaan air limbah dapat diprogram secara periodik untuk menjalankan kegiatan pembersihan secara otomatis, seperti penggelontoran. Pada sistem ini, terdapat peralatan seperti *level transmitter* yang dapat dijadikan sebagai input perintah terhadap pompa atau aktuatur untuk melakukan gelontoran atau pengeringan secara otomatis.

4) Alat Pemantauan Kualitas Air Limbah

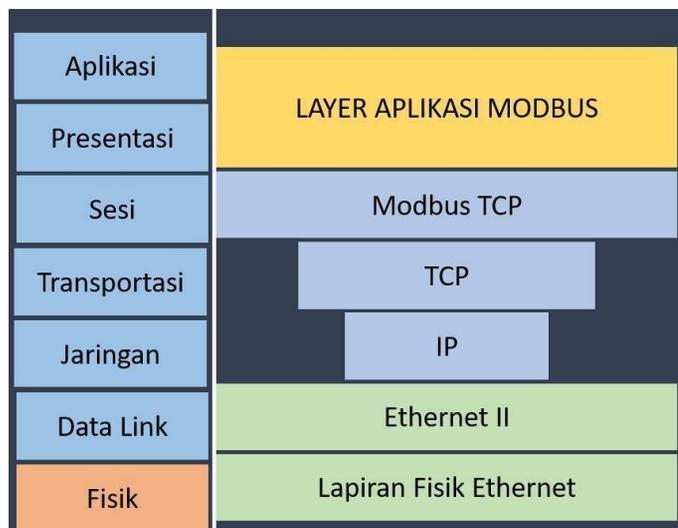
Alat pemantauan kualitas air limbah terhubung ke jaringan sensor yang ditempatkan pada unit pengumpulan atau unit pengolahan.

a) Unit pengumpulan

Data yang dikumpulkan terdiri atas lima parameter utama yaitu: pH, TSS, COD, NH₃-N, dan debit. Arsitektur sistem kontrol pengelolaan air limbah dapat dilihat pada Gambar I.20. Beberapa peralatan seperti sensor kualitas air dan kuantitas air limbah sekurang-kurangnya harus dapat mengadopsi protokol Modbus (RS-485), sebagaimana dapat dilihat pada Gambar I.21.



Gambar I.20. Arsitektur sistem kontrol pengelolaan air limbah pada unit pengumpulan.

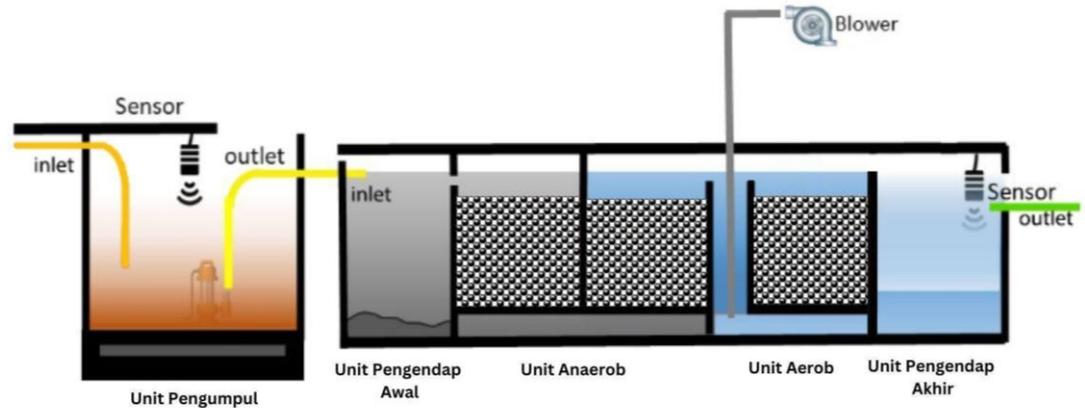


Gambar I.21. OSI layer Modbus pada sistem kontrol pengelolaan air limbah.

b) Unit Pengolahan

Data yang dikumpulkan pada unit pengolahan terdiri atas lima parameter utama, yaitu: pH, TSS, COD, NH₃-N, dan debit.

Peralatan instrumentasi yang dipasang di unit pengumpulan maupun unit pengolahan harus dapat terpantau secara langsung dan dapat dilakukan akuisisi oleh kontroler. Kontroler tersebut harus dapat berkomunikasi dengan sistem perangkat lunak BAS. Gambar I.22 memperlihatkan skematik penempatan sensor di unit pengumpulan dan unit pengolahan.



Gambar I.22. Skematik sensor pada unit pengumpulan dan unit pengolahan.

Pada sistem kontrol lokal, sistem ini dapat dirancang dengan penambahan tampilan HMI. HMI dapat terintegrasi pada panel lokal yang terletak di dekat bak pengumpulan air limbah atau sensor. Beberapa pemanfaatan HMI dalam pemantauan dan kontrol pada panel lokal untuk kontrol sistem pengelolaan air limbah sebagai berikut:

- a) Visualisasi Data
HMI memungkinkan pengguna melihat data (sensor kualitas, debit, hingga level pada bak penampungan, atau status peralatan) secara visual melalui tampilan grafis.
- b) Kontrol Proses
HMI memungkinkan pengguna untuk mengontrol sistem atau proses secara langsung melalui tombol, tuas, atau elemen interaktif lainnya. Pengguna dapat mengatur parameter operasional, menghidupkan atau mematikan peralatan, atau mengubah mode kerja dengan cepat.
- c) Alarm dan Notifikasi
HMI dapat menghasilkan alarm atau notifikasi visual jika ada kondisi abnormal atau peringatan penting (misalnya jika kualitas air baku melebihi batas yang ditentukan), sehingga memungkinkan pengguna mengambil tindakan cepat untuk mengatasi masalah potensial atau situasi darurat.
- d) Konfigurasi dan Pengaturan
Konfigurasi dan pengaturan parameter operasional sistem atau peralatan, mengubah setelan, mengatur batas alarm, tampilan layar, atau memperbarui perangkat lunak dapat dilakukan melalui HMI.
- e. Integrasi Sistem
 - 1) Integrasi dengan elemen BGC lain
Sistem pengelolaan air limbah dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya seperti:

- a) Sistem pengelolaan utilitas
 - b) Sistem kelistrikan
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
- Integrasi dengan BAS/BMS menggunakan konsep komunikasi protokol Modbus. Protokol ini dirancang untuk mengirim data antara perangkat yang dikenal dengan Modbus *master* dan perangkat Modbus *slave* melalui koneksi Ethernet. Penggunaan Modbus pada tingkat implementasi untuk pembacaan sensor atau analisis melibatkan konfigurasi perangkat sebagai Modbus *slave* dan perangkat pemantau atau kontrol sebagai Modbus *master*. Perangkat Modbus *master* mengirimkan permintaan baca atau tulis ke perangkat Modbus *slave*, dan perangkat Modbus *slave* memberikan respons yang berisi data yang diminta. Data ini dapat berupa pembacaan sensor aktual, status perangkat, atau informasi lain yang relevan. Arsitektur sistem integrasi dapat dilihat pada Gambar I.23.



Gambar I.23. Arsitektur sistem integrasi

13. Sistem Pengelolaan Sampah

a. Umum

Sistem pengelolaan sampah pada BGC merupakan sistem yang dapat mengatur penanganan sampah secara otomatis. Sistem dilengkapi dengan sensor level yang mampu mendeteksi tingkat pengisian wadah sampah (*bin*) apabila sudah penuh dan menginformasikan untuk segera diangkut.

Strategi sistem pengelolaan sampah pada BGC sebagai berikut:

- 1) Pewadahan sampah sesuai jenis sampah dan pengumpulan sampah berdasarkan sampah terpilah berbasis IoT,
- 2) Efisiensi rute pengumpulan sampah dalam Bangunan Gedung menuju TPS 3R, dan
- 3) Edukasi terhadap operator, penghuni, dan pengunjung Bangunan Gedung tentang pengelolaan sampah 3R.

Target penerapan sistem pengelolaan sampah pada BGC sebagai berikut:

- 1) Pemilahan sampah dari sumbernya,
- 2) Efisiensi pengumpulan dan pengangkutan sampah, dan
- 3) Pencegahan pencemaran lingkungan sekitar.

b. Kriteria

Standar teknis yang dirujuk dalam penerapan sistem kontrol persampahan sebagai berikut:

- 1) Peraturan perundang-undangan mengenai Penggunaan Spektrum Radio Berdasarkan Izin Kelas;
- 2) SNI 8632-2018 Tata cara perencanaan teknik operasional

- pengelolaan sampah perkotaan atau perubahannya;
- 3) ISO/IEC 20922:2016 *Information technology – Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) v3.1.1* atau perubahannya; dan
 - 4) ISA 18.2 *Management of Alarm System for the Process Industries* atau perubahannya.

Kriteria penerapan sistem pengelolaan sampah pada BGC sebagai berikut:

- 1) Sistem dilengkapi sensor untuk pemantauan volume sampah.
- 2) *Smart bin* yang dipasang di luar Bangunan Gedung dapat diintegrasikan dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin.
- 3) Data yang dikumpulkan dapat digunakan dalam pengambilan keputusan penanganan sampah.

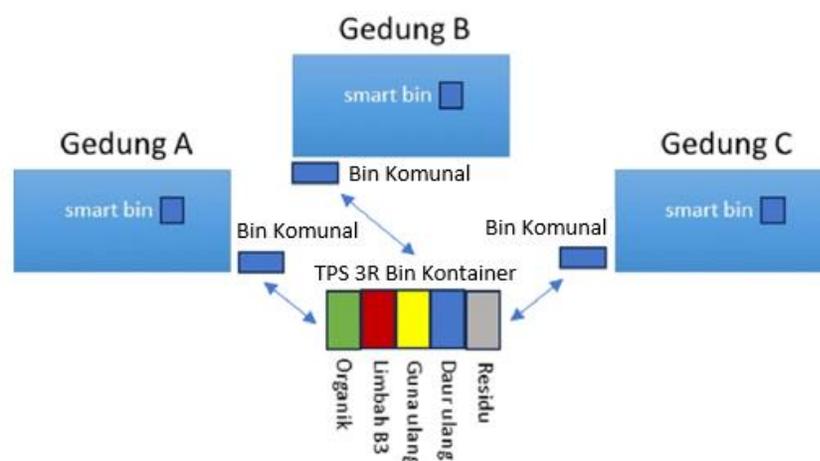
c. Komponen

Komponen dasar dari sistem pengelolaan sampah pada BGC terdiri dari:

- 1) Stasiun-kerja penanganan sampah
- 2) Sistem kontrol penanganan sampah.
- 3) Server
- 4) Notifikasi dan peringatan
- 5) Jaringan komunikasi.
- 6) Sistem catu daya

d. Sistem Kontrol

Kontrol sistem pengelolaan sampah dilakukan dengan menggunakan *smart bin* yang merupakan bagian dari manajemen sampah cerdas (Gambar 1.24). *Smart bin* menyediakan solusi cerdas untuk pewadahan dan pengumpulan sampah, yang bertujuan untuk meningkatkan kebersihan, efisiensi, dan keberlanjutan dalam operasi Bangunan Gedung.



Gambar 1.24. Implementasi *Smart Bin*

Beberapa fitur *smart bin* antara lain:

- 1) Pemantauan tingkat isi sampah
Smart bin dilengkapi dengan sensor yang dapat mengirimkan data secara langsung atau periodik ke PBG sampah Bangunan Gedung. Pemantauan tingkat isi sampah ini dibagi menjadi tiga lokasi pemantauan atau skala, yaitu:
 - a) *Smart bin* skala individu yang ditempatkan di dalam ruangan-ruangan pada Bangunan Gedung;

- b) *Smart bin* skala komunal untuk pengumpulan sampah secara terpusat dalam Bangunan Gedung; dan
- c) *Smart bin* kontainer di TPS 3R yang ditempatkan pada kawasan persil.

Smart bin untuk semua skala terdiri atas lima wadah sampah (*bin*) berdasarkan jenis sampah, yaitu sampah limbah berbahaya, sampah organik, sampah guna ulang, sampah daur ulang, dan sampah residu atau lainnya.

- 2) Optimalisasi rute pengumpulan sampah
Data yang dikumpulkan oleh sensor *smart bin* dapat digunakan untuk mengoptimalkan rute pengumpulan sampah berdasarkan tingkat pengisian *smart bin*.
- 3) Notifikasi dan peringatan
Sistem dapat mengirimkan pemberitahuan dan tanda peringatan kepada Pengelola gedung ketika *smart bin* penuh, sehingga memungkinkan mereka merespons secara tepat waktu.
- 4) Penggunaan energi terbarukan
Smart bin di luar Bangunan Gedung dapat menggunakan sumber daya energi terbarukan, seperti baterai atau panel surya.
- 5) Pemadatan sampah
Beberapa *smart bin* dapat menggunakan teknologi kompresi untuk memadatkan sampah di dalam wadah sampah dalam upaya mengurangi volume sampah, sehingga periode pengangkutan sampah lebih lama.

Beberapa cara dalam penerapan sistem pengelolaan sampah antara lain:

- 1) Peralatan pemantauan (*smart bin*) harus dilengkapi dengan sensor level yang mampu mendeteksi tingkat pengisian wadah dan mengirimkan data ke platform pemantauan dan analitik data.
- 2) Media pembawa data dapat menggunakan jaringan nirkabel seperti Wi-Fi atau jaringan *Low Power Wide Area Network* (LPWAN), yang memungkinkan sistem terkoneksi dengan mudah.

Sarana dan peralatan yang perlu disiapkan dalam sistem pengelolaan sampah pada BGC sebagai berikut:

- 1) Tempat sampah terpisah otomatis buka tutup, sebagaimana diperlihatkan dalam Gambar I.25.



Gambar I.25. Tempat sampah terpisah

- 2) Kontainer sampah di kawasan Bangunan Gedung, seperti contoh yang ditunjukkan pada Gambar I.26.
- 3) Papan informasi
- 4) Peralatan pemilahan
- 5) Sistem pengumpulan sampah bersekat
- 6) Sistem monitoring dan pemantauan
- 7) Rambu-rambu peringatan, misal dilarang membuang sampah sembarangan, buanglah sampah pada tempatnya, pilah sampah, dan lain-lain (Gambar I.27).
- 8) Program edukasi dan kesadaran operator, penghuni, dan pengunjung Bangunan Gedung.



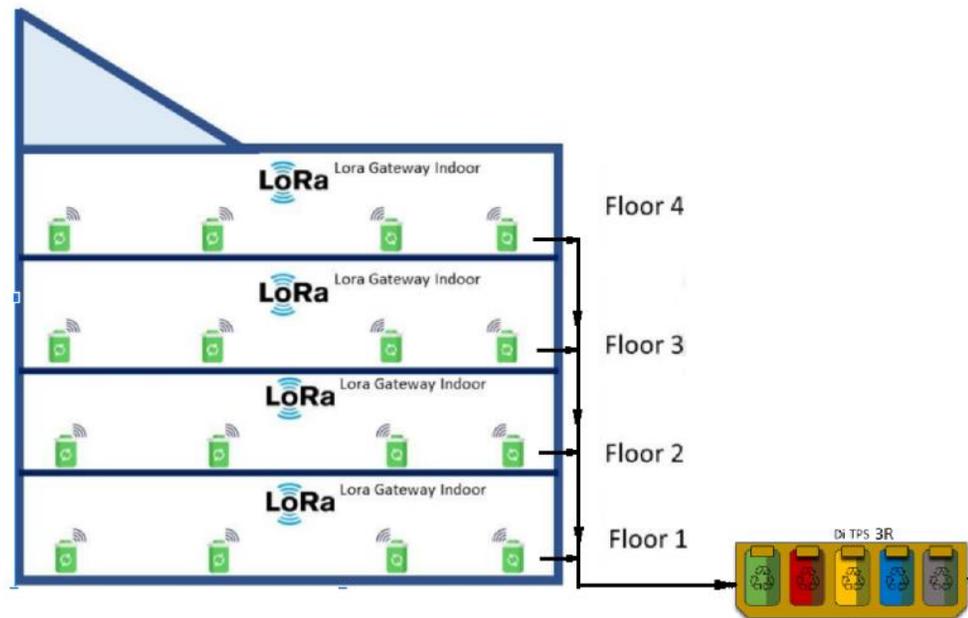
Gambar I.26. Contoh kontainer sampah di kawasan Bangunan Gedung



Gambar I.27. Contoh rambu-rambu peringatan

e. Integrasi Sistem

- 1) Integrasi dengan elemen BGC lainnya
Sistem pengelolaan sampah dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lainnya seperti:
 - a) Sistem pengelolaan utilitas
 - b) Elemen BGC lain yang relevan
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
Data komunikasi yang dilakukan antara *smart bin* dapat dilakukan dengan banyak metode seperti, HTTP *Web Services*, atau MQTT untuk proses transfer data dengan media komunikasi Wi-Fi atau LPWAN (Gambar I.28). Kontrol sistem pengelolaan sampah cerdas ini mendukung pemantauan lokasi tempat sampah cerdas pada satu *dashboard*, sehingga dapat mengoptimalkan rute dan jadwal pengumpulan berdasarkan data langsung. *Smart bin* dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen Bangunan Gedung yang lebih luas.



Gambar I.28. Arsitektur Sistem Jaringan LPWAN dengan menggunakan teknologi *Low Range* (LoRa) untuk *Smart Bin*

14. Sistem Transportasi dalam Gedung

a. Umum

Sistem transportasi dalam gedung terdiri dari lif, eskalator, dan travelator. Sistem lif, eskalator, dan travelator cerdas dapat memantau kinerja, memprediksi waktu pemeliharaan, peningkatan keamanan, dan menganalisis perilaku pengguna untuk efisiensi energi. Khusus lif cerdas, terdapat fitur yang memungkinkan pengguna untuk mengendalikan dan memantau dari jarak jauh.

b. Kriteria

Persyaratan kinerja sistem transportasi cerdas dalam gedung mengacu pada ketentuan peraturan perundang-undangan dan standar, antara lain:

- 1) Peraturan perundang-undangan mengenai Keselamatan dan Kesehatan Kerja Elevator dan Eskalator;
- 2) Peraturan perundang-undangan mengenai Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau;
- 3) ISO 22201-1:2017 *Lifts (elevators), escalators, and moving walks — Programmable electronic systems in safety-related applications* atau perubahannya;
- 4) ETSI TS 103 735 V1.1.1 (2021-03) *Smart M2M (Machine to Machine); Smart Lifts IoT System* atau perubahannya;
- 5) ETSI TS 103 849 V1.1.1 (2022-08) *Smart M2M (Machine to Machine); Smart Escalator IoT System* atau perubahannya;
- 6) EN 115-1:2017 - *Safety of escalators and moving walks - Part 1: Construction and installation* atau perubahannya;
- 7) EN 115-2:2010 - *Safety of escalators and moving walks - Part 2: Rules for the improvement of safety of existing escalators and moving walks* atau perubahannya;
- 8) ISO 25745 *Energy performance of lifts, escalators, and moving walks* atau perubahannya;
- 9) EN 81-20:2014 *Safety rules for the construction and installation of lifts* atau perubahannya;
- 10) EN 81-50:2014 *Design rules, calculations, examinations* atau

- perubahannya; dan
11) ISO 8100-30 2019 - *Lifts for the transport of persons and goods*
atau perubahannya.

c. Komponen

Sistem transportasi cerdas dalam gedung merupakan sistem yang kompleks yang terdiri dari berbagai komponen yang bekerja bersama untuk memindahkan penghuni gedung yang berorientasi pada keamanan dan efisiensi energi. Secara umum komponen pada sistem transportasi cerdas dalam gedung meliputi:

1) Motor

Motor merupakan komponen utama untuk menggerakkan sistem transportasi dalam gedung. Beberapa jenis motor yang digunakan dalam sistem lif antara lain motor listrik tiga fasa dan motor *gearless* yang lebih efisien. Motor yang umum digunakan pada eskalator berupa motor listrik induksi 3 fasa.

2) Kontrol Elektrik

Sistem kontrol mengatur operasi perangkat secara keseluruhan, yang mencakup panel kontrol, perangkat kontrol elektronik, sensor posisi, dan sistem keamanan. Kontrol elektrik pada lif memiliki sistem pengendali lalu lintas, sedangkan kontrol elektrik pada eskalator dan travelator memiliki sistem pengendali kecepatan optimum.

3) Sistem Keamanan

Sistem keamanan pada lif melibatkan berbagai perangkat yang memastikan keselamatan penumpang dan menghindari kecelakaan. Ini termasuk sensor pintu yang mencegah pintu tertutup jika ada hambatan, sistem penghentian darurat, sistem pemberhentian akurat pada lantai, dan alarm keamanan. Sistem keamanan pada eskalator dan travelator berupa ketersediaan tombol stop darurat dan pemantauan kecepatan pegangan.

4) Sensor dan Sistem Pengukuran

Sensor dan sistem pengukuran pada lif digunakan untuk mendeteksi posisi kabin lif, kecepatan, dan berbagai kondisi operasional lainnya, sementara pada eskalator dan travelator digunakan untuk mendeteksi keberadaan pengguna, mencatat profil operasional dan mengatur kecepatan.

5) Sistem Komunikasi

Lif dilengkapi dengan sistem komunikasi darurat, seperti tombol panggilan darurat atau telepon di dalam kabin yang memungkinkan penumpang memanggil bantuan jika terjadi masalah. Sistem komunikasi pada lif, eskalator, dan travelator harus dapat diintegrasikan dengan sistem IoT yang terkirim ke cloud atau *dashboard/BMS Server*.

d. Sistem Kontrol

Kontrol sistem transportasi cerdas dalam gedung dilakukan dengan menggunakan beberapa teknologi antara lain pemeliharaan prediktif, pemantauan waktu-nyata, antarmuka yang interaktif, optimasi intensitas transportasi, autentikasi pengguna, keamanan jaringan dan perangkat, serta manajemen energi cerdas.

Berikut merupakan beberapa komponen dan fitur yang dapat ada dalam sistem lif (1-6) serta eskalator dan travelator (1 dan 2).

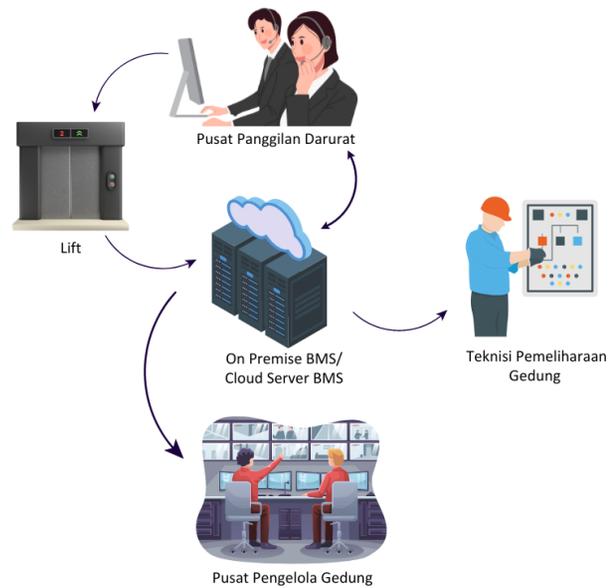
1) Sistem Pemantauan Secara Waktu-Nyata

Lif, eskalator, dan travelator pintar memiliki sensor yang dapat menangkap data kondisi sistem secara waktu-nyata dan memberikan pembacaan data mengenai kesehatan lif, eskalator, dan travelator serta kinerja lalu lintasnya.

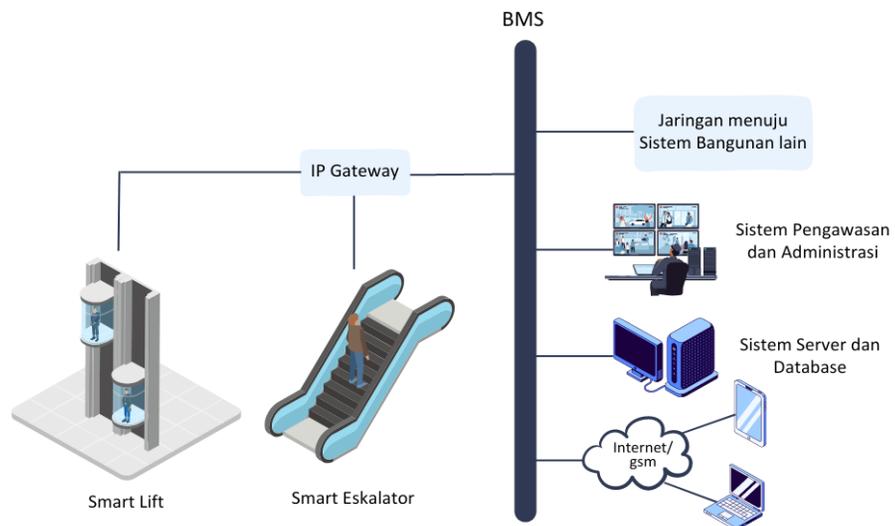
Sensor akselerometer pada lif memberikan visibilitas data sistem inersia, yang membantu diagnostik untuk pemecahan masalah dan meningkatkan efisiensi fungsional untuk menurunkan kemungkinan terjadinya kecelakaan.

Sensor pada eskalator dan travelator memantau indikator kinerja utama perangkat dan mengirimkan peringatan jika ada parameter yang tidak sesuai dengan ambang batas yang ditentukan.

Sistem pemantauan jarak jauh kondisi lif, eskalator, dan travelator menggunakan komunikasi jaringan secara waktu-nyata yang dihubungkan dengan pusat Pengelola gedung, pusat panggilan darurat, dan teknisi pemeliharaan gedung.



Gambar I.29. Sistem pemantauan transportasi dalam gedung.



Gambar I.30. Sistem cerdas transportasi dalam gedung.

- 2) **Sistem Prediksi Waktu Pemeliharaan**
Sistem ini memprediksi dan menganalisis perilaku serta kesalahan lif, eskalator, dan travelator. Sistem memantau komponen secara waktu-nyata dan membandingkan waktu kerja aktual atau waktu pengoperasian aktual dengan umur pakai dari pabrikan. Jika sudah mendekati umur pakai, sistem mengirimkan pesan pemeliharaan ke ponsel teknisi pemeliharaan gedung.
 - 3) **Sistem Zona Layanan**
Sistem ini membuat pengoperasian berdasarkan pembagian zona lantai pada Bangunan Gedung bertingkat tinggi dengan tujuan meningkatkan efisiensi energi.
 - 4) **Sistem Penyelamatan Otomatis**
Lif dilengkapi dengan kamera yang dapat mendeteksi keadaan darurat serta potensi bahaya seperti upaya vandalisme, krisis medis, atau penumpang dengan niat jahat. Jika kondisi darurat terdeteksi, sistem memberi peringatan kepada pusat pengelola gedung untuk mengambil tindakan segera.
 - 5) **Tele Assistant System (TAS)**
Ketika terjadi kesalahan atau penumpang memerlukan bantuan, penumpang dapat menekan tombol alarm untuk mengaktifkan panggilan ke pusat panggilan darurat. TAS akan memberikan bantuan darurat kepada penumpang dengan menampilkan informasi pada layar di dalam lif, dan memanggil pusat panggilan darurat atau kontak yang telah ditetapkan melalui teknologi jaringan internet dan GSM. TAS memantau kondisi lif, mengirimkan fail *log* dan membantu teknisi mengevakuasi orang-orang yang terjebak dengan cepat.
 - 6) **Antarmuka Pengguna**
Lif cerdas memiliki antarmuka pengguna yang lebih intuitif, seperti layar sentuh atau sistem suara yang memberikan informasi tentang perjalanan lif, lantai yang dijangkau, dan informasi lainnya.
- e. **Integrasi Sistem**
- 1) **Integrasi dengan elemen BGC lain**
Integrasi sistem transportasi dalam gedung dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain seperti:
 - a) Sistem Alarm Kebencanaan dan Pemberitahuan Massal
 - b) Sistem Kontrol Akses
 - c) Sistem Kamera Pengawas
 - d) Sistem Kelistrikan
 - e) Sistem Distribusi Video dan papan Informasi Digital
 - 2) **Integrasi dengan BAS/BMS**
Integrasi sistem transportasi dalam gedung meliputi sensor-sensor pada perangkat lif, eskalator, dan travelator dengan *gateway* dan BMS.

Sistem transportasi dalam gedung dapat dihubungkan atau diintegrasikan dengan BAS/BMS. Integrasi sistem dilakukan dengan mengidentifikasi sistem dan perangkat yang akan diintegrasikan, memilih protokol komunikasi, memasang sensor dan aktuator, serta mengomunikasikan dan mengonfigurasi sistem transportasi dalam gedung dengan Server BMS.

Sistem transportasi dalam gedung dapat terintegrasi dengan BAS/BMS dengan menggunakan protokol komunikasi standar terbuka seperti Modbus RTU/TCP, BACnet, OPC DA/UA, dan/atau protokol standar terbuka lain.

15. Sistem Parkir

a. Umum

Sistem parkir merupakan sistem yang menggunakan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) untuk memudahkan pengguna mencari tempat parkir yang tersedia. Sistem ini dapat memberikan informasi secara waktu-nyata tentang ketersediaan tempat parkir, memandu pengguna menuju tempat parkir yang kosong, dan melakukan reservasi tempat parkir secara daring.

Sistem parkir cerdas merupakan sistem yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan mengelola ruang parkir secara otomatis. Dengan menggunakan sensor dan perangkat lunak yang terhubung ke internet, sistem parkir cerdas dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem parkir serta memberikan kenyamanan bagi pengguna kendaraan

b. Kriteria

Pengaturan sistem parkir mengikuti ketentuan yang diatur dalam Peraturan perundang-undangan mengenai Bangunan Gedung dan Peraturan perundang-undangan mengenai Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir.

c. Komponen

Komponen yang membentuk sistem parkir cerdas terdiri dari aplikasi, jaringan, transaksi data, dan fisik.

1) Aplikasi

Komponen aplikasi merupakan sebuah media berupa aplikasi seluler (Android dan iOS), atau aplikasi *web* yang dapat berfungsi dalam mencari lokasi parkir atau melakukan reservasi parkir.

2) RFID

RFID merupakan sebuah teknologi yang menggunakan frekuensi radio untuk mengidentifikasi suatu barang atau manusia. RFID mampu membaca suatu objek data dengan ukuran tertentu tanpa melalui kontak langsung. Teknologi RFID menyimpan informasi pada tag RFID sesuai dengan kapasitasnya penyimpanan.

3) Jaringan

Komponen jaringan memastikan komunikasi pusat parkir dan pengguna. Data pengguna dan pusat parkir ditransmisikan ke sebuah sistem yang terintegrasi melalui jaringan. Jaringan berisi berbagai jenis teknologi komunikasi yang mungkin termasuk LAN dan WAN, dan perangkat IoT yang terkait dengan sistem parkir (misal: sensor parkir dan kamera keamanan). Termasuk di dalamnya teknologi nirkabel yang mencakup *bluetooth*, WI-FI, atau teknologi GSM yang ada (4G dan 5G).

4) Transaksi Data

Pengguna dan pusat parkir bertukar data dengan lebih aman melalui kontrak pintar dan mekanisme konsensus. Komponen transaksi menjaga kualitas transaksi yang transparan dan keamanan transmisi data tanpa pihak ketiga yang terpercaya, terutama jika mereka mengandalkan sistem *blockchain*, yang tidak dapat diubah.

5) Sensor Fisik

Komponen ini didasarkan pada kumpulan sensor fisik dan data yang diterima dari pusat parkir yang dikumpulkan yang dianalisis dan digunakan untuk mengelola pusat parkir. Contoh sensor yang digunakan pada sistem parkir yaitu sensor ultrasonik.

d. Sistem Kontrol

Sistem kontrol pada sistem parkir cerdas melibatkan pengumpulan data dari sensor parkir dan pengolahan data untuk menentukan ketersediaan tempat parkir. Data ini ditampilkan pada layar informasi atau aplikasi seluler untuk memberikan informasi kepada pengguna. Sistem kontrol dapat mengatur akses ke area parkir dengan menggunakan teknologi seperti kartu akses atau sistem pengenalan tanda nomor kendaraan bermotor. Sistem kontrol dapat memantau waktu parkir dan mengenakan biaya sesuai dengan durasi waktu. Semua proses ini diatur oleh perangkat lunak yang terintegrasi dengan perangkat keras seperti sensor, kamera, dan mesin tiket otomatis.

Beberapa fitur yang terdapat pada sistem parkir cerdas antara lain:

- 1) Sensor parkir yang dipasang pada setiap tempat parkir untuk mendeteksi ketersediaan tempat parkir.
- 2) Aplikasi seluler yang dapat diunduh untuk memudahkan dalam mencari tempat parkir yang tersedia, melakukan reservasi, dan membayar biaya parkir.
- 3) Sistem informasi yang memberikan informasi waktu-nyata tentang ketersediaan tempat parkir dan lokasinya.
- 4) Sistem pembayaran yang memungkinkan pembayaran biaya parkir secara daring melalui aplikasi *mobile* atau kartu pembayaran elektronik.
- 5) Integrasi dengan transportasi umum, yang memudahkan pengguna mencari alternatif transportasi jika tidak ada tempat parkir yang tersedia.
- 6) Analisis data, yang dapat mengumpulkan data penggunaan lahan parkir, waktu kunjungan, dan pola pergerakan kendaraan untuk membantu meningkatkan efisiensi penggunaan lahan parkir dan mengurangi kemacetan lalu lintas.

Sistem parkir cerdas terdiri dari dua metode, yaitu:

- 1) Metode berbasis penginderaan (*vision-based method*)
Teknologi dengan metode ini dibagi menjadi dua kategori, yaitu (1) memperkirakan jumlah ruang parkir yang tersisa, dan (2) memperlihatkan status setiap ruang parkir dan menggunakannya untuk memandu mobil yang menuju ruang parkir.
- 2) Metode berbasis sensor (*sensor based method*)
Sensor digunakan untuk mendeteksi ruang parkir yang kosong. Komponen sensor terdiri dari magnetometer, tabung

pneumatik, *loop* induktif, gerakan beban sensor dan kabel piezoelektrik sebagai sensor intrusi. Sensor non-intrusif (misal: sensor ultrasonik) dapat dipasang di langit-langit atau di tanah.

Prinsip kerja sistem parkir cerdas secara umum meliputi:

1) *User overview*

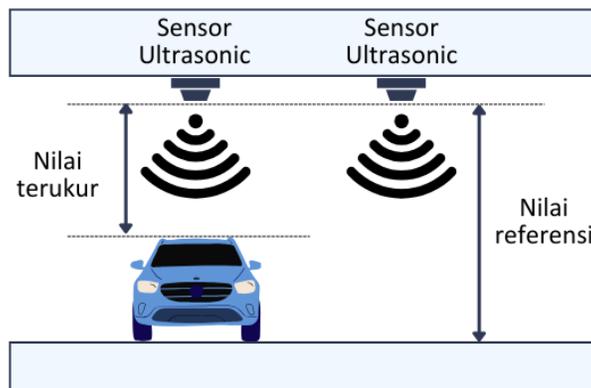
Penggunaan papan tampilan LED untuk menemukan tempat parkir yang kosong (Gambar I.31). Setiap tempat parkir disertai dengan rambu yang menunjukkan jumlah ruang yang tersedia dan memberikan arah pada jalur yang memiliki ruang parkir yang kosong.

2) *Technical overview*

Penggunaan sensor ultrasonik dengan mentransmisikan suara ke arah tempat parkir. Suara yang mengenai benda padat (mobil atau pun *ground*) kemudian dipantulkan kembali ke sensor dan sensor akan mendeteksi adanya ruang kosong (Gambar I.32).



Gambar I.31. Prinsip kerja sistem parkir cerdas.



Gambar I.32. Cara kerja sensor ultrasonik untuk sistem parkir cerdas.

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem parkir cerdas dapat diintegrasikan dengan elemen BGC lain, seperti misalnya:

- a) Sistem kamera pengawas
- b) Sistem ventilasi
- c) Sistem pengelolaan utilitas
- d) Sistem distribusi video dan papan informasi digital

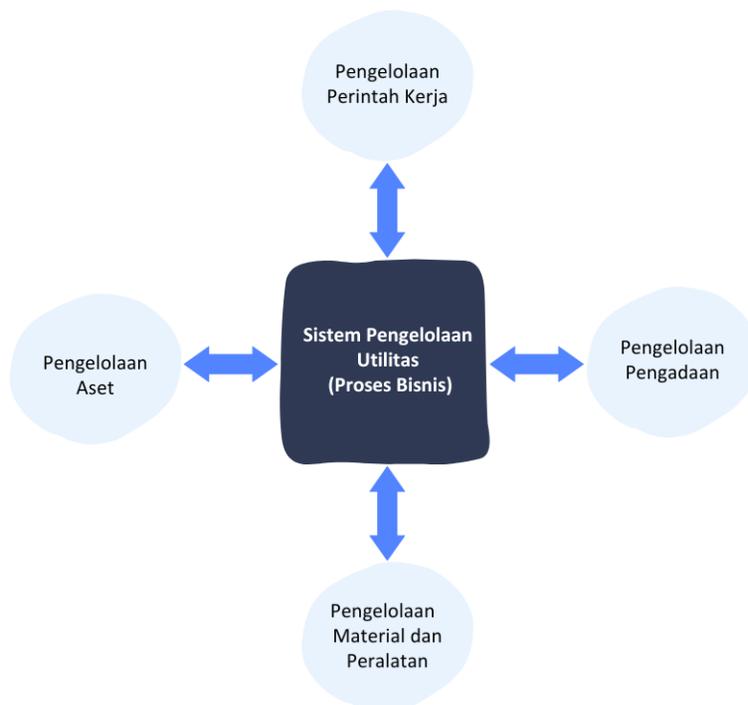
- 2) Integrasi dengan BAS/BMS
Integrasi sistem parkir dan BAS menggunakan protokol komunikasi yang sesuai dengan BAS, seperti BACnet, Modbus, KNX, atau protokol khusus lainnya. Integrasi data dari perangkat lunak BAS menuju ke BMS memerlukan sebuah platform penghubung seperti *Middleware*.
- 3) Integrasi dengan Sistem Manajemen Lalu Lintas dan Sistem Transportasi Umum
Sistem parkir cerdas dapat diintegrasikan dengan sistem manajemen lalu lintas dan sistem transportasi umum, sehingga memungkinkan pengguna untuk mengetahui ketersediaan tempat parkir sebelum tiba di lokasi tujuan.

Integrasinya dengan sistem manajemen lalu lintas dapat membantu mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan efisiensi transportasi. Integrasi dengan sistem transportasi umum dapat membantu pengguna merencanakan perjalanan dengan lebih baik dan memilih opsi transportasi yang paling efisien.

16. Sistem Pengelolaan Utilitas

a. Umum

Sistem pengelolaan utilitas merupakan sistem terpadu dari BGC yang menggabungkan beberapa fungsi manajemen operasional fasilitas dan sistem teknologi (Gambar I.33). Sistem ini berupa konfigurasi berbasis server yang dikombinasikan dengan stasiun-kerja, yang dapat dilengkapi dengan perangkat nirkabel. Sistem pengelolaan utilitas fokus pada proses bisnis pengelolaan fasilitas dan aset, dan membantu mengelola pesanan layanan, inventaris, pengadaan, dan aset.



Gambar I.33. Skema kerja sistem pengelolaan utilitas

Sistem pengelolaan utilitas terdiri dari serangkaian modul perangkat lunak yang memungkinkan Pemilik atau manajer fasilitas memilih modul berdasarkan kebutuhan manajemen operasional dan fasilitas. Modul-modul tersebut mencakup

pengelolaan pesanan layanan, inventaris, pengadaan, dan aset. Akses ke beberapa atau banyak sistem pengelolaan utilitas juga dapat dicapai melalui akses internet.

b. Kriteria

Kriteria sistem pengelolaan utilitas dapat bervariasi tergantung pada kebutuhan dan tujuan organisasi. Meskipun demikian, beberapa kriteria umum dalam memilih sistem pengelolaan utilitas meliputi:

- 1) Kelengkapan Fitur
Sistem pengelolaan utilitas harus menyediakan fitur dan fungsionalitas yang sesuai dengan kebutuhan pengelolaan utilitas, termasuk kemampuan untuk mengelola inventaris, pemeliharaan preventif dan perbaikan, manajemen ruang, pengelolaan kontrak, pengawasan keamanan, manajemen energi, serta pelaporan dan analisis data.
- 2) Skalabilitas
Sistem pengelolaan utilitas harus dapat berskala sesuai dengan ukuran dan kompleksitas fasilitas yang dikelola. Organisasi dapat memiliki beberapa fasilitas yang tersebar atau memiliki kebutuhan khusus yang memerlukan fleksibilitas dan kemampuan untuk mengelola fasilitas yang berkembang.
- 3) Integrasi dan Kompatibilitas
Sistem pengelolaan utilitas harus dapat diintegrasikan dengan sistem lain dalam organisasi seperti sistem keuangan, sistem manajemen sumber daya manusia, atau sistem keamanan. Integrasi yang baik memungkinkan pertukaran data yang lancar, mengurangi duplikasi pekerjaan dan meningkatkan efisiensi operasional.
- 4) Ketersediaan dan Keandalan
Sistem pengelolaan utilitas harus tersedia dan dapat diakses dengan mudah oleh pengguna yang berwenang. Sistem harus memiliki tingkat keandalan yang tinggi untuk memastikan ketersediaan data dan kontinuitas operasional. Sistem pengelolaan utilitas memiliki fitur redundansi dan pemulihan bencana untuk menjaga kontinuitas bisnis dalam situasi darurat.
- 5) Keamanan Data
Sistem harus memiliki kontrol akses yang kuat, enkripsi data, dan kebijakan keamanan yang ketat untuk melindungi informasi sensitif dan mencegah akses yang tidak sah.
- 6) Kemudahan Penggunaan
Sistem pengelolaan utilitas harus memiliki antarmuka pengguna yang intuitif dan mudah digunakan, sehingga mengurangi waktu pelatihan, mempercepat adopsi sistem oleh pengguna, dan meminimalkan kesalahan manusia.
- 7) Dukungan dan Layanan
Vendor sistem pengelolaan utilitas harus menyediakan dukungan teknis yang baik dan layanan pelanggan yang responsif, termasuk bantuan teknis, pemeliharaan, pembaruan perangkat lunak, dan pelatihan.
- 8) Biaya Kepemilikan (*Total Cost of Ownership*)
Sistem pengelolaan utilitas harus memberikan nilai yang baik dalam jangka panjang.

c. Komponen

Lima komponen utama sistem pengelolaan utilitas meliputi perangkat lunak manajemen fasilitas (*facility management software*), sistem manajemen bangunan (*building management systems*), sistem manajemen energi (*energy management systems*), sistem manajemen pemeliharaan komputerisasi (*computerized maintenance management systems*), dan manajer fasilitas (*facility manager*).

d. Sistem Kontrol

- 1) Perangkat lunak sistem pengelolaan utilitas
Memiliki alat dan proses pengelolaan utilitas terbaik untuk mengelola fasilitas secara efektif menjadi kebutuhan BGC yang penting. Aplikasi perangkat lunak pengelolaan utilitas membentuk proses administrasi dalam pengelolaan utilitas.
- 2) Sistem perintah kerja (*work-order*)
Sistem ini memulai perintah kerja, memberi tugas ke staf internal atau kontraktor pihak ketiga, melacak perintah kerja, dan mengarsipkan catatan. Sistem harus memungkinkan analisis perintah kerja berdasarkan bangunan, ruang, jenis aset, dan personel. Sistem juga harus dapat melacak tenaga kerja, material, biaya perjalanan, dan menetapkan perintah kerja yang relevan.
- 3) Pemeliharaan yang bersifat preventif dan prediktif
Aplikasi ini untuk mencegah kegagalan peralatan melalui penggunaan perawatan preventif yang disarankan dari pabrikan atau dengan memprediksi kegagalan peralatan berdasarkan data peralatan. Perawatan ini melibatkan inspeksi, pengujian, pengukuran, dan penggantian atau penyesuaian suku cadang. Sistem harus dapat mendukung penjadwalan dan pelacakan tugas pemeliharaan, menetapkan tugas dan perintah kerja secara otomatis, dan membuat tugas harian, mingguan, bulanan, dan tahunan.
- 4) Perencanaan ruang
Aplikasi perangkat lunak memungkinkan alokasi ruang yang efektif untuk penggunaan Bangunan Gedung oleh penyewa atau Pemilik. Aplikasi ini memungkinkan pengembangan tata letak ruang alternatif dan memberikan dasar untuk dan desain dan perencanaan ruang yang terorganisir dengan baik.
Aplikasi ini harus dapat memberikan kemampuan untuk menggambar dan mengelola ruang dengan denah lantai dua dimensi menggunakan ukuran sebenarnya dari objek sebenarnya seperti furnitur dan peralatan, dinding, jendela, pintu, dan lain-lain.
- 5) Kontrol inventori peralatan dan bahan
Aplikasi ini dapat melacak inventaris dan mengidentifikasi kebutuhan inventaris, serta memiliki kemungkinan secara otomatis untuk pembelian suku cadang dan peralatan berdasarkan ambang batas tertentu.
- 6) Pengelolaan utilitas
Aplikasi ini menampung semua detail utilitas, termasuk di dalamnya nama item, nomor seri, lokasi, jaminan, pabrikan, dan riwayat perawatannya. Aplikasi pengelolaan utilitas harus

diintegrasikan ke dalam aplikasi pemeliharaan preventif, serta menyediakan data kapan pemeliharaan preventif harus dilakukan dan menghasilkan perintah kerja.

7) Standar data

Data dalam pengelolaan utilitas harus memiliki metodologi dan proses standar tertulis untuk mengelola data. Aplikasi ini mencakup manajemen dokumen, konvensi penamaan dan standar basis data, serta mampu berkoordinasi dengan grup dan aplikasi lain yang relevan, seperti departemen TI dan pengelolaan utilitas perusahaan.

8) Integrasi BIM

Data dan pemodelan yang dihasilkan dalam penggunaan BIM harus diekspor dalam sistem pengelolaan utilitas (khususnya *file* COBie ke dalam aplikasi pengelolaan utilitas). Ekspor data desain dan konstruksi ke dalam sistem pengelolaan utilitas sangat penting untuk keberhasilan penyerahan dari konstruksi untuk operasi. Tanpanya, FM dan operasional Bangunan Gedung akan lumpuh sejak awal.

e. Integrasi Sistem

1) Integrasi dengan elemen BGC lain

Sistem pengelolaan utilitas dapat diintegrasikan dengan semua elemen BGC, seperti:

- a) Sistem alarm kebencanaan dan pemberitahuan massal
- b) Sistem kontrol akses
- c) Sistem kamera pengawas
- d) Sistem pencahayaan
- e) Sistem pengondisian udara
- f) Sistem ventilasi
- g) Sistem audio visual
- h) Sistem distribusi video dan papan informasi digital
- i) Sistem kelistrikan
- j) Sistem penyediaan air minum
- k) Sistem pengelolaan air limbah
- l) Sistem pengelolaan sampah
- m) Sistem transportasi dalam gedung
- n) Sistem distribusi kabel dan antena terdistribusi
- o) Sistem parkir

Integrasi sistem dapat dilakukan pada *material management system* yang diintegrasikan dan terikat dengan sistem perintah-kerja dan sistem pembelian (*purchasing*). Contoh, saat perintah-kerja diterbitkan, sistem pengelolaan utilitas akan mengecek gudang atau persediaan untuk memastikan ketersediaan material atau peralatan yang diperlukan sesuai perintah-kerja. Apabila ketersediaan material/peralatan di bawah batas yang ditentukan, sistem akan memicu sistem pembelian secara otomatis untuk melakukan pembelian dan menstok ulang material atau peralatan yang dibutuhkan.

Integrasi sistem yang lain dengan *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) yang berfungsi untuk mendapatkan data dari peralatan di lapangan dan menentukan apakah peralatan dan material membutuhkan perawatan. CMMS akan memicu diterbitkannya perintah-kerja secara otomatis apabila kriteria diperlukannya perawatan pada peralatan telah terpenuhi.

2) Integrasi dengan BAS/BMS

Sistem kelistrikan dapat terintegrasi dengan perangkat lunak BAS/BMS dengan menggunakan protokol Modbus TCP, SNMP MIIB, Modbus RTU, dan TCP/IP. Untuk mengontrol dan memantau sistem kelistrikan, pengaturan tampilan grafis, pengaturan alarm dan pemberitahuan, pemrograman pengendalian otomatis, dan pembuatan laporan energi diatur pada perangkat lunak atau antarmuka pada BMS.

D. MATRIKS IMPLEMENTASI ELEMEN BGC

1. Matriks Implementasi Elemen BGC pada Bangunan Gedung Negara (BGN)

Tabel I.3. Matriks implementasi sistem BGC untuk BGN

Klasifikasi BGN		Elemen BGC															
Klasifikasi	Definisi	1. Sistem Alarm	2. Sistem Kamera	3. Sistem Kontrol Akses	4. Sistem Distribusi Video	5. Sistem Audio Visual	6. Sistem Jaringan Akses	7. Sistem Kelistrikan	8. Sistem Pencahayaan	9. Sistem Pengondisian Udara	10. Sistem Ventilasi	11. Sistem Penyediaan Air Minuman	12. Sistem Pengelolaan Air Limbah	13. Sistem Pengelolaan Sampah	14. Sistem Transportasi	15. Sistem Parkir	16. Sistem Pengelolaan
Sederhana	Bangunan gedung dengan teknologi dan spesifikasi sederhana meliputi: 1) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan jumlah lantai sampai dengan 2 (dua) lantai; 2) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan luas sampai dengan 500 m ² (lima ratus meter persegi); dan Rumah negara meliputi rumah negara tipe C, tipe D, dan tipe E.	W	S	S	S	S	S	W	W	S	S	S	S	S	S	S	S
Tidak Sederhana	Bangunan gedung dengan teknologi dan spesifikasi tidak sederhana meliputi: 1) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan jumlah lantai lebih dari 2 (dua) lantai; 2) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan luas lebih dari 500 m ² (lima ratus meter persegi); dan Rumah negara meliputi rumah negara tipe a dan tipe b.	W	W	W	S	S	S	W	W	W ¹⁾	D	W ³⁾	W ³⁾	W ³⁾	D ²⁾	S	D

Khusus	<p>Merupakan:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) BGN yang memiliki standar khusus, serta dalam perencanaan dan pelaksanaannya memerlukan penyelesaian atau teknologi khusus; 2) BGN yang memiliki tingkat kerahasiaan tinggi untuk kepentingan nasional; 3) BGN yang penyelenggaraannya dapat membahayakan masyarakat di sekitarnya; dan 4) BGN yang memiliki risiko bahaya tinggi. <p>Meliputi:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Istana negara; 2) Rumah jabatan mantan presiden dan/atau mantan Wakil Presiden; 3) Rumah jabatan menteri; 4) Wisma negara; 5) Gedung instalasi nuklir; 6) Gedung yang menggunakan radioaktif; 7) Gedung instalasi pertahanan; 8) Bangunan Kepolisian Negara Republik Indonesia dengan penggunaan dan standar khusus; 9) Gedung terminal udara, laut, dan darat; 10) Stasiun kereta api; 11) Stadion atau gedung olah raga; 12) Rumah tahanan dengan tingkat keamanan tinggi; 13) Pusat data; 14) Gudang benda berbahaya; 15) Gedung bersifat monumental; 16) Gedung cagar budaya; dan 17) Gedung perwakilan negara Republik Indonesia. 	W	W	W	D	D	S	W	W	W ¹⁾	D	W	W	W	D ²⁾	S	D
--------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----------------	---	---	---	---	-----------------	---	---

Keterangan:

W : Wajib untuk diimplementasikan

D : Disarankan untuk diimplementasikan

S : Sukarela untuk diimplementasikan

Catatan:

- 1) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung yang menggunakan sistem pengondisian udara terpusat (*centralized*) yang memiliki chiller, AHU, cooling tower, dan komponen lain.
- 2) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung lebih bertingkat tinggi atau lebih.
- 3) Hanya berlaku untuk BGN tidak sederhana berupa bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan jumlah lantai lebih dari 2 (dua) lantai dan/atau Bangunan Gedung kantor dan BGN lainnya dengan luas lebih dari 500 m².

2. Matriks Implementasi Elemen BGC pada Bangunan Gedung Selain BGN

Tabel I.4. Matriks implementasi elemen BGC untuk Bangunan Gedung Selain BGN

Klasifikasi Bangunan Gedung			Elemen BGC															
Klas Bangunan	Definisi	Contoh	1. Sistem Alarm	2. Sistem Kamera Pengawasan	3. Sistem Kontrol Akses	4. Sistem Distribusi Video	5. Sistem Audio Visual	6. Sistem Jaringan Akses	7. Sistem Kelistrikan	8. Sistem Pencahayaan	9. Sistem Pengondisian	10. Sistem Ventilasi	11. Sistem Penyediaan Air	12. Sistem Pengelolaan Air	13. Sistem Pengelolaan	14. Sistem Transportasi	15. Sistem Parkir	16. Sistem Pengelolaan
Klas 1a	Satu rumah tunggal, satu atau lebih rumah gandeng yang dipisahkan dinding tahan api	Rumah sederhana, rumah deret, vila, rumah taman	W	D	D	S	S	S	W	W	D	S	D	D	D	S	D	D
Klas 1b	Asrama, hostel atau sejenisnya dengan luas paling besar 300 m ² dan tidak dihuni lebih dari 12 orang	Kos, losmen, hostel yang luasannya tidak lebih dari 300 m ² dan dihuni tidak lebih dari 12 orang	W	D	D	S	S	S	W	W	D	S	D	D	D	S	D	D
Klas 2	Bangunan gedung hunian yang terdiri atas 2 atau lebih unit hunian, yang masing-masing merupakan tempat tinggal terpisah	Rumah tidak sederhana	W	D	D	S	S	S	W	W	D	S	D	D	D	S	D	D

Klasifikasi Bangunan Gedung			Elemen BGC															
Klas Bangunan	Definisi	Contoh	1. Sistem Alarm	2. Sistem Kamera Pengawasan	3. Sistem Kontrol Akses	4. Sistem Distribusi Video	5. Sistem Audio Visual	6. Sistem Jaringan Akses	7. Sistem Kelistrikan	8. Sistem Pencahayaan	9. Sistem Pengondisian	10. Sistem Ventilasi	11. Sistem Penyediaan Air	12. Sistem Pengelolaan Air	13. Sistem Pengelolaan	14. Sistem Transportasi	15. Sistem Parkir	16. Sistem Pengelolaan
Klas 3	Bangunan gedung hunian di luar klas 1 dan 2, yang umum digunakan sebagai tempat tinggal lama atau sementara oleh sejumlah orang yang tidak berhubungan	Asrama, <i>guest house</i> , losmen, panti, dan sejenisnya	W ³)	W ²) ₃	W ²) ₃	S	S	S	W	W	W ¹)	S	D ³)	D ³)	D ³)	W ⁸)	D ³)	D ³)
Klas 4	Bangunan gedung hunian yang berada di dalam suatu bangunan klas 5, 6, 7, 8, atau 9 dan merupakan tempat tinggal yang ada dalam bangunan tersebut	Apartemen <i>mix-use</i>	W	W ²)	W ²)	S	S	S	W	W	W ¹)	S	W ⁴)	W ⁴)	W ⁴)	W ⁸)	D	D
Klas 5	Bangunan gedung yang dipergunakan untuk tujuan usaha profesional, pengurusan administrasi, atau usaha komersial, di luar bangunan klas 6, 7, 8, atau 9	Gedung perkantoran, gedung pemerintahan, dan sejenisnya	W	W ²)	W ²)	D	D	D	W	W	W ¹)	W ²)	W ²)	W ²)	W ²)	W ⁸)	D	D

Klasifikasi Bangunan Gedung			Elemen BGC															
Klas Bangunan	Definisi	Contoh	1. Sistem Alarm	2. Sistem Kamera Pengawasan	3. Sistem Kontrol Akses	4. Sistem Distribusi Video	5. Sistem Audio Visual	6. Sistem Jaringan Akses	7. Sistem Kelistrikan	8. Sistem Pencahayaan	9. Sistem Pengondisian	10. Sistem Ventilasi	11. Sistem Penyediaan Air	12. Sistem Pengelolaan Air	13. Sistem Pengelolaan	14. Sistem Transportasi	15. Sistem Parkir	16. Sistem Pengelolaan
Klas 6	Bangunan gedung toko atau Bangunan Gedung lain yang dipergunakan untuk tempat penjualan barang-barang secara eceran atau pelayanan kebutuhan langsung kepada masyarakat	Toko, kedai, restoran, pasar, <i>showroom</i> mobil, dan sejenisnya	W	S	S	D ⁵)	S	S	W	W	W ¹)	S	D	D	W ⁵)	S	D ⁵)	D ⁵)
Klas 7	Bangunan gedung yang dipergunakan sebagai penyimpanan	Gudang dan tempat parkir umum	W	S	S	S	S	S	W	W	W ¹)	S	S	S	S	S	S	S
Klas 8	Bangunan gedung laboratorium dan bangunan gedung yang dipergunakan untuk tempat pemrosesan suatu produksi, perakitan, perubahan, perbaikan, pengepakan, <i>finishing</i> , atau pembersihan barang-barang produksi dalam rangka perdagangan atau penjualan	Laboratorium, bengkel mobil, pabrik, dan sejenisnya	W	S	S	S	S	S	W	W	W ¹)	S	D	D	D	S	S	S

Klasifikasi Bangunan Gedung			Elemen BGC															
Klas Bangunan	Definisi	Contoh	1. Sistem Alarm	2. Sistem Kamera Pengawasan	3. Sistem Kontrol Akses	4. Sistem Distribusi Video	5. Sistem Audio Visual	6. Sistem Jaringan Akses	7. Sistem Kelistrikan	8. Sistem Pencahayaan	9. Sistem Pengondisian	10. Sistem Ventilasi	11. Sistem Penyediaan Air	12. Sistem Pengelolaan Air	13. Sistem Pengelolaan	14. Sistem Transportasi	15. Sistem Parkir	16. Sistem Pengelolaan
Klas 9a	Bangunan gedung umum untuk pelayanan perawatan kesehatan	Rumah sakit	W	D	D	D	S	D ⁶)	W	W	W ¹)	W ⁶)	D	D	D	W ⁸)	D ⁶)	D ⁶)
Klas 9b	Bangunan gedung umum pertemuan yang tidak termasuk setiap bagian dari bangunan yang merupakan klas lain	Sekolah, tempat peribadatan, tempat budaya, bengkel kerja (<i>workshop</i>), dan sejenisnya	W	S	S	D ⁷)	D ⁹)	S	W	W	W ¹)	D ⁷)	D	D	D	S	S	S
Klas 10a	Bangunan gedung bukan hunian berupa sarana atau prasarana yang dibangun terpisah	Garasi pribadi, garasi umum, dan sejenisnya	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Klas 10b	Struktur berupa sarana atau prasarana yang dibangun terpisah	Pagar, antena (<i>mast</i>), kolam renang, dan sejenisnya	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Keterangan:

- W : Wajib untuk diimplementasikan
D : Disarankan untuk diimplementasikan
S : Sukarela untuk diimplementasikan

Catatan:

- 1) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung yang menggunakan sistem pengondisian udara terpusat (*centralized*) yang memiliki chiller, AHU, cooling tower, dan komponen lain.
- 2) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung lebih bertingkat tinggi atau lebih.
- 3) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung hotel.
- 4) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung apartemen *mix-use*.
- 5) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung *shopping mall*.
- 6) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung Rumah Sakit Tipe A dan B.
- 7) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung museum, gedung pertemuan besar, gedung pameran.
- 8) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung dengan jumlah lantai lebih dari 15 lantai.
- 9) Hanya berlaku untuk Bangunan Gedung perguruan tinggi dan sekolah khusus.

E. PARAMETER BGC

Untuk memenuhi kinerja BGC, maka perlu mengimplementasikan prinsip-prinsip BGC terhadap elemen-elemen BGC melalui 4 (empat) parameter BGC antara lain:

1. Keamanan Siber

Isu keamanan jaringan merupakan isu yang sangat penting dalam BGC. Seseorang yang dapat menembus sistem melalui jaringan dapat menyebabkan kerusakan, gangguan, atau kemungkinan hilangnya nyawa. Serangan pada sistem tidak hanya dapat diakses secara fisik atau melalui komunikasi nirkabel, tetapi juga dapat diakses melalui perangkat jaringan seperti kontroler, seperti diperlihatkan dalam Tabel I.2.

Tabel I.2. Jenis serangan ke BAS yang mungkin terjadi.

Serangan ke Jaringan		Serangan ke Perangkat	
Intersepsi	<i>Network sniffing</i>	Perangkat lunak	Injeksi kode Eksploitasi kelemahan algoritma <i>Availability attacks</i> Penyalahgunaan mekanisme konfigurasi
Pabrikasi	Menyisipkan pesan salah format Menyisipkan pesan tidak benar Membalas pesan lama	<i>Side-channel</i>	Analisis waktu Analisis daya Analisis perilaku salah (<i>fault behavior analysis</i>)
Modifikasi	Serangan <i>man-in-the-middle</i>	Fisik	Penyadapan <i>Micro-probing</i> Pergantian komponen
Interupsi	Penolakan layanan Banjir jaringan (<i>network flooding</i>) Pengalihan (<i>redirection</i>)		

Prinsip keamanan siber meliputi:

a. Kerahasiaan (*confidentiality*)

Prinsip ini berkaitan dengan perlindungan data dan informasi yang sifatnya rahasia dan sensitif dari akses yang tidak berhak. Akses terhadap data dan informasi tersebut harus terbatas dan hanya boleh diakses oleh orang memiliki otorisasi untuk melakukannya.

b. Keutuhan (*integrity*)

Prinsip ini berkaitan dengan perlindungan data dan informasi dari perubahan atau modifikasi yang tidak sah atau tidak diizinkan. Sistem keamanan harus mampu memastikan bahwa data dan informasi tetap utuh, tidak dimodifikasi tanpa otorisasi.

c. Ketersediaan (*availability*)

Ketersediaan merupakan keamanan yang menjaga ketersediaan data dan informasi. Prinsip ini menjaga agar sistem dan layanan tetap beroperasi dan tersedia ketika diperlukan. Ancaman terhadap ketersediaan dapat berasal dari serangan *denial-of-service* (DoS) atau gangguan lainnya.

Pengembangan sistem jaringan komunikasi wajib berkonsultasi dengan ahli keamanan jaringan untuk meningkatkan keamanan jaringan dan sistem BGC. Standar yang dapat digunakan sebagai acuan keamanan siber di antaranya:

- a. SNI ISO/IEC 27001:2013 tentang Keamanan informasi, keamanan siber, dan proteksi privasi — Sistem manajemen keamanan informasi — Persyaratan atau perubahannya;
- b. ISO/IEC 15048 *Information security, cybersecurity and privacy protection — Evaluation criteria for IT security* atau perubahannya;
- c. ISA/IEC 62443 *Series of standards* atau perubahannya;
- d. SNI ISO/IEC 27010:2015 Teknologi informasi – Teknik keamanan – Manajemen keamanan informasi untuk komunikasi antar-sektor dan antar-organisasi atau perubahannya;

Implementasi jaringan konvergen yang aman merupakan prasyarat untuk BGC. BGC harus memiliki:

- a. Jaringan video terintegrasi;
- b. Tindakan keamanan dalam bentuk kontrol admisi jaringan;
- c. Tindakan keamanan dalam bentuk deteksi intrusi jaringan;
- d. Tindakan keamanan dalam bentuk pembagian atau isolasi jaringan yang membatasi akses sementara atau permanen;
- e. Manajemen *Quality of Service* (QoS);
- f. Manajemen *bandwidth*;
- g. Redundansi kabel dan peralatan inti (contoh: media pencadangan data dan perangkat lainnya yang terkait);
- h. Redundansi *Internet Service Provider* (ISP);
- i. *Uninterruptible Power Supply* (UPS) (jaringan inti);
- j. Sistem manajemen perangkat IP dan perangkat manajemen log/*Security Information and Event Management* (SIEM);
- k. Elemen keamanan untuk jaringan terintegrasi;
- l. Administrator yang bertanggung jawab atas keamanan jaringan yang berkelanjutan;
- m. Langkah-langkah keamanan TIK untuk jaringan automasi Bangunan Gedung;
- n. Pengamanan fisik di area atau ruangan tempat BAS berada;
- o. Enkripsi dan perlindungan lalu lintas jaringan;
- p. Pengamanan semua jaringan nirkabel;
- q. Manajemen konfigurasi keamanan;
- r. Manajemen *update/system patch*;
- s. Manajemen *remote*;
- t. Penerapan *event logging*;
- u. Perangkat *Virtual Private Network* (VPN).

Pendekatan sistem keamanan siber pada BGC yang dikendalikan melalui BMS dapat dilakukan dengan mengisolasi sistem tersebut; tetapi tetap perlu memperhatikan kerentanan keamanan akses dari salah satu jaringan atau salah satu perangkat di jaringan seperti sistem proteksi kebakaran, pengondisian udara, kontrol akses, pencahayaan, dan sistem lain yang terhubung ke dalamnya. Sistem elemen BGC memiliki sistem kendali akses jaringan pada level kontroler.

Beberapa tindakan keamanan pada sistem TI yang dapat dipertimbangkan sebagai berikut:

- a. *Firewall* yang kuat;
- b. Autentikasi pengguna;
- c. Pengamanan jaringan nirkabel;
- d. Kesadaran terhadap keamanan fisik sistem;

- e. Menggunakan VPN dalam kondisi-kondisi tertentu;
- f. Kebijakan *back-up* sistem;
- g. Enkripsi yang kuat untuk komunikasi BAS;
- h. Data dan perangkat keras jaringan ditempatkan di pusat data yang aman;
- i. Sistem deteksi penyusupan;
- j. Perangkat yang dapat menangkap (*capture*) paket IP;
- k. Mekanisme penggantian *password* standar saat pertama kali perangkat dioperasikan;
- l. Sistem proteksi menu *login* jika ada upaya ganti *password* gagal selama tiga kali;
- m. Hak akses untuk keamanan siber mencakup tujuh lapis sistem jaringan terbuka model OSI;
- n. Menggunakan redundansi perangkat keras untuk memastikan data dan layanan tersedia pada saat digunakan.
- o. Tindakan keamanan dalam bentuk pengujian keamanan melalui identifikasi kerentanan dan *penetration testing*;
- p. Audit keamanan informasi;
- q. Penutupan akses *port* fisik yang tidak terpakai; dan
- r. Kebijakan tentang *Bring Your Own Devices* (BYOD).

Mengembangkan, menguji, dan menerapkan langkah-langkah keamanan di Bangunan Gedung harus menjadi aktivitas berkelanjutan, dan *built in* dalam pengoperasian Bangunan Gedung. Beberapa tindakan awal yang dapat ditempuh antara lain:

- a. Menetapkan administrator khusus jaringan yang bertanggung jawab atas keamanan jaringan. Administrator jaringan harus mengoordinasikan upaya dan tanggapan keamanan, serta bantuan internal dan eksternal.
- b. Membuat *baseline* jaringan.
Memahami tentang lalu lintas normal dan mengidentifikasi indikator serangan. Jika pengelolaan utilitas mengawali upaya tersebut, maka harus melibatkan departemen TI sejak dini.
- c. Mengambil pendekatan yang komprehensif.
Menilai setiap sistem, kerentanan, dan arti gangguan sistem terhadap operasi Bangunan Gedung dan penghuni beserta dampaknya.
- d. Memulai dengan penggunaan langkah-langkah keamanan TIK pada jaringan automasi Bangunan Gedung.
Memahami bahwa meskipun tindakan keamanan TIK penting, tindakan tersebut mungkin tidak berlaku untuk semua sistem atau bagian dari sistem kontrol Bangunan Gedung. Langkah-langkah keamanan tersebut antara lain:
 - 1) Memberikan keamanan fisik di area atau ruang di mana kabel jaringan BAS beroperasi.
 - 2) Enkripsi lalu lintas jaringan
 - 3) Amankan semua jaringan nirkabel
- e. Mempertimbangkan aspek manusia.
Ancaman terbesar datang dari dalam, misalnya karyawan yang tidak puas atau yang mengambil jalan pintas. Perlu dikembangkan kebijakan tentang kata sandi, konfigurasi, pengaturan, dan program pelatihan.

2. Protokol dan Jaringan Komunikasi

a. Protokol Komunikasi

Metode komunikasi dan pertukaran data di dalam dan di antara sistem Bangunan Gedung sangat penting, yang dapat menentukan kesulitan atau kemudahan integrasi fungsionalitas sistem dan data. Semua protokol komunikasi utama yang digunakan harus memiliki versi untuk TCP/IP yang memungkinkan protokol BAS bekerja di dalam jaringan TIK. BGC harus menghindari protokol tertutup dan mendukung protokol komunikasi standar terbuka seperti BACnet IP, LonTalk, OPC DA/UA, Modbus RTU/TCP, oBIX, XML, SOAP, PSTN, ONVIF, SNMP, API/HTTP/HTTPS/datasocket, dan/atau protokol standar terbuka lain.

Arsitektur jaringan sistem BGC harus mempertimbangkan kecepatan minimum untuk *bus* serial (*serial buses*), ukuran maksimum titik dan perangkat per *bus* serial, jumlah maksimum *bus* serial per kontroler jaringan, dan penggunaan kontroler protokol terbuka.

Pemenuhan standar protokol standar terbuka dan desain jaringan terperinci tidak hanya untuk membangun sistem kontrol tetapi juga untuk membangun sistem pengelolaan utilitas dan sistem TI dalam penggunaan struktur basis data standar seperti SQL atau *Open Database Connectivity* (ODBC), Oracle, atau DB2.

Protokol komunikasi terdiri dari seperangkat aturan yang harus diterapkan untuk bertukar data antara dua bagian BMS. Beberapa protokol terbuka untuk BMS/BAS yang dapat digunakan antara lain:

1) BACnet

Yang termasuk dalam protokol ini antara lain Ethernet, BACnet over IP, Serial (RS232/RS485), MS/TP, SC. Protokol ini umumnya digunakan untuk kontrol digital langsung atau DDC, BMS, sistem pengondisian udara, AHU, dan sistem pencahayaan.

2) LonWorks

LonWorks merupakan platform jaringan yang dibangun untuk perangkat jaringan melalui media seperti kabel *twisted pair*, serat optik, dan frekuensi radio. Termasuk dalam protokol ini antara lain Ethernet, jaringan daya (*power line*), kabel *twisted-pair*, jaringan *peer-to-peer*. Protokol ini umumnya digunakan pada fasilitas kesehatan, rumah tinggal, Bangunan Gedung, dan utilitas.

3) Modbus

Salah satu protokol yang banyak digunakan mendapatkan interoperabilitas dalam membangun aplikasi automasi. Termasuk dalam protokol ini antara lain Modbus RTU, Modbus TCP, Modbus ASCII. Protokol ini umumnya digunakan untuk *Programmable Logic Control* (PLC), DDC, SCADA, meter daya, genset, dan alarm kebakaran.

4) KNX

KNX merupakan standar protokol komunikasi jaringan berbasis OSI untuk automasi Bangunan Gedung. Termasuk dalam protokol ini antara lain kabel *twisted-pair*, IP, frekuensi radio, dan jaringan daya. Protokol ini umumnya digunakan untuk pencahayaan, kerai jendela, audio, video, dan *display*.

- 5) *Digital Addressable Lighting Interface* (DALI), protokol khusus untuk kontrol sistem pencahayaan.
- 6) *Smart-BUS* (S-Bus), protokol berdasarkan topologi koneksi RS485.
- 7) *Open Platform Communications* (OPC), serangkaian standar dan spesifikasi telekomunikasi industri.
- 8) *Message Queuing Telemetry Transport* (MQTT)
Protokol pesan ringan yang dirancang untuk perangkat IoT dengan daya pemrosesan terbatas dan *bandwidth* rendah. MQTT memungkinkan perangkat mengirim dan menerima pesan melalui *broker* yang bertindak sebagai perantara. MQTT memiliki biaya *overhead* yang rendah, *bandwidth* jaringan yang efisien, dan kemampuan untuk menangani koneksi jaringan yang tidak dapat diandalkan. MQTT umumnya digunakan untuk pemantauan jarak jauh, telemetri, dan kontrol perangkat IoT.

b. Jaringan Komunikasi

Informasi yang diberikan oleh sensor harus dapat dikirim melalui komunikasi yang memiliki aliran informasi berkecepatan tinggi dan dua arah. Jaringan komunikasi dapat menggunakan jaringan kabel atau jaringan nirkabel, tergantung dengan kapasitas komunikasi jaringan atau *bandwidth* yang dibutuhkan. Seluruh infrastruktur kabel, peralatan, rak, dan titik akses nirkabel harus diberi label dengan konvensi penamaan yang telah ditentukan dan didokumentasikan untuk pengelolaan utilitas dan operasi sehari-hari.

1) Infrastruktur Kabel

BGC menggunakan kabel yang terstandarisasi untuk TIK dan BAS. Kabel harus dapat memasok komunikasi dan memberikan daya tegangan rendah ke perangkat aktif jaringan melalui POE.

Infrastruktur kabel harus memenuhi beberapa ketentuan standar antara lain:

- a) ANSI/TIA/EIA-568A and 568B *Commercial Building Telecommunications Cabling Standard* atau perubahannya;
- b) ANSI/TIA/EIA-862 *Building Automation Systems Cabling Standard for Commercial Buildings* atau perubahannya;
- c) ISO/IEC 11801 *Information technology — Generic cabling for customer premises* atau perubahannya; dan
- d) ITU-T G.652 *Characteristic of a single-mode optical fibre and cable* atau perubahannya.

Kabel telekomunikasi dengan panjang gelombang 1310 nm, memiliki *cable loss* paling rendah 0,35 dB/km, dan memiliki *dispersion chromatic* paling rendah 3,5 ps/(nm.km).

Semua kabel telekomunikasi berakhir dan dikelola di ruang telekomunikasi yang dilayani pintu masuk telekomunikasi ganda, umpan daya ganda (*dual power feeds*) yang terpisah, dan daya darurat tanpa gangguan berbasis baterai/UPS. Ruang telekomunikasi harus dapat dipantau secara jarak jauh untuk keamanan, air, suhu udara, dan getaran.

2) Jaringan Nirkabel

Jaringan sensor nirkabel berkomunikasi dengan *Local Area Network* (LAN) atau *Wide Area Network* (WAN) melalui *gateway*

yang bertindak sebagai jembatan antara WSN dan jaringan lainnya. LAN dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama yakni nirkabel, Ethernet, dan *Power Line Communication* (PLC). Standar jaringan nirkabel yang dapat digunakan antara lain:

- a) Wi-Fi
Memenuhi standar IEEE 802.11 *Standard for Information Technology -- Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks* atau perubahannya.
- b) WiMAX5
Memenuhi standar IEEE 802.16 *Standard for Local and metropolitan area network Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access System* atau perubahannya.
- c) ZigBee
Memenuhi standar IEEE 802.15.4 *IEEE Standard for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs) LAN/MAN* atau perubahannya.
- d) EnOcean
Memenuhi persyaratan standar ISO/IEC 14543-3-10 *Information technology – Home electronic systems (HES) architecture – Part 3-10: Wireless short-packet (WSP) protocol optimized for energy harvesting – Architecture and lower layer protocols* atau perubahannya.
- e) Z-Wave
Sistem ini beroperasi sebagai jaringan *mesh* di frekuensi radio 900 MHz dengan kecepatan 40 Kbit/s dan jangkauan sekitar 30 meter.
- f) *Bluetooth*
Memenuhi standar IEEE 802.15.1 *IEEE Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems – LAN/MAN – Specific Requirements – Part 15: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs)* atau perubahannya.
- g) *Low Power Wide Area Network* (LPWAN)
Mengacu pada Peraturan perundang-undangan mengenai Persyaratan Teknis Alat/Perangkat Telekomunikasi *Low Power Wide Area* dan memenuhi standar ETSI EN 300 220-1 *Short Range Devices (SRD) operating in the frequency range 25 MHz to 1 000 MHz; Part 1: Technical characteristics and methods of measurement* atau perubahannya. Teknologi LPWAN yang dapat digunakan di antaranya:
 - (1) *Low Range* (LoRa)
LoRa merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang memungkinkan komunikasi jarak jauh antar-perangkat dengan daya rendah. LoRa ideal digunakan untuk perangkat IoT yang perlu mentransmisikan sejumlah data untuk jarak jauh namun tetap menghemat masa pakai baterai.
 - (2) *Narrowband Internet of Things* (NB-IoT)
NB-IoT merupakan teknologi komunikasi nirkabel yang

memungkinkan pengiriman data yang cepat dan andal, dengan konsumsi daya yang rendah dan jangkauan jaringan yang luas. NB-IoT didasarkan pada jaringan seluler sehingga dapat terhubung dan berkomunikasi dengan *cloud* secara langsung.

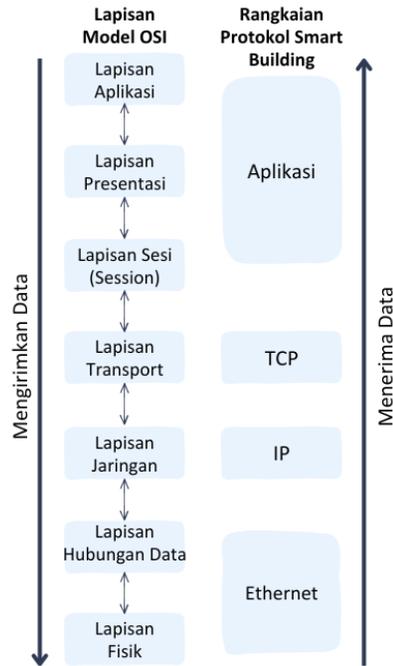
Teknologi WAN berkaitan dengan kebutuhan informasi bangunan Gedung untuk dikirim melalui jarak jauh, biasanya untuk manajemen pusat di tingkat Bangunan Gedung atau dalam interaksinya dengan *grid* cerdas (*smart grid*). Beberapa teknologi WAN yang dapat digunakan antara lain:

- a) *Asymmetric Digital Subscriber Line* (ADSL)
 - b) Modem kabel
 - c) *Fiber broadband* atau *Fiber to the Home* (FTTH)
 - d) PLC
 - e) Layanan seluler
 - f) Layanan satelit
 - g) Sistem *paging*.
- 3) Teknologi 5G
Memenuhi standar *3rd Generation Partnership Project* (3GPP) *release 17* dengan fitur *Ultra-Reliable Low Latency Communications* (URLLC) untuk *New Radio* (NR) berbasis IoT, *multiple-input and multiple-output* (MIMO), *NR multicast*, dan *radio access network* (RAN) *Slicing* untuk NR.

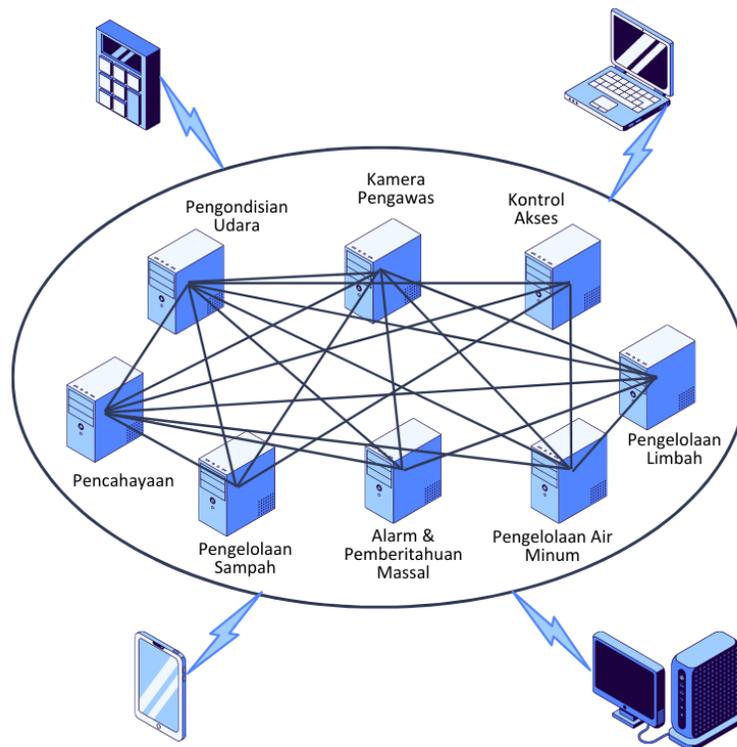
3. Integrasi Data dan Sistem

Semua sistem teknologi dalam BGC merupakan jaringan yang terdiri dari berbagai perangkat yang saling terhubung dengan perangkat kontrol atau server untuk memantau, mengelola, atau menyediakan layanan sampai ke perangkat akhir.

Jaringan sistem terintegrasi memerlukan basis-data tunggal. Untuk mewujudkan sistem integrasi diperlukan suatu model standar jaringan terbuka (*open network standard*) yang dinamakan model OSI, sebagaimana diperlihatkan Gambar I.34. Model OSI terdiri dari tujuh lapis struktur jaringan, masing-masing lapis memiliki fungsi komunikasi yang dapat saling terhubung ke seluruh jaringan (Gambar I.35).



Gambar I.34. Model standar jaringan terbuka BGC.



Gambar I.35. Integrasi sistem dan interkoneksi antar-elemen dalam BGC.

Lapisan fisik menentukan komunikasi sinyal-sinyal listrik (atau cahaya jika menggunakan serat optik) dan sinyal-sinyal nirkabel di seluruh jaringan, yang menjamin setiap bit data ditransmisikan oleh sebuah alat diterima secara akurat oleh alat lain dalam jaringan yang sama.

Lapisan hubungan data mengambil bit data dan *frames*, dan menghasilkan paket-paket data untuk menjamin transmisi data yang andal. Lapisan ini terdiri dari dua sub-lapisan, yaitu:

- a. *Logical link control* (LLC): menjaga komunikasi antara dua perangkat dalam satu jaringan;
- b. *Media Access Control* (MAC): mengatur transmisi data antara dua perangkat. Kartu jaringan (*network card*) pada PC memiliki sebuah

alamat MAC yang unik untuk setiap perangkat pada sebuah jaringan lokal (*local area network*).

Lapisan jaringan mengatur lalu lintas paket data di seluruh jaringan, yang berkenaan dengan *addressing* dan metode mengirim data, seperti misalnya IP sementara lapisan *transport* bertanggung jawab untuk mengirimkan data yang andal seperti misalnya TCP.

Lapisan sesi bersama lapisan presentasi, mengelola dialog antara aplikasi pengguna akhir, kemudian memformat dan mengirim data ke lapisan aplikasi. Lapisan sesi menetapkan, mengelola, dan mengakhiri koneksi antara aplikasi lokal dan jarak jauh

Lapisan presentasi menetapkan kerangka kerja data antara entitas-entitas pada lapisan aplikasi dan menerjemahkan representasi data dalam aplikasi ke format jaringan dan sebaliknya. Sedangkan, lapisan aplikasi berinteraksi langsung dengan pengguna akhir.

4. Kemampuan Sistem

Kesanggupan sistem elemen BGC dalam memenuhi parameter, kriteria, dan indikator kinerja yang ditetapkan. Sistem elemen BGC dalam menerapkan prinsip-prinsip BGC dapat disesuaikan dengan fungsi dan klas Bangunan Gedung yang tersusun dalam matriks implementasi elemen BGC.

MENTERI PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT REPUBLIK INDONESIA,

ttd

M. BASUKI HADIMULJONO

Salinan sesuai dengan aslinya

KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN
PERUMAHAN RAKYAT
Plt. Kepala Biro Hukum,



Mardi Parnowiyoto, S.H.
NIP. 196605112003121002