Otorita Ibu Kota Nusantara

Pedoman Bangunan Cerdas Nusantara

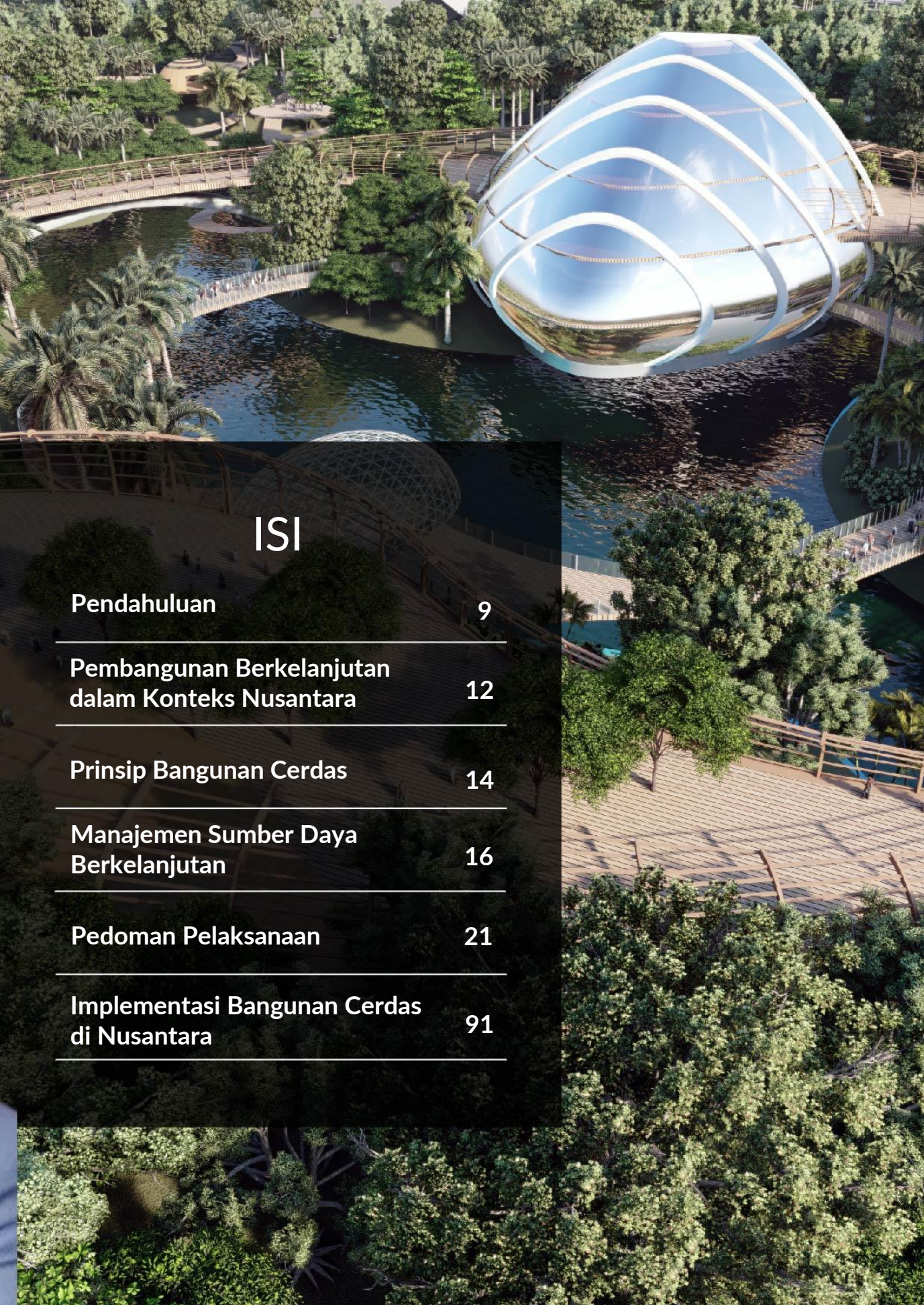
Transformasi Hijau dan Digital
Otorita Ibu Kota Nusantara

Otorita Ibu Kota
Nusantara

SURAT EDARAN
KEPALA OTORITA IBU KOTA NUSANTARA
NOMOR : 009/SE/Kepala-Otorita IKN/VIII/2023

TENTANG
PEDOMAN PEMBANGUNAN BANGUNAN CERDAS DI IBU KOTA NUSANTARA

LAMPIRAN
PEDOMAN BANGUNAN CERDAS NUSANTARA



ISI

Pendahuluan	9
Pembangunan Berkelanjutan dalam Konteks Nusantara	12
Prinsip Bangunan Cerdas	14
Manajemen Sumber Daya Berkelanjutan	16
Pedoman Pelaksanaan	21
Implementasi Bangunan Cerdas di Nusantara	91

PEDOMAN BANGUNAN CERDAS NUSANTARA

Transformasi Hijau dan Digital

Hak Cipta ©2023
Transformasi Hijau dan Digital
Otorita Ibu Kota Nusantara
Lantai 17 Menara Mandiri 2, Senayan
Kebayoran Baru, Jakarta Selatan
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12190

Editor
Ir. Bambang Susantono, MCP., MSCE., Ph.D.
Kepala Otorita Ibu Kota Nusantara
Prof. Mohammed Ali Berawi, M.Eng.Sc., Ph.D.
Deputi Bidang Transformasi Hijau dan Digital

Penulis
Prof. Mohammed Ali Berawi, M.Eng.Sc., Ph.D.
Prof. Yandi Andri Yatmo, M.Arch., Ph.D.
Dr. Mustika Sari, S.Ars., M.T.
Sylvia Putri Larasati, S.T.
Evan Roberts, S.T.

Partner
Kelompok Kerja Transformasi Hijau dan Digital

Tata Letak
Sylvia Putri Larasati, S.T.

Ilustrasi
Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat

Buku panduan ini merupakan hasil karya produksi *in-house* Kedeputian Transformasi Hijau dan Digital Otorita Ibu Kota Nusantara, yang merupakan akumulasi pembelajaran dan penelitian yang telah dilaksanakan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir oleh tim penulis di Universitas Indonesia. Sebelum buku panduan bangunan cerdas diterbitkan, telah dilakukan *Focus Group Discussion* yang diadakan di Hotel Le Meridien Jakarta pada tanggal 9-10 Juni 2023 dan melibatkan lebih dari 50 institusi yang berasal dari berbagai lintas kementerian terkait antara Kementerian Kesehatan, Kementerian Komunikasi dan Informatika, Kementerian Perhubungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Kementerian Keuangan, Kementerian Energi dan SDM, para akademisi dari 9 universitas, para praktisi dan perusahaan konstruksi dan penyedia teknologi dari dalam dan luar negeri.

KATA PENGANTAR

Mengembangkan kota dan infrastrukturnya bisa dibilang salah satu pendorong utama pertumbuhan ekonomi. Pembangunan kota baru dapat membentuk tulang punggung ekonomi, karena mereka memberikan manfaat sosial dan ekonomi bagi masyarakat. Peran ekonomi dan signifikansi pembangunan kota harus mempertimbangkan dimensi lain dari pembangunan berkelanjutan, terutama aspek lingkungannya. Dengan demikian, pengembangan kota-kota modern memungkinkan keunggulan kompetitif dalam ekonomi global dan berkontribusi pada pertumbuhan ekonomi dan sosial suatu negara.

Ibu Kota Nusantara akan direncanakan sebagai ruang terbuka hijau di mana 65% adalah kawasan lindung dan 10% untuk produksi pangan dan sisanya, area pengembangan akan terdiri dari berbagai zona mixed-use dan lingkungan. Selain itu, Nusantara akan dimanfaatkan sebagai sumber energi bersih dan mobilisasi di Nusantara akan sangat dicapai dengan transportasi umum.

Penciptaan kota baru membutuhkan persiapan yang matang dalam hal perencanaan dan pelaksanaan proyek. Kerangka teknis, keuangan, dan tata kelola yang baik perlu ada sebelum pembangunan kota baru dapat dilakukan. Menerapkan tata kelola pemerintahan yang baik dan prudent dalam proses pembangunan merupakan salah satu faktor penting dalam pembangunan mega proyek ibu kota baru. Berdasarkan peraturan presiden tentang rencana induk Nusantara, kami kemudian mengembangkan rencana yang lebih rinci seperti yang ditunjukkan dalam pedoman ini.

Pengembangan kota cerdas bertujuan untuk menghasilkan kota yang tangguh dan berkelanjutan dengan menghasilkan layanan kota yang lebih baik, mulai dari peningkatan transportasi, energi, dan sumber daya air hingga pembuangan limbah dan layanan kesehatan. Kota cerdas dapat meningkatkan kemampuan kota untuk menggunakan sumber daya alam secara efisien, membuat transportasi umum lebih menarik, dan selanjutnya menyediakan data kepada perencana dan pengambil keputusan untuk memungkinkan mereka mengalokasikan sumber daya dengan tepat. Dengan kata lain, konsep kota cerdas berkontribusi pada pembentukan lingkungan binaan berkualitas tinggi, sehat, dan regeneratif yang dimodelkan pada ekonomi sirkular dan memiliki dampak positif secara keseluruhan terhadap lingkungan.

Pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi memainkan peran penting dalam mencapai pembangunan berkelanjutan dengan meningkatkan efisiensi dan efektivitas cara baru dan lebih tahan lama dalam membangun dan hidup. Investasi dalam teknologi hijau, proses yang lebih ramping dan bertarget, bahan yang lebih aman, dan peningkatan kinerja dan hasil adalah beberapa hasil dari pengembangan tersebut. Kemajuan teknologi dalam memanfaatkan sumber daya energi terbarukan, membangun sistem air perkotaan dan infrastruktur publik yang berkelanjutan, dan memproduksi bahan dan produk ramah lingkungan adalah salah satu jalur di mana teknologi akan secara signifikan berkontribusi pada pengembangan kota cerdas baru yang berkelanjutan.

Bambang Susantono
Kepala Otorita Ibu Kota Nusantara

KATA PENGANTAR

Seiring kemajuan teknologi dengan kecepatan yang belum pernah terjadi sebelumnya, bangunan kita berubah menjadi entitas cerdas dan terhubung yang mampu meningkatkan cara kita hidup, bekerja, dan berinteraksi dengan lingkungan kita. Konsep bangunan cerdas telah menerima banyak daya tarik dalam beberapa tahun terakhir karena bisnis dan pemerintah telah menyadari betapa revolusionernya bangunan mutakhir ini dapat membuat cara kita merencanakan, mengembangkan, menggunakan, dan memelihara lingkungan binaan kita.

Permintaan akan kenyamanan, efisiensi, dan keberlanjutan meningkat, dan bangunan cerdas muncul sebagai solusi yang kuat untuk mengatasi tantangan yang disebabkan oleh pasokan yang tidak memadai dari tuntutan ini. Dalam buku ini, kita masuk ke topik bangunan cerdas untuk menawarkan panduan menyeluruh yang mencakup terminologi, latar belakang, elemen, dan pendekatan teknologi yang digunakan dalam bangunan inovatif ini.

Kami mulai dengan mempelajari definisi bangunan cerdas, bergerak melampaui kata kunci untuk memahami elemen-elemen penting yang mengembangkan bangunan sebagai cerdas. Kami melihat berbagai aspek bangunan cerdas dan bagaimana mereka masuk ke dalam gambaran yang lebih besar dari kota cerdas, di mana konektivitas dan pengambilan keputusan berbasis data mengubah tampilan wilayah metropolitan.

Selanjutnya, kami mengeksplorasi komponen bangunan cerdas, mengungkapkan elemen penting yang berfungsi sebagai fondasi struktur cerdas ini. Dari sensor dan kontrol canggih hingga sistem hemat energi, kami mengeksplorasi cara kerja bagian dalam bangunan cerdas, menekankan bagaimana komponen ini bekerja untuk memaksimalkan kinerja bangunan, meningkatkan pengalaman pengguna, dan mengurangi dampak lingkungan.

Namun, yang benar-benar membedakan bangunan cerdas adalah solusi teknologi inovatif yang memungkinkan transformasi mereka. Dalam buku ini, kami menyajikan pemeriksaan mendalam tentang teknologi canggih yang mendorong pertumbuhan bangunan cerdas. Kami menyelidiki peran teknologi ini dalam memungkinkan bangunan dengan kecerdasan dan koneksi, mulai dari kecerdasan buatan dan *machine learning* (ML) hingga *Internet of Things* (IoT) dan analitik data besar.

Buku ini dihasilkan dari penelitian ekstensif, wawasan ahli, dan rekomendasi praktis untuk memandu pakar industri, pembuat kebijakan, dan pemangku kepentingan dalam menavigasi dunia bangunan cerdas yang menarik. Ini adalah sumber daya komprehensif yang dapat membantu arsitek, insinyur, manajer fasilitas, dan perencana kota memahami, mengembangkan, dan melaksanakan solusi bangunan cerdas yang berpusat pada pengguna, efisien, dan berkelanjutan.

"Panduan Bangunan Cerdas Nusantara" bertujuan untuk mendorong penerapan bangunan cerdas yang berkontribusi pada pertumbuhan lingkungan binaan yang berkelanjutan dan cerdas. Saya harap Anda dapat bergabung dengan kami dalam perjalanan transformatif ini saat kami mengungkap potensi bangunan cerdas dan membentuk masa depan kota-kota kita.

Mohammed Ali Berawi
Deputi Bidang Transformasi Hijau dan Digital
Otorita Ibu Kota Nusantara

Ringkasan Eksekutif

Kota Cerdas adalah pendekatan yang memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, pengelolaan data perkotaan, dan teknologi digital untuk merencanakan dan mengelola fungsi inti perkotaan secara efisien, inovatif, inklusif, dan tangguh. Berdasarkan prioritas teknologi, bangunan cerdas merupakan elemen yang diharapkan dapat hadir di awal Ibu Kota Nusantara. Oleh karena itu, pedoman ini ditetapkan sebagai standar perencanaan bangunan cerdas di wilayah Nusantara. Dengan penerapan fitur-fitur dalam pedoman ini, diharapkan seluruh bangunan gedung di Nusantara dapat mencapai tujuan kinerjanya secara optimal. Penerapan bangunan cerdas merupakan salah satu pendukung visi Ibu Kota Nusantara yaitu 'Kota Dunia untuk Semua' melalui pembangunan berkelanjutan di sektor **energi, air, limbah, lingkungan & keanekaragaman hayati, ekonomi, pariwisata, keamanan, dan teknologi**. Bangunan cerdas memiliki 6 prinsip yaitu **Otomatisasi, Multi-Fungsi, Adaptabilitas, Interaktivitas, Inklusivitas, dan Efisiensi**. Bangunan cerdas dilengkapi dengan berbagai fitur yang memungkinkan efisiensi energi, kenyamanan, dan keamanan yang lebih besar. Setiap fitur dalam bangunan cerdas harus memenuhi persyaratan dan spesifikasi fungsional berikut.

PERSYARATAN DASAR • Sistem Manajemen Gedung Terpadu • Ruang Kontrol dan Pusat Data • *Fiber-to-the-Room* (FTTR) • *Digital Twin*	**SISTEM KOMUNIKASI** • Sistem Interkom • Papan Digital & Audio Visual
SISTEM SUMBER DAYA • Pengelolaan Air Cerdas • Dispenser Air Minum Cerdas • Saluran Sampah Cerdas • Tempat Sampah Cerdas • Toilet Cerdas	**SISTEM KEAMANAN** • Pengawasan Video Cerdas • Sistem Penguncian Cerdas • Gerbang Virtual • Pemantauan Hunian
SISTEM KONTROL AKSES • Kontrol Akses Tanpa Sentuh • Manajemen Pengunjung	**SISTEM PENCAHAYAAN** • Sistem Pencahayaan Cerdas
SISTEM ENERGI • Pembaca Meter Otomatis • Pembaca Sub-meter Otomatis • Penyeimbangan Beban Listrik • Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum	**SISTEM MOBILITAS** • Eskalator Cerdas dan Auto Walk • Elevator Cerdas • Sistem Parkir Cerdas
SISTEM KESELAMATAN • Sistem Tanggap Bencana Aktif • Sistem Pemadam Kebakaran Cerdas • Tombol Darurat • Pemeliharaan Perangkat Keselamatan Kebakaran • Perlindungan Bahaya Hewan	**SISTEM HVAC** • Pemantauan Kualitas Udara • Sistem Pendingin Udara • Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter • Demand Controlled Ventilation • Sistem Deteksi Iklim

Tabel 1. Matriks Integrasi Sistem

SISTEM	Kontrol Akses	Komunikasi	Energi	HVAC	Pencahyaan	Mobilitas	Sumber Daya	Keselamatan	Keamanan
Kontrol Akses		☑	☐	☑	☑	☑	☑	☐	☑
Komunikasi	☑		☐	☑	☐	☑	☐	☑	☑
Energi	☐	☐		☑	☑	☑	☑	☐	☑
HVAC	☑	☑	☑		☐	☑	☑	☑	☑
Pencahyaan	☑	☐	☑	☐		☑	☑	☑	☑
Mobilitas	☑	☑	☑	☑	☑		☐	☐	☑
Sumber Daya	☑	☐	☑	☑	☑	☐		☐	☑
Keselamatan	☐	☑	☐	☑	☑	☐	☐		☑
Keamanan	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	☑	

Tabel di atas menunjukkan integrasi antar sistem dalam bangunan cerdas. Integrasi antar sistem pada bangunan cerdas harus dilakukan secara hati-hati dan terencana dengan mempertimbangkan kebutuhan dan tujuan penggunaan bangunan, yaitu efisiensi energi, peningkatan produktivitas, peningkatan kenyamanan dan keamanan penghuni.

Implementasi bangunan cerdas di Nusantara terdiri dari beberapa tahapan untuk memastikan pencapaian target kinerja, mulai dari perencanaan dan desain gedung, review kinerja, implementasi sistem, dan evaluasi kinerja.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2022 tentang Ibu Kota Negara telah menetapkan bahwa ibu kota negara Indonesia akan pindah dari Jakarta ke Nusantara yang terletak di Kalimantan Timur. Rencana pembangunan Ibu Kota Nusantara dituangkan dalam Peraturan Presiden Nomor 63 Tahun 2022 tentang Perincian Rencana Induk Ibu Kota Nusantara (Perpres 63/2022). Peraturan tersebut menjelaskan bahwa prinsip dasar pengembangan kawasan ibu kota menggabungkan tiga konsep pembangunan perkotaan, yaitu kota hutan, kota spons, dan kota cerdas.

Kota cerdas adalah pendekatan yang memanfaatkan kemajuan teknologi informasi dan komunikasi, pengelolaan data perkotaan, dan teknologi digital untuk merencanakan dan mengelola fungsi inti perkotaan secara efisien, inovatif, inklusif, dan tangguh. Berdasarkan prioritas teknologi, bangunan cerdas merupakan elemen yang diharapkan dapat hadir di awal pengembangan Ibu Kota Nusantara. Ditambah lagi, Presiden Jokowi telah menekankan bahwa upacara bendera akan diadakan pada Hari Kemerdekaan Indonesia tahun 2024 dengan ekosistem kota yang lengkap, termasuk gedung perkantoran dan perumahan tentunya. Jadi, desain bangunan yang mencakup fitur cerdas penting dari tahap perencanaan.

Penerapan bangunan cerdas sudah dimulai di Indonesia, seperti sistem parkir dengan sensor, pengawasan dengan CCTV, sistem pencahayaan otomatis, dan lain-lain. Namun, pengertian konsep bangunan cerdas masih berbeda antara satu gedung dengan gedung lainnya. Di Indonesia, belum ada kebijakan atau standar yang secara khusus menjelaskan bangunan cerdas. Oleh karena itu, pedoman ini dirumuskan sebagai standar perencanaan bangunan cerdas di wilayah Ibu Kota Nusantara. Dengan penerapan fitur-fitur dalam pedoman ini, diharapkan seluruh bangunan gedung di Nusantara dapat mencapai tujuan kinerjanya secara optimal.

1.2 Batasan Pedoman

- Pedoman ini hanya mengatur desain bangunan gedung.
- Pedoman ini tidak berlaku secara universal, karena tergantung pada kondisi, fungsi, dan lokasi tertentu. Ini bukan pengganti perhitungan dan pemodelan yang akurat oleh tim desain.
- Efektivitas metode desain dan sistem yang diuraikan dalam panduan ini akan ditentukan oleh desain, implementasi, dan pengoperasian sistem yang relevan.

1.3 Mengapa Bangunan Cerdas?

Menurut data IEA tahun 2021, operasional bangunan menyumbang 30% dari konsumsi energi final global dan 27% dari total emisi sektor energi [28]. Oleh karena itu, sektor bangunan memiliki peran penting dalam menanggapi keadaan darurat iklim. Para insinyur di dunia konstruksi mulai membuat konsep bangunan yang lebih ramah lingkungan seperti bangunan hijau dan bangunan berkelanjutan.

Banyak penelitian telah membuktikan bahwa kondisi bangunan sangat mempengaruhi produktivitas orang-orang yang berada di dalamnya. Kualitas lingkungan dalam ruangan, seperti kondisi udara dan pencahayaan, dapat memengaruhi kesehatan dan kenyamanan manusia. Oleh karena itu, kondisi penghuni bangunan juga mulai menjadi perhatian utama dalam desain bangunan[29].

Pedoman bangunan cerdas ini dikembangkan untuk mempromosikan praktik bangunan di Nusantara yang mempertimbangkan, tidak hanya dampak bangunan terhadap lingkungan, tetapi juga pada kesejahteraan penghuninya dengan bantuan teknologi terbaru.

Penerapan konsep bangunan cerdas menawarkan banyak manfaat, di antaranya:

- Mengoptimalkan penggunaan energi dan meminimalkan pemborosan energi, sehingga mengurangi biaya operasional dan membantu melindungi lingkungan.
- Meningkatkan kesehatan dan kenyamanan penghuni gedung melalui pemantauan dan pengaturan kualitas udara dalam ruang
- Meningkatkan keamanan dan keselamatan penghuni gedung dengan adanya sistem pemantauan CCTV, sensor kebakaran, dan sistem alarm.
- Mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan bangunan cerdas dengan penggunaan teknologi yang tepat.
- Mengurangi kemacetan lalu lintas dan meningkatkan efisiensi transportasi, dengan adanya integrasi dari bangunan cerdas ke sistem lain, seperti transportasi umum dan infrastruktur perkotaan.
- Meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan penghuni gedung dengan menyediakan lingkungan yang lebih baik untuk bekerja atau tinggal.
- Memberikan pengalaman pengguna yang lebih baik dan efisien dalam penggunaan fasilitas dan layanan gedung.

1.4 Apakah Bangunan Cerdas Lebih Mahal?

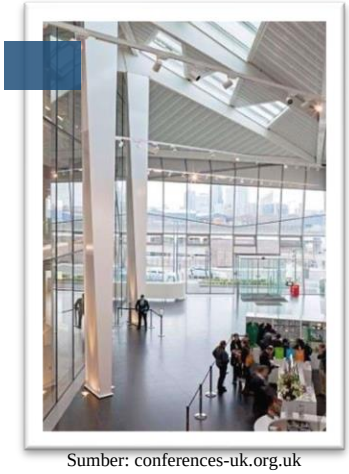
Persepsi bahwa bangunan cerdas harganya lebih mahal daripada bangunan konvensional belum tentu benar. Biaya awal penerapan teknologi untuk bangunan cerdas memang dapat meningkatkan biaya bangunan hingga 25%. Namun, dengan penerapan teknologi tersebut, biaya operasional bangunan dapat menurun hingga 38% [8]. Selain itu, masih banyak manfaat finansial lainnya yang datang dari penerapan konsep bangunan cerdas seperti meningkatkan produktivitas penghuni, meningkatkan nilai aset bangunan, dan mengurangi biaya pajak karbon.

1.5 Kasus Studi Bangunan Cerdas

JTC Summit, Singapura

JTC Summit adalah gedung perkantoran cerdas di distrik Jurong Lake, Singapura. Bangunan 31 lantai ini menggabungkan sekitar 60.000 jaringan sensor untuk mengumpulkan berbagai data sistem bangunan. Dengan menggunakan platform digital terbuka, mereka dapat menggabungkan berbagai teknologi, seperti energi cerdas, manajemen gedung, dan layanan pengiriman robot, ke dalam satu platform. Pemilik gedung dapat melihat data secara virtual melalui *digital twin* gedung untuk membantu mereka dalam pengambilan keputusan mengenai penggunaan energi, kerusakan sistem, membuka kunci gerbang dari jarak jauh secara real time. Selain itu, gedung ini dilengkapi dengan robot yang mampu mengirimkan paket, mendeteksi masalah pemeliharaan, dan melakukan patroli keamanan di seluruh koridornya [40].

Sumber: streetdirectory.com



Sumber: conferences-uk.org.uk

The Crystal, London

The Crystal adalah pusat pengembangan perkotaan berkelanjutan di London yang dianggap sebagai salah satu bangunan paling berkelanjutan di dunia. Bangunan ini dibuka pada tahun 2012 dan dirancang oleh Siemens sebagai sebuah karya untuk teknologi berkelanjutan dan perencanaan kota. Bangunan ini dirancang untuk menjadi sangat hemat energi, dengan fitur-fitur seperti jendela berlapis tiga (*triple-glazed windows*), amplop bangunan berkinerja tinggi, dan array surya di atap yang menghasilkan listrik. Sistem kontrol cerdasnya mengelola penggunaan energi melalui sistem manajemen gedung dan energi terintegrasi yang melacak dan menganalisis penggunaan energi secara waktu nyata [27].

The Edge, Amsterdam

The Edge terletak di distrik bisnis Zuidas Amsterdam, Belanda, yang selesai dibangun pada tahun 2015. Bangunan dirancang oleh firma arsitektur PLP Architecture dan dibangun oleh OVG Real Estate. Bangunan ini dilengkapi dengan lebih dari 28.000 sensor untuk memantau pencahayaan, suhu, kelembaban, dan faktor lainnya, menghasilkan pengurangan 70% dalam konsumsi energi. Sejumlah besar energinya disediakan oleh lebih dari 4.000 panel surya di atap bangunan. Gedung ini dilengkapi dengan sistem kontrol iklim dalam ruangan, sistem pencahayaan cerdas, dan sistem parkir cerdas. Bangunan mengumpulkan data pada beberapa metrik dan menganalisisnya untuk membuat keputusan berdasarkan informasi tentang operasi dan manajemen bangunan [2].

Sumber: urbanland.uli.org

2. Pembangunan Berkelanjutan Dalam Konteks Nusantara

Salah satu tujuan utama Nusantara dalam mencapai visi 'Kota Dunia untuk Semua' adalah mengembangkan kota berkelanjutan berkelas dunia. Nusantara dirancang untuk menjadi pelopor dalam kota berkelanjutan dan diharapkan dapat menjadi panutan bagi daerah lain di Indonesia. Rencana induk Ibu Kota Nusantara, sebagaimana tertuang dalam Peraturan Presiden No. 63 Tahun 2022, menggambarkan pembangunan berkelanjutan sebagai berikut.

2.1 Energi

Seluruh infrastruktur energi secara bertahap diarahkan untuk menggunakan 100 persen energi terbarukan pada tahun 2045 di seluruh wilayah Ibu Kota Nusantara. Sumber energi terbarukan dihasilkan melalui pembangkit listrik tenaga air, ladang surya, panel surya atap, panel surya terapung, bioenergi, dan potensi lainnya seperti hidrogen hijau.

Khusus di bidang infrastruktur bangunan, *Key Performance Index* (KPI) di 4.2 dengan topik rendah emisi karbon untuk Ibu Kota Nusantara adalah penghematan energi 60% untuk konservasi energi pada bangunan. Di sektor transportasi, penggunaan kendaraan listrik dan pembangunan infrastruktur pendukung juga menjadi bagian dari strategi pengembangan energi terbarukan di kawasan Ibu Kota Nusantara sebagai bagian dari upaya pencapaian target *Net Zero Emission*.

2.2 Air

Konsep kota spons diterapkan di Ibu Kota Nusantara, sebagaimana tertuang dalam rencana induk (bagian 3.1.2.2), untuk memulihkan dan mempertahankan siklus alami air yang berubah akibat perubahan fungsi dan tutupan lahan. Konsep kota spons diimplementasikan secara terpadu pada skala terkecil hingga perkotaan pemukiman untuk memperlambat dan menahan aliran air, memanen air hujan, dan meningkatkan penyerapan air hujan ke dalam tanah.

Bangunan di Nusantara berkonsep tahan banjir dengan menggunakan fitur retensi air hujan di tempat, permukaan berpori, dan atap hijau untuk menahan dan menyaring air sebelum dibuang. Teknologi juga memainkan peran penting dalam pengelolaan air berkelanjutan pada skala kota atau bangunan.

2.3 Sampah

KPI Nusantara pada poin 5 dengan topik sirkular dan tangguh untuk sektor persampahan adalah 60% daur ulang limbah padat pada tahun 2045 pada sub poin 2 (5.2) dan 100% air limbah akan diolah melalui sistem pengolahan pada tahun 2035 pada sub poin 3 (5.3). Kedua target tersebut dicapai dengan pembangunan sarana dan prasarana serta pengelolaan sistem pengelolaan sampah dan air limbah terpadu dari hulu ke hilir dengan menerapkan prinsip sirkular.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

2.4 Lingkungan & Keanekaragaman Hayati

Konsep pembangunan Nusantara sebagai kota hutan adalah solusi berbasis alam. Konsep kota hutan merupakan realisasi dari konsep kota berkelanjutan dengan menjaga, mengelola, dan memulihkan ekosistem hutan untuk mengantisipasi berbagai perubahan sosial dan lingkungan. Penerapan kota hutan memiliki keunggulan dalam aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan, yang meliputi peningkatan keanekaragaman hayati, menjaga kualitas air dan udara, serta mengatasi perubahan iklim.

2.5 Ekonomi

Mengacu pada Peraturan Presiden Nomor 63 Tahun 2022 (rencana induk Nusantara) di mana kota cerdas bertujuan untuk menjadi Superhub Ekonomi. Guna mencapai proyeksi PDB sebesar 13900 – 14700 per kapita pada tahun 2045 untuk kota cerdas, salah satu persyaratannya adalah penerapan bangunan cerdas untuk mendukung 6 komponen dari 6 klaster industri dan 2 penggerak (*enabler*). Secara ekonomi, pengembangan bangunan cerdas akan jauh lebih efektif dibandingkan dengan bangunan konvensional. Pengurangan biaya dapat dicapai hingga 50% dan bahkan lebih tergantung pada PEB (*Pre-Engineered Buildings*) dan BEC (*Business Environment and Concepts*) yang diinginkan. Selain itu, pemeliharaan akan lebih efisien, ditambah dengan konektivitas yang terjamin antar bangunan cerdas, yang akan mempercepat sirkulasi ekonomi.

2.6 Pariwisata

Mengacu pada Peraturan Presiden Nomor 63 Tahun 2022 bagian 3.2.2.5, pengembangan ekowisata di Ibu Kota Nusantara berpusat pada lingkungan alam dan/atau budaya tradisional. Konsep ekowisata bertujuan untuk meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan alam dan sosial budaya. Nusantara dapat menjadi destinasi unik melalui pengembangan identitas ekowisata berkelanjutan yang memenuhi kriteria ekologi, sosial budaya, dan ekonomi. KPI Nusantara pada poin 5 dengan topik sirkular dan tangguh untuk sektor persampahan adalah 60% daur ulang limbah padat pada tahun 2045 pada sub poin 2 (5.2) dan 100% air limbah akan diolah melalui sistem pengolahan pada tahun 2035 pada sub poin 3 (5.3). Kedua target tersebut dicapai dengan pembangunan sarana dan prasarana serta pengelolaan sistem pengelolaan sampah dan air limbah terpadu dari hulu ke hilir dengan menerapkan prinsip sirkular.

2.7 Teknologi

KPI Nusantara pada poin 7 dengan topik nyaman dan efisien dalam teknologi pada poin 2 (7.2) berisi 100% konektivitas digital dan teknologi, informasi, dan komunikasi untuk semua warga negara dan bisnis. Pemanfaatan kemajuan teknologi dalam pengembangan Nusantara diimplementasikan dalam konsep kota cerdas. Munculnya berbagai inovasi dalam meningkatkan kelestarian lingkungan dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat menjadi parameter keberhasilan implementasi konsep ini. Dalam aspek berkelanjutan, teknologi memiliki manfaat kualitas lingkungan yang lebih baik dengan mengurangi emisi gas rumah kaca, pemborosan air, dan timbulan limbah. Konsep kota cerdas di Wilayah Ibu Kota Nusantara dikategorikan ke dalam 6 (enam) domain, yaitu tata kelola, sumber daya alam dan energi, kehidupan, transportasi dan mobilitas, industri dan sumber daya manusia, serta lingkungan dan infrastruktur binaan.

3. Prinsip Bangunan Cerdas

3.1 Otomatisasi

Bangunan cerdas harus dapat memanfaatkan teknologi canggih untuk tujuan mengelola dan meningkatkan sistem bangunan. Integrasi berbagai sistem bangunan, bersama dengan pemantauan kondisi bangunan melalui sensor, dan penggunaan otomatisasi dan analitik data adalah prinsip utama otomatisasi bangunan cerdas. Dengan mengotomatisasi dan memusatkan manajemen gedung, otomatisasi bangunan cerdas dapat menyebabkan penggunaan energi yang lebih rendah, peningkatan efisiensi, dan pengalaman pengguna yang ditingkatkan [13].

3.2 Multi-fungsi

Bangunan cerdas harus dapat melayani berbagai tujuan dan beradaptasi dengan perubahan kebutuhan pengguna. Prinsip ini melibatkan integrasi berbagai sistem dan teknologi bangunan seperti pemanas, ventilasi, dan pendingin udara, pencahayaan, dan keamanan untuk menciptakan lingkungan bangunan yang serbaguna dan mudah beradaptasi. Tujuan utama multifungsi bangunan cerdas adalah untuk mengoptimalkan penggunaan ruang dan sumber daya bangunan, meminimalkan biaya, dan meningkatkan kepuasan pengguna. Dengan merancang bangunan yang dapat melakukan banyak fungsi dan memenuhi berbagai kebutuhan pengguna, multifungsi bangunan cerdas dapat meningkatkan keberlanjutan dan nilai bangunan [45].

3.3 Adaptabilitas

Bangunan cerdas harus dapat mempelajari, memprediksi, dan memenuhi kebutuhan pengguna dan tekanan dari lingkungan eksternal. Integrasi antara berbagai aspek dalam bangunan mengumpulkan informasi secara internal dan eksternal dari berbagai sumber. Bangunan cerdas memanfaatkan informasi ini untuk mempersiapkan bangunan untuk peristiwa tertentu sebelum peristiwa itu terjadi. Misalnya, sensor dan kontrol cerdas dalam sistem pendingin udara dapat digunakan untuk mendeteksi dan merespons perubahan kualitas udara dan faktor lingkungan lainnya. Bangunan cerdas harus dapat menyesuaikan operasi dan bentuk fisiknya untuk keadaan-keadaan ini untuk meningkatkan efisiensi energi, kenyamanan dan produktivitas penghuni [9].

3.4 Interaktivitas

Sistem dalam bangunan cerdas harus dapat berinteraksi dan berkomunikasi satu sama lain serta dengan penghuni gedung. Sensor canggih dan sistem kontrol yang dapat mendeteksi perubahan hunian, suhu, pencahayaan, dan aspek lainnya dapat digunakan untuk menciptakan interaktivitas. Ini memungkinkan komunikasi waktu nyata antara bangunan cerdas dan penghuninya. Bangunan cerdas, misalnya, dapat mengenali ketika sebuah ruangan kosong dan secara otomatis mematikan lampu. Penghuni gedung dapat memanfaatkan aplikasi smartphone sebagai platform komunikasi untuk memodifikasi pencahayaan, suhu, dan sistem lainnya sesuai kebutuhan. Dengan program respons permintaan, interaktivitas dapat meningkatkan keamanan dan keselamatan penghuni, kenyamanan dan produktivitas, serta efisiensi energi [33]. Sistem juga harus bersifat *open platform* sehingga terbuka akan pengembangan teknologi di masa depan.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

3.5 Efisiensi

Bangunan cerdas harus dapat meningkatkan energi, waktu, dan biaya dalam beberapa cara. Data waktu nyata dapat menginformasikan pengambilan keputusan, merampingkan operasi bangunan untuk membantu manajer gedung. Pemeliharaan prediktif melalui penggunaan sensor dan analisis data dapat mencegah masalah pemeliharaan besar dan selanjutnya menghemat waktu dan biaya perbaikan. Sistem otomatis juga dapat meningkatkan efisiensi dengan mengurangi waktu yang diperlukan untuk penyesuaian manual. Peningkatan produktivitas dan tingkat retensi, yang mengarah pada penghematan biaya, juga dapat dicapai dengan meningkatkan pengalaman penghuni melalui pengaturan yang dipersonalisasi. Hal ini dapat diterapkan pada semua sistem bangunan untuk, tidak hanya untuk meningkatkan efisiensi, tetapi juga menciptakan lingkungan yang lebih berkelanjutan dan nyaman bagi penghuni [12].

3.6 Inklusivitas

Merancang, membuat, dan mengoperasikan bangunan cerdas dengan cara yang inklusif, adil, dan dapat diakses oleh semua orang, terlepas dari keterampilan atau gangguan mereka, dikenal sebagai inklusivitas. Bangunan cerdas harus dapat diakses dan berguna oleh semua orang, tanpa memandang usia, ukuran, kemampuan, atau kondisi mereka. Hal ini memerlukan kepatuhan terhadap pedoman aksesibilitas, menawarkan teknologi inklusif, dan berinteraksi dengan lingkungan untuk mempelajari tentang persyaratan dan selera berbagai kelompok pengguna.

3.7 Bangunan Hijau

Prinsip bangunan hijau merupakan salah satu pondasi utama dalam perencanaan konsep bangunan cerdas. Peraturan mengenai bangunan hijau di Indonesia telah diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 21 Tahun 2021 tentang Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau. Prinsip-prinsipnya adalah:

- Pengelolaan Tapak
- Efisiensi penggunaan energi
- Efisiensi penggunaan air
- Kualitas udara dalam ruang
- Penggunaan material ramah lingkungan
- Pengelolaan sampah
- Pengelolaan air limbah

4. Manajemen Sumber Daya Berkelanjutan

4.1 Manajemen Energi

Manajemen energi merupakan elemen yang sangat penting untuk bangunan cerdas di Nusantara karena menggunakan teknologi modern untuk melakukan efisiensi & mengurangi konsumsi energi dan emisi karbon. Cara-cara sistem energi dapat dikelola secara berkelanjutan, di antaranya yaitu:

- **Sumber Energi Terbarukan**
  Integrasi sumber energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan sistem panas bumi dengan infrastruktur energi bangunan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi karbon. Hal ini tidak hanya membuat bangunan lebih berkelanjutan tetapi juga menghemat biaya dalam jangka panjang.

- **Sistem HVAC Hemat Energi**
  Sistem pemanas, ventilasi, dan pendingin udara (HVAC) adalah salah satu konsumen energi paling signifikan di sebuah gedung. Bangunan cerdas dapat menggunakan sistem HVAC hemat energi yang dirancang untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan mengurangi limbah. Misalnya, menggunakan termostat cerdas yang dapat menyesuaikan suhu berdasarkan hunian atau suhu luar dapat mengurangi konsumsi energi.

- **Sistem Pencahayaan yang Efisien**
  Bangunan cerdas dapat menerapkan sistem pencahayaan yang efisien yang menggunakan sensor gerak dan penanda waktu (*timer*) untuk mematikan lampu di area kosong. Hal ini membantu mengurangi konsumsi energi dan juga memperpanjang umur sistem pencahayaan.

- **Sistem Penyimpanan Energi**
  Sistem penyimpanan energi seperti baterai dapat menyimpan kelebihan energi yang dihasilkan oleh sumber energi terbarukan atau selama jam-jam tidak sibuk untuk digunakan nanti ketika permintaan energi tinggi. Hal ini membantu mengurangi permintaan energi jam sibuk dan juga memastikan pasokan energi yang andal dan berkelanjutan.

- **Sistem Manajemen Energi**
  Sistem manajemen energi dapat membantu memantau, mengelola, dan mengoptimalkan konsumsi energi bangunan cerdas. Sistem ini terintegrasi dengan berbagai sistem energi gedung dan memberikan wawasan dan rekomendasi berbasis data untuk mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi.

- **Pemantauan dan Analisis**
  Bangunan cerdas dapat menggabungkan sensor dan sistem pemantauan untuk mengumpulkan dan menganalisis data energi. Dengan menganalisis data ini, manajer gedung dapat mengidentifikasi area konsumsi energi tinggi dan mengoptimalkan konsumsi energi secara waktu nyata.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

4.2 Manajemen Udara

Sistem manajemen udara merupakan aspek penting untuk bangunan cerdas karena manusia di perkotaan umumnya menghabiskan 90% waktu mereka di dalam ruangan. Oleh karena itu, berikut adalah beberapa cara untuk mengelola sistem udara secara berkelanjutan di bangunan cerdas:

- **Sistem Ventilasi yang Efisien**
  Bangunan cerdas dapat menerapkan sistem ventilasi efisien yang dapat mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Sistem ventilasi dapat menggunakan sensor untuk mengontrol jumlah udara luar yang dibawa ke dalam gedung berdasarkan tingkat hunian. Ini memastikan bahwa sistem ventilasi hanya beroperasi bila diperlukan sehingga mengurangi konsumsi energi.

- **Pemantauan Kualitas Udara**
  Bangunan cerdas dapat menggunakan sensor untuk memantau kualitas udara dalam dan luar ruangan, termasuk kelembaban, suhu, karbon dioksida, dan senyawa organik volatil (VOC). Memantau dan menganalisis data ini dapat membantu mengidentifikasi sumber polusi udara dalam ruangan dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan kualitas udara.

- **Sistem Pemurnian Udara**
  Sistem pemurnian udara, seperti filter udara, dapat membantu menghilangkan polutan dan alergen dari udara, meningkatkan kualitas udara dalam ruangan. Sistem ini dapat diintegrasikan dengan sistem HVAC gedung untuk memastikan kualitas udara dan efisiensi energi yang optimal.

- **Perawatan dan pembersihan yang tepat**
  Perawatan rutin dan pembersihan sistem udara, termasuk sistem HVAC dan filter udara, dapat membantu meningkatkan kualitas udara dan mengurangi konsumsi energi. Filter dan saluran yang kotor dapat menghambat aliran udara, memaksa sistem HVAC bekerja lebih keras untuk mengalirkan udara, sehingga meningkatkan konsumsi energi.

4.3 Manajemen Air

Pengelolaan sumber daya berkelanjutan dari sistem air adalah aspek penting dari bangunan cerdas, karena membantu mengurangi konsumsi air, meminimalkan limbah air, dan melestarikan sumber daya alam. Jadi, berikut beberapa cara untuk menerapkan pengelolaan sumber daya berkelanjutan dalam sistem air di gedung cerdas:

- **Pengolahan Air Hujan**
  Penangkapan dan pengohalan air hujan sebagai salah satu sumber air dapat mengurangi dampak kesehatan dan lingkungan, mengurangi limpasan air dan keuntungan secara ekonomi bagi pengguna bangunan.

- **Daur Ulang Air**
  Grey water merupakan air limbah domestik yang berasal dari hasil kegiatan rumah tangga sehari-hari seperti mandi dan mencuci, tidak termasuk dari toilet (WC). *Grey water* dapat diolah dan didistribusikan kembali ke WC dan urinal untuk keperluan *flushing* dan keperluan irigasi.

- **Perlengkapan Peralatan Saniter yang Efisien**
  Bangunan cerdas dapat menggabungkan perlengkapan saniter hemat air seperti toilet aliran rendah, keran, dan pancuran. Perlengkapan ini dapat membantu mengurangi konsumsi air tanpa mengurangi kinerja.

- **Pemantauan dan Analisis Air**
  Bangunan cerdas dapat menggunakan sensor untuk memantau konsumsi air dan mengidentifikasi area dengan konsumsi tinggi. Dengan menganalisis data ini, manajer gedung dapat mengidentifikasi inefisiensi dan menerapkan tindakan korektif.

- **Sistem Deteksi Kebocoran**
  Bangunan cerdas dapat menggabungkan sistem deteksi kebocoran untuk mengidentifikasi dan mengatasi kebocoran secara waktu nyata. Sistem ini dapat menggunakan sensor untuk mendeteksi kebocoran dan memberi tahu manajer gedung sebelum menjadi masalah besar.

- **Sistem Irigasi Cerdas**
  Bangunan cerdas dapat menggunakan sensor dan data cuaca untuk mengoptimalkan sistem irigasi. Sistem ini dapat membantu mengurangi limbah air dan memastikan bahwa irigasi hanya terjadi jika diperlukan.

- **Perawatan dan Pembersihan yang Tepat**
  Perawatan rutin dan pembersihan sistem air, termasuk perlengkapan pipa dan sistem irigasi, dapat membantu meningkatkan efisiensi dan mengurangi limbah air. Perlengkapan kotor dan pipa tersumbat dapat menghambat aliran air, mengakibatkan peningkatan konsumsi air.

4.4 Ekonomi

Pengelolaan sumber daya berkelanjutan tidak hanya tentang konservasi lingkungan, tetapi juga mencakup keberlanjutan ekonomi. Bangunan cerdas dapat menerapkan berbagai strategi untuk mencapai keberlanjutan ekonomi sekaligus mempromosikan pelestarian lingkungan.

- **Efisiensi Energi**
  Bangunan cerdas dapat menerapkan strategi hemat energi seperti menggunakan sistem HVAC yang efisien, sistem pencahayaan, dan peralatan. Hal ini dapat membantu mengurangi konsumsi energi, yang dapat menghemat biaya secara signifikan dalam jangka panjang.

- **Energi Terbarukan**
  Bangunan cerdas dapat menggabungkan sistem energi terbarukan seperti panel surya, turbin angin, dan sistem panas bumi. Ini dapat membantu mengurangi biaya energi, dan dalam beberapa kasus, menghasilkan pendapatan dengan menjual kelebihan energi kembali ke jaringan.

- **Program Respons Permintaan**
  Bangunan cerdas dapat berpartisipasi dalam program respons permintaan yang mendorong pengurangan energi selama periode permintaan puncak. Ini dapat membantu mengurangi biaya energi dengan menghindari biaya permintaan tinggi.

- **Pengukuran Cerdas**
  Bangunan cerdas dapat memasang sistem pengukuran cerdas yang dapat melacak konsumsi energi dan air secara waktu nyata. Ini dapat membantu mengidentifikasi area konsumsi tinggi, mengoptimalkan penggunaan energi, dan meminimalkan biaya.

- **Sistem Otomasi Bangunan**
  Bangunan cerdas dapat menggabungkan sistem otomasi bangunan yang dapat memantau dan mengendalikan sistem bangunan seperti HVAC, pencahayaan, dan sistem keamanan. Hal ini dapat membantu mengoptimalkan penggunaan energi, mengurangi biaya, dan meningkatkan kenyamanan penghuni.

- **Analisis Biaya Siklus Hidup**
  Bangunan cerdas dapat menggunakan analisis biaya siklus hidup untuk mengevaluasi efektivitas biaya dari berbagai langkah keberlanjutan. Hal ini dapat membantu memprioritaskan investasi yang memberikan manfaat ekonomi jangka panjang terbesar.

4.5 Teknologi

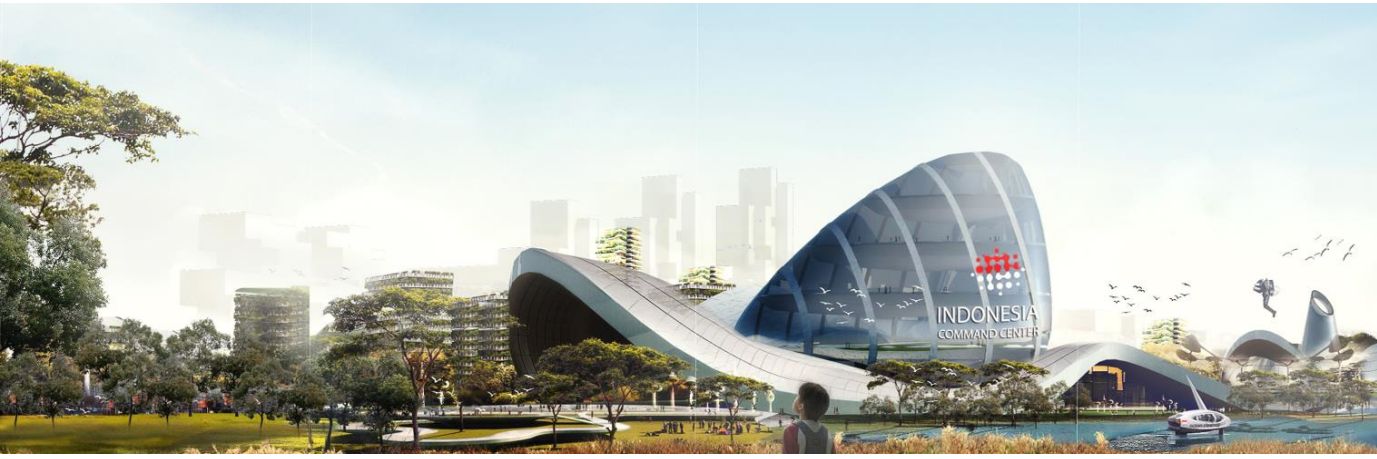
Manajemen sumber daya berkelanjutan dalam sistem teknologi bangunan cerdas melibatkan penerapan teknologi yang efisien dan efektif yang mengurangi konsumsi energi dan sumber daya, meminimalkan limbah, dan mempromosikan keberlanjutan. Berikut beberapa cara penerapan teknologi dalam bangunan cerdas pengelolaan sumber daya berkelanjutan di Ibu Kota Nusantara:

- **Virtualisasi dan *Cloud Computing***
  Virtualisasi dan *cloud computing* dapat membantu mengurangi kebutuhan akan infrastruktur dan peralatan fisik, yang mengarah pada pengurangan penggunaan energi, limbah, dan biaya.

- **Pemantauan dan Analisis Cerdas**
  Sistem pemantauan dan analitik cerdas dapat membantu mengoptimalkan penggunaan energi dan mengidentifikasi area limbah dan inefisiensi dalam sistem teknologi. Hal ini dapat membantu mengurangi pemborosan energi dan mempromosikan keberlanjutan dalam pengoperasian sistem teknologi bangunan.

- **Otomasi Pengambilan Keputusan**
  Pengambilan keputusan secara otomatis dalam bangunan cerdas melibatkan penggunaan sensor dan analisis data untuk membuat keputusan waktu nyata tentang pengoperasian berbagai sistem bangunan. Dengan menggunakan pengambilan keputusan otomatisasi di gedung cerdas, misalnya pembelajaran mesin dan kecerdasan buatan, bisnis dan organisasi dapat mengurangi dampak lingkungan mereka sambil juga meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya. Namun, penting untuk memastikan bahwa sistem ini dirancang dan diimplementasikan dengan cara yang berkelanjutan dan bertanggung jawab.

Dengan menerapkan strategi ini, bangunan cerdas dapat mempromosikan manajemen sumber daya berkelanjutan dalam sistem teknologi, mengurangi dampak lingkungan dari bangunan, dan meningkatkan keberlanjutan keseluruhan sistem teknologi. Penting untuk mempertimbangkan keberlanjutan sebagai bagian dari strategi teknologi secara keseluruhan dan mempromosikan praktik berkelanjutan di seluruh siklus hidup sistem teknologi bangunan.



5. Pedoman Pelaksanaan

Bangunan cerdas dilengkapi dengan berbagai fitur yang memungkinkan efisiensi energi, kenyamanan, dan keamanan yang lebih besar. Setiap fitur dalam bangunan cerdas harus memenuhi persyaratan dan spesifikasi fungsional berikut.

5.1 Persyaratan Dasar

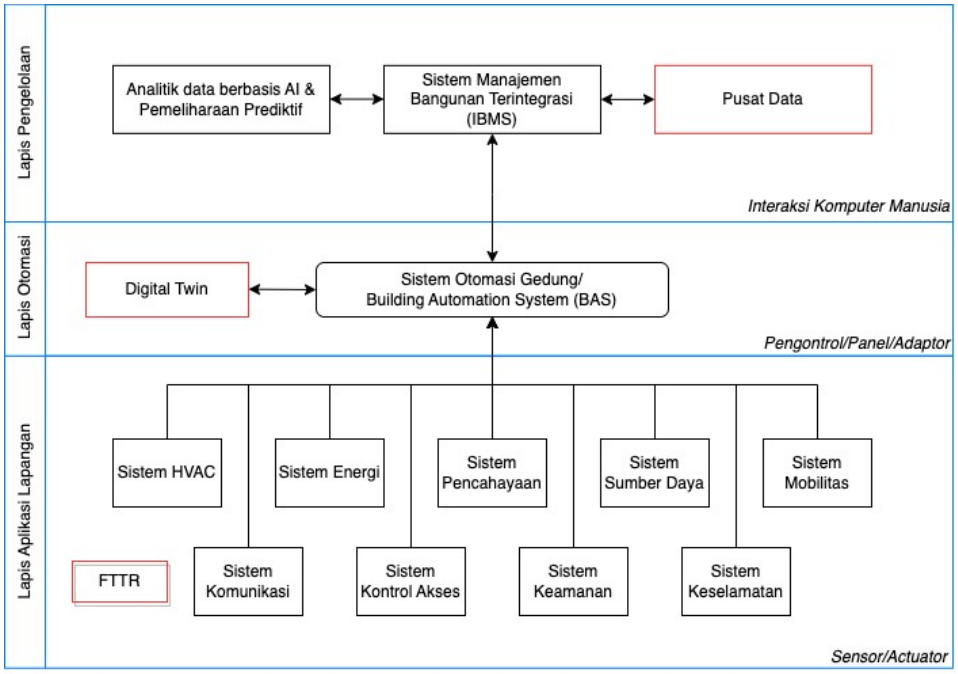
5.1.1 Sistem Manajemen Gedung Terpadu

Bangunan cerdas telah muncul sebagai pelopor efisiensi dan keberlanjutan, dengan Sistem Manajemen Gedung Terpadu (IBMS) sebagai intinya. IBMS merupakan sebuah kerangka kerja yang mengatur komunikasi dan kontrol tanpa batas di antara berbagai sistem gedung, Salah satu lapisan penting dalam IBMS adalah Lapisan Otomasi, di mana Sistem Otomasi Gedung (BAS) memimpin.

Lapisan Otomasi berfungsi sebagai pusat saraf bangunan cerdas, menyatukan berbagai pengontrol, panel, dan adaptor yang secara harmonis menghubungkan dan mengatur semua sistem yang saling terhubung. Jaringan sensor dan aktuator yang canggih memfasilitasi interaksi yang rumit ini, memastikan fungsionalitas dan pemanfaatan sumber daya yang optimal.

BAS sangat penting dalam memungkinkan Lapisan Otomasi berfungsi secara efektif. Gateway menghubungkan beragam sistem bangunan pintar di Lapisan Aplikasi Lapangan, yang mencakup sistem HVAC, sistem energi, sistem pencahayaan, sistem sumber daya, sistem mobilitas, sistem komunikasi, sistem akses kontrol, sistem keamanan dan keselamatan.

Menyelaraskan berbagai sistem yang saling terhubung dalam bangunan pintar menggunakan BMS akan meningkatkan efisiensi dan meletakkan dasar bagi lingkungan binaan yang lebih ramah lingkungan, lebih responsif, dan siap untuk masa depan. Seiring kemajuan teknologi, potensi bangunan pintar dan kontribusinya terhadap kehidupan yang berkelanjutan akan terus berkembang, merevolusi cara kita menghuni dan berinteraksi dengan lingkungan.



Gambar 1. Sistem Manajemen Bangunan Cerdas Terintegrasi

5.1.2 Ruang Kontrol dan Pusat Data

FTTR (Fiber to The Room) adalah konsep infrastruktur telekomunikasi yang melibatkan penyebaran kabel serat optik langsung ke kamar individu atau ruang tamu di dalam gedung atau fasilitas. Dalam arsitektur FTTR, konektivitas serat optik diperluas hingga ke ruang pengguna akhir, menyediakan layanan komunikasi berkecepatan tinggi dan bandwidth tinggi langsung ke setiap lokasi individu.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan dan kontrol waktu nyata	Ruang kontrol harus dilengkapi dengan sensor dan sistem kontrol yang diperlukan untuk memantau dan mengendalikan semua sistem bangunan secara waktu nyata. Hal ini akan memungkinkan operator untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah apa pun yang mungkin timbul dengan cepat
Integrasi dengan sistem bangunan	Ruang kontrol harus dapat berintegrasi dengan semua sistem bangunan, termasuk HVAC, pencahayaan, keamanan, dan sistem manajemen energi. Hal ini akan memungkinkan operator untuk mengontrol dan mengelola semua sistem dari lokasi pusat
Antarmuka yang ramah pengguna	Ruang kontrol harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang mudah dinavigasi dan dipahami. Hal ini akan memungkinkan operator untuk dengan cepat mengakses informasi yang mereka butuhkan dan mengambil tindakan yang tepat
Peringatan dan pemberitahuan	Ruang kontrol harus dilengkapi dengan sistem peringatan dan pemberitahuan yang dapat dengan cepat memberi tahu operator tentang masalah atau kegagalan fungsi apa pun dalam sistem bangunan.
Manajemen energi	Ruang kontrol harus memiliki sistem manajemen energi yang kokoh yang dapat memantau dan mengoptimalkan konsumsi energi bangunan.
Analisis dan pelaporan data	Ruang kontrol harus dilengkapi dengan analisis data dan sistem pelaporan yang dapat memberikan wawasan tentang kinerja bangunan dan mengidentifikasi area untuk perbaikan. Hal ini akan memungkinkan operator untuk membuat keputusan berdasarkan informasi dan mengoptimalkan kinerja bangunan dari waktu ke waktu
Keamanan dan kontrol akses	Ruang kontrol harus memiliki sistem keamanan dan kontrol akses yang kuat untuk memastikan bahwa hanya personel yang berwenang yang memiliki akses ke sistem bangunan. Hal ini akan membantu mencegah akses yang tidak sah dan melindungi bangunan dari potensi ancaman keamanan.
Cadangan dan Pemulihan Data	Ruang kontrol harus memiliki sistem cadangan dan pemulihan data untuk mengantisipasi keadaan darurat atau bahaya siber.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ UPS (Catu Daya Tak Terputus) ○ HVAC dan Keamanan ○ Penyimpanan ○ Server ○ Monitor lanjutan ○ Cadangan Daya ○ Mesin Pendingin ○ CCTV ○ Alat pemadam kebaran	○ Server Operasi Sistem ○ Sistem Manajemen Database ○ Server ○ Virtualisasi server ○ Alat Pemantauan dan Dasbor ○ Alat Pencadangan dan Pemulihan ○ Perangkat Lunak Akses Jarak Jauh ○ Perangkat Lunak Keamanan

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
SNI 8799:2019	Teknologi Informasi – Pusat Data
SNI 7512:2008	Teknologi Informasi – Teknik Keamanan – Pengelolaan insiden keamanan informasi
SNI 19-7013-2004	Persyaratan Keamanan Bangunan Pusat Data
TIA 942-B	*Telecommunications Infrastructure Standard for Data Centers*
ISO/IEC 22237	*Information technology – Data Centre Facilities and Infrastructures*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
ISO 11064	*Ergonomic Design of Control Centres*
ISO/IEC 30134-1	*Information technology - Data centres - Key performance indicators - Part 1: Overview and general requirements*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.1.3 *Fiber-to-the-Room* (FTTR)

FTTR (Fiber to The Room) adalah konsep infrastruktur telekomunikasi yang melibatkan penyebaran kabel serat optik langsung ke kamar individu atau ruang tamu di dalam gedung atau fasilitas. Dalam arsitektur FTTR, konektivitas serat optik diperluas hingga ke ruang pengguna akhir, menyediakan layanan komunikasi berkecepatan tinggi dan bandwidth tinggi langsung ke setiap lokasi individu.

Persyaratan Fungsional	
Konektivitas internet berkecepatan tinggi	Tujuan utama FTTR adalah untuk menyediakan konektivitas internet yang cepat dan andal ke setiap ruangan di gedung. Jaringan harus dapat mendukung aplikasi *bandwidth* tinggi seperti *video streaming*, *game online*, dan konferensi video
Skalabilitas	FTTR harus dirancang untuk mendukung pertumbuhan dan perluasan jaringan di masa depan, karena lebih banyak pengguna dan perangkat ditambahkan ke sistem
Keandalan	Jaringan harus dirancang dengan mekanisme redundansi dan failover (teknik yang menerapkan beberapa jalur untuk mencapai jaringan tujuan) untuk memastikan konektivitas tanpa gangguan bahkan jika terjadi kegagalan serat atau peralatan
Keamanan	Jaringan FTTR harus aman untuk mencegah akses yang tidak sah dan melindungi data pengguna dari ancaman dunia maya
Kompatibilitas	Jaringan harus kompatibel dengan berbagai perangkat dan sistem operasi, termasuk *smartphone*, laptop, tablet, dan perangkat rumah cerdas
Pengelolaan	Jaringan FTTR harus mudah dikelola dan dipantau, dengan alat dan perangkat lunak bagi administrator jaringan untuk memecahkan masalah dan mengoptimalkan kinerja
Efektivitas biaya	Jaringan FTTR harus dirancang untuk meminimalkan biaya, dengan prosedur pemasangan dan pemeliharaan yang efisien, serta peralatan dan teknologi hemat energi

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Penerima optik ○ Peralatan jaringan ○ Kabel serat ○ Konversi media	○ Perangkat Lunak Manajemen Wi-Fi Tamu ○ Perangkat Lunak Manajemen Jaringan ○ Perangkat Lunak Manajemen Penagihan dan Pendapatan ○ Perangkat Lunak Pengujian dan Analisis Serat Optik

Standar Acuan	
ISO 33.180	*Fibre Optic Communication*
ISO 20780:2018	*Space systems — Fiber optic components — Design and verification requirements*
IEEE 802.11	*Wireless LAN Standards*
IEEE 802.3	*Ethernet*
ISO 14302	*Space systems — Electromagnetic compatibility requirements*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO/IEC 29794-5-1:2022	Topologi jaringan FTTR
ISO/IEC 14763-3:2019	*Information technology - Implementation and operation of customer premises cabling - Part 3: Testing of optical fibre cabling*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.1.4 *Digital Twin*

Digital Twin mengacu pada representasi virtual dari objek fisik, sistem, atau proses, yang merupakan replika digital yang mencerminkan dunia nyata secara real-time, menangkap karakteristik fisik dan perilakunya. Teknologi ini menggabungkan berbagai sumber data, seperti sensor, perangkat IoT, dan simulasi, untuk membuat model dinamis dan interaktif yang mencerminkan keadaan dan perilaku entitas fisik yang diwakilinya saat ini.

Persyaratan Fungsional	
Representasi yang akurat	*Digital twin* harus memberikan representasi akurat dari aset fisik atau sistem, termasuk geometri, perilaku, dan interaksinya dengan sistem lain.
Data waktu nyata	*Digital twin* harus diperbarui secara waktu nyata dengan data dari sensor, perangkat, dan sumber lain untuk mencerminkan keadaan aset fisik atau sistem saat ini.
Visualisasi	*Digital twin* harus menyediakan visualisasi yang memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan dan menjelajahi replika virtual dari aset fisik atau sistem.
Analisis dan simulasi	*Digital twin* harus mendukung kemampuan analisis dan simulasi, seperti pemeliharaan prediktif, pengoptimalan energi, dan deteksi kesalahan, untuk membantu mengoptimalkan kinerja aset atau sistem fisik.
Integrasi	*Digital twin* harus dapat berintegrasi dengan sistem dan platform lain, seperti sistem manajemen gedung terintegrasi (IBMS) atau sistem kontrol, untuk memungkinkan pertukaran data dan interoperabilitas yang mulus.
Keamanan dan privasi	*Digital twin* harus dirancang dengan mempertimbangkan keamanan dan privasi, dengan langkah-langkah untuk melindungi dari akses yang tidak sah dan pelanggaran data.
Skalabilitas	*Digital twin* harus dapat diskalakan untuk mendukung aset atau sistem yang besar dan kompleks, dan mampu menangani peningkatan jumlah data dan pengguna dari waktu ke waktu.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Perangkat AR (*Augmentation Reality*) ○ Perangkat VR (*Virtual Reality*) ○ Komputer	○ Perangkat lunak digital twin ○ Perangkat lunak augmentasi dan realitas virtual

Standar Acuan	
ISO 16739	*Digital twin framework for manufacturing*
ISO 23247	*The Digital Twin framework for manufacturing.*
ITU-T F.746.10	*Developed by the International Telecommunication Union*
SNI 7512:2008	Teknologi Informasi – Teknik Keamanan – Pengelolaan insiden keamanan informasi
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
IEC 62832	*This standard, developed by the International Electrotechnical Commission, provides a framework for Digital Twins in the context of factory automation and industrial manufacturing processes*
IPC-2551	Standar Internasional untuk Digital Twin
IEEE P3144	Standar untuk Model Kematangan Digital Twin dan Metodologi Penilaian di Industri.
Lainnya	peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.2 Sistem Kontrol Akses

5.2.1 Kontrol Akses Tanpa Sentuh

Kontrol Akses Tanpa Sentuh adalah sebuah sistem keamanan atau teknologi yang memungkinkan akses ke area atau fasilitas tertentu tanpa memerlukan sentuhan fisik dengan perangkat atau permukaan.

Persyaratan Fungsional	
Otentikasi	Sistem kontrol akses tanpa sentuhan harus dapat mengotentikasi identitas pengguna melalui berbagai cara, seperti pengenalan wajah, pemindaian iris, atau pengenalan suara.
Kontrol akses	Sistem harus dapat memberikan atau menolak akses ke pengguna berdasarkan status otentikasi mereka dan tingkat akses yang diberikan.
Akses fisik	Sistem kontrol akses tanpa sentuhan harus dapat mengontrol akses fisik ke area atau peralatan, seperti pintu, elevator, atau pintu putar, tanpa mengharuskan pengguna menyentuh permukaan apa pun.
Akses jarak jauh	Sistem harus dapat menyediakan akses jarak jauh kepada pengguna, seperti melalui perangkat seluler atau teknologi nirkabel lainnya.
Pemeriksaan Suhu	Sistem harus dapat memantau suhu tubuh pengunjung untuk melacak kondisi kesehatan pengunjung dan untuk melindungi orang lain.
Integrasi	Sistem kontrol akses tanpa sentuhan harus diintegrasikan dengan sistem otomasi bangunan lainnya, termasuk HVAC, CCTV, dan sistem alarm.
Manajemen pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka manajemen pengguna untuk menambahkan, memodifikasi, dan menghapus pengguna, serta menetapkan tingkat akses dan izin.
Pelaporan	Sistem harus dapat menghasilkan laporan tentang aktivitas pengguna, upaya akses, dan peristiwa sistem untuk tujuan audit dan kepatuhan.
Skalabilitas	Sistem kontrol akses tanpa sentuhan harus dapat diskalakan untuk beradaptasi dengan perubahan volume pengguna, titik akses baru, dan persyaratan keamanan yang terus berkembang.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor Biometrik ○ Sensor Gerak ○ Kunci berkemampuan Bluetooth ○ Kartu dan pembaca RFID ○ Pintu/gerbang otomatis	○ Perangkat lunak biometrik ○ Aplikasi seluler ○ Manajemen kartu RFID ○ Perangkat lunak manajemen kontrol akses ○ Perangkat lunak manajemen pengunjung

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Standar Acuan	
IEC 60839-11-1 dan -11-2	*Electronic Access Control Systems and Application Guidelines*
ISO/IEC 19794-6:2019	*Information technology - Biometric data interchange formats - Part 6: Iris image data*
ISO/IEC 19794-5:2011	*Information technology - Biometric data interchange formats - Part 5: Face image data*
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
IEEE 2410-2020	*Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)*
SNI ISO IEC 27001-2013	Teknologi informasi - Teknik keamanan - Sistem manajemen keamanan informasi - Persyaratan (ISO IEC 27001:2013, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.2.2 Manajemen Pengunjung

Manajemen pengunjung, tamu, dan individu yang sistematis dan efisien yang memasuki atau keluar dari gedung atau fasilitas, yang melibatkan penggunaan teknologi canggih dan sistem terintegrasi untuk merampingkan proses penyambutan, pemantauan, dan pengendalian akses pengunjung ke tempat tersebut.

Persyaratan Fungsional	
***Check-in* melalui ponsel**	Sistem harus memiliki fitur *check-in* melalui telepon seluler yang memungkinkan tamu untuk mendaftar terlebih dahulu menggunakan aplikasi seluler atau situs web.
Pelacakan waktu nyata	Sistem harus mampu mengikuti tamu di sekitar gedung secara waktu nyata, memberikan data lokasi yang akurat kepada tuan rumah atau petugas keamanan.
Analisis prediktif	Sistem harus menggunakan analisis prediktif untuk meramalkan lalu lintas pengunjung dan menawarkan wawasan untuk manajemen bangunan, seperti mengoptimalkan tingkat kepegawaian atau memodifikasi pengaturan HVAC.
Personalisasi	Tergantung pada preferensi pengunjung, sistem harus dapat menyesuaikan pengalaman yang mereka miliki saat berada di sana, misalnya, dengan mengarahkan mereka ke arah ruang pertemuan yang mereka sukai atau merekomendasikan fasilitas di dekatnya.
Kontrol lingkungan	Tergantung pada volume pengunjung dan tingkat hunian, sistem harus dapat memodifikasi pencahayaan, suhu, dan elemen lingkungan lainnya.
Integrasi	Untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi bangunan, sistem harus dapat berintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, termasuk sensor IoT, pencahayaan cerdas, dan sistem manajemen energi.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sistem kontrol akses ○ Papan reklame digital ○ Kamera	○ Perangkat lunak manajemen pengunjung ○ Membangun sistem otomasi ○ Aplikasi seluler ○ Sistem komunikasi

Standar Acuan	
ISO 14762	Information technology — *Functional* safety requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES)
ISO 16484	*Building automation and control systems*
IEC 60839-11-1 dan -11-2	*Electronic Access Control Systems and Application Guidelines*
ISO/IEC 19794-6:2019	*Information technology - Biometric data interchange formats - Part 6: Iris image data*
ISO/IEC 19794-5:2011	*Information technology - Biometric data interchange formats - Part 5: Face image data*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.3 Sistem Komunikasi

5.3.1 Sistem Interkom

Sistem interkom adalah sistem komunikasi internal yang memungkinkan pengguna atau penghuni bangunan untuk berkomunikasi secara suara atau video dengan orang lain di dalam bangunan tersebut, dirancang untuk memudahkan komunikasi antar-penghuni bangunan atau antara pengguna dengan petugas keamanan atau administrasi tanpa harus berpindah dari tempatnya.

Persyaratan Fungsional	
Akses jarak jauh	Sistem interkom cerdas harus dapat diakses dari jarak jauh, memungkinkan pengguna untuk menjawab panggilan dan memberikan akses dari perangkat seluler atau komputer mereka.
Video Interkom	Sistem harus memiliki fitur interkom video yang memungkinkan pengguna untuk melihat dan berbicara dengan pengunjung sebelum memberikan akses.
Kontrol akses	Sistem harus dapat memberikan atau menolak akses ke pengunjung berdasarkan tingkat otorisasi pengguna dan izin pengunjung.
Manajemen pengunjung	Sistem tersebut harus terintegrasi dengan sistem manajemen pengunjung untuk memperlancar proses *check-in* pengunjung dan memberikan informasi pengunjung yang akurat kepada pengguna.
Komunikasi dua arah	Sistem harus mendukung komunikasi dua arah antara pengguna dan pengunjung dengan kualitas video dan audio yang jernih.
Integrasi	Sistem interkom cerdas harus terintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti kamera keamanan, sistem kontrol akses, dan sistem otomasi bangunan.
Aplikasi seluler	Pengguna harus diizinkan untuk menjawab panggilan, menerima pemberitahuan, dan mengelola pengaturan kontrol akses melalui aplikasi seluler dari perangkat seluler mereka.
Pengaturan yang dapat disesuaikan	Sistem harus dapat disesuaikan, memungkinkan pengguna untuk menyesuaikan pengaturan seperti sensitivitas mikrofon, kualitas kamera, dan aturan kontrol akses.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sistem interkom video dan audio ○ Sistem masuk pintu	○ Sistem otomasi bangunan ○ Sistem manajemen pengunjung ○ Perangkat lunak interkom ○ Aplikasi seluler

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Standar Acuan	
DS/EN 62820	*Building intercom system*
TIA-570	*Residential Telecommunications Infrastructure Standard*
ISO 14762	Information technology — *Functional* safety requirements for Home and Building Electronic Systems (HBES)
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.3.2 Papan *(Signage)* Digital & Audio Visual

Papan Digital & Audio Visual adalah sistem teknologi yang memungkinkan tampilan informasi, gambar, dan konten multimedia lainnya dalam bentuk digital yang interaktif dan menarik, serta dapat terintegrasi dengan sistem lainnya, seperti sistem keamanan atau sistem manajemen bangunan

Persyaratan Fungsional	
Kontrol terpusat	Sistem harus memiliki panel kontrol terpusat yang memungkinkan pengguna untuk mengelola dan memantau semua komponen papan (*signage*) audiovisual dan digital dari satu sistem kontrol.
Konten yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk membuat atau menampilkan konten khusus seperti grafik, video, atau pengumuman, pada tampilan *signage*.
Pembaruan waktu nyata	Sistem harus dapat memberikan pembaruan waktu nyata pada acara bangunan, jadwal, atau pemberitahuan darurat melalui tampilan *signage* digital.
Fitur interaktif	Sistem harus mendukung fitur interaktif, seperti layar sentuh atau sensor gerak, untuk meningkatkan keterlibatan pengguna dan mempromosikan interaktivitas bangunan.
Aksesibilitas	Sistem harus mematuhi pedoman aksesibilitas, seperti menawarkan fitur *text-to-speech* atau huruf yang lebih besar untuk pengguna tunanetra
Integrasi	Untuk memaksimalkan kinerja dan efisiensi bangunan, *signage* harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sensor hunian atau sistem manajemen energi.
Analitik	Untuk memberikan informasi untuk peningkatan konten, sistem harus menyediakan analitik tentang keterlibatan pengguna, seperti jumlah interaksi atau klik pada tampilan *signage*.
Personalisasi	Sistem harus dapat mempersonalisasi pengalaman pengguna berdasarkan preferensi individu, seperti menampilkan konten yang dipersonalisasi atau menyesuaikan pengaturan tampilan.
Dukungan multibahasa	Sistem harus menyediakan dukungan multibahasa, termasuk *signage* dan isyarat audio dalam berbagai bahasa untuk mengakomodasi pengunjung dari berbagai latar belakang.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Tampilan layar ○ Pemutar media ○ Kamera ○ Sensor ○ Sistem distribusi daya ○ Infrastruktur komunikasi	○ Transkripsi dan terjemahan suara waktu nyata ○ Fitur tampilan interaktif

Standar Acuan	
ISO 2846	*Graphic technology*
ISO/IEC 23488:2022	*Information technology — Computer graphics, image processing and environment data representation — Object/environmental representation for image-based rendering in virtual/mixed and augmented reality (VR/MAR)*
ISO 17049:2013	*Accessible design — Application of braille on signage, equipment and appliances*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.4 Sistem Energi

5.4.1 Pembaca Meter Otomatis

Pembaca Meter Otomatis adalah sistem teknologi yang digunakan untuk otomatisasi pengumpulan dan pemantauan data penggunaan energi, seperti listrik, air, atau gas, yang terjadi di dalam bangunan atau fasilitas tertentu, dengan memanfaatkan teknologi sensor dan komunikasi jarak jauh untuk secara otomatis mengumpulkan data dari berbagai meter pengukuran yang terpasang di bangunan

Persyaratan Fungsional	
Pembacaan meter otomatis	Sistem harus secara otomatis membaca dan merekam data meteran, sehingga personel perusahaan listrik tidak perlu membaca meteran secara manual
Data waktu nyata	Sistem harus menyediakan data waktu nyata tentang penggunaan energi dan metrik lainnya sehingga pengguna dapat memantau dan menyesuaikan penggunaan energi secara waktu nyata.
Akses jarak jauh	Sistem harus dapat diakses dari jarak jauh sehingga pengguna dapat memantau aktivitas pengukur dan penggunaan energi dari perangkat seluler atau komputer mereka.
Integrasi	Sistem pembaca meter cerdas harus dapat berintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem manajemen energi atau kontrol HVAC, untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi bangunan.
Analitik	Sistem harus menyediakan analitik tentang penggunaan energi, seperti waktu penggunaan puncak atau peluang penghematan energi, untuk memberikan wawasan untuk pengoptimalan energi.
Peringatan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk mengatur peringatan yang dapat disesuaikan untuk penggunaan energi abnormal atau pembacaan meter, untuk memberi tahu mereka tentang potensi masalah.
Kompatibilitas	Sistem harus kompatibel dengan meter yang ada dan mendukung beberapa protokol komunikasi, seperti seluler atau Wi-Fi, untuk mengakomodasi konfigurasi bangunan yang berbeda.
Skalabilitas	Sistem harus dapat diskalakan untuk mengakomodasi perubahan dalam hunian gedung, volume pengguna, dan kebutuhan manajemen energi yang terus berkembang.
Pemeliharaan	Sistem harus memiliki fitur pemeliharaan, seperti melaporkan dan melacak masalah meter atau meminta perbaikan, untuk memastikan pembacaan meter yang akurat dan andal.
Keamanan	Sistem harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan langkah-langkah perlindungan data yang tepat dan kontrol akses yang aman untuk mencegah pelanggaran atau akses yang tidak sah.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Meteran listrik cerdas ○ Meteran gas cerdas ○ Sensor arus cerdas ○ Sensor tegangan cerdas	○ Perangkat lunak manajemen energi ○ Perangkat lunak otomatisasi bangunan ○ Perangkat lunak analisis data ○ Perangkat lunak visualisasi ○ Perangkat lunak penagihan ○ Perangkat lunak keterlibatan pelanggan

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
SNI 62053	Perlengkapan Meter Listrik
ISO 16484	*Building automation and control systems*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.4.2 Pembaca Sub-meter Otomatis

Pembaca Sub-meter Otomatis adalah sistem otomatis yang digunakan untuk memantau dan mengukur konsumsi energi listrik secara spesifik pada level sub-meter di dalam bangunan yang dipasang di sirkuit atau perangkat tertentu, seperti peralatan elektronik, pencahayaan, sistem pemanas, pendingin udara, dan lainnya, yang memiliki beban listrik yang terpisah dari meter utama bangunan. Pembaca Sub-meter Otomatis bekerja secara otomatis dan real-time untuk mengumpulkan data konsumsi energi dari sub-meter yang terpasang di berbagai lokasi dalam bangunan.

Persyaratan Fungsional	
Pembacaan meter otomatis	Sistem harus secara otomatis membaca dan merekam data sub-meter, menghilangkan kebutuhan untuk membaca meter manual oleh manajemen gedung atau penyewa.
Data waktu nyata	Sistem harus menyediakan data waktu nyata tentang penggunaan energi dan pembacaan sub-meter lainnya, memungkinkan pengguna untuk memantau dan menyesuaikan penggunaan energi secara waktu nyata.
Pemantauan terperinci	Sistem harus menyediakan pemantauan terperinci penggunaan energi untuk penyewa individu atau sub-zona, untuk membantu mengidentifikasi peluang penghematan energi dan mengalokasikan biaya energi secara akurat.
Integrasi	Sistem pembaca sub-meter cerdas harus dapat berintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem manajemen energi atau perangkat lunak penagihan, untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi bangunan.
Analitik	Sistem harus menyediakan analitik tentang penggunaan energi, seperti waktu penggunaan puncak atau peluang penghematan energi, untuk memberikan wawasan untuk pengoptimalan energi dan pengurangan biaya.
Peringatan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk mengatur peringatan yang dapat disesuaikan untuk penggunaan energi abnormal atau pembacaan meter, untuk memberi tahu mereka tentang potensi masalah atau peluang untuk pengurangan biaya.
Skalabilitas	Sistem harus dapat diskalakan untuk mengakomodasi perubahan dalam hunian gedung, volume pengguna, dan kebutuhan manajemen energi yang terus berkembang.
Pemeliharaan	Sistem harus memiliki fitur pemeliharaan, seperti melaporkan dan melacak masalah sub-meter atau meminta perbaikan, untuk memastikan pembacaan sub-meter yang akurat dan andal.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sub-meter cerdas ○ Konsentrator data ○ Infrastruktur Komunikasi	○ Perangkat lunak manajemen energi ○ Sistem otomasi bangunan ○ Platform berbasis *cloud*

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
SNI 62053	Perlengkapan Meter Listrik
ISO 16484	*Building automation and control systems*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.4.3 Penyeimbangan Beban Listrik

Penyeimbangan Beban Listrik adalah teknik yang digunakan untuk memastikan distribusi beban listrik yang seimbang di seluruh sistem kelistrikan bangunan, yang bertujuan untuk menghindari ketidakseimbangan beban antara berbagai sirkuit atau perangkat listrik dalam bangunan, sehingga mencegah terjadinya overloading (beban berlebih) pada satu sirkuit atau perangkat dan mengoptimalkan penggunaan daya secara efisien.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus menyediakan pemantauan permintaan dan pasokan listrik secara waku-nyata, memungkinkan penyesuaian cepat untuk penyeimbangan beban.
Penyeimbangan beban otomatis	Sistem harus secara otomatis menyeimbangkan beban listrik gedung atau bangunan, memastikan distribusi konsumsi energi yang efisien.
Penumpahan beban	Sistem harus dapat secara otomatis melepaskan beban non-kritis selama periode puncak untuk mencegah kelebihan beban sistem dan memastikan catu daya yang stabil.
Analisis prediktif	Sistem harus menggunakan analisis prediktif untuk memprediksi permintaan di masa depan dan menyesuaikan penyeimbangan beban yang sesuai untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan meminimalkan biaya.
Integrasi	Sistem penyeimbangan beban harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti kontrol HVAC atau sistem pencahayaan, untuk mengoptimalkan kinerja dan efisiensi bangunan.
Skalabilitas	Sistem harus dapat berkembang sesuai dengan perubahan dalam hunian gedung, jumlah pengguna dan perubahan kebutuhan manajemen energi.
Penyimpanan energi	Sistem penyeimbangan beban harus mampu menggabungkan solusi penyimpanan energi seperti baterai atau sistem penyimpanan lainnya untuk menyimpan kelebihan energi selama periode permintaan rendah dan melepaskannya selama periode permintaan puncak.
Integrasi energi terbarukan	Sistem harus dapat berintegrasi dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan mengurangi ketergantungan pada jaringan.
Deteksi kesalahan	Sistem harus dapat mendeteksi kesalahan atau anomali dalam proses penyeimbangan beban dan memperingatkan manajemen atau pemeliharaan gedung untuk resolusi cepat.
Keamanan	Sistem harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan langkah-langkah perlindungan data yang tepat dan langkah-langkah kontrol akses yang aman untuk mencegah akses yang tidak sah atau modifikasi informasi penyeimbangan beban yang tidak sah.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Pengukur cerdas ○ Sistem manajemen daya ○ Sistem penyimpanan energi	○ Perangkat lunak manajemen energi ○ Sistem otomasi bangunan ○ Platform berbasis *cloud*

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
SNI 6390-2020	Konservasi energi sistem tata udara bangunan gedung
SNI 6197-2020	Konservasi energi pada sistem pencahayaan
SNI 62053	Perlengkapan Meter Listrik
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 23045:2008	*Building environment design — Guidelines to assess energy efficiency of new buildings*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.4.4 Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum

Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum adalah Fasilitas yang dirancang untuk mengisi ulang baterai kendaraan listrik secara umum, yang dapat digunakan oleh publik dengan tujuan untuk menyediakan infrastruktur yang mudah diakses dan dapat diandalkan.

Persyaratan Fungsional	
Pengisian cepat	Sistem harus memiliki output energi yang memadai sehingga dapat mengisi daya kendaraan listrik secara cepat.
Kompatibilitas	Sistem harus mendukung berbagai standar pengisian untuk memastikan sistem dapat melayani berbagai jensi kendaraan listrik.
Antarmuka pengguna yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka pengguna yang ramah pengguna yang memungkinkan manajer properti atau pekerja pemeliharaan untuk dengan mudah memantau dan mengendalikan sistem. Serta meningkatkan kenyaman pengguna dalam mengoperasikan sistem.
Integrasi energi terbarukan	Sistem harus dapat berintegrasi dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya atau turbin angin untuk mengoptimalkan konsumsi energi dan mengurangi ketergantungan pada jaringan.
Pemeliharaan	Sistem harus memiliki fitur pemeliharaan, seperti jadwal pengujian dan inspeksi, untuk memastikan bahwa sistem bekerja dan dikodekan dengan benar.
Data waktu nyata	Sistem harus menyediakan data waktu nyata tentang penggunaan energi dan metrik lainnya sehingga pengguna dapat memantau dan menyesuaikan penggunaan energi secara waktu nyata.
Akses jarak jauh	Sistem harus dapat diakses dari jarak jauh sehingga pengguna dapat memantau aktivitas pengukur dan penggunaan energi dari perangkat seluler atau komputer mereka.
Keamanan	Sistem harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan langkah-langkah perlindungan data yang tepat dan kontrol akses yang aman untuk mencegah pelanggaran atau akses yang tidak sah.
Peringatan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk mengatur peringatan yang dapat disesuaikan untuk pengguna atau manajemen gedung, untuk memberi tahu mereka tentang potensi keadaan darurat dan tindakan cepat.
Lebih dari satu port pengisian	Sistem harus memiliki lebih dari satu port pengisian untuk secara simultan mengakomodasi beberapa pengisian kendaraan.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Stasiun pengisian ○ Panel control ○ Sistem otentifikasi ○ Sistem pembayaran ○ Koneksi internet	○ Sistem manajemen pengisian ○ Antarmuka pengguna ○ Sistem pemantauan ○ Integrasi dengan sistem energi lainnya ○ Alogritma pembebanan daya

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2023	Penyediaan Infrastruktur Pengisian Listrik Untuk Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai
Peraturan Menteri ESDM Nomor 32 Tahun 2019	Pengusahaan SPKLU
ISO 15118	*Road vehicles – Vehicle to grid communication interface*
IEEE 1547-2018	*Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces*
IEC 61851	*Electric vehicle conductive charging system*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.5 Sistem Keselamatan

5.5.1 Sistem Tanggap Bencana Aktif

Sistem Tanggap Bencana Aktif adalah teknologi yang digunakan untuk memberikan respons cepat dan efisien dalam menghadapi situasi darurat atau bencana dengan bantuan kecerdasan buatan, Internet of Things (IoT), dan integrasi dengan pihak terkait.

Persyaratan Fungsional	
Sensor dan sistem pemantauan	Sistem harus mencakup jaringan sensor dan perangkat pemantauan yang mendeteksi perubahan suhu, kelembaban, kualitas udara dan keberadaan asap, gas, dan bahaya lainnya.
Sistem peringatan	Sistem harus dapat dengan cepat memperingatkan penghuni gedung dan penanggap darurat ketika potensi ancaman terdeteksi. Hal ini dapat mencakup alarm yang dapat didengar, peringatan visual, dan/atau pemberitahuan otomatis ke ponsel cerdas atau perangkat lain.
Sistem komunikasi	Sistem harus menyediakan saluran komunikasi yang andal untuk penghuni gedung dan responden darurat untuk berkomunikasi satu sama lain dan mengoordinasikan upaya respons.
Sistem pematian otomatis	Sistem harus secara otomatis mematikan sistem untuk utilitas seperti gas, air, dan listrik jika terjadi situasi darurat.
Penerangan darurat otomatis	Sistem harus menyertakan lampu darurat otomatis yang menyala jika terjadi pemadaman listrik atau situasi darurat lainnya.
Akses jarak jauh ke kontrol gedung	Sistem harus menyediakan akses jarak jauh ke kontrol gedung, seperti sistem HVAC dan elevator, untuk memungkinkan manajer gedung dan responden darurat menyesuaikan pengaturan sesuai kebutuhan.
Analisis data waktu nyata	Sistem harus mencakup pembelajaran mesin dan algoritma kecerdasan buatan untuk menganalisis data dari sensor dan perangkat secara waktu nyata untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang dapat mengindikasikan potensi ancaman.
Sistem pemulihan bencana	Sistem harus memiliki rencana pemulihan bencana untuk memastikan bahwa data dan sistem penting dapat dipulihkan dengan cepat jika terjadi bencana.
Integrasi	Sistem harus terintegrasi dengan sistem lainnya dalam rangka menjaga keselamatan penghuni bangunan
Penggantian Manual	Sistem harus dapat dikontrol secara manual ketika terjadi kegagalan sistem otomatis dikala terjadi bencana

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor dan detektor ○ Alarm dan peringatan ○ Perangkat komunikasi ○ Perangkat kontrol ○ Perangkat penyimpanan data	○ Perangkat lunak tanggap bencana ○ Perangkat lunak manajemen peringatan ○ Perangkat lunak analisis data ○ Perangkat lunak akses jarak jauh ○ Perangkat lunak antarmuka pengguna ○ Sistem manajemen bangunan

Standar Acuan	
ISO 22322 - 22329	*Security and Resilience – Emergency management*
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 8201:2017	*Alarm systems*
ISO 30061:2007	*Emergency lighting*
ISO 20414:2020	*Fire safety engineering — Verification and validation protocol for building fire evacuation models*
SNI 03-2392-2008	Manajemen Bencana - Pedoman Umum
SNI ISO 22320-2012	Keamanan masyarakat - Manajemen kedaruratan - Persyaratan untuk penanganan insiden (ISO 22320:2011, IDT)
Peraturan Menteri PUPR Nomor 3 Tahun 2018	Pedoman Perencanaan Infrastruktur Perlindungan dan Penanggulangan Bencana
Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 14 Tahun 2018	Pedoman Sistem Informasi dan Komunikasi Penanggulangan Bencana
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.5.2 Sistem Pemadam Kebakaran Cerdas

Sistem Pemadam Kebakaran Cerdas adalah teknologi yang digunakan untuk mendeteksi, melacak, dan merespons kebakaran secara cepat dan efisien dengan bantuan perangkat Internet of Things (IoT) dan integrasi dengan sistem bangunan lainnya.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus memungkinkan pemantauan waktu nyata dari bangunan atau fasilitas untuk potensi bahaya kebakaran atau wabah kebakaran.
Pemadaman kebakaran otomatis	Sistem harus secara otomatis mendeteksi dan memadamkan api menggunakan alat penyiram atau metode pencegah kebakaran lainnya untuk meminimalkan kerusakan dan melindungi penumpang.
Sistem peringatan	Sistem harus dapat dengan cepat memperingatkan penghuni gedung dan responden darurat ketika potensi ancaman kebakaran terdeteksi. Ini dapat mencakup alarm yang dapat didengar, peringatan visual, dan/atau pemberitahuan otomatis ke ponsel cerdas atau perangkat lain.
Integrasi	Untuk mengoptimalkan keamanan dan efisiensi bangunan, sistem pencegah kebakaran harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti detektor asap.
Skalabilitas	Sistem harus dapat diskalakan sesuai dengan hunian gedung, jumlah pengguna, dan persyaratan keamanan yang berubah.
Redundansi	Sistem harus memiliki bagian yang berlebihan, seperti beberapa sumber air atau sumber daya cadangan, untuk memastikan operasi yang andal jika terjadi kegagalan atau keadaan darurat.
Pemeliharaan	Sistem harus memiliki fitur pemeliharaan, seperti jadwal pengujian dan inspeksi, untuk memastikan bahwa sistem bekerja dan dikodekan dengan benar.
Antarmuka pengguna yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka pengguna yang ramah pengguna yang memungkinkan manajer properti atau pekerja pemeliharaan untuk dengan mudah memantau dan mengendalikan sistem.
Peringatan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk mengatur peringatan khusus untuk potensi kebakaran atau kegagalan sistem, memberi tahu mereka tentang potensi masalah, dan bertindak cepat.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor suhu ○ Sensor asap ○ Sensor aliran ○ Pasokan air dan pompa ○ Kepala sprinkler	○ Sistem Otomasi Bangunan ○ Perangkat Lunak Alarm dan Kontrol Kebakaran ○ Perangkat Lunak Pemadam Kebakaran dan Kontrol

Standar Acuan	
ISO 7240	*Fire detection and alarm systems*
ISO 8201:2017	*Alarm systems*
ISO 30061:2007	*Emergency lighting*
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 20414:2020	*Fire safety engineering — Verification and validation protocol for building fire evacuation models*
ISO 16738:2009	*Fire-safety engineering — Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*
SNI 03-6571-2001	Sistem pengendali asap kebakaran pada bangunan gedung
SNI 03-3987-1995	Tata cara perencanaan, pemasangan pemadam api ringan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung
SNI ISO 22320-2012	Keamanan masyarakat - Manajemen kedaruratan - Persyaratan untuk penanganan insiden (ISO 22320:2011, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.5.3 Tombol Darurat

Tombol Darurat adalah teknologi yang dirancang untuk memberikan bantuan cepat dan respons darurat dalam situasi yang mengancam nyawa atau keselamatan seseorang melalui integrasi dengan pihak terkait.

Persyaratan Fungsional	
Respon cepat	Sistem harus memberikan respons cepat jika terjadi keadaan darurat, memungkinkan penghuni untuk dengan cepat dan mudah meminta bantuan.
Integrasi	Sistem tombol darurat harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti kamera keamanan atau sistem kontrol akses, untuk mengoptimalkan keamanan dan efisiensi bangunan.
Skalabilitas	Sistem harus dapat diskalakan untuk mengakomodasi perubahan dalam hunian gedung, volume pengguna, dan persyaratan keselamatan yang terus berkembang.
Pelacakan lokasi	Sistem harus dapat melacak lokasi aktivasi tombol darurat, untuk memfasilitasi respons cepat dan alokasi sumber daya yang efisien.
Peringatan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk mengatur peringatan yang dapat disesuaikan untuk tim tanggap darurat atau manajemen gedung, untuk memberi tahu mereka tentang potensi keadaan darurat dan tindakan cepat.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni gedung untuk dengan mudah menemukan dan mengaktifkan tombol darurat.
Kompatibilitas	Sistem harus kompatibel dengan berbagai jenis tombol darurat dan mendukung beberapa protokol komunikasi, seperti seluler atau Wi-Fi, untuk mengakomodasi konfigurasi bangunan yang berbeda.
Pemeliharaan	Sistem harus memiliki fitur pemeliharaan, seperti jadwal pengujian dan inspeksi, untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik dan sesuai dengan kode.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Tombol darurat ○ Sistem interkom ○ Sistem kontrol akses ○ Alarm panik	○ Sistem Otomasi Bangunan ○ Perangkat lunak manajemen tanggap darurat ○ Perangkat lunak manajemen insiden ○ Perangkat lunak pemberitahuan massal

Standar Acuan	
ISO 8201:2017	*Alarm systems*
ISO 30061:2007	*Emergency lighting*
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 20414:2020	*Fire safety engineering — Verification and validation protocol for building fire evacuation models*
ISO 16738:2009	*Fire-safety engineering — Technical information on methods for evaluating behaviour and movement of people*
SNI ISO 22320-2012	Keamanan masyarakat - Manajemen kedaruratan - Persyaratan untuk penanganan insiden (ISO 22320:2011, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.5.4 Pemeliharaan Perangkat Keselamatan Kebakaran

Pemeliharaan Perangkat Keselamatan Kebakaran adalah teknologi yang digunakan untuk memastikan pemeliharaan perangkat kebakaran berjalan dengan baik melalui penjadwalakan pemeriksaan dan deteksi kerusakan atau kehilangan perangkat.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus menyediakan pemantauan waktu nyata perangkat keselamatan kebakaran, seperti detektor asap atau alat pemadam kebakaran untuk memastikan mereka bekerja.
Pemeliharaan prediktif	Sistem harus menggunakan analitik prediktif untuk mendeteksi potensi kegagalan peralatan sebelum terjadi, sehingga memungkinkan pemeliharaan preventif.
Dokumentasi	Sistem harus memelihara dokumentasi semua kegiatan pemeliharaan, termasuk hasil inspeksi, perbaikan, dan catatan penggantian.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan manajemen gedung atau staf pemeliharaan untuk dengan mudah mengakses catatan dan jadwal pemeliharaan.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor PIR/Berat ○ Kamera	○ Perangkat Lunak Pemeliharaan Alarm Kebakaran ○ Perangkat Lunak Pemeriksaan ○ Perangkat Lunak Pemeliharaan Preventif

Standar Acuan	
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO/IEC 27037:2012	*Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence*
SNI 6570-2023	Instalasi pompa yang dipasang tetap untuk proteksi kebakaran
SNI 03-6571-2001	Sistem pengendali asap kebakaran pada bangunan gedung
SNI 03-6462-2000	Tata cara pemasangan damper kebakaran
SNI 03-1746-2000	Tata cara perencanaan dan pemasangan sarana jalan keluar untuk penyelamatan terhadap bahaya kebakaran pada bangunan gedung
SNI 03-3987-1995	Tata cara perencanaan, pemasangan pemadam api ringan untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan rumah dan gedung
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.5.5 Perlindungan Bahaya Hewan

Perlindungan Bahaya Hewan adalah teknologi yang mampu mendeteksi kehadiran hewan di sekitar bangunan dan memberi tindakan untuk menjauhkan hewan tersebut dengan aman serta memberi peringatan kepada penghuni bangunan secara otomatis.

Persyaratan Fungsional	
Sistem pemantauan	Teknologi bangunan cerdas harus mencakup sistem pengawasan seperti sensor dan kamera untuk mendeteksi keberadaan serangga dan hewan di dalam dan di sekitar bangunan.
Peringatan waktu nyata	Sistem pemantauan harus dapat memberikan peringatan waktu nyata kepada manajer dan penghuni gedung ketika serangga atau hewan terdeteksi.
Pengendalian hama otomatis	Sistem ini harus mencakup mekanisme pengendalian hama otomatis seperti semprotan insektisida atau perangkap untuk mengendalikan populasi serangga dan mencegah serangan.
Sistem pencegah otomatis	Teknologi bangunan cerdas dapat digunakan untuk memasang sistem pencegah otomatis yang menggunakan lampu, suara, atau cara lain agar hewan menjauh dari gedung.
Tirai udara	Teknologi bangunan cerdas dapat digunakan untuk memasang tirai udara yang dapat menciptakan penghalang antara lingkungan ruang dalam dan ruang luar, mencegah serangga memasuki gedung.
Analisis data	Teknologi bangunan cerdas dapat digunakan untuk menganalisis data populasi serangga dan faktor lingkungan untuk mengidentifikasi pola dan mengembangkan strategi untuk mencegah infestasi serangga di masa depan.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor ○ Kamera ○ Mekanisme pengendalian hama ○ Penolak hewan	○ Pemantauan hewan liar ○ Integrasi zona aman ○ Pemantauan pestisida cerdas ○ Pengendalian hama otomatis ○ Sistem pencegah otomatis ○ Sistem peringatan waktu nyata

Standar Acuan	
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO/IEC 18025:2014	*Information technology — Environmental Data Coding Specification (EDCS)*
ISO/IEC 27037:2012	*Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.6 Sistem Pemanasan, Ventilasi, dan Pendingin Udara (HVAC)

5.6.1 Pemantauan Kualitas Udara Ruang Dalam dan Ruang Luar

Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter adalah sistem teknologi yang dapat membersihkan dan memantau kualitas udara di dalam bangunan dengan tujuan menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman bagi penghuninya dengan menghilangkan partikel debu, kotoran, polutan, dan alergen dari udara, serta mengatur kadar kelembaban dan suhu untuk menciptakan lingkungan interior yang optimal.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan berbasis sensor	Sistem harus menggunakan sensor untuk mengukur dan memantau parameter kualitas udara, seperti suhu, kelembaban, partikel, karbon dioksida (CO2), senyawa organik volatil (VOC), dan faktor lainnya.
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus menyediakan pemantauan kualitas udara ruang dalam secara waktu nyata, peringatan dan pelaporan potensi penyimpangan dari tingkat kualitas udara dalam ruangan yang diinginkan.
Analisis data historis	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data historis tentang kualitas udara, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk meningkatkan ventilasi bangunan, penyaringan udara, atau tindakan lain untuk meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.
Integrasi	Sistem pemantauan kualitas udara harus diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem ventilasi yang digerakkan oleh permintaan atau sistem otomasi bangunan, untuk mengoptimalkan penggunaan energi bangunan dan kualitas udara dalam ruangan.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti kalibrasi atau penggantian sensor.
Analisis data	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data tentang parameter kualitas udara, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk mengoptimalkan ventilasi bangunan dan kualitas udara.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor pemantauan kualitas udara ○ Konektivitas	○ Sistem otomasi bangunan ○ Perangkat lunak pemantauan

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 16813:2006	*Building environment design — Indoor environment — General principles*
ISO 16814:2008	*Building environment design — Indoor air quality — Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy*
ISO 1777	*Energy performance of buildings — Overall energy performance assessment procedures*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.6.2 Sistem Pendingin Udara

Sistem Pendingin Udara adalah sistem teknologi yang mengatur dan mengontrol suhu udara di dalam bangunan dengan tujuan menciptakan lingkungan yang nyaman bagi penghuninya, dengan menurunkan suhu udara di dalam bangunan ketika kondisi luar terlalu panas atau meningkatkan suhu ketika kondisi luar terlalu dingin, sehingga menciptakan kondisi iklim interior yang optimal sesuai dengan preferensi penghuni.

Persyaratan Fungsional	
Kontrol suhu	Sistem harus dapat mempertahankan suhu yang nyaman di dalam gedung, menyesuaikan secara otomatis sesuai dengan preferensi penghuni.
Efisiensi energi	Sistem harus hemat energi, mengurangi konsumsi energi dan biaya dengan mengoptimalkan pendinginan dan pemanasan berdasarkan hunian, suhu sekitar, dan faktor lainnya.
Akses jarak jauh	Sistem harus memungkinkan manajemen gedung atau penghuni untuk mengakses dan mengontrol sistem pendingin udara dari jarak jauh, menggunakan aplikasi seluler atau portal web.
Integrasi	Sistem pendingin udara cerdas harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem otomasi bangunan, sensor hunian, atau sistem prakiraan cuaca, untuk mengoptimalkan penggunaan dan kenyamanan energi bangunan.
Zonasi	Sistem harus mendukung zonasi, memungkinkan berbagai bagian bangunan didinginkan atau dipanaskan secara independen, berdasarkan hunian atau kriteria lainnya.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti penggantian filter, kebocoran zat pendingin, atau kegagalan sistem.
Analisis data	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data tentang penggunaan energi, pengaturan suhu, dan pola hunian, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk mengoptimalkan efisiensi dan kenyamanan energi bangunan.
Otomatisasi	Sistem akan mengatur kondisi udara dalam ruangan secara otomatis dari rekomendasi yang diberikan oleh data analitik, namun dapat diintervensi oleh manusia.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni atau manajemen gedung untuk dengan mudah menyesuaikan pengaturan suhu, melihat data konsumsi energi, dan mengakses fitur sistem lainnya.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Heavy-duty pressure ○ Sensor termal ○ Sensor kualitas gas ○ Sensor kelembaban	○ Sistem otomasi bangunan ○ Perangkat lunak pemantauan

Standar Acuan	
SNI 6390:2020	Konservasi energi sistem tata udara pada Bangunan Gedung
SNI 03-6572-2001	Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung
SNI 7390:2008	Sistem Penyediaan Udara Segar di Gedung
SNI 7179:2013	Metode Pengujian Kinerja Sistem Air Conditioning dan Heat Pump di Gedung
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 16813:2016	*Building environment design — Indoor environment — General principles*
IEEE 3004.8-2016	*Recommended Practice for the Application of Low Voltage (600 V and below) Air Conditioning and Heat Pump Equipment*
ISO 17772-2:2017	*Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 2: Ventilation requirements for non-residential buildings*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.6.3 Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter

Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter adalah sistem teknologi yang dapat membersihkan dan memantau kualitas udara di dalam bangunan dengan tujuan menciptakan lingkungan yang sehat dan nyaman bagi penghuninya dengan menghilangkan partikel debu, kotoran, polutan, dan alergen dari udara, serta mengatur kadar kelembaban dan suhu untuk menciptakan lingkungan interior yang optimal.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan berbasis sensor	Sistem harus menggunakan sensor untuk mengukur dan memantau parameter kualitas udara dalam ruangan seperti partikel, senyawa organik volatil (VOC), atau faktor relevan lainnya dengan sensitivitas tinggi dan kesalahan rendah dari sensor.
Pemurnian udara	Sistem harus dilengkapi dengan kemampuan pemurnian udara, seperti filter HEPA atau filter karbon aktif, klorin, nitrogen, dll, untuk menghilangkan polutan gas dari udara.
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus menyediakan pemantauan kualitas udara dalam ruangan secara waktu nyata, dengan peringatan dan pemberitahuan untuk setiap penyimpangan dari tingkat kualitas udara dalam ruangan yang diinginkan.
Pemantauan filter	Sistem harus memantau status filter udara, memperingatkan pengguna kapan saatnya untuk penggantian, dan melacak riwayat perangkat dan sensor penggantian filter.
Integrasi	Sistem pemantauan pemurnian dan filter udara harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem otomasi bangunan atau sistem pemantauan kualitas udara, untuk mengoptimalkan penggunaan energi bangunan dan kualitas udara dalam ruangan.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni atau manajemen gedung untuk dengan mudah mengakses dan melihat data kualitas udara dalam ruangan, menerima peringatan, dan mengakses fitur sistem lainnya, termasuk penggantian filter.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti penggantian filter atau pembersihan sistem.
Analisis data	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data tentang parameter kualitas udara, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk mengoptimalkan pemurnian udara dan penggantian filter.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor Kualitas Gas ○ Sensor aliran udara ○ Sensor kelembaban ○ Sensor partikel ○ Sakelar dasar ○ Sensor termal	○ Perangkat lunak simulasi ○ Perangkat lunak pemantau HVAC ○ Perangkat lunak pengontrol HVAC

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO 16813:2006	*Building environment design — Indoor environment — General principles*
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 16814:2008	*Building environment design — Indoor air quality — Methods of expressing the quality of indoor air for human occupancy*
ISO 1777	*Energy performance of buildings — Overall energy performance assessment procedures*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.6.4 Ventilasi Berbasis Permintaan / *Demand-Controlled Ventilation* (DCV)

Sistem ventilasi yang secara otomatis menyesuaikan jumlah udara segar yang dibawa ke dalam gedung berdasarkan hunian real-time dan data kualitas udara yang mengoptimalkan kualitas udara dalam ruangan sambil meminimalkan konsumsi energi dengan menyediakan ventilasi sebagai respons terhadap permintaan aktual.

Persyaratan Fungsional	
Ventilasi berbasis sensor	Sistem harus menggunakan sensor untuk mendeteksi hunian, karbon dioksida (CO2), suhu, kelembaban, atau faktor relevan lainnya, untuk menyesuaikan tingkat ventilasi dan aliran udara yang sesuai.
Efisiensi energi	Sistem harus hemat energi, mengurangi konsumsi energi dan biaya dengan mengoptimalkan ventilasi berdasarkan hunian, kualitas udara, dan faktor lainnya.
Integrasi	Sistem ventilasi yang berbasis permintaan harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem otomasi bangunan atau sistem pemantauan kualitas udara, untuk mengoptimalkan penggunaan energi bangunan dan kualitas udara dalam ruangan.
Zonasi	Sistem harus mendukung zonasi, memungkinkan berbagai bagian bangunan berventilasi secara independen, berdasarkan hunian atau kriteria lainnya.
Preferensi pengguna	Sistem harus memungkinkan penghuni gedung untuk menyesuaikan tingkat ventilasi berdasarkan preferensi atau kondisi kesehatan mereka.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti penggantian filter atau kalibrasi sensor.
Analisis data	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data tentang hunian, kualitas udara, dan penggunaan energi, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk mengoptimalkan efisiensi energi bangunan dan kualitas udara dalam ruangan.
Otomatisasi	Sistem akan mengelola ventilasi secara otomatis dari rekomendasi yang diberikan oleh analitik data, tetapi dapat diintervensi oleh manusia.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor kelembaban ○ Sensor kualitas gas ○ Sensor partikel ○ Sensor termal ○ Sensor hunian ○ Sensor aliran udara	○ Sistem Otomasi Bangunan ○ Dasbor pemantauan

Standar Acuan	
SNI 6390:2020	Konservasi energi sistem tata udara pada Bangunan Gedung
SNI 03-6572-2001	Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
ISO 16484	*Building automation and control systems*
ISO 16813:2006	*Building environment design — Indoor environment — General principles*
IEEE 15232:2012	*Guide for the application of demand-controlled ventilation (DCV) using carbon dioxide (CO2) sensors and controls*
ISO 17772-1:2017	*Energy performance of buildings - Ventilation for buildings - Part 1: Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics*
ISO 16798-3:2019	*Energy performance of buildings - Part 3: Ventilation for buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.6.5 Sistem Deteksi Iklim

Sistem yang memonitor dan mengendalikan berbagai parameter iklim di dalam bangunan untuk menciptakan kondisi lingkungan yang optimal dan nyaman bagi penghuninya sambil mengoptimalkan penggunaan energi.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan berbasis sensor	Sistem harus menggunakan sensor untuk mengukur dan memantau parameter iklim dalam ruangan seperti suhu, kelembaban, dan tekanan udara.
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus menyediakan pemantauan waktu nyata kondisi iklim dalam ruangan, dengan peringatan dan pemberitahuan untuk setiap penyimpangan dari tingkat iklim dalam ruangan yang diinginkan.
Analisis data historis	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data historis tentang kondisi iklim dalam ruangan, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk meningkatkan efisiensi energi bangunan, kenyamanan, dan kualitas udara dalam ruangan.
Integrasi	Sistem deteksi iklim harus dapat berintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem HVAC atau sistem otomasi bangunan, untuk mengoptimalkan penggunaan energi bangunan dan kontrol iklim dalam ruangan.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni atau manajemen gedung untuk dengan mudah mengakses dan melihat data iklim dalam ruangan, menerima peringatan, dan mengakses fitur sistem lainnya.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti kalibrasi atau penggantian sensor.
Analisis data	Sistem harus mengumpulkan dan menganalisis data tentang parameter iklim dalam ruangan, memberikan wawasan dan rekomendasi untuk mengoptimalkan kontrol iklim bangunan.
Keamanan	Sistem harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan langkah-langkah perlindungan data yang tepat dan kontrol akses yang aman untuk mencegah akses yang tidak sah atau gangguan data sistem.
Kepatuhan	Sistem harus mematuhi standar dan pedoman iklim dalam ruangan yang relevan, seperti standar *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) atau kode bangunan lokal.
Akses seluler	Sistem harus menyediakan akses seluler ke data dan peringatan iklim dalam ruangan, memungkinkan penghuni gedung memantau iklim dalam ruangan dari jarak jauh dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan kenyamanan dan kualitas udara dalam ruangan.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor kelembaban ○ Sensor kualitas udara ○ Sensor termal ○ Perangkat IoT	○ Aplikasi pengolahan data ○ Algoritme pemantauan kualitas udara, pemberitahuan, dan tindakan otomatis ○ Dasbor kontrol

Standar Acuan	
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO 16484	*Building automation and control systems*
SNI 6390:2020	Konservasi energi sistem tata udara pada Bangunan Gedung
SNI 03-6572-2001	Tata cara perancangan sistem ventilasi dan pengkondisian udara pada bangunan gedung
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
ISO 16813:2006	*Building environment design — Indoor environment — General principles*
IEEE 15232:2012	*Guide for the application of demand-controlled ventilation (DCV) using carbon dioxide (CO2) sensors and controls*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.7 Sistem Pencahayaan

5.7.1 Sistem Pencahayaan Cerdas

Sistem pencahayaan yang dilengkapi teknologi cerdas yang mampu mendeteksi lingkungan dan diatur secara otomatis atau melalui kontrol pintar. Sistem pencahayaan cerdas mampu menyesuaikan tingkat pencahayaannya sehingga dapat meminimalisir penggunaan energi dan menjaga kenyamanan penghuni.

Persyaratan Fungsional	
Kontrol otomatis	Sistem harus dapat menyalakan atau mematikan lampu secara otomatis berdasarkan hunian, waktu, atau kondisi tertentu lainnya.
Kontrol berbasis sensor	Sistem harus menggunakan sensor untuk mendeteksi tingkat hunian atau cahaya matahari, memungkinkan kontrol pencahayaan yang lebih tepat dan hemat energi.
Pengaturan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memungkinkan penyesuaian pengaturan pencahayaan, seperti tingkat peredupan, suhu warna, atau adegan pencahayaan, untuk memenuhi kebutuhan ruang atau tugas yang berbeda.
Integrasi	Sistem pencahayaan harus dapat diintegrasikan dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem otomasi bangunan atau sensor hunian, untuk mengoptimalkan penggunaan energi bangunan dan kontrol pencahayaan.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni atau manajemen gedung untuk dengan mudah menyesuaikan pengaturan pencahayaan, menjadwalkan adegan pencahayaan, atau mengakses fitur sistem lainnya.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti penggantian bohlam atau pembersihan sensor.
Pemantauan energi	Sistem harus dapat memantau penggunaan energi dan memberikan wawasan dan rekomendasi untuk mengoptimalkan kontrol pencahayaan dan efisiensi energi.
Keamanan	Sistem harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan langkah-langkah perlindungan data yang tepat dan kontrol akses yang aman untuk mencegah akses yang tidak sah atau gangguan data sistem.
Kepatuhan	Sistem harus mematuhi standar dan pedoman pencahayaan yang relevan, seperti standar *Illuminating Engineering Society* (IES) atau kode bangunan lokal.
Akses seluler	Sistem harus menyediakan akses seluler ke kontrol dan pengaturan pencahayaan, memungkinkan penghuni gedung untuk menyesuaikan pencahayaan dari jarak jauh dan meningkatkan penghematan energi.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor gerak (PIR) ○ Sensor penerangan	○ Algoritma cerdas ○ Perangkat lunak analisis pencahayaan ○ Perangkat lunak desain pencahayaan

Standar Acuan	
SNI 6197:2020	Konservasi Energi pada Sistem Pencahayaan
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO/CIE 20086:2019	*Light and lighting — Energy performance of lighting in buildings*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.8 Sistem Mobilitas

5.8.1 Eskalator dan/atau *Autowalk* Cerdas

Sistem eskalator dan/atau autowalk adalah sistem yang mampu meningkatkan keselamatan dan efisiensi energi dengan mendeteksi kehadiran pengguna, perilaku yang membahayakan, serta integrasi dengan sistem bangunan lainnya. Sistem mampu menyesuaikan kecepatan operasi sesuai dengan kehadiran pengguna dan secara otomatis berhenti apabila terjadi keadaan darurat.

Persyaratan Fungsional	
Keamanan	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus mengutamakan keselamatan, dengan menerapkan fitur keselamatan yang sesuai seperti permukaan anti selip, tombol stop darurat, dan pemantauan kecepatan pegangan.
Efisiensi	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus memprioritaskan efisiensi dan mengurangi waktu tunggu, dengan menggunakan algoritma untuk menghitung eskalator dan perutean autowalk dan kontrol kecepatan yang paling optimal.
Integrasi	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus terintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem otomasi bangunan atau sensor hunian, untuk mengoptimalkan operasional gedung dan penggunaan eskalator/*autowalk*.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni gedung untuk dengan mudah mengakses dan menggunakan eskalator atau *autowalk*, melihat status sistem, dan menerima peringatan atau pemberitahuan.
Manajemen darurat	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus memiliki sistem manajemen darurat, seperti mode pemadam kebakaran, mode gempa, dan mode pemadaman, untuk memastikan evakuasi penghuni yang aman dalam situasi darurat.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti kegagalan mekanis atau keausan, memungkinkan pemeliharaan proaktif dan meminimalkan waktu henti.
Efisiensi energi	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus mengutamakan efisiensi energi, dengan menggunakan fitur-fitur seperti pengereman regeneratif, pencahayaan LED berenergi rendah, dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Keamanan	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan kontrol akses yang tepat, langkah-langkah perlindungan data, dan protokol komunikasi yang aman untuk mencegah akses tidak sah atau gangguan data sistem.
Pemantauan waktu nyata	Sistem eskalator dan *autowalk* cerdas harus menyediakan pemantauan penggunaan eskalator dan autowalk secara waktu nyata, pola lalu lintas, dan data relevan lainnya, memungkinkan peningkatan dan pengoptimalan berkelanjutan.
Otomatisasi	Sistem akan berubah perlahan atau cepat secara otomatis dari rekomendasi yang diberikan oleh data analitik, namun dapat diintervensi oleh manusia.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor ○ Pengendali ○ Motor listrik ○ Tangga dan pegangan tangan	○ Sistem manajemen eskalator ○ Antarmuka pengguna ○ Perangkat lunak pemeliharaan prediktif ○ Perangkat lunak manajemen energi

Standar Acuan	
Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 6 Tahun 2017	Keselamatan & Kesehatan Kerja Elevator
EN 115-1:2017	*Safety of escalators and moving walks*
EN 115-2:2010	*Safety of escalators and moving walks*
ISO 25745	*Energy performance of lifts, escalators, and moving walks*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
IEC 62443-4-2	*Industrial Automation & Control - Technical security requirement*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.8.2 Elevator Cerdas

Elevator Cerdas adalah sistem elevator yang mampu meningkatkan efisiensi energi, pengalaman dan keselamatan pengguna dengan mendeteksi kehadiran pengguna, menentukan rute efektif, dan integrasi dengan sistem darurat.

Persyaratan Fungsional	
Efisiensi	Sistem elevator cerdas harus memprioritaskan efisiensi dan mengurangi waktu tunggu, dengan menggunakan algoritma untuk menghitung rute elevator dan kontrol grup elevator yang paling optimal.
Kontrol Akses	Sistem elevator cerdas harus memiliki kontrol akses yang aman, memungkinkan individu yang berwenang untuk mengakses lantai atau area tertentu berdasarkan kredensial mereka.
Integrasi	Sistem elevator cerdas harus terintegrasi dengan teknologi bangunan cerdas lainnya, seperti sistem otomasi bangunan atau sensor hunian, untuk mengoptimalkan operasi gedung dan penggunaan elevator.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang memungkinkan penghuni gedung untuk dengan mudah memilih lantai atau tujuan yang diinginkan, melihat status elevator, dan menerima peringatan atau pemberitahuan.
Manajemen darurat	Sistem elevator cerdas harus memiliki sistem manajemen darurat, seperti mode layanan kebakaran, mode gempa, dan mode pemadaman, untuk memastikan evakuasi penghuni yang aman dalam situasi darurat.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti kegagalan mekanis atau keausan, memungkinkan pemeliharaan proaktif dan meminimalkan waktu henti.
Efisiensi energi	Sistem elevator cerdas harus memprioritaskan efisiensi energi, dengan menggunakan fitur-fitur seperti pengereman regeneratif, pencahayaan LED berenergi rendah, dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Keamanan	Sistem elevator cerdas harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan kontrol akses yang tepat, langkah-langkah perlindungan data, dan protokol komunikasi yang aman untuk mencegah akses yang tidak sah atau gangguan data sistem.
Pemantauan waktu nyata	Sistem elevator cerdas harus menyediakan pemantauan penggunaan elevator secara waktu nyata, pola lalu lintas, dan data relevan lainnya, memungkinkan peningkatan dan pengoptimalan berkelanjutan.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor (Berat, gerakan) ○ Pengendali ○ Motor listrik ○ Elevator mobil	○ Sistem manajemen elevator ○ Antarmuka pengguna & perangkat IoT ○ Perangkat lunak pemeliharaan prediktif ○ Perangkat lunak manajemen energi

Standar Acuan	
Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 6 Tahun 2017	Keselamatan & Kesehatan Kerja Elevator
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
SNI 03-6573:2001	Tata cara perancangan system transportasi vertical
SNI 03-7017.1:2004	Pemeriksaan dan pengujian serah terima
SNI 03-7017.2:2014	Pemeriksaan dan pengujian berkala
SNI 05-7052:2004	Syarat umum konstruksi lift machine roomless
EN 81-20:2014	*Safety rules for the construction and installation of lifts*
EN 81-50:2014	*Design rules, calculations, examinations*
ISO 25745	*Energy performance of lifts, escalators, and moving walks*
ISO 8100-34:2021	*Measurement of lift ride quality*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
IEC 62443-4-2	*Industrial Automation & Control - Technical security requirement*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.8.3 Sistem Parkir Cerdas

Sistem Parkir Cerdas adalah sistem teknologi yang menggunakan berbagai sensor dan perangkat cerdas untuk mengoptimalkan dan mengelola proses parkir di area parkir gedung guna meningkatkan efisiensi, keamanan dan pengalaman pengguna.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus menyediakan pemantauan pengguna dan ketersediaan parkir secara waktu nyata.
Deteksi akurat	Sistem harus dapat secara akurat mendeteksi ada atau tidaknya kendaraan menggunakan sensor dan/atau kamera.
Navigasi yang mudah	Sistem harus menyediakan navigasi yang jelas dan mudah diikuti ke tempat parkir yang tersedia.
Sistem reservasi	Sistem harus memungkinkan pengguna untuk memesan tempat parkir terlebih dahulu, baik melalui aplikasi seluler atau antarmuka web.
Sistem pembayaran	Sistem harus menyediakan sistem pembayaran yang memungkinkan pengguna membayar parkir dengan kartu kredit, pembayaran seluler, atau metode pembayaran lainnya.
Integrasi dengan sistem lain	Sistem tersebut harus terintegrasi dengan sistem bangunan lainnya, seperti sistem keamanan, sistem otomasi bangunan, dan sistem transportasi.
Pemeliharaan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti kegagalan mekanis atau keausan, memungkinkan pemeliharaan proaktif dan meminimalkan waktu henti.
Keamanan	Sistem harus memprioritaskan keamanan dengan menerapkan kontrol akses yang tepat, langkah-langkah perlindungan data, dan protokol komunikasi yang aman untuk mencegah akses yang tidak sah atau gangguan data sistem.
Efisiensi energi	Sistem harus memprioritaskan efisiensi energi, dengan menggunakan sensor berdaya rendah dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Kepatuhan	Sistem harus mematuhi peraturan parkir dan transportasi yang relevan, seperti persyaratan aksesibilitas dan kode parkir lokal.
Analisis data	Sistem harus menganalisis data parkir dari waktu ke waktu, mengidentifikasi pola dan tren, dan memberikan wawasan berbasis data kepada manajemen gedung untuk pengambilan keputusan.
Pengalaman pengguna	Sistem harus memberikan pengalaman pengguna yang positif, dengan antarmuka yang intuitif, instruksi yang jelas, dan layanan pelanggan yang responsif.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor (Ultrasonik, magnetik, inframerah) ○ Kamera ○ Tampilan LED ○ Perangkat komunikasi ○ Gerbang penghalang ○ Sistem parkir ○ Server pusat atau *cloud*	○ Sistem manajemen parkir ○ Aplikasi pengguna ○ Dasbor kontrol dan pemantauan

Standar Acuan	
Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 1993	Prasarana dan Lalu Lintas Jalan
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
ISO 16787:2017	*Intelligent transport systems — Assisted parking system (APS)*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.9 Sistem Keamanan

5.9.1 Pengawasan Video Cerdas

Pengawasan Video Cerdas adalah sistem keamanan yang menggunakan teknologi kamera pengawas yang dilengkapi dengan kecerdasan buatan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi dalam pengawasan dan pemantauan keamanan melalui deteksi gerakan, wajah, objek, dan tindakan serta integrasi dengan pihak terkait.

Persyaratan Fungsional	
Resolusi video berkualitas tinggi	Sistem pengawasan video harus menyediakan rekaman video resolusi tinggi untuk menangkap gambar yang jelas dan detail dari semua area di dalam gedung.
Pemantauan waktu nyata	Sistem pengawasan video harus menyediakan pemantauan waktu nyata dari semua area di dalam gedung, memungkinkan personel keamanan untuk dengan cepat menanggapi setiap insiden keamanan.
Analisis video cerdas	Sistem pengawasan video harus menggabungkan teknologi analisis video cerdas untuk mendeteksi dan memperingatkan petugas keamanan tentang perilaku mencurigakan atau ancaman keamanan. Ini termasuk pengenalan wajah, deteksi objek, dan penghitungan orang.
Peringatan otomatis	Sistem pengawasan video harus dapat mengirim peringatan otomatis kepada petugas keamanan ketika perilaku mencurigakan atau ancaman keamanan terdeteksi.
Integrasi dengan sistem keamanan lainnya	Sistem pengawasan video harus dapat diintegrasikan dengan sistem keamanan lain seperti sistem kontrol akses, sistem alarm, dan sistem interkom untuk memberikan solusi keamanan yang komprehensif.
Penyimpanan dan pengambilan	Sistem pengawasan video harus dapat menyimpan dan mengambil rekaman video untuk jumlah waktu yang telah ditentukan, memungkinkan petugas keamanan untuk meninjau rekaman masa lalu untuk penyelidikan.
Pemantauan jarak jauh	Sistem pengawasan video harus dapat diakses dari jarak jauh, memungkinkan personel yang berwenang untuk melihat rekaman langsung dan mengakses rekaman dari lokasi terpencil.
Kepatuhan terhadap peraturan perlindungan data	Sistem pengawasan video harus mematuhi peraturan perlindungan data dengan memastikan bahwa data yang diambil digunakan dan disimpan dengan aman dan hanya diakses oleh personel yang berwenang.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Pembaca Biometrik ○ Kamera ○ Hambatan (Barrier) ○ Alarm	○ Perangkat Lunak Manajemen Video ○ Perangkat Lunak Kontrol Akses ○ *Artificial Intelligence* (AI) dan *Machine Learning* (ML)

Standar Acuan	
ISO 30137	*Information technology - Use of biometrics in video surveillance systems*
ISO/IEC 27037:2012	*Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
IEEE 2410-2020	*Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)*
SNI ISO IEC 27001-2013	Teknologi informasi - Teknik keamanan - Sistem manajemen keamanan informasi - Persyaratan (ISO IEC 27001:2013, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.9.2 Sistem Penguncian Cerdas

Sistem Penguncian Cerdas adalah teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan kontrol akses dan penguncian pintu dengan pilihan berbagai metode penguncian, integrasi dengan aplikasi dan pihak terkait, pengumpulan data real-time dan deteksi akses terlarang.

Persyaratan Fungsional	
Kontrol akses	Sistem harus menyediakan kontrol akses, yang memungkinkan hanya personel yang berwenang untuk memasuki gedung atau area tertentu di dalam gedung.
Keamanan	Sistem harus menyediakan tingkat keamanan yang tinggi untuk mencegah entri yang tidak sah, seperti menggunakan enkripsi yang kuat, perangkat keras anti-rusak, dan deteksi intrusi.
Kemudahan penggunaan	Sistem harus mudah digunakan untuk personel yang berwenang, membutuhkan pelatihan minimal untuk beroperasi dan memberikan umpan balik yang jelas tentang status akses.
Skalabilitas	Sistem harus dapat diskalakan, memungkinkan ekspansi yang mudah untuk mengakomodasi kebutuhan bangunan yang terus meningkat dan mengubah persyaratan akses.
Manajemen jarak jauh	Sistem harus menyediakan kemampuan manajemen jarak jauh, yang memungkinkan administrator untuk mengontrol akses dari lokasi terpusat dan memantau log akses.
Integrasi	Sistem harus terintegrasi dengan sistem bangunan lain, seperti sistem keamanan dan sistem otomasi bangunan, untuk mengoptimalkan operasi dan keamanan bangunan.
Akses darurat	Sistem harus menyediakan akses darurat ke personel yang berwenang jika terjadi keadaan darurat, seperti menggunakan kunci penggantian darurat atau menyediakan akses ke responden pertama.
Daya tahan dan keandalan	Sistem harus tahan lama dan andal, mampu menahan penggunaan yang sering dan paparan kondisi lingkungan yang keras.
Kepatuhan	Sistem harus mematuhi kode dan peraturan bangunan yang relevan, seperti persyaratan ADA dan kode keselamatan kebakaran.
Efektivitas biaya	Sistem harus hemat biaya, memberikan *value for money* sambil memenuhi kebutuhan keamanan gedung.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Sensor Biometrik ○ Pembaca RFID ○ Kamera ○ Baterai ○ Perangkat IOT ○ Peralatan penguncian pintu	○ Sistem penguncian pintu ○ Dasbor pemantauan ○ Perangkat Lunak Kontrol Akses ○ Perangkat lunak manajemen alarm

Standar Acuan	
ISO 30137	*Information technology - Use of biometrics in video surveillance systems*
ISO/IEC 27037:2012	*Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
IEEE 2410-2020	*Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)*
SNI ISO IEC 27001-2013	Teknologi informasi - Teknik keamanan - Sistem manajemen keamanan informasi - Persyaratan (ISO IEC 27001:2013, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.9.3 Gerbang Virtual

Gerbang Virtual adalah teknologi yang dapat mengontrol akses ke suatu area tanpa perlu menggunakan pintu disik atau gerbang konvensional, melainkan dengan perangkat cerdas seperti kamera pengawas dan sensor. Integrasi dengan sistem bangunan lainnya diperlukan sehingga pengelola bangunan dapat mengatur akses penghuni dan mendapatkan peringatan jika terjadi pelanggaran.

Persyaratan Fungsional	
Kontrol akses	Sistem harus dapat memverifikasi identitas pengguna dan memberikan akses atau menolak akses berdasarkan tingkat izin mereka.
Integrasi dengan perangkat keras	Ketika gerbang virtual digunakan untuk mengontrol titik akses fisik, hal tersebut harus diintegrasikan dengan perangkat keras seperti pembaca kartu atau pemindai biometrik.
Pemantauan waktu nyata	Sistem harus dapat memantau status *port* dan memberikan peringatan waktu nyata tentang potensi masalah seperti upaya akses yang tidak sah.
Kustomisasi	Gerbang virtual harus dapat disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan spesifik organisasi, seperti mengatur tingkat akses, mengelola profil pengguna, dan menentukan aturan akses.
Pelaporan dan analisis	Sistem harus menyediakan pelaporan dan analisis terperinci untuk membantu organisasi memahami dan mengoptimalkan praktik kontrol akses mereka.
Skalabilitas	Sistem harus dirancang untuk dapat diskalakan dan mengakomodasi ekspansi masa depan.
Antarmuka pengguna	*Port* virtual harus memiliki antarmuka yang intuitif dan ramah pengguna yang memudahkan pengguna untuk berinteraksi dengan sistem.
Kontrol akses	Sistem harus dapat memverifikasi identitas pengguna dan memberikan akses atau menolak akses berdasarkan tingkat izin mereka.
Integrasi dengan perangkat keras	Ketika gerbang virtual digunakan untuk mengontrol titik akses fisik, hal tersebut harus diintegrasikan dengan perangkat keras seperti pembaca kartu atau pemindai biometrik.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ *Depth camera* ○ Perekam video jaringan ○ Sistem kontrol akses ○ Sensor Kedekatan	○ Perangkat lunak analisis video ○ Perangkat lunak kontrol akses ○ Perangkat lunak manajemen alarm

Standar Acuan	
ISO 30137	*Information technology - Use of biometrics in video surveillance systems*
ISO/IEC 27037:2012	*Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
IEEE 2410-2020	*Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)*
SNI ISO IEC 27001-2013	Teknologi informasi - Teknik keamanan - Sistem manajemen keamanan informasi - Persyaratan (ISO IEC 27001:2013, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.9.4 Pemantauan Hunian

Pemantauan Hunian adalah teknologi yang mampu mendeteksi dan mengamati tingkat okupansi sebuah bangunan guna meningkatkan keamanan dan keselamatan melalui pelacakan hunian dengan akurat, pengumpulan data real-time, dan integrasi dengan sistem bangunan lainnya

Persyaratan Fungsional	
Pelacakan hunian yang akurat	Sistem harus secara akurat melacak jumlah orang di gedung atau area tertentu di gedung menggunakan sensor, kamera, atau teknologi lainnya.
Data waktu nyata	Sistem harus menyediakan data waktu nyata tentang tingkat hunian, memungkinkan manajemen gedung untuk membuat keputusan berdasarkan informasi tentang operasi dan sumber daya bangunan.
Analisis data	Sistem harus menyediakan analisis data tentang pola dan tren hunian, memungkinkan manajemen gedung untuk mengidentifikasi peluang untuk pengoptimalan dan peningkatan.
Perlindungan privasi	Sistem harus melindungi privasi penghuni dengan menggunakan pengumpulan data anonim dan memastikan kepatuhan terhadap peraturan privasi yang relevan.
Integrasi dengan sistem lain	Sistem harus terintegrasi dengan sistem bangunan lain, seperti HVAC, pencahayaan, dan keamanan, untuk mengoptimalkan operasi bangunan dan efisiensi energi.
Peringatan dan pemberitahuan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan yang dapat disesuaikan berdasarkan tingkat hunian, memungkinkan manajemen gedung untuk merespons perubahan kondisi.
Skalabilitas	Sistem ini harus dapat diskalakan untuk mengakomodasi bangunan dengan berbagai ukuran dan kompleksitas, dari kantor kecil hingga bangunan komersial atau perumahan besar.
Efisiensi energi	Sistem harus memprioritaskan efisiensi energi dengan menggunakan sensor berdaya rendah dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Pemantauan dan kontrol jarak jauh	Sistem harus memungkinkan manajemen gedung untuk memantau dan mengontrol tingkat hunian dari jarak jauh melalui platform terpusat atau aplikasi seluler.
Kesehatan dan keselamatan	Sistem harus memprioritaskan kesehatan dan keselamatan dengan memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan kode yang relevan terkait dengan tingkat hunian dan kapasitas bangunan.
Efektivitas biaya	Sistem harus hemat biaya, memberikan *value for money* sambil memenuhi kebutuhan pemantauan hunian gedung.
Keleluasaan	Sistem harus cukup fleksibel untuk mengakomodasi metode dan teknologi pelacakan hunian yang berbeda, tergantung pada kebutuhan bangunan dan penghuni.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Sensor gerak ○ Tanda RFID ○ Suar energi rendah Bluetooth (BLE) ○ Kamera	○ Perangkat lunak manajemen hunian ○ Perangkat lunak pemosisian dalam ruangan ○ Perangkat lunak penghitungan orang ○ Perangkat lunak analisis video

Standar Acuan	
ISO 30137	*Information technology - Use of biometrics in video surveillance systems*
ISO/IEC 27037:2012	*Information technology — Security techniques — Guidelines for identification, collection, acquisition and preservation of digital evidence*
ISO 27001:2022	*Information security, cybersecurity, privacy protection*
ISO 27010:2015	*Information security controls for cloud services*
IEC 62443-4-1	*Secure product development lifecycle requirements*
IEEE 2410-2020	*Standard for Biometrics Open Protocol Extended Frameworks (OPEN)*
SNI ISO IEC 27001-2013	Teknologi informasi - Teknik keamanan - Sistem manajemen keamanan informasi - Persyaratan (ISO IEC 27001:2013, IDT)
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.10 Sistem Sumber Daya

5.10.1 Pengelolaan Air Cerdas

Pengelolaan Air Cerdas adalah sistem teknologi yang digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan sumber daya air dengan dengan mengumpulkan data yang tepat dan real-time mengenai infrastruktur dan penggunaan air. Sistem manajemen air cerdas dirancang untuk dapat mendeteksi kebocoran dan mengukur kualitas air secara otomatis dan memberi peringatan kepada pengelola bangunan.

Persyaratan Fungsional	
Pemantauan kualitas air	Sistem harus dapat terus memantau kualitas air untuk memastikannya memenuhi standar kesehatan dan keselamatan.
Deteksi kebocoran	Sistem harus dapat mendeteksi kebocoran dan memperingatkan manajer gedung secara waktu nyata untuk meminimalkan kerusakan air dan mencegah pemborosan.
Pelacakan penggunaan air	Sistem harus melacak penggunaan air dan memberikan analisis pola penggunaan untuk memungkinkan manajer fasilitas mengidentifikasi area limbah dan mengoptimalkan penggunaan air.
Konservasi air	Sistem harus dapat mengidentifikasi perlengkapan air yang tidak efisien dan menyarankan peningkatan atau penggantian yang akan mengurangi penggunaan air.
Irigasi cerdas	Sistem harus mencakup kontrol irigasi cerdas yang menyesuaikan jadwal pengairan lansekap berdasarkan kondisi cuaca dan kelembaban tanah untuk mengurangi limbah air dan menjaga lansekap yang sehat.
Pemantauan dan kontrol jarak jauh	Sistem harus memungkinkan manajer gedung untuk memantau dan mengontrol penggunaan air dari jarak jauh melalui platform terpusat atau aplikasi seluler.
Integrasi dengan sistem lain	Sistem ini harus diintegrasikan dengan sistem bangunan lain, seperti sistem pencahayaan dan HVAC, untuk mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan kinerja bangunan secara keseluruhan.
Pemeliharaan	Sistem harus memperingatkan dan memberi tahu untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti kebocoran, penyumbatan, atau peralatan yang tidak berfungsi, memungkinkan pemeliharaan proaktif dan meminimalkan waktu henti.
Efisiensi energi	Sistem harus memprioritaskan efisiensi energi dengan menggunakan sensor berdaya rendah dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Pengalaman pengguna	Sistem harus memberikan pengalaman pengguna yang positif, dengan antarmuka yang intuitif, instruksi yang jelas, dan layanan pelanggan yang responsif.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Meter air cerdas ○ Sakelar pompa IoT ○ Sensor ketinggian air ○ Sensor aliran ○ Katup otomatis ○ Sensor deteksi kebocoran ○ Sensor kualitas air ○ Sistem penyaringan dan pemurnian air ○ Sensor tingkat kelembaban tanah ○ Sprinkler irigasi otomatis	○ Pengontrol Irigasi Cerdas ○ Pengukuran Cerdas ○ Pengontrol Pengelolaan dan Pengolahan Limbah

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO/IEC 18025:2014	*Information technology — Environmental Data Coding Specification (EDCS)*
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*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.10.2 Dispenser Air Minum Cerdas

Dispenser Air Minum Cerdas adalah fasilitas cerdas yang dirancang untuk menyediakan air minum yang andal untuk publik dengan memastikan kebersihan air, memberikan pengalaman pengguna yang baik dan meminimalisir pemborosan air.

Persyaratan Fungsional	
Mengeluarkan air	Dispenser air harus dapat mengeluarkan air saat diaktifkan oleh pengguna.
Mengontrol suhu air	Dispenser air harus dapat mengontrol suhu air yang dikeluarkan, memungkinkan pengguna untuk memilih antara dingin, suhu kamar, dan air panas.
Sistem filtrasi	Dispenser air harus memiliki sistem penyaringan yang menghilangkan kotoran dari air, memastikan bahwa air aman dan bersih untuk diminum.
Pemantauan ketinggian air	Dispenser harus dapat memantau ketinggian air di reservoirnya dan memperingatkan staf pemeliharaan ketika permukaan air rendah.
Operasi tanpa sentuhan	Dispenser air harus memiliki mode operasi tanpa sentuhan, memungkinkan pengguna untuk mengaktifkan air mancur tanpa menyentuh tombol atau pegangan apa pun.
Pematian otomatis	Dispenser air harus dilengkapi dengan fitur mematikan otomatis yang mematikan aliran air setelah jangka waktu tertentu untuk mencegah pemborosan air.
Peringatan pemeliharaan	Dispenser air harus dapat mengirim peringatan kepada staf pemeliharaan ketika filter perlu diganti atau ketika tugas pemeliharaan lainnya perlu dilakukan.
Antarmuka pengguna	Dispenser air harus memiliki antarmuka pengguna yang mudah digunakan yang memungkinkan pengguna untuk memilih suhu air dan mengaktifkan dispenser.
Pemantauan penggunaan air	Dispenser air harus dapat memantau jumlah air yang dikeluarkan selama periode waktu tertentu untuk membantu manajer fasilitas melacak penggunaan air dan mengidentifikasi kebocoran atau masalah lainnya.
Konektivitas	Dispenser air harus dapat terhubung ke jaringan, memungkinkan staf pemeliharaan untuk memantau dan mengontrol air mancur dari jarak jauh, dan mengumpulkan data untuk tujuan analitik.

Perangkat keras	**Perangkat lunak**
○ Mekanisme dispenser ○ Tangki air ○ Sistem filtrasi ○ Sistem kontrol suhu ○ Sensor ○ Antarmuka pengguna	○ Firmware ○ Perangkat lunak antarmuka pengguna ○ Perangkat lunak pemeliharaan ○ Perangkat lunak analitik

Standar Acuan	
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
SNI 2547-2019	Spesifikasi meter air minum
SNI 7831-2012	Perencanaan sistem penyediaan air minum
ISO/IEC 18025:2014	*Information technology — Environmental Data Coding Specification (EDCS)*
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*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.10.3 Saluran Sampah Cerdas

Saluran Sampah Cerdas adalah sistem teknologi yang digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan sampah secara efisien dan terintegrasi dengan mengumpulkan data yang tepat dan real-time, mengoptimalisasi rute pengumpulan sampah, dan integrasi dengan pihak berwenang.

Persyaratan Fungsional	
Pembuangan sampah otomatis	Sistem harus memungkinkan pembuangan sampah otomatis dengan yang terintegrasi dengan kendaraan pengumpulan sampah dan menyediakan data waktu nyata tentang tingkat pengisian saluran sampah.
Pemilahan dan daur ulang sampah	Sistem harus memungkinkan pemilahan dan daur ulang sampah dengan menyertakan sensor dan kamera untuk mengidentifikasi dan memilah berbagai jenis sampah.
Analisis data	Sistem harus menyediakan analisis data tentang pola timbulan sampah, memungkinkan manajemen gedung untuk mengidentifikasi peluang pengurangan dan daur ulang sampah.
Perawatan dan perbaikan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan untuk kebutuhan pemeliharaan dan perbaikan, seperti malfungsi peralatan atau penyumbatan, memungkinkan pemeliharaan proaktif dan meminimalkan waktu henti.
Efisiensi energi	Sistem harus memprioritaskan efisiensi energi dengan menggunakan sensor berdaya rendah dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Pengalaman pengguna	Sistem harus memberikan pengalaman pengguna yang positif, dengan antarmuka yang intuitif, instruksi yang jelas, dan layanan pelanggan yang responsif.
Integrasi	Sistem ini harus terintegrasi dengan perusahaan pengelolaan sampah untuk memastikan pengumpulan dan pembuangan sampah yang efisien.
Pemantauan dan kontrol jarak jauh	Sistem harus memungkinkan manajemen gedung untuk memantau dan mengendalikan pembuangan sampah dan daur ulang dari jarak jauh melalui platform terpusat atau aplikasi seluler.
Kesehatan dan keselamatan	Sistem harus memprioritaskan kesehatan dan keselamatan dengan memastikan pembuangan sampah yang tepat dan meminimalkan risiko yang terkait dengan penanganan dan penyimpanan sampah.
Keberlanjutan	Sistem ini harus memprioritaskan keberlanjutan dengan memungkinkan pengurangan sampah dan daur ulang, dan mempromosikan praktik yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Saluran sampah cerdas ○ Pemadat ○ Stasiun pemilahan sampah ○ Kamera CCTV	○ Perangkat lunak pengelolaan sampah ○ Membangun sistem otomasi ○ Platform berbasis *cloud*

Standar Acuan	
Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012	Pengelolaan Sampah Rumah Tagga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
IEEE P1872	*Guide for the Specification of a Smart Waste Collection System in a Smart City*
SNI 8632-2018	Tata cara perencanaan teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.10.4 Tempat Sampah Cerdas

Tempat Sampah Cerdas adalah teknologi yang digunakan untuk mengoptimalkan pengelolaan sampah melalui penggunaan sensor dan integrasi dengan pihak terkait. Teknologi ini mampu menentukan jadwal operasi sistem, mendeteksi tingkat kepenuhan tempat penampungan, dan memberi peringatan kepada pihak terkait mengenai pengangkutan sampah.

Persyaratan Fungsional	
Pemilahan sampah otomatis	Sistem harus menggunakan sensor dan/atau kamera untuk memilah sampah ke dalam kategori yang berbeda secara otomatis, seperti daur ulang, sampah organik, dan sampah umum.
Data waktu nyata	Sistem harus menyediakan data waktu nyata tentang tingkat dan kategori volume sampah, memungkinkan manajemen gedung untuk membuat keputusan berdasarkan informasi tentang pengelolaan dan pengumpulan sampah.
Analisis data	Sistem harus menyediakan analisis data tentang pola dan tren sampah, memungkinkan manajemen gedung mengidentifikasi peluang untuk pengoptimalan dan peningkatan.
Pemantauan dan kontrol jarak jauh	Sistem harus memungkinkan manajemen gedung untuk memantau dan mengendalikan tingkat sampah dan pengumpulan dari jarak jauh melalui platform terpusat atau aplikasi seluler.
Peringatan dan pemberitahuan yang dapat disesuaikan	Sistem harus memberikan peringatan dan pemberitahuan yang dapat disesuaikan berdasarkan tingkat sampah dan jadwal pengumpulan, memungkinkan manajemen gedung untuk merespons perubahan kondisi.
Kesehatan dan keselamatan	Sistem harus memprioritaskan kesehatan dan keselamatan dengan memastikan kepatuhan terhadap peraturan dan kode yang relevan terkait dengan pengelolaan dan pengumpulan sampah.
Daya tahan dan tahan cuaca	Sistem harus tahan lama dan tahan cuaca untuk menahan kondisi luar ruangan dan penggunaan sehari-hari.
Antarmuka yang ramah pengguna	Sistem harus memiliki antarmuka yang ramah pengguna yang mudah digunakan dan dipahami oleh penghuni gedung.
Efisiensi energi	Sistem harus memprioritaskan efisiensi energi dengan menggunakan sensor berdaya rendah dan mode tidur untuk mengurangi konsumsi energi.
Keleluasaan	Sistem harus cukup fleksibel untuk memenuhi kebutuhan dan persyaratan pengelolaan sampah yang berbeda, tergantung pada kebutuhan bangunan dan penghuninya.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Modul Kamera ○ Sensor Kedekatan ○ Sensor Beban ○ Modul GPS	○ Algoritma pengenalan jenis sampah ○ Aplikasi pemrosesan data, pemberitahuan, dan tindakan otomatis ○ Dasbor pemantauan

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Pemerintah Nomor 81 Tahun 2012	Pengelolaan Sampah Rumah Tagga dan Sampah Sejenis Sampah Rumah Tangga
SNI 8632-2018	Tata cara perencanaan teknik operasional pengelolaan sampah perkotaan
IEEE P1872	*Guide for the Specification of a Smart Waste Collection System in a Smart City*
ISO 24533:2019	*Smart community infrastructures - Smart waste management*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

5.10.5 Toilet Cerdas

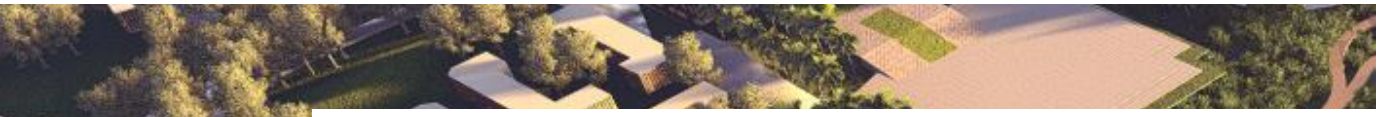
Toilet Cerdas adalah teknologi yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan pengalaman pengguna melalui penggunaan utilitas hemat sumber daya, sensor, dan integrasi dengan sistem bangunan lainnya.

Persyaratan Fungsional	
Pembersihan dan pemeliharaan otomatis	Sistem memiliki fitur pembersihan dan pemeliharaan otomatis, seperti toilet yang membersihkan sendiri, dan isi ulang bahan habis pakai otomatis seperti sabun dan handuk kertas.
Pemantauan okupansi waktu nyata	Sistem menggunakan sensor untuk memantau penggunaan toilet secara waktu nyata, memungkinkan manajemen gedung untuk mengoptimalkan jadwal pembersihan.
Manajemen antrean	Sistem memberikan informasi waktu nyata tentang ketersediaan toilet dan waktu antrian untuk membantu pengguna merencanakan kunjungannya.
Pemantauan lingkungan	Sistem memiliki sensor untuk memantau kualitas udara, suhu, dan kelembaban di toilet untuk memastikan kenyamanan dan kebersihan pengguna.
Pemantauan dan kontrol jarak jauh	Sistem harus memungkinkan manajemen gedung untuk memantau dan mengontrol status toilet dari jarak jauh, termasuk hunian, pembersihan, dan pemeliharaan.
Aksesibilitas	Sistem menyediakan fitur yang dapat diakses seperti kios yang dapat diakses kursi roda, grab bar, dan isyarat audio untuk tunanetra.
Kebersihan dan sanitasi	Sistem mengutamakan kebersihan dan sanitasi, menggunakan teknologi seperti nirsentuh untuk meminimalisir penyebaran kuman dan bakteri.
Keberlanjutan	Sistem memprioritaskan keberlanjutan dengan menggunakan peralatan hemat air, pencahayaan LED cerdas, dan fitur hemat energi lainnya untuk meminimalkan dampak lingkungan.
Umpan balik pengguna	Sistem menyediakan sistem umpan balik, seperti aplikasi seluler atau tampilan layar sentuh, untuk memungkinkan pengunjung memberikan umpan balik tentang pengalaman toilet dan menyarankan perbaikan.
Privasi dan keamanan	Sistem memastikan privasi dan keamanan, menggunakan fitur seperti kubikel toilet, kunci, dan kamera pengintai untuk memastikan keselamatan pengunjung dan mencegah vandalisme.
Dukungan multibahasa	Sistem menyediakan dukungan multibahasa, termasuk papan tanda dan isyarat audio dalam berbagai bahasa untuk mengakomodasi pengunjung dari berbagai latar belakang.
Analisis data	Sistem menyediakan analisis data tentang penggunaan toilet, pola hunian, dan kebutuhan pemeliharaan, memungkinkan manajemen gedung untuk mengoptimalkan operasi dan meningkatkan pengalaman pengunjung.

Perangkat keras	Perangkat lunak
○ Cermin Cerdas ○ Toilet Cerdas ○ Modul kamera ○ Deteksi suara ○ Sensor Kedekatan ○ Mikrofon & Speaker	○ Dasbor kontrol dan pemantauan ○ Aplikasi Mobile ○ Asisten Berkemampuan Suara ○ Perangkat Lunak Pembersih dan Sanitasi

Standar Acuan	
Peraturan Menteri PUPR Nomor 21 Tahun 2021	Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau
Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 2 Tahun 2023	Peraturan pelaksanaan peraturan pemerintah nomor 66 tahun 2014 tentang Kesehatan Lingkungan
ISO 30500	*Non-sewered sanitation systems — Prefabricated integrated treatment units — General safety and performance requirements for design and testing*
ISO/IEC 18025:2014	*Information technology — Environmental Data Coding Specification (EDCS)*
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*
Lainnya	Peraturan atau standar lainnya yang berlaku

6. Implementasi Bangunan Cerdas di Nusantara



6.1 Tahapan Implementasi

Implementasi bangunan cerdas ditujukan untuk mendukung visi Ibu Kota Nusantara, yaitu 'Kota Dunia untuk Semua' melalui pembangunan berkelanjutan di sektor energi, air, limbah, lingkungan & keanekaragaman hayati, ekonomi, pariwisata, keamanan, dan teknologi. Penerapan teknologi cerdas harus diintegrasikan dalam seluruh desain bangunan sebagai pendekatan untuk mencapai kinerja yang ditargetkan. Untuk memastikan tercapainya kinerja bangunan cerdas, implementasi bangunan cerdas di Nusantara terdiri dari beberapa tahapan, mulai dari perencanaan dan desain, tinjauan kinerja, implementasi, dan evaluasi kinerja.

Tahap perencanaan dan desain harus dilakukan berdasarkan kinerja yang ditargetkan dari setiap proyek bangunan, yang harus mendukung kinerja yang ditargetkan Nusantara. Setiap proyek bangunan harus menentukan prioritas yang ditargetkan secara spesifik dalam kaitannya dengan penggunaan bangunan tertentu. Tergantung pada jenis bangunan, beberapa proyek bangunan dapat memiliki prioritas yang berbeda mengenai efisiensi energi, peningkatan produktivitas, dan kenyamanan dan keamanan penghuni. Lokasi setiap proyek bangunan juga harus menjadi pertimbangan dalam menentukan prioritas yang ditargetkan. Proyek pembangunan yang terletak di lokasi yang berbeda mungkin perlu menerapkan teknologi cerdas yang berbeda untuk menanggapi konteks dan kondisi lingkungan tertentu. Tahap perencanaan dan perancangan harus mengintegrasikan berbagai sistem bangunan cerdas sebagaimana tercantum dalam pedoman ini sesuai dengan kinerja yang ditargetkan.

Berdasarkan desain bangunan cerdas yang diusulkan untuk setiap proyek bangunan, **tinjauan kinerja harus dilakukan pada desain sistem bangunan cerdas yang diusulkan untuk memastikan bahwa sistem yang diusulkan dapat mencapai kinerja yang ditargetkan**. Tahap ini diperlukan untuk memastikan penggunaan teknologi cerdas tepat guna yang relevan dengan kinerja yang ditargetkan sekaligus sesuai dengan konteks lingkungan bangunan. Setiap aspek desain bangunan cerdas harus ditinjau sesuai dengan standar kinerja yang relevan. Hasil tinjauan kinerja akan menjadi dasar untuk menyelesaikan desain bangunan cerdas.

Tahap implementasi bangunan cerdas mengintegrasikan teknologi bangunan cerdas dalam proses konstruksi bangunan. Tahap implementasi harus menunjukkan proses konstruksi berkelanjutan dari awal hingga selesai. Proses ini harus mematuhi prinsip-prinsip efisiensi dan efektivitas, dan memanfaatkan teknologi cerdas dan platform yang relevan untuk memantau dan mengoordinasikan proses implementasi.

Keberhasilan sistem bangunan cerdas baru bisa dibuktikan setelah bangunan tersebut digunakan dan ditempati. Evaluasi pasca-hunian untuk menilai kinerja bangunan cerdas harus menjadi bagian integral dari implementasi bangunan cerdas. Pemantauan dan pelaporan rutin kinerja bangunan cerdas harus dilakukan secara terus menerus untuk memastikan pencapaian target kinerja sepanjang siklus hidup bangunan.

Melalui implementasi sistem bangunan cerdas untuk proyek-proyek bangunan di Nusantara dari tahap perencanaan dan desain hingga tahap evaluasi, diharapkan gedung-gedung di Nusantara dapat menerapkan teknologi cerdas tepat guna yang dapat mendukung pencapaian kinerja yang ditargetkan.

6.2 Manfaat Bangunan Cerdas

Gambar 2. Aspek Manfaat Bangunan Cerdas

Bangunan cerdas berperan penting dalam menciptakan lingkungan binaan yang bermanfaat bagi bumi (*earth*) dan makhluk hidup (*living things*). Melalui integrasi berbagai teknologi, bangunan cerdas dapat meminimalisir konsumsi energi, mengurangi polusi, dan meningkatkan kualitas udara dalam ruangan.

Tabel 1. Manfaat Bangunan Cerdas untuk Lingkungan

Kode	Manfaat	Deskripsi
E1	Efisiensi energi	Dengan mengotomatisasi dan mengoptimalkan sistem seperti pemanasan, ventilasi, dan pencahayaan, teknologi bangunan cerdas dapat membantu mengurangi konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi energi, yang mengarah pada pengurangan jejak dan emisi karbon. Misalnya, sistem pemantauan dan pengendalian untuk tingkat kelembaban, suhu, dan kualitas udara yang meningkatkan kualitas udara dalam ruang di bangunan cerdas juga dapat membantu mengurangi kebutuhan sistem ventilasi yang intensif energi. Selain itu, bangunan cerdas dapat menentukan kapan sebuah ruangan kosong menggunakan sensor hunian, memungkinkan optimalisasi sistem pemanas, ventilasi, dan pencahayaan yang semakin mengurangi konsumsi energi.
E2	Integrasi energi terbarukan	Bangunan cerdas dirancang dengan mengintegrasikan sumber energi terbarukan seperti tenaga surya, angin, dan panas bumi. Sistem ini menghasilkan energi bersih dan dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
E3	Konservasi air	Untuk mengurangi penggunaan air dan menghemat sumber daya air, bangunan cerdas menggabungkan teknologi hemat air seperti perlengkapan aliran rendah, pemanenan air hujan, dan sistem irigasi cerdas.
E4	Pengurangan limbah	Teknologi pengelolaan limbah, seperti sistem daur ulang dan dekomposisi, dapat dipasang di gedung cerdas untuk mengurangi limbah. Selain itu, teknologi ini juga menurunkan emisi gas rumah kaca dan membantu melestarikan sumber daya alam.

Dari perspektif manusia, bangunan cerdas dapat memberikan kenyamanan dan kemudahan yang lebih besar bagi penghuni melalui pencahayaan otomatis, kontrol suhu, dan sistem keamanan. Selain itu, mereka dapat meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan dengan mengoptimalkan pencahayaan dan kualitas udara untuk menciptakan lingkungan dalam ruangan yang lebih sehat dan nyaman.

Tabel 2. Manfaat Bangunan Cerdas untuk Penghuni

Kode	Manfaat	Deskripsi
L1	Peningkatan kualitas lingkungan dalam ruangan	Teknologi bangunan cerdas dapat memantau dan mengontrol suhu, kelembaban, kualitas udara, dan ventilasi, meningkatkan kualitas udara dalam ruangan dan mengurangi risiko penyakit pernapasan. Ini dapat bermanfaat bagi manusia dan hewan
L2	Optimalisasi cahaya alami	Teknologi bangunan cerdas dapat mengontrol sistem pencahayaan untuk mengoptimalkan paparan cahaya alami, yang telah terbukti meningkatkan kesehatan mental, produktivitas, dan kesejahteraan penghuni secara keseluruhan.
L3	Kenyamanan hunian	Teknologi bangunan cerdas dapat memantau tingkat hunian dan menyesuaikan sistem pemanasan, pendinginan, dan pencahayaan untuk memastikan tingkat kenyamanan optimal bagi penghuni. Keamanan penghuni juga didukung oleh teknologi bangunan cerdas, menciptakan rasa nyaman bagi penghuni. Ini dapat meningkatkan produktivitas dan mengurangi tingkat stres.
L4	Manajemen Suara/Kontrol Akustik	Bangunan cerdas dapat menggunakan teknologi pengurangan kebisingan seperti panel akustik untuk meningkatkan kualitas suara dan mengurangi polusi suara. Hal ini dapat menyebabkan lingkungan yang lebih damai bagi manusia dan hewan.
L5	Kontrol iklim	Teknologi bangunan cerdas dapat mengoptimalkan sistem pemanas dan pendingin untuk menciptakan lingkungan yang nyaman bagi makhluk hidup. Ini sangat penting untuk tanaman dan hewan yang membutuhkan kondisi suhu dan kelembaban tertentu.

Tabel 3. Manfaat Setiap Fitur Bangunan Cerdas

Fitur	Manfaat
Kontrol Akses Tanpa Sentuh	L3
Manajemen Pengunjung	L3
Sistem Interkom	L3
Papan (*Signage*) Digital & Audio Visual	L3
Pembaca Meter Otomatis	E1, E2, E3
Pembaca Sub-Meter Otomatis	E1, E2, E3
Penyeimbang Beban Listrik	E1, E2
Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum	E1, E2
Sistem Tanggap Bencana Aktif	L3
Sistem Pemadam Kebakaran Cerdas	L3
Tombol Darurat	L3
Pemeliharaan Perangkat Keselamatan Kebakaran	L3
Perlindungan Bahaya Hewan	L3
Pemantauan Kualitas Udara Dalam dan Luar Ruangan	L1, L3, L5, E1
Sistem Pendingin Udara	L1, L3, L5, E1
Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter	L1, L3, L5, E1
Ventilasi Berbasis Permintaan (DCV)	L1, L3, L5, E1
Sistem Deteksi iklim	L1, L3, L5, E1
Sistem Pencahayaan Cerdas	L1, L2, L3, E1
Eskalator dan/atau *Autowalk* Cerdas	E1
Elevator Cerdas	E1
Sistem Parkir Cerdas	L3
Pengawasan Video Cerdas	L3
Sistem Penguncian Cerdas	L3
Gerbang Virtual	L3
Pemantauan Hunian	L3
Pengelolaan Air Cerdas	E1, E3
Dispenser Air Minum Cerdas	E1, E3
Saluran Limbah Cerdas	E4
Tempat Sampah Cerdas	E4
Toilet Cerdas	L1, L2, L3, L4, L5, E1, E3

Efektivitas bangunan cerdas pada akhirnya tergantung pada bagaimana mereka dirancang, diimplementasikan, dan digunakan. Bangunan cerdas harus memprioritaskan kelestarian lingkungan dan kesejahteraan manusia daripada hanya berfokus pada satu atau yang lain. Selain itu, penting untuk memastikan bahwa teknologi bangunan cerdas dapat diakses dan terjangkau.

© Otorita Ibu Kota Nusantara 2023

Panduan implementasi fitur cerdas pada bangunan cerdas ditentukan untuk bangunan gedung negara (BGN) berdasarkan klasifikasi BGN sebagaimana tertera pada Tabel 4 dan matriks implementasi pada Tabel 5.

Tabel 4. Klasifikasi Klas Bangunan Gedung (BGN)

Klasifikasi	Definisi
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 meter persegi (m2) ; dan Rumah negara meliputi rumah negara tipe C, tipe D, dan tipe E.
Tidak Sederhana	Bangunan dengan teknologi dan spesifikasi tidak sederhana meliputi 1) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan jumlah lantai lebih daru 2 (dua) lantai; 2) Bangunan gedung kantor dan BGN lainnya dengan luas lebih dari 500 m2; dan 3) Rumah negara meliputi rumah negara tipe A dan tipe B
Khusus	Merupakan: 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 Meliputi 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 mengandung 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

Tabel 5. Matriks Fitur Bangunan Cerdas Berdasarkan Klasifikasi BGN

Fitur	Klasifikasi BGN		
	Sederhana	**Tidak Sederhana**	**Khusus**
Sistem Manajemen Gedung Terpadu	✓	✓	✓
Ruang Kontrol dan Pusat Data		✓	✓
Fiber-to-the-Room (FTTR)	✓	✓	✓
Digital Twin		✓	✓
Kontrol Akses Tanpa Sentuh	+	✓	✓
Manajemen Pengunjung		+	✓
Sistem Interkom	+	✓	✓
Papan (*Signage*) Digital & Audio Visual		+	✓
Pembaca Meter Otomatis	✓	✓	✓
Pembaca Sub-Meter Otomatis	+	+	+
Penyeimbang Beban Listrik	✓	✓	✓
Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum		✓	✓
Sistem Tanggap Bencana Aktif	+	✓	✓
Sistem Pemadam Kebakaran Cerdas	✓	✓	✓
Tombol Darurat	+	✓	✓
Pemeliharaan Perangkat Keselamatan Kebakaran		+	+
Perlindungan Bahaya Hewan	+	+	+
Pemantauan Kualitas Udara	✓	✓	✓
Sistem Pendingin Udara	✓	✓	✓
Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter	✓	✓	✓
Ventilasi Berbasis Permintaan (DCV)	✓	✓	✓
Sistem Deteksi iklim	✓	✓	✓
Sistem Pencahayaan Cerdas	✓	✓	✓
Eskalator dan/atau *Autowalk* Cerdas		✓	+
Elevator Cerdas		✓	✓
Sistem Parkir Cerdas		+	+
Pengawasan Video Cerdas	✓	✓	✓
Sistem Penguncian Cerdas	✓	✓	✓
Gerbang Virtual		+	+
Pemantauan Hunian	+	✓	✓
Pengelolaan Air Cerdas	✓	✓	✓
Dispenser Air Minum Cerdas		+	+
Saluran Limbah Cerdas		✓	✓
Tempat Sampah Cerdas	+	+	✓
Toilet Cerdas	+	+	+

✓ = Wajib diimplementasikan **+ = Disarankan untuk diimplementasikan**

Panduan implementasi fitur cerdas pada bangunan cerdas juga ditentukan untuk yang tidak bangunan gedung negara (Non-BGN), dengan klasifikasi klas bangunan gedung sebagaimana tertera pada Tabel 6 dan matriks implementasi pada Tabel 7.

Tabel 6. Klasifikasi Klas Bangunan Gedung (Non-BGN)

Klas Bangunan	Definisi	Contoh
Klas 1a	Satu rumah tunggal, satu atau lebih rumah gandeng yang dipisahkan dinding tahan api	Rumah sederhana, rumah deret, vila, rumah taman
Klas 1b	Asrama, hostel atau sejenisnya dengan luas paling besar 300 m2 dan tidak dihuni lebih dari 12 orang	Kos, losmen, hostel yang luasannya tidak lebih dari 300 m2 dan dihuni tidak lebih dari 12 orang
Klas 2	Bangunan gedung hunian yang terdiri atas 2 atau lebih unit hunian, yang masing-masing merupakan tempat tinggal terpisah	Rumah tidak sederhana
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, guest house, losmen, panti, dan sejenisnya
Klas 4	Bangunan gedung hunian di luar klas 1 dan 2, yang umum digunakan sebagai tempat tinggal lama atau sementara oleh sejumlah orang yang tidak berhubungan	Apartemen mix-use
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
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, showroom mobil, dan sejenisnya
Klas 7	Bangunan gedung yang dipergunakan sebagai penyimpanan	Gedung dan tempat parkir umum
Klas 8	Bangunan gedung laboratorium dan bangunan gedung yang dipergunakan untuk tempat pemrosesan suatu produksi, perakitan, perubahan, perbaikan, pengepakan, finishing, atau pembersihan barang-barang produksi dalam rangka perdagangan atau penjualan	Laboratorium, bengkel mobil, pabrik, dan sejenisnya
Klas 9a	Bangunan gedung umum untuk pelayanan perawatan kesehatan	Rumah sakit
Klas 9b	Bangunan gedung umum pertemuan yang tidak termasuk setiap bagian dari bangunan yang merupakan klas lain	Sekolah, tempat peribadatan, tempat budaya, bengkel kerja (workshop), dan sejenisnya
Klas 10a	Bangunan gedung bukan hunian berupa sarana atau prasarana yang dibangun terpisah	Garasi pribadi, garasi umum, dan sejenisnya
Klas 10b	Struktur berupa sarana atau prasarana yang dibangun terpisah	Pagar, antena (mast), kolam renang, dan sejenisnya

Tabel 7. Matriks Fitur Bangunan Cerdas Berdasarkan Klasifikasi Non-BGN

Fitur	Klasifikasi Non-BGN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sistem Manajemen Gedung Terpadu	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Ruang Kontrol dan Pusat Data				✓	✓			+	+	
Fiber-to-the-Room (FTTR)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	+
Digital Twin				✓	✓			+	+	
Kontrol Akses Tanpa Sentuh	+	+	+	✓	✓			✓	✓	+
Manajemen Pengunjung			+	+	+			+	✓	+
Sistem Interkom	+	+	+	✓	✓			+	✓	+
Papan (*Signage*) Digital & Audio Visual				+	+	+		+	✓	
Pembaca Meter Otomatis	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Pembaca Sub-Meter Otomatis	+	+	+	+	+	+		+	+	
Penyeimbang Beban Listrik	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Stasiun Pengisian Kendaraan Listrik Umum				✓	✓		+		✓	+
Sistem Tanggap Bencana Aktif	+	+	+	✓	✓	+	+	✓	✓	+
Sistem Pemadam Kebakaran Cerdas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tombol Darurat	+	+	+	✓	✓	✓	+	✓	✓	+
Pemeliharaan Perangkat Keselamatan Kebakaran				+	+			+	+	
Perlindungan Bahaya Hewan	+	+	+	+	+	+			+	
Pemantauan Kualitas Udara Dalam dan Luar Ruangan	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistem Pendingin Udara	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Pemurnian Udara dan Pemantauan Filter	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Ventilasi Berbasis Permintaan (DCV)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistem Deteksi iklim	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Sistem Pencahayaan Cerdas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eskalator dan/atau *Autowalk* Cerdas				✓	✓				+	
Elevator Cerdas				✓	✓				✓	
Sistem Parkir Cerdas				+	+		+		+	+
Pengawasan Video Cerdas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sistem Penguncian Cerdas	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	+
Gerbang Virtual				+	+				+	
Pemantauan Hunian	+	+	+	✓	✓	+	+	+	✓	+
Pengelolaan Air Cerdas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	+	✓	✓	+
Dispenser Air Minum Cerdas				+	+				+	
Saluran Limbah Cerdas				✓	✓				✓	
Tempat Sampah Cerdas	+	+	+	+	+	+		+	✓	+
Toilet Cerdas	+	+	+	+	+	+		+	✓	

✓ = Wajib diimplementasikan **+ = Disarankan untuk diimplementasikan**

Penentuan kewajiban implementasi fitur pada tabel 5 dan tabel 7 ditentukan sebagai berikut.

1. Fitur menjadi wajib ketika menjadi syarat daripada fitur lainnya.
2. Fitur menjadi wajib ketika sangat penting dalam menghemat energi bangunan.
3. Fitur menjadi wajib ketika fungsi utamanya adalah untuk menjaga keamanan dan keselamatan penghuni.
4. Fitur menjadi wajib jika pemasangannya hanya dapat dilakukan pada tahap konstruksi dan tidak dapat dipasang sebagai add-on pada tahap operasional.

Referensi

[1] ABB. (2020). *ABB Smart Buildings.*

[2] Aftab, J., & Ramage, M. (2018). The Edge Amsterdam – showcasing an exemplary IoT building. *University of Cambridge*, 22. https://www.cdbb.cam.ac.uk/system/files/documents/TheEdge_Paper_LOW1.pdf%0Ahttps://www.cdbb.cam.ac.uk/news/2018CaseTheEdge

[3] Al Dakheel, J., Del Pero, C., Aste, N., & Leonforte, F. (2020). Smart buildings features and key performance indicators: A review. *Sustainable Cities and Society*, *61*(June), 102328. https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102328

[4] AlGhamdi, R., & Sharma, S. K. (2022). IoT-Based Smart Water Management Systems for Residential Buildings in Saudi Arabia. Processes, 10(11). https://doi.org/10.3390/pr10112462

[5] Aliero, M. S., Asif, M., Ghani, I., Pasha, M. F., & Jeong, S. R. (2022). Systematic Review Analysis on Smart Building: Challenges and Opportunities. Sustainability (Switzerland), 14(5). https://doi.org/10.3390/su14053009

[6] Anjum, M., Shahab, S., & Umar, M. S. (2022). Smart waste management paradigm in perspective of IoT and forecasting models. International Journal of Environment and Waste Management, 29(1), 34–79. https://doi.org/10.1504/IJEWM.2022.120621

[7] Azhar Fakharuddin. (2012). A smart energy management system for monitoring and controlling time of power consumption. Scientific Research and Essays, 7(9). https://doi.org/10.5897/sre11.160

[8] Berawi, M. A., Miraj, P., Sayuti, M. S., & Berawi, A. R. B. (2017). Improving building performance using smart building concept: Benefit cost ratio comparison. AIP Conference Proceedings, 1903(November 2017). https://doi.org/10.1063/1.5011508

[9] Buckman, A. H., Mayfield, M., & Beck, S. B. M. (2014). What is a smart building? *Smart and Sustainable Built Environment*, *3*(2), 92–109. https://doi.org/10.1108/SASBE-01-2014-0003

[10] Chen, H., Chou, P., Duri, S., Lei, H., & Reason, J. (2009). The design and implementation of a smart building control system. Proceedings - IEEE International Conference on e-Business Engineering, ICEBE 2009; IEEE Int. Workshops - AiR 2009; SOAIC 2009; SOKMBI 2009; ASOC 2009, January, 255–262. https://doi.org/10.1109/ICEBE.2009.4

[11] City of Cape Town. (2012). *City of Cape Town Smart Building Handbook.*

[12] Ejidike, C. C., & Mewomo, M. C. (2023). Benefits of adopting smart building technologies in building construction of developing countries: review of literature. *SN Applied Sciences*, *5*(2). https://doi.org/10.1007/s42452-022-05262-y

[13] Ehrlich, P. (2014). Building automation. In Engineered Systems (Vol. 31, Issue 10). https://doi.org/10.1515/9783035612912-008

[14] Energy Technologies and Systems, ICSETS 2019, September, 297–301. https://doi.org/10.1109/ICSETS.2019.8744873

[15] Smart M2M: *Smart Escalator IoT System.*

[16] Fang, H., Lo, S., & Lo, J. T. Y. (2021). Building fire evacuation: An IoT-aided perspective in the 5G era. Buildings, 11(12), 1–24. https://doi.org/10.3390/buildings11120643

[17] Femi, J. G. (2022). Smart Water Management System. International Journal of Smart Sensor and Adhoc Network., March, 9–15. https://doi.org/10.47893/ijssan.2022.1213

[18] Froufe, M. M., Chinelli, C. K., Guedes, A. L. A., Haddad, A. N., Hammad, A. W. A., & Soares, C. A. P. (2020). Smart buildings: Systems and drivers. Buildings, 10(9), 1–20. https://doi.org/10.3390/buildings10090153

[19] Füchtenhans, M., Grosse, E. H., & Glock, C. H. (2021). Smart lighting systems: state-of-the-art and potential applications in warehouse order picking. International Journal of Production Research, 59(12), 3817–3839. https://doi.org/10.1080/00207543.2021.1897177

[20] Glouche, Y., & Couderc, P. (2013). A Smart Waste Management with Self-Describing objects. The Second International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies (SMART'13), c, 63–70.

[21] Handri, H., Taqiuddin, Z., & Huda, K. (2021). Bangunan Pintar dan Penerapannya di Indonesia Smart Buildings and Its Application in Indonesia. Jurnal Arsitektur Dan Perencanaan, 10(2), 48–51.

[22] Hangli, G., Hamada, T., Sumitomo, T., & Koshizuka, N. (2020). Intellevator: An Intelligent Elevator System Proactive in Traffic Control for Time-Efficiency Improvement. IEEE Access, 8, 35535–35545. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975020

[23] Hikvision. (2021). *CCTV Solution Products*

[24] Honeywell. *Controlling the Future with Technology*

[25] Huh, J. H., Choi, J. H., & Seo, K. (2021). Smart trash bin model design and future for smart city. Applied Sciences (Switzerland), 11(11). https://doi.org/10.3390/app11114810

[26] Ibrahim, S., Ziedan, I., & Ahmed, A. (2021). Study of Climate Change Detection in North-East Africa Using Machine Learning and Satellite Data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 14(November), 11080–11094. https://doi.org/10.1109/JSTARS.2021.3120987

[27] Intelligent Building Europe. (2020). *Smart Building Case Studies*.

[28] International Energy Agency. (2021). *Buildings: A source of enormous untapped efficiency potential*. https://www.iea.org/topics/buildings

[29] Kaushik, A. K., Arif, M., Syal, M. M. G., Rana, M. Q., Oladinrin, O. T., Sharif, A. A., & Alshdiefat, A. S. (2022). Effect of Indoor Environment on Occupant Air Comfort and Productivity in Office Buildings: A Response Surface Analysis Approach. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(23). https://doi.org/10.3390/su142315719

[30] Khan, M. S., Woo, M., Nam, K., & Chathoth, P. K. (2017). Smart city and smart tourism: A case of Dubai. Sustainability (Switzerland), 9(12). https://doi.org/10.3390/su9122279

[31] Kumar, A., Shareef, A., Harn, K. T., Kar, P., & Panda, S. K. (2019). A Complete Hardware Setup for Smart Lighting System. 1st IEEE International Conference on Sustainable Energy Technologies and Systems, ICSETS 2019, February, 297–301. https://doi.org/10.1109/ICSETS.2019.8744873

[32] Knutson, T. R., Zhang, R., & Horowitz, L. W. (2016). Prospects for a prolonged slowdown in global warming in the early 21st century. Nature Communications, 7. https://doi.org/10.1038/ncomms13676

[33] Li, Z., Zhang, J., Li, M., Huang, J., & Wang, X. (2020). A review of smart design based on interactive experience in building systems. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(17). https://doi.org/10.3390/SU12176760

[34] Lizar, N. R. (2021). Penerapan Konsep Bangunan Cerdas Pada Desain Hunian Padat Di Kapuk. Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa), 3(1), 455. https://doi.org/10.24912/stupa.v3i1.10910

[35] Lam, K. H., To, W. M., & Lee, P. K. C. (2023). Smart Building Management System (SBMS) for Commercial Buildings—Key Attributes and Usage Intentions from Building Professionals' Perspective. Sustainability (Switzerland), 15(1). https://doi.org/10.3390/su15010080

[36] Lê, Q., Nguyen, H. B., & Barnett, T. (2012). Smart Homes for Older People: Positive Aging in a Digital World. *Future Internet*, *4*(2), 607–617. https://doi.org/10.3390/fi4020607

[37] Lee, J., Khan, I., Choi, S., & Kwon, Y. W. (2019). A smart iot device for detecting and responding to earthquakes. Electronics (Switzerland), 8(12), 1–19. https://doi.org/10.3390/electronics8121546

[38] Lin, T. H., Huang, J. T., & Putranto, A. (2022). Integrated smart robot with earthquake early warning system for automated inspection and emergency response. Natural Hazards, 110(1), 765–786. https://doi.org/10.1007/s11069-021-04969-2

[39] Mahbub, P. K., & Darmawan, C. (2019). Fire Safety System Building. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 662(4). https://doi.org/10.1088/1757-899X/662/4/042001

[40] Moor, M. (2022). *Meet the "Smartest Office Building in the World."* Techradar.Pro. https://www.techradar.com/news/meet-the-smartest-office-building-in-the-world

[41] Nurrahman, H., Permana, A. Y., & Susanti, I. (2021). Implementation of the Smart Building Concept in Parahyangan Office Rental Space and Apartment Design. Journal of Architectural Research and Education, 3(1), 31–43. https://doi.org/10.17509/jare.v3i1.23870

[42] Pham, N., Hassan, M., Nguyen, H. M., & Kim, D. (2017). GS1 Global Smart Parking System: One Architecture to Unify Them All. Proceedings - 2017 IEEE 14th International Conference on Services Computing, SCC 2017, July 2018, 479–482. https://doi.org/10.1109/SCC.2017.69

[43] Smarter Technologies. *Smart Building Catalog.*

[44] Sylvania. *Unlock the Intelligent Building.*

[45] Sun, Q., Cao, Y., & Chen, J. (2020). Smart Building Multifunctionality: A Review. Journal of Cleaner Production, 247, 119103. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119103

[46] United Nations. (2016). Smart cities and infrastructure Report of the Secretary-General Economic and Social Council. *Economic and Social Council*, *E/CN.16/20*(February), 18. http://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=941.%0Ahttp://unctad.org/meetings/en/SessionalDocuments/ecn162016d2_en.pdf

[47] USAID. *Indonesia Smart City Project for Nusantara.*

[48] Wang, J., Bai, Y., Cao, Y., & Qiao, H. (2016). The Design and Implementation of Data System for Magnetic Alloys. https://doi.org/10.2991/isct-16.2016.23

[49] Waste Tech. *Waste Chute Systems.*

[50] Xi, S., Zhang, C., Cai, Z., & Xu, Y. (2021). Cost Control and Project Cost Analysis of Intelligent Building under Internet of Things. Mobile Information Systems, 2021. https://doi.org/10.1155/2021/8217040

[51] Xue, N., Liang, L., Zhang, J., & Huang, X. (2016). An access control system for intelligent buildings. International Conference on Mobile Multimedia Communications (MobiMedia), January. https://doi.org/10.4108/eai.18-6-2016.2264493