

LIGHTING MANAGEMENT SYSTEM UNTUK BANGUNAN PERFORMA TINGGI: SEBUAH PERSPEKTIF PERANCANGAN

Wisnu Hendrawan Bayuaji¹

¹Dosen Program Studi Arsitektur, Jurusan Arsitektur, Universitas Islam Indonesia

¹Surel: wisnu.hendrawan@uii.ac.id

ABSTRAK: Di era dengan keterbatasan sumberdaya alam yang semakin kritis membuat Arsitektur semakin dituntut untuk dapat berkontribusi secara nyata dan secara signifikan. Bangunan sebagai konsumen terbesar sumberdaya dan energi sudah seharusnya merespon tuntutan tersebut melalui kinerjanya yang tinggi melalui pencapaian performa kenyamanan yang optimal dengan konsumsi sumberdaya yang paling efisien. Kompleksitas operasional dan fungsi bangunan yang semakin tinggi menyebabkan pengaturan operasional sistem bangunan dengan pendekatan konvensional sulit untuk dilakukan, terlebih menjamin ketercapaian performa tinggi dan efisiensi sumberdaya. Kehadiran teknologi pada sistem kendali operasional sudah menjadi keniscayaan yang tidak dapat dihindari. Teknologi menjadi perangkat yang efektif dalam memastikan bangunan selama masa penggunaannya selalu berada pada kondisi optimal. Teknologi kendali pencahayaan, sebagai bagian dari kesatuan sistem operasi pada bangunan berperforma tinggi, turut mengambil peran dalam memastikan performa tinggi dapat tercapai. Sistem kendali ini tidak hanya berperan dalam mencapai efisiensi penggunaan energi, tetapi lebih jauh lagi pada meningkatkan kualitas kenyamanan visual, fleksibilitas tuntutan aktifitas visual hingga adaptabilitas ruang di masa depan. Agar keseluruhan tujuan tersebut dapat tercapai maka penting untuk mengintegrasikan aspek dan strategi kendali cahaya sejak tahap perancangan bangunan. Perancangan sistem kendali pencahayaan tidak hanya terbatas pada aplikasi sistem kendali terkini namun melibatkan pengetahuan dan wawasan yang lebih luas dan mendalam mengenai berbagai aspek terkait pencahayaan serta kemampuan dan keterampilan dalam merespon berbagai permasalahan, kreativitas dalam menyelesaikan batasan teknis serta sensitifitas dalam memahami konteks konstruksi.

Kata kunci: bangunan performa tinggi, *lighting management system*, perspektif perancangan

PENDAHULUAN

Kinerja Bangunan

Kesadaran mengenai kinerja bangunan sudah ada sejak zaman Neolitikum. Leluhur penghuni gua *Pueblo*, arsitek prasejarah, telah menilai habitat mereka berdasarkan kriteria seperti; perlindungan dari alam, keamanan terhadap serangan binatang, kemudahan identifikasi, dan orientasi matahari. Kinerja bangunan terus berkembang dan menjadi atribut bangunan yang mengungkapkan seberapa baik bangunan tersebut menjalankan fungsinya dan dapat dinilai berdasarkan beragam kriteria, termasuk diantaranya keberlanjutan. Adapun kriteria umum kinerja bangunan¹ diantaranya adalah:

1. Kualitas (seberapa baik bangunan memenuhi fungsinya)
2. Penghematan sumber daya (berapa banyak sumber daya yang dibutuhkan untuk memenuhi fungsinya)

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/High-performance_buildings

3. Kapasitas beban kerja (berapa banyak yang dapat dilakukan gedung)
4. Penghematan sumber daya

Bangunan Performa Tinggi

Bangunan dengan kinerja tinggi² (bangunan performa tinggi) adalah sebuah bangunan yang mengintegrasikan dan mengoptimalkan semua atribut bangunan berkinerja tinggi utama, termasuk efisiensi energi, daya tahan, kinerja siklus hidup, dan produktivitas penghuni. Di era dengan banyak keterbatasan dan tuntutan efisiensi konsumsi sumber daya yang semakin tinggi mendorong bangunan untuk memiliki unjuk performa kinerja yang tinggi, demi tercapainya tujuan-tujuan keberlanjutan untuk keberlangsungan hidup alam dan manusia yang lebih lama.

Pencahayaan Performa Tinggi

Sejalan dengan upaya dalam mendapatkan unjuk kinerja bangunan yang tinggi, pencahayaan sebagai salah satu aspek pembentuk kinerja pada ranah visual juga dituntut untuk dapat berkontribusi pada unjuk kinerja keseluruhan bangunan. Perancang system pencahayaan bangunan harus dapat mempraktikkan tindakan yang dapat menyeimbangkan upaya dalam mencapai sistem pencahayaan yang hemat energi dan disaat bersamaan juga memenuhi kebutuhan visual penghuni bangunan. Jika pendekatan hanya dilakukan melalui sudut pandang efisiensi energi, maka capaian performa visual akhir belum tentu memenuhi parameter kenyamanan. Kriteria untuk pencahayaan berkinerja tinggi³ diantaranya adalah:

1. Efisiensi energi
2. Kesehatan & Produktivitas
3. Konsistensi Performa Visual
4. Siklus hidup dan Daya Tahan
5. Penghematan biaya

Metode

Artikel ini disusun menggunakan metode kualitatif, analisis deskriptif dengan teknik pengumpulan data melalui data sekunder baik itu berita terkini, laporan media, lembaga penelitian independen dan jurnal-jurnal terkini mengenai sistem kendali pencahayaan, performa tinggi bangunan dan perancangan bangunan.

PEMBAHASAN

Kualitas Pencahayaan

Kualitas pencahayaan merupakan bagian integral dari kinerja pencahayaan yang tidak dapat dilepaskan. Kualitas pencahayaan memiliki 3 dimensi yang saling terkait; dimensi kebutuhan manusia, dimensi ekonomi dan lingkungan, dan dimensi konteks fisik bangunan dan hal-hal terkait bangunan. Ketiga dimensi ini akan selalu berjalan beriringan dan memiliki pengaruh dalam pengambilan keputusan perancangan pencahayaan. Dalam

² Energy Policy Act of 2005 sect.914 Building Standards

³ <https://www.iald.org/IALD/media/Media-Library>

kasus perancangan, ketiganya tidak selalu memberikan pengaruh yang sama kuatnya. Besar pengaruh masing-masing dimensi akan bervariasi pada satu kasus terhadap kasus lain bergantung pada konteks yang melingkupi kasus tersebut seperti ekonomi, politik, teknis, peraturan, kebutuhan dan lain sebagainya. Meskipun besar pengaruh dari masing-masing dimensi akan bervariasi, namun hal yang sangat penting untuk dilakukan oleh perancang adalah upaya optimal untuk menjaga keseimbangan antara ketiganya. Semakin besar celah antar dimensi satu dengan lainnya maka semakin jauh capaian hasil akhir rancangan dari kualitas pencahayaan yang ideal. Hubungan antar ketiga dimensi tersebut dapat dilihat pada ilustrasi di bawah ini.



Gambar 1. Aspek kualitas pencahayaan

Sumber:<https://www.iald.org/IALD/media/Media-Library/About/QoL-Venn-Diagram.jpg>

Kompleksitas Pencahayaan Performa Tinggi

Pada kasus nyata perancangan pencahayaan memiliki berbagai kompleksitas. Selain performa yang tinggi, dalam kasus nyata, perancang seringkali menghadapi tantangan berupa:

1. Perkembangan di lapangan yang terus berlangsung dimana data dan informasi akan terus bergerak maju seiring waktu
2. Desain yang secara konstan berevolusi dari semua disiplin ilmu yang terlibat
3. Beberapa variabel desain yang tidak dapat diprediksi yang mengharuskan rancangan memiliki *adaptability* tinggi
4. Kesenjangan kinerja pencahayaan (*performance gap*) antara perancangan awal dan hasil akhir

Lighting Management System

Sistem kontrol pencahayaan⁴ adalah solusi kontrol pencahayaan berbasis jaringan cerdas yang menggabungkan komunikasi antara berbagai input dan output sistem yang terkait dengan kontrol pencahayaan dengan penggunaan satu atau lebih perangkat komputasi pusat. Sistem kontrol pencahayaan merupakan bagian upaya perancang bangunan dalam mencapai kualitas pencahayaan yang optimal dengan bantuan teknologi. Kontrol pencahayaan secara konstan menjaga output cahaya berdasarkan kebutuhan pengguna dengan terus memantau konsumsi energi dan biaya agar selalu berada dalam status yang seimbang.

Pendekatan Dalam Desain

A. Pendekatan Konvensional

Pendekatan konvensional dengan sistem kendali cahaya sederhana masih mendominasi dan umum digunakan oleh masyarakat karena kecenderungan dan dominasinya pada dimensi ekonomi. Seperti yang disampaikan di atas, dominasi salah satu dimensi cenderung akan membawa kualitas pencahayaan semakin jauh dari kondisi ideal. Tantangan dan kelebihan yang dimiliki pendekatan kontrol pencahayaan konvensional dalam mempromosikan arsitektur berkelanjutan dan bangunan berkinerja tinggi diantaranya adalah:

- Efisiensi energi yang lebih rendah
- Fleksibilitas fungsional terbatas
- Konfigurasi terbatas pada kabel fisik & sistem switching
- Pemilihan level cahaya terbatas pada ON (100%) dan OFF (0%)
- Tingkat keselamatan & keamanan yang telah ditentukan sebelumnya (*pre-determined*)
- Daya tahan & pemeliharaan yang umum
- Kenyamanan visual, kesehatan dan kebugaran penghuni yang telah ditentukan sebelumnya (*pre-determined*)
- Biaya pemasangan jaringan yang tinggi
- Biaya awal rendah namun biaya operasional yang tinggi
- Jaringan yang lebih sederhana & lebih sedikit komponen yang terlibat

B. Pendekatan Kekinian dengan Teknologi Kontrol

Pendekatan mutakhir dengan penggunaan teknologi kontrol terbaru semakin berkembang dan meluas penerapannya pada bangunan-bangunan yang berorientasi pada performa tinggi. Teknologi memberikan peluang pada bangunan untuk secara konstan beradaptasi pada kebutuhan pengguna dan ketersediaan sumber daya. Tantangan dan kelebihan yang dimiliki pendekatan kontrol pencahayaan mutakhir dalam mempromosikan arsitektur berkelanjutan dan bangunan berkinerja tinggi diantaranya adalah:

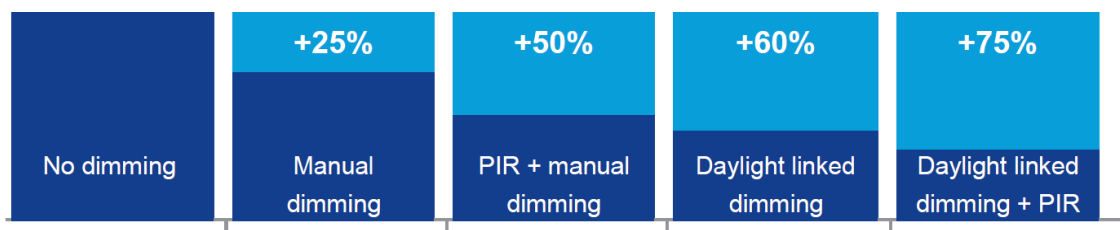
- Efisiensi energi yang lebih tinggi
- Fleksibilitas fungsional yang tinggi
- Konfigurasi skenario suasana visual yang dapat dieksplorasi
- Level capaian performa visual yang lebih presisi

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting_control_system

- Peningkatan level keselamatan & keamanan
- Peningkatan daya tahan & efektifitas pemeliharaan
- Kenyamanan visual, kesehatan & kebugaran penghuni yang lebih baik
- Biaya pemasangan jaringan yang lebih rendah
- Biaya awal yang tinggi namun biaya operasional yang lebih rendah
- komponen yang rumit dan lebih banyak

Desain pencahayaan yang cermat, penggunaan perlengkapan yang efisien, dan kontrol pencahayaan yang baik dapat berpotensi mengurangi total energi di gedung hingga 10%⁵. Sementara sistem manajemen pencahayaan (lighting control) yang tepat dapat menghemat energi pencahayaan hingga lebih dari 75%⁶.

Kombinasi sistem kendali pencahayaan yang memberikan peluang pemanfaatan pencahayaan alami pada ruang dapat memberikan penghematan penggunaan energi yang tinggi, seperti terlihat pada grafik di bawah ini.



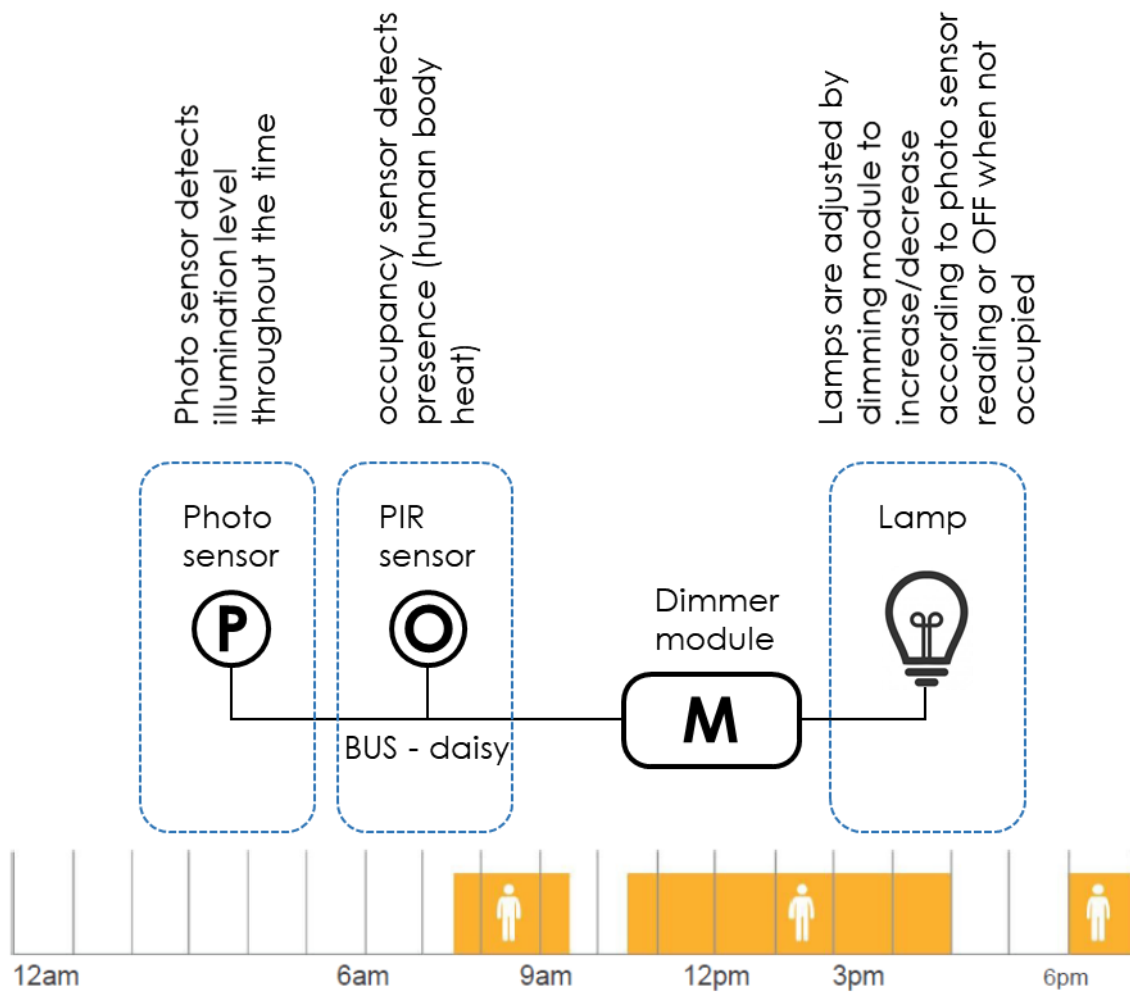
Gambar 2. Penghematan Energi Pencahayaan

Sumber: Lighting control guide. The Lighting Industry Association UK, 2018

Adapun pemanfaatan sistem kendali berupa sensor deteksi kehadiran okupansi dapat menghemat penggunaan energi lebih besar lagi, memastikan energi cahaya dikonsumsi hanya saat pengguna ada di dalam ruang dan mengurangi pemborosan energi akibat kealpaan manusia.

⁵ Energy simulation analyses done by IFC for typical Jakarta buildings, 2011.

⁶ Lighting control guide. The Lighting Industry Association UK, 2018



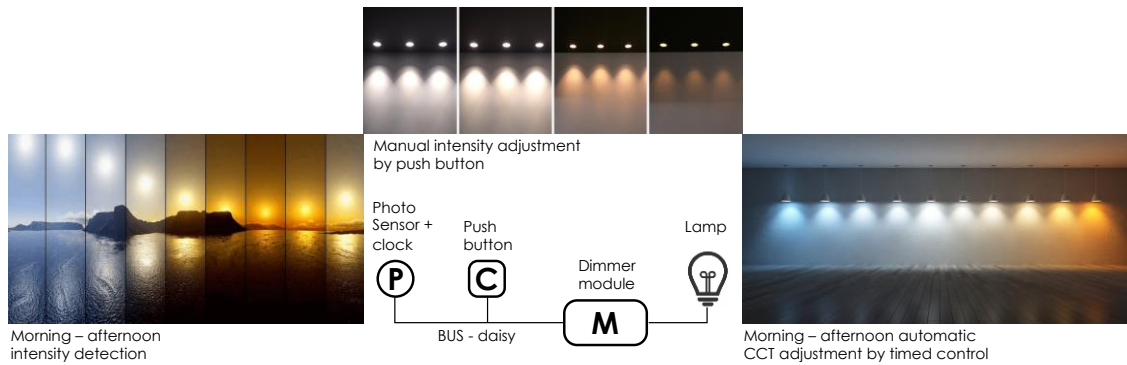
Gambar 3. Ilustrasi Kendali Pencahayaan

Sumber: Lighting control guide. The Lighting Industry Association UK, 2018

Kesehatan dan Produktifitas Pengguna

Kontrol waktu otomatis memungkinkan pencahayaan untuk secara bertahap mengubah tingkat kecerahan dan intensitas sepanjang hari untuk meniru kondisi atmosfer siang hari dan memungkinkan sinkronisasi sirkadian⁷. Adapun kendali dengan tombol tekan tetap dihadirkan untuk memberikan sensasi kendali atas lingkungan visual dan memberikan kesempatan untuk menyesuaikan intensitas dan warna cahaya agar sesuai dengan aktifitas.

⁷ Ritme tubuh berdasarkan siklus cahaya

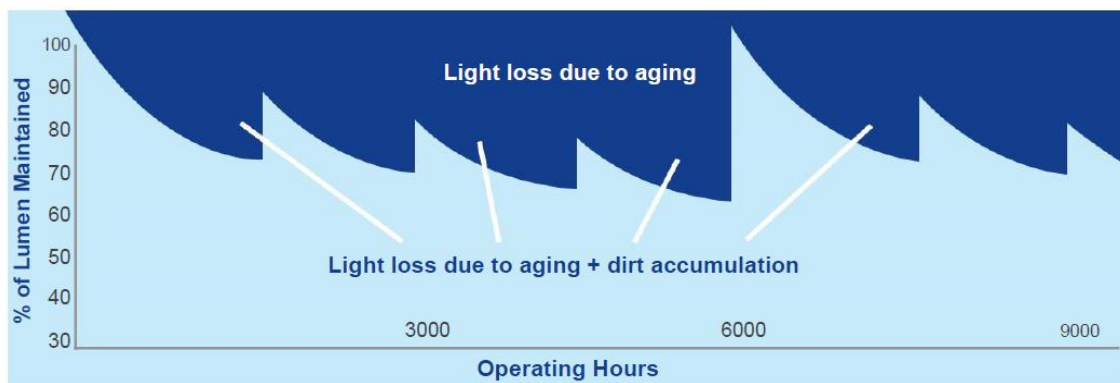


Gambar 4. Ilustrasi Kendali Warna dan Intensitas Pencahayaan

Sumber: Penulis

Konsistensi Performa

Sebagaimana diketahui secara umum bahwa performa sumber cahaya buatan akan berubah seiring berjalannya waktu dan kondisi perawatan. Penurunan performa kinerja cahaya ini tentunya akan berdampak pada kualitas visual pada ruang aktifitas. Ketergantungan pada observasi berkala secara manual terbukti pada banyak kasus merupakan hal yang tidak efisien, melihat dari banyaknya sumber cahaya yang harus diamati kondisi dan performanya.



Gambar 5. Ilustrasi Kehilangan Cahaya (Light Loss) Seiring Daur Hidup Lampu

Sumber: Lighting control guide. The Lighting Industry Association UK, 2018

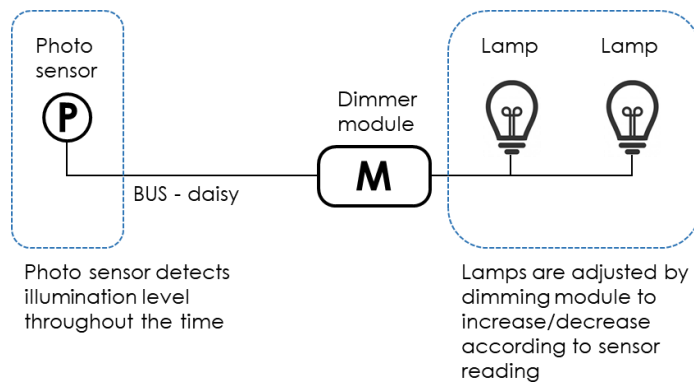
Kondisi langit dan lingkungan berubah dari waktu ke waktu, pagi hingga malam, dan di berbagai musim dan kondisi atmosfer. Hal ini tentunya berpengaruh pada kondisi ambien di dalam ruang baik dalam wujud intensitas maupun suasana.



Gambar 6. Ilustrasi Beragam Kondisi Langit

Sumber: Google Search, Berbagai Situs, 2021

Pemanfaatan sistem kendali cahaya dengan konfigurasi sensor intensitas dan spectrum warna dapat memberikan keseimbangan kontras antara ruang luar dan dalam serta proses imitasi kondisi langit agar siklus sirkadian dapat tetap tersinkronisasi secara alami.

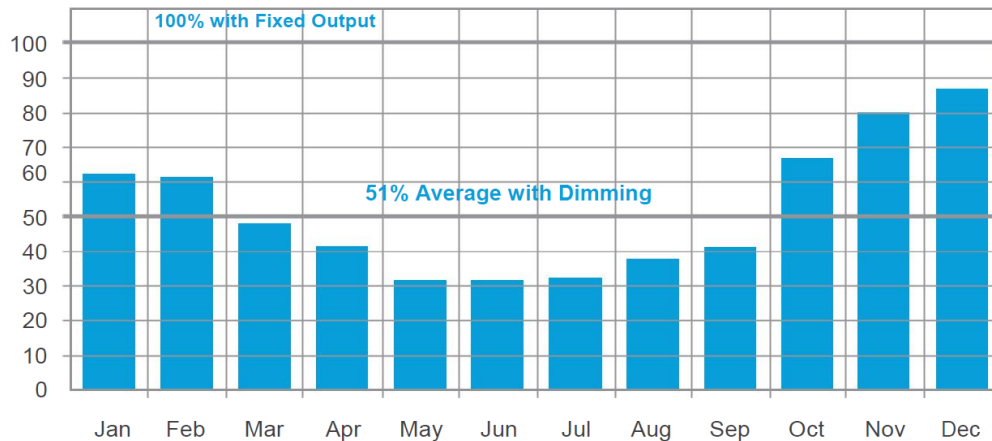


Gambar 7. Ilustrasi Sistem Kendali Cahaya dengan Photosensor

Sumber: Penulis

Efisiensi Biaya

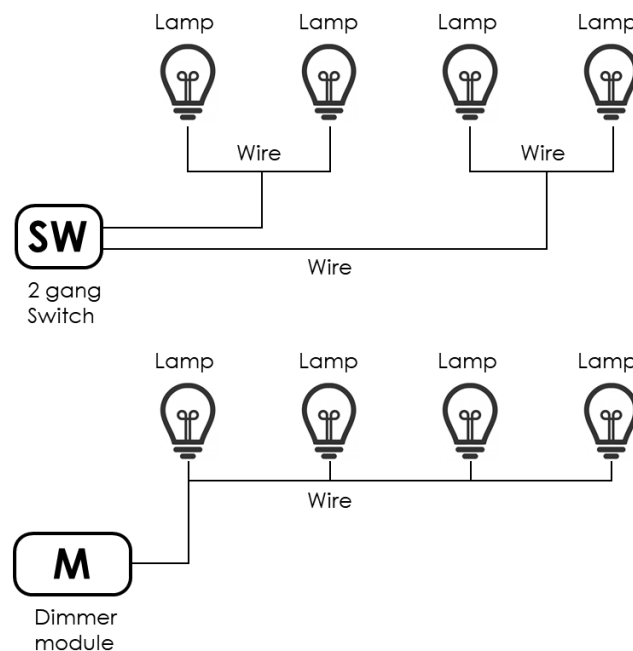
Penggunaan sistem kendali pencahayaan yang cermat terbukti dapat menghemat biaya operasional yang dikeluarkan untuk konsumsi energi dan perawatan. Grafik di bawah ini menunjukkan variasi konsumsi energi listrik dalam 1 tahun.



Gambar 8. Grafik Penghematan Energi pada Bangunan Komersial

Sumber: Lighting control guide. The Lighting Industry Association UK, 2018

Adapun dari sisi instalasi jaringan penerangan, penggunaan sistem kontrol cahaya terlihat lebih sederhana dibandingkan dengan instalasi jaringan penerangan konvensional yang membutuhkan lebih banyak jaringan kabel, seperti yang ditunjukkan melalui ilustrasi gambar di bawah ini.



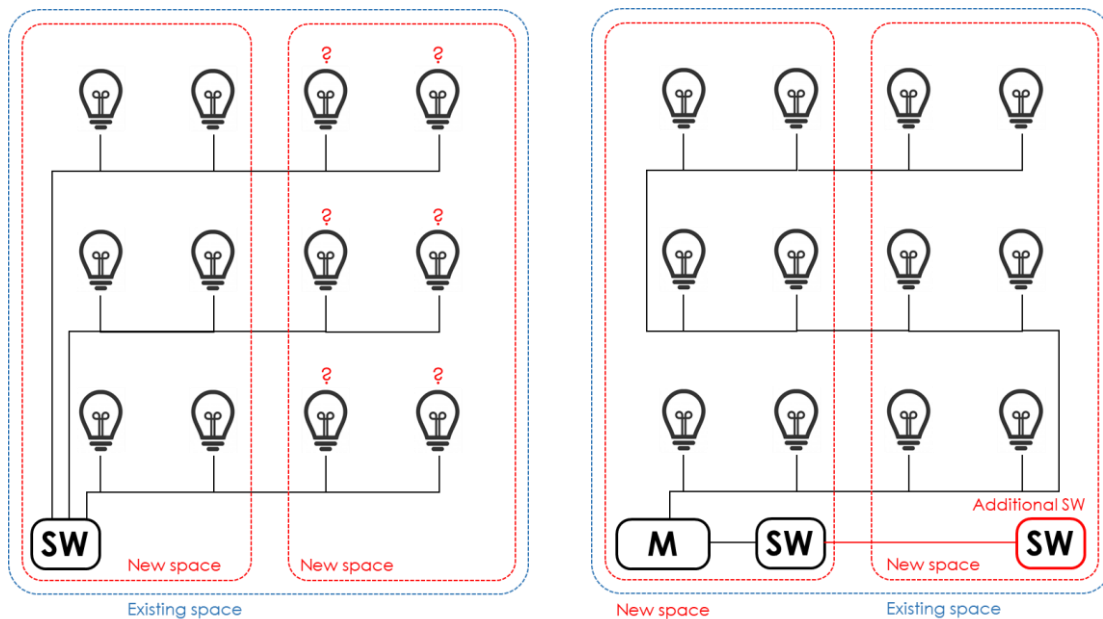
Gambar 9. Ilustrasi Perbandingan Instalasi Jaringan antara Sistem Konvensional dengan Sistem Kendali Cahaya

Sumber: Penulis

Fleksibilitas Fungsi dan Konfigurasi Ambien

Salah satu tantangan besar bagi bangunan di era VUCA (Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity) yang harus dipenuhi adalah kemampuan *adaptability* yang tinggi terhadap kebutuhan fungsi ruang. Bangunan dan ruang dituntut untuk fleksibel baik dari sudut pandang kapasitas/ukuran ruang maupun kualitas dan kuantitas pencahayaan di

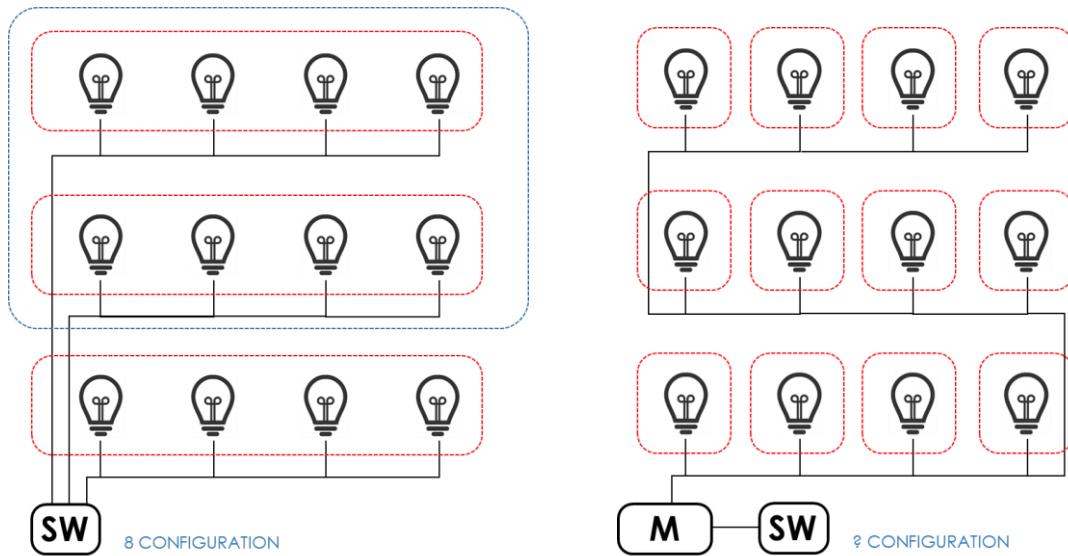
dalamnya. Sistem kendali konvensional yang mengandalkan jaringan kabel dan saklar fisik (*hardswitch*) akan membutuhkan upaya yang tinggi dan kompleks dalam memodifikasi konfigurasi awal untuk dapat sesuai dengan kebutuhan baru di masa kini maupun masa yang akan datang. Di sisi lain, jaringan dengan sistem kendali cahaya mutakhir yang menggunakan sistem pengidentifikasi sumber cahaya secara digital cenderung memiliki tingkat fleksibilitas yang tinggi dalam menyesuaikan dengan fungsi ruang baru sesuai kebutuhan, baik di masa kini maupun masa yang akan datang. Ilustrasi keduanya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 10. Ilustrasi Perbandingan Fleksibilitas Jaringan antara Sistem Konvensional (Kiri) dengan Sistem Kendali Cahaya Mutakhir Berbasis DALI (Kanan)

Sumber: Penulis

Bangunan dan ruang dengan sistem jaringan kendali konvensional memiliki jumlah konfigurasi skenario ambien cahaya berdasarkan jumlah *grouping* sumber cahaya, yang umumnya diindikasikan dengan jumlah tombol pada saklar penerangan. Adapun bangunan dan ruang dengan sistem jaringan kendali digital akan memiliki konfigurasi yang relative tak terbatas karena basis pengelompokan (*assignment*) sumber cahaya dilakukan secara digital dan individual untuk satu atau lebih sumber cahaya. Ilustrasi keduanya dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

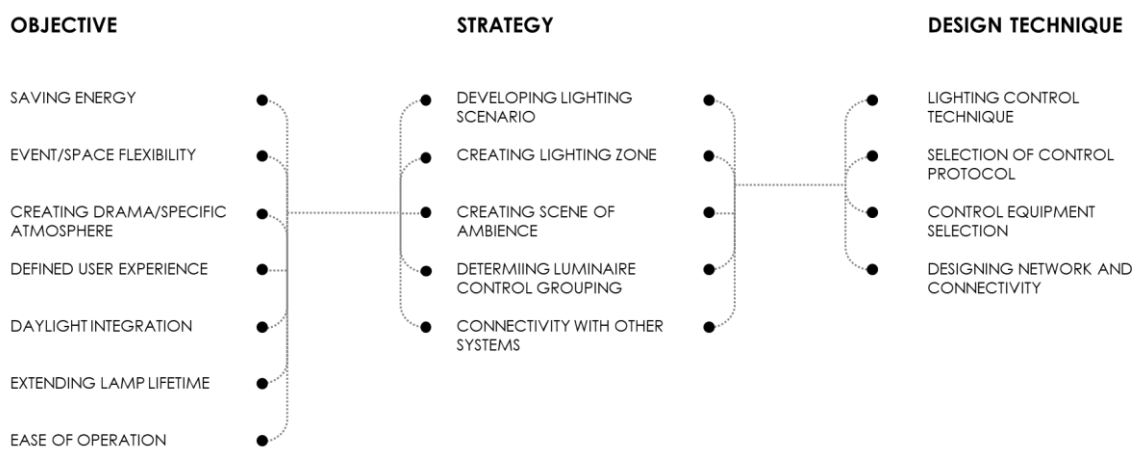


Gambar 11. Ilustrasi Perbandingan Konfigurasi Jaringan antara Sistem Konvensional (Kiri) dengan Sistem Kendali Cahaya Berbasis Digital (Kanan)

Sumber: Penulis

Prinsip Perencanaan *Lighting Management System*

Agar performa pencahayaan tinggi dapat tercapai, maka pemanfaatan sistem kendali pencahayaan perlu melalui fase perencanaan yang baik. Perencanaan sistem kendali pencahayaan umumnya diawali dengan penentuan obyektif penggunaan sistem ini. Hal ini perlu didefinisikan sedari awal agar sistem yang digunakan dapat disesuaikan dengan tujuan-tujuan tersebut mengingat konfigurasi sistem-sistem ini selalu fleksibel menyesuaikan konteks dan kebutuhan masing-masing kasus. Fase kedua berkaitan dengan strategi kendali yang didalamnya berisi perumusan skenario, zonasi, skema suasana, pengelompokkan sumber cahaya dan keterhubungan dengan sistem bangunan lainnya. Kemudian fase ketiga berkaitan dengan rancangan yang lebih teknis seperti penentuan teknik kendali (dengan tombol, sensor, dan seterusnya), penentuan protocol, spesifikasi sistem kendali dan rancangan jaringan.



Gambar 12. Skema Prinsip Perencanaan Sistem Kendali Pencahayaan

Sumber: Penulis

Teknik Kendali Cahaya

Cara pengendalian cahaya dapat dilakukan melalui berbagai model pengoperasian. Secara mendasar model pengoperasian dapat dibagi menjadi tiga; secara manual, semi-otomatis, dan otomatis penuh. Model pengoperasian yang tepat tentunya menyesuaikan dengan jenis aktifitas dan karakteristik ruang. Ruang-ruang dengan durasi okupansi tinggi akan berbeda model operasinya dengan ruang-ruang berdurasi okupansi rendah. Frekuensi okupansi dan waktu okupansi memberikan pengaruh yang tak kalah pentingnya selain variasi suasana dan intensitas pada ruang.

Type of space	Examples	Controls
Owned	Cell office, small workshop, consulting room	Wall switch, remote, movement sensor - possibly in combination
Shared	Open plan office, production area, ward light sensors	Manual switching, movement sensors, - localised and combined
Temporarily owned	Meeting room, hot office, classroom	Scene control plate or logical manual switching with automatic OFF
Occasionally visited	Store room, book-stack, toilet	Movement sensors, possibly combined with local manual switching
Un-owned	Corridor (open or closed), stairs	Automatic or remote manual operation, movement sensors in some applications
Managed	Hotel lounge, museum, foyer, terminal	Remote manual and/or automatic control

Gambar 13. Skema Model Operasi Sistem Kendali Pencahayaan

Sumber: Lighting control guide. The Lighting Industry Association UK, 2018

Ragam model kendali cahaya dapat dikelompokkan sebagai berikut:

Teknik kontrol

- Operasi manual
- Kontrol waktu
- Kontrol hunian
- Kontrol terkait siang hari
- Pencahayaan yang terjaga
- Penahan koridor
- Pelepasan beban
- Tautan ke sistem bangunan lain

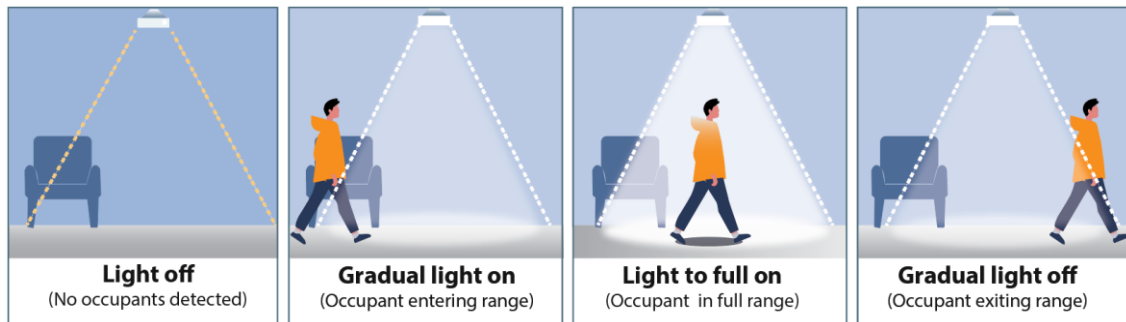
Kontrol manual

- Tekan tombol
- Sakelar ON/OFF

- Kontrol pengaturan pemandangan
- Layar sentuh
- Remote nirkabel (RF atau IR)
- Komputer atau perangkat pintar

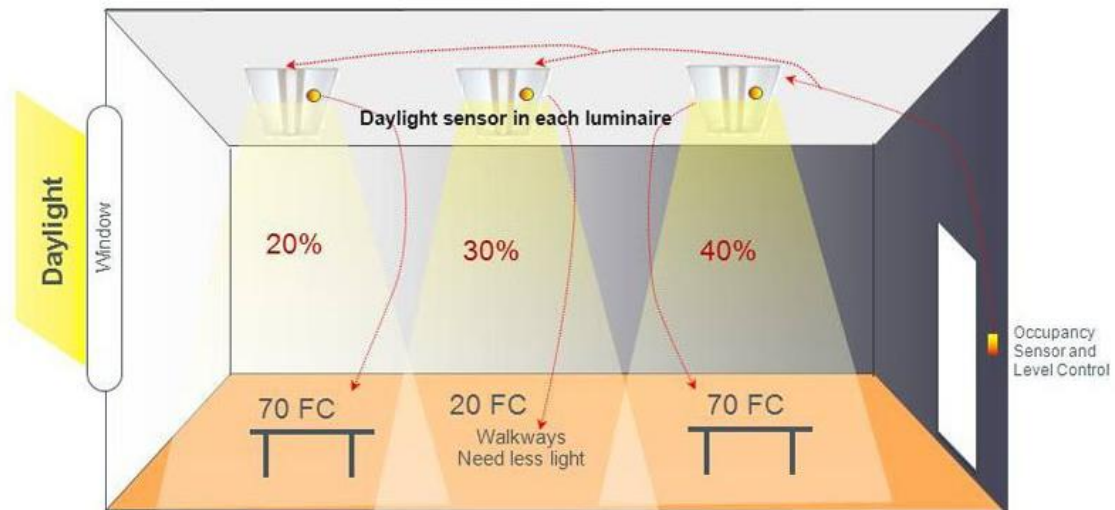
Kontrol otomatis

- Kontrol yang digerakkan oleh sensor
- Kontrol waktu



Gambar 14. Cara kerja sensor okupansi dan menghemat energi

Sumber: <https://www.asmag.com/showpost/30803.aspx>



Gambar 15. Cara kerja sensor siang hari, dan mengartikulasikan pencahayaan sesuai kebutuhan

Sumber: <https://www.powersystemsdesign.com/articles/migrating-from-power-centric-to-space-sensing-daylighting-systems/36/5528>

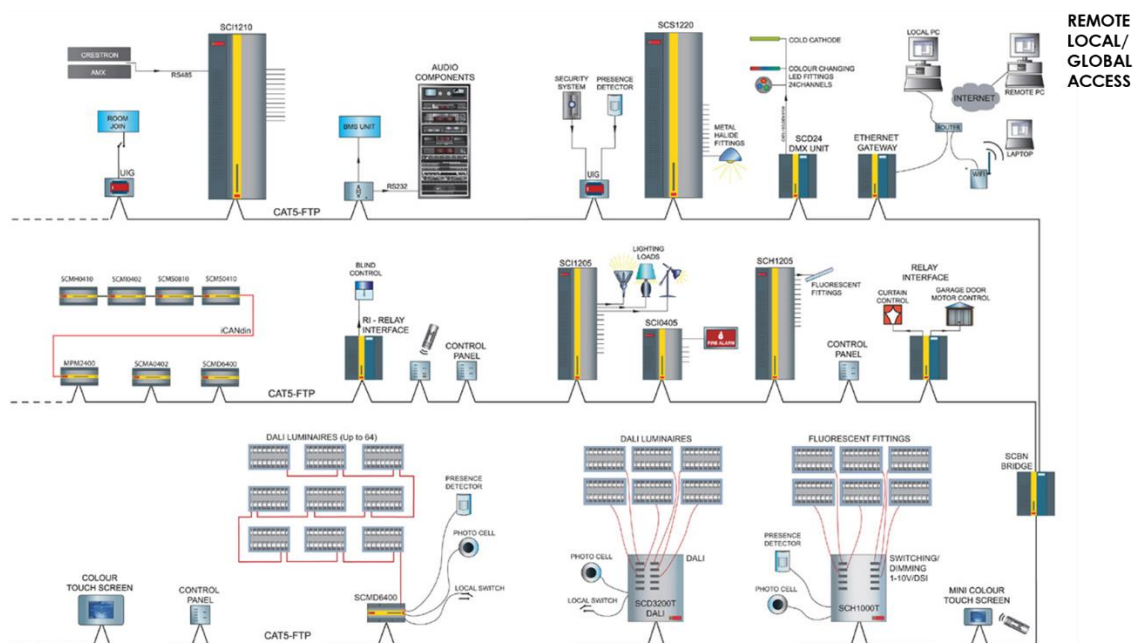
Ragam Protokol Kendali Cahaya

Sumber cahaya yang tergabung dalam sistem kendali cahaya digital dikendalikan melalui protocol kendali cahaya yang beragam. Jenis protocol yang umum digunakan diantaranya adalah:

- Bacnet
- RS232
- RS485
- **KNX: previously known as EIB: the European Installation Bus**
- **DMX 512: Digital MultiPlex**
- RDM: Remote Device Management - an extension of DMX 512
- Zigbee (RF standard)
- Bluetooth
- **DALI: Digital Addressable Lighting Interface (DiiA)**
- DSI: Digital Serial Interface
- Analogue 1-10V dc (also 0-10V dc - occasionally) interface
- Internet/ PoE/ Ethernet / Wi-Fi protocols
- VLC/Li-Fi

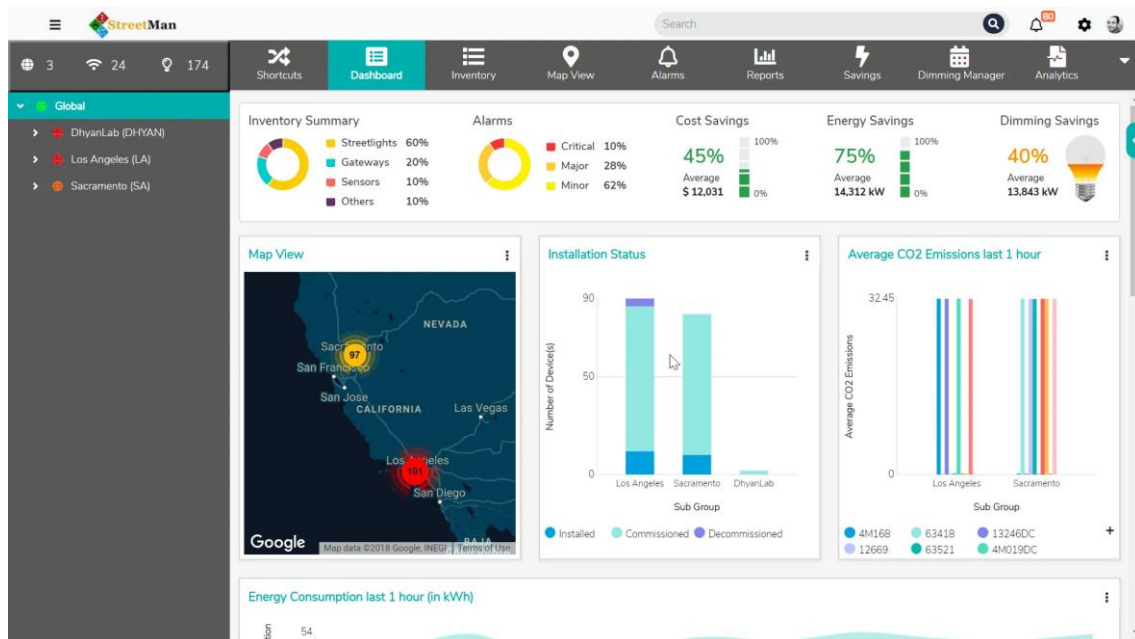
Konektifitas dan Monitoring

Konektivitas jaringan membuka kemungkinan pencahayaan untuk terhubung dengan layanan bangunan lain untuk menghasilkan kinerja yang lebih tinggi, membuka akses global untuk tindakan dan pemantauan serta meningkatkan kesejahteraan penghuni bangunan.



Gambar 16. Ilustrasi Konektifitas Sistem Kendali Cahaya Terintegrasi

Sumber: iLight.co.uk



Gambar 17. Ilustrasi Sistem Monitoring Kinerja Kendali Cahaya Terintegrasi
Sumber: dhyan.com/solutions/smart-street-assets-central-management-software/

KESIMPULAN

Pemanfaatan sistem kendali cahaya mutakhir dengan teknologi digital merupakan salah satu upaya yang efektif dalam mencapai performa kinerja pencahayaan bangunan yang tinggi, sebagai bagian dari upaya memperoleh bangunan dengan performa tinggi. Sistem kendali ini memberikan manfaat pada ekonomi dengan penghematan biaya operasional dan perawatan dengan tetap menjaga keseimbangan dengan alam dengan meminimalkan dampak lingkungan serta secara konsisten menjaga kualitas cahaya berada pada level nyaman yang presisi dalam memenuhi kebutuhan pengguna.

Selain itu, sistem kendali cahaya mutakhir memberikan manfaat tambahan berupa fleksibilitas baik dalam pembentukan ambien, konfigurasi suasana dan tingkat keterangan berdasarkan aktifitas beragam maupun perubahan dan adaptasi ruang terhadap tuntutan kebutuhan di masa depan. Sistem kendali digital secara umum memiliki kompleksitas instalasi yang relative lebih mudah dibandingkan sistem konvensional, namun tentunya jika dibarengi dengan pengetahuan yang memadai. Perencanaan yang cermat dari sistem kendali cahaya diperlukan akan seluruh tujuan dan performa yang disasar dapat tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- https://en.wikipedia.org/wiki/High-performance_buildings
- US Department of Energy (2005). Energy Policy Act of 2005 sect. 914 Building Standards <https://www.iald.org/IALD/media/Media-Library/About/QoL-Venn-Diagram.jpg>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Lighting_control_system
- IFC (2011). Energy simulation analyses done by for typical Jakarta buildings
- The Lighting Industry Association UK (2018). Lighting control guide. <https://www.asmag.com/showpost/30803.aspx>

<https://www.powersystemsdesign.com/articles/migrating-from-power-centric-to-space-sensing-daylighting-systems/36/5528>

<http://ilight.co.uk/storage/downloads>

dhyan.com/solutions/smart-street-assets-central-management-software/