

PENERAPAN PRINSIP *PERFORMANCE-BASED SMART BUILDING* PADA PERENCANAAN SEKOLAH TINGGI MULTIMEDIA SURAKARTA

Dinan Nafindro Nugroho, Rachmadi Nugroho, Dyah S. Pradnya P

Program Studi Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta
nafindranugraha@student.uns.ac.id

Abstrak

Pertumbuhan kebutuhan bangunan yang diikuti dengan kemajuan teknologi pada perangkat-perangkat di dalam bangunan menimbulkan kebutuhan energi yang meningkat, terutama energi listrik. Namun prinsip pembangunan yang ada sekarang belum mempertimbangkan efisiensi dan optimalisasi energi yang menyesuaikan dengan kebutuhan. Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta (STMS) merupakan kompleks kampus yang di dalamnya mewadahi kegiatan pendidikan dan pengembangan multimedia dan IPTEK, sehingga kebutuhan energi listrik sangat tinggi. Konsep Performance-based Smart Building menjadi solusi untuk memenuhi efisiensi dan optimalisasi energi pada STMS dengan sistem otomatisasi bangunan yang mampu mengoptimalkan dan menyesuaikan kebutuhan energi dengan situasi dan kondisi pada saat itu.

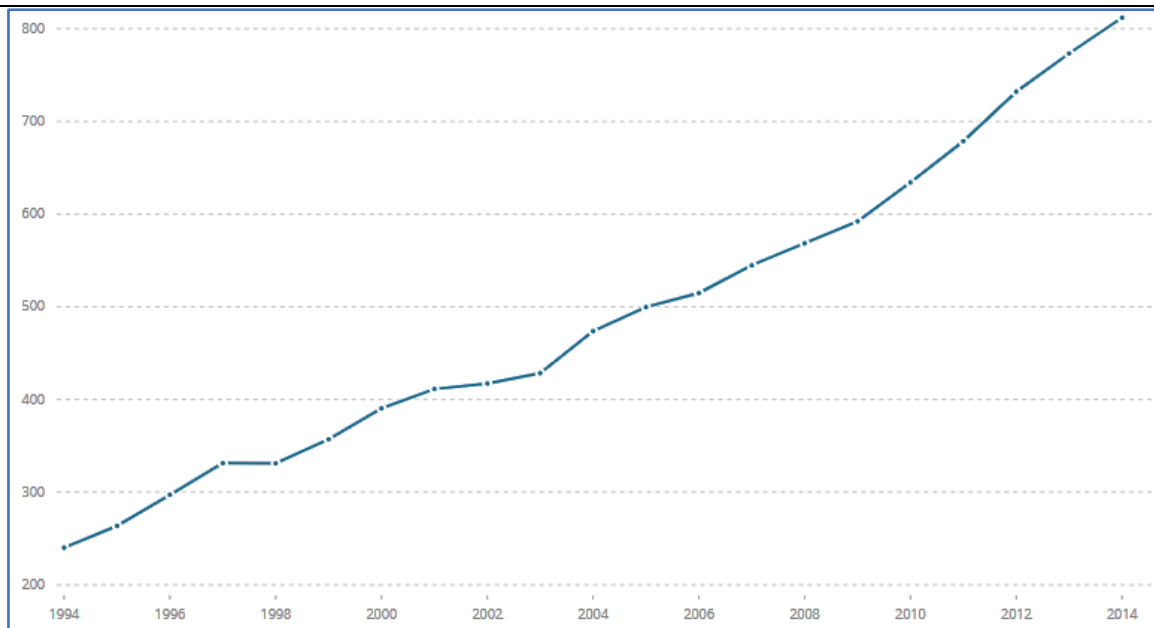
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan konsep Performance-based Smart Building sebagai strategi perencanaan STMS. Terdapat tiga kunci konsep Smart Building, yaitu ekonomis, energi, dan teknologi. Tiga kunci konsep tersebut bila dijabarkan kembali maka akan menjadi empat prinsip dasar yang harus dipenuhi, yaitu efisiensi, efektif, mudah, dan canggih. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-kualitatif dengan melakukan pengumpulan data berupa observasi tapak dan studi literatur Smart Building.

Artikel ini menyajikan hasil berupa konsep dari prinsip-prinsip penerapan Smart Building yang terfokus kepada Performance-based. Prinsip efisiensi dan efektif digunakan untuk menyelesaikan masalah energi bangunan yang merupakan konsep perancangan pasif berupa pemanfaatan potensi klimatologis dan tapak. Prinsip mudah dan canggih digunakan untuk menyelesaikan aspek utilitas otomatisasi pada bangunan berupa penggunaan sistem sensorik dan otomatisasi. Diterapkannya prinsip-prinsip tersebut pada perancangan diharapkan mampu meningkatkan efisiensi dan optimalisasi energi pada kawasan STMS.

Kata kunci: smart building, performance-based, sekolah tinggi multimedia surakarta

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, kehidupan manusia tidak mampu terlepas dari penggunaan energi listrik. Bertambahnya populasi yang diikuti dengan bertambahnya perangkat yang kita gunakan sehari-hari yang rata-rata menggunakan energi listrik, hal-hal tersebut yang menyebabkan angka konsumsi energi listrik di Indonesia selalu meningkat dari tahun ke tahun. Namun peningkatan konsumsi energi listrik tersebut tidak diikuti dengan pertumbuhan keadaan ekonomi dan kualitas lingkungan, sehingga menimbulkan keprihatinan tersendiri. Menurut *Group Chief Economist BP*, Spencer Dale, pada umumnya pertumbuhan ekonomi lebih besar disbanding pertumbuhan konsumsi energi, namun pada kenyataannya hal tersebut terbalik di Indonesia. Menurut data *BP Statistical Review 2017*, pertumbuhan konsumsi energi tahun 2016 di Indonesia sebesar 5,9%, sedangkan pertumbuhan ekonomi pada Semester 2/2016 sebesar 5,18%. Di tahun 2017, angka konsumsi energi listrik meningkat sekitar 2,5% dibanding data sebelumnya (Ariyanti, 2017).

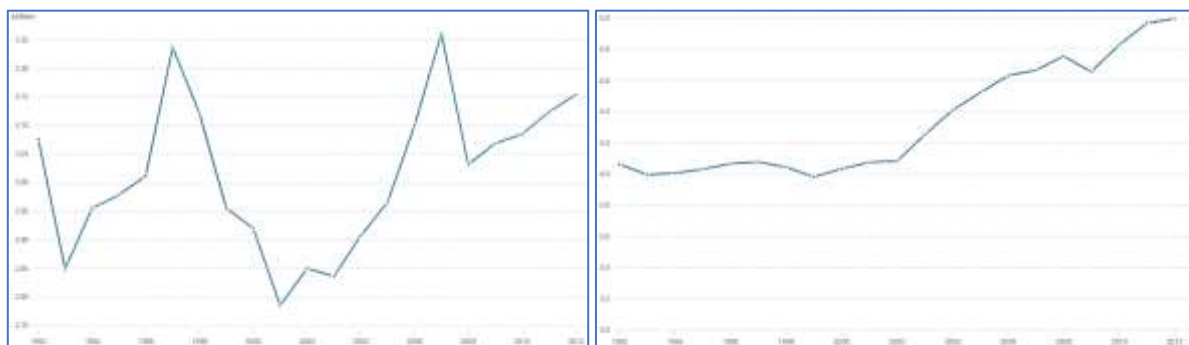


Gambar 1

Grafik Konsumsi Energi Listrik di Indonesia tahun 1994-2014 (dalam kWh per kapita).

Sumber: <https://data.worldbank.org/indicator>

Kualitas lingkungan yang menurun ikut menjadi perhatian karena penggunaan energi yang meningkat setiap waktu hingga berlebihan menyebabkan meningkatnya emisi gas buang seperti gas CO₂ (karbon dioksida), gas NO (nitrogen monoksida), NO₂ (nitrogen dioksida) dan gas sulfur sehingga menimbulkan Efek Rumah Kaca. Kerugian yang ditimbulkan dari Efek Rumah Kaca ialah pemanasan global, yaitu peningkatan suhu bumi. Efek dari peningkatan suhu bumi tersebut yang menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem bumi, peningkatan ketinggian air laut sehingga menyebabkan banjir rob di pesisir, iklim dan cuaca yang tidak menentu, dan lain-lain. Berbagai permasalahan yang sudah dijabarkan menjadi pertimbangan bahwa penggunaan energi listrik perlu dibatasi dengan ketat sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2

Grafik Emisi Gas Buang NO₂ dan CO₂ Seluruh Dunia tahun 1992-2012 (dalam Metrik Ton per Kapita)

Sumber: <https://data.worldbank.org/indicator>

Faktor yang menyebabkan konsumsi energi listrik selalu meningkat ialah *human error* pada hal-hal yang mendasar seperti lupa mematikan lampu dan pendingin ruangan ketika sudah tidak digunakan atau ruang sudah tidak terpakai, membiarkan pengisi daya gawai terpasang pada stop kontak ketika sedang tidak difungsikan, komputer yang menyala seharian walaupun tidak difungsikan, dan masih banyak kasus-kasus lain sejenis. Untuk mengurangi efek *human error*, meningkatkan efisiensi energi, dan penggunaan energi listrik yang optimal serta sesuai, maka salah

satu solusinya ialah pengaplikasian konsep *Smart Building*. Konsep *Smart Building* dapat memangkas penggunaan energi antara 20% hingga 50% pada sebuah bangunan. Penerapan *Smart Building* juga dipercaya semakin mempermudah penerapan *green & eco building* (Hidayat, 2011).

Smart Building merupakan sistem integrasi teknologi dengan instalasi bangunan yang memungkinkan seluruh perangkat dalam fasilitas bangunan dapat dirancang dan diprogram sesuai dengan kebutuhan, keinginan, dan kontrol otomatis yang tersentral atau IBMS (*Integrated Building Management System*) (Borer & Reynolds, 1994). Sensor pada sistem *Smart Building* digunakan untuk melakukan penginderaan jarak jauh terhadap kondisi di dalam ruangan maupun bangunan. Terdapat berbagai macam sensor seperti sensor cahaya, sensor suhu, sensor gerak, sensor jarak, dan lain sebagainya. Kontrol *Smart Building* digunakan untuk melakukan *monitoring & controlling* terhadap bangunan. Perangkat kontrol dapat berupa mikrokontroler atau komputer yang terpusat. Aktuator pada *Smart Building* digunakan untuk memberikan respon dan menggerakkan sistem-sistem yang ada pada bangunan sebagai keluaran dari penginderaan sensor-sensor. Aktuator dapat berupa kunci & pintu otomatis, alarm kebakaran, kipas *ventilator*, dan lain-lain (Dorf & Bishop, 1998).

Sistem otomatisasi pada *Smart Building* memberikan efisiensi, optimalisasi energi dan mengurangi *human error*. *Smart Building* juga dapat mempermudah tugas manusia dalam memenuhi kebutuhan sehari-hari (Scheepers, 1991). Di negara-negara maju, penerapan *Smart Building* diperkirakan akan bertumbuh sekitar 34% per tahun seiring dengan minat pengembangan terhadap *Smart Things* dan *Internet of Things (IoT)*. Untuk Indonesia menurut data tahun 2014, nilai investasi *Smart Building* dapat mencapai Rp 1,2 triliun dan nilai tersebut dapat meningkat setiap tahunnya walaupun angka tersebut masih terbilang kecil bila dibanding negara-negara maju yang sudah sadar akan kebutuhan sistem *Smart Building*. Rendahnya kesadaran implementasi *Smart Building* di Indonesia dikarenakan pemilik maupun pengelola gedung menilai bahwa implementasi *Smart Building* menyebabkan biaya pembangunan dapat membengkak, padahal biaya yang dikeluarkan untuk sistem tersebut sekitar 2% hingga 4% dari total biaya pembangunan gedung. Dari perhitungan-perhitungan yang telah dijabarkan maka pemilik maupun pengelola gedung semakin memperhitungkan penerapan sistem *Smart Building* karena keekonomisan yang diperoleh (Suhartadi, 2014).

Mempertimbangan kelebihan yang ditawarkan dari konsep *Smart Building* yang telah dijabarkan sebelumnya, maka Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta menerapkan konsep tersebut untuk mencapai tujuan penghematan energi serta *eco building*. Kampus multimedia dikenal boros dalam menggunakan energi listrik karena perangkat-perangkat yang ada di dalamnya, maka dari itu Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta menghilangkan stigma tersebut dengan konsep *Smart Building*, maka penerapan konsep *Smart Building* tepat untuk digunakan pada Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. Berdasarkan hal-hal tersebut maka tujuan penelitian ialah untuk mengembangkan prinsip-prinsip *Smart Building* sebagai strategi desain Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. Selanjutnya hasil dari penelitian berupa penerapan konsep *Smart Building* yang dapat digunakan sebagai acuan desain Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta maupun dikembangkan untuk obyek bangunan lainnya. Hasil pembahasan penelitian mengenai penerapan konsep *Smart Building* juga dapat dikaji ulang dalam perencanaan obyek rancang bangun yang lain.

2. METODE PENELITIAN

Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta menerapkan pendekatan *Performance-based Smart Building* yang memiliki tiga kunci dan empat prinsip dasar. Berdasarkan hal tersebut maka diperlukan pengumpulan data primer mengenai kondisi dan potensi tapak di lapangan. Data tersebut ialah klimatologi (sinar matahari dan angin) dan lanskap tapak. Data tersebut kemudian dikaji untuk menentukan respon yang tepat untuk potensi tapak yang ada. Metode pengumpulan data primer ialah studi observasi ke tapak.

Studi literatur merupakan tahapan untuk memperoleh data sekunder. Studi literatur yang dilakukan ialah mengumpulkan tinjauan teori *Smart Building*, terutama pada kategori *Performance-based*, sebagai referensi untuk memahami teori lebih lanjut dan sesuai dengan pendekatan yang digunakan. Sumber referensi yang digunakan berupa buku, jurnal ilmiah, dan artikel yang diperoleh secara konvensional maupun internet. Teori yang dicari dari referensi ialah teori yang terkait dengan lingkup pembahasan yang sesuai dengan obyek rancang bangun dan pendekatan yang dipilih.

Data primer dan sekunder tersebut kemudian dikaji untuk menentukan penerapan prinsip-prinsip *Performance-based Smart Building* pada Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. Data kondisi dan potensi tapak yang telah diidentifikasi selanjutnya direspon dengan penerapan prinsip *Smart Building* yang dinilai tepat, seperti efisiensi, efektif, mudah, dan canggih. Selanjutnya prinsip-prinsip tersebut juga menjadi dasar konsep utilitas bangunan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

a. *Performance-based Smart Building* sebagai Solusi Desain

Smart Building System merupakan sistem integrasi teknologi dengan instalasi bangunan yang memungkinkan seluruh perangkat dalam fasilitas bangunan dapat dirancang dan diprogram sesuai dengan kebutuhan, keinginan, dan kontrol otomatis yang tersentral. *Smart Building* terbagi ke dalam 3 kategori, yaitu *Performance Based*, *Services Based*, dan *System Based* (Wang, 2009). Dari ketiga kategori tersebut, *performance-based* dipilih menjadi solusi desain untuk Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. Konsep *Performance-based* bekerja mengoptimalkan performa fungsi bangunan, mengefisiensi serta mengatur penggunaan sumber energi dengan optimal sehingga energi yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Terdapat 3 kekuatan dan kunci pendorong konsep *Smart Building*, yaitu *economic* (ekonomis), *energy* (energi), dan *technology* (teknologi).

Smart Building menunjukkan kemajuan teknologi, unsur-unsur sistem mendasar dan tambahan fungsionalitas bangunan telah dan saling terintegrasi. *Smart Building* merupakan pendekatan yang paling efektif dalam mendesain dan membangun sistem teknologi penunjang bangunan. Sistem bangunan konvensional memiliki sistem pengoperasian yang terpisah antara satu subsistem dengan sistem-sistem yang lain, sehingga tidak ada kerjasama yang langsung dan inefisiensi bagi keseluruhan sistem. *Smart Building* mengambil pendekatan yang berbeda dalam merancang sistem pada bangunan. Yang menjadi dasar sistem ini ialah koordinat dari keseluruhan desain bangunan bersistem teknologi masuk ke dalam satu dokumen konstruksi yang terpadu dan konsisten (Sinopoli, 2010) (lihat gambar 3). Menurut penjabaran tersebut, maka muncul prinsip-prinsip dasar *Smart Building*, yaitu efisiensi, efektif, mudah, dan canggih.



Gambar 3
Perbandingan Sistem Bangunan Konvensional dengan Sistem *Smart Building*
Sumber: Sinopoli, 2010

b. Penerapan Prinsip Efisiensi dan Efektifitas Energi

Sebagai cara untuk memenuhi prinsip efisiensi dan efektifitas energi pada Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta agar optimal dan tepat sasaran, maka observasi klimatologi dan lanskap pada tapak dilakukan. Hasil observasi klimatologi adalah pembacaan pergerakan dan pembayangan sinar matahari serta pergerakan arah angin pada tapak (lihat gambar 4). Observasi lanskap tapak menghasilkan pemetaan tanaman eksisting yang ada pada tapak serta sebagai keputusan untuk penambahan vegetasi pada tapak (lihat gambar 5). *Performance-based Smart Building* memadukan potensi klimatologi dan vegetasi tapak dengan teknologi utilitas bangunan. Perpaduan tersebut dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja dari pencahayaan dan penghawaan buatan pada ruangan-ruangan Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta.



Gambar 4
Pergerakan Sinar Matahari dan Angin pada Tapak



Gambar 5
Vegetasi Trembesi pada Tapak dan Penataan Vegetasi di Sekeliling Tapak

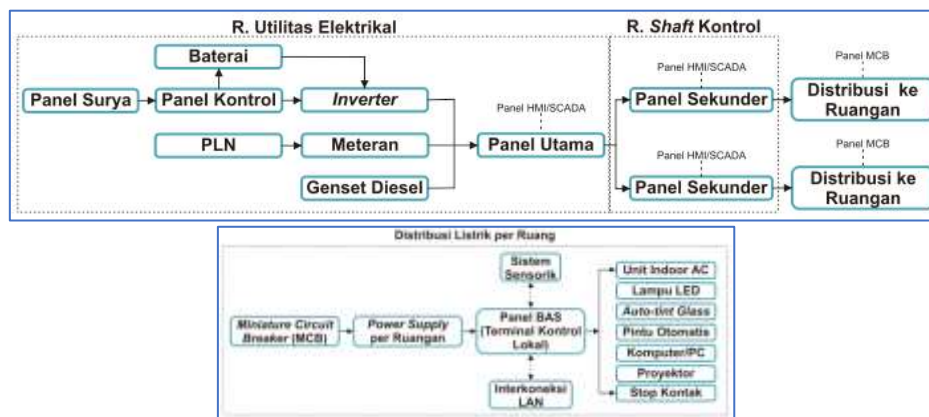
Hasil dari observasi potensi klimatologi dan vegetasi tapak menghasilkan penataan tapak dan penataan penggunaan utilitas. Sisi Selatan tapak sudah tersedia vegetasi berupa pohon Trembesi yang rimbun dan besar sehingga dapat dimanfaatkan. Sisi Timur dan Barat akan ditanamani pohon rimbun yang fungsinya sebagai filtrasi angin maupun pembayangan sinar matahari yang mengarah menuju ke dalam tapak. Penggunaan *Auto-tint Glass* untuk mengatur penetrasi sinar matahari dari berbagai sisi ke dalam ruangan. Penggunaan *secondary skin* dengan tanaman gantung atau rambat pada fasad sisi Timur, Barat, dan Selatan untuk memfiltrasi angin dan cahaya matahari yang masuk ke dalam selasar bangunan karena selasar yang direncanakan tidak menggunakan penghawaan buatan sebagai usaha pengurangan penggunaan energi (lihat gambar 6). Untuk di dalam ruangan, penghawaan buatan akan menggunakan sistem AC *Multisplit* yang memiliki efisiensi energi tinggi dan kemudahan dalam perawatan.



Gambar 6

Auto-tint Glass pada Ruangan dan Secondary Skin dengan Tanaman Gantung atau Rambat pada Selasar
 Sumber: MIT Technology Review, 2012 dan Architectaria, 2015

Tapak terpilih memiliki potensi sinar matahari yang baik sehingga dapat dimanfaatkan untuk dipanen sebagai sumber utama energi listrik Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. Konsep *energy harvesting* merupakan cara untuk memenuhi prinsip ekonomis dan energi yang merupakan kunci kekuatan dari *Smart Building*, terutama dalam memenuhi kategori *Performance-based*. Pemanfaatan energi berbasis sel surya digunakan untuk mengurangi beban listrik PLN yang masih berbasis energi fosil dan juga karena penggunaan listrik yang begitu besar pada kampus ini (perangkat komputer dan elektronik yang banyak). Energi surya menjadi pasokan utama energi listrik pada kompleks kampus namun masih dibantu oleh daya dari PLN dan genset diesel, sebagai pencegahan ketika listrik dari energi surya tidak mencukupi dan bila terjadi gangguan (lihat gambar 7).



Gambar 7
 Skema Distribusi Listrik

c. Penerapan Prinsip Mudah dan Canggih

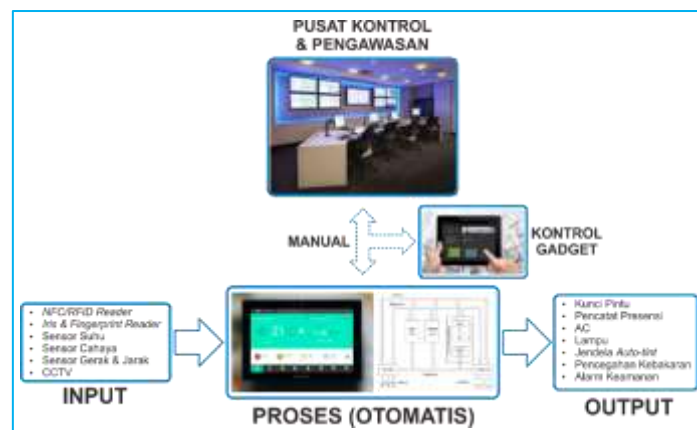
Di dalam utilitas listrik diterapkan prinsip mudah dan canggih. Prinsip mudah yang dimaksud ialah sistem pengawasan dan kontrol terhadap distribusi listrik. Sistem pengawasan dan kontrol distribusi listrik dilakukan secara otomatis dan tersentral. Di setiap panel kontrol, yaitu pada Panel Utama dan Panel Sekunder terdapat sistem HMI (*Human Machine Interference*) (lihat gambar 8). Panel tersebut juga terkoneksi melalui jaringan LAN (*Local Area Network*) dengan Ruang Pusat Kontrol & Pengawasan Terpadu sehingga segala aktifitas yang terjadi pada elektrikal dapat diawasi pada satu tempat, sistem tersebut disebut dengan SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).



Gambar 8
Panel Kontrol dengan HMI dan Terhubung dengan Sistem SCADA

Sumber: <http://www.nfenergo.ru>, 2019

Prinsip mudah dan canggih diterapkan pada pengaturan sistem utilitas ruangan, yaitu utilitas penghawaan, utilitas pencahayaan, dan utilitas keamanan ruang yang dapat aktif dan menyesuaikan secara otomatis dengan situasi dan kondisi pada saat itu. Untuk dapat melakukan otomatisasi diperlukan sistem sensorik, sistem pemrosesan, dan sistem aktuator. Sistem sensorik berfungsi sebagai indera yang melacak dan mencatat performansi energi ke dalam bentuk data. Data dari sistem penginderaan diperoleh dan diteruskan ke modul prosesor untuk diproses. Hasil proses dari prosesor berupa parameter respon pengaturan utilitas yang diteruskan dalam bentuk perintah penyesuaian ke aktuator. Selain dapat diatur secara otomatis dengan prosesor yang pada tiap Unit Kontrol Ruang, pengontrolan juga dapat dilakukan dengan manual menggunakan panel HMI BAS yang ada panel Unit Kontrol Ruang, menggunakan gawai yang terkoneksi internet, dan melalui Ruang Pusat Kontrol & Pengawasan Terpadu (lihat gambar 9). Kontrol manual tersebut merupakan solusi kontrol jarak jauh serta solusi saat sistem otomatisasi mengalami gangguan.

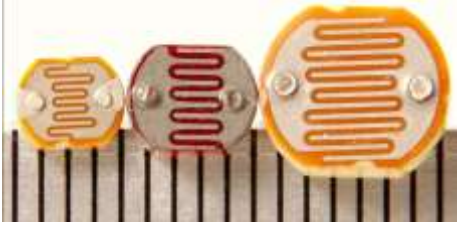
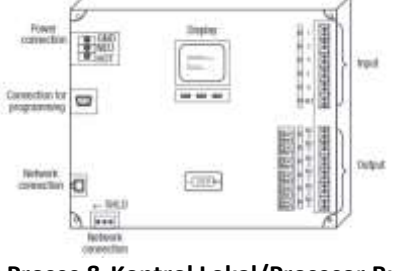


Gambar 9
Alur Kerja BAS (Building Automation System)

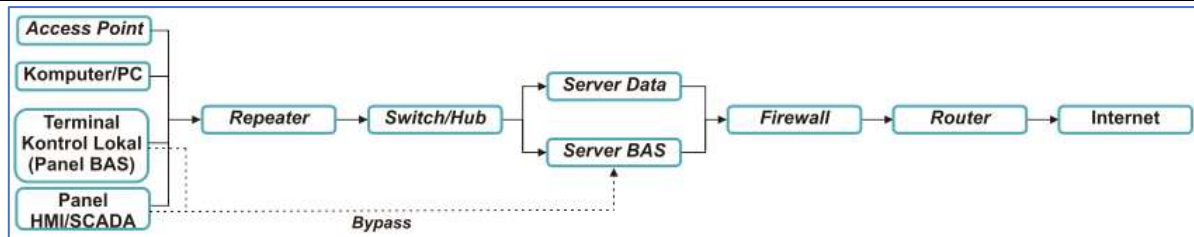
Sistem sensorik yang utama ialah sistem sensorik iklim ruangan, yaitu sensor suhu dan sensor cahaya. Sistem sensorik yang lain ialah sistem sensorik keamanan, yaitu sensor panas dan api, sensor gerak dan jarak, CCTV dengan kemampuan membaca *thermal* (panas tubuh) dan pengenalan wajah (*face recognition*), dan sensor pembaca kartu dan gawai (*RFID & NFC Reader*) (lihat tabel 1). Sistem aktuator atau sistem respon berupa AC *Multisplit*, jendela dengan *Auto-tint Glass*, dan lampu untuk sistem iklim ruangan. Sistem keamanan ruang berupa alarm peringatan, *sprinkler*, dan pintu otomatis. Sistem sensorik dan sistem aktuator saling terhubung dan terintegrasi melalui sistem prosesor yang dapat mengatur secara otomatis menyesuaikan parameter yang ada. Sistem prosesor tersebut juga memiliki sistem HMI dan terhubung dengan sistem SCADA yang diawasi dan dapat

diatur secara manual. Sistem prosesor juga dapat bekerja bergantung pada sistem pemrograman yang ada, sehingga sistem pemrograman pada prosesor dapat diprogram dan disesuaikan seiring perkembangan yang ada.

Tabel 1
Perangkat Sensorik dan Prosesor BAS

 Photoresistor (Sensor Cahaya)	 Sensor Suhu	 Sensor Gerak & Jarak
 CCTV dengan Face Recognition	 CCTV Inframerah (Thermal)	 Flame & Smoke Detector
 Sensor NFC & RFID (Reader)	 Unit Proses & Kontrol Lokal/Prosesor Ruang	

Sebagai sistem yang saling terhubung dan terintegrasi maka interkoneksi antar perangkat maupun ruangan merupakan kunci bekerjanya otomatisasi bangunan. Interkoneksi antar perangkat pada BAS (*Building Automation System*) Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta rata-rata menggunakan sambungan LAN RJ-45 maupun nirkabel melalui *Access Point/WiFi*. Sistem otomatisasi tersebut juga terkoneksi langsung dengan jaringan luar atau internet namun melalui *Firewall* untuk keamanan pengaturan serta data, sehingga sistem otomatisasi terbatas hanya dapat diakses oleh beberapa pihak dari jauh (tidak dalam kompleks atau area kampus). Setiap Unit Proses & Kontrol Lokal/Prosesor Ruang terhubung dengan hub dan panel HMI/SCADA yang ada pada *shaft* sistem telekomunikasi yang ada di setiap lantai bangunan, kemudian hub dan panel HMI/SCADA terhubung dengan *server* yang terkoneksi ke Ruang Kontrol & Pengawasan Terpadu, sehingga apapun yang terjadi di lingkungan Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta dapat terpantau penuh secara performansi energi serta keamanan (lihat gambar 10). Sistem yang terpusat dan terintegrasi inilah yang mampu meningkatkan efektifitas, mempermudah kegiatan, dan mengurangi *human error* sehingga tujuan performansi energi dan kinerja dapat tercapai untuk memenuhi bangunan yang ramah lingkungan dan ekonomis.



Gambar 10
Alur Interkoneksi LAN pada Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta

4. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan yang telah dijabarkan maka dapat disimpulkan bahwa penerapan prinsip-prinsip *Performance-based Smart Building* merupakan pendekatan yang tepat untuk dijadikan sebagai solusi desain Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta. Tiga kunci dan empat prinsip *Smart Building* dapat diterapkan dalam perencanaan dan perancangan Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta untuk mendukung tercapainya penyelesaian permasalahan performansi energi listrik pada kompleks kampus. Berikut ini penerapan prinsip dan kunci pada aspek-aspek perencanaan dan perancangan Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta:

- 1) Aspek energi direncanakan dengan menggunakan prinsip efisiensi dan efektif. Prinsip efisiensi dan efektif diterapkan dengan pemanfaatan potensi klimatologi dan lanskap tapak. Potensi klimatologi dimanfaatkan sebagai sumber energi bangunan, yaitu sinar matahari dan angin. Potensi sinar matahari dimanfaatkan untuk *energy harvesting* dan sumber cahaya utama siang hari yang intensitasnya dapat diatur dengan penggunaan *Auto-tint Glass*. Potensi angin dimanfaatkan untuk penghawaan pada ruang selasar. Prinsip-prinsip yang diterapkan pada aspek energi memenuhi dua kunci konsep *Smart Building*, yaitu energi dan ekonomis. Prinsip-prinsip tersebut bertujuan mengurangi biaya serta emisi gas buang yang diakibatkan oleh penggunaan energi yang tidak sesuai dan berlebihan.
- 2) Aspek utilitas otomatisasi direncanakan dengan menggunakan prinsip mudah dan canggih. Prinsip mudah dan canggih diterapkan dengan penggunaan sistem sensorik yang dihubungkan dengan unit prosesor dan direspon oleh aktuatur secara otomatis. Perangkat-perangkat aktuatur berupa sistem pencahayaan, penghawaan, dan keamanan yang berada pada ruangan. Perangkat yang ada pada sistem tersebut saling terintegrasi sehingga efisiensi kerja dan performansi energi yang efektif dapat dicapai. Sistem otomatisasi tersebut memiliki kontrol dan pengaturan terpusat sehingga segala aktifitas pada kompleks kampus terpantau di satu titik. Sistem bangunan yang otomatis, terintegrasi, dan terpusat ialah kemudahan yang ditawarkan pada sistem *Smart Building*. Adanya sistem dan perangkat sensorik, prosesor, dan aktuatur merupakan kecanggihan pada sistem bangunan dan selalu berkembang mengikuti perkembangan IPTEK.

b. Saran

Sistem dan teknologi *Smart Building* yang diterapkan pada Sekolah Tinggi Multimedia Surakarta merupakan sistem mendasar untuk memenuhi tujuan efisiensi dan efektifitas perfomansi energi bangunan sehingga kedepannya sistem tersebut bisa dikembangkan lebih lanjut. Perkembangan teknologi dari waktu ke waktu berkembang pesat, maka kedepannya sistem *Smart Building* mengikuti perkembangan tersebut dengan standar yang lebih tinggi dan lebih cerdas, yaitu menjadi *Intelligent Building* yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligent/AI*). Penelitian ini diharapkan semakin menggugah ketertarikan para perencana dan perancang bangunan untuk menggunakan konsep *Smart Building* sebagai solusi desain objek rancang bangun.

REFERENSI

- Ariyanti, Duwi Setiya. (2017, 14 September). *Ternyata Konsumsi Energi di Indonesia Boros, Belum Efisien*. Diperoleh 5 April 2019, dari <https://ekonomi.bisnis.com/read/20170914/44/690025/ternyata-konsumsi-energi-di-indonesia-boros-belum-efisien>
- Borer, J. R., Reynolds, A. J. (1994) *Building Management and Communication Systems*, Uxbridge: Brunel University.
- Dorf, R. C., Bishop, R. H. (1998) *Modern Control Systems, 8th edn*, Menlo Park, California: Addison-Wesley.
- Hidayat, Sofyan Nur. (2011, April 6). *Konsep Smart Building Mampu Memangkas Penggunaan Energi Hingga 50%*. Diperoleh 5 April 2019, dari industri.kontan.co.id/news/konsep-smart-building-mampu-memangkas-penggunaan-energi-hingga-50-1
- Scheepers, H. P. (1991) *Supporting Technology for Building Management Systems*, Woerden, The Netherlands: Uitgeverij De Spil BV.
- Sinopoli, J. (2010). Chapter 1 - What Is a Smart Building? In *Smart Building Systems for Architects, Owners and Builders*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-653-8.00001-6>
- Suhartadi, Imam. (2014, 29 Januari). *Schneider dan Telkom Hadirkan Solusi Smart Building*. Diperoleh 5 April 2019, dari <https://www.beritasatu.com/hunian/163455-schneider-dan-telkom-hadirkan-solusi-smart-building.html>
- Wang, S. (2009). *Intelligent buildings and building automation. Intelligent Buildings and Building Automation*. <https://doi.org/10.4324/9780203890813>