

Perkembangan *Internet of Things* (IoT) Untuk *Smart Energi* di Gedung

Royb Fatkhur Rizal^{1,*}, Sasongko Pramono Hadi¹

¹ Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55224

* E-mail : rizal.nm@gmail.com

Abstrak. *Smart Energy in Building* merupakan wilayah penelitian penting dari *Internet of Things* (IoT). Bangunan sebagai bagian penting dari *Smart Grid* yang harus memiliki efisiensi energi untuk berkelanjutannya lingkungan secara global. Terinspirasi oleh "*Energy Proportional Computing*" pada komputer modern, maka dengan menggunakan kerangka IoT yang berbasis *smart control energy* yang otomatis dan dengan jaringan berbasis lokasi, dengan menggunakan teknologi *Platform smartphone* dan *cloud computing* untuk multi skala proporsionalitas pemakaian energi termasuk *building*, *user* dan organisasi tingkat proporsionalitas energi. Maka diusulkan pembuatan prototype yang berdasarkan *proof-of-concept* pada jaringan IoT dan sistem kontrol. Kedepannya aplikasi yang luas dari solusi yang diusulkan ini tidak hanya menyebabkan manfaat ekonomi yang signifikan dalam hal penghematan energi tetapi juga memberikan implikasi sosial yang besar dalam hal perencanaan keberlanjutan secara global khususnya perkembangan teknologi *cloud computing*.

Kata Kunci: Energy Control Computing, Smart Grid, Smart Energi.

1. Pendahuluan

Sebuah tren strategis telah memprediksi bahwa penyediaan layanan pada perangkat *mobile* akan terus meningkat. Dengan berkembangnya teknologi dan meningkatnya penggunaan perangkat *mobile* dapat dimanfaatkan untuk membantu pekerjaan ataupun kegiatan yang dilakukan. Hal ini akan berpengaruh terhadap pengelolaan IT dalam hal *policy* atau aturan-aturan dimana perangkat *mobile* yang bisa digunakan semakin banyak. Demikian juga seperti prediksi yang dihasilkan untuk tahun 2016, *internet of things* (IoT) masih diprediksi akan meningkat dan banyak diaplikasikan[1]. Hal ini dilihat dengan perkembangan teknologi internet yang bisa dimanfaatkan untuk keperluan perusahaan untuk sistem informasi ataupun mesin yang terhubung dengan penggunaan media internet. Penggunaan internet tidak hanya untuk perusahaan saja, masyarakat pun dapat memanfaatkannya salah satu contohnya adalah kita bisa menggunakan kamera keamanan rumah yang bisa di cek melalui *web* atau aplikasi *mobile*[1].

Dengan terus berkembangnya perangkat *mobile*, prediksi penekanan pada melayani kebutuhan pengguna *mobile* dalam konteks dan lingkungan yang beragam sebagai kebalikan dari hanya berfokus pada perangkat saja. Namun, perangkat *mobile* dan *wearable* sekarang telah menjadi bagian dari lingkungan komputasi yang diperluas mencakup hal-hal seperti seperti layar elektronik dan konsumen yang terhubung di tempat kerja atau ruang publik. Perkembangan akan terus mengalami peningkatan dan adanya tantangan manajemen yang penting untuk organisasi IT kemudian akan membutuhkan peningkatan perhatian terhadap desain oleh pengguna IT seperti gambar berikut tantangan desain dalam dunia IoT ke depan.



Gambar 1 . Perkembangan IoT[2]

Kombinasi data *stream* dan layanan yang diciptakan oleh digitalisasi dari semua perangkat menciptakan empat model penggunaan dasar yaitu, pengelolaan, monetisasi, operasional dan perluasan. Keempat model ini merupakan dasar yang dapat diterapkan pada salah satu dari empat model internet, sedangkan pada perusahaan tidak membatasi diri untuk berpikir bahwa hanya aset *internet of things* (IoT) dan mesin yang memiliki potensi untuk memanfaatkan empat model ini[2]. Sebagai contoh model *pay-per-use* dapat diterapkan untuk aset (seperti peralatan industri) layanan (seperti asuransi *pay-as-you-drive*), *public* (seperti penggerak) tempat (seperti tempat parkir) dan sistem (seperti layanan *cloud*) ini dapat diterapkan sebagai usaha bagi semua industri. *Internet of things* (IoT) adalah sebuah konsep yang bertujuan untuk memperluas manfaat dari konektivitas internet yang tersambung secara terus-menerus yang memiliki kemampuan sebagai *remote control*, berbagi data, dan sebagainya. Termasuk pada benda-benda fisik seperti bahan pangan, elektronik, dan koleksi peralatan apa saja termasuk benda hidup yang semuanya tersambung ke jaringan lokal dan global melalui sensor tertanam. Pada hakekatnya benda internet atau *internet of things* mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai representasi virtual dalam struktur berbasis internet.

2. Smart Energi di Gedung Berbasis IOT

Smart Energy in building merupakan wilayah penelitian penting dari *internet of things* (IoT). Efisiensi energi dalam gedung sebagai bagian utama dari *smart grid* sangat penting untuk keberlanjutan lingkungan secara global[3]. Sementara itu, biaya bahan bakar fosil tradisional meningkat dan yang dampak negatif terhadap iklim planet ini dan keseimbangan ekologi sangatlah penting bagi kita untuk mengeksplorasi sumber-sumber energi terbarukan dan meningkatkan efisiensi energi di sisi konsumen *smart grid* yang kebanyakan adalah gedung. Namun sistem gedung yang kompleks dan banyak faktor yang dapat mempengaruhi total konsumsi energi di gedung berbeda[3]. Selain itu juga banyak gedung yang dibangun secara konvensional tidak terlalu banyak dengan desain yang *smart*. Hal ini bermakna untuk memantau data konsumsi energi nyata dan menemukan faktor utama dan pola yang sistematis melalui pemodelan dan analisis untuk berbagai jenis bangunan. Hasil tersebut dapat digunakan untuk desain lebih lanjut dalam menerapkan IoT sistem jaringan yang berbasis tepat untuk membangun metode dan strategi yang tepat yang dapat meningkatkan efisiensi energi untuk keduanya yaitu "Green" dan "Non Green" (konvensional)[3]. Ada beberapa tiga aspek kunci dalam pembagian sistem tersebut yaitu[4]:

1. Pemantauan Energi:

Melalui jaringan komunikasi, konsumsi dan pertumbuhan energi dipantau dan penggunaan energi sekecil apapun yang berbeda termasuk seluruh bangunan, lantai, departemen, laboratorium, kamar, dan bahkan penghuninya.

3. *Energy Modeling* dan Evaluasi

Melalui pemodelan *off-line* dan evaluasi, mengidentifikasi pola konsumsi energi dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi tingkat konsumsi dan dampaknya.

4. Sistem IoT untuk *Apply Practical Changes* and *Strategy adjustment*

Pemodelan dan evaluasi hasilnya digunakan untuk mengidentifikasi komponen-komponen utama bangunan, untuk menerapkan penyesuaian, dan untuk merancang strategi untuk mengurangi konsumsi energi. Sistem jaringan yang dirancang berbasis IoT dan prototype dapat mewujudkan strategi dan mencapai tujuan yang diinginkan.

Dalam penelitian ini dilakukan pemantauan dan pengumpulan data dalam penggunaan energi di dalam gedung selama hampir satu tahun. Berdasarkan data yang didapat, data tersebut secara sistematis mengidentifikasi pola konsumsi energi dan metode dieksplorasi yang potensial untuk meningkatkan efisiensi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karena berbasis terpusat dan pola kontrol yang tetap dapat menjalankan tujuan dari "*Green Building*" dapat memungkinkan tidak hemat energi meskipun mereka memakai standar "*Green Building*" dalam desainnya. Terinspirasi oleh "*Energy Proportional Computing*" dengan komputer modern, penelitian ini mengusulkan kontrol energi otomatis berbasis *smart location* dengan kerangka IoT yang menggunakan *platform smartphone* dan teknologi *cloud computing* untuk memungkinkan kontrol *smart mobile* dan proporsionalitas energi *multi-user* yang meliputi gedung dan tingkat proporsionalitas energi. Dalam penelitian ini membangun

sistem prototype IoT berbasis eksperimental untuk menunjukkan efektivitas yang dapat menghasilkan potensi manfaat keberlanjutan ekonomi dan sosial[5].

Tidak seperti solusi simulasi berbasis lainnya, penelitian ini didasarkan pada data jejak nyata yang terukur pada sebuah bangunan, saat ini yang digunakan oleh kampus yang berbasis “Green” dan memakai *system IoT real* untuk mengontrol otomatisasi energi. Dengan menggunakan teknologi informasi terbaru seperti *smartphone mobile* dengan layanan lokasi kontrol terdistribusi dan *cloud computing* untuk secara aktif melibatkan penghuni dalam proses penghematan energi. Kebijakan hemat energi dari berbagai sumber seperti individu dan organisasi yang dipertimbangkan dalam kerangka kebijakan yang terintegrasi dalam menentukan strategi final penghematan energi[6]. Sistem ini bertujuan untuk menciptakan efisiensi energi yang dapat dengan mudah bermigrasi ke semua jenis bangunan dan mencapai penghematan energi dalam berbagai skala.

3. Kerangka Pengendalian Lokasi Berbasis *Smart Energi* di Gedung

Ada beberapa komponen desain dan aspek yang berinteraksi satu sama lain dan membentuk kerangka lengkap maka timbulah sebuah ide tersebut. Penelitian ini mempunyai orientasi pada penghuni dan melibatkan sistem jaringan seperti digambarkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. . Struktur desain komponen dan interaksi secara keseluruhan

Komponen kunci desain sistem ini meliputi: perangkat *mobile* berbasis pemantauan energi yang terdistribusi dan *remote control* seperti lokasi pada aplikasi *smartphone*, *multi-source* dan strategi kebijakan hemat energi dengan penyimpanan data *platform* berbasis *cloud computing*, dengan cara pemodelan strategi aplikasi dan formulasi data energi[7]. Berikut pembagian kerangka dalam pengendalian smart energi :

3.1. *Smart Mobile IoT Devices as Remote Controls*

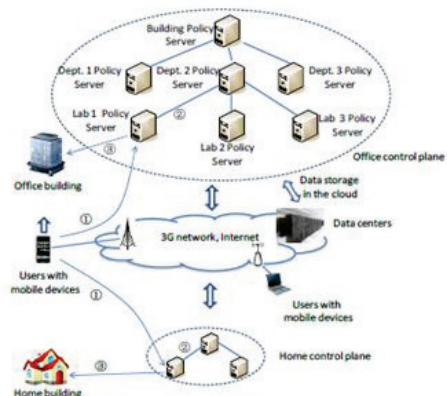
Dalam beberapa tahun terakhir perangkat *smart mobile* telah menjadi sangat terkenal. *Smartphone* umumnya memiliki beberapa jaringan *interface* seperti 3G, WiFi, WiMAX, Bluetooth, dan memiliki beberapa sensor termasuk sensor GPS. Karena berbagai ketentuan konektivitas dan aksesibilitas global untuk internet cocok untuk digunakan dalam sistem yang membutuhkan partisipasi *on-line* atau interaksi manusia. “*Internet of Things*” tren ini membuat biaya lebih rendah dan sensor yang terhubung ke internet setiap saat. *Smartphone* ideal untuk pemantauan, pengendalian, dan mengelola sistem kontrol energi jarak jauh dari mana saja dan kapan saja. Setelah otentikasi dan otorisasi yang tepat, penghuni diperbolehkan untuk memodifikasi dan mengubah kebijakan hemat energi secara *online* dengan berinteraksi dengan *server* kantor dan tempat tinggal. Desain ini memungkinkan perubahan dinamis untuk kebijakan hemat energi dan menawarkan fleksibilitas yang lebih baik bagi penghuninya. Ini bisa menjadi baik untuk melengkapi proses keputusan kebijakan umum berdasarkan hasil pemodelannya. Seperti aplikasi “*App*” dapat dengan mudah dikembangkan untuk *smartphone* berbasis teknologi *web*[7].

3.2. *Multi source Energy saving Policies Hierarchy*

Dalam lingkungan yang nyata, berbagai bagian dari organisasi, seperti kampus, gedung, departemen, dan laboratorium dapat bertanggung jawab atas komponen yang berbeda dari sebuah bangunan. Masing-masing memiliki kebijakan mereka sendiri dan persyaratan yang perlu diperhatikan dalam pengendalian konsumsi energi. Bahkan dalam satu bangunan rumah, di dalam lokasi tersebut ada

beberapa anggota keluarga dan mereka memberikan preferensi yang perlu diperhitungkan. Oleh karena itu dalam sistem ini berbasis lokasi skema kontrol otomatis ditambahkan juga kebijakan yang berasal dari tingkat-tingkat kontrol hirarki (pada Gambar 3)[7]. Pada gambar ditunjukkan ada struktur seperti pohon untuk *plane control* bangunan di mana ada *server* kebijakan yang menegakkan kebijakan hemat energi yang mencakup tingkat yang berbeda.

Hal ini juga berlaku untuk bangunan untuk tempat tinggal di mana strukturnya mungkin relatif sederhana. Para pengguna ponsel dapat terhubung ke internet melalui *smartphone*, *tablet*, atau bahkan laptop dengan koneksi WiFi. Dalam contoh yang ditunjukkan pada Gambar 3. pemegang ponsel *smartphone* saat meninggalkan gedung rumah atau perjalanan menuju gedung kantornya. Gerakan dan perubahan lokasi akan memicu *server* kebijakan untuk menyesuaikan kebijakan hemat energi untuk keduanya. Itu langkah-langkah tindakan yang dilambangkan sebagai "①②③" pada Gambar 3[7].



Gambar 3. Penghematan energi dari multi sumber dengan penyesuaian kebijakan dan perangkat *mobile*

Dalam penelitian sebelumnya pada generasi internet sebagai kebijakan yang berorientasi arsitektur yang didalamnya memiliki eksperimen dengan skema kontrol yang berbasis beberapa kebijakan. Kita menerapkan ide yang mirip dengan bangunan dan lingkungan masyarakatnya. Secara khusus, setiap kontrol daerah dapat didefinisikan sebagai "alam" yang dikelola oleh manajer alam (*server* kebijakan di gedung).

3.3. Mobile Device Location Based Automatic Control

Hampir semua ponsel bisa menentukan lokasi pengguna dengan merujuk pada kekuatan sinyal dari berbagai menara transmisi. Generasi baru *smartphone* dapat memberikan lokalisasi dengan cara sistem tertanam chip GPS, sistem ini menggunakan informasi lokasi dalam merancang kebijakan kontrol otomatis yang dapat mengaktifkan / mematikan perangkat di rumah atau kantor serta pemakaian konsumsi energinya tergantung pada lokasi dan arah pergerakan para pengguna. Dengan demikian kebijakan yang dinamis dan fleksibel dapat diterapkan yang memenuhi preferensi pengguna untuk penghematan energi dan kenyamanan. Sebuah "App" pada perangkat secara otomatis dapat memberlakukan kebijakan yang diinginkan. Dengan bantuan dari perangkat lokasi *mobile devices*, penyesuaian kebijakan ini menjadi dinamis juga bisa memungkinkan kerjasama dan interaksi di antara bangunan yang berbeda. Misalnya ketika alat pendeteksi lokasi mendeteksi *smartphone* pengguna bahwa pengguna telah pindah dari berbagai jarak ambang batas dari bangunan rumahnya dan pindah ke berbagai jarak ambang gedung kantornya, maka pesan dikirim ke pusat *server* untuk memicu proses pengendalian kebijakan. Jika suatu gedung atau ruangan kantor yang dimiliki oleh pengguna akan mulai *pre-heating* / *cooling* untuk menyiapkan lingkungan kerja pengguna disesuaikan atau dioptimalkan, saat itu juga pesan akan dikirimkan ke gedung kemudian dilanjutkan ke mode hemat energi.

3.4. Cloud Computing and Storage

Teknologi ini telah menjadi perkembangan yang menjanjikan dalam beberapa tahun terakhir. Didalam penelitian ini memiliki dua jenis dasar pekerjaan yang membutuhkan *platform cloud-computing* yaitu: (i) Penyimpanan data berbasis *cloud*. (ii) Pemodelan dan analisis perhitungan berbasis *cloud*. Sistem ini memiliki desain awal bagaimana mengintegrasikan sistem ke dalam *platform cloud computing*,

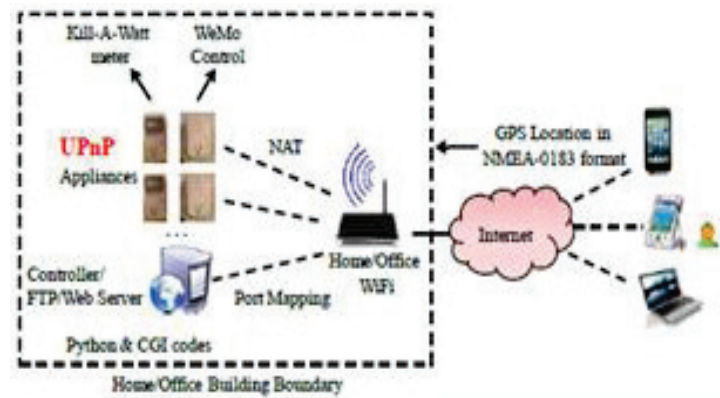
seperti ditunjukkan dalam Gambar 4. Aplikasi *cloud* yang menyediakan penyimpanan *base data* dan layanan pencarian untuk bangunan *log data* konsumsi energi ke dalam perhitungan pemodelan yang intens dan analisis pekerjaan sebagian besar dilakukan didalam aplikasi *cloud*[8].



Gambar 4. Komponen *cloud* dan interaksi komputasi di gedung

Lapisan komunikasi menyediakan konfigurabilitas, kehandalan, dan keamanan untuk jaringan komunikasi antara *cloud* dan *client*. Pada bagian tengah lapisan pada Gambar. 4, adalah untuk pengembangan aplikasi *cloud* dengan menggunakan API terbuka yang disediakan oleh penyedia aplikasi *cloud* seperti *google app Engine*. Alasan kami menggabungkan lapisan ini dapat meringankan biaya yang banyak untuk mengembangkan aplikasi *cloud* yang dapat mempercepat pengembangan aplikasi dan proses penyebaran. Hal ini juga menjadi lebih mudah untuk mengintegrasikan layanan lain yang menggunakan *platform* yang sama (seperti otentikasi jasa, layanan *email* dan *user interface*) untuk aplikasi pada permintaan dalam membuat pengembangan aplikasi *cloud* yang tidak rumit. Dalam mengembangkan prototype *user-friendly* antar muka pengguna berbasis *web* dan aplikasi untuk bangunan lingkungan yang dapat dengan mudah dikonfigurasi dan dikelola oleh *remote client*[8]. Dalam sistem prototype IoT, sistem ini menerapkan skenario sederhana yang melibatkan pengguna terkait dengan dua kelompok peralatan listrik: yaitu apartemen atau rumahnya dan orang-orang didalam ruangan kantor, ini adalah skenario yang disederhanakan dari apa yang ditunjukkan pada Gambar 5.

Tujuan sistem ini adalah untuk memberikan kepada pengguna tentang kemampuan penyesuaian secara dinamis dan mengontrol perangkat mereka di dua bangunan. Fungsi dasarnya adalah untuk memungkinkan *server* untuk mendeteksi lokasi perubahan pengguna dan memicu perubahan kebijakan energi dengan merubah *on / off* peralatan listrik di kedua bangunan tersebut dengan pengguna. Dalam hal ini, pada dasarnya dapat memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan menerapkan kebijakan energi mereka sendiri secara *real time* dan memungkinkan konsumsi energi mereka sendiri sebanding dengan penggunaan sebenarnya. Didalam sistem prototype sederhana ini, kita hanya melaksanakan kasus yang melibatkan satu pengguna dengan perangkat kontrol dalam dua bangunan (gedung kantor dan bangunan rumah). Dengan kata lain, sistem ini menerapkan skala kecil dalam *proof-of-concept* sistem dan membandingkan penghematan energi dengan kasus tanpa mendesain sistem baru. Setelah membuktikan efektivitas, maka kita bisa dapat menggeneralisasi ke skala yang lebih besar. Dalam perencanaan masa depan, kita berencana untuk menguji kasus dengan beberapa pengguna dalam mengendalikan perangkat secara bersamaan supaya kita bisa menunjukkan hasil yang lebih besar dalam penghematan energi dalam skala besar.



Gambar 5. Prototype struktur jaringan system

4. Kesimpulan

Dalam tulisan ini, diterangkan tentang kontribusi baru tentang perkembangan teknologi IoT untuk *smart energy in building*. Pertama yang dilakukan adalah analisis data konsumsi energi bangunan berbasis *automation control energy location* dengan memakai kerangka IoT serta desain prototype eksperimental pada jaringan IoT dan teknologi *cloud computing* untuk meningkatkan efisiensi pemakaian energi. Dengan membangun kerangka IoT ini di rumah atau kantor, bertujuan untuk tidak hanya proporsionalitas energi dengan skala multi besar namun dapat memberikan kepada pengguna tentang kemampuan penyesuaian secara dinamis dan mengontrol perangkat mereka di dua bangunan, juga menciptakan teknologi *cloud computing* yang merupakan bagian penting dari teknologi *smart* di masa depan.

5. Daftar Referensi

- [1] J. Rui and S. Danpeng, "Architecture Design of the Internet of Things Based on Cloud Computing," *2015 Seventh Int. Conf. Meas. Technol. Mechatronics Autom.*, pp. 206–209, Jun. 2015.
- [2] L. Li, "Application of the Internet of Thing in Green Agricultural Products Supply Chain Management," *2011 Fourth Int. Conf. Intell. Comput. Technol. Autom.*, pp. 1022–1025, Mar. 2011.
- [3] J. Pan, S. Member, R. Jain, S. Paul, and S. Member, "A Survey of Energy Efficiency in Buildings and Microgrids using Networking Technologies," vol. 16, no. 3, pp. 1709–1731, 2014.
- [4] Z. Xu, X. Guan, Q. Jia, S. Member, J. Wu, D. Wang, and S. Chen, "Performance Analysis and Comparison on Energy Storage Devices for Smart Building," vol. 3, no. 4, pp. 2136–2147, 2012.
- [5] R. Lamedica, S. Teodori, G. Carbone, and E. Santini, "An energy management software for smart buildings with V2G and BESS," *Sustain. Cities Soc.*, vol. 19, pp. 173–183, Dec. 2015.
- [6] B. Kim, S. Member, and O. Lavrova, "Optimal Power Flow and Energy-Sharing Among Multi-agent Smart Buildings in the Smart Grid," no. x, 2013.
- [7] J. Pan, R. Jain, S. Paul, T. Vu, A. Saifullah, and M. Sha, "A Internet of Things Framework for Smart Energy in Buildings: Designs, Prototype, and Experiments," *IEEE Internet Things J.*, pp. 1–1, 2015.
- [8] P. H. Shaikh, N. B. M. Nor, P. Nallagownden, I. Elamvazuthi, and T. Ibrahim, "Intelligent multi-objective control and management for smart energy efficient buildings," *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 74, pp. 403–409, Jan. 2016.