Perancangan Aturan Kebijakan Ruangan Berdasarkan Konteks Aktivitas Dan Jumlah Orang Menggunakan *Rule-Based* Untuk Pengendalian Perangkat Listrik

Mokhammad Nurkholis Abdillah[1], I Wayan Mustika[2], Bimo Sunarfri Hantono[3]
[123]Departemen Teknik Elektro dan Teknologi Informasi
Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta, 55281
[1]nurkholisabdillah@gmail.com, [2]wmustika@ugm.ac.id, [3]bhe@ugm.ac.id

***Abstrak*—Gedung universitas memiliki berbagai ruangan dengan fungsi yang berbeda-beda. Pengoperasian perangkat listrik suatu ruangan pada gedung tersebut umumnya mengikuti jadwal penggunaan ruangan. Namun pengoperasiannya terkadang tidak sesuai dengan kebutuhan, seperti jumlah lampu yang dihidupkan tidak memperhitungkan jumlah orang didalam ruangan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan aturan kebijakan (*policy*) untuk mengatur operasional perangkat listrik dengan mempertimbangkan karakteristik ruangan dan jumlah orang. Karakteristik ruangan mengacu pada fungsi ruangan, kapasitas ruangan, dan perangkat listrik yang terpasang di dalam ruang-an. Aturan tersebut dikembangkan dengan metode *rule-based* dan diimplementasikan ke dalam sistem penjadwalan yang terintegrasi dengan *Google Calendar*. Hasil dari pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa aturan yang dikembangkan berhasil menentukan *policy* yang akan diterapkan untuk mengendalikan perangkat listrik sesuai dengan jenis aktivitas dan jumlah orang.**

Kata kunci—rule-based; aturan kebijakan ruangan; konteks aktivitas; jumlah orang

I. PENDAHULUAN

Besarnya konsumsi energi listrik didalam gedung kampus dipengaruhi oleh faktor penghuninya [1][2]. Ketika cuaca panas, mesin penyejuk udara cenderung diturunkan suhunya. Semakin kecil pengaturan suhu, semakin besar konsumsi energi listrik. Pemborosan energi listrik umumnya disebabkan oleh perilaku lalai mematikan perangkat listrik yang sudah tidak digunakan [3] dan masih sering dijumpai dalam gedung kampus. Perilaku tersebut berdampak signifikan terhadap peningkatan konsumsi energi mencapai 89% dari keseluruhan energi yang dikonsumi bangunan [4]. Selain itu, pemborosan disebabkan oleh penggunaan perangkat listrik yang tidak sesuai kebutuhan [5][6]. Seperti menyalakan semua lampu walaupun hanya sedikit orang yang ada didalam ruangan.

Salah satu strategi mengurangi konsumsi energi listrik pada gedung kampus adalah dengan menjadwalkan waktu operasi perangkat listrik [6] dan mengintegrasikannya dengan sistem pengendalian secara otomatis [7][8]. Penjadwalan dimaksudkan untuk membatasi lamanya waktu operasi dari perangkat listrik. Sedangkan pengendalian otomatis dimaksudkan untuk mengatasi perilaku yang lalai mematikan perangkat listrik.

Penelitian [6] mengoperasikan lampu secara manual sesuai jadwal penggunan ruangan dan tidak semua lampu dihidupkan tetapi dibatasi sampai tingkat aman bagi penghuninya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa membatasi jumlah lampu yang dihidupkan dapat menurunkan konsumsi energi listrik dalam bangunan. Penelitian [7] mengembangkan sistem penjadwalan perangkat listrik berdasarkan kebiasaan penghuni gedung. Penjadwalan dilakukan dengan menerapkan tiga tipe aturan, yaitu *daily*, *weekdays*, dan *custom*. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa menjadwalkan operasi dari perangkat listrik dapat menghemat energi listrik. Namun pada penelitian [7] pengendalian perangkat listrik tidak memperhitungkan jenis aktivitas. Penelitian [8] mengembangkan sistem penjadwalan yang mampu mengendalikan perangkat listrik sesuai dengan jenis aktivitas tertentu. Sistem yang dikembangkan terintegrasi dengan Google Calendar. Sistem tersebut mampu mengendalikan perangkat listrik sesuai aktivitas tertentu dengan membaca tanda tag (#) untuk membedakan antara judul agenda dan jenis aktivitas. Namun demikian mekanisme pengendaliannya tidak memperhitungkan jumlah orang, sehingga masih dimungkinkan perangkat listrik yang dioperasikan tidak sesuai dengan kebutuhan.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian [8] dan fokus utamanya adalah mengembangkan aturan kebijakan ruangan untuk menentukan operasional perangkat listrik dengan mempertimbangkan karakteristik ruangan dan jumlah orang. Pertimbangan karaktersitik ruangan didasari bahwa ruangan pada bangunan kampus memiliki fungsi yang berbeda-beda. Misalnya ruang kelas digunakan untuk aktivitas mengajar atau ruang laboratorium untuk peraktikum. Tentunya setiap aktivitas tersebut membutuhkan perangkat listrik yang berbeda. Tujuan pengembangan aturan ini adalah agar perangkat listrik yang dikendalikan dapat beradaptasi secara otomatis dengan jenis aktivitas dan jumlah orang sehingga perangkat yang dioperasikan sesuai dengan kebutuhan.

II. TEORI DASAR

A. Lingkungan Smart Home

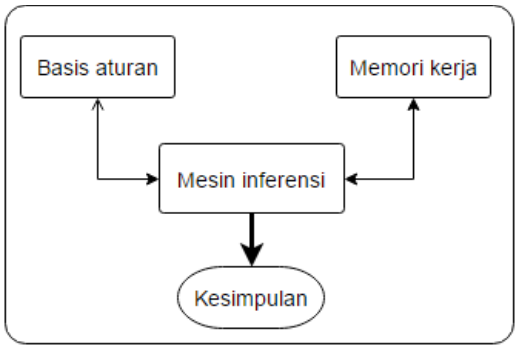
Smart home sering juga disebut *domotic* [9] yang berarti otomatisasi rumah, yaitu merujuk pada suatu rumah dengan fasilitas otomasi mekanik dan elektronik. Secara umum

lingkungan *smart home* terdiri dari tiga komponen [10], yaitu (1) sistem otomatisasi bangunan, (2) jaringan otomasi bangunan, dan (3) sistem kendali.

Sistem otomatisasi bangunan terdiri dari berbagai macam perangkat listrik atau elektronik di dalam bangunan yang akan dikendalikan sesuai kebutuhan. Jaringan otomatisasi bangunan adalah jaringan komunikasi yang memastikan bahwa semua komponen termasuk sistem otomatisasi bangunan dan sistem kendali dapat saling bertukar status dan informasi. Sistem kendali adalah perangkat kontrol dalam bentuk perangkat lunak. Perangkat ini digunakan mengirimkan instruksi atau perintah kepada aktuator untuk melakukan tugas atau fungsi tertentu.

B. Sistem Berbasis Aturan

Sistem berbasis aturan (*rule based system*) tersusun dari aturan-aturan yang digunakan oleh sistem untuk melakukan penalaran atau penelusuran dari fakta-fakta menuju suatu kesimpulan. Arsitekur dasar dari sistem berbasis aturan (Gambar 1) secara umum terdiri dari dua komponen utama yaitu basis aturan (*rule base*) dan mesin inferensi (*inference engine*).



Gambar 1. Arsitektur dasar sistem berbasis aturan [14]

Basis aturan atau *rule base* berisi domain pengetahuan dan berguna untuk penyelesaian masalah. Domain pengetahuan adalah sekumpulan aturan yang direpresentasikan dalam bentuk *IF-THEN*. Memori kerja atau *working memory* berisi sekumpulan fakta yang dikumpulkan selama proses penalaran dan digunakan untuk membandingkan dengan fakta-fakta yang tersimpan di *rule base*. Mesin inferensi (*inference engine*) adalah komponen yang mengendalikan seluruh proses penelusuran suatu aturan untuk mendapatkan kesimpulan atau solusi.

C. Konsep Aturan

Aturan merupakan sarana mengekspresikan pengetahuan secara elegan, ekspresif, mudah dan fleksibel [12]. Bentuk paling sederhana yaitu *IF-THEN*. Bagian *IF* disebut anteseden yang berupa premis, fakta, atau kondisi. Sedangkan bagian *THEN* disebut konsekuen yang berupa konklusi. Bentuk dasar dari representasi *IF-THEN* adalah seperti berikut ini.

IF <anteseden> *THEN* <konsekuen>

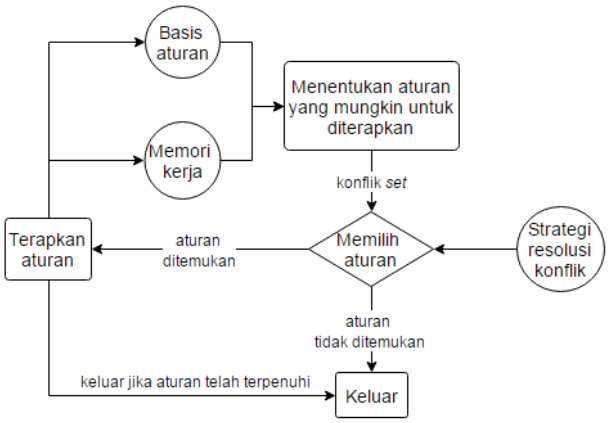
Fakta-fakta pada anteseden adalah pernyataan tak bersyarat yang diasumsikan benar saat mereka digunakan. Secara umum, anteseden dapat tersusun dari fakta tunggal ataupun gabungan beberapa fakta yang dihubungkan dengan konektor logika *AND* (konjungsi), *OR* (disjungsi), ataupun keduannya. Namun disarankan untuk tidak menggabungkan *AND* dan *OR* dalam satu aturan [11]. Contoh penggunaan AND dan OR pada suatu aturan, dimisalkan x dan y adalah anteseden dan k adalah konsekuen.

IF $<x_1>$ *AND* $<x_2>$ ... AND $<x_n>$ *THEN* $<k_m>$

IF $<y_1>$ *OR* $<y_2>$ ... *OR* $<y_m>$ *THEN* $<k_m>$

D. Metode Penelusuran Aturan

Secara prinsip ada dua macam metode penelusuran aturan, yaitu penelusuran maju (*forward chaining*) dan penelusuran mundur (*backward chaining*) [11]. Penelitian ini menggunakan metode *forward chaining* karena cocok untuk diterapkan pada sistem pengendalian [12]. Penelusuran pada metode *forward chaining* berdasarkan data atau dikenal dengan istilah *data-driven*. Penelusuran dimulai dengan mengumpulkan fakta-fakta untuk mencapai kepada suatu kesimpulan.



Gambar 2. Mekanisme kerja metode *forward chaining* [13]

Prinsip kerja dari metode penelusuran *forward chaining* ditunjukan pada Gambar 2. Berikut ini penjelasan dari penelusuran dengan *forward chaining*.

1) Memilih aturan pada *rule base* yang paling mungkin untuk diterapkan dengan membandingkan fakta-fakta yang terdapat dalam *working memory*.
2) Hasil pemilihan aturan tersebut, bisa saja memunculkan semua aturan atau sebagian aturan. Aturan-aturan yang muncul tersebut dinamakan *conflict set*. *Conflict set* harus dipilih salah satu untuk diterapkan.
3) Setelah aturan pada *conflict set* dipilih, kemudian tambahkan fakta aturan yang terpilih tersebut ke *working memory* untuk membentuk fakta baru.
4) Siklus pada *forward chaining* akan berhenti ketika sudah tidak ada lagi aturan yang dapat diperiksa dan diterapkan atau konklusi sudah ditemukan.

III. RANCANGAN SISTEM

A. Sistem Yang Diusulkan

Sistem penjadwalan yang diusulkan dalam penelitian ini diberi nama SeLectiVe (*Scheduling for eLectrical deVices*). Sistem memiliki dua fungsi utama yaitu (1) menjadwalkan operasi perangkat listrik dan (2) mengendalikan perangkat listrik. Operasional perangkat listrik dibuat berdasarkan jadwal penggunaan ruangan yang disimpan di dalam layanan *Google*

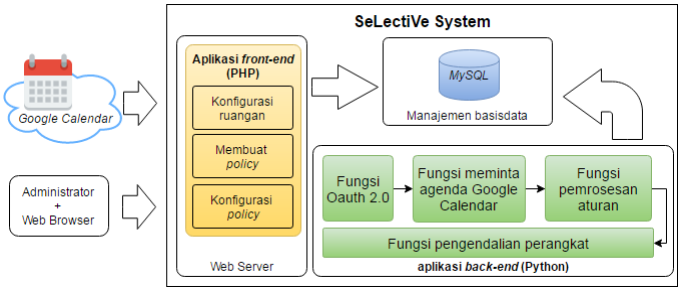
Calendar. Sedangkan pengendalian perangkat listrik dilakukan dengan memanfaatkan aturan kebijakan ruangan yang dikembangkan berdasarkan pertimbangan karakteristik ruangan dan jumlah orang. Kondisi aktivitas dan jumlah orang saat itu digunakan untuk proses penelusuran aturan yang akan memutuskan perangkat listrik yang dikendalikan.

B. *Arsitektur Sistem*

Arsitektur sistem secara keseluruhan terdiri dari dua *layer*, yaitu *automation layer* dan *controller layer*. *Automation layer* berkaitan dengan infrastruktur perangkat keras. Sedangkan *controller layer* berkaitan dengan perangkat lunak. Pada makalah ini hanya membahas arsitektur *controller layer* (Gambar 3).

Controller layer adalah perangkat lunak yang digunakan oleh pengguna untuk berinteraksi langsung dengan sistem. Terdiri dari dua jenis aplikasi, yaitu *front-end* dan *back-end*. Aplikasi *front-end* merupakan *web-based application* yang ditujukan untuk mengatur kebijakan operasional perangkat listrik pada suatu ruangan. Antarmuka dikembangkan dengan HTML5, CSS3, Bootstrap serta PHP dan MySQL sebagai basisdatanya.

Aplikasi *back-end* merupakan aplikasi yang berjalan dibelakang layar dan dikembangkan dengan bahasa Python. Tugas utama aplikasi ini adalah melakukan proses penjadwalan secara periodik untuk meminta agenda terbaru pada *Google Calendar* dan melakukan penelusuran aturan kebijakan. Hasil dari penelusuran aturan akan dikirimkan ke *automation layer* untuk proses pengendalian perangkat listrik.



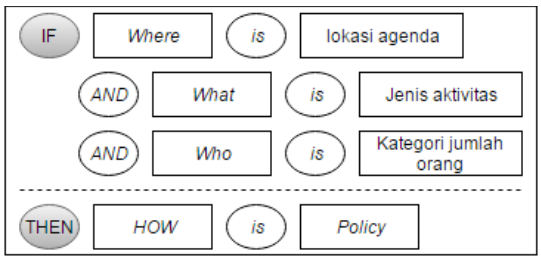
Gambar 3. Arsitektur *controller layer*

C. *Aturan Kebijakan Ruangan*

Penelitian ini mengusulkan aturan kebijakan untuk pengaturan operasional (*on/off*) perangkat listrik pada suatu ruangan. Aturan dikembangkan dengan mempertimbangkan karakteristik ruangan dan jumlah orang. Karakteristik ruangan yang dimaksud adalah fungsi ruangan, kapasitas ruangan, dan perangkat listrik yang terpasang di dalam ruangan. Fungsi ruangan berkaitan erat dengan jenis aktivitas di dalam ruangan, sedangkan kapasitas ruangan dan jumlah orang akan menentukan pengkategorian jumlah orang. Informasi jenis aktivitas dan kategori jumlah orang adalah informasi yang digunakan untuk pengendalian perangkat listrik. Dengan pertimbangan tersebut maka aturan kebijakan ruangan dibentuk dari tiga macam informasi, yaitu jenis aktivitas, lokasi, dan jumlah orang. Berikut ini penjelasan dari ketiga informasi tersebut.

- Informasi aktivitas (*what*) untuk menentukan jenis perangkat listrik yang dikendalikan sesuai aktivitas yang sedang terjadi.
- Informasi lokasi (*where*) untuk menentukan perangkat listrik di ruangan mana yang akan dikendalikan.
- Informasi jumlah orang (*who*) untuk menentukan jumlah perangkat listrik yang akan dikendalikan.

Aturan dirancang menggunakan metode *rule-based* dan direpresentasikan dalam bentuk *IF-THEN* (Gambar 4). Representasi aturan pada bagian *IF* menggunakan tiga jenis informasi, yaitu *where*, *what*, dan *who*. Sedangkan pada bagian *THEN* berisi informasi *how* yang berupa kebijakan (*policy*) yang berisi informasi pengaturan perangkat listrik (konfigurasi *relay*).



Gambar 4. Struktur aturan kebijakan ruangan

Informasi *where, what,* dan *who* merupakan *input* yang akan diporses oleh sistem. Ketiga informasi tersebut mutlak diperlukan, karena akan menentukan *policy* yang akan diterapkan. Untuk kategori jumlah orang ada tiga jenis, yaitu *MaxOccupy*, *MidOccupy*, dan *MinOccupy*. Contoh konfigurasi pengkategorian jumlah orang dapat dilihat pada Tabel I dan nilainya dapat diubah sesuai dengan kebutuhan. Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase jumlah orang di dalam ruangan menggunakan Persamaan (1)

$$Att = (O_{cc}/C_{room}) \times 100\% \quad (1)$$

Att = Persentase jumlah orang yang hadir (%)
O_{cc} = Jumlah orang
C_{room} = Kapasitas maksimal ruangan

TABEL I. KATEGORI JUMLAH ORANG

Kategori jumlah orang	Deskripsi
MaxOccupy	Jumlah orang ≥ 61% dari kapasitas maksimal ruangan
MidOccupy	Jumlah orang antara 16% sampai 60% dari kapasitas maksimal ruangan
MinOccupy	Jumlah orang ≤ 15% dari kapasitas maksimal ruangan

Contoh basis pengetahuan untuk menentukan perangkat listrik yang akan dikendalikan disajikan pada Tabel II. *Policy* yang berisi konfigurasi perangkat listrik yang akan dikendalikan disajikan Tabel III. Konfigurasi tersebut terdiri dari 8 *relay* dimana setiap *relay* berisi nilai 1 (*on*) atau 0 (*off*). Penentuan *policy* dilakukan dengan mempertimbangkan jenis aktivitas dan kategori jumlah orang.

TABEL II. BASIS PENGETAHUAN

Rule	*IF*	*THEN*
1	Labse is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MinOccupy	POL 1
2	Labse is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MidOccupy	POL 2
3	E3 is Active **AND** Activity is Conference **AND** Occupant is MinOccupy	POL 3
4	Labse is Active **AND** Activity is Meeting **AND** Occupant is MinOccupy	POL 4
5	Labse is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MaxOccupy	POL 5
6	E3 is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MinOccupy	POL 6
7	E3 is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MidOccupy	POL 7
8	E3 is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MaxOccupy	POL 8
9	E3 is Active **AND** Activity is Conference **AND** Occupant is MidOccupy	POL 9
10	E3 is Active **AND** Activity is Conference **AND** Occupant is MaxOccupy	POL 10
11	Labse is Active **AND** Activity is Meeting **AND** Occupant is MidOccupy	POL 11
12	Labse is Active **AND** Activity is Meeting **AND** Occupant is MaxOccupy	POL 12
13	Labjarkom is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MinOccupy	POL 13
14	Labjarkom is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MidOccupy	POL 14
15	Labjarkom is Active **AND** Activity is Class **AND** Occupant is MaxOccupy	POL 15

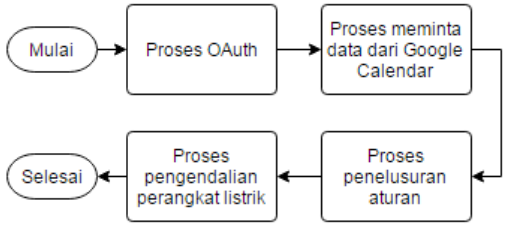
TABEL III. *POLICY*

Policy	**Konfigurasi *relay***							
	R1	**R2**	**R3**	**R4**	**R5**	**R6**	**R7**	**R8**
POL 1	1	0	1	1	0	0	0	0
POL 2	1	1	0	0	1	1	0	0
POL 3	1	1	0	1	1	0	0	0
POL 4	1	1	0	1	1	0	0	1
POL 5	1	0	1	1	1	1	1	0
POL 6	1	1	0	1	0	0	0	0
POL 7	1	1	0	1	1	0	0	0
POL 8	1	1	1	1	1	1	0	0
POL 9	1	1	1	1	1	1	0	0
POL 10	1	1	1	1	1	1	0	0
POL 11	1	1	0	1	1	0	0	1
POL 12	1	1	1	1	1	1	0	1
POL 13	1	1	0	1	0	0	0	0
POL 14	1	1	0	1	1	0	0	0
POL 15	1	1	1	1	1	1	1	0

D. *Mekanisme Kerja Sistem*

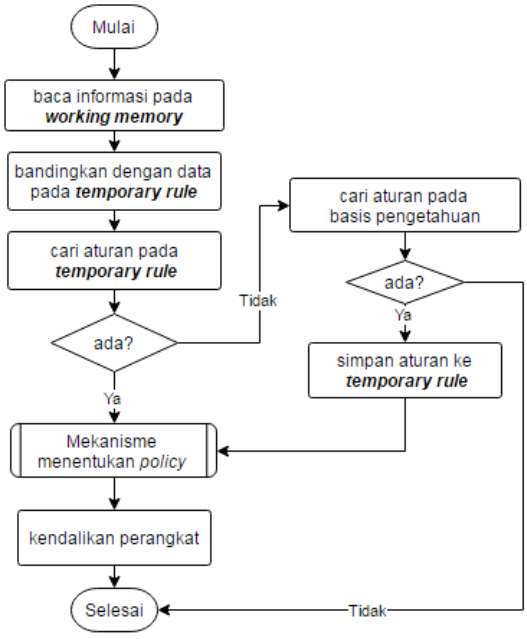
Secara umum mekanisme kerja sistem secara keseluruhan terdiri dari empat proses utama (Gambar 5), yaitu:

1. Proses *OAuth* adalah proses yang ditujukan untuk mendapatkan akses ke *Google API*.
2. Proses meminta data dari *Google Calendar* adalah untuk meminta informasi agenda terbaru dan informasi tersebut disimpan dalam *working memory*.
3. Proses penelusuran aturan adalah untuk menemukan aturan yang sesuai dengan informasi dalam *working memory*. Aturan yang ditemukan akan menentukan *policy*.
4. Proses pengendalian perangkat listrik ditujukan untuk mengendalikan (*on/off*) perangkat listrik berdasarkan *policy* yang diterapkan.



Gambar 5. Mekanisme kerja sistem

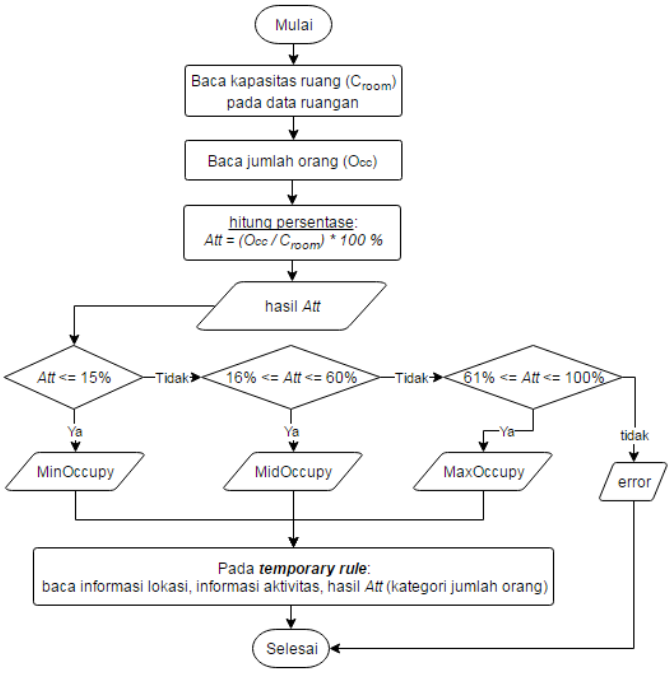
Proses penelusuran aturan diperlihatkan pada Gambar 6. Proses ini diawali dengan membaca informasi pada *working memory* dan membandingkannya dengan data pada *temporary rule*. *Working memory* berisi informasi mengenai lokasi (*where*), aktivitas (*what*), dan jumlah orang (*who*). Kemudian sistem mencari aturan pada *temporary rule*. Jika data pada *temporary rule* tidak ada, sistem akan mengalihkan pencarian ke basis pengetahuan. Aturan yang ditemukan, kemudian disimpan kedalam *temporary rule*. Selanjutnya dilakukan proses untuk menentukan *policy*.



Gambar 6. Proses penelusuran aturan

Proses menentukan *policy* diperlihatkan pada Gambar 7. Proses ini dilakukan dengan menghitung persentase jumlah orang dan hasilnya digunakan untuk mengkategorikan jumlah orang ke dalam *MaxOccupy, MidOccupy,* atau *MinOccupy*. Proses selanjutnya adalah menentukan *policy* berdasarkan hasil pengkategorian jumlah orang, informasi lokasi dan informasi

aktivitas. Pencarian *policy* dilakukan pada *temporary rule*. *Policy* yang ditemukan ini akan diterapkan untuk mengendalikan perangkat listrik.

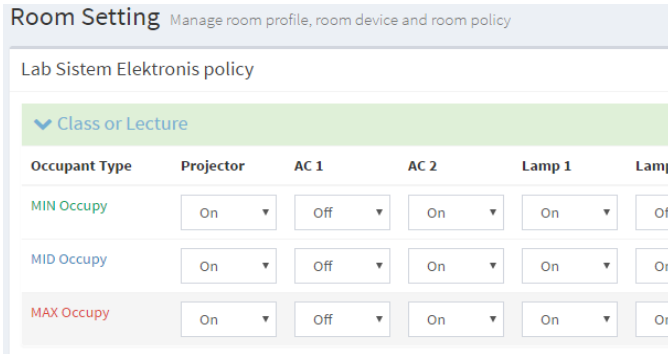


Gambar 7. Proses penentuan *policy*

IV. HASIL IMPLEMENTASI DAN DISKUSI

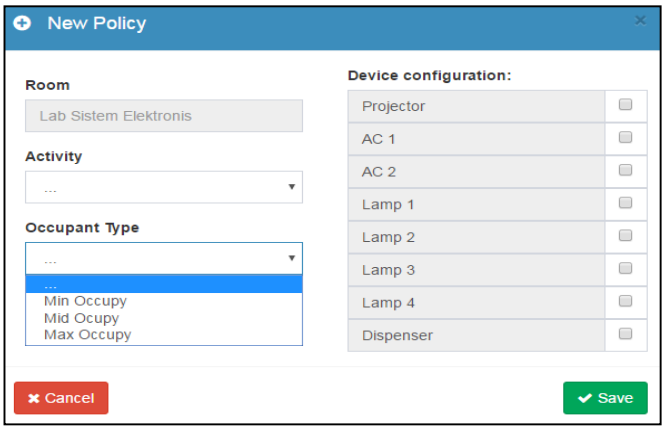
A. Aplikasi Front-end

Aplikasi *front-end* merupakan *web-based application*. Antarmuka yang digunakan untuk mengatur kebijakan ruangan merupakan bagian dari halaman pengaturan ruangan (*room page*). Antarmuka pengaturan kebijakan ruangan (*policy*) diperlihatkan pada Gambar 8. Pada antarmuka tersebut pengguna dapat mengkonfigurasi ulang pengaturan perangkat listrik yang akan dikendalikan.



Gambar 8. Antarmuka pengaturan *policy*

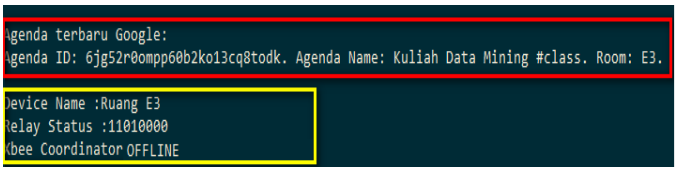
Pada halaman *room page*, pengguna juga dapat membuat kebijakan (*policy*) baru dengan menggunakan antarmuka *form create policy* (Gambar 9). Untuk membuat kebijakan baru, pengguna harus menentukan jenis aktivitas, kategori jumlah orang dan memilih perangkat listrik yang harus dioperasikan.



Gambar 9. Antarmuka pembuatan *policy*

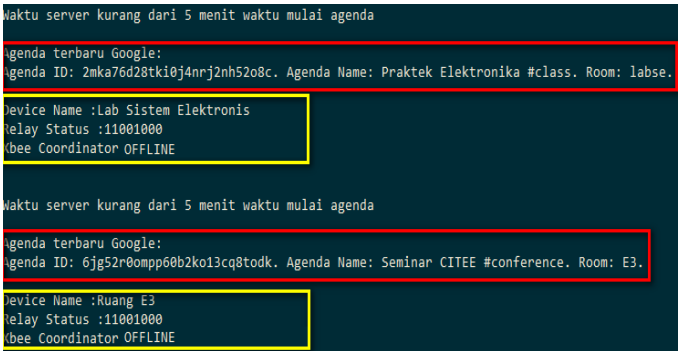
B. Aplikasi Back-end

Aplikasi *back-end* bertugas melakukan penjadwalan dan menentukan perangkat listrik yang dikendalikan. Aplikasi ini berjalan di belakang layar. Fungsionalitas dari aplikasi ini diuji dengan 3 macam skenario. Skenario pertama menguji sistem dengan input 1 buah agenda. Skenario kedua menguji sistem dengan input dua buah agenda dalam waktu yang sama. Skenario 3 menguji sistem dengan mengubah nilai jumlah orang.



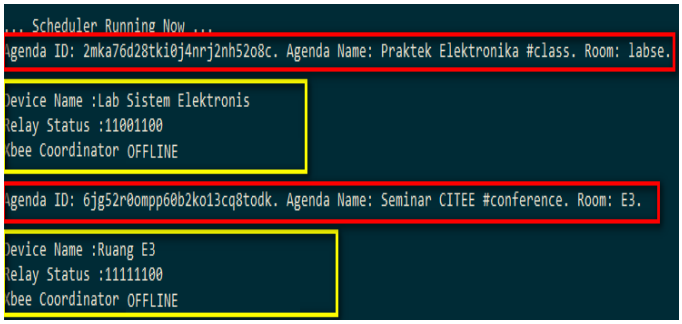
Gambar 10. Hasil pengujian skenario 1

Hasil pengujian skenario 1 (Gambar 10) menunjukkan sistem mampu menjalankan fungsinya dengan baik. Pada pengujian tersebut, *relay status: 11010000* menunjukkan data biner untuk pengendalian perangkat listrik. Angka 1 berarti perangkat dihidupkan, sedangkan angka 0 berarti perangkat dimatikan.



Gambar 11. Hasil pengujian skenario 2

Pada pengujian skenario 2 dan skenario 3, besarnya nilai kapasitas maksimal ruangan untuk Lab Sistem elektronis dikonfigurasi dengan nilai 40 orang dan untuk ruang E3 adalah 60 orang. Hasil pengujian skenario 2 (Gambar 11) menunjukkan bahwa sistem dapat menangani lebih dari satu agenda dalam satu waktu pada ruangan atau lokasi yang berbeda.



Gambar 12. Hasil pengujian skenario 3

Pada pengujian skenario 3 dilakukan pengubahan informasi jumlah orang. Agenda pada ruang Lab Sistem Elektronis (agenda 1) informasi jumlah orang didalam ruangan adalah 15 orang, sedangkan pada ruang E3 (agenda 2) informasi jumlah orang adalah 50 orang. Persentase jumlah orang untuk tiap agenda dihitung dengan Persamaan (1) dan hasilnya dikategorikan berdasarkan Tabel I. Berikut hasil penghitungan persentase untuk pengkategorian jumlah orang:

- Agenda 1: *Att* = (15/40) x 100 % = 38%, sehingga termasuk kategori *MidOccupy*.
- Agenda 2: Att = (50/60) x 100% = 83 % sehingga termasuk kategori *MaxOccupy*.

Setelah pengkategorian jumlah orang dilakukan, kemudian menentukan *policy* untuk tiap agenda. Berikut ini hasil penentuan *policy*.

- Agenda 1: lokasi adalah Lab Sistem elektronis (labse), aktivitas adalah *class*, dan kategori jumlah orang adalah *MidOccupy*. Informasi tersebut dicocokan dengan basis pengetahuan pada Tabel II dan hasilnya adalah *Rule 2*. *Rule* tersebut berisi informasi *policy* yaitu POL 2. Konfigurasi POL 2 adalah 11001100.
- Agenda 2: lokasi adalah ruang E3, aktivitas adalah *conference*, dan kategori jumlah orang adalah *MaxOccupy*. Dengan cara yang sama pada penentuan *policy* agenda 1, didapatkan POL 10. Konfigurasi POL 10 adalah 11111100.

Jika dibandingan dengan hasil pengujian pada skenario 2, status *relay* pada hasil pengujian skenario 3 (Gambar 12) berubah sesuai dengan jumlah orang saat itu.

V. KESIMPULAN

Hasil pengujian fungsionalitas menunjukkan bahwa aturan kebijakan yang dikembangkan berhasil menentukan *policy* yang akan diterapkan untuk pengendalian perangkat listrik di dalam ruangan berdasarkan informasi jenis aktivitas dan jumlah orang. Jenis aktivitas bisa berupa perkuliahan, praktikum, rapat, seminar, dan lain sebagainya tergantung dari agenda *Google Calendar* yang didapat.

Hasil pengujian fungsionalitas tersebut merupakan dasar untuk pekerjaan selanjutnya yaitu mengimplementasikan aturan kebijakan ruangan ke dalam sistem penjadwalan yang terhubung dengan perangkat sensor nirkabel dan aktuator untuk mengamati hasil dari penerapan *policy* terhadap perangkat listrik yang dikendalikan dan juga mengetahui performa (waktu respon) sistem ketika mengendalikan perangkat listrik (*on/off*).

DAFTAR PUSTAKA

[1] J. Page, D. Robinson, N. Morel, and J.-L. Scartezzini, "A Generalised Stochastic Model for The Simulation of Occupant Presence," *Energy Build.*, vol. 40, no. 2, pp. 83–98, 2008.

[2] T. A. Nguyen and M. Aiello, "Energy intelligent buildings based on user activity: A survey," *Energy Build.*, vol. 56, pp. 244–257, Jan. 2013.

[3] O. T. Masoso and L. J. Grobler, "The dark side of occupants' behaviour on building energy use," *Energy Build.*, vol. 42, no. 2, pp. 173–177, Feb. 2010.

[4] T. Hong and H.-W. LIn, "Occupant Behavior: Impact on Energy Use of Private Offices," in *In ASim 2012 - 1st Asia conference of International Building Performance Simulation Association*, 2013.

[5] M. S. Gul and S. Patidar, "Understanding the energy consumption and occupancy of a multi-purpose academic building," *Energy Build.*, vol. 87, pp. 155–165, Jan. 2015.

[6] T. Yokomizo, I. Takano, and M. Kobayashi, "Effective Energy-saving on The Campus Classroom Lighting by Scheduling Management," in *TENCON 2009 - 2009 IEEE Region 10 Conference*, 2009, pp. 1–6.

[7] A. Syahrani, G. A. A. Putri, A. R. Pratama, G. D. Putra, W. Najib, and Widyawan, "WSAN-based energy efficient system in building: A monitoring and scheduling," in *2014 Makassar International Conference on Electrical Engineering and Informatics (MICEEI)*, 2014, pp. 59–64.

[8] Mukhtar, I. W. Mustika, and N. A. Setiawan, "Perancangan Sistem Penjadwalan untuk Manajemen Penggunaan Ruangan Berbasis Google Calendar," in *Seminar Nasional Teknologi Terapan Sekolah Vokasi UGM (SNTT)*, 2015, pp. 60–66.

[9] S. Lorente, "Key issues regarding Domotic applications," in *2004 International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications, 2004. Proceedings*, 2004, pp. 121–122.

[10] C. Bădică, M. Brezovan, and A. Bădică, "An Overview of Smart Home Environments: Architectures, Technologies and Applications," *BCI Local CEUR-WSorg*, 2013.

[11] M. Negnevitsky, *Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems*, 1st ed. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2001.

[12] A. A. Hopgood, Ed., *Intelligent Systems for Engineers and Scientists (2Nd Ed.)*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Inc., 2001.

[13] T. Sharma, N. Tiwari, and D. Kelkar, "Study of Difference Between Forward and Backward Reasoning," *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng.*, vol. 2, no. 10, Oct. 2012.