

# **OPTIMASI PENEMPATAN SENSOR TEMPERATUR DAN KELEMBAPAN PADA AC VRV/VRF UNTUK PENGHEMATAN ENERGI DI RUANG OPERASI**

Andriana Johari, Bambang Ariantara, Muki Satya Permana  
Magister Teknik Mesin, Pascasarjana Universitas Pasundan  
Jl. Sumatera No. 41 Bandung 40117, Indonesia  
Email : [andrianajohari@gmail.com](mailto:andrianajohari@gmail.com)

## *Abstract*

*Electricity consumption for air conditioning absorb nearly 60% of hospital building. The air in room that needs to be conditioned in hospital is one of operating rooms to maintain temperature and humidity according to Minister of Health Regulation standards for 24 hours. This study aims to determine placement of temperature and humidity sensors that provide the lowest electricity consumption in operating room of Edelweiss Hospital and calculate amount of energy savings after optimizing placement of temperature and humidity sensors. The research method used was direct experimentation in operating room of Edelweiss Hospital with dimensions of 6.448 x 6.055 x 3.000 meters by moving temperature and humidity sensors at a certain time when ambient temperature is uniform. Experiments were carried out by placing sensors on 4 sides of walls inside operating room at a height of 0.5 meters, 1.5 meters and 2 meters with a total 12 points. The experimental results show that there are differences in temperature and humidity readings from each sensor placement point which causes sensor to send a signal to controller then instruct AC system to work harder and reach a predetermined set point. AC system harder works to reach the set point, caused increase electricity consumption. The most optimal temperature sensor placement point is obtained from the lowest standard deviation. Electricity consumption at most optimal sensor placement provides an energy saving of 15.1% compared to existing sensor placement. Economically, the savings in electrical energy can reduce operational costs of Rp. 12,608,391, - per year.*

*Keyword: Air Conditioning, Energy, Optimal, Sensor Placement, Temperature and Humidity Sensor*

## **Abstrak**

Konsumsi listrik untuk pengkondisi udara mengambil porsi hampir 60% dari bangunan rumah sakit. Udara pada ruangan yang perlu dikondisikan di rumah sakit salah satunya ruang operasi untuk menjaga temperatur dan kelembapan sesuai standar Peraturan Menteri Kesehatan selama 24 jam. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penempatan sensor temperatur dan kelembapan yang memberikan konsumsi listrik paling rendah di ruang operasi Rumah Sakit Edelweiss dan menghitung besarnya penghematan energi setelah diterapkan optimasi penempatan sensor temperatur dan kelembapan. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen langsung di ruang operasi Rumah Sakit Edelweiss berdimensi 6,448 x 6,055 x 3,000 meter dengan memindahkan sensor temperatur dan kelembapan pada waktu tertentu saat temperatur lingkungan seragam. Eksperimen dilakukan dengan menempatkan sensor pada 4 sisi dinding ruang operasi ketinggian 0,5 meter, 1,5 meter dan 2 meter dengan total 12 titik. Hasil eksperimen menunjukkan terdapat perbedaan pembacaan temperatur dan kelembapan dari setiap titik penempatan sensor yang mengakibatkan sensor tersebut mengirimkan sinyal ke kontroler untuk

memerintahkan sistem AC bekerja lebih berat guna mencapai *set point* yang telah ditentukan. Titik penempatan sensor temperatur yang paling optimal didapat dari standar deviasi yang paling rendah. Konsumsi listrik pada penempatan sensor yang paling optimal memberikan penghematan energi listrik sebesar 15,1% dibanding titik penempatan sensor *existing*. Secara ekonomi, penghematan energi listrik tersebut dapat menekan biaya operasional senilai Rp. 12.608.391,- per tahun.

Kata Kunci: Pengkondisi Udara, Energi, Optimal, Penempatan Sensor, Sensor Temperatur dan Kelembapan

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan pengkondisi udara atau AC pada bidang kesehatan yang diwajibkan yaitu ruang operasi sebagai tempat dokter melakukan proses pembedahan pada manusia. Ruang operasi setidaknya harus memenuhi standar berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2016. Pengkondisi udara beroperasi dengan menggunakan energi listrik yang cukup besar. Konsumsi listrik untuk kebutuhan AC pada sebuah bangunan rumah sakit mengambil porsi sekitar 66,9%. [1] Udara pada ruang operasi harus selalu terjaga sesuai standar sehingga AC akan terus beroperasi meskipun ruangan tidak digunakan. Hal ini mengakibatkan konsumsi listrik AC untuk ruang operasi sangat besar. Penghematan konsumsi listrik pada AC ruang operasi perlu dilakukan untuk mengurangi anggaran untuk membayar tagihan listrik.

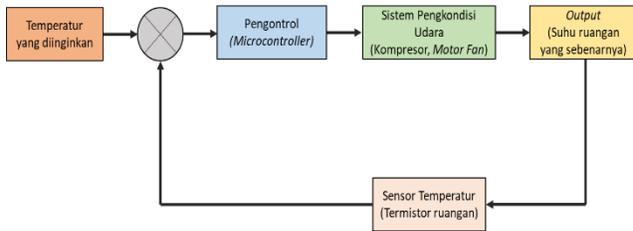
Penelitian penghematan konsumsi listrik pada AC telah banyak dilakukan. Manurung, Immanuel melakukan penelitian dengan mensimulasikan konsumsi listrik pada AC *Unitary System* dengan *Variable Air Volume (VAV) System*. Berdasarkan hasil simulasi, didapat penghematan listrik pada AC dengan menggunakan *VAV System* sebesar 41%. *VAV System* merupakan teknologi memvariasikan bukaan katup ekspansi secara elektronik berdasarkan masukan dari sensor-sensor pada sistem AC. Masukan tersebut kemudian diolah oleh *micro processor* untuk memerintahkan katup ekspansi membuka atau menutup secara otomatis.

Sistem *Variable Air Volume* memiliki nama lain yaitu *Variable Refrigerant Volume (VRV)* dan *Variable Refrigerant Flow (VRF)*. [2]

Ali A. S. Ramschie, dkk., melakukan penelitian dengan membatasi pengaturan temperatur dari AC. Pembatasan ini dilakukan dengan membuat suatu perangkat agar pengaturan temperatur dapat ditetapkan pada mode hemat yaitu temperatur 24 °C sesuai temperatur nyaman bagi manusia. Semakin besar pengaturan temperatur pada AC, maka penggunaan listrik semakin hemat. [3]

Rozaq, Mohamad Abdul menganalisa pengaruh *setting* AC terhadap konsumsi energi listrik. Hasil penelitian menunjukkan kenaikan konsumsi listrik pada AC disebabkan suhu tidak tercapai karena pengaturannya terlalu rendah. Pengaturan temperatur yang dilakukan yaitu pada temperatur 18 °C dan 19 °C. Hal ini karena komponen kompresor terus bekerja untuk mendinginkan ruangan sehingga mengakibatkan konsumsi listrik semakin besar. Kompresor akan berhenti bekerja dan tidak mengkonsumsi listrik jika temperatur yang ditetapkan sudah tercapai. [4]

Berdasarkan penelitian sebelumnya terdapat masalah yang harus diteliti diantaranya hubungan antara penempatan sensor temperatur dan kelembapan dengan konsumsi energi listrik dan mencari penempatan yang optimal di ruang operasi.



Gambar 1. Hubungan sensor dengan penghematan energi listrik

Penempatan sensor memiliki hubungan dengan konsumsi energi listrik berdasarkan prinsip kerja sistem AC. Seperti blok diagram yang tersaji pada gambar 1 sensor temperatur yang dijadikan *setpoint* mengirimkan sinyal sebagai *input* ke *microcontroller*. Sensor temperatur yang dijadikan pembaca temperatur di ruangan akan mengirimkan sinyal juga ke *microcontroller* sehingga perangkat ini akan mengolah informasi, apabila terdapat selisih temperatur *microcontroller* akan mengirimkan perintah ke relay untuk mengoperasikan komponen AC yang mengkonsumsi listrik diantaranya kompresor dan *fan motor*. Jika sensor temperatur pembaca di ruangan dan *set point* tidak terdapat selisih, maka *microcontroller* akan mengirim perintah ke relay untuk menghentikan operasi komponen AC. Guna mendapatkan konsumsi listrik dan kenyamanan yang optimal, sensor temperatur harus ditempatkan di area yang memberikan pembacaan akurat dan umpan balik dari kondisi yang memerlukan kontrol.

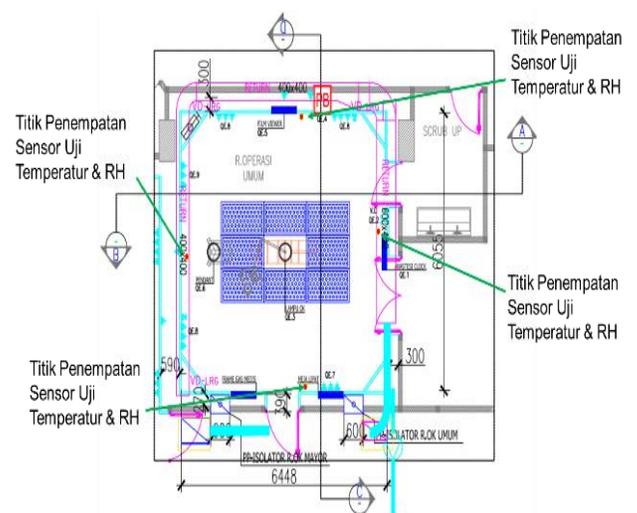
Tujuan pada penelitian ini untuk menentukan posisi penempatan sensor temperatur dan kelembapan yang memberikan konsumsi listrik paling rendah di ruang operasi dan mengetahui besarnya penghematan energi setelah diterapkan optimasi penempatan sensor temperatur dan kelembapan.

## 2. METODE

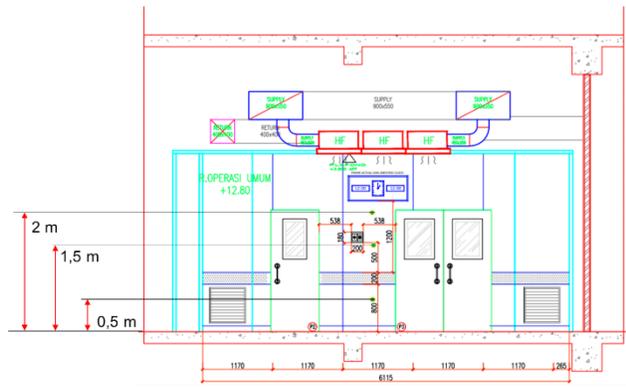
Metode eksperimen digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Eksperimen dilakukan di ruang operasi Rumah Sakit

Edelweiss. Tahap awal proses eksperimen pada penelitian ini adalah melakukan survey ruang operasi, sistem AC dan aktivitas di dalamnya. Hasil survey didapat bahwa ruang operasi yang digunakan untuk penelitian berukuran 6,4 meter x 6 meter dengan tinggi ruangan 3 meter. Sistem AC yang digunakan adalah AC VRV yang terhubung dengan koil pendingin pada *Air Handling Unit* (AHU). Selain itu, koil pemanas dipasang setelah koil pendingin. Sistem kontrol digunakan untuk mengatur kerja antara koil pendingin dan pemanas. Koil pendingin berfungsi untuk menurunkan temperatur dan koil pemanas difungsikan sebagai *dehumifier* untuk menurunkan kelembapan. Sensor temperatur dan kelembapan digunakan untuk membaca temperatur dan kelembapan dari udara di ruang operasi serta berfungsi sebagai *trigger* yang mengirimkan sinyal ke sistem kontrol untuk mengintruksikan koil pendingin dan pemanas bekerja.

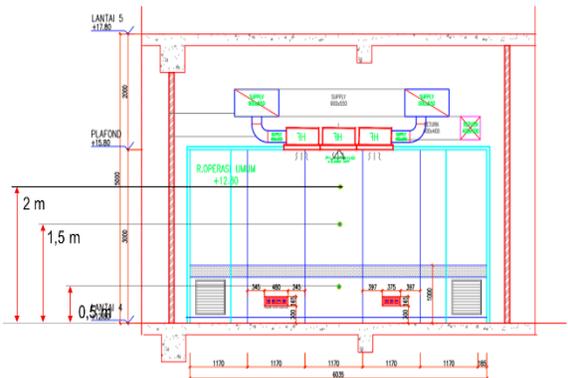
Sensor temperatur dan kelembapan ditempatkan pada 4 dinding ruang operasi seperti yang ditunjukkan pada gambar 2. Ketinggian sensor tersebut adalah 0,5 meter, 1,5 meter dan 2 meter dari atas lantai untuk setiap dinding seperti yang disajikan pada gambar 3. sehingga total penempatan sensor sebanyak 12 titik.



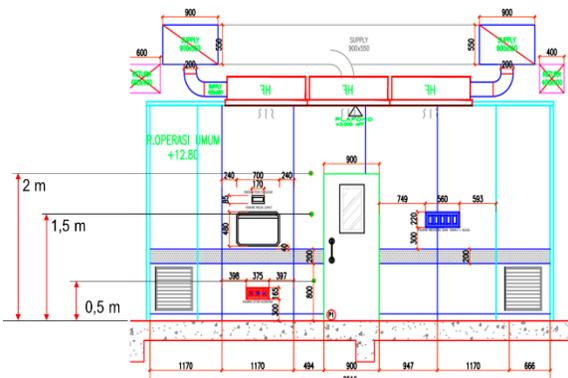
Gambar 2. Titik penempatan sensor tampak atas



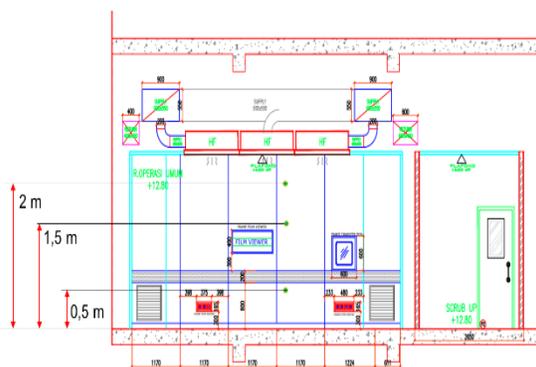
(a)



(b)

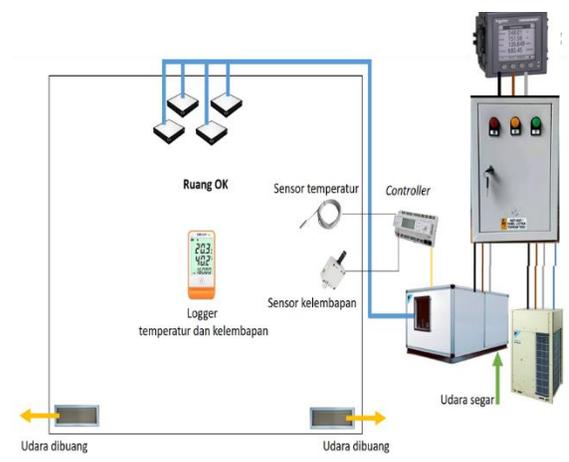


(c)



(d)

Gambar 3. Titik penempatan sensor tampak samping sisi A, B, C dan D



Gambar 4. Rangkaian Alat Penelitian

Tahap selanjutnya adalah *set up* alat penelitian. Alat yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian adalah sistem AC, sistem kontrol, sensor temperatur dan kelembapan serta *power meter* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4. Terdapat 2 sensor temperatur dan kelembapan yang digunakan dengan fungsi yang berbeda yaitu pembanding dan *trigger*. Sensor pembanding digunakan untuk melihat pembacaan temperatur dan kelembapan aktual ruangan yang diposisikan pada meja operasi sebagai area yang paling utama pada ruang operasi.

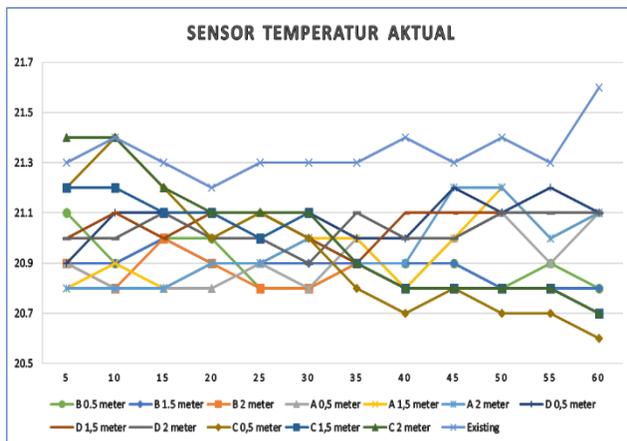
Sistem AC dioperasikan dengan *set point* temperatur 20,8 °C dan kelembapan 45%. Sistem kontrol akan memberikan sinyal ke kompresor setiap ada selisih temperatur +0,1 °C dan -0,1. Koil pemanas bekerja ketika mendapat sinyal dari sistem kontrol saat terjadi selisih +5% dan -5% dari *set point*.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

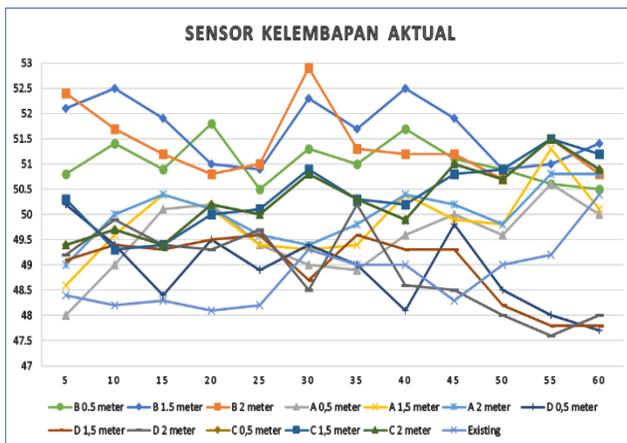
Hasil pengambilan data dari sensor temperatur disajikan pada grafik 1 dan kelembapan pada grafik 2. Berdasarkan grafik temperatur dan kelembapan, mengindikasikan temperatur dan kelembapan memiliki selisih yang tidak signifikan dengan *set point* sehingga data tersebut valid. Grafik 1 menunjukkan terjadi perubahan temperatur lebih dari 0,1 °C sehingga

memiliki peluang terjadinya penghematan energi listrik.

Pembacaan sensor kelembapan pada grafik 2 menunjukkan tidak terjadi perubahan kelembapan di bawah 5% dari *set point* sehingga sistem pemanas bekerja dan mengkonsumsi energi listrik secara konstan. Hal tersebut tidak memiliki peluang untuk mendapat penghematan energi listrik.

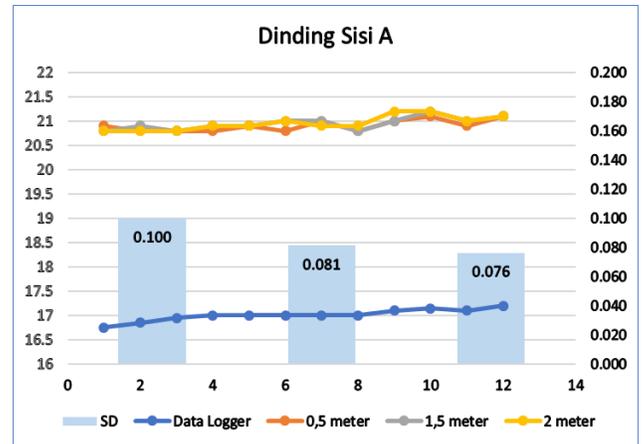


Grafik 1. Pembacaan Sensor Temperatur Aktual (*Trigger*)

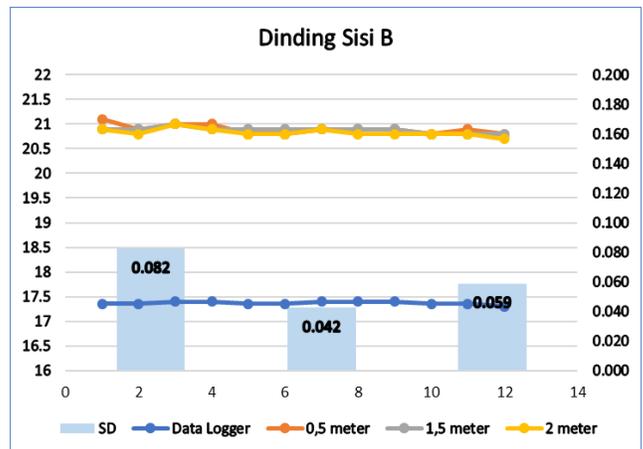


Grafik 2. Pembacaan Sensor Kelembapan Aktual (*Trigger*)

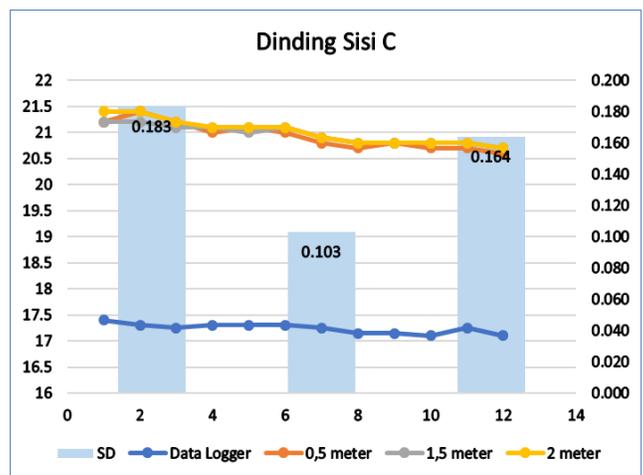
Selanjutnya hanya data pembacaan sensor temperatur yang dilakukan analisis untuk mencari titik penempatan sensor yang paling optimal. Pembacaan sensor temperatur dari dua *data logger* yang diletakan di meja operasi sebagai area tengah ruang operasi dihitung rata-rata.



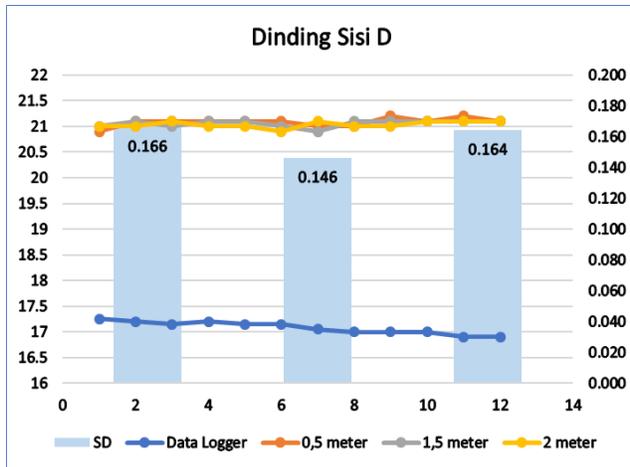
Grafik 3. Standar Deviasi, Perbandingan Pembacaan Sensor dan *Data Logger* Temperatur Dinding Sisi A



Grafik 4. Standar Deviasi, Perbandingan Pembacaan Sensor dan *Data Logger* Temperatur Dinding Sisi B



Grafik 5. Standar Deviasi, Perbandingan Pembacaan Sensor dan *Data Logger* Temperatur Dinding Sisi C



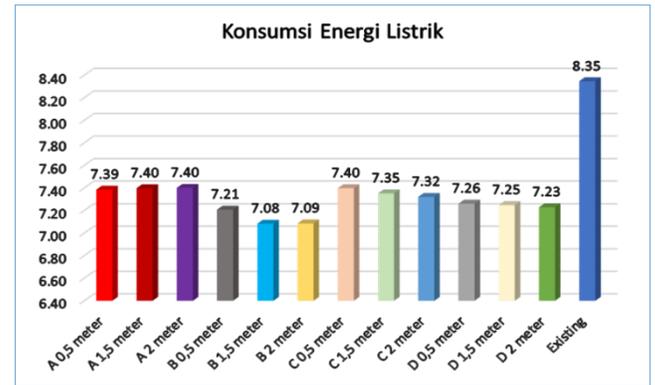
Grafik 6. Standar Deviasi, Perbandingan Pembacaan Sensor dan Data Logger Temperatur Dinding Sisi D

Data rata-rata dari dua *data logger* kemudian dilakukan penghitungan selisih dengan hasil pembacaan sensor temperatur setiap 5 menit pengambilan data dari setiap titik pada masing-masing dinding seperti yang ditunjukkan pada grafik 3 untuk dinding sisi A, grafik 4 untuk dinding sisi B, grafik 5 untuk dinding sisi C dan grafik 6 untuk dinding sisi D. Grafik tersebut juga menyajikan standar deviasi dari selisih pembacaan sensor temperatur dengan *data logger*.

Titik penempatan sensor yang paling optimal didapat dengan melihat standar deviasi yang paling rendah. Hal ini menunjukkan kecilnya fluktuasi perubahan temperatur. Semakin kecil fluktuasi pembacaan sensor temperatur terhadap *data logger*, maka konsumsi energi listrik lebih baik karena sistem AC hanya bekerja untuk mempertahankan temperatur. Berdasarkan grafik yang menunjukkan standar deviasi, fluktuasi yang paling rendah atau paling optimal terdapat pada titik penempatan sensor temperatur dinding sisi B dengan ketinggian 1,5 meter dari lantai.

Guna mendapatkan penghematan energi listrik yang paling optimal, dilakukan pengujian konsumsi energi listrik pada semua titik sensor termasuk titik *existing* seperti yang ditunjukkan pada grafik 7. Konsumsi energi listrik yang paling

rendah terdapat pada sisi dinding B dengan ketinggian 1,5 meter sebesar 7,08 kWh. Titik penempatan sensor tersebut sejalan dengan titik penempatan sensor yang paling optimal berdasarkan standar deviasi.



Grafik 7. Konsumsi Energi Listrik Setiap Titik Penempatan Sensor

Perbedaan konsumsi energi listrik antara titik sensor yang telah dioptimasi dengan titik sensor *existing* sebesar 1,27 kWh atau 15,1%. Berdasarkan data tersebut, dapat dihitung besarnya penghematan listrik sebesar Rp. 12.608.931,- per tahun seperti yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Penghematan Energi Listrik

Titik Sensor	Tarif per Jam	Tarif per Hari	Pemakaian per Bulan	Biaya Per Tahun
<i>Existing</i>	WBP	15.951	79.756	2.392.668
	LWBP	7.976	151.536	4.546.068
Optimal	WBP	13.536	67.678	2.030.342
	LWBP	6.768	128.588	3.857.650
<b>Penghematan</b>				<b>12.608.931</b>
<b>Persentase</b>				<b>15,1%</b>

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan titik sensor dan kelembapan yang dapat memberikan konsumsi listrik paling rendah di ruang operasi Rumah Sakit Edelweiss pada titik dengan ketinggian 1,5 meter di sisi dinding B dengan penghematan energi listrik sebesar Rp. 12.608.931,- per tahun.

## **5. DAFTAR PUSTAKA**

- [1] B2TKE, Tim Survey, Laporan Akhir Benchmarking Specific Energy Consumption di Bangunan Komersial, Tangerang Selatan: Balai Besar Teknologi Konversi Energi, 2020.
  
- [2] I. Manurung, Skripsi: Analisis Peluang Hemat Energi Listrik pada Air Conditioner (AC) Gelanggang Mahasiswa Universitas Sumatera Utara, Medan: Universitas Sumatera Utara, 2019.
  
- [3] A. A. S. Ramchie, J. F. Makal dan V. V. Ponggawa, “Sistem Pembatasan Pengaturan Temperatur Dan Monitoring Konsumsi Energi Listrik Peralatan Penyejuk Udara,” dalam 10th Industrial Research Workshop and National Seminar, Bandung, 2019.
  
- [4] M. A. Rozaq, B. Sukoco dan D. Nugroho, “Analisa Pengaruh Setting Suhu Air Conditioner Terhadap Konsumsi Energi Listrik pada Air Conditioner Kapasitas 5 PK Type PSF 5001,” dalam Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU) 2, Semarang, 2019.