

KAJIAN MANAJEMEN ENERGI RUANG OPERASI

Icha Fatwasauri*, Gilar Wisnu Hardi, Rendi, dan Salamet Nur Himawan

Politeknik Negeri Indramayu

*Email: ichafatwasauri@polindra.ac.id

ARTICLE INFO

Article history:

Received date:

31 August 2022

Received in revised form date:

13 October 2022

Accepted date

26 October 2022

Available online date

10 November 2022

Abstract

The operating room is a place to perform surgery on the patient's organs which must be free from exposure. It is very important to maintain a stable temperature and humidity as well as the HVAC system. Designing an HVAC system that meets operating room standards will certainly cost a lot of money. This is what makes the hospital must design an air conditioning system in operating room that is energy efficient but still meets standards. This article will describe various studies related to energy-saving systems in operating rooms and HVAC systems in operating rooms. In addition, this article will also describe the standards used by the world and Indonesia in designing operating rooms. The results of the review show that hospitals can optimally carry out good energy management while still implementing the correct HVAC system.

Keywords: *Operating room, energy, HVAC, regulation.*

Kata kunci:

Ruang operasi

Energi

HVAC

Regulasi

Abstrak

Ruang operasi merupakan tempat untuk melakukan pembedahan organ tubuh pasien yang harus bebas dari paparan. Sehingga penting untuk menjaga kestabilan suhu dan kelembaban serta system HVAC. Merancang system HVAC yang sesuai standar ruang operasi tentunya akan memakan banyak biaya. Hal inilah yang membuat rumah sakit harus merancang sistem tata udara di ruang operasi yang hemat energy tetapi tetap sesuai standar. Artikel ini akan menjabarkan berbagai penelitian terkait system hemat energy di ruang operasi dan system HVAC di ruang operasi. Selain itu, artikel ini juga akan menjabarkan standar yang digunakan dunia serta Indonesia dalam mendesain ruang operasi. Hasil tinjauan menunjukkan agar rumah sakit dapat dengan optimal melakukan manajemen energi yang baik dengan tetap menerapkan system HVAC yang benar.

1. PENDAHULUAN

Di dalam Undang - Undang No. 44 tahun 2009 tentang Rumah Sakit, maka perlu dirancang Sistem Tata Udara pada Bangunan Rumah Sakit yang memenuhi standar pelayanan kesehatan. Sistem tersebut berfungsi untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan udara dan tekanan sebagai upaya untuk mencegah berkembang biaknya mikroorganisme. Mikroorganisme dapat tumbuh dan berkembang di ruang-ruang khusus seperti, ruang operasi, ruang isolasi, ruang laboratorium, ICU dan lain-lain.

Ruang operasi merupakan tempat untuk melakukan pembedahan organ tubuh pasien yang harus bebas dari paparan. Ruang operasi adalah ruang yang berpotensi menyebabkan infeksi nosocomial karena terjadi pemajangan jaringan tubuh. Infeksi nosocomial merupakan suatu masalah di seluruh dunia. Di Indonesia, angka nosocomial secara nasional belum menunjukkan angka pasti, karena kurang dilakukannya survey. Di Rumah sakit, keselamatan merupakan aspek terpenting yang perlu diperhatikan dalam sebuah rumah sakit. Ada beberapa jenis keselamatan, seperti keselamatan pasien, keselamatan tenaga kesehatan, keselamatan gedung, dan keselamatan peralatan kesehatan [1].

Berdasarkan hal tersebut, diperlukan perancangan sistem *Heat Ventilation Air Conditioning* (HVAC) di ruang operasi sebagai pencegahan penyakit yang semakin parah. Suhu dan kelembaban sangat diperlukan untuk keberhasilan proses operasi. Kontrol suhu dan kelembaban penting untuk mencegah pertumbuhan bakteri dan memastikan keselamatan pasien di ruang operasi. Diperlukan kajian manajemen energi di ruang operasi, agar aktivitas dapat terstruktur tanpa mengurangi tingkat pemakaian ruang operasi.

Manajemen energi ruang operasi dapat terdiri dari sistem tata udara; sistem pencahayaan; elevator; dan peralatan kesehatan yang digunakan. Di Amerika Serikat, intensitas energy rumah sakit dua kali lipat dari gedung perkantoran, sementara di Brazil energy rumah sakit mencapai 10,6 % dari total energi di Negara tersebut [2].

Pendekatan holistic untuk manajemen energi diperlukan dengan mempertimbangkan semua kegiatan operasional seperti, HVAC, pencahayaan dan perangkat lainnya. Artikel ini akan memaparkan hasil-hasil penelitian terkait dengan manajemen energy di ruang operasi.

2. LITERATUR REVIEW

Sequential Literature Review (SLR) dilakukan untuk memilih literatur atau artikel yang relevan. Pemilihan artikel yang akan diulas berfokus pada jenis penelitian kuantitatif dan kualitatif. Hasil pencarian literature dilakukan menggunakan database *google scholar* dari tahun 2000 - 2022, dengan 30 publikasi diidentifikasi. Namun, tidak semua hasil literature yang di dapat dijabarkan dalam artikel ini. Pencarian menggunakan kata kunci “Rumah Sakit, Ruang Operasi, Energi, HVAC, dan regulasi” dengan sinonim masing-masing dilakukan.

Penelitian Calcedo, dkk [3] menganalisis konsumsi energi pada 20 gedung kesehatan di Spain periode 2005-2014, dan menentukan kemungkinan penghematannya. Luas permukaan bangunan, jumlah tempat tidur dan jumlah karyawan dianalisis. Hasil menunjukkan konsumsi energi tahunan rata-rata dalam kondisi normal. Hasil yang diperoleh dalam penelitian ini memungkinkan memiliki indikator referensi rata-rata pada konsumsi energy. Konsumsi energy rata-rata dibagi dengan luas permukaan bangunan sekitar 270 kWh/m², konsumsi energy rata-rata dibagi dengan jumlah staff sekitar 10.000 kWh/staf dan konsumsi energy rata-rata dibagi dengan jumlah tempat tidur sekitar 34.600 kWh/tempat tidur.

Penelitian Suwiherawan, dkk [4] menunjukkan perhitungan dalam merancang sistem tata udara ruang operasi Rumah Sakit Ibu dan Anak Puri Bunda Tabanan. Hasil penelitian diperoleh standar kapasitas AC split duct sebesar 60.000 btu/h, heater sebesar 7KW, booster fan sebesar 1900 CFM, HEPA filter 120 cm x 80 cm sebanyak 2 unit untuk masing-masing ruangan, ducting inlet outlet 42 cm x 42 cm, ducting RAG dan FAG 20 cm x 25 cm, exhaust fan 380 CFM.

Menurut penelitian Putra, dkk [5], tata udara ruang bedah bekerja menggunakan tiga mode: sanitasi; persiapan; dan operasi. Ruang bedah dirancang agar menghasilkan kondisi termal dalam rentang suhu 21 – 28 °C, kelembaban nisbi 55 – 65 %, dan tekanan udara positif 15 Pa terhadap ruangan di sekitarnya. Komponen perancangan meliputi koil pendingin berkapasitas 54 kW, koil pemanas elektrik berkapasitas 12 kW, dan kipas catu untuk laju pergantian udara 25 ACH. Tekanan udara ruang bedah diatur oleh mekanisme kerja damper dan kipas pembuangan udara.

Penelitian Parman, dkk [6] meneliti bagaimana merancang ruangan operasi yang memenuhi standar kementerian kesehatan Republik Indonesia dan bagaimana merakayasa tata letak exhaust return grille agar ruang operasi mencapai optimal. Simulasi dilakukan dengan menggunakan software simulasi autodesk CFD 2015 dan dalam perancangan model menggunakan Autodesk Inventor 2015. Perancangan ruang operasi berukuran 6m x 6m x 3m sesuai dengan ukuran minor ruang operasi dengan luas 2,7 m² diperlukan diffuser (6 panel). Model simulasi yang dibuat terdiri dari 4 model dengan perbedaan pada masing-masing model, berdasarkan tata letak *exhaust diffuser* dan *return grille*. Hasil simulasi menunjukkan empat model yang dibuat, model terbaik TA-1 dengan kecepatan rata-rata 0,4 m/s pada 1 m - 1,8 m dari *diffuser* ke arah pasien, ukuran grille knalpot kembali: 0,61 m x 0,36 m dan tata letak knalpot di tengah setiap dinding samping (4 *exhaust return grille*).

Penelitian Khalil [7] berpendapat bahwa efisiensi energi dan kualitas udara di dalam ruang perawatan kesehatan dan khususnya ruang operasi adalah fitur penting dalam suatu desain. Pendekatan numeric merupakan alat yang tepat untuk digunakan dalam mengidentifikasi pola aliran udara suhu dan distribusi kelembaban relative. Kriteria desain tidak hanya mempengaruhi system HVAC, tetapi juga dalam desain arsitektur dan termasuk pemilihan furniture ruangan dan lokasinya. Analisis yang bagus diperlukan

untuk menginformasikan kepada pengguna tentang langkah-langkah hemat biaya, pemeriksaan, dan perhitungan terhadap keseimbangan energi pada bangunan.

Penelitian Chen [8] membuat desain hemat energi di *First Affiliated Hospital of Wenzhou Medical College*, Zhejiang, Cina. Desain tersebut dibuat dengan cara menggambarkan metode hemat energy seperti tata letak, pengaturan udara, dan penyesuaian mode operasi. Berdasarkan desain akan dihitung konsumsi energi teknologi udara balik primer dan teknologi udara balik sekunder. Hasil penelitian menunjukkan desain hemat energy dapat menghemat hamper sepertiga energy, meningkatkan tingkat operasi dan manajemen AC, mengurangi biaya, dan meningkatkan pemanfaatan sumber daya yang sangat penting.

Pada penelitian Fikri [9], merancang sebuah sistem monitoring jarak jauh HVAC ruang operasi berbasis *wireless internet of things* di Rumah Sakit Islam (RSI) PKU Muhammadiyah Kabupaten Tegal. Alat monitoring digunakan untuk menjaga kondisi udara di dalam ruang operasi tetap stabil saat proses operasi berlangsung. Alat ini memonitoring tinggi rendahnya suhu, kelembapan dan tekanan udara. Sensor BME/BMP280 berfungsi untuk mengambil data berupa suhu, kelembapan dan tekanan udara untuk diproses oleh mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Data tersebut kemudian ditampilkan pada aplikasi yang terinstal pada *smartphone* yang berbasis *Internet of Things* (IoT). Berdasarkan dari hasil pengujian dan pengukuran 35 kali pada ruang operasi Perbandingan sebelum memakai modul alat Suhu 10,28 %, kelembapan relatif 19,04 % dan tekanan udara 33,54 %. Sedangkan parameter udara ruang yang sesudah memakai modul alat memiliki Suhu 6 %, kelembapan relatif 5,57 % dan tekanan udara 33,51 % sedangkan tingkat akurasi parameter yang menggunakan modul alat sebesar suhu 94 %, kelembapan 94,43 % dan tekanan udara 66,49 %.

Selain itu terdapat penelitian tentang pengendalian infeksi di ruang operasi [10]. Penelitian ini mengevaluasi sarana dan prasarana dalam pengendalian infeksi di ruang operasi RS PKU Muhammadiyah Gamping. Metode penelitian menggunakan metode kualitatif dengan deskripsi observasional dengan melakukan observasi langsung dan pengujian di instalasi ruang operasi yang kemudian dibandingkan dengan standar kementerian kesehatan. Setelah itu dilakukan wawancara kepada pihak manajemen. Hasil menunjukkan bahwa instalasi ruang operasi menurut kategori keamanan, kesehatan, kemudahan dan nyaman memiliki hasil baik. Instalasi ruang operasi memiliki 4 unit ruang operasi yang terdiri dari dua ruang operasi besar, satu ruang operasi kecil dan satu ruang operasi khusus dengan c-arm. Ukuran ruang operasi 1 = 6,3 x 6,3 x 3,4 meter, ukuran ruang operasi 2 = 7,2 x 6,3 x 3,4 meter, ukuran ruang operasi 3 = 7,2 x 6,3 x 3,4 meter, ukuran ruang operasi 4 = 7,2 x 7,2 x 3,4 meter. Pencahayaan di ruang operasi sebesar 348 lux dan cahaya lampu operasi sebesar 10.180 lux. Tingkat kelembapan di ruang operasi 70 % dengan suhu 23,7 °C. Tingkat kebisingan sebesar 52,4 dB dengan tekanan sebesar 1013,3 mBar sama dengan tekanan udara di dalam koridor ruang operasi yang berada disebelahnya sebesar 1013,3 mBar. Kecepatan angin hembusan dari *diffuser non aspirating* yang berada dilangit – langit sebesar 0 fpm. Hasil pengukuran sesaat bakteri kontaminasi di udara, dinding dan lantai memiliki hasil sesuai dengan standar.

Berbicara mengenai nosocomial, ruang operasi merupakan ruangan yang berpotensi tinggi menyebabkan infeksi nosokomial di rumah sakit terutama infeksi luka operasi. Kualitas bakteriologis ruangan operasi bedah umum dan ruang inap, peneliti berasumsi bahwa ada variasi angka rasio yang berbeda pada tahapan hasil pengukuran laboratorium. Sehingga diperlukan kejelasan secara empiris untuk melihat perbedaan tersebut. Sebuah penelitian untuk mengetahui perbedaan angka kuman udara ruang operasi sebelum dan sesudah sterilisasi UV di RSUD Ratu Zalecha Martapura. Penelitian dilakukan menggunakan eksperimen (*one group pre and post test design*), populasi yang digunakan adalah jumlah kuman udara ruang operasi di Rumah Sakit Ratu Zalecha Martapura. Sampel penelitian ini adalah kuman udara ruang OK 1 Rumah Sakit Ratu Zalecha Martapura total ruangan operasi berjumlah 5 ruangan. Analisis data menggunakan uji statistik yaitu paired sample t-test. Hasil penelitian ini menunjukkan ada perbedaan signifikan sebelum operasi sesudah sterilisasi dengan sesudah operasi 1 sebelum sterilisasi p value $(0.015) \leq$ nilai α (0.05). Saran bagi petugas sterilisasi ruang operasi adalah memeriksa keefektifan sinar UV, memelihara lampu UV, dan proses sterilisasi yang dilakukan sebaiknya setiap selesai operasi dilakukan sterilisasi ruangan [11].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penularan penyakit sangat mudah terjadi di rumah sakit, terutama penularan penyakit melalui udara bebas. Ruang operasi termasuk kategori ruang bersih (*clean room*) sesuai standar yang ditetapkan. Sehingga sistem tata udara sangat berperan dalam pengendalian suhu, kelembaban udara, tekanan udara, kualitas udara, dan pergerakan udara.

Sistem HVAC di rumah sakit mempunyai peran yang penting, karena dapat menjadi terapi bagi pasien agar dapat sembuh. Pasien dalam lingkungan yang nyaman dan terkendali umumnya memiliki tingkat penyembuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan orang-orang di lingkungan yang tidak nyaman. Di dalam ruang operasi, aliran udara dari langit-langit, dengan gerakan ke bawah menuju inlet pembuangan yang terletak di dinding yang berlawanan, merupakan sistem yang peling efektif untuk menjaga kontaminasi.

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dijabarkan, rumah sakit berusaha merancang bagaimana system ruang operasi tetap sesuai standar akan tetapi hemat energi. Berbagai penelitian desain system ruang operasi dilakukan. Terdapat penelitian yang menggunakan CFD dengan analisis numeric untuk mendesain ruangan. Terdapat pula beberapa penelitian di Indonesia yang menganalisis apakah suatu rumah sakit tersebut sudah sesuai standar yang ditetapkan atau tidak. Hasilnya, masih terdapat rumah sakit yang belum sepenuhnya mengikuti standar. Hal ini bukan karena ketidaktahuan pihak rumah sakit, akan tetapi karena biaya yang mahal terkadang tidak sesuai dengan pemasukan rumah sakit.

Di dunia terdapat standar untuk mendesain sistem HVAC ruang operasi yaitu *American Institute of Architects* tentang pedoman untuk desain dan konstruksi rumah sakit dan fasilitas perawatan kesehatan [12]. Di dalam buku *ASHRAE Application Handbook* [13] tentang desain HVAC, merekomendasikan bahwa suhu ruang operasi harus dijaga kisaran 68 – 76 °F (20 – 24 °C), kelembaban relatifitas harus dijaga antara 50 dan 60 %, dan harus bertekanan udara positif.

Sedangkan persyaratan aliran udara dan ventilasi ke kamar operasi dalam ASHRAE Standar 170-2013 menguraikan panduan pengkondisian ventilasi ruang operasi. Standar 170-2013 memberikan panduan umum tentang pengkondisian dan ventilasi ruang operasi selama periode tidak berpenghuni: "...untuk ruang yang memerlukan hubungan tekanan positif atau negatif, jumlah pergantian udara dapat dikurangi ketika ruang tidak berpenghuni, dengan ketentuan bahwa hubungan tekanan diperlukan untuk ruang-ruang yang bersebelahan dipertahankan selama ruang tersebut tidak ditempati dan bahwa jumlah minimum pertukaran udara yang ditunjukkan dapat dilakukan kembali setiap kali ruang tersebut terisi" [14]. Berdasarkan pedoman tersebut, jelas bahwa persyaratan utama untuk ruang operasi adalah untuk mempertahankan pada tekanan positif.

Sedangkan di Indonesia, sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan No. 24 Tahun 2016, persyaratan ruang operasi sebagai berikut.

- a. Suhu harus dijaga pada kisaran 20 sampai 24 °C setiap hari selama 24 jam
- b. Kelembaban udara berkisar dari 40 sampai 60 %
- c. Kebersihan udara dengan cara filtrasi/ penyaringan terhadap partikel ukuran $\geq 0,3$ mikron dengan HEPA filter.
- d. Tekanan udara positif terhadap ruangan yang berada disekitarnya dan dilengkapi dengan fresh air minimum 20 % untuk sistem resirkulasi.
- e. Udara yang dihasilkan oleh sistem pendingin didistribusikan keseluruh bagian ruangan untuk mendapatkan kondisi yang sama pada setiap bagian ruangan.

Angka kuman udara ruang operasi baik yang memiliki angka tinggi maupun rendah dapat ditemukan di semua tipe rumah sakit yaitu Tipe A, B, C, dan D. Akan tetapi untuk angka kuman tertinggi terdapat pada rumah sakit tipe B. Angka kuman udara di ruang operasi mencapai 1885 CFU/m³. Rata-rata angka kuman udara di ruang operasi tertinggi (144 CFU/m³) terdapat pada kelompok rumah sakit tipe A. Batas maksimum angka kuman udara di ruang operasi berdasarkan Permenkes Nomor 7 Tahun 2019 [15] yaitu sebesar 35 CFU/m³. Kualitas udara ruang kamar operasi yang tidak memenuhi syarat baku mutu selain memberikan dampak terhadap lingkungan rumah sakit, tentunya dapat menimbulkan dampak kesehatan terhadap penghuni rumah sakit juga [16].

Sistem pencahayaan di ruang operasi harus menggunakan lampu pijar putih yang mudah dibersihkan. Sedangkan untuk lampu operasi, arah dan fokusnya lampu dapat diatur, tidak menimbulkan panas, cahaya terang, tidak silau dan tidak menimbulkan bayangan. Untuk system ventilasi di ruang operasi sebaiknya menggunakan system AC sentral dan dapat diatur menggunakan filter.

4. PENUTUP

Sistem HVAC di ruang operasi harus nyaman bagi pasien, keluarga pasien dan petugas kesehatan. Ventilasi harus dapat mencegah penyakit dan merawat pasien. Selain itu, memastikan bahwa suhu dan kelembaban berada dalam batas yang telah ditetapkan. Memastikan bahwa jumlah bakteri dan partikel debu di ruang operasi masih dalam batas standar untuk mengurangi resiko infeksi nosocomial. Berdasarkan tinjauan ini, tantangan bagi rumah sakit untuk dapat dengan optimal melakukan manajemen energi yang baik dengan tetap menerapkan system HVAC yang benar.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Fatwasauri, P. Dewi, and R. F. Surakusumah, "Hospital Building Safety: A Systematic Review," in *Al Insyirah International Scientific Conference on Health*, 2021, pp. 30–38.
- [2] C. Sen, K. Zhao, J. Ge, and Q. Zhou, "Analysis of Building Energy Consumption in a Hospital in the Hot Summer and Cold Winter Area," in *International Conference on Applied Energy (ICAEA 2018)*, 2019, vol. 158, pp. 3735–3740.
- [3] J. Garcia-Sanz-Calcedo, A. G. Gonzalez, and D. R. Salgado, "Energy Consumption in Healthcare Buildings in Spain," in *International Symposium on Computer Science and Intelligent Controls*, 2018, pp. 23–26.
- [4] I. G. N. K. Suwiherawan, I. G. D. Arjana, and C. C. I. Partha, "Perencanaan Sistem Tata Udara Ruang Operasi Di Rumah Sakit Ibu Dan Anak Puri Bunda Tabanan Bali," *J. Spektrum*, vol. 8, pp. 292–299, 2021.
- [5] S. K. Putra, E. K. Simanjuntak, W. Hendradjit, and S. Hadisupadmo, "Perancangan dan Kontrol Mode Operasi Tata Udara Ruang Bedah," in *Seminar Nasional Instrumentasi, Kontrol dan Otomasi (SNIKO) 2015*, 2015, pp. 121–128.
- [6] P. Parman, M. Wirawan, and T. Rachmanto, "Simulasi Ruang Operasi Untuk Memperoleh Kondisi Optimum Dengan Computational Fluid Dynamic (CFD)," *J. Tek. Mesin FT-UNRAM*, pp. 1–15, 2015.
- [7] E. E. Khalil, "Energy Efficient Hospitals Air Conditioning Systems," *Open J. Energy Effic.*, vol. 01, no. 01, pp. 1–7, 2012.
- [8] Y. Chen, "Study on energy-saving design and operation of hospital purification air conditioning system," *Int. J. Low-Carbon Technol.*, vol. 13, no. 2, pp. 184–190, 2018.
- [9] A. K. Fikri, "Monitoring Jarak Jauh Tata Udara Hvac (Heating, Ventilation, And Air Conditional) Ruang Operasi Berbasis Wireless Internet Of Things di Rumah Sakit Islam (RSI) Pku Muhammadiyah Kabupaten Tegal," *J. Informatics Educ.*, vol. 2, pp. 29–40, 2019.
- [10] W. Nugroho, "Evaluasi Sarana dan Prasarana dalam Pengendalian Infeksi Di Dalam Ruang Operasi Rs Pku Muhammadiyah Gamping," *Proceeding Heal. Archit.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–8, 2017.
- [11] E. Luky Rinda Meiriana, Imam Santoso, "Perbedaan Angka Kuman Udara Ruang Operasi Sebelum dan Sesudah Sterilisasi Ultraviolet RSUD Ratu Zalecha," *J. Kesehat. Lingkung.*, vol. 5, pp. 585–590, 2018.
- [12] AIA, *AIA Guidelines for Design and Construction of Hospitals and Health Care Facilities*. Washington, DC: The American Institute of Architects, 2001.
- [13] ASHRAE, *ASHRAE Handbook: Applications, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineer*. Atlanta, GA, 2003.
- [14] ANSI/ASHRAE/ASHE, *Ventilation of Health Care Facilities (Standard 170-2013)*. 2013.
- [15] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 7 Tentang Kesehatan Lingkungan Rumah Sakit*. 2019.
- [16] S. R. Dianori Rositasari, R. Azizah, Soedjajadi Keman, Mahmudah, Izmi Dwira Eriani, "Analysis of Microbiology Quality of Surgical Room Air Based On Hospital Type and its Impact on the Enviroment and Health In East Java On 2019," *Int. J. Psychosoc. Rehabil.*, vol. 4, pp. 1230–1243, 2020.