



MODEL HUBUNGAN TINGKAT PEMAHAMAN *STAKEHOLDER* TERHADAP PENERAPAN PRINSIP EFISIENSI ENERGI DALAM DESAIN GEDUNG *DATA CENTER* NON-SERTIFIKASI

Hikmah Nurchika Handayani¹, Budi Susetyo²

Program Studi Arsitektur, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

Surel: ¹ hikmahnurchikahandayani@gmail.com; ² budi.susetyo@mercubuana.ac.id

Vitruvian vol 16 no 1 Maret 2026

Diterima: 12 01 2026

Direvisi: 26 01 2026

Disetujui: 28 01 2026

Diterbitkan: 25 03 2026

ABSTRAK

Pusat data merupakan bangunan dengan intensitas energi tinggi, di mana keputusan desain pada tahap awal sangat menentukan kinerja efisiensi energi, terutama pada proyek yang tidak berada dalam kerangka sertifikasi bangunan hijau. Dalam konteks tersebut, penerapan prinsip efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh tingkat pemahaman *stakeholder* yang terlibat dalam proses perancangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh pemahaman *stakeholder* terhadap penerapan prinsip efisiensi energi pada desain bangunan *data center* non-sertifikasi. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode survei terhadap 45 *stakeholder* profesional yang terlibat dalam perancangan *data center*. Data dikumpulkan melalui kuesioner terstruktur yang dirancang untuk merepresentasikan tingkat pemahaman dan penerapan prinsip efisiensi energi dalam praktik desain profesional, kemudian dianalisis menggunakan regresi linier berganda. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengetahuan dasar dan pemahaman teknis berpengaruh positif dan signifikan terhadap penerapan prinsip efisiensi energi, sedangkan pemahaman regulasi serta pemahaman peran dan tanggung jawab tidak menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial. Temuan ini mengindikasikan bahwa, pada proyek *data center* non-sertifikasi, implementasi efisiensi energi lebih dipengaruhi oleh kompetensi teknis dan pemahaman fundamental desain dibandingkan oleh aspek regulatif atau struktural. Penelitian ini memberikan kontribusi empiris terhadap kajian efisiensi energi bangunan dengan menegaskan pentingnya dimensi kognitif *stakeholder* dalam proses desain, serta menjadi dasar rekomendasi penguatan kapasitas profesional dalam perancangan *data center* berkelanjutan di Indonesia.

Kata Kunci: pemahaman *stakeholder*; efisiensi energi; *data center*; bangunan non-sertifikasi.

ABSTRACT

Data centres are energy-intensive buildings in which early-stage design decisions play a critical role in determining overall energy efficiency, particularly in projects that operate outside formal green building certification frameworks. In such contexts, the implementation of energy-efficiency principles is closely linked to stakeholders' level of understanding during the design process. This study aims to examine the influence of stakeholders' understanding on the implementation of energy-efficiency principles in non-certified data centre building design. A quantitative approach was employed using a survey of 45 professional stakeholders involved in data centre design. Data were collected through a structured questionnaire designed to capture professional perceptions related to the adequacy and applicability of energy-efficiency principles in design practice, and were analysed using multiple linear regression. The results indicate that basic knowledge and technical understanding have a positive and statistically significant effect on the implementation of energy-efficient design principles, while regulatory understanding and awareness of roles and responsibilities do not exhibit significant partial effects. These findings suggest that, in non-certified data centre projects, energy-efficiency outcomes are driven primarily by stakeholders' technical competence and fundamental design literacy rather than by regulatory awareness or formal organisational structures. This study contributes empirical evidence to the building energy-efficiency literature by highlighting the importance of cognitive dimensions in design decision-making and provides an evidence-based foundation for strengthening professional capacity in the sustainable design of non-certified data centres in Indonesia.

Keywords: *stakeholder understanding, energy efficiency, data centre, non-certified buildings*

Hikmah Nurchika Handayani; Budi Susetyo., Model Hubungan Tingkat Pemahaman *Stakeholder* terhadap Penerapan Prinsip Efisiensi Energi dalam Desain Gedung *Data Center* non-sertifikasi 13

PENDAHULUAN

Perubahan iklim global dan krisis energi telah mendorong transformasi besar dalam pendekatan perancangan bangunan, terutama melalui penerapan prinsip efisiensi energi sejak tahap awal desain. Sektor bangunan secara global menyumbang sekitar 30% dari total konsumsi energi dan lebih dari sepertiga emisi karbon dioksida (Kamaralo dkk., 2020), menjadikannya sektor strategis dalam upaya dekarbonisasi. Diantara berbagai jenis bangunan, *data center* merupakan salah satu infrastruktur yang memiliki intensitas energi tinggi, berfungsi sebagai penopang transformasi digital, *cloud* dan layanan berbasis data. Di Indonesia, pertumbuhan pesat Pembangunan *data center* sejalan dengan ekspansi digitalisasi, *e-commerce*, dan layanan berbasis *cloud*. Fenomena ini merupakan bagian dari tren global yang telah memasuki fase pertumbuhan sangat pesat, dimana penggunaan konsumsi listrik oleh empat operator *hyperscaler* terbesar dunia meningkat lebih dari tiga kali lipat selama periode 2018 hingga 2023 (Kamiya & Coroamă, 2025). Laporan IEA 4E TCP dalam Kamiya and Coroamă, 2025 bahwa konsumsi energi *data center* didominasi oleh permintaan operasional, khususnya dari sistem non-TI seperti pendinginan dan infrastruktur kelistrikan. Dalam beberapa kasus ekstrem, pusat data dilaporkan menyerap hingga 21% dari beban listrik nasional suatu negara. Kondisi ini menegaskan bahwa keputusan desain bangunan pada tahap awal memiliki pengaruh yang sangat besar terhadap kinerja energi jangka panjang *data center*.

Meskipun berbagai teknologi hemat energi dan sistem sertifikasi bangunan hijau (*green building*) telah dikembangkan, mayoritas *data center* di Indonesia masih dibangun tanpa mengacu pada skema sertifikasi formal. Dalam konteks *data center* non-sertifikasi, penerapan prinsip efisiensi energi pada tahap perancangan sangat bergantung pada kapasitas profesional dan pemahaman para *stakeholder* yang terlibat. Studi yang dilakukan oleh MIT (Alschuler & Berger, 2012) menyebutkan bahwa potensi penghematan energi dapat mencapai sekitar 10% hingga 20% melalui pendekatan non-teknologis, seperti peningkatan pengetahuan dan kapasitas *stakeholder* tanpa ketergantungan penuh pada inovasi teknologi. Demikian pula, penelitian yang dilakukan di Universitas Alcalá mengungkapkan penurunan konsumsi listrik

hingga 37% dapat dicapai melalui kombinasi strategi manajerial, audit energi, dan kolaborasi antar pihak, tanpa sepenuhnya bergantung pada inovasi teknologi (Garrido-Yserte & Gallo-Rivera, 2020). Temuan ini menekankan bahwa faktor kognitif dan organisasi memainkan peran penting dalam mencapai kinerja energi yang berkelanjutan.

Secara konseptual, keberhasilan kinerja energi bangunan tidak hanya ditentukan oleh solusi teknis, tetapi juga oleh kualitas pemahaman *stakeholder* dalam proses perancangan. Pengetahuan dasar berfungsi sebagai fondasi dalam merumuskan keputusan desain awal, khususnya terkait strategi desain pasif dan tata letak bangunan (Berardi, 2013). Pemahaman terhadap regulasi memberikan kerangka normatif dan legal yang membatasi sekaligus mengarahkan keputusan desain agar selaras dengan standar efisiensi energi yang berlaku (Sorrell dkk., 2004). Pemahaman teknis sebagai penerjemahan prinsip efisiensi energi ke dalam solusi desain yang aplikatif dan kontekstual, terutama pada bangunan dengan kompleksitas sistem tinggi (Alschuler & Berger, 2012). Sementara itu, pemahaman terhadap peran dan tanggung jawab profesional berkontribusi pada efektivitas koordinasi dan integrasi keputusan lintas disiplin dalam proses perancangan bangunan (Garrido-Yserte & Gallo-Rivera, 2020). Keempat aspek tersebut secara bersama-sama membentuk kapasitas kognitif dan profesional *stakeholder* yang memengaruhi kualitas penerapan prinsip efisiensi energi dalam desain bangunan.

Meskipun berbagai studi internasional menunjukkan bahwa pemahaman dan keterlibatan *stakeholder* memiliki pengaruh signifikan terhadap pencapaian efisiensi energi bangunan, penerapan temuan-temuan tersebut dalam konteks perancangan *data center* di Indonesia masih belum menjadi fokus utama dalam proses perancangan, khususnya pada proyek *data center* non-sertifikasi. Kondisi ini menunjukkan adanya celah penelitian terkait bagaimana tingkat pemahaman *stakeholder* memengaruhi penerapan prinsip efisiensi energi dalam keputusan desain pada tahap perancangan awal. Sejumlah penelitian terdahulu di Indonesia yang mengkaji hubungan antara pemahaman *stakeholder* dan penerapan prinsip efisiensi energi pada bangunan *data center* masih sangat terbatas. Di sisi lain, studi yang ada cenderung menitikberatkan aspek teknis dan



performa sistem bangunan, tanpa secara eksplisit menempatkan dimensi kognitif dan perilaku *stakeholder* sebagai variabel analitis utama (Novandira dkk., 2021; Sorrell dkk., 2004). Padahal, dalam kerangka desain bangunan berkelanjutan, proses pengambilan keputusan pada tahap awal desain merupakan faktor kunci yang menentukan arah performa energi bangunan secara keseluruhan.

Berdasarkan celah penelitian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh tingkat pemahaman *stakeholder* terhadap penerapan prinsip efisiensi energi dalam desain bangunan *data center* non-sertifikasi. Pendekatan kuantitatif digunakan untuk menguji pengaruh antar variabel secara empiris, sehingga memungkinkan penilaian yang lebih objektif terhadap peran pemahaman *stakeholder* dalam proses perancangan bangunan hemat energi. Penelitian ini bersifat retrospektif dengan objek berupa bangunan *data center* yang telah dibangun, dengan analisis berupa persepsi para *stakeholder* terhadap penerapan prinsip efisiensi energi. Fokus penelitian dibatasi pada aspek desain bangunan, meliputi elemen desain pasif, tata letak bangunan, sistem HVAC, dan pencahayaan, tanpa mencakup sistem teknologi informasi (TI) maupun aspek operasional server. Dengan batasan tersebut penelitian ini menempatkan fase perancangan sebagai konteks utama analisis.

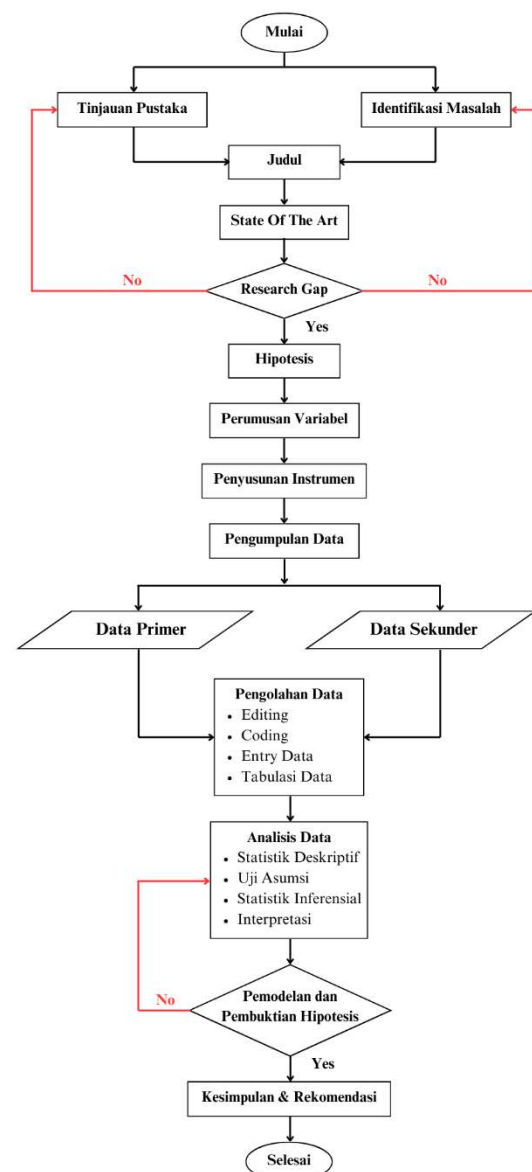
Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian efisiensi energi bangunan, khususnya dengan memperluas perspektif dari pendekatan teknis menuju integrasi aspek kognitif dan perilaku *stakeholder* dalam proses desain. Selain itu, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar rekomendasi strategis berbasis bukti untuk penguatan kapasitas profesional dalam perancangan *data center* non-sertifikasi di Indonesia, serta menjembatani kesenjangan antara prinsip desain berkelanjutan dan praktik perancangan di lapangan.

METODOLOGI

Studi ini menggunakan pendekatan penelitian kuantitatif dengan metode eksplanatori untuk menganalisis pengaruh tingkat pemahaman *stakeholder* terhadap penerapan prinsip efisiensi energi pada desain bangunan *data center* non-sertifikasi.

Pendekatan ini dipilih untuk menguji hubungan antar variabel secara empiris melalui analisis statistik inferensial berbasis regresi.

Proses penelitian dilakukan melalui urutan sistematis, dimulai dari tinjauan pustaka dan identifikasi masalah, diikuti dengan operasionalisasi variabel, pengembangan instrumen, pengumpulan data, dan analisis statistik. Statistik deskriptif, analisis korelasi, dan regresi linier berganda digunakan untuk menganalisis hubungan antar variabel, dengan temuan selanjutnya diinterpretasikan untuk menarik kesimpulan penelitian. Alur kerja metodologis penelitian ini diringkas pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

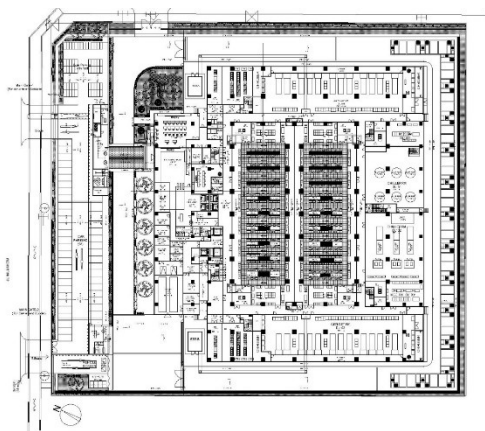
Objek dan Responden

Penelitian ini dilakukan menggunakan satu gedung *data center* non-sertifikasi yang terletak di kawasan industri di Pulau Jawa (nama institusi disamarkan). Fasilitas ini berfungsi sebagai infrastruktur pemrosesan dan penyimpanan data yang mendukung layanan digital dan beroperasi terus-menerus selama 24 jam. Penampilan fisik bangunan *data center* ditunjukkan pada **Gambar 2**. *Data center* ini dirancang dan dikembangkan tanpa mengacu pada sistem sertifikasi bangunan hijau formal seperti *GreenShip*, LEED, atau EDGE, sehingga mewakili proyek *data center* non-sertifikasi yang umum ditemukan di Indonesia.



Gambar 2. Objek Penelitian: Gedung *Data Center* non-sertifikasi

Bangunan *data center* yang menjadi objek penelitian ini menempati area seluas ± 2 Ha, mencakup total luas lantai ± 1 Ha dan terdiri dari lima lantai yang mengakomodasi area server, ruang mekanikal dan elektrik, serta fungsi operasional pendukung. Tata letak kawasan dan posisi bangunan dalam kawasan industri ditunjukkan pada **Gambar 3**, yang menyajikan *block plan data center*.



Gambar 3. *Block Plan*

Penelitian ini berfokus pada sistem bangunan arsitektural dan non-TI yang

secara langsung dipengaruhi oleh pengambilan keputusan *stakeholder* pada tahap perancangan dan koordinasi. Sistem yang dikaji mencakup zonasi spasial antara area server dan non-server, strategi sistem pendingin, dan sistem pendukung bangunan umum. Peralatan TI seperti server, perangkat penyimpanan data, dan sistem UPS tidak termasuk dalam cakupan analisis.

Secara fungsional, *data center* diklasifikasikan sebagai bangunan dengan intensitas energi tinggi, dengan kebutuhan daya dalam skala besar sebagai konsekuensi dari operasional berkelanjutan. Meskipun data konsumsi energi terperinci tidak dapat diungkapkan karena batasan kerahasiaan, karakteristik tersebut menyoroti pentingnya peran strategi desain efisiensi energi dalam perancangan bangunan *data center*.

Pemilihan bangunan *data center* non-sertifikasi sebagai objek penelitian didasarkan pada kesesuaian dengan tujuan penelitian, yaitu untuk menganalisis hubungan antara tingkat pemahaman *stakeholder* dan penerapan prinsip efisiensi energi dalam desain bangunan. Karena tidak ada persyaratan sertifikasi wajib, keputusan desain terkait energi pada proyek ini sangat dipengaruhi oleh pengetahuan profesional, pemahaman teknis, dan pertimbangan profesional para *stakeholder* yang terlibat sejak tahap perancangan.

Populasi penelitian ini terdiri dari *stakeholder* profesional yang terlibat langsung dalam proses perancangan dan pengelolaan bangunan, terdiri dari Arsitek, MEP engineer, dan Facility Management. Pemilihan responden dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan keterlibatan dalam pengambilan keputusan desain dan pengalaman profesional pada proyek *data center*.

Jumlah responden ditentukan menggunakan persamaan statistik yang dikembangkan oleh (Alaghabari dkk., 2019), sebagai berikut:

$$m = \frac{z^2 \times P \times (1 - P)}{\varepsilon^2}$$

$$n = \frac{m}{1 + \left(\frac{m-1}{N}\right)}$$

Dengan keetrangan:

n = Jumlah responden minimum

N = Jumlah populasi

Z = Nilai tingkat kepercayaan (Confidence level)

P = Proporsi populasi (diasumsikan 0,5)

ε = Tingkat kesalahan (margin of error)



Diketahui:

$$N = 45$$

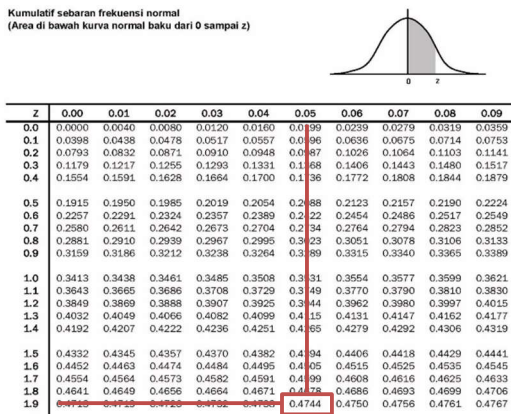
$$\varepsilon = 0.05$$

$$P = 0.5$$

$$Z(\varepsilon/2) = \frac{1 - \varepsilon}{2}$$

$$= \frac{1 - 0.05}{2}$$

$$= 0.475 \rightarrow \text{*Lihat Gambar 4.}$$



Gambar 4. Tabel Distribusi "Z"

Dari pembacaan tabel z nilai 0,475 diperoleh nilai Z sebesar 1.96 maka kebutuhan minimum responden sebagai berikut:

$$m = \frac{z^2 \times P \times (1 - P)}{\varepsilon^2}$$

$$= \frac{1.96^2 \times 0.5 \times (1 - 0.5)}{0.05^2}$$

$$= 384.16$$

$$n = \frac{m}{1 + \left(\frac{m-1}{N}\right)}$$

$$= \frac{384.16}{1 + \frac{384.16-1}{45}}$$

$$= 40.3755 \approx 41 \text{ Responden}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut diperoleh kebutuhan minimum sampel sebesar 41 responden. Seluruh 45 responden yang memenuhi kriteria kelayakan dianalisis, sehingga jumlah data yang digunakan melampaui batas minimum yang dipersyaratkan.

Variabel dan Instrumen

Penelitian ini menggunakan instrumen kuesioner terstruktur berbasis skala Likert lima tingkat yang merepresentasikan

persepsi professional *stakeholder* secara objektif untuk mengukur dua variabel utama, yaitu pemahaman *stakeholder* sebagai variabel independent (X) dan penerapan prinsip efisiensi energi sebagai variabel dependen (Y) (Alschuler & Berger, 2012; Berardi, 2013; Garrido-Yserte & Gallo-Rivera, 2020; Novandira dkk., 2021; Sorrell dkk., 2004). Skala Likert dirancang tidak semata-mata untuk menangkap tingkat persetujuan atau ketidaksetujuan, tetapi disesuaikan dengan karakteristik setiap indikator, sehingga merepresentasikan tingkat pemahaman, kesesuaian, atau kecukupan penerapan prinsip efisiensi energi dalam konteks praktik desain professional, sehingga persepsi subjektif responden dapat dikonversi menjadi data numerik yang layak dianalisis secara statistik.

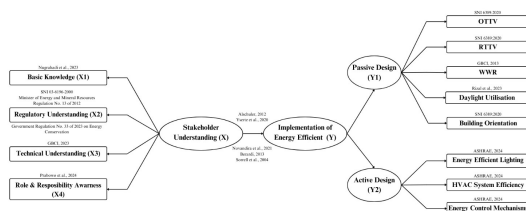
Variabel pemahaman *stakeholder* (X) dioperasionalkan ke dalam empat dimensi utama, yaitu pengetahuan dasar, pemahaman regulasi, pemahaman teknis, serta pemahaman peran dan tanggung jawab (GBCI, 2013; Nugrahadi dkk., 2023). Keempat dimensi ini mempresentasikan kapasitas kognitif dan professional *stakeholder* yang berperan dalam pengambilan keputusan desain bangunan *data center* yang berorientasi pada efisiensi energi, mencakup aspek konseptual, kerangka regulasi, kemampuan teknis, serta kolaborasi lintas disiplin dalam tim proyek.

Tingkat pemahaman *stakeholder* dalam penelitian ini diukur sebagai konstruk laten yang merepresentasikan persepsi profesional terhadap pengetahuan, kemampuan, dan kesadaran dalam menerapkan prinsip efisiensi energi pada proses perancangan bangunan. Pengukuran dilakukan menggunakan kuesioner berbasis skala Likert lima tingkat, di mana responden diminta menilai tingkat pemahaman dan penerapan prinsip efisiensi energi sesuai dengan pengalaman profesional mereka. Skor tingkat pemahaman diperoleh dengan menghitung nilai rata-rata dari seluruh butir pernyataan pada masing-masing dimensi, sehingga menghasilkan nilai komposit yang merepresentasikan tingkat pemahaman *stakeholder* secara kuantitatif. Pendekatan ini memungkinkan konstruk pemahaman yang bersifat kognitif dan non-teknis untuk dianalisis secara statistik dalam kerangka penelitian kuantitatif.

Variabel penerapan prinsip efisiensi energi (Y) dioperasionalkan melalui dua subvariabel, yaitu penerapan desain pasif (Y1) dan penerapan desain aktif (Y2).

Subvariabel Y1 mencakup aspek kinerja selubung bangunan, rasio jendela terhadap dinding, orientasi bangunan, dan pemanfaatan pencahayaan alami, sedangkan subvariabel Y2 mencakup efisiensi sistem HVAC, pencahayaan mekanis hemat energi, serta penerapan sistem kontrol dan pemantauan energi dasar (ASHRAE, 2024; GBCI, 2013). Hubungan konseptual antara variabel independen dan dependen dirangkum dalam **Gambar 5**.

Untuk keperluan statistik, nilai variabel dependen (Y) dibentuk dari nilai rata-rata (mean) skor subvariabel Y1 dan Y2. Pendekatan ini digunakan untuk memperoleh nilai komposit yang mempresentasikan tingkat penerapan prinsip efisiensi energi secara keseluruhan pada desain bangunan *data center* non-sertifikasi, sekaligus memungkinkan pengujian hubungan dan pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen secara kuantitatif.



Gambar 5. Kerangka Variabel Penelitian

Pengumpulan Data

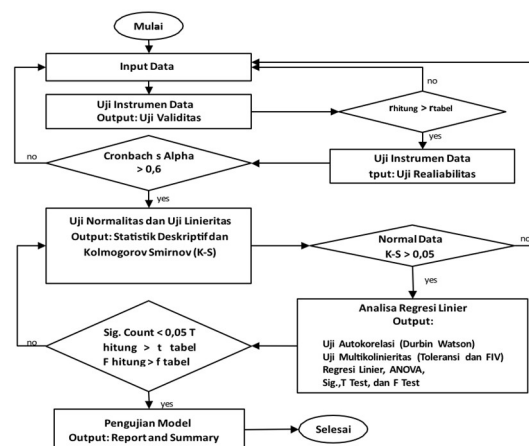
Data penelitian dikumpulkan melalui survei kuesioner terstruktur yang ditujukan kepada *stakeholder* yang terlibat langsung dalam proses perancangan dan pengelolaan bangunan *data center* non-sertifikasi. Sebelum penyebaran kuesioner, instrumen penelitian divalidasi melalui *expert judgment* dengan melibatkan profesional dari bidang arsitektur, MEP *engineer*, dan *facility management*. Validasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa setiap butir pernyataan telah merepresentasikan konstruk yang diukur, relevan dengan konteks desain *data center* non-sertifikasi, serta mudah dipahami oleh responden dengan latar belakang profesional yang berbeda. Selanjutnya, instrumen diuji secara statistik melalui uji validitas dan reliabilitas menggunakan korelasi Pearson Product-Moment dan Cronbach's Alpha untuk memastikan bahwa kuesioner layak digunakan dalam analisis kuantitatif.

Analisis Data

Data survei dianalisis menggunakan perangkat lunak *Statistical Package for the*

Social Sciences (SPSS). Analisis diawali dengan statistik deskriptif untuk memprofilkan karakteristik responden serta menggambarkan kecenderungan umum masing-masing variabel penelitian. Selanjutnya, analisis statistik inferensial digunakan untuk mengeksplorasi hubungan antara pemahaman *stakeholder* dan penerapan prinsip efisiensi energi. Hubungan awal antarvariabel diuji menggunakan analisis korelasi, sedangkan pengujian dilakukan dengan regresi linier berganda untuk mengidentifikasi kontribusi simultan dan parsial dari masing-masing dimensi variabel independen (X1-X4) terhadap variabel dependen (Y).

Sebelum penerapan model regresi, dilakukan uji asumsi klasik yang meliputi uji normalitas, multikolinearitas, dan heteroskedastisitas guna memastikan terpenuhinya persyaratan analisis parametrik dan keandalan model. Pengujian hipotesis dilakukan menggunakan uji t dan uji F dengan tingkat signifikansi 0.05. Tahapan analisis data dirangkum dalam **Gambar 6**.



Gambar 6. Langkah-langkah pengolahan data dengan SPSS

HASIL DAN PEMBAHASAN

Profil Responden

Responden yang terlibat dalam penelitian ini mewakili *stakeholder* profesional utama yang secara langsung terlibat dalam desain, rekayasa, dan manajemen operasional proyek *data center* non-sertifikasi. Menyajikan profil responden sangat penting untuk memberikan pemahaman kontekstual tentang temuan penelitian, karena latar belakang profesional dan pengalaman kerja dapat memengaruhi perspektif tentang implementasi desain efisiensi energi di fasilitas *data center*.



Responden terdiri dari Arsitek, MEP Engineer, dan Facility Management, yang mencerminkan sifat multidisiplin dari proyek *data center*, di mana kinerja energi dipengaruhi oleh keputusan desain dan praktik operasional.

Tabel 1. Profil Responden Berdasarkan Profesi

Kategori	Frekuensi	Persentase (%)
Architect	9	20.00
MEP Engineer	21	46.66
Facility Management	15	33.33

Seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 1**, MEP Engineer merupakan proporsi responden terbesar (46.66%), diikuti oleh Facility Management (33.33%) dan Arsitek (20.00%). Komposisi ini menyoroti keterlibatan dominan MEP dan pemangku kepentingan operasional dalam proyek *data center*, khususnya terkait efisiensi energi, yang sangat terkait dengan sistem mekanik, listrik, dan pendingin serta kontrol operasional sehari-hari.

Untuk lebih mengkontekstualisasikan perspektif profesional responden, tahun pengalaman kerja mereka dalam proyek terkait *data center* dianalisis, karena pengalaman profesional dianggap sebagai faktor kunci yang memengaruhi pemahaman teknis dan pengambilan keputusan terkait desain efisiensi energi.

Tabel 2. Profil Responden Berdasarkan Pengalaman Kerja

Pengalaman Kerja	Frekuensi	Persentase (%)
<5 Tahun	11	24.44
5–10 Tahun	16	35.55
11–15 Tahun	13	28.88
>15 Tahun	5	11.11

Seperti yang disajikan dalam **Tabel 2**, responden didominasi oleh para profesional dengan pengalaman kerja sedang hingga luas dalam proyek terkait pusat data. Proporsi responden terbesar (35.55%) memiliki pengalaman profesional antara 5 dan 10 tahun, diikuti oleh mereka yang memiliki pengalaman 11–15 tahun (28.88%). Temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar responden telah terlibat dalam beberapa siklus proyek dan memiliki pengalaman praktis dalam proses

pengambilan keputusan desain, rekayasa, dan operasional.

Responden dengan pengalaman kurang dari 5 tahun menyumbang 24.44% dari sampel, mewakili profesional di awal karier yang biasanya terlibat dalam implementasi teknis dan peran pendukung. Sementara itu, responden dengan pengalaman lebih dari 15 tahun mencapai 11.11% dari total, mencerminkan praktisi senior yang kemungkinan memiliki pengaruh strategis terhadap arah desain dan kebijakan operasional.

Secara keseluruhan, distribusi pengalaman profesional menunjukkan bahwa data yang dikumpulkan mencerminkan kombinasi yang seimbang dari pemangku kepentingan junior, menengah, dan senior. Keanekaragaman ini meningkatkan ketahanan analisis, karena perspektif mengenai implementasi desain efisiensi energi didasarkan pada praktik teknis langsung dan pengalaman profesional jangka panjang.

Uji Kualitas Data Instrumen

Uji validitas instrumen dilakukan untuk memastikan bahwa setiap item kuesioner secara akurat mengukur konstruksi yang dimaksud, yaitu pemahaman pemangku kepentingan dan implementasi desain efisiensi energi. Validitas butir dievaluasi melalui korelasi Pearson Product–Moment dengan membandingkan koefisien korelasi yang diperoleh (*r*-hitung) untuk setiap butir dengan nilai kritis yang sesuai (*r*-tabel) pada ambang batas signifikansi 0.05.

Dengan total ukuran sampel 45 responden, nilai ambang batas untuk nilai *r*-tabel ditentukan sebesar 0.294. Item kuesioner diklasifikasikan sebagai valid ketika koefisien korelasi yang dihitung melebihi ambang batas ini, yang menunjukkan korelasi yang signifikan secara statistik antara skor item dan skor variabel keseluruhan. Hasil uji validitas untuk semua item kuesioner disajikan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Uji Validitas Instrumen

Variabel	Indikator	R	R	Ket.
		Hitung	Tabel	
Penge- tahun Dasar (X1)	X1.1.1	0.789	0.294	Valid
	X1.1.2	0.807	0.294	Valid
	X1.1.3	0.809	0.294	Valid
	X1.1.4	0.810	0.294	Valid
	X1.1.5	0.832	0.294	Valid
	X1.2.1	0.688	0.294	Valid
	X1.2.2	0.699	0.294	Valid
	X1.2.3	0.722	0.294	Valid
	X1.2.4	0.829	0.294	Valid
	X1.2.5	0.859	0.294	Valid

Pemahaman Regulasi (X2)	X2.1.1	0.896	0.294	Valid
	X2.1.2	0.861	0.294	Valid
	X2.1.3	0.890	0.294	Valid
	X2.1.4	0.862	0.294	Valid
	X2.1.5	0.799	0.294	Valid
	X2.2.1	0.717	0.294	Valid
	X2.2.2	0.711	0.294	Valid
	X2.2.3	0.710	0.294	Valid
	X2.2.4	0.802	0.294	Valid
	X2.2.5	0.760	0.294	Valid
Pemahaman Teknis (X3)	X3.1.1	0.789	0.294	Valid
	X3.1.2	0.636	0.294	Valid
	X3.2.1	0.659	0.294	Valid
	X3.2.2	0.614	0.294	Valid
	X3.3.1	0.747	0.294	Valid
	X3.3.2	0.692	0.294	Valid
	X3.4.1	0.769	0.294	Valid
Pemahaman Peran & Tanggung Jawab (X4)	X3.4.2	0.775	0.294	Valid
	X4.1	0.633	0.294	Valid
	X4.2	0.462	0.294	Valid
	X4.3	0.514	0.294	Valid
	X4.4	0.581	0.294	Valid
	X4.5	0.686	0.294	Valid
	X4.6	0.389	0.294	Valid
	X4.7	0.666	0.294	Valid
	X4.8	0.612	0.294	Valid
	X4.9	0.679	0.294	Valid
	X4.10	0.632	0.294	Valid

Seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 3**, semua item di keempat dimensi, pengetahuan dasar (X1), pemahaman regulasi (X2), pemahaman teknis (X3), dan kesadaran peran dan tanggung jawab (X4) menunjukkan nilai *r*-hitung yang melebihi ambang batas *r*-tabel kritis sebesar 0.294. Ini menunjukkan bahwa setiap item berkorelasi signifikan dengan skor total masing-masing. Dengan demikian, semua item kuesioner dinyatakan valid dan sesuai untuk analisis statistik lebih lanjut.

Uji Reliabilitas Data Instrumen

Setelah penilaian validitas, dilakukan uji reliabilitas untuk mengevaluasi konsistensi kuesioner dan diukur dengan Cronbach's Alpha, dengan nilai di atas 0.60 menunjukkan bahwa instrumen memiliki reliabilitas yang dapat diterima dan menghasilkan hasil yang konsisten ketika diterapkan berulang kali dalam kondisi serupa.

Tabel 4. Hasil Uji Reliabilitas Instrumen

Kode	Variabel	Batas	Cronbach's Alpha	Ket.
X1	Pengetahuan Dasar	0.600	0.926	Reliabel
X2	Pemahaman Regulasi	0.600	0.938	Reliabel
X3	Pemahaman Teknis	0.600	0.857	Reliabel
X4	Pemahaman Peran dan Tanggung Jawab	0.600	0.787	Reliabel

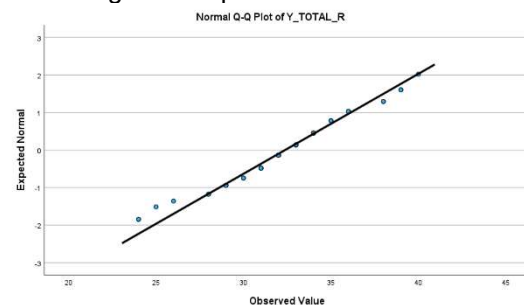
Seperti yang disajikan dalam **Tabel 4**, semua variabel menunjukkan nilai Cronbach's Alpha di atas ambang batas yang direkomendasikan yaitu 0.60. Pengetahuan dasar (X1) dan pemahaman regulasi (X2) menunjukkan konsistensi internal yang sangat tinggi, sementara pemahaman teknis (X3) dan kesadaran peran dan tanggung jawab (X4) juga memenuhi kriteria pengukuran yang andal.

Temuan ini menunjukkan bahwa instrumen penelitian memiliki reliabilitas yang memadai dan sesuai untuk digunakan dalam prosedur regresi dan statistik inferensial lebih lanjut.

Uji Normalitas

Uji normalitas dilakukan untuk memeriksa apakah residu regresi mengikuti distribusi normal, yang merupakan asumsi mendasar dalam analisis regresi linier berganda. Normalitas dinilai menggunakan Normal Probability Plot (P-P Plot) berdasarkan residu terstandarisasi.

Seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 7**, nilai residu terdistribusi rapat di sepanjang garis diagonal, menunjukkan bahwa residu secara kasar mengikuti distribusi normal. Oleh karena itu, asumsi normalitas yang diperlukan dalam regresi linier berganda terpenuhi.



Gambar 7. Normal Probability Plot

Uji Multikolinearitas

Uji multikolinearitas bertujuan untuk mendeteksi kemungkinan korelasi antar variabel independen yang dapat mendistorsi koefisien regresi. Hal ini dinilai menggunakan nilai toleransi dan Faktor Inflasi Varian (VIF). Model regresi dianggap bebas dari multikolinearitas jika nilai toleransi melebihi 0.10 dan nilai VIF yang sesuai berada di bawah 10. Temuan penilaian multikolinearitas diringkas dalam **Tabel 5**.

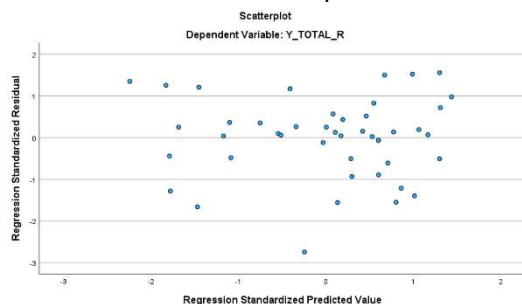
**Tabel 5.** Hasil Uji Multikolinearitas

Kode	Variabel	Tolera nce	VIF	Ket.
X1	Pengetahuan Dasar	0.221	4.521	Tidak terjadi multikolinearitas
X2	Pemahaman Regulasi	0.271	3.690	Tidak terjadi multikolinearitas
X3	Pemahaman Teknis	0.355	2.816	Tidak terjadi multikolinearitas
X4	Pemahaman Peran dan Tanggung Jawab	0.621	1.609	Tidak terjadi multikolinearitas

Uji Heteroskedastisitas

Uji heteroskedastisitas dilakukan untuk menentukan apakah varians residu regresi tetap konsisten di seluruh nilai variabel independen yang berbeda. Kehadiran heteroskedastisitas dapat menyebabkan estimasi regresi yang tidak efisien dan bias.

Seperti yang diilustrasikan pada **Gambar 8**, distribusi titik-titik tampak acak dan tidak menunjukkan pola yang jelas atau pengaturan yang sistematis. Pola ini menunjukkan bahwa heteroskedastisitas tidak ada dalam model regresi, mengonfirmasi bahwa asumsi homoskedastisitas telah terpenuhi.

**Gambar 8.** Hasil Uji Heteroskedastisitas

Uji Hipotesis

Uji Regresi Linear Berganda

Efek parsial dari setiap dimensi pemahaman pemangku kepentingan dianalisis menggunakan koefisien regresi yang ditunjukkan pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Uji Regresi

No	Variabel	β	t.	Sig.
1	Pengetahuan Dasar (X1)	0.576	2.791	0.008*
2	Pemahaman Regulasi (X2)	-0.285	-1.529	0.134
3	Pemahaman Teknis (X3)	0.619	3.797	<0.001*
4	Pemahaman Peran dan Tanggung Jawab (X4)	-0.238	-1.930	0.061

Seperti yang dilaporkan dalam **Tabel 6**, pemahaman teknis (X3) menunjukkan kontribusi positif paling menonjol terhadap implementasi efisiensi energi, dengan koefisien standar $\beta = 0.619$, nilai t sebesar 3.797, dan tingkat signifikansi $p < 0.001$. Temuan ini menunjukkan bahwa tingkat pemahaman teknis yang lebih tinggi di kalangan *stakeholder* sangat terkait dengan peningkatan efektivitas implementasi desain efisiensi energi.

Pengetahuan dasar (X1) juga menunjukkan hubungan positif yang signifikan dengan implementasi efisiensi energi ($\beta = 0.576$; $t = 2.791$; $p = 0.008$). Temuan ini menunjukkan bahwa pemahaman dasar tentang prinsip-prinsip desain pasif berkontribusi signifikan terhadap peningkatan hasil efisiensi energi.

Sebaliknya, pemahaman regulasi (X2) tidak menunjukkan efek parsial yang signifikan secara statistik terhadap implementasi efisiensi energi, seperti yang ditunjukkan oleh nilai koefisiennya ($\beta = -0.285$) dan tingkat signifikansi ($p = 0.134$) dalam **Tabel 6**. Ini menunjukkan bahwa pengetahuan regulasi saja tidak secara langsung memengaruhi implementasi desain dalam proyek *data center* non-sertifikasi.

Demikian pula, pemahaman akan peran dan tanggung jawab (X4) menunjukkan pengaruh yang lemah dan tidak signifikan secara statistik terhadap implementasi efisiensi energi ($\beta = -0.238$; $p = 0.061$), yang mengindikasikan bahwa kesadaran akan peran dan tanggung jawab formal, dengan sendirinya tidak secara substansial memengaruhi hasil efisiensi energi.

Uji F Simultan

Untuk menganalisis bagaimana pemahaman pemangku kepentingan yang efektif memengaruhi penerapan prinsip efisiensi energi, dilakukan analisis regresi linier berganda. Signifikansi statistik dari model keseluruhan dievaluasi melalui analisis varians (ANOVA).

Seperti yang disajikan dalam **Tabel 7**, hasil ANOVA menunjukkan bahwa model regresi signifikan, dengan nilai F sebesar 16.516 dan $p < 0.001$, yang menunjukkan bahwa model regresi sesuai dan mampu menjelaskan variasi dalam implementasi efisiensi energi.

Tabel 7. ANOVA^a

Model	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1 Regression	386.536	4	96.634	16.516	<0.001 ^b

Residual	234.042	40	5.851
Total	620.578	33	

Secara statistik, hasil yang ditunjukkan pada **Tabel 7** mengindikasikan bahwa variabel independen, pengetahuan dasar (X1), pemahaman regulasi (X2), pemahaman teknis (X3), dan pemahaman peran dan tanggung jawab (X4) secara simultan memiliki pengaruh signifikan terhadap implementasi efisiensi energi (Y). Hal ini mengkonfirmasi bahwa pemahaman pemangku kepentingan, jika dianggap sebagai serangkaian variabel, berkontribusi signifikan dalam menjelaskan hasil efisiensi energi pada proyek *data center* non-sertifikasi.

Uji t Parsial

Untuk menganalisis bagaimana pemahaman *stakeholder* yang efektif memengaruhi penerapan prinsip efisiensi energi, dilakukan uji secara parsial dari masing-masing variabel bebas (X) dengan variabel terikat (Y) seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Hasil Uji t Parsial

Kode	Variabel	T tabel	T hitung	Sig.	Ket.
X1	Pengetahuan Dasar	2.02108	2.791	0.008*	Berpengaruh Parsial
X2	Pemahaman Regulasi	2.02108	-1.529	0.134	Tidak Berpengaruh Parsial
X3	Pemahaman Teknis	2.02108	3.797	<0.001*	Berpengaruh Parsial
X4	Pemahaman Peran dan Tanggung Jawab	2.02108	-1.930	0.061	Tidak Berpengaruh Parsial

Berdasarkan hasil uji regresi parsial (uji t) pada **Tabel 8** diatas menunjukkan dua dari empat variabel independen menunjukkan pengaruh signifikan terhadap penerapan prinsip efisiensi energi. Pengetahuan dasar (X1) berpengaruh signifikan ($p = 0.008$; $t = 2.791$), demikian pula pemahaman teknis (X3) yang menunjukkan pengaruh paling kuat ($p < 0.001$; $t = 3.797$). Sebaliknya, pemahaman regulasi (X2) dan pemahaman peran dan tanggung jawab (X4) tidak menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial ($p > 0,05$).

Koefisien Determinasi

Kekuatan model regresi juga tercermin dalam koefisien determinasinya. Seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 9**, model menghasilkan nilai R Square sebesar 0.623.

Tabel 9. Model Summary

Model	R	R Square	Adjusted R Square
1	0.789 ^a	0.623	0.585

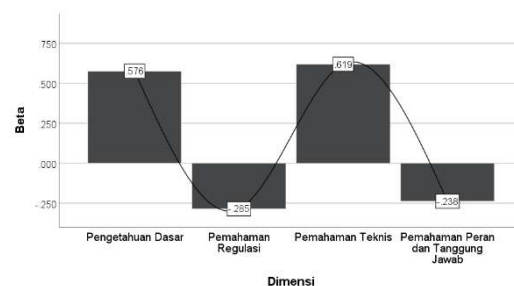
Seperti yang dilaporkan dalam Tabel 9, empat dimensi pemahaman pemangku kepentingan yang dimasukkan dalam model menjelaskan sekitar 62.3% variabilitas dalam implementasi efisiensi energi. Sisa 37.7% disebabkan oleh pengaruh lain yang tidak teramati di luar cakupan penelitian ini, seperti kendala anggaran, jadwal proyek, keputusan manajemen, kebijakan organisasi, atau prioritas klien.

Tingkat daya penjelasan ini menunjukkan bahwa pemahaman pemangku kepentingan memainkan peran penting dalam membentuk hasil desain hemat energi pada proyek pusat data yang tidak bersertifikasi, meskipun bukan satu-satunya penentu kinerja implementasi.

Interpretasi

Pengaruh Dimensi Pemahaman Stakeholder terhadap Penerapan Prinsip Efisiensi Energi

Hasil analisis regresi linier berganda menunjukkan bahwa pengaruh dimensi pemahaman *stakeholder* terhadap penerapan prinsip efisiensi energi pada desain bangunan data center non-sertifikasi bersifat tidak seragam. Berdasarkan hasil pengujian yang disajikan pada Tabel 6 serta visualisasi koefisien regresi terstandarisasi pada **Gambar 9**, pemahaman teknis (X3) merupakan dimensi dengan pengaruh paling kuat dan signifikan secara statistik terhadap penerapan efisiensi energi ($\beta = 0,619$; $p < 0,001$), diikuti oleh pengetahuan dasar (X1) ($\beta = 0,576$; $p = 0,008$). Sebaliknya, pemahaman regulasi (X2) dan pemahaman peran serta tanggung jawab (X4) tidak menunjukkan pengaruh signifikan secara parsial.



Gambar 9. Standardized Regression Coefficients Dimensi Pemahaman Stakeholder



Visualisasi pada **Gambar 9** memperlihatkan secara jelas perbedaan besaran pengaruh antar dimensi pemahaman *stakeholder*. Koefisien terstandarisasi untuk pemahaman teknis berada pada nilai tertinggi dan dominan di sisi positif sumbu β , yang mengindikasikan bahwa kompetensi teknis memiliki peran sentral dalam mendorong penerapan desain hemat energi. Temuan ini menunjukkan bahwa kemampuan *stakeholder* dalam menerjemahkan prinsip efisiensi energi ke dalam keputusan teknis desain seperti perancangan sistem pendinginan, pengelolaan aliran udara, dan optimasi kinerja termal selubung bangunan menjadi faktor penentu utama dalam konteks proyek data center non-sertifikasi.

Temuan tersebut konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pada bangunan dengan intensitas energi tinggi, keberhasilan efisiensi energi sangat dipengaruhi oleh kapasitas teknis praktis para profesional yang terlibat, khususnya pada tahap perancangan awal (Alschuler & Berger, 2012; Garrido-Yserte & Gallo-Rivera, 2020). Dalam proyek data center non-sertifikasi, ketiadaan kerangka keberlanjutan formal dan sistem penilaian eksternal menyebabkan kualitas penerapan prinsip efisiensi energi lebih bergantung pada kompetensi individual *stakeholder* dibandingkan pada kepatuhan prosedural.

Pengaruh signifikan pengetahuan dasar menunjukkan bahwa pemahaman terhadap prinsip desain pasif dan keputusan arsitektural awal tetap berkontribusi penting dalam membentuk batasan kinerja energi bangunan. Keputusan terkait orientasi bangunan, rasio bukaan terhadap dinding, dan strategi peneduh pada tahap awal perancangan menentukan sejauh mana sistem teknis pada tahap berikutnya dapat bekerja secara optimal. Temuan ini mendukung teori desain arsitektur yang menyatakan bahwa keputusan desain awal memiliki implikasi jangka panjang terhadap kinerja energi bangunan.

Sebaliknya, tidak signifikannya pengaruh pemahaman regulasi mengindikasikan bahwa regulasi efisiensi energi dalam konteks proyek non-sertifikasi di Indonesia cenderung berfungsi sebagai acuan normatif, namun belum menjadi pendorong operasional yang efektif dalam praktik perancangan. Kondisi ini sejalan dengan pandangan (Sorrell dkk., 2004) yang menyatakan bahwa keberadaan regulasi tanpa mekanisme penegakan dan insentif

yang kuat sering kali tidak berbanding lurus dengan peningkatan kinerja energi actual.

Selain itu, lemahnya pengaruh pemahaman peran dan tanggung jawab menunjukkan bahwa kejelasan struktur organisasi dan pembagian peran lintas disiplin belum cukup untuk menghasilkan keputusan desain yang berorientasi pada efisiensi energi. Tanpa dukungan kompetensi teknis yang memadai, koordinasi lintas profesi cenderung bersifat administratif dan tidak memberikan kontribusi signifikan terhadap kualitas solusi desain.

Namun demikian, terdapat faktor-faktor lain di luar variabel yang diteliti yang diduga turut memengaruhi penerapan prinsip efisiensi energi pada desain data center non-sertifikasi. Faktor-faktor tersebut antara lain tekanan biaya proyek, keterbatasan waktu perancangan, prioritas klien terhadap keandalan operasional, serta kebijakan internal organisasi proyek. Faktor-faktor ini tidak diukur secara eksplisit dalam penelitian ini dan berpotensi berperan sebagai faktor perancu (*confounding factors*) dalam hubungan antara pemahaman *stakeholder* dan penerapan prinsip efisiensi energi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan prinsip efisiensi energi dalam desain bangunan data center non-sertifikasi secara signifikan dipengaruhi oleh tingkat pemahaman *stakeholder* yang terlibat dalam proses perancangan. Temuan utama penelitian menegaskan bahwa dimensi kognitif dan profesional *stakeholder* merupakan faktor penentu dalam membentuk kualitas keputusan desain yang berorientasi pada efisiensi energi, terutama dalam konteks proyek yang tidak berada dalam kerangka sertifikasi bangunan hijau.

Secara konseptual, penelitian ini mengungkap bahwa kompetensi teknis dan pemahaman dasar desain memiliki peran yang lebih menentukan dibandingkan pemahaman regulatif atau struktur peran formal. Hal ini mengindikasikan bahwa pada proyek data center non-sertifikasi, keberhasilan efisiensi energi lebih banyak ditentukan oleh kemampuan *stakeholder* dalam menerjemahkan prinsip efisiensi energi ke dalam solusi desain yang aplikatif, daripada oleh keberadaan regulasi atau pembagian tanggung jawab administratif semata. Temuan ini memperkuat pandangan bahwa proses perancangan bangunan berintensitas energi tinggi bersifat sangat

bergantung pada kualitas pengambilan keputusan teknis pada tahap awal desain.

Selain itu, hasil penelitian ini menyoroti keterbatasan efektivitas regulasi efisiensi energi dalam konteks non-sertifikasi, yang cenderung berfungsi sebagai acuan normatif tanpa pengaruh langsung terhadap praktik perancangan. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi konseptual dengan menempatkan pemahaman *stakeholder* khususnya pada aspek teknis dan desain dasar sebagai elemen kunci dalam kerangka perancangan bangunan data center hemat energi di luar sistem sertifikasi formal.

Saran/Rekomendasi

Berdasarkan temuan dan implikasi penelitian, beberapa rekomendasi yang dapat diajukan adalah sebagai berikut:

1. **Bagi praktisi dan pemangku kepentingan proyek data center**, peningkatan kapasitas teknis dan literasi desain efisiensi energi perlu diprioritaskan sebagai strategi utama dalam mendorong kinerja energi bangunan. Program pelatihan berbasis proyek dan kolaborasi lintas disiplin dapat menjadi pendekatan yang efektif untuk memperkuat kompetensi teknis *stakeholder* sejak tahap perancangan awal.
2. **Bagi perancang dan konsultan**, integrasi prinsip desain pasif dan pertimbangan efisiensi energi sejak fase konseptual perlu ditempatkan sebagai bagian integral dari proses desain, mengingat keputusan arsitektural awal memiliki implikasi jangka panjang terhadap kinerja energi bangunan data center.
3. **Bagi pembuat kebijakan dan regulator**, hasil penelitian ini menunjukkan perlunya penguatan mekanisme implementasi dan pengawasan regulasi efisiensi energi, khususnya pada proyek bangunan non-sertifikasi, agar regulasi tidak hanya bersifat normatif tetapi mampu memengaruhi praktik perancangan secara substantif.
4. **Untuk penelitian selanjutnya**, disarankan untuk memperluas cakupan objek penelitian ke beberapa proyek data center dengan karakteristik yang beragam serta mengombinasikan data persepsi *stakeholder* dengan data kinerja energi aktual. Pendekatan ini diharapkan dapat memperkaya pemahaman mengenai hubungan antara faktor

kognitif, keputusan desain, dan kinerja energi bangunan secara lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Alschuler, E. F., & Berger, A. (2012). *Unlocking Energy Efficiency In Office Districts: A Stakeholder-based Approach*.
- ASHRAE. (2024). Energy Standard for Data Centers 90.4 : ANSI/ASHRAE Addendum g to ANSI/ASHRAE Standard 90.4-2022. *ASHRAE Journal*.
- Berardi, U. (2013). Sustainable Cities and Society 8 (2013) 72-78 Clarifying the new interpretations of the concept of sustainable building. *Sustainable Cities and Society*, 8.
- Garrido-Yserte, R., & Gallo-Rivera, M. T. (2020). The potential role of stakeholders in the energy efficiency of higher education institutions. *Sustainability (Switzerland)*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/su12218908>
- GBCI. (2013). *Green Building Council Indonesia Green Building Council Indonesia Greenship Untuk Bangunan Baru Versi 1.2 Ringkasan Kriteria Dan Tolok Ukur*.
- Kamaralo, M. K., Alhilman, J., & Atmaji, F. T. D. (2020). Life Cycle Cost Analysis in Construction of Green Building Concept, A Case Study. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 847(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/847/1/012023>
- Kamiya, G., & Coroamă, V. C. (2025). *The Technology Collaboration Programme on Energy Efficient End-Use Equipment (4E TCP) Data Centre Energy Use: Critical Review of Models and Results Prepared for: EDNA (Efficient, Demand Flexible Networked Appliances) IEA 4E TCP (Technology Collaboration Programme on Energy Efficient End-Use Equipment)*. www.iea-4e.org/edna
- Novandira, A. R., Yuwono, B. E., & Damayanti, J. (2021). Identifikasi Kriteria Penerapan Green Construction Pada Proyek Konstruksi Gedung. *Prosiding Seminar Intelektual Muda*, 2(1). <https://doi.org/10.25105/psia.v2i1.8965>
- Nugrahadi, Ri., Karnoto, & Macrina Ajub Ajulian Zahra. (2023). *Evaluasi Pencahayaan Dan Peluang Penghematan Energi Listrik Di Gedung*



*Rektorat Universitas Katolik
Soegijapranata. 12.
<https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>*

Sorrell, S., O'Malley, E., Schleich, J., & Scott, S. (2004). The Economics of Energy Efficiency: Barriers to Cost-effective Investment. *Journal of Economic Literature*, 44(May).

