

Analysis of Building Electrical Energy Consumption and Energy Saving Potential Using e-Quest Simulation with the Energy Efficiency Measures Method

Rano Hanif^{1*}, Arwizet K¹, Yolli Fernanda¹, Andre Kurniawan¹

¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Padang, INDONESIA

*Corresponding author: ranohanif321@gmail.com

Received June 18th 2026; Revised June 30th 2026; Accepted July 10th 2026

Abstract

This study presents a preliminary electrical energy audit of the Health Office Building of West Sumatra Province, aiming to determine the building's Energy Consumption Intensity (ECI), map the distribution of electrical loads, and identify Energy Efficiency Measures (EEM) through e-Quest building energy simulation. A descriptive-quantitative method was applied following the SNI 6196:2011 energy audit procedure and the ECI standard of Ministerial Regulation of Energy and Mineral Resources (ESDM) No. 13 of 2012. Primary data were obtained from direct field measurement of voltage, current, and power factor using a watt meter across 22 rooms on two floors (1,360 m²), supplemented by 12 months of PLN electricity billing data as secondary data. Building simulation was performed in the e-Quest Quick Energy Simulation Tool using Activity Area, Lighting, and Plug Loads parameters derived from the field measurements. The manual calculation yielded a total consumption of 78,337.13 kWh/year, corresponding to an ECI of 57.60 kWh/m²/year, validated against PLN billing data with a deviation of only 5.00%, placing the building in the "Very Efficient" category (threshold < 102 kWh/m²/year). Air-conditioning (AC) dominates consumption at 89.21%, far exceeding other equipment (6.65%) and lighting (4.14%). The e-Quest model produced 88,640 kWh/year, deviating 7.76% from PLN data. Among three EEM scenarios tested, AC-inverter retrofit yielded the largest saving (37.20%), followed by AC set-point adjustment from 22°C to 23°C (5.08%), while LED lighting retrofit produced the smallest saving (1.47%). These findings indicate that energy-conservation priorities should be directed primarily toward the air-conditioning system.

Keywords: Energy Audit; Energy Consumption Intensity; E-Quest Simulation; Energy Efficiency Measures; Air Conditioning

Analisis Konsumsi Energi Listrik Bangunan dan Potensi Penghematan Menggunakan Simulasi *e-Quest* dengan Metode *Energy Efficiency Measures*

Abstrak

Penelitian ini membahas audit energi listrik awal pada Gedung Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat, bertujuan untuk menghitung Intensitas Konsumsi Energi (IKE) gedung, memetakan distribusi beban listrik, serta mengidentifikasi Peluang Hemat Energi (PHE) melalui simulasi energi bangunan menggunakan *software e-Quest*. Metode yang digunakan adalah deskriptif-kuantitatif mengacu pada prosedur audit energi SNI 6196:2011 dan standar IKE Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) No. 13 Tahun 2012. Data primer diperoleh dari pengukuran langsung tegangan, arus, dan faktor daya menggunakan watt meter pada 22 ruangan di dua lantai (1.360 m²), dilengkapi data rekening listrik PLN selama 12 bulan sebagai data sekunder. Simulasi bangunan dilakukan pada *e-Quest Quick Energy Simulation Tool* menggunakan parameter *Activity Area*, *Lighting*, dan *Plug Loads* hasil pengukuran lapangan. Perhitungan manual menghasilkan total konsumsi energi sebesar 78.337,13 kWh/tahun, setara IKE sebesar 57,60 kWh/m²/tahun, tervalidasi terhadap data rekening PLN dengan selisih hanya 5,00%, sehingga gedung tergolong kategori "Sangat Efisien" (ambang batas < 102 kWh/m²/tahun). Sistem pendingin udara (AC) mendominasi konsumsi energi sebesar 89,21%, jauh melampaui peralatan listrik lainnya (6,65%) dan sistem pencahayaan (4,14%). Model *e-Quest* menghasilkan konsumsi sebesar 88.640 kWh/tahun dengan deviasi 7,76% terhadap data PLN. Dari tiga skenario PHE yang diuji, retrofit AC *inverter* memberikan penghematan terbesar (37,20%), diikuti penyesuaian *set point* AC dari 22°C ke 23°C (5,08%), sedangkan retrofit lampu LED memberikan penghematan terkecil (1,47%). Temuan ini menunjukkan bahwa prioritas konservasi energi sebaiknya diarahkan terutama pada sistem pendingin udara.

Kata kunci: Audit Energi; Intensitas Konsumsi Energi; Simulasi *E-Quest*; Peluang Hemat Energi; Pendingin Udara

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus meningkat seiring pertumbuhan ekonomi dan aktivitas berbagai sektor, termasuk sektor pemerintahan. Indonesi memiliki potensi untuk mengembangkan energi listrik (Haikal et al., 2023). Berdasarkan sumbernya energiterbagi dalam dua kategori yaitu energi terbarukan dan energi tak terbaruka (Prasetya et al., 2025). Sektor energi sangat berpengaruh terhadap aktivitas masyarakat seperti kegiatan rumah tangga, sosial budaya, industri, perdagangan, dll (Lapisa, 2024). Realisasi konsumsi listrik rata-rata per kapita Indonesia pada tahun 2023 mencapai 1.285 kWh/kapita, meningkat dari 1.173 kWh/kapita pada tahun 2022, dengan sektor bangunan gedung menjadi salah satu pengguna energi terbesar secara nasional (Setiawan, Rangkuti, 2024). Sekitar 90% emisi gas rumah kaca dari bangunan gedung berasal dari penggunaan listrik, sehingga efisiensi energi pada subsektor ini berkontribusi signifikan terhadap komitmen Indonesia dalam *Enhanced Nationally Determined Contribution* (Enhanced NDC), dengan potensi penghematan energi melalui prinsip Bangunan Gedung Hijau berkisar 31%-54%, tertinggi justru pada gedung pemerintah (KSDM, 2016).

Fenomena serupa juga terjadi secara internasional, di mana gedung perkantoran menjadi kontributor besar terhadap konsumsi energi perkotaan. Studi audit energi pada gedung perkantoran di Riyadh, Arab Saudi, menemukan bahwa sistem AC menyumbang lebih dari separuh total konsumsi energi gedung dan menjadi target utama rekomendasi penghematan (Al-Ajlan, 2009). Konsumsi listrik dan pengembangan sistem AC yang lebih efisien dan ramah lingkungan (Berliansyah et al., 2025). Namun

demikian, evaluasi kebijakan audit energi wajib pada sekitar 4.000 gedung di New York City menunjukkan bahwa audit energi semata, tanpa disertai insentif investasi *retrofit* yang memadai, hanya menghasilkan penurunan konsumsi energi sebesar 2,5% pada gedung residensial dan 4,9% pada gedung perkantoran (Kontokosta et al., 2020). Temuan ini menegaskan pentingnya audit energi yang tidak berhenti pada perhitungan IKE, tetapi juga menghasilkan rekomendasi Peluang Hemat Energi (PHE) yang konkret dan dapat ditindaklanjuti, sebagaimana menjadi fokus penelitian ini (Fahmi et al., 2023).

Kantor Dinas Kesehatan sebagai instansi pemerintah daerah beroperasi aktif setiap hari kerja dengan penggunaan intensif sistem pendingin udara (AC), pencahayaan, dan peralatan elektronik administrasi (Widiarno et al., 2020). Pola konsumsi energi pada gedung perkantoran pemerintah bersifat teratur namun berpotensi mengandung pemborosan tersembunyi apabila tidak dikelola dengan baik (Soewono & Darmawan, 2022). Penelitian terdahulu pada Gedung C Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Semarang menunjukkan kapasitas AC yang tidak sesuai kebutuhan ruangan menyebabkan pemborosan energi (Suswitaningrum, 2022), sementara audit energi pada RSUD Abdul Aziz Singkawang dan Rumah Sakit Islam Ibnu Sina Pekanbaru menemukan total Peluang Hemat Energi (PHE) yang signifikan disertai penurunan nilai IKE pascapenerapan rekomendasi konservasi energi (Abdul & Singkawang, 2021). Penelitian lain pada gedung administrasi menunjukkan beban pendingin ruangan mendominasi konsumsi energi hingga 80%, diikuti pencahayaan 11% dan peralatan listrik lainnya 9% (Thamrin et al., 2025).

Pemerintah Indonesia telah menetapkan kerangka hukum melalui Peraturan Pemerintah Nomor 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi (IEC, 2023), dan Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2012 (Energi et al., 2012), yang menetapkan standar nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) sebagai parameter wajib dalam mengevaluasi efisiensi energi bangunan gedung pemerintah. Meski demikian, sebagian besar penelitian audit energi yang ada berfokus pada gedung-gedung di kota besar seperti Jakarta, Surabaya, Semarang, dan Makassar, sementara gedung instansi pemerintah daerah di kota kecil dan menengah, termasuk kantor dinas teknis seperti Dinas Kesehatan, hampir belum tersentuh penelitian sistematis (Syafiq et al., 2024). Secara khusus, audit energi listrik pada Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat belum pernah dilakukan sehingga nilai IKE, profil distribusi konsumsi energi per sistem dan per ruangan, serta rekomendasi PHE berbasis data belum tersedia sebagai acuan pengambilan keputusan pengelola gedung (Lambey et al., 2021).

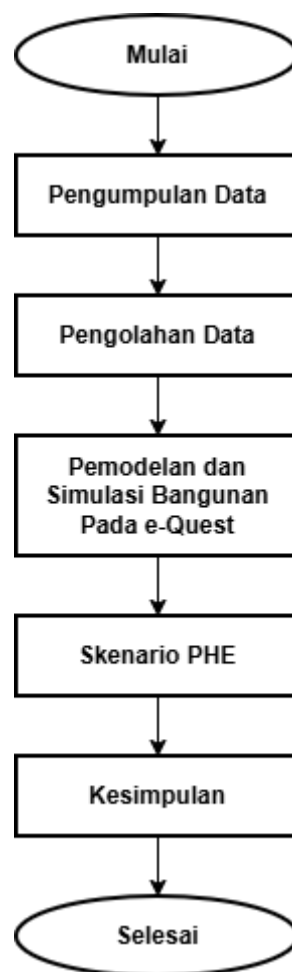
Berbagai penelitian audit energi pada gedung perkantoran dan komersial di Indonesia turut memperkaya pemahaman mengenai pola konsumsi energi dan peluang penghematannya. Audit energi pada Gedung 4 Universitas Banten Jaya mengidentifikasi ketidaksesuaian kapasitas AC terhadap luas ruangan sebagai penyebab utama pemborosan energi (Gunawan et al., 2022), sementara studi pada gedung perkantoran PT Graha Sarana Duta II Denpasar dan pada gedung perkantoran umum lainnya menunjukkan bahwa kombinasi retrofit pencahayaan dan optimalisasi jadwal operasional AC mampu menurunkan konsumsi energi secara signifikan (Irma Yulhana, 2023). Pendekatan *investment grade energy* audit yang mengintegrasikan analisis kelayakan ekonomi ke dalam rekomendasi PHE juga semakin banyak diterapkan pada gedung perkantoran di kawasan urban (Indramaulana, 2026), namun pendekatan serupa yang memadukan simulasi bangunan berbasis *software* belum banyak diterapkan pada gedung pemerintah daerah di luar Pulau Jawa.

Penelitian ini memiliki nilai kebaruan karena mengintegrasikan empat pendekatan sekaligus, yaitu: (1) perhitungan IKE berdasarkan data rekening PLN; (2) pemetaan profil beban per ruangan berbasis pengukuran langsung; (3) simulasi energi bangunan menggunakan *software e-Quest*; serta (4) identifikasi PHE menggunakan *Energy Efficiency Measures* (EEM) yang menghasilkan rekomendasi konkret dan langsung dapat diterapkan. Tujuan penelitian ini adalah: (1) menghitung dan menganalisis nilai IKE listrik Kantor Dinas Kesehatan berdasarkan Permen ESDM No. 13 Tahun 2012; (2) menganalisis profil dan distribusi konsumsi energi listrik pada sistem pencahayaan, AC, dan peralatan listrik lainnya; dan (3) mensimulasikan konsumsi energi menggunakan *e-Quest* guna mengidentifikasi

PHE dan merumuskan rekomendasi penghematan energi (Ayusran et al., 2025). Hasil penelitian diharapkan menjadi model percontohan penerapan audit energi berbasis simulasi bagi instansi pemerintah daerah lainnya dalam mewujudkan tata kelola energi yang efisien sesuai amanat PP No. 33 Tahun 2023.

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-kuantitatif dengan pendekatan audit energi awal (*preliminary energy audit*) yang bersifat observasional, yaitu dengan pengukuran langsung di lapangan serta simulasi energi menggunakan *software e-Quest*. Metode penelitian mengacu pada prosedur audit energi SNI 6196:2011 tentang Prosedur Audit Energi pada Bangunan Gedung, dengan standar penilaian IKE mengacu pada Peraturan Menteri ESDM Nomor 13 Tahun 2012. Penelitian mengintegrasikan empat pendekatan, yaitu perhitungan IKE berdasarkan data rekening PLN, pemetaan profil beban per ruangan, simulasi energi bangunan menggunakan *e-Quest*, serta identifikasi PHE menggunakan EEM.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

1. Lokasi dan Objek Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat yang beroperasi aktif Senin-Kamis pukul 08.00-17.00 WIB, dengan karakteristik bangunan: total luas 1.360 m², terdiri dari 2 lantai (591,5 m² di Lantai 1 dan 768 m² di Lantai 2) dan 22 ruangan. Penelitian dilaksanakan selama dua bulan, yaitu Mei-Juni 2026.

2. Variabel Penelitian

Variabel bebas meliputi daya peralatan listrik (Watt), waktu operasional (jam/hari), luas bangunan (m²), jumlah hari operasional (hari/bulan), dan parameter input simulasi *e-Quest* (dimensi dan orientasi bangunan, material selubung bangunan, data iklim Kota Padang berupa weather file .EPW, jadwal operasional, serta spesifikasi sistem pencahayaan dan AC). Variabel terikat adalah konsumsi energi listrik (kWh) dan nilai IKE (kWh/m²/tahun), sedangkan variabel kontrol meliputi jenis dan jumlah peralatan yang tidak diubah selama pengukuran.

3. Teknik Pengumpulan Data

Data primer diperoleh melalui pengukuran langsung parameter kelistrikan (tegangan, arus, faktor daya, dan daya aktif) setiap peralatan pada seluruh ruangan menggunakan Watt Meter, serta pengukuran dimensi ruangan menggunakan *Roll Meter*, yang dilaksanakan pada hari dan jam kerja efektif gedung (08.00-16.00 WIB). Data sekunder berupa rekening listrik PLN selama 12 bulan terakhir (Juli 2025-Juni 2026) dikumpulkan sebagai data pembandingan untuk validasi silang (*cross-check*) terhadap hasil perhitungan manual (Azhar et al., 2021).

4. Prosedur dan Teknik Analisis Data

Prosedur penelitian terdiri atas tahap persiapan, pengumpulan data, pengolahan data, analisis data, dan perumusan rekomendasi PHE. Konsumsi energi per peralatan dihitung dengan mengalikan daya (W), jumlah unit, dan durasi operasional (jam/hari serta hari/bulan), kemudian dijumlahkan per ruangan dan per sistem (pencahayaan, AC, dan peralatan listrik lainnya). Nilai IKE dihitung menggunakan persamaan:

$$IKE = E_{total} / \text{Luas Bangunan}$$

dengan E_{total} adalah total konsumsi energi listrik per tahun (kWh/tahun) dan Luas Bangunan dalam m². Nilai IKE yang diperoleh selanjutnya dibandingkan dengan standar Permen ESDM No. 13 Tahun 2012 untuk kategori gedung perkantoran ber-AC (ambang batas < 102 kWh/m²/tahun) (Wanimbo & Amiruddin, 2019). Validasi hasil perhitungan manual maupun hasil simulasi dilakukan dengan menghitung deviasi (selisih persentase) terhadap data rekening listrik PLN, dengan ambang batas keberterimaan sebesar 10% sebagaimana lazim digunakan dalam audit energi awal (Wanimbo & Amiruddin, 2019).

5. Tahapan Simulasi e-Quest

Simulasi energi bangunan dilakukan menggunakan *e-Quest Quick Energy Simulation Tool* melalui tahapan: (1) seluruh ruangan hasil pengukuran dikelompokkan ke dalam empat tipe *Activity Area*, yaitu *Office Executive*, *Office General*, *Conference Room*, dan *Corridor*, sesuai fungsi dan pola penggunaannya; (2) parameter *Lighting* (W/sf) dan *Plug Loads* (W/sf) untuk setiap tipe *Activity Area* dihitung berdasarkan data pengukuran daya lampu, AC, dan peralatan listrik lainnya dibagi luas area masing-masing; (3) parameter *Design Max Occupancy* ditentukan berdasarkan estimasi jumlah pengguna ruangan mengacu ASHRAE 62.1; (4) parameter tersebut diinput pada layar *Input Activity Area Location* dan *Input Occupied Load by Activity Area* pada *e-Quest Schematic Design* (SD) *Wizard* bersama data iklim Kota Padang (*weather file .EPW*); dan (5) simulasi dijalankan (*run simulation*) untuk memperoleh laporan *Electric Consumption* (kWh) bulanan per kategori penggunaan akhir (*end-use*), yang kemudian divalidasi terhadap hasil perhitungan manual dan data rekening PLN (Lamichhane et al., 2024).

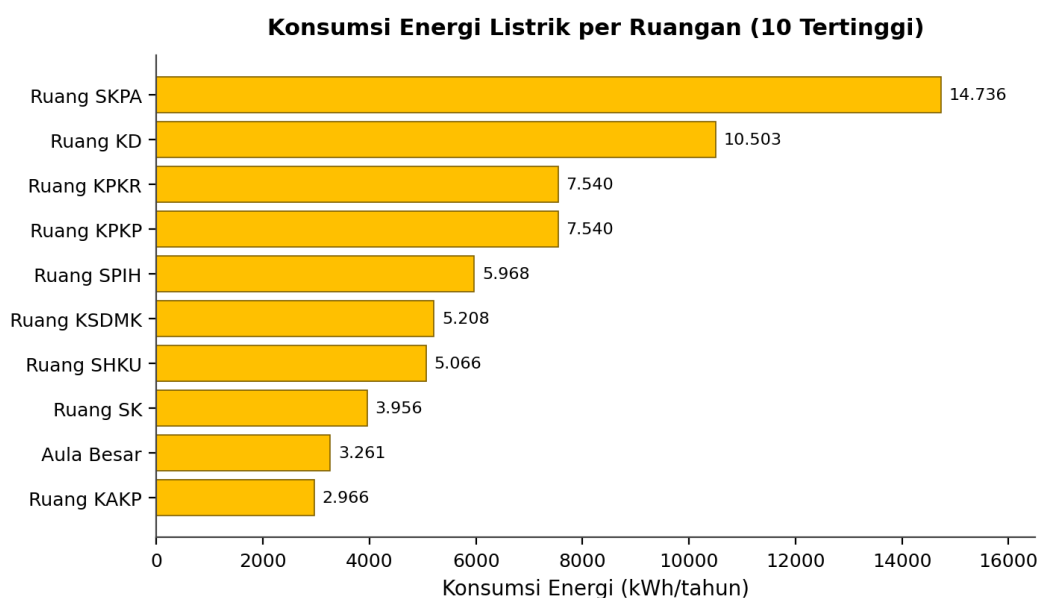
6. Penyusunan Skenario Peluang Hemat Energi (PHE)

Berdasarkan hasil analisis kontribusi beban pada kondisi eksisting, disusun tiga skenario *Energy Efficiency Measures* (EEM), yaitu: Skenario 1, retrofit seluruh lampu CFL menjadi LED; Skenario 2, retrofit AC *non-inverter* menjadi AC *inverter* dengan asumsi penghematan daya 40%; dan Skenario 3, penyesuaian *set point* AC dari 22°C menjadi 23°C dengan asumsi penghematan energi pendinginan sebesar 6% per kenaikan 1°C. Skenario 1 dan Skenario 2 disimulasikan langsung pada *e-Quest* melalui perubahan parameter *Lighting* (W/sf) dan *Plug Loads* (W/sf), sedangkan Skenario 3 dihitung secara manual karena keterbatasan model *e-Quest* dalam merespons perubahan *set point* AC yang dimodelkan sebagai *Plug Loads*.

III. HASIL PENELITIAN

Audit energi dilaksanakan melalui pengukuran dan inventarisasi langsung terhadap seluruh 22 ruangan pada dua lantai gedung (11 ruangan di Lantai 1 dan 11 ruangan di Lantai 2). Hasil pengukuran menunjukkan total luas bangunan sebesar 591,5 m² pada Lantai 1 dan 768 m² pada Lantai 2, sehingga total luas keseluruhan gedung adalah 1.360 m². Total konsumsi energi listrik gedung hasil perhitungan manual adalah 78.337,13 kWh/tahun, terdiri dari 39.002,79 kWh/tahun pada Lantai 1 dan 39.334,34 kWh/tahun pada Lantai 2.

Ruang SKPA pada Lantai 2 merupakan ruangan dengan konsumsi energi tertinggi (14.736,36 kWh/tahun atau 18,81% dari total), karena memiliki jumlah unit AC dan peralatan pendukung kerja terbanyak, diikuti Ruang KD pada Lantai 1 (10.503,29 kWh/tahun atau 13,41%) sebagai ruang pimpinan dengan tiga unit AC yang beroperasi sepanjang jam kerja. Sebaliknya, ruangan Toilet dan Koridor pada kedua lantai mencatat konsumsi energi terendah karena hanya menggunakan beban pencahayaan berdaya kecil.



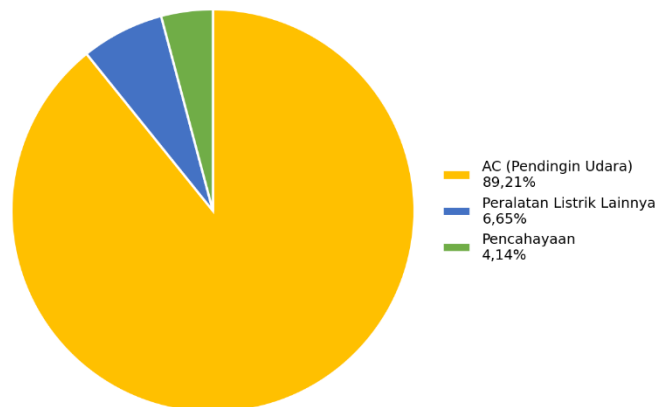
Gambar 2. Konsumsi Energi Listrik per Ruangan (10 Tertinggi)

Tabel 1. Rekapitulasi Konsumsi Energi dan Kontribusi per Sistem (Kondisi *Eksisting*)

No	Sistem	Konsumsi Energi (kWh/bulan)	Konsumsi Energi (kWh/tahun)	Kontribusi (%)
1	Pencahaya	270,35	3.244,21	4,14%
2	AC (Pendingin Udara)	5.823,75	69.885,02	89,21%
3	Peralatan Listrik Lainnya	433,99	5.207,90	6,65%
	Total	6.528,09	78.337,13	100,00%

Sistem AC merupakan kontributor dominan terhadap konsumsi energi gedung, yaitu sebesar 89,21%, jauh melampaui peralatan listrik lainnya (komputer, laptop, printer, dan kipas angin) sebesar 6,65% dan sistem pencahaya sebesar 4,14%, sebagaimana disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

Distribusi Konsumsi Energi Listrik per Sistem (Kondisi *Eksisting*)

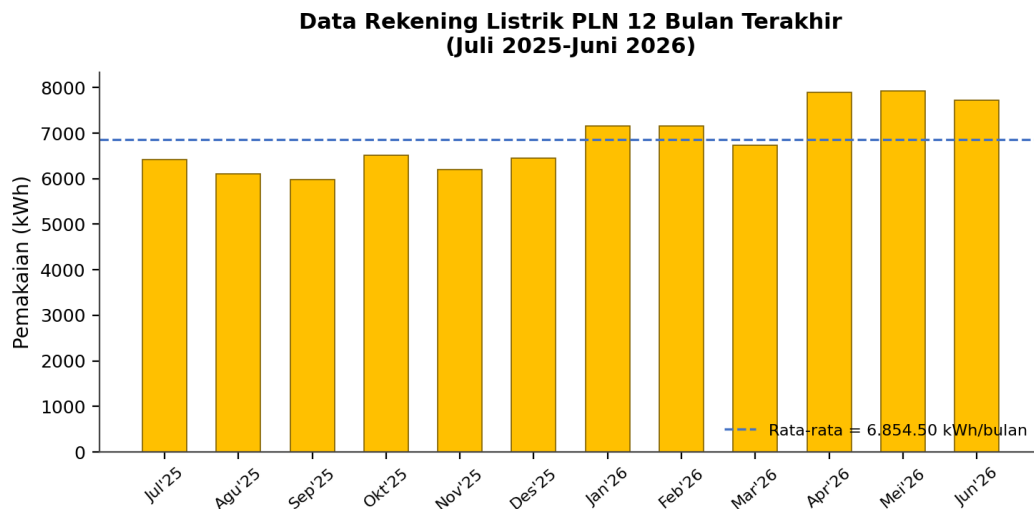


Gambar 3. Distribusi Konsumsi Energi Listrik per Sistem (Kondisi *Eksisting*)

Tabel 2. Perbandingan Konsumsi Energi, Nilai IKE, dan Validasi terhadap Data PLN

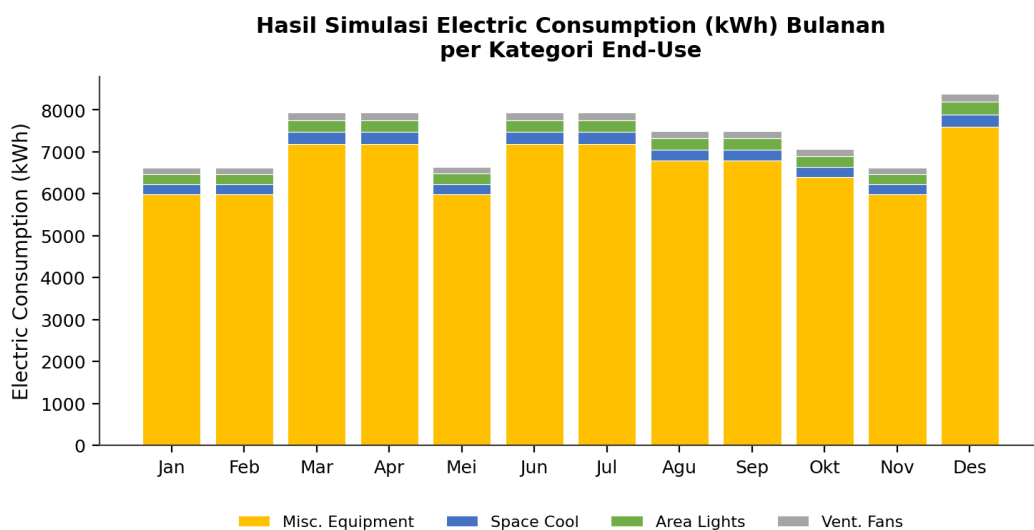
Sumber Data	Total Konsumsi (kWh/tahun)	IKE (kWh/m ² /tahun)	Kategori (Permen ESDM No. 13/2012)
Perhitungan Manual	78.337,13	57,60	Sangat Efisien
Rekening Listrik PLN	82.254,00	60,48	Sangat Efisien

Validasi terhadap data rekening PLN selama 12 bulan terakhir (total 82.254 kWh, rata-rata 6.854,50 kWh/bulan) menghasilkan selisih sebesar 5,00%, berada di bawah ambang batas keberterimaan 10%, sehingga hasil pengukuran lapangan dinyatakan representatif. Nilai IKE gedung, baik berdasarkan perhitungan manual (57,60 kWh/m²/tahun) maupun data rekening PLN (60,48 kWh/m²/tahun), berada di bawah ambang batas 102 kWh/m²/tahun sehingga gedung Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat tergolong kategori "Sangat Efisien" menurut Permen ESDM No. 13 Tahun 2012 untuk gedung perkantoran ber-AC.



Gambar 4. Data Rekening Listrik PLN 12 Bulan Terakhir

Model bangunan yang dikembangkan pada *e-Quest Quick Energy Simulation Tool* menggunakan parameter *Activity Area*, *Lighting*, dan *Plug Loads* hasil pengukuran menghasilkan total konsumsi energi simulasi sebesar 88.640,00 kWh/tahun. Rincian bulanan per kategori end-use menunjukkan kontribusi *Space Cool* 3,14 ribu kWh, *Ventilation Fans* 1,98 ribu kWh, *Misc. Equipment* (termasuk beban AC yang dimodelkan sebagai *Plug Loads*) 80,32 ribu kWh, dan *Area Lights* 3,21 ribu kWh, sebagaimana disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Simulasi *Electric Consumption* (kWh) Bulanan per Kategori *End-Use*

Tabel 3. Rekapitulasi Validasi Hasil Simulasi *e-Quest*

Sumber Data	Total Konsumsi (kWh/tahun)	Deviasi terhadap Simulasi e-Quest (%)
Simulasi <i>e-Quest</i> (Es)	88.640,00	-
Perhitungan Manual (Ea1)	78.337,13	13,15%
Rekening Listrik PLN (Ea2)	82.254,00	7,76%

Deviasi hasil simulasi terhadap data rekening PLN sebesar 7,76% masih berada di bawah ambang batas 10%, sehingga model *e-Quest* yang dibangun cukup representatif terhadap konsumsi energi aktual

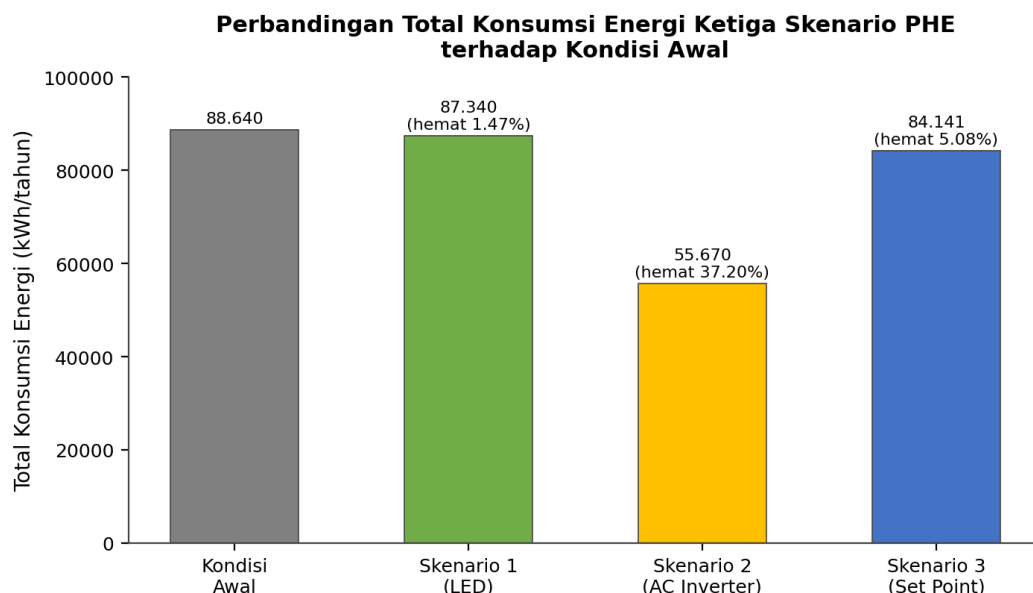
gedung. Namun, deviasi terhadap hasil perhitungan manual sebesar 13,15% sedikit melampaui ambang batas tersebut. Analisis per kategori *end-use* menunjukkan komponen *Lighting* pada model sudah sangat akurat (selisih hanya 1,05%, yaitu 3.210,00 kWh hasil simulasi berbanding 3.244,21 kWh hasil pengukuran manual), karena nilai *Lighting* (W/sf) diinput langsung dari data aktual. Deviasi total terutama berasal dari komponen *non-Lighting*, yaitu AC dan peralatan listrik lainnya, yang selisihnya mencapai 13,78% (85.440,00 kWh hasil simulasi berbanding 75.092,92 kWh hasil pengukuran manual).

Berdasarkan hasil analisis kontribusi beban, disusun dan disimulasikan tiga skenario Peluang Hemat Energi (PHE). Rekapitulasi hasil simulasi dan perhitungan manual ketiga skenario disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Perbandingan Total Konsumsi dan Penghematan Energi Ketiga Skenario PHE

Skenario	Sumber	Total Konsumsi (kWh/tahun)	Penghematan (kWh/tahun)	Penghematan (%)
Kondisi Awal	Simulasi	88.640,00	-	-
Skenario 1 (<i>Retrofit</i> LED)	Simulasi	87.340,00	1.300,00	1,47%
Skenario 2 (<i>Retrofit</i> AC Inverter)	Simulasi	55.670,00	32.970,00	37,20%
Skenario 3 (<i>Set Point</i> AC 22°C→23°C)	Manual	84.140,80	4.499,20	5,08%

Skenario 1 (*retrofit* lampu CFL ke LED pada 72 titik lampu) menghasilkan penghematan sebesar 1.300,00 kWh/tahun (1,47%). Skenario 2 (*retrofit* AC *non-inverter* menjadi AC *inverter*) menghasilkan penghematan terbesar, yaitu 32.970,00 kWh/tahun (37,20%). Skenario 3 (penyesuaian *set point* AC dari 22°C menjadi 23°C), yang dihitung secara manual berdasarkan proporsi daya AC terhadap total *Misc. Equipment* (93,57%), menghasilkan penghematan tambahan sebesar 4.499,20 kWh/tahun (5,08%).



Gambar 6. Perbandingan Total Konsumsi Energi Ketiga Skenario PHE terhadap Kondisi Awal

IV. PEMBAHASAN

Hasil audit energi awal menunjukkan bahwa Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat tergolong dalam kategori "Sangat Efisien" dengan IKE sebesar 57,60 kWh/m²/tahun, jauh di bawah ambang batas 102 kWh/m²/tahun yang ditetapkan Permen ESDM No. 13 Tahun 2012. Meskipun demikian, analisis kontribusi beban mengungkapkan ketimpangan yang signifikan antar sistem, yaitu AC menyumbang 89,21% dari total konsumsi energi, jauh melampaui peralatan listrik lainnya (6,65%) dan sistem pencahayaan (4,14%). Temuan ini menegaskan bahwa nilai IKE yang rendah pada gedung ini lebih disebabkan oleh pola operasional yang terbatas (Senin-Kamis, 8 jam/hari) dibandingkan efisiensi peralatan itu sendiri, mengingat seluruh unit AC yang digunakan masih bertipe non-inverter berkapasitas 1,5-2 PK yang secara teknis kurang efisien dibandingkan teknologi AC *inverter* yang tersedia saat ini.

Model *e-Quest* yang dibangun menghasilkan deviasi 7,76% terhadap data rekening PLN, memenuhi ambang batas keberterimaan 10% sehingga cukup representatif terhadap konsumsi energi aktual gedung. Namun demikian, deviasi terhadap hasil perhitungan manual sebesar 13,15% sedikit melampaui ambang batas tersebut, mengindikasikan model masih memerlukan kalibrasi lebih lanjut. Analisis deviasi per kategori *end-use* menunjukkan bahwa komponen *Lighting* pada model sudah sangat akurat, sedangkan deviasi total sebagian besar berasal dari komponen *non-Lighting*. Kondisi ini konsisten dengan keterbatasan pendekatan pemodelan yang digunakan, yaitu memasukkan beban AC sebagai *Plug Loads* alih-alih sebagai sistem HVAC dengan kontrol *termostat* tersendiri, sehingga profil beban AC pada simulasi bersifat konstan sepanjang jam operasi, sedangkan pada kondisi aktual AC bersiklus (*cycling*) menyesuaikan beban pendinginan ruangan. Faktor lain yang turut memengaruhi deviasi adalah penggunaan *weather file* acuan lokasi terdekat yang tersedia, bukan data iklim mikro Kota Padang secara spesifik, serta asumsi jadwal operasi (*schedule*) *default* pada SD Wizard yang belum sepenuhnya disesuaikan dengan pola operasional aktual gedung.

Tiga skenario PHE yang diuji menunjukkan tingkat efektivitas yang sangat berbeda, secara langsung mencerminkan proporsi kontribusi masing-masing sistem terhadap total konsumsi energi gedung. Karena AC menyumbang hampir 90% dari total konsumsi energi, perbaikan sekecil apa pun pada sistem AC, baik melalui penggantian teknologi (*inverter*) maupun perubahan perilaku operasional (*set point*), memberikan dampak penghematan yang jauh lebih besar dibandingkan perbaikan pada sistem pencahayaan yang porsinya hanya sekitar 4%. Temuan ini memberikan implikasi praktis penting bagi pengelola gedung dengan keterbatasan anggaran: prioritas investasi sebaiknya diarahkan terlebih dahulu pada retrofit AC *inverter*, sebelum mempertimbangkan *retrofit* pencahayaan yang secara ekonomi memberikan periode pengembalian investasi (*payback period*) relatif lebih lambat mengingat kecilnya penghematan energi yang dihasilkan.

Perlu dicatat bahwa Skenario 3 belum dapat diverifikasi melalui simulasi *e-Quest* akibat keterbatasan model, sehingga nilai penghematannya bersifat estimasi berdasarkan referensi umum, bukan hasil simulasi langsung. Apabila ketiga skenario PHE diterapkan secara bersamaan, potensi penghematan total diperkirakan dapat melampaui 40% dari konsumsi energi awal gedung, meskipun angka pasti kombinasi ini memerlukan simulasi tersendiri untuk memastikan tidak terjadi tumpang tindih perhitungan (*double counting*) antara penghematan AC *inverter* dan penyesuaian *set point*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil audit energi, pemodelan simulasi *e-Quest*, dan analisis skenario Peluang Hemat Energi (PHE) pada Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat, dapat disimpulkan bahwa total konsumsi energi listrik gedung berdasarkan pengukuran dan perhitungan manual adalah 78.337,13 kWh/tahun, dengan nilai IKE sebesar 57,60 kWh/m²/tahun yang tergolong kategori "Sangat Efisien" menurut Permen ESDM No. 13 Tahun 2012 (ambang batas < 102 kWh/m²/tahun). Validasi terhadap data rekening listrik PLN 12 bulan terakhir menghasilkan selisih 5,00%, berada di bawah ambang batas keberterimaan 10%, sehingga hasil pengukuran lapangan dapat dinyatakan representatif terhadap konsumsi energi aktual gedung. Analisis kontribusi beban menunjukkan bahwa sistem AC merupakan kontributor dominan sebesar 89,21%, jauh melampaui peralatan listrik lainnya (6,65%) dan sistem pencahayaan (4,14%), dengan Ruang SKPA dan Ruang KD sebagai ruangan dengan konsumsi energi tertinggi karena jumlah unit AC yang banyak dan durasi operasional yang panjang.

Model simulasi *e-Quest* yang dibangun menghasilkan total konsumsi energi sebesar 88.640,00 kWh/tahun dengan deviasi 7,76% terhadap data rekening PLN, memenuhi ambang batas keberterimaan, meskipun deviasi terhadap perhitungan manual (13,15%) sedikit melampaui ambang batas tersebut akibat keterbatasan pemodelan AC sebagai *Plug Loads*. Dari tiga skenario PHE yang dianalisis, *retrofit AC inverter* memberikan potensi penghematan energi terbesar (32.970,00 kWh/tahun atau 37,20%), diikuti penyesuaian *set point* AC dari 22°C ke 23°C (4.499,20 kWh/tahun atau 5,08%), sedangkan *retrofit* lampu CFL ke LED memberikan penghematan paling kecil (1.300,00 kWh/tahun atau 1,47%). Besarnya perbedaan potensi penghematan antar skenario ini mengonfirmasi bahwa upaya konservasi energi pada gedung ini akan paling efektif apabila diprioritaskan pada perbaikan sistem tata udara, baik melalui penggantian teknologi ke AC *inverter* maupun perubahan perilaku operasional seperti penyesuaian *set point* suhu.

Berdasarkan kesimpulan tersebut, pengelola Kantor Dinas Kesehatan Provinsi Sumatera Barat disarankan memprioritaskan program *retrofit AC inverter* secara bertahap dimulai dari ruangan dengan konsumsi energi tertinggi, menerapkan penyesuaian *set point* suhu AC ke 23°C sebagai langkah PHE jangka pendek tanpa investasi tambahan, tetap melaksanakan *retrofit* lampu LED mengingat keunggulan pada umur pakai dan kualitas pencahayaan, serta menetapkan kebijakan operasional AC yang lebih ketat guna mempertahankan tingkat efisiensi energi gedung. Bagi penelitian selanjutnya, disarankan memodelkan sistem AC sebagai sistem HVAC tersendiri pada *e-Quest* dengan parameter EER/COP aktual agar simulasi dapat merespons perubahan *set point* secara langsung, melakukan pendataan jumlah pegawai aktual untuk parameter *Design Max Occupancy*, melakukan analisis kelayakan ekonomi (*payback period*) setiap skenario PHE, serta mempertimbangkan penggunaan *weather file* yang lebih spesifik untuk wilayah Kota Padang guna meningkatkan akurasi simulasi.

VI. REFERENSI

- Abdul, R., & Singkawang, A. (2021). *Audit energi sistem pencahayaan dan sistem pengkondisian udara di rsud abdul aziz singkawang*.
- Al-Ajlan, S. A. (2009). Energy Audit and Potential Energy Saving in an Office Building in Riyadh, Saudi Arabia. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 21(2), 65–74. [https://doi.org/10.1016/S1018-3639\(18\)30510-5](https://doi.org/10.1016/S1018-3639(18)30510-5)
- Ayusran, R., Afnison, W., Irzal, I., & Milana, M. (2025). Analysis of Musculoskeletal Disorders in Electric Vehicle Prototype Drivers Using the Nordic Body Map Method. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 7(3), 413–422. <https://doi.org/10.24036/vomek.v7i3.885>
- Azhar, Aziz, A., & Hendrawaty. (2021). Sistem Informasi Tagihan Rekening Listrik dan Pengaduan Pelanggan Electricity Billing Information System and Customer Complaints. *Journal of Informatics and Computer Science*, 7(2), 1–6.
- Berliansyah, A., Karudin, A., Refdinal, R., & Lapis, R. (2025). Analysis Of Cooling Air Characteristics On Air Conditioner (AC) Performance. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 7(1), 166–176. <https://doi.org/10.24036/vomek.v7i1.838>
- Energi, M., Sumber, D. A. N., Mineral, D., & Indonesia, R. (2012). *Menteri energi dan sumber*.
- Fahmi, M., Hermawan, A., Kurniawan, F., & Mahda, K. (2023). *Audit Energi dan Rekomendasi Penghematan Energi Listrik di Gedung Rumah Sakit*. 10(2).
- Gunawan, W., Juniarti, A. D., & Rosihan, D. (2022). *Audit Energi Listrik Pada Bangunan Gedung Kampus 1 Universitas Banten Jaya (Studi Kasus Gedung 4 Universitas Banten Jaya)*. 5(2), 50–67.
- Haikal, M., Fernanda, Y., Purwantono, P., & Kurniawan, A. (2023). Pengaruh Pengaturan Aliran Fluida Oleh Guide Vane Terhadap Bentuk Aliran, Daya Dan Kinerja Turbin Crossflow Kapasitas 5kw. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 5(2), 190–196. <https://doi.org/10.24036/vomek.v5i2.542>
- IEC. (2023). *Mengenal Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 33 Tahun 2023 tentang Konservasi Energi*. <https://environment-indonesia.com/mengenal-peraturan-pemerintah-pp-nomor-33-tahun-2023-tentang-konservasi-energi/>
- Indramaulana, G. (2026). *Analisis Investment Grade Energy Audit untuk Peningkatan Efisiensi Energi pada Gedung Perkantoran di Jakarta Timur*.
- Irma Yulhana. (2023). *Audit Energi Dan Analisis Peluang Penghematan*. 15(1), 26–33.
- Kontokosta, C. E., Spiegel-Feld, D., & Papadopoulos, S. (2020). The impact of mandatory energy audits on building energy use. *Nature Energy*, 5(4), 309–316. <https://doi.org/10.1038/s41560-020-0589-6>
- KSDM. (2016). *Data Inventory Emisi GRK Sektor Energi*. Jakarta Pusat. <https://www.esdm.go.id/assets/media/content/content-data-inventory-emisi-grk-sektor-energi.pdf>
- Lambey, D. S., Amin, N., Pirade, Y. S., & Santoso, R. (2021). Analisis Konsumsi Energi Listrik Untuk Pencapaian Efisiensi Energi Di Kantor Dewan Perwakilan Rakyat Daerah Kabupaten Tojo Una-Una. *Foristek*, 11(2), 108–114. <https://doi.org/10.54757/fs.v11i2.112>

- Lamichhane, S., Mostafa, R., Gopalakrishnan, B., & Devaru, D. G. (2024). eQUEST Based Building Energy Modeling Analysis for Energy Efficiency of Buildings. *Energy Engineering: Journal of the Association of Energy Engineering*, 121(10), 2743–2767. <https://doi.org/10.32604/ee.2024.051035>
- Lapisa, R. (2024). *Rancang Bangun Piko-Hidro Sebagai Sumber Energi Bagi Masyarakat Di Daerah Pedalaman*. 6(NO), 119–113. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/vomek.v6i2.635>
- Prasetya, K. A., K, A., Fernanda, Y., & Kurniawan, A. (2025). Solar Home System Plant Using A Combination of DVD and Solar Panel. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 7(2), 288–299. <https://doi.org/10.24036/vomek.v7i2.860>
- Setiawan, Rangkuti, B. (2024). *Analisa Audit Energi Untuk Optimalisasi Pemakaian Listrik Air Conditioning Pada Gedung Perkantoran X Di Jakarta*. 9, 66–81.
- Soewono, A. D., & Darmawan, M. (2022). *Audit Energi Sistem Tata Udara pada Gedung Perkantoran Wisma Slipi Jakarta Arka Dwinanda Soewono dkk / Jurnal Rekayasa Mesin*. 17(1), 75–84.
- Suswitaningrum. (2022). *Analisis intensitas konsumsi energi listrik dan peluang penghematan energi listrik pada gedung c kantor sekretariat daerah kabupaten semarang*. 6(1), 26–39.
- Syafiq, M. I., Andriawan, A. H., & Wardah, I. A. (2024). *Audit Energi Listrik Gedung Tower 1 Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya Penelitian oleh Niken Adriaty Basyarach , Izzah Aula Wardah , Puji Slamet , dan Aris berdasarkan penggunaan energi per satuan luas per bulan . Di CV . Wana Indo Raya Lumajang*. 2(3).
- Thamrin, H. G., Hamzah, N., & Yunus, M. Y. (2025). *Analisis Audit Energi Listrik di Balai Pelatihan Vokasi dan Produktivitas Bantaeng*. 23(1), 109–120.
- Wanimbo, E., & Amiruddin, M. (2019). Perhitungan Nilai Intensitas Konsumsi Energi (IKE) Ruangan BPTIK Universitas PGRI Semarang. *Science and Engineering National Seminar 4*, 4(1), 162–166.
- Widiarno, W., Wibowo, R., & Hudaya, A. Z. (2020). Studi Investigasi Penggunaan Energi di Dinas Kesehatan Kabupaten Jepara. *Jurnal Crankshaft*, 3(2), 35–42. <https://doi.org/10.24176/crankshaft.v3i2.5226>