

**Instrumentasi Bangunan Cerdas untuk Efisiensi Energi  
Menuju Bangunan *Zero Energy*:  
Peran Teknik Fisika bagi Masa Depan Lingkungan Terbangun**



**UNIVERSITAS GADJAH MADA**

**Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam bidang Instrumentasi untuk  
Lingkungan Terbangun Berkelanjutan  
(*Instrumentation for Sustainable Built Environment*)  
pada Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada**

**Disampaikan pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
Universitas Gadjah Mada  
tanggal 3 Juni 2025**

**Oleh:  
Prof. Dr. Ir. Faridah, S.T., M.Sc., IPU**

*Bismillaahirrahmaanirrahiim*

Yang saya hormati:

Ketua, Sekretaris, dan Anggota Majelis Wali Amanat,  
 Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik,  
 Ketua, Sekretaris, dan Anggota Dewan Guru Besar,  
 Rektor dan Wakil Rektor Universitas Gadjah Mada,  
 Dekan dan Wakil Dekan Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada,  
 Ketua dan Sekretaris serta seluruh anggota Senat Fakultas,  
 Rekan-rekan dosen, tenaga kependidikan, dan segenap civitas  
 akademika Universitas Gadjah Mada,  
 Para tamu undangan yang berbahagia, keluarga yang saya cintai, serta  
 hadirin sekalian yang saya hormati.

*Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.*

*Alhamdulillah rabbil 'aalamiin.* Segala puji hanya milik Allah Swt, Rabb semesta alam. Atas izin dan rahmat-Nya, kita dapat berkumpul di Balai Senat Universitas Gadjah Mada dalam keadaan sehat wal 'afiat untuk menghadiri acara pengukuhan Guru Besar. Sholawat dan salam semoga tercurah kepada Nabi Muhammad Saw., hamba Allah yang mulia, pembawa risalah kebenaran dan cahaya ilmu bagi umat manusia.

Sungguh merupakan kehormatan bagi saya menyampaikan pidato pengukuhan sebagai Guru Besar dalam bidang Instrumentasi untuk Lingkungan Terbangun Berkelanjutan di hadapan majelis yang terhormat ini, sebagai bagian dari tradisi akademik luhur Universitas Gadjah Mada. Saya menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu semua yang telah berkenan hadir, baik secara luring maupun daring, pada pidato pengukuhan Guru Besar saya yang berjudul:

**“Instrumentasi Bangunan Cerdas untuk Efisiensi Energi Menuju Bangunan *Zero Energy*: Peran Teknik Fisika bagi Masa Depan Lingkungan Terbangun”**

Bapak dan Ibu yang saya hormati, izinkan saya menjelaskan alasan pentingnya pengangkatan judul ini.

## 1. Latar Belakang

Perubahan iklim global merupakan tantangan besar bagi keberlanjutan kehidupan manusia. Pemanasan global, yang dipicu oleh peningkatan konsentrasi gas rumah kaca (GRK), telah menyebabkan kenaikan suhu rata-rata bumi yang berdampak luas terhadap lingkungan, ekosistem, dan masyarakat. Sektor energi tercatat sebagai penyumbang emisi GRK terbesar di tingkat global [1]. Kegiatan produksi dan konsumsi energi berkontribusi sekitar 76% terhadap total emisi GRK, mencakup pembangkitan listrik, transportasi, serta berbagai proses industri yang berbasis bahan bakar fosil [2][3]. Dominasi sektor energi menjadikannya prioritas utama dalam strategi mitigasi perubahan iklim, khususnya melalui peningkatan efisiensi energi dan transisi menuju sumber energi yang lebih bersih dan berkelanjutan.

Berdasarkan laporan *International Energy Agency* (IEA), emisi gas rumah kaca (GRK) dari sektor energi mencapai rekor tertinggi, yakni sebesar 37,4 GtCO<sub>2</sub>e pada tahun 2023, meningkat sebesar 1,1% dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Kenaikan tersebut sebagian besar disebabkan oleh penggunaan batu bara yang menyumbang sekitar 65% dari total peningkatan emisi [4][5]. Sektor bangunan menjadi salah satu kontributor utama emisi GRK secara global, dengan kontribusi sebesar 37% dari total emisi yang berkaitan dengan energi. Sekitar 27% berasal dari operasional bangunan, seperti sistem pemanasan, pendinginan, penerangan, dan penggunaan listrik lainnya, sementara 7–9% berasal dari proses produksi material konstruksi [6].

Indonesia telah menunjukkan komitmen kuat dalam mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK) melalui ratifikasi *Paris Agreement* dalam Undang-Undang Nomor 16 Tahun 2016 dan penyusunan *Nationally Determined Contributions* (NDC). Indonesia menargetkan pengurangan emisi sebesar 29% dengan usaha sendiri dan hingga 41% dengan dukungan internasional pada 2030 [7]. Strategi ini diperkuat dalam Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional (RPJPN) 2005–2025, sebagaimana diatur dalam Undang-

Undang Nomor 17 Tahun 2007, yang menetapkan arah pembangunan berkelanjutan dengan mengutamakan pengelolaan sumber daya alam secara bijaksana, efisiensi energi, dan pengembangan energi terbarukan untuk mendukung keseimbangan ekologis [8]. Undang-Undang Nomor 59 Tahun 2024 mencatat adanya penurunan emisi sebesar 27,07% dari *baseline* tahun 2021. Meski demikian, tanpa perubahan paradigma pembangunan, emisi dapat meningkat hingga dua kali lipat pada 2045. Oleh karena itu, pembangunan rendah karbon menjadi fondasi utama menuju target *net zero emission* pada 2060 [9].

Sektor bangunan menjadi bagian penting dari strategi tersebut. Selama tahun 2011–2021, bangunan di Indonesia menyumbang rata-rata 33% dari emisi GRK sektor energi, dan mencapai 36,7% pada 2022. Sekitar 90% emisi tersebut berasal dari konsumsi listrik di bangunan, yang sebagian besar masih bergantung pada pembangkit berbahan bakar fosil [10]. Konsep Bangunan *Zero Energy* (*Zero Energy Building*, ZEB) muncul sebagai salah satu solusi strategis dalam mengatasi tantangan energi dan lingkungan di sektor bangunan. ZEB adalah bangunan yang dirancang untuk memenuhi seluruh kebutuhan energinya melalui sumber energi yang murah, tersedia secara lokal, tidak berpolusi, dan terbarukan [11].

Untuk mendukung implementasi ZEB, sistem instrumentasi memainkan peran penting. Teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), *artificial intelligence* (AI), dan sistem otomasi memungkinkan pemantauan dan pengendalian efisiensi energi pada bangunan secara *real-time*. Dengan instrumentasi yang tepat, bangunan dapat menjadi sistem yang cerdas dalam memenuhi standar kualitas lingkungan ruang huni yang sesuai dengan kebutuhan penghuni, dengan penggunaan energi seefisien mungkin. Pada akhirnya, penggunaan energi yang efisien ini dapat sepenuhnya ditopang oleh sumber energi terbarukan yang murah dan tersedia secara lokal, menjadikan ZEB sebagai solusi inovatif dalam membangun lingkungan yang lebih berkelanjutan.

Dalam konteks ini, Teknik Fisika menyediakan kerangka ilmiah dan teknologi untuk mengembangkan solusi instrumentasi yang presisi. Mulai dari pemodelan untuk karakterisasi sistem bangunan,

pengembangan sensor, sistem pemantauan, hingga sistem pengendalian, Teknik Fisika memungkinkan integrasi antara prinsip fisis dan teknologi modern. Pendekatan interdisipliner ini tidak hanya menghasilkan sistem yang efisien, tetapi juga relevan dengan kebutuhan aktual masyarakat, serta mendukung masa depan lingkungan terbangun yang berkelanjutan.

## **2. Bangunan Cerdas dalam Konsep Bangunan Berkelanjutan**

*Bapak/Ibu yang saya hormati,*

Bangunan tidak lagi hanya dipandang sebagai struktur fisik yang melindungi manusia dari lingkungan luar, melainkan telah berevolusi menjadi sistem kompleks yang aktif memengaruhi kenyamanan, produktivitas, dan konsumsi sumber daya. Di tengah tekanan perubahan iklim dan keterbatasan sumber daya, pendekatan pembangunan harus mengedepankan efisiensi dan keberlanjutan. Konsep bangunan berkelanjutan (*sustainable building*) hadir sebagai pendekatan yang mengintegrasikan dan mengoptimalkan semua atribut bangunan berkinerja tinggi, termasuk efisiensi energi, daya tahan, kinerja *life cycle*, dan produktivitas penghuni [11][12]. Definisi bangunan berkelanjutan sampai saat ini ditemukan dalam bentuk bangunan hijau (*green building*) atau bangunan berkinerja tinggi (*high-performance building*) [13][14].

Untuk mencapai bangunan berkelanjutan ini, diperlukan implementasi teknologi dan material bangunan yang canggih. Kemajuan teknologi dan material canggih ini menyebabkan munculnya dua istilah dalam pelabelan bangunan, yaitu bangunan pintar dan bangunan cerdas. Bangunan pintar (*smart building*) adalah ruang huni yang dilengkapi teknologi modern, seperti sistem otomasi, telekomunikasi, dan manajemen fasilitas, yang dirancang untuk meningkatkan keamanan, kenyamanan, dan efisiensi operasional. Sementara itu, bangunan cerdas (*intelligent building*) merupakan sistem yang lebih maju, bersifat responsif, fleksibel, dan adaptif terhadap perubahan kebutuhan penghuni, dengan kemampuan untuk mendukung produktivitas tinggi, efisiensi biaya, dan keberlanjutan lingkungan. Perbedaan mendasar keduanya terletak pada fleksibilitasnya dalam menyesuaikan kebutuhan penghuni [11][15].

Peran bangunan cerdas dalam mendukung bangunan hijau ditegaskan secara eksplisit dalam Peraturan Menteri PUPR Nomor 10 Tahun 2023 tentang Bangunan Gedung Cerdas (BGC), yang menyatakan bahwa bangunan cerdas merupakan pengembangan dari konsep bangunan hijau. Bangunan cerdas merupakan bangunan gedung hijau yang menerapkan sistem manajemen bangunan yang responsif terhadap konteks kawasan, lingkungan, kearifan lokal, dan kebutuhan pengguna, serta memanfaatkan teknologi tinggi yang bekerja secara otomatis dan terintegrasi. Pendekatan ini bertujuan untuk memperkuat prinsip keberlanjutan, serta meningkatkan efisiensi operasional dan kenyamanan penghuni secara adaptif dan berkelanjutan [16].

Bangunan cerdas bukan hanya sekadar sistem dengan kemampuan otomatisasi, tetapi merupakan kerangka kerja yang memungkinkan bangunan belajar dari data, mengantisipasi kebutuhan, dan mengoptimalkan performa operasional secara berkelanjutan. Dalam kerangka bangunan hijau, kehadiran sistem cerdas memberikan dukungan nyata terhadap pencapaian prinsip pengelolaan sumber daya secara efisien dan ramah lingkungan sejak perencanaan, pelaksanaan konstruksi, pemanfaatan, pemeliharaan, hingga pembongkaran [12].

Konsep kecerdasan dalam bangunan tidak lepas dari pemanfaatan secara terintegrasi berbagai komponen teknologi, seperti sensor, aktuator, kontrol otomatis, serta jaringan komunikasi digital. Integrasi seluruh komponen ini membentuk sistem manajemen bangunan terpusat yang mampu memantau, menganalisis, dan mengendalikan berbagai parameter lingkungan dan teknis bangunan secara *real-time* [17][18]. Bangunan cerdas berperan sebagai penghubung antara strategi desain berkelanjutan dengan sistem operasional yang adaptif [19]. Dengan kemampuannya merespons kondisi lingkungan sekitar dan pola aktivitas di dalamnya, bangunan cerdas dapat mendukung optimalisasi performa energi serta peningkatan produktivitas penghuni. Dalam konteks tersebut, bangunan cerdas berfungsi sebagai platform dinamis yang memungkinkan prinsip bangunan hijau tidak hanya berhenti pada tahap desain, tetapi berlanjut secara aktif dalam tahap operasional dan pemeliharaan bangunan [20].

Dengan demikian, keberadaan sistem bangunan cerdas menjadi aspek yang tak terpisahkan dalam evolusi bangunan berkelanjutan. Bangunan hijau yang dilengkapi kecerdasan sistem akan memiliki kapasitas lebih besar untuk menyesuaikan diri terhadap tantangan perubahan iklim, kebutuhan penghuni, dan efisiensi energi. Konsep ini akan menjadi dasar pijakan menuju visi yang lebih ambisius, yaitu Bangunan *Zero Energy* (*Zero Energy Building*, ZEB), yang menekankan kesetimbangan antara konsumsi dan produksi energi melalui integrasi desain pasif, efisiensi aktif, dan pemanfaatan energi terbarukan secara optimal [11].

### 3. Menuju Bangunan *Zero Energy*

*Bapak/Ibu yang saya hormati,*

Bangunan *Zero Energy* adalah bangunan dengan konsumsi energi sangat rendah, yang dirancang untuk memenuhi seluruh kebutuhannya melalui pemanfaatan sumber energi terbarukan, terutama yang dihasilkan di lokasi bangunan itu sendiri. Secara umum, bangunan dikatakan sebagai ZEB apabila, selama periode satu tahun, energi yang dihasilkan bangunan dari sumber terbarukan dalam jumlah yang setara atau lebih besar dari energi yang dikonsumsi. Konsep ini tidak hanya berorientasi pada efisiensi, melainkan juga pada kemandirian energi dan keberlanjutan lingkungan [21][22][11].

Terdapat empat pendekatan utama dalam mendefinisikan ZEB: (1) *Net Zero Site Energy*, menghitung keseimbangan energi langsung di lokasi bangunan; (2) *Net Zero Source Energy*, mempertimbangkan energi primer yang mencakup produksi dan distribusi; (3) *Net Zero Energy Costs*, berdasarkan keseimbangan biaya energi antara yang dibeli dan dijual ke jaringan; dan (4) *Net Zero Energy Emissions*, menekankan keseimbangan emisi gas rumah kaca dengan penggunaan energi bersih [21][11].

Untuk mewujudkan ZEB, terdapat dua prinsip utama yang harus diterapkan secara berkesinambungan dan saling mendukung, yaitu efisiensi energi dan pemanfaatan energi terbarukan. Kedua prinsip ini tidak dapat berdiri sendiri. Efisiensi menjadi fondasi awal untuk menekan kebutuhan energi serendah mungkin, sedangkan

energi terbarukan digunakan untuk memenuhi kebutuhan energi yang tersisa secara bersih dan mandiri.

Efisiensi energi menjadi tahap pertama yang krusial. Strategi ini bertujuan menekan konsumsi energi operasional bangunan hingga ke tingkat minimum, dengan tetap mempertahankan kualitas lingkungan ruang huni. Pendekatannya mencakup dua jenis strategi desain: desain pasif dan desain aktif. Desain pasif mengoptimalkan kondisi alami, seperti pencahayaan matahari, ventilasi silang, dan insulasi termal, tanpa bergantung pada perangkat mekanis. Contohnya adalah orientasi bangunan memanjang utara-selatan, penggunaan jendela berlapis, kisi-kisi peneduh, serta ventilasi alami. Sementara itu, desain aktif berfokus pada pemanfaatan teknologi hemat energi. Ini mencakup pemilihan sistem HVAC berperforma tinggi, pencahayaan LED, hingga peralatan elektronik dengan efisiensi tinggi. Tak kalah penting adalah penerapan sistem pengelolaan energi melalui *Building Energy Management System* (BEMS), untuk mendapatkan efisiensi energi lebih maksimal saat bangunan beroperasi.

Energi terbarukan diterapkan setelah konsumsi energi berhasil ditekan ke tingkat minimum. Energi terbarukan berfungsi untuk memenuhi sisa kebutuhan energi operasional bangunan yang telah diminimalkan, dengan cara menghasilkan energi dari sumber yang bersih, tersedia secara lokal, dan tidak menimbulkan emisi. Sumber energi terbarukan yang paling umum digunakan dalam konteks ZEB adalah energi surya, baik melalui panel fotovoltaik (*photovoltaic*, PV) untuk menghasilkan listrik maupun sistem pemanas air tenaga surya. Di beberapa lokasi, sumber lain seperti tenaga angin berskala kecil, panas bumi, atau bioenergi juga dapat digunakan, tergantung pada potensi setempat. Dengan sinergi antara efisiensi dan energi terbarukan inilah, bangunan mampu mencapai keseimbangan energi tahunan, yang menjadi dasar utama status *Zero Energy Building*.

Implementasi ZEB di Indonesia perlu mempertimbangkan karakteristik geografis dan iklim tropis yang membentuk profil konsumsi energi bangunan secara khas. Dengan suhu dan kelembapan udara yang cenderung tinggi sepanjang tahun, kebutuhan energi untuk sistem pendinginan menjadi sangat dominan dalam operasional

bangunan di Indonesia [23]. Hal ini menjadikan efisiensi energi sebagai aspek krusial yang harus ditangani secara strategis dalam pengoperasian bangunan untuk menciptakan kenyamanan termal. Bangunan di Indonesia yang belum sepenuhnya mengadopsi pendekatan desain pasif tropis secara optimal menyebabkan bangunan bergantung pada sistem mekanikal untuk menciptakan kenyamanan termal, yang berujung pada peningkatan konsumsi energi [24]. Di sisi lain, implementasi prinsip efisiensi energi juga dipengaruhi oleh keterbatasan ketersediaan teknologi dan material pendukung di pasar lokal. Produk seperti kaca *low-emissivity* (*low-E*), sistem HVAC berperforma tinggi, serta material insulasi termal yang efektif masih memiliki harga yang relatif tinggi dan distribusi yang belum merata. Hal ini membuat banyak proyek ZEB di Indonesia belum dapat mengoptimalkan kinerja termal dan energi secara maksimal [25].

Di tengah keterbatasan tersebut, solusi berbasis teknologi digital dan adaptif menjadi semakin relevan. Bangunan tidak hanya harus efisien dari sisi desain, tetapi juga adaptif terhadap perubahan lingkungan dan perilaku pengguna. Dalam konteks ini, bangunan cerdas memainkan peran strategis dalam memastikan keberhasilan operasional ZEB. Salah satu komponen kuncinya adalah *Building Energy Management System* (BEMS), sebuah sistem manajemen energi terintegrasi yang memungkinkan pemantauan, pengendalian, dan pengoptimalan konsumsi energi dari berbagai subsistem bangunan secara *real-time* melalui jaringan sensor dan kendali [26]. Dengan dukungan Teknologi komunikasi digital yang cerdas dan interoperabel, BEMS mampu mengenali pola penggunaan energi, mengidentifikasi titik-titik inefisiensi, serta melakukan penyesuaian otomatis untuk menjaga performa energi tetap optimal. Efisiensi yang dihasilkan tidak hanya berupa penghematan, tetapi juga peningkatan kualitas lingkungan ruang huni yang bersifat personal dan kontekstual, karena performa sistem secara otomatis dapat menyesuaikan kebutuhan aktual penghuni. Kemampuan BEMS dalam mengelola fluktuasi konsumsi dan ketersediaan energi terbarukan menjadikannya bagian penting dalam strategi transisi menuju energi berkelanjutan dan kontekstual di wilayah tropis [27].

Efektivitas penerapan BEMS juga telah dibuktikan secara empiris. Beberapa studi menunjukkan bahwa implementasi BEMS, atau strategi manajemen energi digital dan terintegrasi, dapat menghemat antara 30% hingga 70% energi gedung perkantoran, tergantung pada pendekatan dan teknologi yang diterapkan [28][29]. Secara keseluruhan, BEMS bukan sekadar alat penghemat energi, melainkan solusi sistemik yang mengintegrasikan teknologi pintar dengan prinsip efisiensi dan keberlanjutan. Dengan kemampuan analitik, kontrol otomatis, serta respons adaptif terhadap dinamika operasional dan lingkungan, BEMS menjadi fondasi penting bagi bangunan masa depan yang efisien, cerdas, dan ramah lingkungan.

Namun, untuk mewujudkan BEMS secara nyata, dibutuhkan pendekatan lintas disiplin yang menguasai aspek fisika bangunan, sistem pengukuran, pemrosesan data, hingga pengendalian terintegrasi secara presisi. Di sinilah peran keilmuan Teknik Fisika menjadi sangat relevan dan strategis. Teknik Fisika tidak hanya menawarkan pemahaman ilmiah tentang interaksi energi dalam bangunan, tetapi juga menyediakan perangkat konseptual dan teknologi untuk mengembangkan sistem-sistem cerdas berbasis instrumentasi. Sebagai disiplin ilmu yang menjembatani sains dan rekayasa, Teknik Fisika berperan penting dalam merancang masa depan bangunan yang tidak hanya efisien secara energi, tetapi juga adaptif, kontekstual, berkelanjutan, dan berbasis sains serta teknologi yang terintegrasi.

#### **4. Perspektif Teknik Fisika: Instrumentasi dalam Mendukung Bangunan Cerdas menuju ZEB**

*Bapak/Ibu yang saya hormati,*

Keberhasilan implementasi ZEB tidak hanya ditentukan oleh desain arsitektural dan ketersediaan teknologi energi terbarukan, tetapi juga sangat bergantung pada kecerdasan sistem bangunan yang adaptif dalam merespons kondisi lingkungan dan kebutuhan operasional. Di sinilah keilmuan Teknik Fisika memainkan peran strategis, menjadi penghubung antara ilmu fisis, rekayasa sistem, dan teknologi bangunan cerdas yang presisi.

Teknik Fisika merupakan ilmu rekayasa yang bersifat interdisipliner dan berorientasi sistem, dengan fokus pada pemahaman

dan pengelolaan fenomena-fenomena fisika yang saling berinteraksi secara simultan dalam suatu sistem yang terintegrasi. Keilmuan ini tidak hanya mengkaji fenomena fisik secara terpisah, tetapi juga mempelajari bagaimana fenomena-fenomena tersebut membentuk suatu kesatuan sistem yang kompleks, dinamis, dan saling terkait. Teknik Fisika tidak hanya menjelaskan elemen apa saja yang ada dalam sistem, tetapi juga bagaimana hubungan antar elemen dalam sistem tersebut terbentuk, serta apa tujuan akhir dari sistem itu sendiri.

Dalam pandangan Teknik Fisika, bangunan bukan sekadar struktur pasif, melainkan sistem aktif yang terdiri atas berbagai entitas fisik dan teknologi yang saling berinteraksi secara simultan. Setiap komponen dalam bangunan, dari selubung termal, sistem HVAC, hingga sistem pencahayaan, dipandang sebagai bagian dari sistem *multiphysics*, di mana interaksi antar fenomena seperti kalor, cahaya, dan aliran udara harus dipelajari perilakunya untuk memastikan tercapainya kualitas lingkungan ruang huni yang baik, efisiensi energi, dan keberlanjutan lingkungan.

Instrumentasi merupakan bagian penting dalam keilmuan Teknik Fisika karena disiplin ini tidak hanya mempelajari fenomena fisika, tetapi juga menekankan pada bagaimana fenomena tersebut diukur, dianalisis, dan dikendalikan secara presisi dalam sistem nyata. Secara definisi, instrumentasi adalah ilmu yang membahas bagaimana suatu fenomena fisika atau kimia dapat diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian dapat diukur, disimpan, ditampilkan, dan dikomunikasikan untuk keperluan tertentu [30]. Dalam konteks Teknik Fisika, kemampuan untuk menangkap fenomena fisika dan mengubahnya menjadi sinyal listrik yang dapat diolah menjadi sangat penting. Data inilah yang menjadi fondasi untuk membangun model matematis, melakukan simulasi, serta pengambilan keputusan teknis dalam berbagai aplikasi. Melalui instrumentasi, Teknik Fisika mampu menjembatani antara teori fisika dengan aplikasi praktis, mengintegrasikan pemahaman terhadap prinsip-prinsip fisika dengan teknologi sensor, sistem akuisisi data, dan sistem kontrol otomatis.

Instrumentasi menjadi tulang punggung sistem pengukuran dan pengendalian dalam bangunan cerdas menuju ZEB. Instrumentasi hadir sejak tahap awal perancangan hingga operasional harian

bangunan, mendukung seluruh proses berbasis data yang diperlukan untuk menjamin kualitas ruang, efisiensi, dan keberlanjutan lingkungan secara bersamaan. Instrumentasi menempatkan perangkat teknologi sebagai antarmuka penting antara dunia fisik dan sistem digital, yang memungkinkan bangunan merespons kondisi lingkungan maupun perilaku penghuni secara adaptif.

Pemahaman terhadap perilaku sistem bangunan merupakan fondasi utama bagi strategi manajemen energi yang efektif dalam ZEB. Pada tahap desain, instrumentasi berperan dalam mendukung proses karakterisasi sistem bangunan melalui pengumpulan data lingkungan sebagai dasar pemodelan dan simulasi. Data hasil pengukuran variabel lingkungan ruang huni dibutuhkan untuk memvalidasi model lingkungan ruang huni.

Meski proses desain telah mengandalkan data dan simulasi, sejumlah studi menunjukkan adanya kesenjangan kinerja, yaitu ketidaksesuaian antara kinerja bangunan yang diharapkan berdasarkan desain dengan kinerja aktual saat bangunan beroperasi. Kesenjangan kinerja ini menunjukkan bahwa pemahaman terhadap dinamika sistem bangunan di tahap pascakonstruksi atau operasional masih menjadi tantangan besar, terutama dalam konteks pencapaian efisiensi energi dan kualitas lingkungan ruang huni secara simultan. *Building Energy Management System* (BEMS) memainkan peran yang sangat penting sebagai sistem yang menyediakan data *real-time* dan historis mengenai kondisi lingkungan dan operasional bangunan.

Data yang dikumpulkan dari BEMS memberikan informasi krusial untuk memahami karakteristik sistem bangunan secara aktual, sekaligus sebagai dasar dalam merumuskan strategi pengendalian yang tepat untuk mendekatkan performa aktual dengan performa desain. Lebih lanjut, kombinasi data BEMS dengan survei kepuasan penghuni menjadi pendekatan yang semakin banyak digunakan untuk mengidentifikasi kesenjangan kualitas ruang huni dan menyusun strategi perbaikan sistem secara berkelanjutan. Melalui pendekatan ini, strategi kontrol yang optimal dikembangkan secara adaptif untuk menghemat energi tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna.

Keunggulan utama BEMS terletak pada kemampuannya melakukan pemantauan dalam skala besar dan jangka panjang,

sehingga memberikan gambaran holistik tentang dinamika lingkungan dalam sistem bangunan [17]. Dengan dukungan perkembangan teknologi komunikasi dan *Internet of Things (IoT)*, pengguna kini dapat berinteraksi secara efisien dengan perangkat bangunan cerdas secara jarak jauh.

Namun demikian, implementasi BEMS juga menghadapi berbagai tantangan teknis dan ekonomis. Di antaranya adalah tingginya biaya akuisisi awal, kebutuhan sensor yang akurat dan andal (*robust*), keterbatasan jumlah variabel yang dapat dipantau, serta kapasitas penyimpanan dan pemrosesan data besar (*big data*). Di sisi lain kompatibilitas dengan berbagai protokol komunikasi dan platform BEMS juga menjadi isu tersendiri dalam sistem yang semakin kompleks dan terbuka.

Sebagai penghubung strategis antara prinsip-prinsip fisika, teknologi pengukuran, dan sistem rekayasa cerdas dalam bangunan, Teknik Fisika menempati posisi strategis dalam mendukung pengembangan bangunan masa depan yang efisien, adaptif, dan berkelanjutan. Peran ini tidak hanya relevan secara akademik, tetapi juga sangat dibutuhkan dalam menjawab tantangan pembangunan nasional menuju transisi energi dan lingkungan terbangun yang lebih cerdas. Pada bagian selanjutnya, saya akan menguraikan kontribusi serta rekomendasi konkret yang dapat diambil untuk memperkuat ekosistem inovasi ini di Indonesia.

## **5. Kontribusi Ilmiah dan Arah Strategi Pengembangan ZEB untuk Indonesia**

*Bapak/Ibu yang saya hormati,*

Sebagai seorang akademisi di bidang Instrumentasi untuk Lingkungan Terbangun, Teknik Fisika, saya percaya bahwa kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan tidak berhenti pada pemahaman teori, tetapi harus diwujudkan dalam bentuk riset aplikatif dan inovasi teknologi yang menjawab kebutuhan nyata masyarakat. Dalam konteks transisi energi dan pembangunan berkelanjutan, kontribusi akademik memiliki peran strategis untuk menjembatani ilmu, teknologi, dan kebijakan. Oleh karena itu, bab ini saya buka dengan rangkaian hasil penelitian yang telah saya lakukan untuk

meletakkan fondasi teknis menuju sistem bangunan cerdas dan *Zero Energy Building (ZEB)* di Indonesia.

Pengembangan teknologi berbasis lokal menjadi kunci dalam mempercepat adopsi bangunan cerdas di Indonesia. Sebagai respons terhadap meningkatnya kebutuhan akan bangunan yang adaptif terhadap kebutuhan pengguna akan kualitas ruang huni, tetapi harus tetap hemat energi di Indonesia, serangkaian penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem bangunan cerdas berbasis data. Seluruh penelitian ini dirancang untuk menjawab berbagai tantangan utama, dimulai dari pengukuran kondisi lingkungan secara *real-time*, efisiensi perangkat monitoring, keandalan komunikasi data, hingga integrasi seluruh komponen ke dalam satu sistem manajemen bangunan.

Dinamika kualitas lingkungan ruang huni dan konsumsi energi dalam sistem bangunan tergantung pada kondisi iklim, utilitas, penghuni, dan pola huninya. Permasalahan utama dalam bangunan cerdas adalah alat dan metode ukur yang mampu mengukur dinamika sistem bangunan tersebut secara akurat, presisi, dan andal, terutama kaitannya dengan kenyamanan penghuni. Kenyamanan sendiri tidak hanya ditentukan oleh kondisi fisis, seperti suhu, kelembapan, kecepatan udara, dan kuat pencahayaan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh faktor fisiologis dan psikologis yang bersifat subjektif dan berbeda pada setiap ruang terbangun. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan pengukuran yang holistik, mencakup seluruh dimensi kenyamanan tersebut.

Pendekatan kenyamanan termal dilakukan melalui pengukuran suhu kulit wajah menggunakan kamera termal murah yang didukung oleh algoritma klasifikasi *Artificial Neural Network (ANN)*. Metode ini memungkinkan pengukuran sensasi termal tanpa kontak dan secara *real-time*, menjadikannya alat yang efisien untuk kontrol HVAC berbasis kenyamanan [31]. Lebih jauh, pendekatan berbasis sinyal EEG (*electroencephalogram*) menawarkan dimensi tambahan dalam prediksi kenyamanan termal, karena menangkap aspek neuropsikologis dari kenyamanan itu sendiri. Studi menggunakan perangkat EEG portabel dan algoritma klasifikasi *k-Nearest Neighbor* menunjukkan bahwa pola gelombang otak di area frontal dan oksipital

berkorelasi dengan kondisi puas atau tidak puas terhadap lingkungan termal [32].

Sementara itu, untuk kenyamanan visual, permasalahan distribusi pencahayaan alami dan fenomena silau (*glare*) dalam ruang, khususnya yang diukur dengan indeks *Unified Glare Rating* (UGR), masih sering ditemukan. Pendekatan pengukuran dengan kamera 360° [33] dan pengukuran *daylight factor* [34] telah dilakukan untuk menjawab permasalahan tersebut.

Jumlah sensor yang terpasang pada sebuah ruang huni atau bangunan menentukan apakah hasil pengukuran sensor tersebut akan valid dalam mewakili karakteristik lingkungan di area aktivitas penghuni. Penggunaan banyak sensor akan berdampak langsung pada biaya, kerumitan pemasangan, pemeliharaan, dan sistem pemrosesan data untuk menjadikannya sebuah informasi yang berguna. Seiring dengan efisiensi jumlah sensor tersebut, permasalahan timbul terkait dengan peletakan sensor. Pendekatan penempatan sensor optimal dilakukan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamics* (CFD) serta metode *Standardized Euclidean Distance* (SED) [35] dan *Gaussian Process Regression* [36], yang mampu menentukan titik paling representatif untuk pemasangan sensor. Teknologi *soft sensor* berbasis kecerdasan buatan juga dapat menjadi alternatif solusi inovatif saat sensor fisik tidak dapat dipasang secara luas. Salah satunya ditunjukkan oleh studi implementasi teknologi *soft sensor* untuk memprediksi distribusi aliran udara dalam ruang dengan masukan kondisi iklim luar bangunan dan operasional utilitas dalam ruang [37].

Penerapan sistem pemantauan jangka panjang kemudian menghadapi permasalahan dalam hal konfigurasi komunikasi data dan manajemen *big data*. Optimasi konfigurasi komunikasi antarsensor menggunakan *Raspberry Pi* dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu *point-to-point* (PP) dan *multipoint-to-point* (MP), dan menunjukkan bahwa konfigurasi MP memberikan efisiensi komunikasi dan konsumsi daya yang lebih baik, serta mendukung mekanisme penyimpanan data cadangan saat konektivitas terputus [17]. Kontribusi ini menjadi fondasi penting untuk menjamin kontinuitas data pemantauan dalam sistem bangunan cerdas.

Berdasarkan data dari sistem pemantauan, kendali parameter kualitas lingkungan ruang huni untuk efisiensi energi dikembangkan. Strategi kendali yang sesuai dapat diperoleh melalui analisis terhadap data yang diberikan sistem pemantauan dengan menuangkannya ke dalam model numeris bangunan, dilanjutkan dengan simulasi beberapa strategi dan membandingkannya dengan kondisi *baseline*. Contoh pengembangan algoritma kendali untuk kenyamanan visual dapat dilihat pada referensi [18], di mana model numeris dibangun dengan menggunakan algoritma kecerdasan buatan.

Dalam penerapan sistem pemantauan dan pengendalian lingkungan ruang huni yang cerdas dan efisien, keberadaan platform *Building Energy Management System* (BEMS) menjadi sangat krusial. Platform ini tidak hanya berfungsi sebagai pusat integrasi data dari berbagai sensor dan sistem kendali, tetapi juga berperan dalam menyediakan antarmuka interaktif yang memungkinkan pengguna dan manajer bangunan untuk memahami, mengatur, dan mengoptimalkan konsumsi energi serta kenyamanan lingkungan secara simultan. Pentingnya keberadaan *user interface* dalam BEMS tidak hanya terletak pada visualisasi data semata, tetapi lebih jauh pada kemampuannya beradaptasi terhadap pola huni bangunan, yaitu bagaimana penghuni menggunakan ruang, kapan ruang digunakan secara intensif, dan bagaimana preferensi kenyamanan individu dapat berbeda dari satu ruang ke ruang lainnya. Dengan menganalisis dan mempelajari pola huni tersebut melalui sensor dan data historis, platform BEMS dapat merekomendasikan atau bahkan mengotomatisasi pengaturan sistem HVAC, pencahayaan, dan ventilasi untuk mencapai efisiensi energi tanpa mengorbankan kenyamanan pengguna [38].

Dengan semakin lengkap dan kompleksnya sistem pemantauan serta pengendalian yang dikembangkan melalui penelitian dan inovasi berbasis keilmuan Teknik Fisika, langkah berikutnya yang tak kalah penting adalah memastikan bahwa teknologi ini dapat diadopsi secara luas dan berkelanjutan. Dalam konteks tersebut, dukungan kebijakan publik yang progresif dan berpihak pada pengembangan teknologi lokal menjadi kunci utama untuk menjembatani antara hasil riset di laboratorium dengan penerapan nyata di masyarakat. Sistem bangunan

cerdas dan transisi menuju ZEB di Indonesia tidak hanya membutuhkan kesiapan teknologi, tetapi juga keberanian regulasi untuk mendorong perubahan paradigma dalam praktik perencanaan, pembangunan, dan pengelolaan bangunan.

Pengembangan teknologi berbasis lokal harus dipandang sebagai strategi jangka panjang untuk mewujudkan kemandirian teknologi nasional. Pemerintah perlu membangun ekosistem kebijakan yang mampu mendorong produksi dan adopsi teknologi dalam negeri. Ini mencakup pendanaan riset terapan dan inkubasi teknologi yang mendukung hilirisasi hasil penelitian ke industri, pemberian insentif fiskal bagi produk teknologi lokal yang terbukti andal, serta penyusunan kebijakan pengadaan barang dan jasa pemerintah yang mengutamakan teknologi hasil kolaborasi riset nasional. Selain itu, penting untuk membangun pusat inovasi dan laboratorium pengujian performa bangunan yang mampu melakukan validasi dan sertifikasi terhadap teknologi-teknologi tersebut agar dapat diterima pasar dan memenuhi standar efisiensi energi.

Dalam mendorong implementasi bangunan cerdas untuk ZEB secara lebih luas, regulasi teknis perlu diarahkan untuk tidak hanya mengatur efisiensi dari sisi desain awal, tetapi juga menuntut kinerja aktual bangunan dalam operasionalnya. Bangunan baru maupun hasil renovasi semestinya diwajibkan memenuhi standar efisiensi energi. Pemerintah juga dapat mengintegrasikan sistem pemantauan sebagai bagian dari proses audit bangunan dan perizinan teknis, sehingga kehadiran sistem pemantauan dan pengendalian adaptif tidak lagi bersifat opsional. Di sisi lain, pemberian insentif fiskal, keringanan pajak, atau subsidi pembiayaan untuk penerapan teknologi cerdas perlu diperluas, agar implementasi ZEB tidak hanya menjadi domain proyek- proyek premium, tetapi dapat menjangkau fasilitas publik dan hunian masyarakat secara luas.

Upaya ini perlu diiringi dengan penguatan kapasitas sumber daya manusia melalui pendidikan tinggi, pelatihan profesional, dan diseminasi pengetahuan lintas sektor. Kurikulum bidang teknik yang terkait sudah saatnya mengintegrasikan konten teknik sistem pemantauan lingkungan, pemodelan bangunan, kontrol otomatis, dan pengolahan data energi. Program pelatihan dan sertifikasi di bidang

sistem manajemen energi bangunan, instrumentasi, dan audit energi juga harus diperbanyak agar tersedia tenaga ahli yang mampu mendesain, mengimplementasikan, dan mengevaluasi sistem bangunan cerdas secara efektif.

Keseluruhan langkah tersebut sebaiknya tertuang dalam sebuah peta jalan nasional pengembangan ZEB berbasis kecerdasan bangunan. Peta jalan ini perlu disusun secara kolaboratif oleh pemerintah, akademisi, dan industri, serta mencakup tahap pengembangan teknologi dan validasi di lapangan, pembangunan proyek percontohan, penyusunan standar dan sistem sertifikasi berbasis kinerja, fasilitasi kolaborasi riset–industri, dan integrasi sistem cerdas dalam peraturan bangunan nasional. Pembangunan pusat inovasi serta insentif dari APBN atau skema pembiayaan publik–swasta juga dapat menjadi katalis dalam mempercepat transformasi ini.

Pada akhirnya, keberhasilan transisi menuju bangunan masa depan yang cerdas dan hemat energi bukan hanya ditentukan oleh teknologi, tetapi juga oleh keberanian kolektif untuk mengubah cara kita memandang ruang, energi, dan kualitas hidup manusia. Dengan kebijakan yang berpihak, dukungan institusional yang kuat, dan kolaborasi lintas sektor, Indonesia dapat mewujudkan sistem bangunan yang lebih efisien, cerdas, dan berkelanjutan. Perjalanan menuju ZEB bukan semata soal inovasi teknis, tetapi tentang bagaimana kita membangun sistem yang mampu belajar, beradaptasi, dan memprioritaskan kualitas ruang huni, efisiensi energi, dan keberlanjutan lingkungan. Di titik inilah, kontribusi keilmuan Teknik Fisika menjadi sangat relevan sebagai penghubung antara ilmu, teknologi, dan tata kelola sistem bangunan masa depan.

## **6. Penutup**

*Bapak/Ibu yang saya muliakan,*

Capaian yang saya raih sebagai Guru Besar di bidang Instrumentasi untuk Lingkungan Terbangun Berkelanjutan (*Instrumentation for Sustainable Built Environment*) di Universitas Gadjah Mada tidak akan dapat terwujud tanpa takdir dan izin dari

Allah Swt, *Rabb* pencipta alam semesta. Pada bagian akhir pidato pengukuhan ini, perkenalkan saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset, dan Teknologi yang telah memberikan kepercayaan sebagai Guru Besar dalam bidang Instrumentasi untuk Lingkungan Terbangun Berkelanjutan (*Instrumentation for Sustainable Built Environment*).
2. Rektor dan Senat Akademik UGM, Dekan dan Senat Akademik Fakultas Teknik, Ketua Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, dan seluruh pihak yang telah menyetujui usulan saya sebagai Guru Besar. Semoga amanah sebagai seorang Guru Besar ini dapat saya laksanakan dengan setulus hati dan sebaik-baiknya sebagai bentuk ketaatan kepada Allah dan Rosul-Nya serta darma bakti kepada Republik Indonesia melalui UGM yang saya banggakan.

Salam ta'dzim saya sampaikan kepada Segenap guru-guru saya dan staf kependidikan di SDN 1 Perak Jombang, SMPN 1 Perak Jombang, dan SMAN 2 Jombang, Jawa Timur. Ir. Heru Setijono, M.Sc. sebagai dosen pembimbing skripsi S1 di Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Assoc. Prof. Poenar Daniel Puiu, sebagai pembimbing S2 di Microelectronic di Nanyang Technological University.

Terimakasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Prof. Ir. Sunarno, M.Eng., Ph.D., IPU, promotor saya selama menempuh pendidikan S3, sekaligus sosok senior yang senantiasa menjadi teladan dalam ilmu dan kehidupan. Terima kasih atas segala bimbingan, keteladanan, dan nasihat yang tidak hanya memperkaya wawasan akademik saya, tetapi juga menuntun saya untuk menjalani hidup dengan kebahagiaan dan semangat untuk membahagiakan orang lain. Beliau pula yang dengan penuh perhatian selalu mengingatkan dan mendorong saya untuk menapaki jenjang Guru Besar ini. Semoga kebaikan dan ketulusan beliau menjadi ladang pahala dan terus menginspirasi generasi berikutnya.

Kepada Ir. Sentagi Sesotya Utami, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU, rekan kerja, sahabat pertama saya di Yogyakarta dan sekaligus co-

promotor dalam perjalanan S3 saya. Beliau bukan hanya menjadi tempat berbagi cerita dan keluh kesah, tetapi juga sosok yang dengan sabar mendengarkan ide-ide saya yang sering kali muncul secara tiba-tiba. Yang paling berarti, beliaulah yang pertama kali mengenalkan saya pada obyek lingkungan terbangun, yang kemudian menjadi obyek penelitian saya hingga ke jenjang Guru Besar ini. Terima kasih atas segala dukungan, kebersamaan, dan inspirasi yang tak ternilai.

Saya juga menyampaikan terima kasih kepada Dr. Emilya Nurjani, S.Si., M.Si., dan Prof. Dr. Drs. Eko Haryono, M.Si., selaku co-promotor dan pembimbing akademik dalam studi S3 di Ilmu Lingkungan UGM. Terima kasih atas segala bimbingan, masukan, serta bantuan yang sangat berarti selama proses studi S3 saya.

Kepada para kolega dan sahabat di Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, yang selama ini telah menjadi bagian penting dalam perjalanan saya, saya menyampaikan terima kasih atas semangat kolegialitas yang luar biasa. Kepada Prof. Ir. Sunarno, M.Eng., Ph.D., IPU, dan Prof. Dr. Ir. Agus Budhie Wijatna, M.Si., IPM, saya haturkan terima kasih atas keteladanan serta nasihat-nasihat bijak yang selalu menginspirasi. Ucapan terima kasih khusus saya sampaikan kepada para sahabat yang juga menjadi tempat berbagi cerita dan curahan hati, terutama tentang anak-anak dan kehidupan sehari-hari: Ir. Nunung Prabaningrum, M.T., Ph.D., IPU; Ir. Ester Wijayanti, M.T.; Ir. Anung Muharini, M.T., IPM; Dr. Ir. Widya Rosita, S.T., M.T., IPU; serta Ir. Sentagi Sesotya Utami, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU. dan tentu, kepada seluruh kolega lainnya yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, terima kasih atas segala kebersamaan. Hubungan yang terjalin begitu hangat dan cair telah menjadikan suasana kerja di departemen ini terasa seperti keluarga kedua bagi saya. Di lingkungan ini, saya banyak belajar memandangi kehidupan dengan cara yang lebih sederhana, serta menikmati setiap langkah dalam perjalanan akademik maupun pribadi. Dalam suasana yang penuh canda, saling mendukung, dan saling memahami, pekerjaan terasa jauh lebih ringan dan nyaris tanpa beban. Terima kasih atas semua tawa, dukungan, dan semangat yang selalu menguatkan.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Tim Estetika (SSTK) yang luar biasa: Ir. Rony Wijaya, S.T., M.Eng., IPM; Ir.

Memory Motivanisman Waruwu, S.T., M.Eng., IPM; Hermin Kartika Sari, S.T., M.Eng.; Thomas Oka Pratama, S.T., M.Eng.; Wahyu Sukestyastama Putra, S.T., M.Eng.; Shaki Shaptiadi Putra, S.T., M.Eng.; Christophorus Arga Putranto, S.Si., M.Eng.; Bambang Pamungkas, S.Kom.; Anggi Nurcahyo, S.Kom., dan Ign. Sigit Putranto, A.Md. Terima kasih atas kekompakan, semangat, dan kerja keras yang telah kalian tunjukkan selama ini. Kalian adalah bagian penting dari perjalanan ini, dan saya sangat menghargai setiap kontribusi serta kebersamaan yang telah terjalin. Semoga ke depan, semakin banyak hal bermakna yang dapat kita wujudkan bersama, serta terus menebar manfaat yang luas bagi lingkungan, masyarakat, dan dunia keilmuan.

Kepada Kelompok Riset InSGreeB (*Integrated Smart and Green Building*) di bawah kepemimpinan Ir. Sentagi Sesotya Utami, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU, beserta para asisten: Randy Frans Fela, S.T., M.T., Ph.D.; Ir. Ressay Jaya Yanti, S.T., M.Eng., IPM, GP.; Dianti Dianti Avoressi, S.T., M.Arch.; Gigih Rahmandhi Setyanthi, S.T., M.Sc., Ph.D.; dan Dinta Dwi Agung Wijaya, S.T., M.Sc., saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kolaborasi yang solid, semangat keilmuan yang tak pernah padam, serta kebersamaan yang penuh inspirasi. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada CeDSGreeB (*Centre for Development of Smart and Green Building*) di bawah komando Dr. Ir. Rachmawan Budiarto, S.T., M.T., IPU. Semoga riset dan kolaborasi yang telah dan akan kita jalani bersama senantiasa membawa manfaat, keberkahan, dan menjadi ladang amal ilmu yang terus mengalir bagi kita semua.

Pengurus Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika (DTNTF) periode 1996–1999, Ir. Yudi Utomo Imardjoko, M.Sc., Ph.D., dan Dr.-Ing. Ir. Kusnanto, atas keputusannya menerima saya sebagai dosen pada Program Studi Teknik Fisika. Penghargaan dan rasa hormat juga saya sampaikan kepada jajaran pengurus DTNTF pada periode 2007–2011, 2011–2015, 2016–2020, dan 2021–2026, yaitu: Dr.-Ing. Ir. Sihana, IPU; Dr. Ir. Rachmawan Budiarto, S.T., M.T., IPU; Ahmad Agus Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D.; Prof. Ir. Sunarno, M.Eng., Ph.D., IPU; Dr.-Ing. Ir. Awang Noor Indra Wardana, S.T., M.T., M.Sc., IPM; Ir. Nopriadi, S.T., M.Sc., Ph.D.,

IPM; Ir. Nunung Prabaningrum, M.T., Ph.D., IPU; Dr. Ir. Alexander Agung, S.T., M.Sc., IPU; Ir. Sentagi Sesotya Utami, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU; dan Dr. Ir. Widya Rosita, S.T., M.T., IPU. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada staf administrasi dan pendukung yang telah membantu proses saya selama ini, yaitu Mas Andi, Mbak Amrih, Mbak Sukini, Mas Johan, Pak Safrudin, Pak Sukiyat dan Pak Winarno.

Pengurus Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada periode 2021–2026, yaitu: Prof. Ir. Selo, S.T., M.T., M.Sc., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.; Prof. Dr. Ir. Sugeng Spto Surjono, S.T., M.T., IPU, ASEAN Eng.; Prof. Ir. Muslikhin Hidayat, S.T., M.T., Ph.D., IPU; Ir. Ali Awaludin, S.T., M.Eng., Ph.D., IPU, ACPE; Prof. Ir. Tumiran, M.Eng., Ph.D.; Prof. Ir. Lukito Edi Nugroho, M.Sc., Ph.D.; Ir. Jarot Setyowiyoto, M.Sc., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.; Dr. Ir. Inggar Septhia Irawati, S.T., M.T., IPM; Dr. Ahmad Nasikun, S.T., M.Sc.; Prof. Ir. Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D., IPU, ASEAN Eng.; Jimly Al Faraby, S.T., M.Sc., Ph.D.; Dr. Eng. Ir. Herianto, S.T., M.Eng., IPU; Doni Agus Wijayanto, S.E., M.M.; Nawawi, S.E., M.M.; Suryani, S.E.; Purwoko, S.I.P., M.A.; Rita Kurniawaty, S.E., M.Sc.; dan Franky Argus Adiwena, S.T. Saya juga menyampaikan apresiasi sebesar-besarnya kepada Mbak Nawang beserta tim keuangan; Mas Juwari beserta tim SDM serta tim kenaikan pangkat dan jabatan FT; Mas Joko Samiono beserta tim pengadaan; Mas Lukas beserta tim aset; Mas Bisri beserta tim sarpras; Mas Eko beserta tim IT; serta Pak Munaji beserta tim SKK. Terima kasih atas kerja tim yang kompak, saling melengkapi, dan penuh dedikasi dalam mengabdikan bagi Fakultas Teknik UGM.

Teman-teman berbagai Direktorat di UGM khususnya Direktorat SDM, telah banyak membantu proses kenaikan pangkat ke GB kami dan juga kerja sama dalam berbagai urusan kepegawaian. Teman-teman tendik, para mahasiswa bimbingan sarjana, magister, dan doktoral, serta Dharma Wanita dan keluarga besar Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika dan Fakultas Teknik yang selalu memberikan dukungan moril.

Mitra kerja sama pemerintah dan industri meliputi Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi melalui

berbagai skema pembiayaan penelitian dan pengabdian; Kementerian Pekerjaan Umum; Kementerian Perumahan dan Kawasan Permukiman; Yayasan Visi Indonesia Raya Emisi Nol Bersih (ViriyaENB); Global Buildings Performance Network (GBPN); PT Pertamina (Persero); PT Telkom Indonesia (Persero) Tbk; Amakusa Group; PT Energi Primer Terbarukan (PRIME); PT Arkonin; PT Integra Automa Solusi; dan PT Kukul Teknologi Internasional.

Ucapan terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada Almarhum Prof. Suprodjo, guru pertama saya di UGM, yang telah memberikan nasihat bijak tentang makna pengabdian sebagai seorang dosen, bekerja tanpa menghitung untung dan rugi, melayani dengan ketulusan, dan menjadikan ilmu sebagai ladang amal. Semoga Allah Swt membalas segala kebaikan dan dedikasi beliau dengan tempat terbaik di sisi-Nya. Aamiin.

Ucapan terima kasih yang mendalam saya sampaikan kepada sahabat saya, dr. Ika Nurfarida, Sp.KJ, M.Sc., yang telah dengan tulus mendampingi saya melewati titik terendah dalam perjalanan hidup ini. Kehadiran, empati, dan keteguhan beliau menjadi kekuatan tersendiri yang membantu saya untuk bangkit dan terus melangkah. Terima kasih atas persahabatan yang hangat dan dukungan yang tak ternilai.

Kepada para guru kehidupan dan komunitas yang telah menjadi bagian dari perjalanan saya, rekan-rekan keluarga SMPN 1 Perak 91 C, Viva Smada 94, TF-94, TF 94-Ladies, GebangWetan GebangKidul, terimakasih atas persahabatan dan silaturahmi yang terjalin selama ini.

Dengan segala kerendahan hati, saya menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua saya tercinta, Alm Bapak H. Syafi'i dan Almh Ibu Hj. Na'mah yang telah mendidik saya dengan penuh kasih sayang, mengenalkan saya kepada agama Islam sejak dini, dan senantiasa mendoakan saya dengan tulus dan tanpa batas. Secara khusus, kepada Bapak, terima kasih atas teladan perjuangan yang Bapak berikan, untuk terus melangkah, terus berusaha, meski dalam keterbatasan. Nilai-nilai keteguhan dan semangat pantang menyerah yang Bapak tanamkan menjadi bekal berharga dalam setiap tahap hidup saya. Kepada Ibu, terima kasih atas cinta dan pengabdian tulus yang Ibu curahkan tanpa pamrih kepada

keluarga. Ibu telah menunjukkan arti pengabdian sejati, sepenuhnya untuk suami dan anak-anaknya. Sampai hari-hari terakhir beliau, bahkan satu hari sebelum wafat, pertanyaan sederhana yang selalu Ibu lontarkan kepada kami adalah: “*Sudah makan belum?*” Kalimat yang tampak biasa, namun sesungguhnya sarat makna dan penuh cinta, wujud kepedulian tanpa henti, kasih yang tak bersyarat.

Ucapan terima kasih yang tak terhingga juga untuk kedua mertua saya Alm Bapak Paimin dan Ibu Hj. Lasikah, yang telah membesarkan dan mendidik suami saya dengan penuh kasih dan didikan yang sangat baik. Dari beliau berdua, saya belajar makna bersyukur dan tetap berbahagia dalam kesederhanaan.

Puji syukur Alhamdulillah Ya Allah yang telah tiada terhitung nikmat yang dilimpahkan kepada kami, Semoga Allah Swt memberikan tempat terindah bagi almarhum dan almarhumah bertiga orang tua kami serta mbah-mbah kami yang tidak sempat menyaksikan acara ini serta melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta kesehatan untuk Ibu kami, Hj Lasikah.

Semua kakak-kakak tercinta: Fatchur Rachman beserta keluarga dan cucu; Siti Ulfah beserta keluarga dan cucu; Mochammad Fadlun beserta keluarga; Mochammad Noer Huda beserta keluarga. Terima kasih atas kasih sayang, perhatian, dan dukungan yang tiada henti selama ini. Kehadiran *panjenengan* semua membuat saya tidak pernah merasa sendiri dalam menjalani setiap langkah kehidupan ini. Semoga Allah Swt senantiasa melimpahkan kesehatan, kebahagiaan, dan rahmat-Nya yang luas untuk seluruh keluarga besar kita.

Teruntuk Almarhum suami saya tercinta, Alm Djoko Suwito, terima kasih telah menghadirkan 11 tahun kehidupan yang indah, tahun-tahun yang tak pernah saya lupakan dan akan selalu saya kenang sebagai anugerah yang begitu berharga. Itu adalah perjalanan yang tidak pernah saya sesali, sebuah kisah yang penuh cinta, perjuangan, dan kebersamaan. Hingga saat ini, saya masih terus belajar untuk sabar dan ikhlas menerima semua ketentuan-Nya. Namun, kenangan akan kebaikan, canda, dan semangat hidup yang pernah kita jalani bersama tetap menjadi sumber kekuatan bagi saya untuk melangkah ke depan. Semoga Allah Swt senantiasa melapangkan jalanmu, menerangi tempat peristirahatanmu, dan

mempertemukan kita kembali dalam kebahagiaan yang abadi di sisi-Nya.

Teruntuk anakku yang sholeh dan Ibu sayangi, Athallah Naufal Hadi. Terima kasih, Nak, atas bakti, kasih sayang, dan do'a-doamu yang tulus. Terima kasih karena telah menerima segala keterbatasan Ibu dengan hati yang besar. Ketulusanmu adalah kekuatan Ibu, dan kamulah alasan Ibu terus bertahan dan melangkah maju hingga hari ini. Teruslah mendoakan Ayah, Ibu, Nenek, dan Kakekmu, karena do'a- do'a anak sholeh seperti kamu insyaAllah menjadi amal jariyah yang tak terputus bagi kita semua. Semoga Allah Swt selalu menjaga hatimu, membimbing langkahmu, dan menjadikanmu pribadi yang mulia dunia dan akhirat.

Akhirnya, kepada seluruh Bapak dan Ibu yang telah meluangkan waktu dengan sabar dan tulus untuk mendengarkan pidato pengukuhan ini, baik yang hadir secara langsung di Balai Senat Universitas Gadjah Mada maupun yang mengikuti secara daring melalui Zoom atau YouTube dari mana pun berada, kami sampaikan ucapan terima kasih dan apresiasi yang sedalam-dalamnya. Kami juga memohon maaf atas segala kekhilafan dan kekurangan selama penyampaian berlangsung. Semoga Allah Swt senantiasa memberkahi kita semua.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), “Climate Change 2023: Synthesis Report,” 2023. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: [www.ipcc.ch/report/ar6/synthesis-report](http://www.ipcc.ch/report/ar6/synthesis-report)
- [2] J. Kiviluoma *et al.*, “Flexibility from the Electrification of Energy: How Heating, Transport, and Industries Can Support a 100% Sustainable Energy System,” *IEEE Power and Energy Magazine*, vol. 20, no. 4, pp. 55–65, Jul. 2022, doi: 10.1109/MPE.2022.3167576.
- [3] W. F. Lamb *et al.*, “A review of trends and drivers of greenhouse gas emissions by sector from 1990 to 2018,” *Environmental Research Letters*, vol. 16, no. 7, p. 073005, Jul. 2021, doi: 10.1088/1748-9326/abee4e.
- [4] International Energy Agency (IEA), “CO<sub>2</sub> Emissions in 2023,” 2024. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2023>
- [5] International Energy Agency (IEA), “World Energy Outlook 2024,” Paris, 2024. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>
- [6] United Nations Environment Programme (UNEP), “2023 Global Status Report for *Buildings* and Construction,” Nairobi, 2023. Accessed: Jan. 27, 2025. [Online]. Available: <https://globalabc.org/global-status-report>
- [7] *UU Nomor 16 Tahun 2016 tentang Pengesahan Paris Agreement to The United Nations Framework Convention On Climate Change (Persetujuan Paris Atas Konvensi Kerangka Kerja Perserikatan Bangsa-Bangsa mengenai Perubahan Iklim)*. Indonesia: LN.2016/NO.204, TLN NO.5939, LL SETNE: 4 HLM, 2016. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/37573>
- [8] *UU Nomor 17 Tahun 2007 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2005 – 2025*. Indonesia: LN.2007/NO.33, TLN NO.4700, LL SETNEG : 6 HLM, 2007.

- Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39830>
- [9] *UU Nomor 59 Tahun 2024 tentang Rencana Pembangunan Jangka Panjang Nasional Tahun 2025–2045*. Indonesia: LN 2024 (194), TLN (6987): 17 hlm.; jdih.setneg.go.id, 2024. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/299728/uu-no-59-tahun-2024>
- [10] PUPR, UGM, ESDM, and GBPN, *Peta Jalan Penyelenggaraan dan Pembinaan Bangunan Gedung Hijau (BGH)*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2023.
- [11] S. S. Utami, Faridah, L. G. Perdamaian, R. Budiarto, F. R. Salis, R. J. Yanti, M. K. Ridwan, D. D. Avoressi, R. F. Fela, D. J. Suroso, N. Effendy, dan Y. F. Luckyarno, *Menuju Bangunan Zero Energy di Indonesia*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 2021.
- [12] Permen PUPR No. 21/2021, *Penilaian Kinerja Bangunan Gedung Hijau*. BN.2021/No.313, jdih.pu.go.id: 42 hlm., 2021. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/217002/permen-pupr-no-21-tahun-2021>
- [13] B. Wen *et al.*, “The role and contribution of green *Buildings* on sustainable development goals,” *Build Environ*, vol. 185, p. 107091, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.buildenv.2020.107091.
- [14] H. Karimi, M. A. Adibhesami, H. Bazazzadeh, and S. Movafagh, “Green *Buildings*: Human-Centered and Energy Efficiency Optimization Strategies,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 9, p. 3681, Apr. 2023, doi: 10.3390/en16093681.
- [15] I. Ogwu, Z. Long, D. Lee, X. Zhang, W. Zhang, and M. Okonkwo, “Fundamental Issues in the Qualification of Smart and Intelligence in *Building Materials* Discourse: A Systematic Review,” *Buildings*, vol. 11, no. 11, p. 558, Nov. 2021, doi: 10.3390/Buildings11110558.
- [16] *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Nomor 10 Tahun 2023 tentang Bangunan Gedung Cerdas*. Indonesia: BN 2023 (880): 24 hlm.; jdih.pu.go.id, 2023. Accessed: Jan. 28, 2025. [Online]. Available:

<https://peraturan.bpk.go.id/Details/271011/permen-pupr-no-10-tahun-2023>

- [17] Faridah, Sunarno, S. S. Utami, E. Nurjani, M. I. Hanif, M. M. Waruwu, dan R. Wijaya, “Optimisation of the data point configurations in a building environmental monitoring system,” *Int. J. Commun. Netw. Distrib. Syst.*, vol. 27, no. 3, pp. 259–281, 2021, doi: 10.1504/IJCND.2021.118121.
- [18] I. Hidayat, Faridah, dan S. S. Utami, “Activity based smart lighting control for energy efficient building by neural network model,” *E3S Web Conf.*, vol. 43, p. 01017, 2018, doi: 10.1051/e3sconf/20184301017.
- [19] J. L. Hernández, I. de Miguel, F. Vélez, and A. Vasallo, “Challenges and opportunities in European Smart *Buildings* energy management: A critical review,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 199, p. 114472, Jul. 2024, doi: 10.1016/j.rser.2024.114472.
- [20] L. Hadjidemetriou *et al.*, “A digital twin architecture for *real-time* and offline high granularity analysis in smart *Buildings*,” *Sustain Cities Soc*, vol. 98, p. 104795, Nov. 2023, doi: 10.1016/j.scs.2023.104795.
- [21] A. J. Marszal *et al.*, “Zero Energy Building – A review of definitions and calculation methodologies,” *Energy Build*, vol. 43, no. 4, pp. 971–979, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.enbuild.2010.12.022.
- [22] IPEEC, “Zero Energy Building Definitions and Policy Activity: An International Review,” 2018. Accessed: Mar. 30, 2025. [Online]. Available: <https://globalabc.org/sites/default/files/2020-04/%5BIPEEC%5D%20Zero%20Energy%20Building%20Definitions%20and%20Policy%20Activity.pdf>
- [23] S. K. Shah, P. Graham, C. Burton, and P. Harrington, “An Assessment of Long-Term Climate Change on *Building* Energy in Indonesia,” *Energies (Basel)*, vol. 16, no. 21, p. 7231, Oct. 2023, doi: 10.3390/en16217231.
- [24] X. Sun, Z. Gou, and S. S.-Y. Lau, “Cost-effectiveness of active and passive design strategies for existing *Building* retrofits in

- tropical climate: Case study of a *Zero Energy Building*,” *J Clean Prod*, vol. 183, pp. 35–45, May 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2018.02.137.
- [25] M. N. Nasir and K. S. Bengi, “The energy mix dilemma in Indonesia in achieving net zero emissions by 2060,” *ASEAN Natural Disaster Mitigation and Education Journal*, vol. 2, no. 1, Jul. 2024, doi: 10.61511/andmej.v2i1.2024.951.
- [26] T. Yang, D. Clements-Croome, and M. Marson, “Building Energy Management Systems,” in *Encyclopedia of Sustainable Technologies*, Elsevier, 2017, pp. 291–309. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.10199-X.
- [27] L. Canale, A. R. Di Fazio, M. Russo, A. Frattolillo, and M. Dell’Isola, “An Overview on Functional Integration of Hybrid Renewable Energy Systems in Multi-Energy Buildings,” *Energies (Basel)*, vol. 14, no. 4, p. 1078, Feb. 2021, doi: 10.3390/en14041078.
- [28] S. I. Noubissie Tientcheu, S. P. Chowdhury, and T. O. Olwal, “Intelligent Energy Management Strategy for Automated Office Buildings,” *Energies (Basel)*, vol. 12, no. 22, p. 4326, Nov. 2019, doi: 10.3390/en12224326.
- [29] F. Julaihi, S. H. Ibrahim, A. Baharun, R. Affendi, and M. N. M. Nawi, “The effectiveness of energy management system on energy efficiency in the *Building*,” 2017, p. 020069. doi: 10.1063/1.5005402.
- [30] Sunarno, Agus Budie Wijatna, Memory Motivanisman Waruwu, and Rony Wijaya, *Merancang Sistem Instrumentasi berbasis Telemetri dengan Frekuensi Radio*. Gadjah Mada University Press, 2023.
- [31] Faridah, M. M. Waruwu, T. Wijayanto, R. Budiarto, R. C. Pratama, S. E. Prayogi, N. M. Nadiya, dan R. J. Yanti, “Feasibility study to detect occupant thermal sensation using a low-cost thermal camera for indoor environments in Indonesia,” *Build. Serv. Eng. Res. Technol.*, vol. 42, no. 4, pp. 389–404, Jul. 2021, doi: 10.1177/0143624421994015.
- [32] R. Pratama, Faridah, B. Achmad, D. D. Avoressi, M. M. Waruwu, dan Y. F. Luckyarno, “Personal thermal comfort

- prediction based on EEG signal,” *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 16, no. 6, pp. 4582–4599, Dec. 2021.
- [33] Abiyyu Fathin Derian, Faridah, and Rizki Armanto Mangkuto, “Penerapan Metode Proyeksi Citra pada Citra Kamera 360 Derajat untuk Mengukur UGR,” *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 8, no. 3, pp. 251–258, Aug. 2019.
- [34] Faridah, Sentagi Sesotya Utami, Memory Motivanisman Waruwu, Rony Wijaya, and Hermin Kartika Sari, “Sistem Pemantau dan Pemetaan Intensitas Sumber Cahaya Natural untuk Tata Cahaya di dalam Ruangan,” Indonesia Paten IDS000007336, Feb. 02, 2024
- [35] Faridah, S. Utami, R. Yanti, Sunarno, E. Nurjani, and R. Wijaya, “Optimal Thermal Sensors Placement Based on Indoor Thermal Environment Characterization by Using CFD Model,” *Journal of Applied Engineering Science*, vol. 19, no. 3, pp. 628–941, 2021.
- [36] R. J. Yanti, Faridah, I. W. Mustika, D. D. Ariananda, and S. S. Utami, “Analysis of Gaussian process to predict thermal sensor placement for controlling energy consumption on the educational *Building*,” in *AIP Conference Proceedings*, 2020. doi: 10.1063/5.0000923.
- [37] F. Faridah, S. S. Utami, D. D. A. Wijaya, R. J. Yanti, W. S. Putra, and B. Adrian, “An indoor airflow distribution predictor using machine learning for a *real-time* healthy *Building* monitoring system in the tropics,” *Building Services Engineering Research and Technology*, vol. 45, no. 3, pp. 293–315, May 2024, doi: 10.1177/01436244241231354.
- [38] Faridah, Mohammad Kholid Ridwan, Rachmawan Budiarto, Ressy Jaya Yanti, and Shaki Saptiadi Putra, “Platform Pendukung Tata Kelola “Lingkungan Sehat Dalam Bangunan Hemat Energi”,” Indonesia HKI 000338494, Feb. 10, 2022

**BIODATA**

Nama : Prof. Dr. Ir. Faridah, S.T., M.Sc., IPU  
 Tempat/  
 tanggal lahir : Gresik, 14 Februari 1976  
 NIP : 197602142002122001  
 Pangkat/Golongan : Pembina Tingkat I/IVb  
 Jabatan : Guru Besar, 1 Desember 2024  
 Alamat Kantor : Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, FT  
 UGM, Jl. Grafika 2 DIY 55284  
 Email : faridah@ugm.ac.id  
 Keluarga : Athallah Naufal Hadi, S.T. (anak)  
 Alamat rumah : Jl. Limas 60B Tiyasan Condong Catur, Depok,  
 Sleman, DIY 55283

**Riwayat Pendidikan**

2023 : Pendidikan Profesi, Program Studi Program Profesi  
 Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
 2018 – 2021 : Doktor Ilmu Lingkungan, Sekolah Pascasarjana,  
 Universitas Gadjah Mada  
 2002 – 2003 : Master of Science (M.Sc.), Microelectronics, School of  
 Electrical & Electronic Engineering, Nanyang  
 Technological University, Singapore  
 1994 – 1999 : Sarjana Teknik, Jurusan Teknik Fisika, Institut  
 Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya  
 1991 – 1994 : SMAN 2 Jombang  
 1988 – 1991 : SMPN 1 Perak Jombang  
 1982 – 1988 : SDN 1 Perak Jombang

### **Sertifikat Kompetensi**

- 2023 : Sertifikat Kompetensi Insinyur Profesional Persatuan Insinyur Indonesia
- 2018 – 2028 : Sertifikat Kompetensi Greenship Profesional Green Building Council Indonesia

### **Riwayat Pekerjaan**

- 2022 – sekarang : Manajer Karir/Kesejahteraan SDM dan SHE, Fakultas Teknik UGM
- 2022 – sekarang : Kepala Laboratorium Sensor dan Sistem Telekontrol, Fakultas Teknik UGM
- 2021 : Kepala Unit Departemen Bidang Aset dan SDM, Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik UGM
- 2016 – 2017 : Kepala Unit Perencanaan dan Pangelolaan Keuangan, Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika, Fakultas Teknik UGM
- 2011 – 2015 : Sekretaris Jurusan Bidang Keuangan, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik UGM
- 2007 – 2011 : Pembantu Pengurus Jurusan Bidang Keuangan, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik UGM

### **Organisasi Profesi**

- 2016 – sekarang : *Green Associate*  
Green Building Council Indonesia
- 2015 – sekarang : Persatuan Insinyur Indonesia

### **Penghargaan**

- 2023 : Satyalancana Karya Satya XX
- 2020 : Kesetiaan 15 Tahun UGM
- 2017 : Satyalancana Karya Satya X

**HAKI**

- 2025 : Sistem Uji Kualitas Serat Alami Berbasis Uji Tarik dengan Rangkaian *Strain Gauge* - Paten
- 2023 : Sistem Pemantau dan Pemetaan Intensitas Sumber Cahaya Natural untuk Tata Cahaya di Dalam Ruangan – Paten Sederhana
- 2023 : Platform Sistem Pemantauan Kawasan Kampus (*Campus Monitoring System/CMS*) Berbasis UI *GreenMetric World University Rankings* – Program Komputer
- 2022 : Platform Pendukung Tata Kelola “Lingkungan Sehat Dalam Bangunan Hemat Energi – Program Komputer
- 2021 : Menuju Bangunan *Zero Energy* di Indonesia - Buku
- 2021 : Karya Hijauku untuk Kampus Biruku – Buku

**Publikasi Terindeks Scopus (H-indeks Scopus = 9)**

1. Putranto C.A., Sunarno, **Faridah**, Pratama T.O. "Earthquake epicenter prediction from the Java-Bali radon gas telemonitoring station using machine learning", *International Journal of Advances in Applied Sciences*, 14 (1), pp. 39 – 45, 2025. DOI: 10.11591/ijaas.v14.i1.pp39-45.
2. **Faridah**, Utami S.S., Wijaya D.D.A., Yanti R.J., Putra W.S., Adrian B.. "An indoor airflow distribution predictor using machine learning for a *real-time* healthy *Building* monitoring system in the tropics", *Building Services Engineering Research and Technology*, 45(3), pp. 293 – 315, 2024. DOI: 10.1177/01436244241231354.
3. Putranto C.A., Sunarno, **Faridah**. "BLE Communication and Data Recording Improvement Using Notify and Write No Response Method for Radon Gas Telemonitoring Station System", *AIP Conference Proceedings*, 3115(1), 2024. DOI: 10.1063/5.0207718.
4. Baskara S.A., **Faridah**, Utami S.S., Prakoso A.B. "Analysis of ventilation design for the existing education *Building* in Covid-19 adaptation era", *AIP Conference Proceedings*, 2580.0, 2023. DOI: 10.1063/5.0122412.

5. Mardiatno D., **Faridah**, Listyaningrum N., Hastari N.R.F., Rhosadi I., da Costa A.D.S., Rahmadana A.D.W., Lisan A.R.K., Sunarno S., Setiawan M.A. "A Holistic Review of Lake Rawapening Management Practices, Indonesia: Pillar-Based and Object-Based Management", *Water (Switzerland)*, 15(1), 2023. DOI: 10.3390/w15010039.
6. Putero S.H., Mondjo, Wijatna A.B., Sihana, Widiharto A., Prabaningrum N., Muharini A., Rosita W., Wijayanti E., Agung A., Santosa H.B., Kusnanto, Imardjoko Y.U., **Faridah**, Ferdiansjah. "Developing Nuclear Security Capacity of Indonesia's Police and Security Officer: Lessons from Universitas Gadjah Mada's Pilot Training", *International Journal of Nuclear Security*, 7(1), 2022. DOI: 10.7290/ijns07v97c.
7. Sunarko M.S.Y., **Faridah**, Arif A., Achmad B. "Moving Quick Response Codes Identification: System Performance Analysis and Maximization by Optimization of Illuminance and Exposure Time", *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 12(1), pp. 169 – 179, 2022. DOI: 10.18517/ijaseit.12.1.12951.
8. Asyrafi H., Sunarno, **Faridah**, Waruwu M.M., Wijaya R.. "Photoplethysmography (PPG) Signal-Based Chronological Age Estimation Algorithm", *2022 International Conference of Science and Information Technology in Smart Administration, ICSINTESA 2022*, pp. 128 – 132, 2022. DOI: 10.1109/ICSINTESA56431.2022.10041494.
9. **Faridah**, Utami S.S., Yanti R.J., Sunarno, Nurjani E., Wijaya R.. "Optimal thermal sensors placement based on indoor thermal environment characterization by using CFD model", *Journal of Applied Engineering Science*, 19(3), pp. 628 – 641, 2021. DOI: 10.5937/jaes0-28985.
10. **Faridah**, Waruwu M.M., Wijayanto T., Budiarto R., Pratama R.C., Prayogi S.E., Nadiya N.M., Yanti R.J. "Feasibility study to detect occupant thermal sensation using a low-cost thermal camera for indoor environments in Indonesia", *Building Services Engineering Research and Technology*, 42(4), pp. 389 – 404, 2021. DOI: 10.1177/0143624421994015.

11. Pratama R., **Faridah**, Achmad B., Avoressi D.D., Waruwu M.M., Luckyarno Y.F. "Personal thermal comfort prediction based on EEG signal", *Journal of Engineering Science and Technology*, 16(6), pp. 4582 – 4599, 2021.
12. **Faridah**, Sunarno, Utami S.S., Nurjani E., Hanif M.I., Waruwu M.M., Wijaya R. "Optimisation of the data point configurations in a *Building* environmental monitoring system", *International Journal of Communication Networks and Distributed Systems*, 27(3), pp. 259 – 281, 2021. DOI: 10.1504/IJCND.2021.118121.
13. Yanti R.J., **Faridah**, Mustika I.W., Ariananda D.D., Utami S.S. "Analysis of Gaussian process to predict thermal sensor placement for controlling energy consumption on the educational *Building*", *AIP Conference Proceedings*, 2020. DOI: 10.1063/5.0000923.
14. Kurniawan I., **Faridah**, Utami S.S. "Characterizing of climate chamber thermal environment using the CFD simulation method using IES VE", *AIP Conference Proceedings*, 2020. DOI: 10.1063/5.0000924.
15. Herawati I., **Faridah**, Achmad B., Yanti R.J. "The effect of contrast enhancement method for k-means clustering segmentation of white blood cell cytoplasm image", *Journal of Engineering Science and Technology*, 15(1), pp. 227 – 248, 2020.
16. Mangkuto R.A., Agustina D.E., Alifah F.A., Suprijanto, **Faridah**. "Optimisation of luminance-based metrics for lighting in an open-plan dental examination room considering psycho-physiological response of dentists", *Optical Review*, 26.0 (1.0), pp. 162 – 178, 2019. DOI: 10.1007/s10043-018-0472-x.
17. Mangkuto R.A., Dewi D.K., Herwandani A.A., Koerniawan M.D., **Faridah**. "Design optimisation of internal shading device in multiple scenarios: Case study in Bandung, Indonesia", *Journal of Building Engineering*, 24.0, 2019. DOI: 10.1016/j.job.2019.100745.
18. Revantino, Mangkuto R.A., Enge A., Munir F., Soelami F.X.N., **Faridah**. "The effects of illuminance, colour temperature, and colour rendering of various existing light-emitting diode lamps on subjective preference and performance in Indonesia", *Journal of*

- Building Engineering*, 19.0, pp. 334 – 341, 2018. DOI: 10.1016/j.jobbe.2018.05.023.
19. Ferdiansjah, Hario Putro S., Sihana, Rosita W., **Faridah**. "Nuclear Security Training: A New Approach for Educating Nuclear Technology in Indonesia", *E3S Web of Conferences*, 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184201014.
  20. Ferdiansjah, **Faridah**, Mularso K.T.. "Analysis of Back Surface Field (BSF) Performance in P-Type and N-Type Monocrystalline Silicon Wafer", *E3S Web of Conferences*, 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184301006.
  21. Revantino, Mangkuto R.A., Sanjaya A.R., Putra J.K., Soelami F.X.N., Soegijanto R.M., **Faridah**. "Reconstruction of color mixing model using tunable light-emitting diode with unequal radiated power", *2018 the 3rd Optoelectronics Global Conference, OGC 2018*, pp. 56 – 59, 2018. DOI: 10.1109/OGC.2018.8529893.
  22. Mangkuto R.A., Siregar M.A.A., Handina A., **Faridah**. "Determination of appropriate metrics for indicating indoor daylight availability and lighting energy demand using genetic algorithm", *Solar Energy*, 170, pp. 1074 – 1086, 2018. DOI: 10.1016/j.solener.2018.06.025.
  23. Hidayat I., **Faridah**, Utami S.S.. "Activity Based Smart Lighting Control for Energy Efficient *Building* by Neural Network Model", *E3S Web of Conferences*, 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184301017.
  24. Utami S.S., **Faridah**, Azizi N.A., Kencanawati E., Tanjung M.A., Achmad B.. "Energy Monitoring System for Existing *Buildings* in Indonesia", *E3S Web of Conferences*, 2018. DOI: 10.1051/e3sconf/20184201003.
  25. Dwiputra F.A., Achmad B., **Faridah**, Herianto. "Accelerometer-based recorder of fingers dynamic movements for post-stroke rehabilitation", *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 7(1), pp. 299 – 304, 2017. DOI: 10.18517/ijaseit.7.1.1973.
  26. Zharif L., Achmad B., **Faridah**, Ridwan M.K. "A visual recognition supporting tool for mapping environmental data using

- handheld measurement instruments", *Proceedings - 2016 2nd International Conference on Science and Technology-Computer, ICST 2016*, pp. 139 – 144, 2017. DOI: 10.1109/ICSTC.2016.7877363.
27. Setjo C.H., Achmad B., **Faridah**. "Thermal image human detection using Haar-cascade classifier", *Proceedings - 2017 7th International Annual Engineering Seminar, InAES 2017*, 2017. DOI: 10.1109/INAES.2017.8068554.
  28. Maulana Budiman R.A., Achmad B., **Faridah**, Arif A., Nopriadi, Zharif L. "Localization of white blood cell images using Haar Cascade classifiers", *Proceedings of 2016 1st International Conference on Biomedical Engineering: Empowering Biomedical Technology for Better Future, IBIOMED 2016*, 2017. DOI: 10.1109/IBIOMED.2016.7869822.
  29. Rosyadi T., Arif A., Nopriadi, Achmad B., **Faridah**. "Classification of leukocyte images using K-Means Clustering based on geometry features", *Proceedings - 2016 6th International Annual Engineering Seminar, InAES 2016*, pp. 245 – 249, 2017. DOI: 10.1109/INAES.2016.7821942.
  30. Ferdiansjah, **Faridah**. "Effect of bulk doping level and wafer thickness on the performance of monocrystalline silicon solar cell", *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(6), pp. 4011 – 4015, 2016.
  31. Achmad B., **Faridah**, Fadillah L. "Lip motion pattern recognition for Indonesian syllable pronunciation utilizing Hidden Markov Model method", *Telkomnika (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, 13(1), pp. 173 – 180, 2015. DOI: 10.12928/TELKOMNIKA.v13i1.1302.
  32. **Faridah**, Achmad B., Listyana S B. "Lip image feature extraction utilizing snake's control points for lip reading applications", *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 5(4), pp. 720 – 728, 2015. DOI: 10.11591/ijece.v5i4.pp720-728.
  33. **Faridah**, Parikesit G.O.F., Ferdiansjah. "Coffee bean grade determination based on image parameter", *Telkomnika*, 9(3), pp. 547 – 554, 2011. DOI: 10.12928/telkomnika.v9i3.747.