

## ABSTRAK

Pemanasan global (*global warming*) serta perubahan iklim yang ekstrim saat ini merupakan bahaya yang nyata bagi seluruh dunia. Perubahan suhu yang tinggi sebagian besar didorong oleh peningkatan karbon dioksida dan emisi buatan manusia ke atmosfer. Komitmen pemerintah Indonesia dalam upaya untuk mengurangi pemanasan global diwujudkan dengan menurunkan emisi sebesar 29% pada tahun 2030 secara mandiri sedangkan jika berkerja sama dengan pihak internasional sebesar 41%. Strategi untuk mengurangi emisi harus dilakukan disemua sektor termasuk sektor konstruksi yang mengkonsumsi 40% energi secara global serta menghasilkan 1/3 dari emisi gas rumah kaca dunia. Fakta ini menunjukkan pentingnya pengurangan penggunaan energi dalam setiap kegiatan konstruksi dengan melakukan efisiensi dan optimalisasi energi yang dimulai dari fase inisiasi, fase design, fase konstruksi dan fase operasional bangunan.

Penelitian ini bertujuan membangun suatu model penilaian energi yang diperlukan dalam rangka mendukung upaya penurunan energi dan emisi karbon pada proyek konstruksi berdasarkan *Project Life Cycle* (PLC). Penelitian ini menggunakan metode IIA (*Importance Implementation Analysis*), SEM (*Structural Equation Modeling*) SmartPLS untuk mendapatkan model penilaian. Model dibangun berdasarkan indikator hasil studi literatur yang diolah dengan menggunakan teknik Delfi dimana objek data penelitian berasal dari anggota *Green Building Council Indonesia* (GBCI) dan Pemerintah sebanyak 89 responden. Model divalidasi dengan cara mensimulasikan pada beberapa proyek yang berdomisili di D.I.Yogyakarta dan Jawa Tengah.

Hasil penelitian diperoleh variabel dan indikator penilaian energi terbagi atas 4 tahapan berdasarkan siklus proyek yaitu fase Inisiasi terdapat 2 faktor dengan 11 indikator, fase design terdapat 4 faktor dengan 27 indikator, fase konstruksi terdapat 10 faktor dengan 40 indikator, dan fase operasional terdapat 2 faktor dengan 10 indikator. Analisis penelitian menemukan hubungan indikator yang signifikan antara fase inisiasi, fase design, fase konstruksi dan fase operasional. Hal ini membuktikan bahwa dalam mengurangi energi pada proyek konstruksi harus dimulai dari fase inisiasi yang akan berdampak sampai fase operasionalnya. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan bahwa konsumsi energi dan emisi proyek infrastruktur terbesar terjadi pada fase Konstruksi dapat mencapai diatas 60%, sedangkan fase Operasional mencapai 30 %, dan terendah pada fase Inisiasi dan Design kurang dari 10%. Nilai rata-rata jumlah energi dan emisi pada proyek jalan antara 100 – 300 MJ/m<sup>2</sup> dan emisi berkisar 5 – 20 KgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup>, sedangkan proyek jembatan antara 1000 – 2500 MJ/m<sup>2</sup> dengan emisi berkisar 100 – 200 KgCO<sub>2e</sub>/m<sup>2</sup> dengan efisiensi dari nilai ekonomi rata-rata sebesar 10 – 25% pada proyek jalan dan 5 – 7% pada proyek jembatan. Hasil temuan ini membuktikan bahwa dengan menerapkan model penilaian energi (*Energy Assessment Model Infrastructure Project* (EAMIP)) sebagai alat investigasi dan evaluasi pada proyek konstruksi dapat mengurangi jumlah konsumsi energi dan emisi yang berdampak pada efisiensi biaya selama siklus hidup proyek.

Kata Kunci : Energi, emisi, nilai ekonomi, siklus hidup proyek, proyek infrastruktur.

## ABSTRACT

Global warming as well as extreme climate change is currently a real danger for the whole world. The high temperature changes are driven largely by increases in carbon dioxide and man-made emissions into the atmosphere. The commitment of the Indonesian government in an effort to reduce global warming is realized by reducing emissions by 29% in 2030 independently, while in collaboration with international parties by 41%. Strategies to reduce emissions must be implemented in all sectors including the construction sector which consumes 40% of energy globally and produces 1/3 of the world's greenhouse gas emissions. This fact shows the importance of reducing energy use in every construction activity by carrying out energy efficiency and optimization starting from the initiation phase, the design phase, the construction phase and the building operational phase.

This study aims to build an energy simulation model that is needed in order to support efforts to reduce energy and carbon emissions in construction projects based on Project Life Cycle (PLC). This study uses the IIA (Importance Implementation Analysis) method, SmartPLS SEM (Structural Equation Modeling) to obtain an assessment model. The model is built based on indicators of literature study results that are processed using the Delfi technique where the object of research data comes from members of the Green Building Council Indonesia (GBCI) and the Government as many as 89 respondents. The model is validated by performing simulations on several projects domiciled in Yogyakarta and Central Java.

The results showed that the energy assessment variables and indicators were divided into 4 stages based on the project cycle, namely the Initiation phase there were 2 factors with 11 indicators, the design phase consisted of 4 factors with 27 indicators, the construction phase contained 10 factors with 40 indicators, and the operational phase contained 2 factors with 10 indicators. The research analysis found a significant indicator relationship between the initiation phase, the design phase, the construction phase and the operational phase. This proves that reducing energy in a construction project must start from the initialization phase which will have an impact until the operational phase. Based on the simulation results show that the largest energy consumption and emissions of infrastructure projects occur in the Construction phase, which can reach above 60%, while the Operational phase reaches 30%, and the lowest in the Initiation and Design phase is less than 10%. The average value of the amount of energy and emissions in road projects is between 100 - 300 MJ / m<sup>2</sup> and emissions ranging from 5 - 20 KgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup>, while the bridge projects are between 1000 - 2500 MJ / m<sup>2</sup> with emissions ranging from 100 - 200 KgCO<sub>2</sub>e / m<sup>2</sup> with efficiency of the average economic value is 10 - 25% for road projects and 5 - 7% for bridge projects. These findings prove that applying the Energy Assessment Model Infrastructure Project (EAMIP) as an investment and evaluation tool in construction projects can reduce the amount of energy consumption and emissions that have an impact on cost efficiency during the project life cycle.

**Keywords:** Energy, emission, economic value, project life cycle, infrastructure projects.

## **PERNYATAAN ORIGINALITAS**

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Subrata Aditama K.A. Uda, ST., MT., dengan ini menyatakan bahwa disertasi yang berjudul 'Model Penilaian Energi Pada Proyek Infrastruktur', adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis, dan semua informasi yang ditulis dalam disertasi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yaitu mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam disertasi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam disertasi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Semarang, 28 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,

Penulis,

Subrata Aditama K.A.Uda, ST., MT  
NIM. 21010117510001

## UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puji dan syukur saya persembahkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Kasih dan Kuasa, karena atas ijin dan waktuNya-lah saya sampai pada tahap akhir dari penyelesaian studi Doktoral di Universitas Diponegoro. Disertasi ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya, ayahnda Drs. Kittie Aidon Uda dan ibunda Dra. Sine Iban Serang yang senantiasa memberikan semangat dan doa untuk keberhasilan studi saya. Demikian pula kepada istri tercinta Deice Mokodongan dan kedua anak terkasih Kezia Aditama Uda dan Adventus Noel Aditama Uda, serta keluarga besar Uda-Mokodongan, yaitu kakak terkasih Lethus K.Uda beserta keluarga, Dr. Saritha K.Uda dan Pdt. Nelson CV Rembet beserta keluarga, Panjung K.Uda beserta keluarga, serta adiknda Meiksen Lespana K.Uda beserta keluarga. Tidak lupa juga terima kasih atas dukungan doa dan nasehat dari ayah mertua Ibrahim Mokodongan dan ibu Suranti, serta kakaknda Antonius Mokodongan, adiknda Silvia Maria dan Livia Febiyanti, tante Susianti dan om Hendy Soesanto beserta keluarga, serta Alma Adventa Gawei beserta suami.

Terima kasih kepada Rektor UPR Bapak Dr. Andrie Elie Embang, S.E., M.Si., yang telah memberikan dukungan dan semangat serta ijin belajar S3; Dekan Fakultas Teknik UPR Bapak Ir. Waluyo Nuswantoro, MT. dan Ketua Jurusan Teknik Sipil UPR Bapak Dr. Rudi Waluyo, ST., MT., yang juga turut memberikan masukan dan bimbingan selama belajar S3. Tidak lupa juga kepada kolega dosen Jurusan Teknik Sipil dan Arsitektur UPR (Apria BP. Gawei, ST., MT.; Robby Kusuma Udji, ST.,MT; Amiany Suban, ST.,MT.; Fredy Antoni, ST.,MT.; Lisa Virgiyanti ST.,MT.; Dr. Sutan P. Silitonga, STP.,ST.,MT.; Nomeritae ST., M.Eng, Ph.D; Dr. Herwin Sutrisno; Dr. Theresia Susi; Tari Budayanti Usop, ST.,MT.; serta rekan dan sahabat lainnya).

Terima kasih kepada Kepala Bidang Bina Marga Provinsi DI Yogyakarta, Kepala Bidang Cipta Karya Provinsi DI Yogyakarta, Kepala Balai Besar Wilayah Sungai DI Yogyakarta, Kepala Dinas Perhubungan Provinsi DI Yogyakarta, Kepala Bidang Bina Marga dan Cipta Karya Provinsi Jawa Tengah, Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Jawa Tengah, Kepala Dinas Perhubungan Provinsi Jawa Tengah, Kepala BBJN Wilayah Jawa Tengah dan DI Yogyakarta, Kepala SNVT Jalan dan Jembatan DI Yogyakarta, serta kontraktor dan konsultan yang berkenan memberikan waktu dan data dalam penelitian ini.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada Bapak dan Ibu Dosen Pengajar Doktor Teknik Sipil Undip dan Seluruh staf pendukung diantaranya mba Shinta, mba Nindia, Mas M. Isr'oi, dan mas Kun yang telah banyak membantu dalam kelancaran studi saya selama di DTS Undip.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada semua teman seperjuangan di DTS Undip (Almuntofa Purwantoro, Deddy Purnomo Retno,Edi Hartono,Siti Mayuni, Nanang Gunawan Wariyatno, Bagyo Mulyono, Gathot Heri Sudibyo, Lendra dan teman lainnya). Demikian juga kepada sahabatku Adventino Nahan, Andre Ferdinan Silam, Piere Yudistira, Ahia Novi Menggang, Jeeffry W. Garang, Dr. Jakson P. Mairing, dan Palentina, serta sahabat-sahabat lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu.

Akhir kata, sekali lagi saya mengucapkan terima kasih yang tak terhingga atas jasa dan budi baiknya selama proses belajar dan penyelesaian Disertasi ini. Kiranya Tuhan Yang Maha Kuasa, Maha Esa, Maha Pengasih dan Penyayang melimpahkan

Berkat, Rahmat dan Karunia yang tak terhingga serta memberikan Kesehatan dan Keselamatan bagi kita semua, terlebih dimasa Pandemi Covid 19 yang terjadi saat ini.