

Emisi karbon dari sektor konstruksi telah menjadi salah satu faktor utama yang berkontribusi terhadap krisis iklim global. Sektor ini mengonsumsi sekitar 32% energi global dan bertanggung jawab atas 34% emisi karbon dioksida (CO₂) yang terkait dengan konsumsi energi. Di Indonesia, sektor konstruksi menyumbang sekitar 24,6% dari total emisi Gas Rumah Kaca (GRK) nasional, yang sebagian besar berasal dari penggunaan material konstruksi dan konsumsi energi selama proses pembangunan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan sumber emisi karbon, menghitung total jejak karbon, menganalisis kontribusi masing-masing sumber emisi, serta mengevaluasi potensi reduksi emisi pada tahap konstruksi pekerjaan struktur dan arsitektur Pembangunan Gedung Kuliah di Yogyakarta menggunakan *ENCORD Construction CO₂e Measurement Protocol*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa total emisi karbon yang dihasilkan selama tahap konstruksi sebesar 2.839,15 ton CO₂e, yang terdiri atas *Scope 1* sebesar 84,54 ton CO₂e (2,98%), *Scope 2* sebesar 115,18 ton CO₂e (4,05%), dan *Scope 3* sebesar 2.639,43 ton CO₂e (92,97%). Hasil identifikasi menunjukkan bahwa sumber emisi berasal dari penggunaan bahan bakar alat berat dan kendaraan proyek, konsumsi energi listrik, penggunaan material konstruksi, distribusi material, aktivitas rantai pasok, kendaraan operasional, perjalanan dinas, akomodasi, dan pengelolaan limbah konstruksi. Analisis kontribusi emisi menunjukkan bahwa penggunaan material konstruksi merupakan sumber emisi yang paling dominan dengan kontribusi sebesar 2.535,55 ton CO₂e (89,31%), terutama berasal dari beton *ready mix* dan besi tulangan yang memiliki *embodied carbon* tinggi serta volume penggunaan yang besar pada pekerjaan struktur dan arsitektur.

Sebagai upaya mitigasi, dilakukan analisis skenario reduksi emisi melalui penggunaan bahan bakar rendah karbon HVO50 pada *Scope 1*, pemanfaatan energi listrik campuran berbasis panas bumi pada *Scope 2*, serta penggunaan beton rendah karbon dan besi tulangan daur ulang pada *Scope 3*. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan skenario tersebut mampu menurunkan total emisi karbon proyek menjadi 1.510,97 ton CO₂e, atau berkurang sebesar 46,78% dibandingkan kondisi eksisting. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa strategi reduksi yang paling efektif berasal dari penggunaan material konstruksi rendah karbon, sehingga dapat menjadi salah satu pendekatan utama dalam penerapan konstruksi rendah karbon untuk mendukung pembangunan berkelanjutan di Indonesia.

Kata kunci: Jejak Karbon, Emisi Karbon, Konstruksi Gedung, ENCORD Protocol, *Scope 1*, *Scope 2*, *Scope 3*, Reduksi Emisi Karbon

ABSTRACT

Carbon emissions from the construction sector have become one of the major contributors to the global climate crisis. This sector accounts for approximately 32% of global energy consumption and is responsible for around 34% of energy-related carbon dioxide (CO₂) emissions. In Indonesia, the construction sector contributes approximately 24.6% of total national greenhouse gas (GHG) emissions, primarily due to the extensive use of construction materials and energy consumption throughout the construction process. This study aimed to identify and classify carbon emission sources, quantify the total carbon footprint, analyze the contribution of each emission source, and evaluate the potential for emission reduction during the structural and architectural construction phases of a university building project in Yogyakarta using the ENCORD Construction CO₂e Measurement Protocol.

The results indicate that the total carbon emissions generated during the construction stage amounted to 2,839.15 tCO₂e, consisting of 84.54 tCO₂e (2.98%) from Scope 1, 115.18 tCO₂e (4.05%) from Scope 2, and 2,639.43 tCO₂e (92.97%) from Scope 3. The identified emission sources included fuel consumption from heavy equipment and project vehicles, electricity use, construction materials, material transportation, supply chain activities, operational vehicles, business travel, accommodation, and construction waste management. The contribution analysis revealed that construction materials were the dominant source of emissions, accounting for 2,535.55 tCO₂e (89.31%) of the total project carbon footprint. Ready-mix concrete and reinforcing steel were identified as the primary emission hotspots due to their high embodied carbon and substantial quantities required for structural and architectural works.

To assess mitigation opportunities, several carbon reduction scenarios were evaluated, including the use of HVO50 low-carbon fuel for Scope 1 activities, geothermal-based electricity generation for Scope 2, and low-carbon concrete together with recycled reinforcing steel for Scope 3. The analysis demonstrated that implementing these mitigation strategies could reduce the total project carbon footprint to 1,510.97 tCO₂e, representing a 46.78% reduction compared with the baseline scenario. The findings highlight that the adoption of low-carbon construction materials offers the greatest potential for emission reduction and can serve as a key strategy for promoting low-carbon construction practices and supporting sustainable building development in Indonesia.

Keywords: Carbon Footprint, Carbon Emissions, Building Construction, ENCORD Protocol, Scope 1, Scope 2, Scope 3, Carbon Emission Reduction.