

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian di atas maka bisa ditarik kesimpulannya yaitu:

- 1 Kesimpulan dari rekapitulasi konsistensi volume material antar kedua model yaitu model beton eksisting dan model beton *low-carbon* (volume beton dengan total 881,93 m³) membuktikan bahwa perbandingan substitusi fly ash yang digunakan tidak memengaruhi volume struktur beton *low-carbon*.
- 2 Berdasarkan analisis BIM 6D menggunakan *One Click LCA* dihasilkan nilai *embodied carbon* model konvensional sebesar 674.814,85 kg CO₂e dan model *low-carbon* sebesar 644.837,62 kg CO₂e. Hal ini menunjukkan pemberian substitusi fly ash dengan kadar 10% mampu mereduksi *embodied carbon* pada tahap A1-A3 (*cradle to gate*).
- 3 Penggunaan beton *low-carbon* pada elemen struktur beton konvensional mampu mereduksi jejak karbon proyek Rehabilitasi Pasar Ngawen sebesar 4,44%. Nilai ini berdasarkan parameter *Greenstar Australia* belum dikategorikan sebagai penerapan *Green Building* karena nilai standar minimum harus di bawah 15%.

5.2 Saran

Dari penelitian penulis memiliki saran yaitu :

1. Bagi pengembangan penelitian selanjutnya, mengingat substitusi material *low-carbon* pada penelitian ini baru diterapkan pada sebagian elemen beton (kolom, balok, dan pelat lantai utama), disarankan agar penelitian lanjutan memperluas cakupan substitusi ke seluruh komponen beton pada bangunan termasuk elemen non-struktural serta mengombinasikannya dengan optimalisasi ulang dimensi penampang berdasarkan hasil evaluasi kapasitas struktur pasca-rehabilitasi, guna mengeksplorasi potensi reduksi jejak karbon yang lebih signifikan dibandingkan hasil 4,44% pada penelitian ini.

2. Bagi Pengembangan metode analisis, disarankan agar penelitian selanjutnya menambahkan variasi jenis dan proporsi *supplementary cementitious materials* (SCM) pada beton *low-carbon* seperti *fly ash*, *ground granulate blast furnace slag* (GGBS), atau *Self-Compacting Concrete* (SCC) dengan binder alternatif- serta membandingkan hasilnya dengan hasil *One Click LCA* material konstruksi umumnya melaporkan potensi reduksi *embodied carbon* hingga di atas 30% pada proporsi substitusi semen yang lebih tinggi.
3. Bagi pihak perencana dan kontraktor pelaksana, hasil penelitian ini menunjukkan konsistensi volume material antar kedua model direkomendasikan sebagai dasar bahwa penerapan struktural maupun geometri elemen bangunan, sehingga strategi ini dapat diadopsi sebagai langkah awal yang relatif mudah diterapkan pada proyek rehabilitasi bangunan gedung sejenis untuk mendukung capaian kriteria material dan sumber daya pada sistem rating *GREENSHIP GBCI* serta ketentuan Bangunan Gedung Hijau (BGH) sesuai PermenPUPR No. 22/2018
4. Bagi pengambil kebijakan, mengingat tahap A1-A3 (produksi material) menyumbang lebih dari 90% *embodied carbon* proyek, disarankan agar regulasi terkait Bangunan Gedung Hijau di Indonesia turut mendorong ketersediaan dan insentif bagi produsen beton *low-carbon* bersertifikat EPD (*Environmental Product Declaration*), sehingga data faktor emisi material lokal semakin lengkap dan akurat untuk mendukung analisis BIM 6D pada proyek konstruksi Indonesia
5. Bagi pengembangan metodologi BIM 6D, disarankan agar penelitian selanjutnya turut membandingkan hasil *embodied carbon* dari *One Click LCA* dengan basis data LCA lokal Indonesia (jika tersedia), untuk mengkaji sensitivitas hasil analisis terhadap sumber data faktor emisi yang digunakan, mengingat sebagian besar EPD pada penelitian ini masih bersumber dari basis data internasional (Eropa dan Amerika)