

# CARBON TRACING KOMPONEN STRUKTUR BANGUNAN GEDUNG (STUDI KASUS GEDUNG ISIPOL UAJY)

Wulfram I. Ervianto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Jl. Babarsari 44 Yogyakarta  
Email: ervianto@mail.uajy.ac.id

## ABSTRAK

Lingkungan menjadi isu global yang ditandai oleh menurunnya kualitas lingkungan yang disebabkan oleh efek gas rumah kaca. Meningkatnya konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara sehingga menghalangi pelepasan panas di Bumi sehingga suhunya cenderung meningkat. Industrialisasi menjadi salah satu sebab meningkatnya suhu bumi, hal ini ditunjukkan dengan peningkatan secara drastis konsentrasi CO<sub>2</sub> setelah revolusi industri dibandingkan sebelumnya. Salah satu sektor industri yang diduga berkontribusi dalam menurunkan kualitas lingkungan adalah sektor industri konstruksi. Adanya kecenderungan meningkatnya nilai konstruksi dari tahun ke tahun di Indonesia berpotensi besar untuk menurunkan kualitas lingkungan apabila tidak ada perubahan dalam pola pembangunan. *Sustainable construction* merupakan salah satu konsep yang dianggap mampu mereduksi dampak negatif pembangunan terhadap menurunnya kualitas lingkungan. Konsep konstruksi berkelanjutan didasarkan pada teknologi lokal dan disesuaikan dengan tuntutan ekologis. Saat ini, belum tersedia informasi tentang seberapa besar pengaruh pembangunan terhadap penurunan kualitas lingkungan. Tujuan studi ini adalah mendapatkan informasi tentang pengaruh pembangunan bangunan gedung terhadap lingkungan. Studi ini dibatasi pada komponen struktur utama bangunan gedung. Data yang digunakan adalah proyek pembangunan gedung ISIPOL UAJY di Yogyakarta. Perhitungan emisi CO<sub>2</sub> digunakan faktor konversi dari berbagai literatur. Total volume beton yang dibutuhkan untuk komponen struktur bangunan adalah 909,97 m<sup>3</sup>, terdiri dari struktur bawah (pondasi, sloof) 130,49 m<sup>3</sup> dan struktur atas (balok, kolom, plat) 779,48 m<sup>3</sup>. Emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen yang dihasilkan dari komponen struktur beton bertulang adalah 339.609,49 kg (132,19 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>).

Kata kunci: isu lingkungan, pembangunan, emisi.

## 1. PENDAHULUAN

Fenomena *global warming* yang disebabkan oleh efek gas rumah kaca menjadi topik yang banyak dibahas dalam berbagai forum ilmiah. Hal tersebut juga dinyatakan oleh Walton dkk., sebagaimana dikutip Arief dkk. (1998) bahwa isu lingkungan yang semula kurang diperhatikan dalam pengelolaan proyek, saat ini menjadi isu utama dalam berbagai pertemuan ilmiah. Salah satu indikator bahwa bumi tengah mengalami krisis adalah tingginya konsentrasi karbondioksida (CO<sub>2</sub>) di udara yang bersifat menghalangi pelepasan panas dari bumi. Konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara dari waktu ke waktu cenderung mengalami peningkatan terlebih setelah terjadi revolusi industri (Salim 2010, h.13). Kwanda (2003) mengemukakan, konsumsi energi yang besar dengan pertumbuhan 2% per tahun sampai tahun 2020 akan menghasilkan emisi global CO<sub>2</sub> dan gas rumah kaca lainnya naik menjadi dua kali lipat pada tahun 1965-1998 yang berdampak pada perubahan iklim dunia. Salim (2010) menyatakan, bila cara-cara pembangunan tetap dilakukan seperti biasanya tanpa perubahan, maka pada tahun 2050 diperkirakan konsentrasi CO<sub>2</sub> akan mencapai 500 *part per million* (ppm) atau menjadi dua kali lipat konsentrasinya bila dibandingkan sebelum revolusi industri (gambar 1.). Para ahli sedunia sepakat menetapkan konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 450-550 ppm.

Sektor konstruksi merupakan salah satu sektor industri penghasil emisi CO<sub>2</sub> cukup berperan dalam pembangunan ekonomi nasional Indonesia yang diperlihatkan kontribusinya terhadap Produk Domestik Bruto (PDB). Dalam rentang waktu 5 tahun (2005-2009), PDB cenderung mengalami peningkatan dari 7,0% menjadi 9,9%. Besarnya nilai produksi sektor konstruksi/nilai konstruksi yang telah diselesaikan dalam tahun 2009 mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan tahun 2008. Peningkatan untuk bangunan sipil diperkirakan sebesar Rp. 46,6 triliun atau 42,0% dari total nilai konstruksi, bangunan gedung sebesar 36,1% dan sisanya 21,9% adalah pekerjaan khusus (Statistik Konstruksi Indonesia, 2009). Suratman (2010) melaporkan penelitian yang dilakukan oleh Abidin & Jaapar tahun 2007 bahwa sektor konstruksi berpengaruh terhadap pertumbuhan ekonomi suatu negara, namun menimbulkan dampak negatif yang sangat besar terhadap lingkungan.



Gambar 1. Kadar CO<sub>2</sub> setelah revolusi industri.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

Peningkatan nilai konstruksi pekerjaan bangunan gedung sebesar 36,1% ( Rp. 40,05 triliun) tentu akan berdampak negatif terhadap lingkungan. Apabila cara membangun tetap dilakukan seperti terdahulu maka kerusakan lingkungan cenderung lebih besar. Christini dkk. (2004) menyatakan bahwa implementasi manajemen lingkungan berdasarkan komitmen dan tujuan yang jelas merupakan faktor kunci bagi perusahaan konstruksi dalam mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

### Membangun secara ekologis

Prinsip konsep pembangunan berkelanjutan didasarkan pada teknologi lokal dan disesuaikan dengan tuntutan ekologis. Frick (2007) menyatakan bahwa pembangunan berkelanjutan memuat empat asas ekologis, yaitu: (a) menggunakan bahan baku alam tidak lebih cepat daripada alam mampu membentuk penggantinya; (b) menciptakan sistem yang menggunakan sebanyak mungkin energi terbarukan; (c) hasil samping dari aktivitas konstruksi yang berupa sisa/sampah dapat digunakan sebagai bahan mentah untuk produksi bahan lain; (d) meningkatkan fungsi dan keanekaragaman hayati. Secara ringkas mekanisme membangun secara ekologis diperlihatkan dalam gambar 2.

Material yang digunakan dalam membangun harus memenuhi persyaratan material ekologis seperti yang dinyatakan oleh Frick (2007): (a) eksploitasi dan produksi material menggunakan energi sesedikit mungkin, (b) material tidak mengalami perubahan bahan (transformasi) yang tidak dapat dikembalikan kepada alam, (c) eksploitasi, produksi, penggunaan, dan pemeliharaan material sedikit mungkin mencemari lingkungan, (d) material bangunan berasal dari sumber alam lokal.



Sumber: Frick (2007)

Gambar 2. Rantai bahan, penggunaan energi, dan pencemaran lingkungan

### Emisi material bangunan

Wolly T., dkk (1997) menyatakan bahwa industri semen merupakan kontributor yang signifikan penyumbang emisi CO<sub>2</sub> sebesar 8-10% dari total emisi. Emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan akibat produksi semen adalah setiap produksi 1 ton semen menghasilkan emisi 1 ton CO<sub>2</sub> (Kubba, 2010).

Proses produksi sumberdaya alam (pasir, batu, dan kerikil) tidak menimbulkan emisi CO<sub>2</sub> karena material ini dihasilkan oleh alam melalui mekanisme kerja gunung berapi. Emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan bersumber dari

## Material

pembakaran bahan bakar moda transportasi selama proses transportasi dari sumber pengambilan material sampai ke lokasi pekerjaan.

Kayu merupakan material yang dihasilkan dari hutan dan diperoleh dengan cara penebangan hutan. Dalam produksi kayu tidak menimbulkan emisi. Kayu diperoleh dengan cara penebangan liar, berakibat hilangnya kesempatan hutan untuk menyerap CO<sub>2</sub> sehingga konsentrasi CO<sub>2</sub> di udara bebas cenderung menjadi lebih besar. Kayu olahan berupa multipleks banyak digunakan dalam proses pembangunan khususnya sebagai cetakan beton. Dalam proses produksinya, kayu olahan ini menimbulkan emisi sebesar 1,3 kg CO<sub>2</sub> (Heinz Frick, 2007).

Besi tulangan adalah salah satu material penting yang dibutuhkan dalam membentuk komponen struktur beton bertulang. Emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen yang ditimbulkan selama proses produksi besi adalah antara 2,4 kg CO<sub>2</sub>/kg (Frick, 2007)

### Emisi peralatan konstruksi dan transportasi

Emisi yang ditimbulkan oleh peralatan selama proses konstruksi ditentukan oleh jenis bahan bakar yang digunakan. Jenis peralatan yang digunakan adalah: *truck mixer* kapasitas 4-5 m<sup>3</sup>, vibrator, *concrete pump*. Emisi yang ditimbulkan selama proses transportasi ditentukan oleh jenis bahan bakar dan tingkat konsumsi bahan bakar moda transportasi yang digunakan untuk memindahkan material dari lokasi pengambilan sampai ke lokasi proyek.

Tabel 1. Faktor emisi bahan bakar minyak

| Input Proses   | lb CO <sub>2</sub> /gal | Kg CO <sub>2</sub> /liter | Keterangan                                     |
|----------------|-------------------------|---------------------------|--|
| Motor Gasoline | 19.37                   | 2.32                      | 1 pound = 453.59 gram;<br>1 gal = 3.785 liter. |
| Diesel Fuel    | 22.23                   | 2.66                      |  |
| LPG (HD-5)     | 12.7                    | 1.52                      |  |

United States Environmental Protection Agency (2004):  
Unit Conversions, Emissions Factors, and Other Reference Data

### 3. ANALISIS DATA

Data penelitian digunakan dari proyek Pengembangan Kampus Universitas Atma Jaya Yogyakarta, pekerjaan Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Sosial dan Politik yang berlokasi di Jl. Babarsari No. 43 Yogyakarta. Kebutuhan data berupa spesifikasi, rencana anggaran biaya termasuk *bill of quantity* diperoleh dari perencana. *Carbon tracing* dihitung berdasarkan komponen struktur utama bangunan gedung, yang terdiri dari struktur bawah dan atas. Analisis untuk mendapatkan besarnya emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen dikontribusi oleh perpindahan semua material dari sumber material ke lokasi proyek. Emisi yang dihasilkan bersumber dari aktivitas produksi, transportasi, dan konstruksi. Jenis material pembentuk komponen struktur utama dalam proyek ini dapat dilihat dalam tabel 2 dan tabel 3.

Tabel 2. Jenis, volume, asal material, dan jarak

| No. | Jenis material | Volume                | Asal                     | Jarak  |
|-----|----------------|-----------------------|--------------------------|--------|
| 1   | Besi tulangan  | 140.217,95 kg         | Kab Serang, Banten       | 662 km |
| 2   | Multipleks     | 1.451,00 lbr          | Kendal, Jawa Tengah      | 144 km |
| 3   | Semen          | 7.744,00 sak          | Kab Gresik, Jawa Timur   | 325 km |
| 4   | Pasir          | 691,58 m <sup>3</sup> | Kali Krasak, Jawa Tengah | 23 km  |
| 5   | Kerikil        | 964,57 m <sup>3</sup> | Kali Krasak, Jawa Tengah | 23 km  |
| 6   | Beton readymix | 909,97 m <sup>3</sup> | Kalasan                  | 10 km  |

Tabel 3. Volume material pembentuk struktur utama bangunan

| STRUKTUR BAWAH |                       |               |                       |              |                      |                       |
|----------------|-----------------------|---------------|-----------------------|--------------|----------------------|-----------------------|
|                | TOTAL BETON           | BESI TULANGAN | BEKISTING             | SEMEN        | PASIR                | KERIKIL               |
| Pondasi        | 91,63 m <sup>3</sup>  | 7.926,52 kg   | 429,61 m <sup>2</sup> | 779,74 sak   | 69,64 m <sup>3</sup> | 97,12 m <sup>3</sup>  |
| Sloof          | 38,86 m <sup>3</sup>  | 8.572,30 kg   | 113,99 m <sup>2</sup> | 330,70 sak   | 29,53 m <sup>3</sup> | 41,19 m <sup>3</sup>  |
| TOTAL          | 130,49 m <sup>3</sup> | 16.498,81 kg  | 543,60 m <sup>2</sup> | 1.110,44 sak | 99,17 m <sup>3</sup> | 138,32 m <sup>3</sup> |

Tabel 3 (lanjutan). Volume material pembentuk struktur utama bangunan

| STRUKTUR ATAS |                             |                      |                               |                     |                             |                             |
|---------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|               | TOTAL BETON                 | BESI TULANGAN        | BEKISTING                     | SEMEN               | PASIR                       | KERIKIL                     |
| Kolom         | 201,47 m <sup>3</sup>       | 49.959,89 kg         | 435,69 m <sup>2</sup>         | 1.714,51 sak        | 153,12 m <sup>3</sup>       | 213,56 m <sup>3</sup>       |
| Balok         | 277,17 m <sup>3</sup>       | 53.240,08 kg         | 1.426,45 m <sup>2</sup>       | 2.358,72 sak        | 210,65 m <sup>3</sup>       | 293,80 m <sup>3</sup>       |
| Plat          | 271,28 m <sup>3</sup>       | 18.825,85 kg         | 1.517,07 m <sup>2</sup>       | 2.308,59 sak        | 206,17 m <sup>3</sup>       | 287,56 m <sup>3</sup>       |
| Tangga        | 29,56 m <sup>3</sup>        | 1.693,32 kg          | 254,30 m <sup>2</sup>         | 251,58 sak          | 22,47 m <sup>3</sup>        | 31,34 m <sup>3</sup>        |
| <b>TOTAL</b>  | <b>779,48 m<sup>3</sup></b> | <b>123.719,14 kg</b> | <b>3.633,51 m<sup>2</sup></b> | <b>6.633,40 sak</b> | <b>592,41 m<sup>3</sup></b> | <b>826,25 m<sup>3</sup></b> |

| TOTAL STRUKTUR |                             |                      |                               |                     |                             |                             |
|----------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|                | TOTAL BETON                 | BESI TULANGAN        | BEKISTING                     | SEMEN               | PASIR                       | KERIKIL                     |
| Struktur bawah | 130,49 m <sup>3</sup>       | 16.498,81 kg         | 543,60 m <sup>2</sup>         | 1.110,44 sak        | 99,17 m <sup>3</sup>        | 138,32 m <sup>3</sup>       |
| Struktur atas  | 779,48 m <sup>3</sup>       | 123.719,14 kg        | 3.633,51 m <sup>2</sup>       | 6.633,40 sak        | 592,41 m <sup>3</sup>       | 826,25 m <sup>3</sup>       |
| <b>TOTAL</b>   | <b>909,97 m<sup>3</sup></b> | <b>140.217,95 kg</b> | <b>4.177,11 m<sup>2</sup></b> | <b>7.743,84 sak</b> | <b>691,58 m<sup>3</sup></b> | <b>964,57 m<sup>3</sup></b> |

### Estimasi emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan oleh transportasi

Emisi yang ditimbulkan oleh proses transportasi berbagai jenis material tergantung pada jarak antara sumber pengambilan material dengan lokasi proyek. Sumber pengambilan berbagai jenis material adalah sebagai berikut: (a) semen yang digunakan didatangkan dari Kabupaten Gresik, Jawa Timur, (b) besi tulangan yang digunakan diproduksi di Propinsi Banten, (c) sumber pengambilan material pasir, kerikil/split berada di kali Krasak dan kali Woro, (d) kayu olahan/multipleks didatangkan dari Kabupaten Kendal, Jawa Tengah, (e) beton *readymix* didatangkan dari Kalasan, Daerah Istimewa Yogyakarta (tabel 4).

Tabel 4. Jarak lokasi proyek dengan asal material

| Jarak sumber material ke lokasi <i>batching plant</i> (km) | Semen | Pasir | Kerikil | Split | Jarak sumber material ke lokasi proyek (km) | Multipleks | Baja tulangan | Beton <i>readymix</i> |
|--|-------|-------|---------|-------|---|------------|---------------|-----------------------|
|  |       |       |         |       |   |            |               |                       |
| Kab Gresik, Jawa Timur                                     | 825   |       |         |       | Kendal, Jawa Tengah                         | 144        |               |                       |
| Kali Krasak, DIY   |       | 35    | 35      | 35    | Kalasan, DIY                                |            |               | 10                    |
| Kali Woro, Jawa Tengah                                     |       | 20    | 20      | 20    |   |            |               |                       |

Perhitungan emisi yang ditimbulkan oleh proses transportasi untuk setiap jenis material didasarkan data jarak dan kapasitas angkut dari berbagai jenis moda transportasi yang digunakan. Dari kelima jenis material pembentuk struktur utama bangunan, emisi terbesar yang ditimbulkan oleh proses transportasi adalah semen. Emisi untuk jenis material lain secara berturut-turut adalah multipleks, besi tulangan, kerikil, pasir, dan beton *readymix* (tabel 5).

Tabel 5. Emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen yang ditimbulkan oleh transportasi

| No           | Jenis material        | Volume                | Jumlah perjalanan | Faktor konversi                | Emisi CO <sub>2</sub> ekuivalen |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1            | Besi tulangan         | 140.217,95 kg         | 9                 | 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter | 3.086,41 kg                     |
| 2            | Multipleks            | 4.177,11 lbr          | 73                | 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter | 5.606,21 kg                     |
| 3            | Semen                 | 7.743,84 sak          | 39                | 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter | 6.743,10 kg                     |
| 4            | Pasir                 | 691,58 m <sup>3</sup> | 139               | 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter | 2.445,82 kg                     |
| 5            | Kerikil               | 826,25 m <sup>3</sup> | 166               | 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter | 2.918,69 kg                     |
| 6            | Beton <i>readymix</i> | 909,97 m <sup>3</sup> | 182               | 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter | 968,21 kg                       |
| <b>TOTAL</b> |                       |                       |                   |                                | <b>21.768,43 kg</b>             |

### Estimasi emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan oleh proses produksi

Emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan oleh proses produksi dihitung berdasarkan angka konversi emisi produksi yang diperoleh dari berbagai sumber. Emisi produksi yang dihasilkan oleh besi tulangan adalah 2,4 kg CO<sub>2</sub> setiap produksi 1 kg besi tulangan (Frick, 2007). Material pasir dan kerikil adalah hasil alam dari aktivitas gunung berapi, besarnya emisi adalah 12,2 kg CO<sub>2</sub>/ton (US.EPA). Besarnya total emisi CO<sub>2</sub> ekuivalen untuk enam jenis material pembentuk struktur utama bangunan adalah 807.445,62 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen (tabel 6).

Tabel 6. Emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan proses produksi

| No | Material              | Faktor Konversi                          | Volume                | Emisi CO <sub>2</sub> ekuivalen |
|----|-----------------------|--|-----------------------|---------------------------------|
| 1  | Besi tulangan         | 2,40 ton CO <sub>2</sub> / ton           | 140,22 ton            | 336.523,08 kg                   |
| 2  | Multipleks            | 1,30 kg CO <sub>2</sub> / kg             | 4.177,11 lbr          | 125.112,80 kg                   |
| 3  | Semen                 | 1.000,00 kg CO <sub>2</sub> / ton        | 309,75 ton            | 309.753,41 kg                   |
| 4  | Pasir                 | 12,20 kg CO <sub>2</sub> / ton           | 691,58 m <sup>3</sup> | 11.812,12 kg                    |
| 5  | Kerikil               | 12,20 kg CO <sub>2</sub> / ton           | 826,25 m <sup>3</sup> | 18.144,49 kg                    |
| 6  | Beton <i>readymix</i> | 6,70 kg CO <sub>2</sub> / m <sup>3</sup> | 909,97 m <sup>3</sup> | 6.099,70 kg                     |
|    |                       |  |                       | 807.445,62 kg                   |

### Estimasi emisi CO<sub>2</sub> yang ditimbulkan oleh proses konstruksi

Emisi pada tahap konstruksi ditimbulkan oleh peralatan yang digunakan untuk proses pencoran agregat beton. Satu set peralatan yang digunakan adalah vibrator dan *concrete pump* dengan kapasitas 50-120 m<sup>3</sup>/jam. Volume beton keseluruhan adalah 909,97 m<sup>3</sup>, Genset (alat bantu) kapasitas 100-300 KVA konsumsi bahan bakar ± 21-63 liter/jam. Durasi yang dibutuhkan *concrete pump* adalah 18,2 jam. Emisi bahan bakar genset adalah 2,66 kg CO<sub>2</sub>/liter x 63 liter = 167,58 kg CO<sub>2</sub>/jam. Total emisi untuk *concrete pump* adalah 3.049,96 kg CO<sub>2</sub>.

### Estimasi emisi CO<sub>2</sub> total

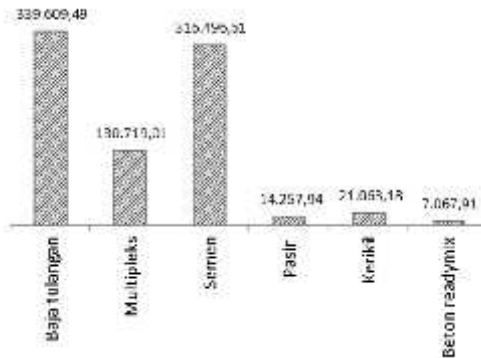
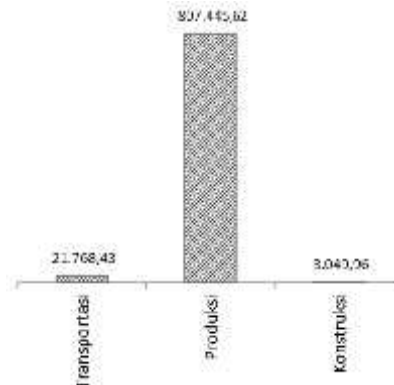
Total emisi yang dihasilkan bangunan gedung merupakan akumulasi dari emisi proses transportasi, produksi, dan konstruksi (tabel 7 dan gambar 3), sedangkan yang berdasarkan proses dapat dilihat pada tabel 8 dan gambar 4.

Tabel 7. Emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan jenis material

| No    | Jenis material        | Emisi CO <sub>2</sub> ekuivalen |
|-------|-----------------------|---------------------------------|
| 1     | Besi tulangan         | 339.609,49 kg                   |
| 2     | Multipleks            | 130.719,01 kg                   |
| 3     | Semen                 | 316.496,51 kg                   |
| 4     | Pasir                 | 14.257,94 kg                    |
| 5     | Kerikil               | 21.063,18 kg                    |
| 6     | Beton <i>readymix</i> | 7.067,91 kg                     |
| Total |                       | 829.214,05 kg                   |

Tabel 8. Emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan proses.

| No    | PROSES       | Emisi CO <sub>2</sub> ekuivalen |
|-------|--------------|---------------------------------|
| 1     | Transportasi | 21.768,43 kg                    |
| 2     | Produksi     | 807.445,62 kg                   |
| 3     | Konstruksi   | 3.049,96 kg                     |
| Total |              | 832.264,01 kg                   |

Gambar 3. Emisi CO<sub>2</sub> (kg) berdasarkan jenis material.Gambar 4. Emisi CO<sub>2</sub> (kg) berdasarkan proses.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis data dapat dirangkum dalam sebuah kesimpulan, bahwa pembangunan struktur utama bangunan gedung Isipol UAJY berpotensi menghasilkan emisi sebesar 832.264,01 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen. Jenis material yang menghasilkan emisi terbesar adalah besi tulangan, yaitu 339.609,49 kg CO<sub>2</sub>. Emisi yang dihasilkan dalam pembangunan komponen struktur utama bangunan gedung Isipol UAJY (luas bangunan 2.569 m<sup>2</sup>) adalah 132,19 kg CO<sub>2</sub> ekuivalen/m<sup>2</sup>.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anink, D., et.al. (1996): *The Handbook of Sustainable Building: Ecological Choice of Materials in Construction and Renovation*, James and James Science Publisher, London
- Arif, M. Egbu, C. Haleem, A. Ebohon, J. & Khalfan, M. (2009). 'Green construction in India: gaining a deeper understanding', *Journal of Architectural Engineering*, 10-13.
- Christini, G. Fetsko, M. & Hendrickson, C. (2004). 'Environmental management system and ISO 14001 Certification for Construction Firms' *Journal of Construction Engineering and Management.*, 330-336.
- Frick, H. & Suskiyanto, B. (2007), *Dasar-Dasar Arsitektur Ekologis*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Kubba, S. (2010), *Green Construction Project Management and Cost Oversight*, Architectural Pres, United States of America.
- Kwanda, T. ( 2003), 'Pembangunan permukiman yang berkelanjutan untuk mengurangi polusi udara', *Dimensi Teknik Arsitektur*, vol. 31, no.1, 20-27.
- Salim, E. (2010), *Ratusan Bangsa Merusak Satu Bumi*, Gramedia, Jakarta
- Statistik Konstruksi Indonesia (2009)
- Suratman. (2010), 'Pengaruh Penerapan Green Construction Terhadap Kinerja Biaya Proyek di Lingkungan PT. PP (Persero) Tbk.', tesis Magister, Universitas Indonesia.
- Woolly, T. Kimmins, S.Harrison, P. & Harrison, R. (1997). 'Green Building Handbook' Thomson Science & Profesional. UK.