

KAJIAN DAMPAK PEMANASAN GLOBAL DAN ANALISIS ENERGI MELALUI METODE *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DI INDUSTRI SEMEN PT. SBI PABRIK CILACAP

**IMRON SAHALI ACHMAD
P052190424**



**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa laporan tesis dengan judul *Kajian Dampak Pemanasan Global dan Analisis Energi melalui Metode Life Cycle Assessment (LCA) di Industri Semen PT. SBI Pabrik Cilacap* adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juli 2022

Imron Sahali Achmad
P052190424

@Hak cipta milik IPB University

IPB University

RINGKASAN

IMRON SAHALI ACHMAD. Kajian Dampak Pemanasan Global dan Analisis Energi melalui Metode *Life Cycle Assessment* di Insutri Semen PT. SBI Pabrik Cilacap. Dibimbing oleh MOH. YANUAR J. PURWANTO dan KIMAN SIREGAR.

Beton (*concrete*) adalah salah satu bahan buatan manusia yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan bangunan karena ketahanannya, ketersediaannya dan tidak memerlukan perawatan dalam penggunaannya. Bahan baku utama dalam pembuatan beton adalah semen, yang hingga saat ini belum ada penggantinya. Namun demikian, proses produksi semen memerlukan energi yang besar dan diketahui sebagai salah satu penyebab potensi dampak pemanasan global (*Global Warming Potential/GWP*). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis inventori, potensi dampak pemanasan global, dan energi yang dibutuhkan sepanjang sistem produk semen, sehingga dapat ditemukan *hotspot* dalam sistem produk semen.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari – Juni 2021 dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)* dengan batasan sistem *cradle to grave*. Sumber data utama dalam penelitian ini adalah dari data laporan produksi perusahaan dalam satu tahun. Data lain diperoleh dari literatur ilmiah, pustaka, laporan dan *database*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa potensi dampak pemanasan global dalam sistem produk semen untuk setiap 1 m³ beton sebesar 348 kg CO₂e dengan kontribusi terbesar pada unit proses *kiln* (45,5%), kemudian unit proses *grinding* (31,9%) serta di unit proses *batching plant* sebesar (18,5%). Ada dua aspek dalam produksi semen sebagai bahan utama beton yang menghasilkan emisi gas rumah kaca (CO₂), pertama adalah reaksi kimia dalam proses kalsinasi bahan baku semen menjadi *clinker* dan yang kedua adalah emisi hasil pembakaran bahan bakar fosil untuk menghasilkan energi panas. Reaksi kalsinasi dalam semen tidak stabil, sehingga gas CO₂ di udara dapat bereaksi dengan semen terhidrasi dalam beton yang disebut karbonasi. Reaksi ini terjadi selama masa pakai produk beton dan saat beton yang dihancurkan (*demolish*) ditimbun. Sehingga total emisi CO₂eq yang dihasilkan saat proses pembuatan beton akan dikurangi emisi CO₂eq yang diserap selama bangunan digunakan dan material pembongkaran bangunan yang ditimbun. Konsumsi energi sepanjang sistem produk semen untuk setiap 1 m³ beton sebesar 2.535 MJ, dengan kontribusi terbesar adalah pada unit proses *kiln* sebesar (83%), unit proses *grinding* sebesar (4,8%) dan unit *demolition* sebesar (3,8%). Dari hasil yang diperoleh tersebut diatas maka dapat disimpulkan bahwa *hotspot* sistem produk semen di sepanjang daur hidupnya adalah pada unit proses *kiln*.

Kata kunci: beton (*concrete*), *cradle to grave*, energi, *Global Warming Potential (GWP)*, *Life Cycle Assessment (LCA)*, semen

SUMMARY

IMRON SAHALI ACHMAD. Global Warming Potential (GWP) and Energy Analysis of Cement Industry PT. SBI Cilacap Plant by using Life Cycle Assessment Method. Supervised by MOH. YANUAR J. PURWANTO and KIMAN SIREGAR

Concrete is one of the man-made materials that is widely used as a building material because of its durability, availability and does not require maintenance in its use. The main raw material of concrete is cement, unfortunately, there is no material that could substitute cement in concrete. Meanwhile, cement production process requires a lot of energy and is known as a contributor to greenhouse gas emissions (Global Warming Potential/GWP). The aim of this study is to analyze inventory, potential global warming impact, and energy required throughout cement product system, so that hotspots could be found in the cement product system.

The study was conducted on February – June 2021 using the Life Cycle Assessment (LCA) method with a cradle to grave system boundary. Main data source in this study is the company's production report data in one year. Other data obtained from scientific literature, literature, reports and database.

The study results shows that potential impact of global warming in cement product system throughout its life cycle is 348 kg CO₂e per 1 m³ concrete with the kiln unit process is the highest contributor of global warming potential impact (45.5%), then grinding unit process (31.9%) and concrete plant unit process (18.5%). There are two aspects in cement production as the main raw material of concrete that produces greenhouse gas (CO₂) emissions, the first is chemical reaction in the calcination process of cement raw materials into clinker and second is emissions from burning fossil fuels to produce heat energy. Calcination reaction in cement is unstable, so the CO₂ gas in the air can react and absorbed with hydrated cement in concrete which is called carbonation. This reaction occurs during life of concrete product and when demolished concrete is landfilled. So that the total CO₂eq emissions produced during the concrete manufacturing process will be reduced by CO₂eq emissions that are absorbed during use of the building and stockpiled building demolition materials. Total energy consumption of 1 m³ concrete is 2,535 MJ with the highest contributor is kiln unit process (83%), then grinding unit process (4.8%) and demolition process (3.8%). Conclusion of the study shows that hotspot for global warming potential impact and energy consumption is the kiln unit process.

Keywords: cement, concrete, cradle to grave, energy, Global Warming Potential (GWP), Life Cycle Assessment (LCA),



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2022
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

KAJIAN DAMPAK PEMANASAN GLOBAL DAN ANALISIS ENERGI MELALUI METODE *LIFE CYCE ASSESSMENT* (LCA) DI INDUSTRI SEMEN PT SBI PABRIK CILACAP

IMRON SAHALI ACHMAD

Tesis
Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Sains pada
Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan

**ILMU PENGELOLAAN SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



Judul Tesis : Kajian Dampak Pemanasan Global dan Analisis Energi melalui Metode *Life Cycle Assessment (LCA)* di Industri Semen PT SBI Pabrik Cilacap
Nama : Imron Sahali Achmad
NIM : P052190424

Disetujui oleh

Pembimbing 1
Dr. Ir. Moh. Yanuar J. Purwanto, M.S, IPU



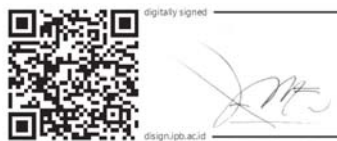
Pembimbing 2
Dr. Kiman Siregar S.TP, M.SI, IPU

Diketahui oleh

Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan
Prof. Dr. Ir. Hadi Susilo Arifin, M.S
NIP. 1959110619855011001



Dekan Sekolah Pascasarjana
Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M. Eng
NIP. 196004191985031002



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanaahu Wa Ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah tentang dampak lingkungan industri semen, dengan judul “Kajian Dampak Pemanasan Global dan Analisis Energi melalui Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) di Industri Semen PT SBI Pabrik Cilacap”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Dr. Ir. Moh. Yanuar J. Purwanto, M.S, IPU dan Dr. Kiman Siregar S.TP, M.SI, IPU selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan banyak memberi saran dan arahan selama penelitian dan penyusunan tesis. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Kaswanto selaku ketua sidang tesis dan Dr. Ir. Mohamad Yani M. Eng. IPM selaku penguji luar komisi pada ujian tesis yang telah memberikan masukan demi penyempurnaan tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Ir. Hadi Susilo Arifin, M.S selaku Ketua Program Studi Ilmu Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan beserta staf pengajar program studi PSL.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada PT Solusi Bangun Indonesia Pabrik Cilacap yang telah memberikan ijin sebagai tempat melakukan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Widjayadi, Sapto Sugiono, Ade Eko, Faiz Kurniawan dan Feni Eka Juliani dari Departemen EQS sebagai pembimbing lapangan.

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada kedua orang tua Bapak Achmad Toha dan Ibu Taripah, istri Sri Winarni, ananda Farrel dan Hayfa, serta seluruh keluarga atas doa dan dukungannya. Tak lupa penulis sampaikan terima kasih kepada teman-teman seperjuangan PSL Kelas khusus angkatan 2019.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan

Bogor, Juli 2022

Imron Sahali Achmad



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	ix
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Kerangka Pemikiran	4
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pemanasan global	6
2.2 Produksi beton (<i>concrete</i>)	6
2.3 Produksi semen	7
2.4 Analisis Energi	9
2.5 <i>Life Cycle Assessment</i>	9
2.6 <i>Environmental Product Declaration (EPD)</i> dan <i>Product Category Rule (PCR)</i>	12
2.7 Penelitian terdahulu	13
III METODE PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Pengumpulan Data	17
3.4 Jenis dan sumber data	18
3.5 Metode analisis <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	18
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	19
4.1 Tujuan dan ruang lingkup (<i>Goal and Scope</i>)	19
4.2 Data inventori (<i>Inventory</i>)	23
4.3 Penilaian dampak (<i>Impact assessment</i>)	29
4.3.1 Penilaian dampak potensi pemanasan global (<i>Global Warming Potential</i>)	30
4.3.2 Konsumsi energi	31
4.4 Interpretasi (<i>Interpretation</i>)	32
4.4.1 Interpretasi Potensi Dampak <i>Global Warming (GWP)</i>	32
4.4.2 Interpretasi konsumsi energi	33
4.4.3 Penentuan kategori dampak dan <i>hotspot</i>	34
4.4.4 Pengelolaan sumberdaya alam	34
V SIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Simpulan	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	40

Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan penelitian Nugraha (2018)	13
Tabel 2.2 Ringkasan penelitian Harjanto (2012)	14
Tabel 2.3 Ringkasan penelitian Marincovic (2009)	14
Tabel 2.4 Ringkasan penelitian Gursel (2006)	15
Tabel 2.5 Ringkasan penelitian Junnila (2006)	15
Tabel 2.6 Ringkasan penelitian Sjunesson (2005)	15
Tabel 2.7 Ringkasan penelitian Eatmon & Huntzinger (2009)	16
Tabel 4.1 Data inventori	23
Tabel 4.2 Pemeriksaan keandalan data	27
Tabel 4.3 Ringkasan data inventori	28
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan cakupan waktu data	29
Tabel 4.5 Hasil pemeriksaan cakupan geografi data	29
Tabel 4.6 Hasil perhitungan penilaian dampak GWP	31
Tabel 4.7 Konsumsi energi setiap unit proses	32

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Kerangka pemikiran penelitian	5
Gambar 2.1 Proses produksi beton	6
Gambar 2.2 Tahapan proses produksi semen	8
Gambar 2.3 Aliran energi dalam sistem produk semen	9
Gambar 2.4 Tahapan LCA (ISO 14040, 2006)	11
Gambar 2.5 Proses pengajuan EPD	12
Gambar 3.1 <i>Input-Output</i> setiap unit proses	17
Gambar 4.1 Batasan sistem kajian	22
Gambar 4.2 Aliran proses produksi <i>clinker</i>	24
Gambar 4.3 Aliran proses produksi semen	25
Gambar 4.4 Aliran proses produksi beton	25
Gambar 4.5 Aliran proses konstruksi dan pembongkaran	26
Gambar 4.6 Grafik dampak GWP setiap unit proses	31
Gambar 4.7 Kontribusi dampak GWP setiap unit proses	33
Gambar 4.8 Kontribusi konsumsi energi setiap unit proses	34





@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.