

TESIS

**PERHITUNGAN JEJAK KARBON BANGUNAN
RUMAH TINGGAL TIPE 45 M² DI KOTA KUPANG**



APRIDUS K. LAPENANGGA

No. Mhs.: 145402235

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ARSITEKTUR

PROGRAM PASCASARJANA

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

2016



PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN

PENGESAHAN TESIS

Nama : APRIDUS KEFAS LAPENANGGA

Nomor Mahasiswa : 145402235/PS/MT

Konsentrasi : Arsitektur Digital

Judul tesis : Perhitungan Jejak Karbon Rumah Tinggal Tipe 45 m²

di Kota Kupang

Nama Pembimbing
Prof.Ir. Prasasto Satwiko, MBS, Ph.D.

Tanggal

5/8/16

Tanda tangan



PROGRAM PASCASARJANA

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN

PENGESAHAN TESIS

Nama : APRIDUS KEFAS LAPENANGGA
Nomor Mahasiswa : 145402235/PS/MT
Konsentrasi : Arsitektur Digital
Judul tesis : Perhitungan Jejak Karbon Rumah Tinggal Tipe 45 m²
di Kota Kupang

Nama Penguji	Tanggal	Tanggal
(Ketua) Prof.Ir. Prasasto Satwiko, MBSc, Ph.D.	5/8/16	
(Anggota) Ir. A. Djoko Istiadji, M. Build. Sc.	9/8/16	
(Anggota) F. Binarti, ST. Dipl NDS. Arch	8/8/16	



Ketua Program Studi

Dr. Aron Setiadi, ST, MT

PROGRAM
PASCASARJANA

LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya

Nama : Apridus Kefas Lapenangga

No. Mahasiswa : 145402235

Dengan sungguh-sungguh dan atas kesadaran sendiri, menyatakan bahwa tesis saya yang berjudul PERHITUNGAN JEJAK KARBON BANGUNAN RUMAH TINGGAL TIPE 45 M² DI KOTA KUPANG benar-benar hasil karya saya sendiri. Apabila kelak dikemudian hari terdapat bukti yang memberatkan bahwa saya melakukan plagiasi sebagian atau seluruh hasil karya saya ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Program Pascasarjana Program Studi Magister Teknik Arsitektur Universitas Atma Jaya Yogyakarta, gelar dan ijazah yang telah saya peroleh akan dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Demikian surat pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan sungguh-sungguh sesuai dengan segenap kesadaran dan kesedian saya untuk menerima segala konsekuensinya.

Yogyakarta, 28 Juli 2016

Yang menyatakan,



Apridus Kefas Lapenangga

*Terima kasih TUHAN YESUS untuk segala rancangan-Mu
yang indah di hidupku.
Bagi-Mu kemuliaan di tempat yang maha tinggi.*



*Supaya iman kamu jangan bergantung pada hikmat manusia tetapi
pada kekuatan ALLAH.*

1 Korintus 2 : 5

*Persembahan terbaik bagi kalian yang selalu mendukung
dan mendoakan dalam kehangatan Kasih KRISTUS
TUHAN kita.*

*Untuk Bapa & Mama
Untuk Kaka Kolis, Kaka In & Rian
Untuk Feby & Lita*

*Untuk kalian semua yang selalu terucap dalam doaku
..... Terima Kasih*



INTISARI

Kebutuhan akan rumah tinggal mendorong pihak pengembang di kota Kupang untuk menyediakan beberapa tipe unit rumah dan salah satunya yaitu rumah tipe 45 m². Proses pembangunan rumah tinggal menggunakan energi yang besar dan memiliki jejak karbon yang tinggi. Pertanyaannya yaitu bagaimana menghitung berapa besar emisi CO₂ dari tahapan pra konstruksi, konstruksi dan pasca konstruksi bangunan rumah tinggal tipe 45 m² di kota Kupang serta bagaimana memetakan jejak karbon transportasi material yang juga memiliki potensi emisi CO₂ dalam satu proses konstruksi.

Tujuan penelitian ini yaitu menganalisis jumlah emisi CO₂ dari sebuah proses pembangunan dan operasional bangunan, melakukan pemetaan jejak karbon dan upaya menekan emisi karbon setiap aspek serta mengidentifikasi faktor pengaruh emisi CO₂ dari tahapan yang ada.

Metode penelitian berupa pemetaan semua item yang memiliki potensi emisi pada tahapan pra konstruksi, konstruksi dan pasca konstruksi. Tahapan konstruksi dimulai dengan mereview gambar kerja dan BoQ (*Build of Quantity*) untuk menguraikan jejak karbon material dan transportasinya. Pemetaan menggunakan *Microsoft Excel* untuk menghitung persamaan data aktivitas dikali faktor emisi untuk mengetahui jumlah emisi.

Hasil perhitungan jejak karbon rumah tinggal tipe 45 m² di kota Kupang yaitu 39,33 kgCO₂ pada tahapan pra konstruksi, 10.766.289,11 kgCO₂ pada tahapan konstruksi dan 6.052,23 kgCO₂ pada tahapan pasca konstruksi dalam satu tahun operasional bangunan.

Kata kunci : Jejak karbon, rumah tipe 45 m², emisi CO₂.

ABSTRACT

The need for residential housing encourage developers in the city of Kupang to provide some type of housing unit and one of them is the type of 45 sqm. The process of construction of residential houses using great energy and has a high carbon footprint. The question is how to calculate how much CO₂ emissions from a pre-construction, construction and post-construction building of residential type 45 sqm in the city of Kupang and how to map the carbon footprint of transport material also has potential for CO₂ emissions in the construction process.

The purpose of this study was to analyze the amount of CO₂ emissions from a process of construction and operation of buildings, mapping carbon footprint and efforts to reduce carbon emissions every aspect and identify factors influence the CO₂ emissions from the existing stages.

This research method in the shape of mapping of all the items which have the potential emissions at the stage of pre-construction, construction and post-construction. Construction stage begins by reviewing working drawings and BOQ (Build of Quantity) to decompose the carbon footprint of materials and transportation. Mapping using Microsoft Excel to calculate equations activity data multiplied by emission factors to determine the amount of emissions.

The result of the calculation of the carbon footprint of residential type 45 m² in the city of Kupang is 39,33 kgCO₂ at pre-construction stage, 10.766.289, 11 kgCO₂ on the stages of construction and 6.052,23 kgCO₂ on post-construction phases within one year of the building operations.

Keywords : Carbon footprint, house type 45 sqm, CO₂ emissions.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Ynag Maha Esa, atas kasih dan karunia yang diberikan-Nya, sehingga saya dapat menyelesaikan Tesis yang berjudul Perhitungan Jejak Karbon Bangunan Rumah Tinggal Tipe 45 m² Di Kota Kupang sesuai jadwal yang ditentukan dengan baik.

Penyusunan tesis ini tidak terlepas dari bantuan dan peranan berbagai pihak yang telah menyumbangkan tenaga, pikiran, waktu dan bimbingan baik secara langsung maupun tidak langsung. Dalam kesempatan yang baik ini saya ingin mengucapkan teima kasih kepada :

1. **Prof. Ir. Prasasto Satwiko, MBSc, Ph.D.** selaku pembimbing.
2. **Dr. Amos Setiadi, ST, MT.** selaku Ketua Program Studi Magister Teknik Arsitektur Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. **Ir. A. Djoko Istiadji, M.Build.Sc.** dan **F. Binarti, ST. Dipl NDS. Arch** selaku dosen penguji.
4. Dosen dan segenap staf admisi Program Pascasarjana Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
5. **Bapak Lukas Lapenangga** dan **Mamak Amelina Lapenangga – Balol, Kakak Kornelis Bili, Kakak Merlin H. Lapenangga-Bili, Adik Febriyanti Lapenangga** dan **Adik Julita S. Lapenangga** yang selalu memberikan perhatian, bimbingan dan doa restu dalam hangat kasih Tuhan Yesus Kristus.
6. Bapak dan Ibu pemilik rumah tipe 45 m² di perumahan Lopo Indah Permai Gang III, Blok G, No. 32, RT. 35/RW 12 yang telah bersedia diwawancara dan menjadikan rumah mereka sebagai objek studi.
7. Bapak dan ibu staf di kantor PT. Lopo Indah Permai yang telah bersedia diwawancara dan memberikan berbagai data yang saya perlukan untuk mendukung penulisan tesis ini.
8. Teman-teman Pascasarjana angkatan September 2014 dan Januari 2015 : **Pak Cas Nugi, Arya Zabdi Kwe, Budhi B. Lily, Monika Tce, Juliana Mberu,**

Juliana Togas, Vinsensius Sigrid Cani, Wahyu B. Lesmono, Nopriani D. Samosir, Alexaner Dea, Tsoraya, Pak Slamet, Dimas, David dan Edo.

9. Teman-teman kontrakan Blok-O : **Budhi Lily, Juliana Mberu, Ian Mberu, Angela Banamtuan, Anto, Rhodys Ndoen dan Andi Hamza** juga semua keluarga serta teman di Yogyakarta dan di NTT yang selalu mendukung dan mendoakan dengan penuh kasih.
10. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulisan tesis ini namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penuh harapan saya semoga Tesis ini bermanfaat bagi semua pihak, terutama bagi saya sendiri dan pengembangan ilmu pengetahuan. Disadari bahwa penyusunan Tesis ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saya sangat mengharapkan kritik, saran dan masukan dari semua pihak demi keberlanjutan studi ini.

Yogyakarta, 28 Juli 2016



Apridus Kefas Lapenangga

DAFTAR ISI

JUDUL TESIS	i
PENGESAHAN TESIS.....	ii
PENGESAHAN TESIS.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
PERSEMBAHAN.....	v
INTISARI	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB 1	
PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	7
1.3. Batasan Masalah	7
1.3.1. Lingkup substansial	7
1.3.2. Lingkup Spasial	8

1.4. Manfaat Penelitian.....	8
1.5. Tujuan Penelitian.....	9
1.6. Sistematika Penulisan	9
 BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	12
2.1. Pemanasan Global	12
2.2. Gas Rumah Kaca	14
2.2.1. Energi.....	16
2.2.2. Industri.....	17
2.2.3. Pertanian.....	19
2.2.4. Tataguna lahan dan kehutanan	20
2.2.5. Limbah.....	20
2.3. Jejak Karbon.....	22
2.3.1. Jejak karbon primer.....	22
2.3.2. Jejak karbon sekunder	23
2.3.3. Jejak karbon material bangunan	23
2.4. Faktor Emisi	24
2.4.1. Faktor emisi primer	25
2.4.2. Faktor emisi sekunder.....	26

BAB III

METODELOGI PENELITIAN..... 28

3.1. Pola Prosedural Penelitian.....	28
3.1.1. Tahap persiapan penelitian	28
3.1.2. Tahap pengumpulan data	29
3.2. Cara Pelaksanaan Penelitian	30
3.2.1. Cara pengumpulan data	30
3.2.2. Cara analisis data.....	30
3.3. Cara penarikan kesimpulan	32
3.4. Variabel Analisa	32
3.5. Kerangka Penelitian	34
3.6. Keaslian Penelitian.....	35

BAB IV

TINJAUAN OBJEK STUDI 37

4.1. Lokasi studi	37
4.1.1. Gambaran umum Kota Kupang.....	37
4.1.2. Gambaran khusus lokasi studi	42
4.2. Objek studi	45
4.2.1. Rumah tipe 45 m ²	45
4.2.2. Penentuan objek studi.....	48

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN..... 50

5.1. Pendahuluan	50
5.2. Analisis.....	50
5.2.1. Persamaan perhitungan emisi	50
5.2.2. Analisis pra konstruksi	52
5.2.3. Analisis konstruksi.....	57
5.2.4. Analisis pasca konstruksi (operasional bangunan)	73
5.3. Hasil Perhitungan	78
5.3.1. Perhitungan emisi pra konstruksi	78
5.3.2. Perhitungan emisi konstruksi.....	78
5.3.3. Perhitungan emisi pasca konstruksi.....	79

BAB VI

KESIMPULAN..... 80

6.1. Kesimpulan.....	80
6.1.1. Emisi pra konstruksi	80
6.1.2. Emisi konstruksi	81
6.1.3. Emisi pasca konstruksi	82
6.1.4. Perbandingan emisi CO ₂ yang dihitung dengan emisi CO ₂ per kapita Indonesia	83

6.2. Saran.....	84
6.2.1. Tahapan pra konstruksi	84
6.2.2. Tahapan konstruksi	84
6.2.3. Tahapan pasca konstruksi	85
DAFTAR PUSTAKA.....	86
LAMPIRAN – LAMPIRAN.....	89
Lampiran 1. Perhitungan jejak karbon tahapan pra konstruksi.....	89
Lampiran 2. Perhitungan jejak karbon konstruksi	91
Lampiran 3. Perhitungan jejak karbon pasca konstruksi	130
Lampiran 4. Gambar kerja rumah tipe 45 m ²	135

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Emisi CO ₂ dari Bangunan- <i>IPCC Hight Growth Scenario</i>	4
Gambar 2. Prosentase Gas Rumah Kaca.....	5
Gambar 3. <i>Building LiFE Cycle</i>	6
Gambar 4. Hubungan antara konsentrasi CO ₂ dan temperatur global dari danau Vostok-Antartika dengan proyeksi.....	13
Gambar 5. Tahapan siklus dari bangunan <i>LiFE Cycle Phases of Buildings</i>	17
Gambar 6. Pengelompokan inventarisasi emisi GRK dari kegiatan industri.....	19
Gambar 7. Ilustrasi kategori sumber-sumber emisi GRK sektor energi	23
Gambar 8. Input data faktor emisi.....	31
Gambar 9. Alur Cara Pelaksanaan Penelitian	32
Gambar 10. Bagan kerangka berpikir perhitungan jejak karbon	34
Gambar 11. Peta rencana jaringan jalan.....	40
Gambar 12. Kantor dan Gudang Lopo Indah Permai Kupang.....	42
Gambar 13. Lokasi objek kajian	43
Gambar 14. Jaringan jalan dalam kawasan	44
Gambar 15. Pencapaian ke kawasan perumahan	45
Gambar 16. Gambar kerja denah dan tampak rumah tipe 45 m ²	46
Gambar 17. Kondisi eksisting objek kajian	47
Gambar 18. Jarak lokasi objek kajian	53
Gambar 19. Lokasi pengambilan air kerja	59
Gambar 20. Lokasi pengambilan pasir dan kerikil	59

Gambar 21. Lokasi pengambilan kayu	60
Gambar 22. Lokasi pengambilan semen	62
Gambar 23. Lokasi pengambilan batu roster dan batako	62
Gambar 24. Lokasi pengambilan material pabrikasi	63
Gambar 25. Jarak pelabuhan tenau ke lokasi pembangunan.....	64
Gambar 26. Lokasi perumahan Lopo Indah.....	72
Gambar 27. Lokasi pembuangan akhir Osmok.....	72
Gambar 28. <i>Chart</i> Emisi CO ₂ Pra Konstruksi	81
Gambar 29. <i>Chart</i> Emisi CO ₂ Konstruksi.....	81
Gambar 30. <i>Chart</i> Emisi CO ₂ Pasca Konstruksi.....	83

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Potensi pemanasan global dari berbagai jenis GRK	15
Tabel 2. Kategori sumber emisi dan kegiatan energi	16
Tabel 3. Potensi pemanasan global berbagai jenis GRK	18
Tabel 4. Nilai kalor bahan bakar Indonesia	21
Tabel 5. Informasi jejak karbon beberapa material bangunan	24
Tabel 6. Faktor emisi dan NCV bahan bakar LPG	25
Tabel 7. Faktor emisi dan NVC bahan bakar minyak tanah	26
Tabel 8. Variabel analisa.....	33
Tabel 9. Keaslian penelitian.....	35
Tabel 10. Banyak penduduk, luas wilayah, dan kepadatan penduduk menurut kecamatan, 2013	37
Tabel 11. Banyak penduduk, luas wilayah dan kepadatan penduduk menurut kecamatan, 2013	39
Tabel 12. Banyak kendaraan umum dan pribadi menurut jenisnya, 2012	40
Tabel 13. Volume bongkar muat barang di pelabuhan Tenau Kupang, 2010-2013	41
Tabel 14. Kebutuhan luas minimum bangunan dan lahan untuk rumah sederhana sehat.....	49
Tabel 15. Jarak pabrik ke pelabuhan Tanjung Perak	63
Tabel 16. Faktor emisi material alami.....	65
Tabel 17. Faktor emisi material fabrikasi	67

Tabel 18. Jumlah daya alat bermesin listrik.....	70
Tabel 19. Jenis alat elektronik dan waktu penggunaan.....	75
Tabel 20. Jenis lampu dan waktu penggunaan.....	77
Tabel 21. Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Pra Konstruksi.....	78
Tabel 22. Hasil Perhitungan Emisi CO ₂ Proses Konstruksi.....	79
Tabel 23. Hasil perhitungan Emisi CO ₂ Pasca Konstruksi	79
Tabel 24. Perhitungan Emisi CO ₂ Alat Elektronik	89
Tabel 25. Perhitungan Emisi CO ₂ Alat Transportasi	89
Tabel 26. Konversi Konsumsi Bensin dari km/ltr ke ltr/jam	90
Tabel 27. Total Perhitungan Emisi CO ₂ Pra Konstruksi	90
Tabel 28. Perhitungan Emisi CO ₂ <i>Concrete Mixer</i>	91
Tabel 29. Perhitungan Emisi CO ₂ Mesin Listrik	92
Tabel 30. Total Perhitungan Emisi CO ₂ Alat Konstruksi	92
Tabel 31. Perhitungan Emisi CO ₂ Transportasi Peralatan dan Sisa Material	93
Tabel 32. Perhitungan Emisi CO ₂ Mobil <i>Dump Truck</i>	94
Tabel 33. Perhitungan Emisi CO ₂ Mobil Kontainer	98
Tabel 34. Perhitungan Emisi CO ₂ Kapal Kargo.....	101
Tabel 35. Total Emisi CO ₂ Transportasi Material	102
Tabel 36. Uraian Analisa Emisi Per Satuan Pekerjaan	103
Tabel 37. Perhitungan Emisi CO ₂ Material Konstruksi	121
Tabel 38. Total Perhitungan Emisi CO ₂ Material Konstruksi	128
Tabel 39. Rekap Total Perhitungan Emisi CO ₂ Tahapan Konstruksi	129
Tabel 40. Perhitungan Emisi CO ₂ Bahan Bakar Memasak.....	130

Tabel 41. Perhitungan Emisi CO ₂ Penggunaan Lampu	130
Tabel 42. Perhitungan Emisi CO ₂ Penggunaan ALat Elektronik dan AC	132
Tabel 43. Perhitungan Emisi CO ₂ ALat Transportasi	133
Tabel 44. Konversi konsumsi BBM.....	134
Tabel 45. Rekap Total Perhitungan Emisi CO ₂ Pasca Konstruksi.....	134

