

**ANALISIS *VALUE ENGINEERING* (VE) DAN EMISI
GAS RUMAH KACA DENGAN METODE *LIFE CYCLE*
ASSESSMENT (LCA) PADA STRUKTUR BETON
(STUDI KASUS : GEDUNG PLANETARIUM PROYEK
REVITALISASI PKJ TIM TAHAP II)**

*ANALYSIS OF VALUE ENGINEERING (VE) AND GREEN
HOUSE GASES EMISSIONS USING LIFE CYCLE
ASSESSMENT (LCA) METHOD FOR CONCRETE
STRUCTURE
(CASE STUDY : PLANETARIUM BUILDING ON SECOND
PHASE REVITALISATION PROJECT OF PKJ TIM)*

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana pada
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sebelas Maret Surakarta*



**Disusun Oleh :
RETNO SUNARNI
NIM. I0118123**

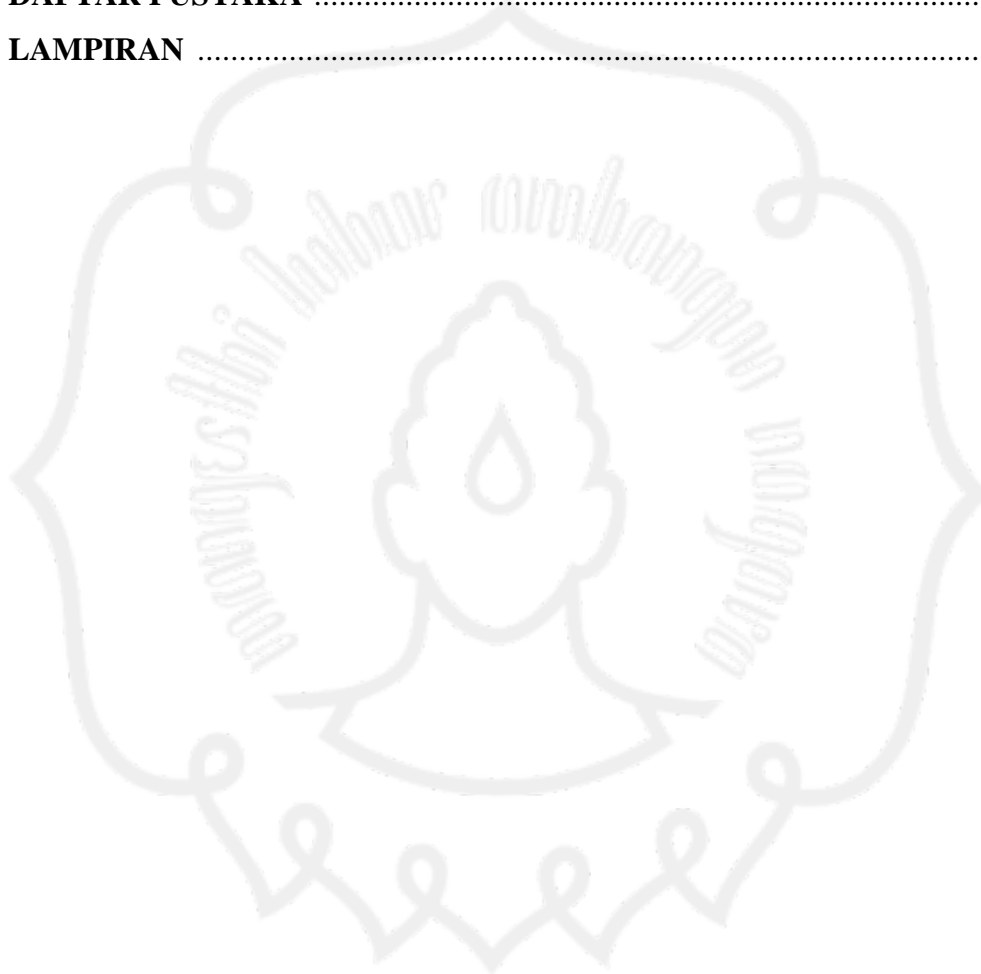
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2022**

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK.....	v
PRAKATA	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR NOTASI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB 2 LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 <i>Value Engineering</i> atau Rekayasa Nilai	10
2.2.1.1 Definisi <i>Value Engineering</i> atau Rekayasa Nilai	10
2.2.1.2 Karakteristik <i>Value Engineering</i>	10
2.2.1.3 Dasar Pemikiran <i>Value Engineering</i>	12
2.2.2 <i>Cost Breakdown Model</i>	12
2.2.3 Hukum Distribusi Pareto	13
2.2.4 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	13
2.2.5 Tahapan Metode LCA	14
2.2.6 Emisi Gas Rumah Kaca	14
2.2.7 Jenis Pekerjaan Proyek Konstruksi Gedung	16
2.2.8 Aditif	17

2.2.9 Struktur Beton Bertulang	18
2.2.9.1 Balok	18
2.2.9.2 Kolom	20
2.2.9.3 Pelat	21
2.2.10 <i>Cost Effectiveness Analysis (CEA)</i>	23
BAB 3 METODE PENELITIAN	24
3.1 Jenis Penelitian	24
3.2 Lokasi Penelitian	24
3.3 Proses Penelitian	25
3.3.1 Tahap Persiapan	25
3.3.2 Data Penelitian	26
3.3.3 Teknik Pengumpulan Data	26
3.3.4 Analisis Data	27
3.4 <i>Flow Chart</i> Penelitian	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Pendahuluan Umum	31
4.2 Tahap Informasi	32
4.2.1 Data Proyek	32
4.2.2 <i>Cost Breakdown Model</i>	33
4.3 Tahap Analisis	39
4.3.1 Analisis Bahan Aditif Semen Penyusun Material Beton	39
4.3.2 Analisis Struktur	42
4.3.2.1 Analisis Kekuatan Struktur Balok B49C	49
4.3.2.2 Analisis Kekuatan Struktur Balok B412B I	60
4.3.2.3 Analisis Struktur Volume Pekerjaan Beton, Bekisting, dan Pembesian	75
4.3.3 Analisis Biaya	85
4.3.3.1 Analisis Biaya Pekerjaan Balok	85
4.3.3.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)	96
4.3.4 Analisis Emisi Gas Rumah Kaca	98
4.3.5 Analisis <i>Cost Effectiveness Analysis (CEA)</i>	102
4.4 Tahap Pengembangan	104

4.4.1 Berdasarkan Metode <i>Value Engineering</i> (VE)	104
4.4.2 Berdasarkan Metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)	105
4.4.3 Berdasarkan Metode <i>Cost Effectiveness Analysis</i> (CEA)	106
4.5 Tahap Rekomendasi	108
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	110
5.1 Kesimpulan	110
5.2 Saran	111
DAFTAR PUSTAKA	xviii
LAMPIRAN	xx



DAFTAR NOTASI

a	= Tinggi blok tegangan persegi ekuivalen balok (mm)
A_g	= Luas bruto penampang beton (mm^2)
A_n	= Luas tulangan dalam braket atau korbek yang menahan gaya tarik (mm^2)
A_s	= Luas tulangan tarik longitudinal nonprategang (mm^2)
A_s'	= Luas tulangan tekan (mm^2)
b	= Panjang balok (mm)
C_c	= Gaya dalam kondisi tekan pada beton (N)
d	= Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal (mm)
d'	= Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal (mm)
$D_{sengkan}$	= Diameter tulangan sengkang (mm)
D_{utama}	= Diameter tulangan utama (mm)
E_s	= Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural (Nmm atau MPa)
FE	= Faktor emisi gas rumah kaca material penyusun beton
f_c'	= Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)
f_s	= Tegangan tarik yang dihitung dalam tulangan saat beban layan (MPa)
f_y	= Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan (MPa)
$f_{y geser}$	= Kekuatan leleh tulangan transversal yang disyaratkan (MPa)
h	= Tinggi balok (mm)
H	= Total balok (mm)
m	= Rasio tulangan
M_n	= Momen nominal pada penampang (Nmm)
M_u	= Momen <i>ultimate</i> /terfaktor pada penampang (Nmm)
n	= Banyak tulangan yang perlu dipasang
p	= Selimut beton (mm)
T_s	= Gaya dalam kondisi tarik pada tulangan tarik sudah leleh (N)

s_{perlu}	= Jarak antar tulangan sengkang (mm)
R_n	= Koefisien resistensi (MPa)
V_c	= Kekuatan geser nominal yang disediakan oleh beton (N)
V_{ol}	= Volume material penyusun beton (kgCO ₂ e)
V_n	= Kekuatan geser nominal (N)
V_s	= Kekuatan gese nominal yang diberikan oleh penulangan geser (N)
V_u	= Gaya geser terfaktor penampang (N)
β_1	= Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekuivalen dengan tinggi sumbu netral
ϵ_s'	= Regangan maksimum yang digunakan pada serat tekan beton terjauh
ρ	= Rasio A_s terhadap bd
ρ_b	= Rasio tulangan <i>balance</i>
ρ_{max}	= Rasio tulangan perlu maksimum
ρ_{min}	= Rasio tulangan perlu minimum
ρ'	= Rasio A_s' terhadap bd
ϕ_{geser}	= Faktor reduksi kekuatan geser
ϕ_{lentur}	= Faktor reduksi kekuatan lentur

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Cost breakdown model</i> , Dell'Isola (1974)	12
Tabel 2.2 Emisi gas rumah kaca produksi bahan baku atau penyusun material beton, Fajar Sri Handayani (2019)	16
Tabel 4.1 Hasil <i>cost breakdown model</i> seluruh pekerjaan, Hasil Analisis (2022)	34
Tabel 4.2 Hasil <i>cost breakdown model</i> pekerjaan struktur atas, Hasil Analisis (2022)	37
Tabel 4.3 Data dan hasil <i>mix design</i> beton dari bahan aditif semen <i>existing</i> , PT. Yodya Karya (2021)	40
Tabel 4.4 Data dan hasil <i>mix design</i> beton dari bahan aditif semen alternatif, (Ahmad S., 2018; Arief R., 2017; Putri L., 2018)	40
Tabel 4.5 Tipe, sumber, dan karakteristik bahan penyusun campuran beton dari setiap alternatif, (Ahmad S., 2018; Arief R., 2017; Putri L., 2018)	41
Tabel 4.6 Karakteristik setiap alternatif bahan aditif semen, (Iswanto, 2011; Markus B., 2019; Wibowo dkk, 2018).....	42
Tabel 4.7 Data seluruh tipe balok Gedung Planetarium, PT. Yodya Karya (2021)	44
Tabel 4.8 Data desain awal (<i>existing</i>) struktur balok B49C dan B412B I, Hasil Analisis Berdasarkan SNI 2847:2019 (2022).....	47
Tabel 4.9 Data desain alternatif struktur balok B49C dan B412B I, Hasil Analisis Berdasarkan SNI 2847:2019 (2022)	48
Tabel 4.10 Volume pekerjaan beton pada $f'c$ 30 MPa tanpa reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022).....	75
Tabel 4.11 Volume pekerjaan beton pada $f'c$ 34 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	75
Tabel 4.12 Volume pekerjaan beton pada $f'c$ 41,4 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	75
Tabel 4.13 Volume pekerjaan beton pada $f'c$ 45 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	76

Tabel 4.14 Volume pekerjaan bekisting pada $f'c$ 30 MPa tanpa reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	76
Tabel 4.15 Volume pekerjaan bekisting pada $f'c$ 34 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	76
Tabel 4.16 Volume pekerjaan bekisting pada $f'c$ 41,4 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	77
Tabel 4.17 Volume pekerjaan bekisting pada $f'c$ 45 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	77
Tabel 4.18 Rekapitulasi volume pekerjaan balok B49C, Hasil Analisis Berdasarkan SNI 2847:2019 (2022)	83
Tabel 4.19 Rekapitulasi volume pekerjaan balok B412B I, Hasil Analisis Berdasarkan SNI 2847:2019 (2022)	84
Tabel 4.20 Rekapitulasi volume pekerjaan balok B49C dan B412B I, Hasil Analisis (2022)	84
Tabel 4.21 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 30 MPa tanpa bahan aditif <i>fly ash</i> , Hasil Analisis (2022)	86
Tabel 4.22 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 30 MPa dengan bahan aditif <i>fly ash</i> , Hasil Analisis (2022)	87
Tabel 4.23 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 34 MPa tanpa bahan aditif zeolit, Hasil Analisis (2022)	88
Tabel 4.24 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 34 MPa dengan bahan aditif zeolit, Hasil Analisis (2022)	89
Tabel 4.25 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 41,4 MPa tanpa bahan aditif <i>silica fume</i> , Hasil Analisis (2022)	90
Tabel 4.26 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 41,4 MPa dengan bahan aditif <i>silica fume</i> , Hasil Analisis (2022)	91
Tabel 4.27 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 45 MPa tanpa bahan aditif metakaolin, Hasil Analisis (2022)	92
Tabel 4.28 Harga satuan pembuatan 1 m ³ beton $f'c$ 45 MPa dengan bahan aditif metakaolin, Hasil Analisis (2022)	93
Tabel 4.29 Harga satuan pemasangan 1 m ² bekisting untuk balok beton bangunan Gedung, Hasil Analisis (2022)	94

Tabel 4.30 Harga satuan pekerjaan pembesian dengan besi polos/ulir (10 kg), Hasil Analisis (2022)	95
Tabel 4.31 RAB balok <i>existing</i> dengan bahan aditif <i>fly ash</i> f'c 30 MPa, Hasil Analisis (2022)	96
Tabel 4.32 RAB balok <i>existing</i> tanpa bahan aditif <i>fly ash</i> f'c 30 MPa, Hasil Analisis (2022)	97
Tabel 4.33 Rekapitulasi RAB pekerjaan balok <i>existing</i> dan tiap alternatif, Hasil Analisis (2022)	97
Tabel 4.34 Rekapitulasi emisi GRK pada <i>mix design</i> beton asli (<i>existing</i>) balok B49C dan B412B I dengan bahan aditif <i>fly ash</i> (f'c = 30 MPa), Hasil Analisis (2022)	99
Tabel 4.35 Rekapitulasi emisi GRK yang dihasilkan dari setiap bahan material, Hasil Analisis (2022)	101
Tabel 4.36 Rekapitulasi total emisi GRK yang dihasilkan, Hasil Analisis (2022)	102
Tabel 4.37 Nilai CEA dari setiap alternatif, Hasil Analisis (2022)	103
Tabel 4.38 Analisis perbandingan biaya dengan metode <i>Value Engineering</i> (VE), Hasil Analisis (2022)	104
Tabel 4.39 Analisis perbandingan emisi gas rumah kaca dengan metode <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA), Hasil Analisis (2022)	105
Tabel 4.40 Analisis perbandingan selisih biaya dan selisih emisi gas rumah kaca dengan metode <i>Cost Effectiveness Analysis</i> (CEA), Hasil Analisis (2022)	106
Tabel 4.41 Penghematan biaya alternatif terpilih berdasarkan metode VE, Hasil Analisis (2022)	107
Tabel 4.42 Penurunan emisi GRK alternatif terpilih berdasarkan metode LCA, Hasil Analisis (2022)	107
Tabel 4.43 Keefektifan atau penghematan biaya dan emisi GRK alternatif terpilih berdasarkan metode CEA, Hasil Analisis (2022)	108

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Lokasi penelitian, <i>Google Maps</i> (2022)	25
Gambar 3.2 <i>Flow chart</i> penelitian, Penulis (2022)	30
Gambar 4.1 Gedung Planetarium Proyek Revitalisasi PKJ TIM Tahap II, Lampiran KAK PT. Yodya Karya (2021)	33
Gambar 4.2 Grafik Hukum Distribusi Pareto seluruh pekerjaan, Hasil Analisis (2022).....	36
Gambar 4.3 Diagram Hukum Distribusi Pareto seluruh pekerjaan, Hasil Analisis (2022)	36
Gambar 4.4 Grafik Hukum Distribusi Pareto pekerjaan struktur atas, Hasil Analisis (2022).....	38
Gambar 4.5 Diagram Hukum Distribusi Pareto pekerjaan struktur atas, Hasil Analisis (2022)	38
Gambar 4.6 Alternatif bahan aditif semen penyusun material beton, (PT. Yodya Karya, 2021; Ahmad S., 2018; Arief R., 2017; Putri L., 2018).. ..	39
Gambar 4.7 Diagram momen dan gaya geser pada balok B49C f'c 30 MPa tanpa reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	49
Gambar 4.8 Hasil cek struktur <i>output</i> SAP2000 pada balok B49C f'c 30 MPa tanpa reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	57
Gambar 4.9 Data desain SAP2000 pada balok B49C f'c 30 MPa tanpa reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	58
Gambar 4.10 Diagram momen dan gaya geser pada balok B412B I f'c 34 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	60
Gambar 4.11 Hasil cek struktur <i>output</i> SAP2000 pada balok B412B I f'c 34 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	68
Gambar 4.12 Data desain SAP2000 pada balok B412B I f'c 34 MPa dengan reduksi dimensi, Hasil Analisis (2022)	69
Gambar 4.13 Hasil analisis <i>output software</i> SAP2000 v.14 dari keseluruhan struktur Gedung Planetarium pada kondisi <i>existing</i> , Hasil Analisis (2022).....	71

- Gambar 4.14** Hasil analisis *output software* SAP2000 v.14 dari keseluruhan struktur Gedung Planetarium pada kondisi alternatif 1, Hasil Analisis (2022)..... 72
- Gambar 4.15** Hasil analisis *output software* SAP2000 v.14 dari keseluruhan struktur Gedung Planetarium pada kondisi alternatif 2, Hasil Analisis (2022) 73
- Gambar 4.16** Hasil analisis *output software* SAP2000 v.14 dari keseluruhan struktur Gedung Planetarium pada kondisi alternatif 3, Hasil Analisis (2022)..... 74

