

**KAJIAN EMISI KARBON  
FLY ASH DAN STEEL SLAG SEBAGAI PENGGANTI SEMEN  
PADA CAMPURAN BETON MENGGUNAKAN METODE  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

**TUGAS AKHIR**

**SALMA FAUZIYYAH**

**111.16.010**

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada Program Studi Teknik Sipil*



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK DAN DESAIN  
INSTITUT TEKNOLOGI SAINS BANDUNG  
KABUPATEN BEKASI**

**2020**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

NAMA : SALMA FAUZIYYAH

NIM : 111.16.010

JUDUL : KAJIAN EMISI KARBON *FLY ASH* DAN *STEEL SLAG*  
SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN  
BETON MENGGUNAKAN METODE *ARTIFICIAL  
NEURAL NETWORK* (ANN)

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri, saya tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan – bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijazah pada Institut Teknologi Sains Bandung atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Institut Teknologi Sains Bandung.

Demikian pernyataan ini saya buat.

Lampung, Agustus 2020

Penulis



**Salma Fauziyyah**

**HALAMAN PENGESAHAN**  
**KAJIAN EMISI KARBON**  
***FLY ASH* DAN *STEEL SLAG* SEBAGAI PENGGANTI SEMEN**  
**PADA CAMPURAN BETON MENGGUNAKAN METODE**  
***ARTIFICIAL NEURAL NETWORK* (ANN)**

**TUGAS AKHIR**

**SALMA FAUZIYYAH**

**111.16.010**

*Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik pada program studi Teknik Sipil*

**Menyetujui,**

**Pembimbing 1**



**Ilham, M.T.**  
NIP. 19830703201704541

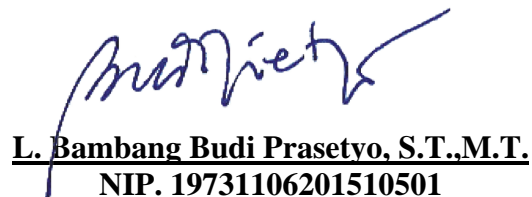
**Pembimbing 2**



**Siswanti Zuraida, S.Pd., M.T.**  
NIP. 19900305201510508

**Mengetahui**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil,**



**L. Bambang Budi Prasetyo, S.T., M.T.**  
NIP. 19731106201510501

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT berkat Rahmat, Hidayah, dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal tugas akhir dengan judul “**KAJIAN EMISI KARBON FLY ASH DAN STEEL SLAG SEBAGAI PENGGANTI SEMEN PADA CAMPURAN BETON MENGGUNAKAN METODE ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**”. Laporan tugas akhir ini disusun guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan program Strata-1 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung.

Dalam proses penyusunannya segala hambatan yang ada dapat teratasi berkat bantuan, bimbingan, dorongan dan pengarahan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan keluarga. Ayahanda Sudarmaji, Ibunda Dewi Handayani, dan Adik Firza Fauzy Akbar, yang selalu berdo'a, memberikan nasihat, arahan dan dukungan yang tiada batas kepada penulis untuk tetap bersemangat dan optimis dalam menghadapi segala sesuatunya serta kasih sayang yang selalu tercurah selama ini.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ari Darmawan Pasek, MSc. Selaku Rektor ITSB.
3. Bapak Leo Bambang Budi Prasetyo, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung.
4. Bapak Ilham, M.T dan Ibu Siswanti Zuraida, S.Pd., M.T. Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah meluangkan waktu dengan sabar dan penuh perhatian mendengar keluh kesah penulis dan dengan bijaksana membimbing penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
5. Ibu Annisa, S.T., M.T. Selaku Koordinator Tugas Akhir Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung atas bimbingan, saran, dan motivasi yang diberikan.
6. Bapak Henry Armijaya, S.T., M.T. Selaku dosen wali yang telah membimbing penulis dari awal sampai akhir dalam belajar di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung.

7. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Desain, Institut Teknologi Sains Bandung, yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama masa kuliah ini.
8. Teman-teman seperjuangan di Teknik Sipil 2016, Ari, Cabay, Dhea, Ester, Firda, Hady, Itsna, Umar, serta keluarga Teknik Sipil seluruh angkatan, terima kasih atas semangat dan bantuannya selama ini.
9. Ibnu Hidayat, yang selalu menemani, memberi semangat, dukungan, kritikan, dan masukan kepada penulis. Terimakasih sudah menjadi *partner in civil*.
10. Teman-teman seperjuangan SD-SMA yang selalu menanyakan kabar tugas akhir dan menyemangati penulis.
11. Seluruh pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari kekurangan dan kelemahan. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna perbaikan penulisan di masa yang akan datang. Besar harapan penulis agar tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Lampung, Agustus 2020

Penulis

Salma Fauziyyah

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL .....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar belakang.....	1
1.2. Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.3. Batasan Penelitian .....	3
1.4. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pengertian Beton .....	6
2.1.1 Keunggulan dan Kelemahan Beton.....	6
2.1.2 Persyaratan Bahan Penyusun Beton .....	7
2.2 Beton Raman Lingkungan.....	10
2.6 <i>Fly ash</i> (Abu Terbang).....	12
2.3.1 Ketentuan <i>Fly ash</i> dalam SNI 2460:2014.....	13
2.4 <i>Steel slag</i> .....	14
2.4.1 Ketentuan <i>Slag</i> dalam SNI 6385:2016 dan SNI 8379:2017 .....	16
2.5 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> Beton.....	16
2.6 <i>Artificial Neural Network</i> .....	18
2.6.1 <i>Arsitektural Neural Network</i> .....	20
2.6.2 Algoritma Pembelajaran .....	21
2.6.3 Fungsi Aktivasi.....	23
2.6.4 Laju Pembelajaran ( <i>Learning Rate</i> atau <i>Training Speed</i> ) .....	25
2.6.5 <i>Artificial Neural Network</i> dengan Metode Algoritma <i>Backpropagation</i> 26	
2.7 Prediksi.....	31
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	33

3.1	Diagram Alir Penelitian.....	33
3.2	Jenis Penelitian .....	34
3.3	Studi Literatur .....	34
3.4	Persiapan Data.....	35
3.5	Prediksi dengan Regresi Non Linear <i>Microsoft Excel</i> .....	35
3.6	Prediksi dengan Menggunakan <i>Artificial Neural Network</i> .....	36
3.7	Rancangan Komposisi Campuran Beton ( <i>Mix Design</i> ) Beton .....	45
3.8	Perbandingan Emisi Karbon Dari Seluruh Jenis Beton.....	49
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>56</b>
4.1	Batas Material Sementisius Untuk Campuran Beton.....	56
4.2	Hasil Analisis Regresi Non Linear Menggunakan <i>Microsoft Excel</i> untuk <i>Fly ash</i> Kelas F .....	57
4.3	Hasil Analisis Regresi Non Linear Menggunakan <i>Microsoft Excel</i> untuk <i>Fly ash</i> Kelas C .....	57
4.4	Hasil Analisis Regresi Non Linear Menggunakan <i>Microsoft Excel</i> untuk <i>Steel slag</i> .....	58
4.5	Hasil Proses <i>Training</i> dan <i>Testing</i> Data dari Jurnal-Jurnal Beton dengan <i>Fly ash</i> Menggunakan Metode <i>Artificial Neural Network</i> .....	59
4.5.1	Pemrosesan Data Beton dengan <i>Fly ash</i> Kelas F Sebagai Bahan Substitusi Semen .....	59
4.5.2	Pemrosesan Data Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	62
4.6	Hasil Proses <i>Training</i> dan <i>Testing</i> Data dari Jurnal-Jurnal <i>Steel slag</i> Menggunakan Metode <i>Artificial Neural Network</i> .....	65
4.7	Hasil Rancangan Campuran ( <i>Mix Design</i> ) Beton .....	67
4.8	Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton dengan <i>Artificial Neural Network</i> ( <i>ANN</i> ) .....	68
4.8.1	Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Fly ash</i> Kelas F.....	68
4.8.2	Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	70
4.8.3	Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Steel slag</i> .....	71
4.9	Emisi Karbon Beton.....	72
4.9.1	Emisi Karbon Beton Normal .....	72
4.9.2	Emisi Karbon Beton <i>Fly ash</i> Kelas F .....	73
4.9.3	Emisi Karbon Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	74
4.9.4	Emisi Karbon Beton <i>Steel slag</i> .....	75
4.10	Perbandingan Biaya Material Beton .....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>78</b>

<b>5.1 Kesimpulan .....</b>	<b>78</b>
<b>5.2 Saran.....</b>	<b>78</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>80</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>84</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan Kimia <i>Fly ash</i> .....	14
Tabel 2.2 Komposisi Kimia <i>Fly ash</i> .....	14
Tabel 2.3 Komposisi Kimia <i>Steel slag</i> .....	15
Tabel 2.4 Persyaratan Kimia dan Fisik <i>Slag</i> .....	16
Tabel 2.5 Komposisi Kimia Semen Portland .....	17
Tabel 2.6 Tahapan serta Langkah Algoritma <i>Backpropagation</i> .....	28
Tabel 3.1 Jurnal-Jurnal <i>Fly ash</i> Kelas F .....	36
Tabel 3.2 Jurnal-Jurnal <i>Fly ash</i> Kelas C .....	37
Tabel 3.3 Jurnal-Jurnal <i>Steel slag</i> .....	37
Tabel 3.4 Variabel Penelitian .....	38
Tabel 3.5 Parameter Rancangan Campuran Beton .....	46
Tabel 3.6 Hubungan Antara Rasio Air-Semen dan Kekuatan Beton .....	47
Tabel 3.7 Volume Agregat Kasar per Satuan Volume Beton .....	48
Tabel 3.8 Perkiraan Awal Berat Beton Segar .....	49
Tabel 4.1 Persentase material sementisisus dalam beton .....	56
Tabel 4.2 Parameter Variabel Struktur ANN <i>Fly ash</i> Kelas F .....	59
Tabel 4.3 Hasil <i>Training</i> ANN <i>Fly ash</i> Kelas F .....	60
Tabel 4.4 Hasil <i>Testing</i> Aktual dan Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Fly ash</i> Kelas F ANN 6 – 2 – 1 .....	61
Tabel 4.5 Parameter Variabel Struktur ANN Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	62
Tabel 4.6 Hasil <i>Training</i> ANN Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	63
Tabel 4.7 Hasil <i>Testing</i> Aktual dan Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Fly ash</i> Kelas C ANN 6 – 3 – 1 .....	64
Tabel 4.8 Parameter Variabel Struktur ANN Beton dengan <i>Steel slag</i> .....	65
Tabel 4.9 Hasil <i>Training</i> ANN Beton <i>Steel slag</i> .....	66
Tabel 4.10 Hasil <i>Testing</i> Aktual dan Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Steel slag</i> .....	67
Tabel 4.11 <i>Mix Design</i> Beton Mutu 40 Mpa .....	68
Tabel 4.12 Proporsi Campuran Beton dengan Campuran <i>Fly ash</i> atau <i>Steel slag</i> .....	68
Tabel 4.13 Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Fly ash</i> Kelas F Usia 28 Hari .....	69
Tabel 4.14 Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Fly ash</i> Kelas C Usia 28 Hari .....	70

Tabel 4.15 Hasil Prediksi Kuat Tekan Beton <i>Steel slag</i> Usia 28 Hari.....	71
Tabel 4.16 Emisi Karbon Beton Normal.....	72
Tabel 4.17 Emisi Karbon Beton <i>Fly ash</i> Kelas F.....	73
Tabel 4.18 Emisi Karbon Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	74
Tabel 4.19 Emisi Karbon Beton <i>Steel slag</i> .....	75
Tabel 4. 20 Biaya Material Penyusun Beton.....	76
Tabel 4. 21 Total Biaya Material Beton Normal.....	76
Tabel 4. 22 Total Biaya Material Beton <i>Fly ash</i> Kelas F.....	76
Tabel 4. 23 Total Biaya Material Beton <i>Fly ash</i> Kelas C .....	76
Tabel 4. 24 Total Biaya Material Beton <i>Steel slag</i> .....	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Presentase kontribusi emisi CO <sub>2</sub> dari beberapa material konstruksi yang digunakan per m <sup>2</sup> pada bangunan gedung .....	11
Gambar 2.2 <i>Life cycle</i> beton .....	17
Gambar 2.3 Arsitektur jaringan neural network sederhana .....	20
Gambar 2.4 Arsitektur jaringan <i>neural network single layer</i> .....	21
Gambar 2.5 Arsitektur jaringan neural network multi layer .....	21
Gambar 2.6 Grafik fungsi aktivasi sigmoid biner .....	23
Gambar 2.7 Fungsi aktivasi sigmoid bipolar .....	24
Gambar 2.8 Fungsi aktivasi linear .....	25
Gambar 2.9 Perubahan bobot untuk <i>learning rate</i> besar .....	25
Gambar 2.10 Perubahan bobot untuk <i>learning rate</i> kecil .....	26
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	33
Gambar 3.2 Rancangan model jaringan ANN .....	40
Gambar 3.3 <i>Project name</i> .....	41
Gambar 3.4 <i>ANN mode</i> .....	41
Gambar 3.5 <i>ANN layout details</i> .....	42
Gambar 3.6 <i>Node map</i> .....	42
Gambar 3.7 Input Data .....	43
Gambar 3.8 Input Data Setelah Diisi .....	43
Gambar 3.11 Grafik <i>training results</i> .....	44
Gambar 3.9 <i>Train ANN</i> .....	51
Gambar 3.10 <i>Training results</i> .....	52
Gambar 3.12 Tampilan <i>use ANN</i> .....	53
Gambar 3.13 Hubungan antar variabel dalam analisis emisi karbon .....	54
Gambar 4.1 Regresi Non Linear Beton <i>Fly ash</i> Kelas F .....	57
Gambar 4. 2 Regresi Non Linear Beton <i>Fly ash</i> Kelas F .....	58
Gambar 4.3 Regresi Non Linear Beton <i>Steel slag</i> .....	58
Gambar 4.4 Ilustrasi struktur ANN 6 – 2 – 1 .....	61
Gambar 4.5 Struktur ANN 6 – 3 – 1 .....	64
Gambar 4.6 Struktur jaringan ANN 6 – 1 – 1 .....	66