

**ANALISIS NUMERIK PENGARUH BEBAN TERMAL
PADA ELEMEN STRUKTUR GEDUNG BETON
BERTULANG BERTINGKAT RENDAH**

TESIS



Oleh :

**Fauzi Ahmad Shobur Gunawan
8101901026**

Pembimbing :

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
FEBRUARI 2022**

**ANALISIS NUMERIK PENGARUH BEBAN TERMAL PADA
ELEMEN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG
BERTINGKAT RENDAH**

TESIS

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Dapat Mengikuti Sidang Akhir
Penelitian Tesis**



Oleh :

**Fauzi Ahmad Shobur Gunawan
8101901026**

Pembimbing :

Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
FEBRUARI 2022**

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS NUMERIK PENGARUH BEBAN TERMAL PADA ELEMEN
STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG BERTINGKAT RENDAH**



Oleh :

**Fauzi Ahmad Shobur Gunawan
8101901026**

**Disetujui Untuk Diajukan Sidang Akhir pada Hari/Tanggal:
Jum'at, 18 Februari 2022**

Pembimbing : Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

Penguji 1 : Prof. Bambang Suryoatmono

Penguji 2 : Dr. Paulus Karta Wijaya

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
BANDUNG
FEBRUARI 2022**

ANALISIS NUMERIK PENGARUH BEBAN TERMAL PADA ELEMEN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG BERTINGKAT RENDAH

**Fauzi Ahmad Shobur G (NPM : 8101901026)
Pembimbing: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro**

**Magister Teknik Sipil
Bandung
Februari 2022**

ABSTRAK

Perkembangan material pada bidang konstruksi di dunia saat ini mengalami peningkatan yang signifikan terutama pada perkembangan material beton dengan kekuatan struktur yang baik terhadap pengaruh perubahan suhu, dimana pada kasus ini perubahan suhu yang dimaksudkan adalah kebakaran yang terjadi akibat adanya sumber api dari percikan api dari lilin, meledaknya tabung gas, dan yang sering terjadi adalah karena arus pendek listrik. Elemen struktur yang dianalisis pada penelitian ini terdiri dari dua analisis yaitu balok sederhana dengan jenis tumpuan jepit-jepit, dan secara global untuk struktur rangka beton, hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar dampak yang dihasilkan dari beban suhu akibat kebakaran terhadap struktur dengan menggunakan metode analisis numerik dan memberikan jenis rekomendasi perkuatan yang baik untuk elemen struktur yang telah mengalami kebakaran. Analisis menggunakan bantuan *software* SAP2000 dan MIDAS Design, mengobservasi pengaruh pada kekuatan dan deformasi akibat penurunan kekuatan material ketika beban termal bekerja. Analisis dilakukan pada pengaruh beban termal untuk setiap interval 100 °C hingga 800 °C. dari adanya pengaruh beban termal pada struktur portal mempengaruhi terhadap kekuatan material struktur, yang membuat kekuatan material mengalami penurunan sebesar 50% pada batas leleh penampang dan mengalami penurunan sebesar 80% pada konsisi batas ultimit karena pada batas ini rambat panas yang terjadi sudah merambat kedalam dan mencapai tulangan membuat baja tulangan mengalami penurunan sebesar 30%. Dimana penurunan-penurunan kekuatan material ini mempengaruhi terhadap pembesaran momen dan lendutan yang terjadi, bahwa pada ketika gedung mengalami kebakaran dengan titik suhu kebaran mencapai >500 °C bahwa banyak elemen struktur yang membutuhkan perkuatan dimana 61% kolom membutuhkan perkuatan 19% balok membutuhkan perkuatan sehingga suhu ini adalah suhu kritis dari peningkatan suhu kebakaran. Perkuatan yang digunakan adalah perkuatan dengan menggunakan CFRP dimana jenis perkuatan ini sangat mudah digunakan namun memiliki daya dukung yang sangat tinggi.

Kata Kunci : struktur beton bertulang, beban termal, pengaruh termal, momen lentur, deformasi.

NUMERICAL ANALYSIS OF FIRE LOADS EFFECTS ON THE LOW-RISE REINFORCED CONCRETE BUILDING ELEMENTS

Fauzi Ahmad Shobur G (NPM : 8101901026)

Adviser: Dr. Johannes Adhijoso Tjondro

Magister of Civil Engineering

Bandung

February 2022

The development of materials in the construction sector in the world today has experienced a significant increase, especially in the development of concrete material with good structural strength against the effects of temperature changes, where in this case the intended temperature change is a fire that occurs due to a fire source from sparks from candles, exploding gas cylinders, and what often happens is due to an electric short circuit. Structural elements analyzed in this study consisted of two analyzes, namely simple beams with clamp-type supports, and globally, for concrete frame structures, numerical values and provide good reinforcement recommendations for structural elements that have experienced fire. Analysis using software SAP2000 and MIDAS Design, observes the effect on strength and deformation due to a decrease in material strength when thermal loads work. Analysis was carried out on the effect of thermal load for each interval from 100 °C to 800 °C. From the influence of thermal loads on the portal structure, it affects the strength of the structural material, which makes the strength of the material decrease by 50% at the yielding cross-sectional limit and experience a decrease of 80% at the ultimate boundary condition because at this limit the heat propagation that occurs has propagated into and reaches reinforcement makes reinforcing steel decreased by 30%. Where the decrease in the strength of this material affects the enlargement of the moment and deflection that occurs, when the building experiences a fire with a fire temperature point reaching >500 °C that many structural elements require reinforcement where 61% of the column requires reinforcement 19% of the beam requires reinforcement so that the temperature, this is the critical temperature for increasing the fire temperature. The reinforcement used is reinforcement using CFRP where this type of reinforcement is very easy to use but has a very high carrying capacity.

Keywords : *Reinforced Concrete, Thermal Load, Thermal Effect, Bending Moment, Deformation.*

KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah SWT, maka penulisan tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini berisi latar belakang dan kajian pustaka penelitian, pemodelan, hasil penelitian dari Analisis Numerik Pengaruh Beban Termal Akibat Kebakaran Pada Elemen Struktur Gedung Beton Bertulang Bertingkat Rendah.

Analisis Numerik Pengaruh Beban Termal Akibat Kebakaran Pada Elemen Struktur Gedung Beton Bertulang Bertingkat Rendah ini digunakan sebagai suatu dasar dalam merancang atau mendesain struktur gedung, sehingga dalam perencanaan struktur memiliki acuan yang dapat digunakan agar desain memiliki kekuatan struktur yang baik terutama terhadap menahan kebakaran dan juga dapat digunakan sebagai acuan dalam memberikan jenis perkuatan terhadap elemen struktur yang mengalami kondisi kritis akibat terjadinya kebakaran.

Dengan penulisan tesis ini diharapkan para pembaca akan mendapatkan gambaran yang jelas mengenai pengaruh suhu terhadap elemen struktur gedung beton bertulang, dengan menggunakan bantuan analisis numerik.

Atas selesainya penulisan tesis ini kami sampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah ikut membantu. Semoga tulisan ini dapat menjadi landasan berpijak yang baik untuk penelitian berikutnya.

Bandung, 07 Februari 2022

Penulis



Fauzi Ahmad Shobur Gunawan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	I
DAFTAR ISI	II
DAFTAR GAMBAR	VI
DAFTAR TABEL	XII
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Pertanyaan Penelitian	3
1.4 Tujuan dan Sasaran	4
1.4.1 Tujuan	4
1.4.2 Sasaran	4
1.5 Manfaat (Outcome)	4
1.6 Ruang Lingkup Kegiatan	4
1.7 Sistematika Penulisan	6
BAB 2	8
KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Umum	8
2.2 Kebakaran	9
2.3 Panas (Heat)	11
2.3.1 Perpindahan Panas	12

2.3.2	Konduktifitas Termal dan Koefisien Perpindahan Panas	13
2.4	Ketahanan Api (Kebakaran)	15
2.5	Ketahanan Material Terhadap Peningkatan Suhu Tinggi (Kebakaran)	16
2.7	Metode Analisis Kebakaran pada Elemen Struktur	22
2.8	Pengaruh Suhu Terhadap Momen Lentur dan Gaya Aksial	23
2.9	Perkuatan CFRP	29
2.10	Analisis Numerik	34
	BAB 3	37
	METODE ANALISIS	37
3.1	Diagram atau Bagan Alir Kegiatan	37
3.2	Diagram atau Bagan Alir Kegiatan	39
3.3	Pembahasan dan Analisis Data	41
	BAB 4	43
	PEMODELAN DAN PEMBEBANAN	43
4.1	Pemodelan Struktur	43
4.2	Spesifikasi dan Data Teknis Elemen Struktur Gedung	43
4.3	Geometri dan Material Propertis SAP2000	46
4.4	Pendefinisian Tumpuan SAP2000	47
4.5	Pembebanan SAP2000	48
4.6	Run analysis dan Output Hasil Analisis SAP2000 Termal	51
4.7	Perhitungan Bending Moment Capacity MIDAS Design	53
4.8	Penentuan Code atau Peraturan Dasar	53
4.9	Material dan Section Propertis MIDAS Design	54

4.10	Pemilihan Jenis Perkuatan atau Retrofitting	54
4.11	Solver Analisis	56
BAB 5		58
HASIL ANALISIS		58
5.1	Penurunan Material Akibat temperatur	58
5.2	Hasil Pemodelan SAP 2000 Akibat Termal	65
5.2.1	Momen dan Lendutan pada Penampang Balok 250x500 Bentang 3 meter Akibat Termal	66
5.2.2	Momen dan Lendutan pada Penampang Balok 250 x 500 Bentang 6m Akibat Termal	68
5.2.3	Momen dan Lendutan pada Penampang Balok 150 x 300	70
5.2.4	Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Kolom 350x350 Akibat Termal 72	
5.3	Menentukan Suhu Kritis	73
5.3.1	Momen Pada Penampang VS dengan Momen Allowable Balok 250 x 300 Bentang 3m	74
5.3.2	Momen Pada Penampang VS dengan Momen Tersedia Balok 250x500 Bentang 6m	76
5.3.3	Momen Pada Penampang VS dengan Momen Tersedia Balok 150x300	78
5.3.4	Momen Pada Penampang VS dengan Momen Tersedia Kolom 350x350	80
5.3.5	Tabel Suhu Keritis	84
5.4	Hasil Pemodelan SAP 2000 Dengan Material Propertis Baru Pengecekan Terhadap Kombinasi Beban Tanpa dan Dengan Gaya Gempa.	85

5.4.1	Hasil Pengecekan Kebutuhan As (Luas Tulangan) pada Pemodelan Dengan Material Propertis Baru Terhadap Kombinasi Beban (1,2DL + 1,2SDL + 1,6LL)	88
5.4.2	Hasil Pengecekan Kebutuhan As (Luas Tulangan) pada Pemodelan Dengan Material Propertis Baru Terhadap Kombinasi Beban (1,46DL + 1,46SDL + 1LL + 0,36EQX + 1,2EQY)	92
5.5	Perkuatan Atau Retrofitting Pada Elemen Struktur	98
5.5.1	Hasil Perkuatan pada Elemen Struktur yang Diperkuat Akibat Adanya Beban (1,2DL + 1,2SDL + 1,6LL)	99
5.5.2	Hasil Perkuatan pada Elemen Struktur yang Diperkuat Akibat Adanya Beban (1,46DL + 1,46SDL + 1LL + 0,36EQX + 1,2EQY)	101
BAB 6		104
KESIMPULAN DAN SARAN		104
6.1	Kesimpulan	104
6.2	Saran	106
DAFTAR PUSTAKA		108
LAMPIRAN		110

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kebakaran pada Gedung Bertingkat	10
Gambar 2.2 Suhu Ideal dari Penjalaran Api	11
Gambar 2.2 Grafik Pengaruh Jarak dan Temperatur pada Beton (ACI 216.1-14)	17
Gambar 2.3 <i>Compressive Strength</i> dan Temperatur pada Beton (ACI 216.1-14)	20
Gambar 2.4 <i>Strength</i> dan Temperatur pada Baja Tulangan (ACI 216.1-14)	21
Gambar 2.5 Kenaikan Suhu Merata Pada Balok Tumpuan Sederhana	24
Gambar 2.6 Kenaikan Suhu Merata Pada Balok Terkekang Aksial	24
Gambar 2.7 Tekuk dari Balok yang Dikekang Secara Aksial Akibat dari Kenaikan Suhu yang Merata	26
Gambar 2.8 Busur Termal pada Balok Dengan Tumpuan Sederhana	27
Gambar 2.9 Kenaikan Suhu Merata Pada Balok Tumpuan Jepit	28
Gambar 2.10 <i>Section CFRP</i>	30
Gambar 2.11 Tegangan Regangan CFRP	31
Gambar 2.12 Hubungan CFRP dan Beton	32
Gambar 2.13 Diagram Tegangan dan Regangan dengan CFRP	33
Gambar 3.1 Bagan Alir Analisis	37
Gambar 3.2 Bagan Alir Analisis	38
Gambar 4.1 Pemodelan Global Dengan SAP2000	44
Gambar 4.2 Pemodelan Balok BI Menggunakan <i>Section Designer</i> SAP2000	46
Gambar 4.3 <i>Advance Material Properties</i> Beton Fc'30 Mpa SAP2000	47
Gambar 4.4 <i>Advance Material Properties</i> BJTS 40 SAP2000	47

Gambar 4.5 Pendefinisian Tumpuan <i>Fixed Support</i> Pada Elemen Struktur	48
Gambar 4.6 Pendefinisian <i>Load Patters</i> Pada SAP2000	49
Gambar 4.7 Pendefinisian <i>Load Cases</i> Pada SAP2000	49
Gambar 4.8 Pendefinisian <i>Load Combination</i> Pada SAP2000	50
Gambar 4.9 Pendefinisian Beban Suhu (Kebakaran) Pada SAP2000	50
Gambar 4.10 Pendefinisian Beban Mati Tambahan Pada SAP2000	51
Gambar 4.11 Tahap Run Analisis Pada SAP2000	52
Gambar 4.12 Tahap Penentuan Desain Kode MIDAS Design	53
Gambar 4.13 Input Material Propertis dan <i>Section</i> Propertis MIDAS Design	54
Gambar 4.14 Input Material Propertis dan <i>Section</i> Propertis MIDAS Design	54
Gambar 4.15 Penentuan Posisi Perkuatan CFRP Pada Penampang MIDAS Design	55
Gambar 4.16 Propertis CFRP Pada Penampang MIDAS Design	56
Gambar 4.17 Cek Result pada MIDAS Design	56
Gambar 5.1 Grafik Persentase Sisa Kekuatan Material Baja BJTS 40 fy 420 MPa Akibat Kenaikan Temperatur	59
Gambar 5.2 Grafik Persentase Sisa Kekuatan Material Beton $f'c$ 30 MPa Akibat Kenaikan Temperatur	59
Gambar 5.3 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Leleh Penampang Balok Induk (Lapangan)	61
Gambar 5.4 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Ultimit Penampang Balok Induk (Lapangan)	61
Gambar 5.5 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Leleh Penampang Balok Induk (Tumpuan)	62

Gambar 5.6 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Ultimit Penampang Balok Induk (Tumpuan)	62
Gambar 5.7 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Leleh Penampang Balok Anak (Lapangan)	62
Gambar 5.8 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Ultimit Penampang Balok Anak (Lapangan)	63
Gambar 5.9 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Leleh Penampang Balok Anak (Tumpuan)	63
Gambar 5.10 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Ultimit Penampang Balok Anak (Tumpuan)	63
Gambar 5.11 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Leleh Penampang Kolom	64
Gambar 5.12 Grafik Momen <i>Allowable</i> pada Batas Ultimit Penampang Kolom	64
Gambar 5.13 Model Pada SAP2000	65
Gambar 5.14 Model Balok Sederhana Pada SAP2000	65
Gambar 5.15 Momen pada Balok Sederhana	66
Gambar 5.16 Momen Lapangan Maksimum pada Balok Induk 250x500mm Bentang 3 meter Akibat Beban Temperatur	67
Gambar 5.17 Momen Tumpuan Maksimum pada Balok Induk 250x500mm Bentang 3 meter Akibat Beban Temperatur	67
Gambar 5.18 Lendutan pada Balok Induk 250x500mm Bentang 3 meter Akibat Beban Temperatur	68
Gambar 5.19 Momen Lapangan Maksimum pada Balok Induk 250x500mm Bentang 6 meter Akibat Beban Temperatur	69

Gambar 5.20 Momen Tumpuan Maksimum pada Balok Induk 250x500mm Bentang 6 meter Akibat Beban Temperatur	69
Gambar 5.21 Peningkatan Lendutan pada Balok Induk 250x500mm Bentang 6 meter Akibat Beban Temperatur	70
Gambar 5.22 Momen Lapangan Maksimum pada Balok Induk 150x300mm Akibat Beban Temperatur	71
Gambar 5.23 Momen Tumpuan Maksimum pada Balok Induk 150x300mm Akibat Beban Temperatur	71
Gambar 5.24 Peningkatan Lendutan pada Balok Induk 150 x 300mm Akibat Beban Temperatur	71
Gambar 5.25 Momen Maksimum pada Kolom 350x350mm Akibat Beban Temperatur	72
Gambar 5.26 Aksial Force pada Kolom 350x350mm Akibat Beban Temperatur	73
Gambar 5.27 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Leleh Bentang 3 meter	74
Gambar 5.28 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Ultimit Bentang 3 meter	74
Gambar 5.29 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Leleh Bentang 3 meter	75
Gambar 5.30 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Ultimit Bentang 3 meter	75
Gambar 5.31 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Leleh Bentang 6 meter	76

Gambar 5.32 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Ultimit Bentang 6 meter	77
Gambar 5.33 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Leleh Bentang 6 meter	77
Gambar 5.34 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 250x500 pada Batas Ultimit Bentang 6 meter	77
Gambar 5.35 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 150x300 pada Batas Leleh	78
Gambar 5.36 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Lapangan Balok 150x300 pada Batas Ultimit	79
Gambar 5.37 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Tumpuan Balok 150x300 pada Batas Leleh	79
Gambar 5.38 Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Momen Tumpuan Balok 150x300 pada Batas Ultimit	79
Gambar 5.39 Momen Maksimum Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Kolom 350x350 pada Batas Leleh	80
Gambar 5.40 Momen Maksimum Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i> pada Kolom 350x350 pada Batas Ultimit	80
Gambar 5.41 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 100 °C	81
Gambar 5.42 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 200 °C	81
Gambar 5.43 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 300 °C	82
Gambar 5.44 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 400 °C	82
Gambar 5.45 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 500 °C	82

Gambar 5.46 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 600 °C	83
Gambar 5.47 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 700 °C	83
Gambar 5.48 Ploting Momen dan Gaya Aksial pada Penampang Saat suhu 800 °C	83
Gambar 5.49 Denah Untuk Balok Induk	86
Gambar 5.50 Denah Untuk Balok Anak	87
Gambar 5.51 Denah Untuk Kolom	87
Gambar 5.52 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 05	89
Gambar 5.53 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 06	89
Gambar 5.54 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 07	90
Gambar 5.55 Denah Balok Anak yang Butuh Perkuatan Pada Material 07	90
Gambar 5.56 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 08	91
Gambar 5.57 Denah Balok Anak yang Butuh Perkuatan Pada Material 08	91
Gambar 5.58 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 05	93
Gambar 5.59 Denah Kolom yang Butuh Perkuatan Pada Material 05	94
Gambar 5.60 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 06	94
Gambar 5.61 Denah Kolom yang Butuh Perkuatan Pada Material 06	95
Gambar 5.62 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 07	95
Gambar 5.63 Denah Kolom yang Butuh Perkuatan Pada Material 07	96
Gambar 5.64 Denah Balok Induk yang Butuh Perkuatan Pada Material 08	96
Gambar 5.65 Denah Kolom yang Butuh Perkuatan Pada Material 08	97
Gambar 5.66 Perkuatan CFRP pada Balok	99
Gambar 5.67 Perkuatan CFRP pada Balok	101
Gambar 5.68 Perkuatan CFRP pada Kolom	102

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>Termal Conductivity</i>	13
Tabel 2.2. <i>Termal Conductivity</i>	14
Tabel 4.1 Karakteristik Mutu BJTS 40	45
Tabel 4.2 Karakteristik Mutu Beton	45
Tabel 5.3 Hasil <i>Retrofitting</i>	100
Tabel 5.5 Hasil <i>Retrofitting</i>	103

DAFTAR LAMPIRAN

L.1	Hasil Momen Penampang Balok Induk, Balok Anak, dan Kolom	110
L.2	Persen Sisa Kekuatan Material	112
L.3	Pengaruh Selimut beton Terhadap Temperatur Dalam Beton	112
L.4	Perbandingan Momen Pada Penampang vs Momen <i>Allowable</i>	113
L.5	Material Propertis Baru	116
L.6	Gaya Dalam Akibat Beban Mati, Beban Mati Tambahan, dan Beban Hidup	116
L.7	Gaya Dalam Akibat Beban Mati, Beban Mati Tambahan, Beban Hidup, dan Gempa	117
L.8	Hasil Pengecekan Terhadap Kebutuhan Luas Tulangan Akibat Beban Mati, Beban Mati Tambahan, dan Beban Hidup	118
L.9	Hasil Pengecekan Terhadap Kebutuhan Luas Tulangan Akibat Beban Mati, Beban Mati Tambahan, Beban Hidup, dan Gempa	122
L.10	Hasil Pengecekan <i>Retrofitting</i>	122

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan material pada bidang konstruksi di dunia saat ini mengalami peningkatan yang signifikan terutama pada perkembangan material beton dengan kekuatan struktur yang baik terhadap pengaruh perubahan suhu, dimana pada kasus ini perubahan suhu yang dimaksudkan adalah kebakaran yang terjadi terhadap elemen struktur. Dengan adanya perubahan suhu yang terjadi pada elemen struktur sehingga pada material elemen struktur tersebut mengalami perbedaan suhu yang besar antara bagian dalam dan permukaan penampang. Perbedaan suhu dapat menyebabkan tegangan tarik yang cukup besar pada permukaan beton karena ekspansi termal yang tidak seragam. Tegangan tarik permukaan ini secara luas disebut sebagai tegangan termal atau tegangan yang diinduksi secara termal.

Kebakaran merupakan bencana yang dapat terjadi setiap saat dan kapan saja. Banyak bangunan struktur telah mengalami kebakaran karena berbagai sebab termasuk bangunan struktur gedung dengan dasar material beton ataupun dengan menggunakan baja, kebakaran ini terjadi antara lain akibat adanya hubungan arus pendek, ledakan gas, dan sebagainya. Berbagai fenomena yang ada ketika kebakaran terjadi, diketahui adanya beberapa hal antara lain keganasan api, pemindahan panas, penjaralan api dan pengaruhnya terhadap suatu elemen struktur. Sehingga dengan diketahui fenomena

tersebut dapat diupayakan agar elemen struktur mampu bertahan terhadap bahaya panas dan api.

Dalam desain struktur, terkadang persyaratan bangunan terhadap ketahanan api diabaikan karena kebakaran ini sangat jarang terjadi namun jika diabaikan hal ini dapat menyebabkan sesuatu yang merugikan. Tidak jarang, dalam merancang struktur para desainer mengabaikan pentingnya elemen struktur dalam menahan kebakaran atau peningkatan suhu yang tinggi. Pada saat ini mulai banyak peraturan-peraturan yang mensyaratkan bahwa elemen struktur yang ada harus mampu menahan kebakaran atau perubahan suhu yang tinggi sehingga elemen struktur harus memiliki perlindungan terhadap efek yang ditimbulkan dari kebakaran.

Dalam upaya yang dilakukan untuk memberikan perlindungan terhadap elemen struktur, yaitu dengan melakukan sistem perancangan struktur yang tepat, dan peningkatan kualitas bahan struktur yang dipakai. Dalam perancangannya elemen struktur dirancang untuk tetap mampu menahan beban mati dan hidup tanpa roboh sekalipun kenaikan suhu menyebabkan penurunan kekuatan dan modulus elastisitas beton dan tulangan baja. Selain itu, kebakaran yang berkembang sepenuhnya menyebabkan perluasan komponen struktural dan tegangan yang dihasilkan harus dilawan namun jika elemen struktur mengalami kondisi yang kritis maka harus memberikan jenis perkuatan yang tepat untuk elemen struktur tersebut agar gedung yang ada tetap dapat berdiri kokoh dan kuat seperti sebelum terpapar kebakaran.

1.2 Rumusan Masalah

Menganalisis seberapa besar pengaruh beban suhu kebakaran (*Thermal Load*) terhadap kekuatan dari elemen struktur portal gedung sederhana. Rencana analisis termal ini diperlukan untuk mengetahui pengaruh yang terjadi pada struktur setiap interval kenaikan beban suhu kebakaran (*Thermal Load*) 100 °C sampai dengan kenaikan suhu mencapai 800 °C, jika didapatkan elemen struktur yang melewati batas dari kondisi kritisnya dan selanjutnya akibat dari adanya peningkatan suhu yang terjadi membuat degradasi terhadap kekuatan material propertis dari elemen struktur tersebut yang membuat penurunan terhadap kapasitas dari kekuatan penampangnya sehingga setelah mendapat suhu kritis dilanjutkan dengan memberikan pembebanan sesuai dengan perencanaan gedung pada umumnya namun tanpa beban api atau temperatur. Jika didapat elemen struktur yang tidak mampu menahan beban yang bekerja di atasnya maka analisis dilanjutkan dengan memberikan perkuatan CFRP pada elemen struktur tersebut.

1.3 Pertanyaan Penelitian

Apa pengaruh yang akan terjadi ketika elemen struktur portal gedung sederhana ini terkena kebakaran hingga suhu 800 °C, dan pada suhu berapa titik kritis tercapai oleh penampang elemen struktur tersebut?

Dari sisa kekuatan material propertis akibat peningkatan suhu atau kebakaran apakah masih cukup baik dalam menahan beban-beban yang bekerja?

Jenis perkuatan apa yang direkomendasikan ketika elemen struktur sudah tidak mampu menahan beban-beban yang bekerja di atasnya akibat adanya penurunan pada material propertis akibat kebakaran?

1.4 Tujuan dan Sasaran

1.4.1 Tujuan

Tujuan utama dari analisis ini adalah untuk mengetahui kondisi kritis pada elemen struktur gedung beton bertulang bertingkat rendah saat terjadi kebakaran dengan bantuan *software* SAP2000 dan MIDAS Design digunakan untuk memberikan jenis perkuatan pada elemen struktur yang kritis.

1.4.2 Sasaran

Sasaran dari kegiatan ini adalah untuk mengetahui kondisi kritis gedung bertingkat rendah saat terjadi kebakran dan jenis perkuatan yang digunakan.

1.5 Manfaat (*Outcome*)

Manfaat dari kegiatan analisis ini adalah mengetahui suhu kritis dari suatu elemen struktur akibat terjadinya kebakaran, sehingga dapat dilakukan perbaikan pada elemen struktur gedung yang mengalami kondisi kritis ketika terjadi kebakaran.

1.6 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini ada empat kondisi yaitu.

1. Sebelum kebakaran

- a. Analisis berupa *preliminary design* dengan standar desain menggunakan SNI 1727-2019 dan SNI 1726-2019 dengan fungsi gedung sebagai kantor.
 - b. Output yang diambil berupa material propertis yang digunakan, dimensi, dan jumlah tulangan yang dibutuhkan.
2. Saat terjadi kebakaran
 - a. Material propertis yang digunakan berupa sisa kekuatan material akibat dari pengaruh temperatur setiap interval kenaikan suhu 100 °C berdasarkan ACI 216-14.
 - b. Pembebanan hanya dibatasi berupa beban mati, beban mati tambahan, pertambahan temperatur suhu ΔT mulai dari 100 °C s/d 900 °C dengan interval kenaikan suhu sebesar 100 °C.
 - c. Analisis yang diambil adalah besaran pengaruh dan momen yang terjadi saat adanya pertambahan temperatur suhu ini ΔT untuk menentukan suhu kritisnya.
 - d. Suhu kritis didapatkan dari perpotongan garis pada grafik antara momen yang tersedia pada penampang dengan momen yang terjadi saat kebakaran pada penampang.
 3. Setelah terjadi kebakaran
 - a. Material propertis yang digunakan berupa sisa kekuatan material akibat dari pengaruh temperature setiap interval kenaikan suhu 100 °C berdasarkan ACI 216-14.
 - b. Pembebanan yang diberikan sama seperti pada saat kondisi sebelum kebakaran dimana pembebanan berdasarkan pada SNI 1727-2019 dan persyaratan gedung tahan gempa berdasarkan SNI 1728-2019 dengan fungsi kantor sama.

- c. Untuk dari hasil analisis setelah kebakaran yaitu menentukan elemen struktur yang membutuhkan perkuatan berdasarkan perbandingan dari As perlu dengan As ada.
4. *Retrofitting*
 - a. Material propertis yang digunakan sama dengan kondisi dua dan tiga yaitu berupa sisa kekuatan material akibat dari pengaruh temperature setiap interval kenaikan suhu 100 °C berdasarkan ACI 216-14.
 - b. Gaya dalam yang digunakan untuk menentukan seberapa banyak jumlah lapisan perkuatan menggunakan gaya dalam berdasarkan kondisi ketiga.
 - c. Hasil dari analisis ini berupa jumlah lapisan perkuatan yang dibutuhkan dengan menggunakan perkuatan CFRP.

1.7 Sistematika Penulisan

“Analisis Numerik Pengaruh Beban Termal Akibat Kebakaran Pada Elemen Struktur Gedung Bertingkat Rendah” ini terdiri dari beberapa topik yang akan dibahas sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN, membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, perumusan masalah dan sistematika pembahasan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tinjauan teori-teori yang mendukung perhitungan dan analisis.

BAB III METODE PENELITIAN, bab ini mencakup bagan alir, prosedur, dan analisis data.

BAB IV PEMODELAN DAN PEMBEBANAN, bab ini menjelaskan tahapan pemodelan didalam software SAP2000 dan MIDAS Design.

BAB V HASIL ANALISIS, menjelaskan mengenai hasil analisis menggunakan *software* SAP2000 dan MIDAS *Design*.

BAB VI KESIMPULAN, bab ini menjelaskan kesimpulan dari pengaruh kebakaran terhadap kekuatan struktur.