

774/FT.01/SKRIP/01/2008

**ANALISA BALIK (*RETRO ANALYSIS*) KERUNTUHAN
JEMBATAN KRASAK AKIBAT KEBAKARAN TRUK
TANGKI BAHAN BAKAR**

SKRIPSI

Oleh

ARYA PERDANA

04 03 01 70 16



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GASAL 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

ANALISA BALIK (*RETRO ANALYSIS*) KERUNTUHAN JEMBATAN KRASAK AKIBAT KEBAKARAN TRUK TANGKI BAHAN BAKAR

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan di lingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 8 Januari 2008

Arya Perdana

NPM 04 03 01 701 6

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

**ANALISA BALIK (*RETRO ANALYSIS*) KERUNTUHAN JEMBATAN
KRASAK AKIBAT KEBAKARAN TRUK TANGKI BAHAN BAKAR**

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 4 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 8 Januari 2008

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA

NIP 131 645 338

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Bantuan-Mu benar-benar tidak terhitung, terutama disaat memberikan jalan keluar yang tidak disangka-sangka sewaktu penulis mengalami kesulitan dan masalah dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyusun skripsi ini, antara lain:

1. Dr. Ir. Heru Purnomo, DEA selaku pembimbing skripsi. Terima kasih penulis ucapkan terhadap bantuan, ide masukan, koreksi, serta waktu yang sudah diberikan kepada penulis. Sifat perfeksionis beliau justru membuat penulis untuk mengeluarkan seluruh kemampuan terbaik dalam menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibunda penulis. Penulis mengucapkan terima kasih yang tak terbatas terhadap bantuan moril yang tak terbalaskan. Doamu merupakan tiket bagi penulis untuk mendapatkan restu dan bantuan Tuhan. Bacaan Al Qur'anmu selalu menemani setiap tetes aliran darah penulis saat menyelesaikan skripsi ini. Perhatianmu membuat penulis selalu tenang dalam menghadapi masalah dan cobaan.
3. Ayahanda penulis. Ucapan terima kasih takkan berhenti terucap kepada beliau karena ukiran huruf Y di setiap sel pada tubuh penulis. Ukiran tersebut menjadikan penulis seakan memiliki *processor* terbaik yang tak pernah ketinggalan jaman. Sungguh beruntung memiliki ayahanda seperti beliau. Skripsi ini pun penulis persembahkan seutuhnya kepada kedua orangtua penulis.

4. Fiska Febriana W. R, S.Ked selaku kekasih penulis. Ucapan terima kasih secara spesial penulis sampaikan padanya karena sudah menjadi tempat berkeluh kesah terbaik yang penulis miliki. Dukungan moril pun senantiasa diberikan olehnya setiap hari tanpa henti dan tanpa letih. Penulis merasa sebagai manusia paling beruntung di dunia ini dengan memiliki kekasih seperti dirinya.
5. Bapak Supandi, pegawai arsip data PU Binamarga Provinsi Yogyakarta. Sungguh sulit menemukan orang seperti beliau di jaman modern ini. Beliau sudah membantu penulis tanpa pamrih pada saat penulis melakukan pengukuran langsung dimensi Jembatan Krasak. Penulis merasakan sebagian campur tangan Tuhan dalam diri Bapak Supandi.
6. Segenap teman-teman seperjuangan penulis, terutama teman sepeminatan struktur yang sudah memberikan bantuannya. Penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya.
7. Teman-teman penulis lainnya, yang tidak dapat penulis tuliskan satu persatu. Penulis mengucapkan banyak terima kasih.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi pembaca, khususnya pihak-pihak yang berkepentingan dan dapat memajukan perkembangan dunia struktur. Terima kasih.

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR SINGKATAN	xvii
DAFTAR ISTILAH/SIMBOL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERMASALAHAN	3
1.3 TUJUAN PENELITIAN	3
1.4 PEMBATALAN MASALAH	3
1.5 METODOLOGI	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	5
BAB II STUDI PUSTAKA	6
2.1 KARAKTERISTIK LEDAKAN	6
2.1.1 Gambaran Umum	6
2.1.2 Gelombang Kejut Udara	7
2.1.3 Tekanan Dinamis	8
2.2 RESPON STRUKTUR TERHADAP LEDAKAN	8
2.2.1 Tahanan Struktur	8
2.2.2 Kerusakan Bangunan Secara Umum	9
2.2.3 Kerusakan Pada Struktur Baja	10
2.3 EFEK LEDAKAN DARI BAHAN PELEDAK	10

2.3.1 Kerusakan Bangunan	15
2.4 API DAN PANAS	17
2.4.1 Bahan Bakar	17
2.4.1.1 <i>Material</i>	17
2.4.1.2 <i>Nilai Kalori</i>	17
2.4.1.3 <i>Beban Api</i>	19
2.4.1.4 <i>Tingkat Pelepasan Panas</i>	20
2.4.2 Pembakaran	20
2.4.2.1 <i>Proses Kimia</i>	20
2.4.2.2 <i>Perubahan Fase dan Proses Dekomposisi</i>	20
2.4.2.3 <i>Pencampuran dalam Api</i>	21
2.4.2.4 <i>Difusi Pada Pembakaran</i>	21
2.4.2.5 <i>Tahapan-Tahapan Pada Kebakaran</i>	22
2.4.2.6 <i>Temperatur dan Waktu Kebakaran</i>	23
2.4.2.7 <i>Beban Api dan Radius Penyebarannya</i>	24
2.4.2.8 <i>Transfer Panas ke Struktur di Sekitarnya</i>	25
2.4.2.9 <i>Massa Termal dan Inersia Termal</i>	26
2.4.3 Tingkat Ketahanan Struktur Baja Terhadap Api	27
2.4.3.1 <i>Pengertian Ketahanan Terhadap Api (Fire Resistance)</i>	27
2.4.3.2 <i>Efek Temperatur Tinggi Terhadap Struktur Baja</i>	27
2.4.3.3 <i>Efek Kebakaran Pada Sambungan Baja</i>	29
2.4.3.4 <i>Perilaku Struktur Baja Dalam Kebakaran</i>	31
2.4.3.5 <i>Fenomena Lain yang Terjadi pada Baja dalam Suhu Tinggi</i>	31
2.4.3.6 <i>Hal-Hal yang Terjadi pada Fase Pendinginan Pasca Kebakaran</i>	33
2.5 PERHITUNGAN TRANSFER PANAS DENGAN PENDEKATAN METODE ELEMEN HINGGA	33
2.6 LITERATUR JEMBATAN KRASAK	39
2.6.1 Jembatan Krasak Secara Umum	39
2.6.1.1 <i>Data Teknis</i>	39
2.6.1.2 <i>Bahan Bagian-Bagian Jembatan Callendar Hamilton</i>	41
2.6.2 Sifat Material Jembatan Krasak	42
2.7 ANALISA DARI PENELITIAN SEBELUMNYA	45
2.8 HIPOTESIS KERUNTUHAN JEMBATAN KRASAK	47

BAB III METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1 PROSEDUR ANALISA UMUM	49
3.2 WAWANCARA DENGAN SAKSI MATA PERISTIWA KEBAKARAN JEMBATAN KRASAK	52
3.3 HASIL PENGUKURAN DIMENSI JEMBATAN KRASAK	53
3.3.1 Profil Baja Pada Struktur Jembatan Krasak	53
3.3.1.1 Umum	53
3.3.1.2 Bagian Diagonal	54
3.3.1.3 Bagian Bawah	56
3.3.1.4 Bagian Atas	57
3.3.2 Detail Sambungan Pada Jembatan Krasak	58
3.3.2.1 Umum	58
3.3.2.2 Bagian Diagonal	58
3.3.2.3 Bagian Bawah	60
3.3.2.4 Bagian Atas	61
3.3.3 Detail Perletakan Pada Jembatan Krasak	62
3.4 DATA DIMENSI TRUK TANGKI	63
3.5 DATA PEMBEBANAN PADA JEMBATAN KRASAK	64
3.5.1 Beban Gravitasi	64
3.5.2 Beban Ledakan	65
3.5.3 Beban Termal	65
3.6 DATA MASUKAN	70
3.6.1 Model Struktur	70
3.6.2 Dimensi Struktur	70
3.6.3 Sifat Material	73
3.6.4 Pembebanan	73
3.7 PARAMETER YANG AKAN DIEVALUASI	75
BAB IV HASIL SIMULASI DAN ANALISA	76
4.1 HASIL SIMULASI	76
4.1.1 Umum	76
4.1.2 Deformasi	76
4.1.2.1 Model 2 Dimensi	76
4.1.2.2 Model 3 Dimensi-1	77
4.1.2.3 Model 3 Dimensi-2	78
4.1.2.4 Model 3 Dimensi-3	78
4.1.3 Hubungan Tegangan-Regangan	79
4.1.3.1 Model 2 Dimensi	79
4.1.3.2 Model 3 Dimensi-1	81

4.1.3.3 Model 3 Dimensi-2	83
4.1.3.4 Model 3 Dimensi-3	85
4.1.4 Saat-Saat Keruntuhan Jembatan Krasak	87
4.1.4.1 Model 2 Dimensi	87
4.1.4.2 Model 3 Dimensi-1	89
4.1.4.3 Model 3 Dimensi-2	90
4.1.4.4 Model 3 Dimensi-3	91
4.2 ANALISA HASIL SIMULASI	93
4.2.1 Analisa Deformasi	93
4.2.2 Analisa Hubungan Tegangan-Regangan	97
4.2.3 Analisa Keruntuhan Jembatan Krasak	100
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	104
5.1 KESIMPULAN	104
5.2 SARAN	106
DAFTAR ACUAN	108
DAFTAR PUSTAKA	111
LAMPIRAN	113



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Hubungan Tekanan Dengan Waktu Pada Ledakan	11
Gambar 2.2. Koefisien Tekanan Pantulan Terhadap Sudut Permukaan	12
Gambar 2.3. Bentuk Impuls Hasil Ledakan Secara Umum	13
Gambar 2.4. Efek Ledakan Terhadap Struktur	16
Gambar 2.5. Tahapan-Tahapan Dalam Perkembangan Kebakaran	22
Gambar 2.6. Grafik Hubungan Waktu Dan Temperatur Pada Kebakaran	23
Gambar 2.7. Pengaruh Kenaikan Suhu Pada Kekuatan Struktur Baja	28
Gambar 2.8. Pengaruh Kenaikan Suhu Pada Modulus Elastisitas Struktur Baja	28
Gambar 2.9. Peristiwa Pendinginan Butiran Baja Kecil	33
Gambar 2.10. Peta Lokasi Jembatan Krasak	39
Gambar 2.11. Sketsa Jembatan Krasak	40
Gambar 2.12. Grafik Hubungan Tegangan-Regangan Baja Akibat Pertambahan Temperatur	43
Gambar 2.13. Grafik Hubungan Konduktifitas Termal Baja Akibat Pertambahan Temperatur	44
Gambar 2.14. Grafik Hubungan Kapasitas Panas Baja Akibat Pertambahan Temperatur	45
Gambar 3.1. Alur Pengerjaan Penelitian	51
Gambar 3.2. Bentang Profil Baja Jembatan Krasak Bagian Diagonal	53
Gambar 3.3. Bentang Profil Baja Jembatan Krasak Bagian Bawah	53
Gambar 3.4. Bentang Profil Baja Jembatan Krasak Bagian Atas	53
Gambar 3.5. Penamaan Profil Baja Jembatan Krasak Bagian Diagonal	54
Gambar 3.6. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 1-1	54
Gambar 3.7. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 2-1	54
Gambar 3.8. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 3-2	55
Gambar 3.9. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 3-3	55
Gambar 3.10. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 4-3	55
Gambar 3.11. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 4-4	55
Gambar 3.12. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil A	55
Gambar 3.13. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil B	56
Gambar 3.14. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil C	56
Gambar 3.15. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil D	56
Gambar 3.16. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil R	56
Gambar 3.17. Penamaan Profil Baja Jembatan Krasak Bagian Bawah	56

Gambar 3.18. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil 1, Profil 2, dan Profil 3	57
Gambar 3.19. Penamaan Profil Baja Jembatan Krasak Bagian Atas	57
Gambar 3.20. Potongan Melintang dan Tabel Data Profil I, Profil II, dan Profil III	58
Gambar 3.21. Penamaan Sambungan Pada Jembatan Krasak Bagian Diagonal	59
Gambar 3.22. Sambungan Tipe-1 dan Tipe-2 Pada Jembatan Krasak	59
Gambar 3.23. Sambungan Tipe-3 dan Tipe-4 Pada Jembatan Krasak	59
Gambar 3.24. Penamaan Sambungan Pada Jembatan Krasak Bagian Bawah	60
Gambar 3.25. Sambungan Tipe-5a dan Tipe-5b Pada Jembatan Krasak	60
Gambar 3.26. Sambungan Tipe-6 dan Tipe-7 Pada Jembatan Krasak	60
Gambar 3.27. Penamaan Sambungan Pada Jembatan Krasak Bagian Atas	61
Gambar 3.28. Sambungan Tipe-8a dan Tipe-8b Pada Jembatan Krasak	61
Gambar 3.29. Sambungan Tipe-9 dan Tipe-10 Pada Jembatan Krasak	62
Gambar 3.30. Detail Perletakan Pada Jembatan Krasak	62
Gambar 3.31. Truk Tangki Bahan Bakar 16000 Liter	63
Gambar 3.32. Potongan Melintang Struktur Jalan Beton	64
Gambar 3.33. Grafik Analitis Hubungan Waktu-Temperatur, <i>Swedish Method</i>	67
Gambar 3.34. Grafik Hubungan Waktu-Temperatur Hasil Interpolasi	68
Gambar 3.35. Grafik Standar Perbandingan Temperatur Gas Dengan Temperatur Baja	69
Gambar 3.36. Grafik Perbandingan Temperatur Gas Dengan Temperatur Baja	69
Gambar 3.37. Letak Elemen yang Memiliki <i>Shear Stud/connector</i>	71
Gambar 3.38. Potongan Melintang Bagian Dek Struktur Jembatan	71
Gambar 3.39. Tampilan Struktur Komposit <i>Stringer</i>	72
Gambar 3.40. Penyederhanaan Grafik Hubungan Waktu-Temperatur Dalam Simulasi	74
Gambar 3.41. Foto Jembatan Krasak Setelah Runtuh	75
Gambar 3.42. Lokasi Pembebanan Termal Pada Jembatan Krasak	75
Gambar 4.1. Perpindahan Nodal 8 arah Z (2Dimensi-1)	77
Gambar 4.2. Perpindahan Nodal 71 arah Z (3Dimensi-1)	77
Gambar 4.3. Perpindahan Nodal 71 arah Z (3Dimensi-2)	78
Gambar 4.4. Perpindahan Nodal 71 arah Z (3Dimensi-3)	78
Gambar 4.5. Letak Elemen yang Ditinjau (2Dimensi)	79
Gambar 4.6. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 128 (2Dimensi)	79
Gambar 4.7. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 181 (2Dimensi)	80
Gambar 4.8. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 182 (2Dimensi)	80
Gambar 4.9. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 239 (2Dimensi)	80
Gambar 4.10. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 263 (2Dimensi)	81
Gambar 4.11. Letak Elemen yang Ditinjau (3Dimensi)	81
Gambar 4.12. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 625 (3Dimensi-1)	82
Gambar 4.13. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 682 (3Dimensi-1)	82
Gambar 4.14. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 683 (3Dimensi-1)	82
Gambar 4.15. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 740 (3Dimensi-1)	83

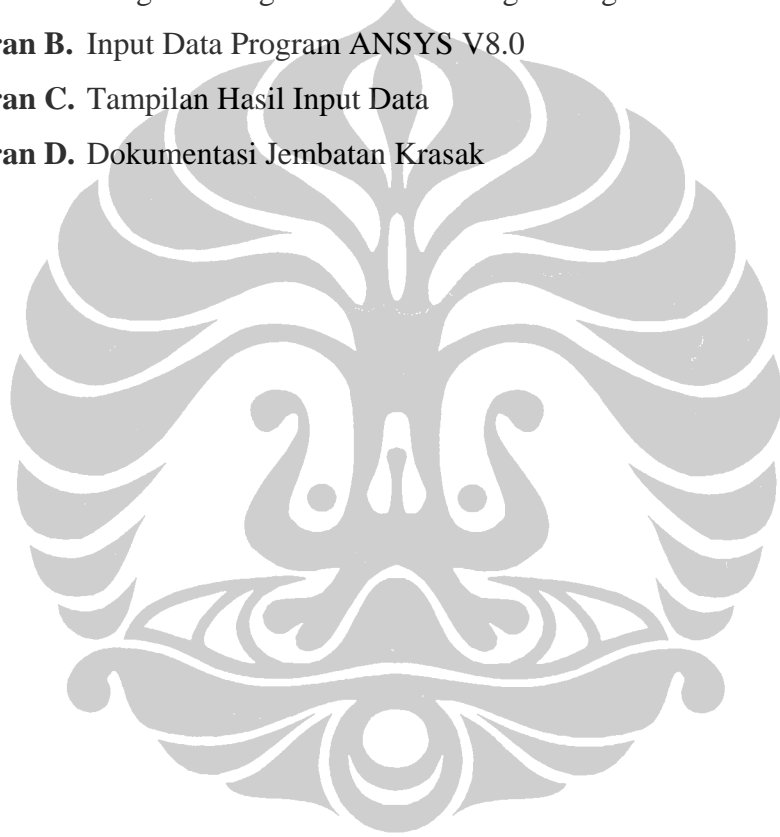
Gambar 4.16. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 925 (3Dimensi-1)	83
Gambar 4.17. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 625 (3Dimensi-2)	84
Gambar 4.18. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 682 (3Dimensi-2)	84
Gambar 4.19. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 683 (3Dimensi-2)	84
Gambar 4.20. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 740 (3Dimensi-2)	85
Gambar 4.21. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 925 (3Dimensi-2)	85
Gambar 4.22. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 625 (3Dimensi-3)	86
Gambar 4.23. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 682 (3Dimensi-3)	86
Gambar 4.24. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 683 (3Dimensi-3)	86
Gambar 4.25. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 740 (3Dimensi-3)	87
Gambar 4.26. Hubungan Tegangan-Regangan Elemen 925 (3Dimensi-3)	87
Gambar 4.27. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-240 dan Menit ke-250 (2Dimensi)	88
Gambar 4.28. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-260 dan Menit ke-262 (2Dimensi)	88
Gambar 4.29. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-264 dan Menit ke-266 (2Dimensi)	88
Gambar 4.30. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-200 dan Menit ke-201 (3Dimensi-1)	89
Gambar 4.31. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-202 dan Menit ke-203 (3Dimensi-1)	89
Gambar 4.32. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-204 dan Menit ke-205 (3Dimensi-1)	89
Gambar 4.33. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-206 dan Menit ke-207 (3Dimensi-1)	90
Gambar 4.34. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-204 dan Menit ke-206 (3Dimensi-2)	90
Gambar 4.35. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-208 dan Menit ke-210 (3Dimensi-2)	90
Gambar 4.36. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-211 dan Menit ke-212 (3Dimensi-2)	91
Gambar 4.37. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-213 dan Menit ke-214 (3Dimensi-2)	91
Gambar 4.38. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-208 dan Menit ke-210 (3Dimensi-3)	91
Gambar 4.39. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-212 dan Menit ke-214 (3Dimensi-3)	92
Gambar 4.40. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-216 dan Menit ke-218 (3Dimensi-3)	92
Gambar 4.41. Kondisi Jembatan Krasak pada Menit ke-219 dan Menit ke-220 (3Dimensi-3)	92
Gambar 4.42. Perbandingan Deformasi 2D, 3D1, dan 3D2	93
Gambar 4.43. Kondisi Jembatan Krasak Sebenarnya Pasca Kebakaran	101
Gambar 4.44. Perbandingan Kondisi Jembatan Krasak Hasil Simulasi	102

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1. Nilai Kalori Material Yang Dapat Terbakar (<i>Combustible</i>)	18
Tabel 2.2. Hubungan Beban Api dan Waktu Pembakaran	24
Tabel 2.3. Tegangan Leleh Profil Baja Struktur Jembatan Krasak	41
Tabel 3.1. Dimensi Truk Tangki Bahan Bakar	63
Tabel 4.1. Perbandingan Deformasi 2D, 3D1, 3D2, dan 3D3	94
Tabel 4.2. Perbandingan Deformasi 2D, 3D1, dan 3D2 terhadap 3D3	96
Tabel 4.3. Perbandingan Tegangan 2D, 3D1, 3D2 dan 3D3 dengan Tegangan Tekuk	97
Tabel 4.4. Perbandingan Regangan 2D, 3D1, 3D2 dan 3D3	99
Tabel 4.5. Perbandingan Tegangan dan Regangan 2D, 3D1, dan 3D2 terhadap 3D3	100

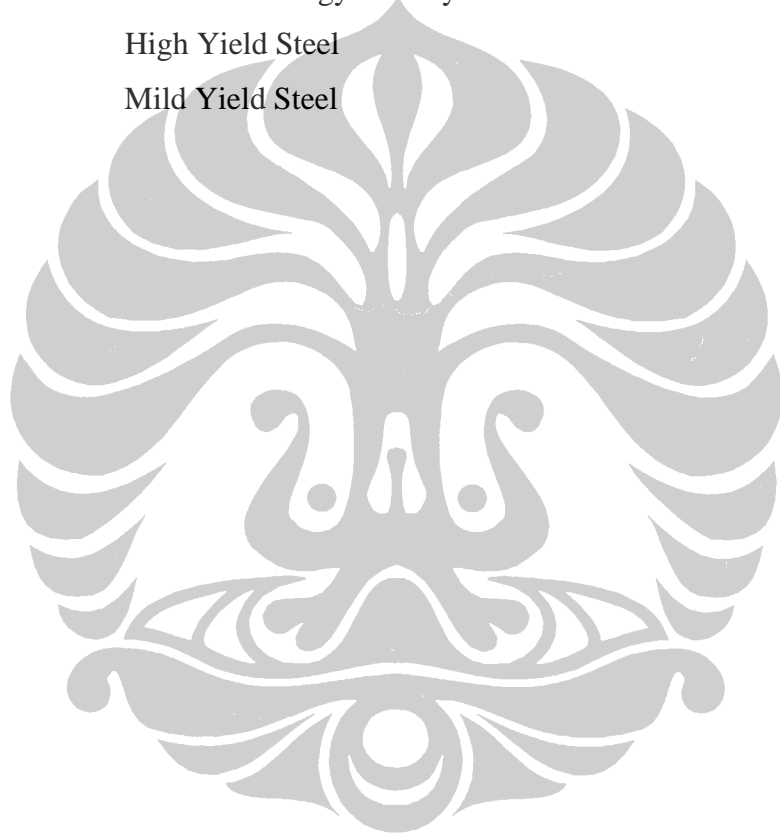
DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Langkah-Langkah Simulasi Dengan Program ANSYS V8.0	113
Lampiran B. Input Data Program ANSYS V8.0	122
Lampiran C. Tampilan Hasil Input Data	129
Lampiran D. Dokumentasi Jembatan Krasak	139



DAFTAR SINGKATAN

CH	Callendar Hamilton
FLED	Fire Load Energy Density
HYS	High Yield Steel
MYS	Mild Yield Steel



DAFTAR ISTILAH/SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
A	Luas Penampang	m^2
A_f	Luas Lantai Pada Suatu Ruangan	m^2
A_t	Luas Permukaan Ruangan selain Ventilasi	m^2
A_v	Luas Ventilasi	m^2
Bi	Angka Biot	
C_p	Kapasitas Panas	$J/kg-K$
E	Energi	Joule
E_{in}	Energi Masuk	Joule
E_{out}	Energi Keluar	Joule
E_{gen}	Energi Yang Dihasilkan	Joule
E_{stored}	Energi Yang Disimpan	Joule
e_f	<i>Fire Load Energy Density</i> (FLED)	MJ/m^2
E_s	Modulus Elastisitas Baja	MPa
E_c	Modulus Elastisitas Beton	MPa
f_c'	Kuat Tekan Beton umur 28 hari	MPa
F_d	Faktor distribusi beban api	
F_i	Faktor Pembakaran	
Fo	Angka Fourier	
f_u	Tegangan Ultimate	MPa
F_v	Faktor Ventilasi	
f_y	Tegangan Leleh	MPa
h	Koefisien Perpindahan Panas	W/m^2-K
H_{ui}	Nilai Kalori Material	MJ/kg
ΔH_c	Nilai Kalori Bersih	MJ/kg

$\Delta H_{c,n}$	Nilai Kalori Efektif	MJ/kg
H_v	Ketinggian Ventilasi	m
I_{YY}	Tahanan Inersia Sumbu Y	m^4
I_{ZZ}	Tahanan Inersia Sumbu Z	m^4
k	Konduktifitas Termal	$W/m-K$
K_d	Konstanta distribusi beban api	
L_c	Panjang Karakteristik	m
L_{eff}	Lebar Efektif Web	m
L_{fire}	Beban Termal	MJ/m^2
m	Massa	kg
m_c	Persentase Kandungan Air	
m_d	Persentase Kandungan Air Terhadap Berat Kering	
m_i	Massa Bahan Bakar	kg
n	Rasio Modular	
P	Tekanan	psi
Q	Tingkat Pelepasan Panas	MW
r	Jari-jari lingkaran	m
t	Waktu	s
Δt	Perbedaan Waktu	s
T	Temperatur	$^{\circ}C$
V	Volume	m^3
Δx	Perbedaan Panjang	m
T_i	Temperatur Awal	$^{\circ}C$
T_f	Temperatur Fluida	$^{\circ}C$
[K]	Matriks Konduktivitas	
{T}	Matriks Temperatur	
{F}	Matriks Beban Termal	
[C]	Matriks Simpanan Panas	
α	Tingkat Penyebaran Panas	s/m^2
α_1	Koefisien Perpanjangan Linear terhadap Suhu	$^{\circ}C^{-1}$
θ	Parameter Euler	
ρ	Massa Jenis	kg/m^3

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Api yang tidak diinginkan adalah daya hancur yang menyebabkan ribuan kematian dan kerugian berjumlah jutaan dollar tiap tahun. Setiap manusia menginginkan daerahnya aman dari kebakaran. Sayangnya kebakaran dapat terjadi hampir kapanpun dan dimanapun. Keamanan dari suatu tempat terhadap kebakaran bergantung pada banyak faktor dalam desain dan konstruksi, termasuk di dalamnya harapan bahwa bangunan tersebut dan bagian-bagiannya tidak hancur atau menimbulkan penyebaran api.

Kematian dan kerugian akibat kebakaran dapat dihilangkan apabila seluruh api dapat dicegah, atau apabila seluruh api dapat dipadamkan semaksimal mungkin. Banyak hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi kemungkinan timbulnya api, namun sangat tidak mungkin untuk mencegah semuanya. Dengan asumsi bahwa kebakaran akan terjadi, terdapat banyak strategi untuk mengurangi efek langsung dan kombinasi efek-efek lainnya.

Pada beberapa bangunan, beberapa bagian struktural dan non-struktural tertentu dapat diberi penahan api untuk mencegah penyebaran ataupun runtuhnya bangunan akibat kebakaran yang tidak terkontrol. Tujuan utama penggunaan penahan api ini hanyalah sebagian dari strategi desain utama untuk menjaga kemungkinan hidup dari penghuni dan pemadam kebakaran serta mengurangi kerugian material. Penahan api ini biasa disebut sebagai proteksi api pasif, yang selalu siap dan menunggu akan datangnya api.

Penahan api ini tidak dianggap penting pada tahap-tahap awal kebakaran, namun menjadi sangat penting sebagaimana besaran api mulai diluar batas.