

SKRIPSI

**ANALISIS SIMULASI EFEKTIVITAS *SPRINKLER*
MENGUNAKAN *FIRE DYNAMIC SIMULATOR* PADA
GUDANG DI PT XYZ**



*Mencerdaskan &
Memartabatkan Bangsa*

Alfiyan Noviantoro

1517618026

Disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan dalam mendapatkan
gelar Sarjana Teknik

PRODI REKAYASA KESELAMATAN KEBAKARAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2023

ABSTRAK

Alfiyan Noviantoro, Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D, Pratomo Setyadi, S.T., M.T. 2023. Analisis Simulasi Efektivitas *Sprinkler* Menggunakan *Fire Dynamic Simulator* Pada Gudang di PT XYZ. Skripsi, Jakarta: Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

PT XYZ memiliki gudang yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan arsip dokumen. Apabila terjadi kebakaran pada gudang, dapat berdampak besar bagi perusahaan maupun pekerja. Oleh karena itu, penting dilakukan upaya pencegahan kebakaran. Gudang ini memiliki sistem proteksi kebakaran menggunakan springkler yang belum diketahui efektivitas performanya. Berdasarkan kondisi tersebut, perlu dilakukan simulasi untuk mengetahui efektivitas springkler pada gudang dengan menggunakan *software Fire Dynamics Simulator*. Metode penelitian ini menggunakan teknik analisis data dengan menganalisa penyebaran api, laju pelepasan kalor dan efektivitas springkler pada pemodelan menggunakan *Fire Dynamics Simulator*. Semua data yang telah terekam dan tercatat kemudian disusun dan dikelompokkan sesuai jenis masing-masing dalam tabulasi agar mudah diamati dan disorting sesuai urutan data. Penelitian ini memodelkan dua pemodelan dengan penempatan springkler yang sama tetapi titik awal api yang berbeda. pada gudang penyimpanan yang bermaterial *Corrugated Boad*, pemodelan satu titik awal api pada sudut ruangan dan pemodelan dua titik awal api pada tengah ruangan yang dekat dengan ventilasi. Berdasarkan hasil pemodelan kebakaran tersebut, dapat dilihat bahwa efektivitas springkler pada pemodelan satu kurang efektif dalam memadamkan api jika dibandingkan dengan pemodelan dua dimana api berhasil dipadamkan oleh springkler. Hal ini disebabkan karena lokasi titik api pemodelan satu yang berada jauh dari titik springkler dan pancaran springkler yang terhalang oleh kardus lainnya di area yang terbakar.

Kata Kunci: Api, *Fire Dynamics Simulator*, HRR, Springkler, Ventilasi

ABSTRACT

Alfiyan Noviantoro, Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D, Pratomo Setyadi, S.T., M.T. 2023. *Analisis Simulasi Efektivitas Sprinkler Menggunakan Fire Dynamic Simulator Pada Gudang di PT XYZ.* Skripsi, Jakarta: Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.

PT XYZ has a warehouse that functions as a place to store document archives. If there is a fire in the warehouse, it can have a big impact on the company and workers. Therefore, it is important to do fire prevention efforts. This warehouse has a fire protection system using sprinklers whose performance effectiveness is unknown. Based on these conditions, it is necessary to simulate to determine the effectiveness of the sprinkler in the warehouse using the Fire Dynamics Simulator software. This research method uses data analysis techniques by analysing the spread of fire, the rate of heat release, and the effectiveness of sprinklers in modelling using the Fire Dynamics Simulator. All data that has been recorded and recorded is then arranged and grouped according to their respective types in tabulations so that they are easy to observe and sorted according to the order of the data. This study modelled two models with the same sprinkler placement but different fire-starting points in a storage warehouse made of Corrugated board material, modelling one starting point of fire in the corner of the room, and modelling two starting points of fire in the middle of the room close to the ventilation. Based on the results of the fire modelling, the effectiveness of the sprinkler in model one is less effective in extinguishing the fire when compared to model two where the fire was successfully extinguished by the sprinkler. This is because the location of the modelling fire point is far from the sprinkler point and the sprinkler beam is blocked by other cardboard in the burning area.

Keywords: Fire, Fire Dynamics Simulator, HRR, Sprinkler, Ventilation

LEMBAR PENGESAHAN I

Judul : ANALISIS SIMULASI EFEKTIVITAS *SPRINKLER*
MENGUNAKAN *FIRE DYNAMIC SIMULATOR* PADA
GUDANG DI PT XYZ

Penyusun : Alfyan Noviantoro


NIM : 1517618026

Tanggal Ujian : 31 Juli 2023

Disetujui Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,


Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D

NIP. 197102232006041001


Pratomo Setvadi, S.T., M.T

NIP. 1918102222006041001

Mengetahui,

Koordinator Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran


Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D

NIP. 197102232006041001

LEMBAR PENGESAHAN II

Judul : ANALISIS SIMULASI EFEKTIVITAS *SPRINKLER*
MENGUNAKAN *FIRE DYNAMIC SIMULATOR* PADA
GUDANG DI PT XYZ

Penyusun : Alfiyan Noviantoro

NIM : 1517618026

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

NAMA DOSEN

**TANDA
TANGAN**

TANGGAL

Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D

NIP. 197102232006041001
(Dosen Pembimbing I)



16/8/2023

Pratomo Setyadi, S.T., M.T

NIP. 198102222006401001
(Dosen Pembimbing II)



18/8/2023

PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Dr. Ir. Himawan Hadi Sutrisno, M.T

NIP. 198105052008121002
(Ketua)



16/8/2023

Fransisca Maria Farida, M.T

NIP. 197612212008122002
(Sekretaris)



15/8/2023

Nugroho Gama Yoga, M.T

NIP. 197602052006041001
(Dosen Ahli)



15/8/2023

Mengetahui,
Koordinator Program Studi
Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Universitas Negeri Jakarta



Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D

NIP. 197102232006041001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini merupakan Karya asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di Perguruan Tinggi lain.
2. Skripsi ini belum dipublikasikan, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 18 Agustus 2023

Yang membuat pernyataan



Alfiyan Noviantoro

NIM. 1517618026



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Alfiyan Noviantoro
NIM : 1517618026
Fakultas/Prodi : Fakultas Teknik/ Rekayasa Keselamatan Kebakaran
Alamat email : alfiyannoviantoro@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

Skripsi Tesis Disertasi Lain-lain (.....)

yang berjudul :

Analisis Simulasi Efektivitas *Sprinkler* menggunakan *Fire Dynamic Simulator* pada Gudang
di PT XYZ

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 18 Agustus 2023

Penulis

(Alfiyan Noviantoro)

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya serta sehingga penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan penulisan skripsi tepat pada waktunya. Adapun tujuan skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam Penyelesaian studi dan penulis skripsi ini, penulis banyak memperoleh bantuan baik pengajaran, bimbingan, dan arahan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyusunan skripsi. Dalam kesempatan ini tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-sebesarannya kepada:

1. Bapak Catur Setyawan Kusumohadi, M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Rekayasa Keselamatan Kebakaran Universitas Negeri Jakarta dan Pembimbing 1 yang telah meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau, meberikan kritik, saran, dan pengarahan kepada penulis dalam proses penulisan skripsi.
2. Bapak Pratomo Setyadi, S.T., M.T. selaku Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan bantuan selama penulis dalam proses penulisan skripsi.
3. Bapak Triyono, S.T., M.Eng. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan selama penulis duduk di bangku perkuliahan.
4. Kedua orang tua Bapak Selamat, S.Pd dan Ibu Enti Kartini serta anggota keluarga lainnya yang selalu memberikan doa dan dukungan moral dan material kepada penulis.
5. Pemilik NIM 1517618012 yang dengan tulus membantu dan mendukung untuk berjuang bersama-sama menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.
“Thank you for being here with me. You are such a wonderful gift to my life”

6. Teman-teman seperjuangan Haris Abdullah Hamonangan, S.T, Ariq Harits Arrizq, S.T, Muhammad Ammar Zahran, S.T yang selalu membantu dan memberikan dorongan agar terselesaikan dalam penulisan skripsi ini.
7. Richo Jonathan S.Pd, Aldi Setiawan S.Pd, Fikri Azhar S.Pd, dan Andi Nadia Salsabila S.Pd yang telah memberikan *support*, bantuan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
8. Rekan-rekan kerja ditempat magang Bobby, Aldi, Ramzan, Ajay, Feby, Fikri, Mas Fajar, dan Pak Iqbal yang senantiasa telah memberikan dorongan moral kepada penulis.
9. Seluruh rekan dari Jurusan Rekayasa Keselamatan Kebakaran Angkatan 2018 yang sudah bersama selama beberapa tahun ini dan saling memberikan dukungan. “*See u again*”
10. Semua pihak yang tidak bisa penulis tuliskan satu persatu, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya.

Dalam penyusunan skripsi ini, penulis menyadari masih banyak kekurangan dikarenakan keterbatasan ilmu yang dimiliki. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang bersifat membangun sebagai perbaikan terhadap kekurangan yang terdapat dalam skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi diri penulis, program studi, dan masyarakat luas.

Jakarta, 18 Agustus 2023

Alfiyan Noviantoro

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN I	ii
LEMBAR PENGESAHAN II.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
1.6 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II.....	6
KAJIAN TEORI.....	6
2.1 Gudang	6
2.2 Sistem Penyimpanan (<i>Storage System</i>).....	7
2.2.1. <i>Selective Pallet Racking</i>	8
2.2.2. <i>Narrow Aisle Racking</i>	8
2.2.3. <i>Drive in Racking</i>	9
2.2.4. <i>Push Back Racking</i>	9
2.2.5. <i>Medium Duty Racking</i>	10
2.2.6. <i>Multitier Racking</i>	10
2.3 Kebakaran.....	11
2.4 Teori Api	11
2.4.1. Teori Segitiga Api (<i>Fire Triangle</i>).....	11

2.4.2.	Teori Fire Tetrahedron	12
2.4.3.	Bahan Bakar	13
2.4.4.	Sumber Panas	13
2.4.5.	Oksigen	13
2.5	Fase Kebakaran	13
2.5.1	<i>Incipient Phase</i>	14
2.5.2	<i>Growth Phase</i>	14
2.5.3	<i>Flashover</i>	14
2.5.4	<i>Fully Developed Fire</i>	15
2.5.5	<i>Decay Phase</i>	15
2.6	Klasifikasi Kebakaran	15
2.7	Pemodelan Kebakaran	16
2.8	<i>Ceiling Jet</i>	17
2.9	Karakteristik Penyebaran Pembakaran pada Benda Padat	19
2.9.1	Penyebaran Api pada Material Padatan	19
2.9.2	Pengaruh Sudut Kemiringan pada Penyebaran Api	20
2.9.3	Faktor Lingkungan	22
2.9.4	Geometri dari Material	23
2.10	Material <i>Corrugated Board</i>	24
2.11	<i>Heat Release Rate</i>	27
2.12	Sistem Springkler	28
2.12.1	Pengertian Springkler	29
2.12.2	Jenis-Jenis Kepala Springkler	30
2.12.3	Klasifikasi Bahaya Kebakaran	32
2.13	FIRE DYNAMIC SIMULATOR (FDS)	36
2.13.1	Komponen pada <i>Software Fire Dynamics Simulator</i>	38
2.13.2	Batasan pada Fire Dynamic Simulator Version 6.7	40
2.13.3	<i>Large Eddy Simulation (LES)</i>	41
2.13.4	Transpor Massa	42
2.13.5	Pembakaran	43
2.13.6	Mesh.....	43
2.13.7	Program Smokeview (SMV).....	44
2.14	Penelitian Relevan	45
BAB III	47

METODOLOGI PENELITIAN.....	47
3.1 Metode Penelitian.....	47
3.2 Diagram Alir Penelitian.....	48
3.3 Tahap Studi Pendahuluan.....	49
3.4 Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	49
3.5 Tahap Studi Pustaka.....	49
3.6 Tahap Pengumpulan Data.....	49
3.7 Proses Simulasi <i>Fire Dynamic Simulator</i>	50
3.7.1 Tahap Penentuan Titik Sumber Api dan Springkler <i>Existing</i>	50
3.7.2 Skenario Pemodelan Kebakaran.....	53
3.7.3 Memasukkan Parameter Input FDS.....	55
3.7.4 Pengoperasian <i>Fire Dynamic Simulator</i>	62
BAB IV.....	64
HASIL PENELITIAN.....	64
4.1 Validasi FDS.....	64
4.1.1 Validasi Material <i>Corrugated Cardboard</i>	64
4.1.2 Validasi Laju Perpindahan Panas dan Waktu Aktivasi Springkler.....	65
4.2 Analisis Data dan Penelitian.....	67
4.2.1 Analisis Penyebaran Api Terhadap Lokasi Titik Awal Api.....	67
4.2.2 Analisis Pengaruh Ventilasi pada Pemodelan 1 dan 2.....	70
4.2.3 Analisis Penyebaran Api dengan Pengaruh Springkler.....	74
4.3 Laju Pelepasan Panas (<i>Heat Release Rate</i>).....	77
4.3.1 Laju Pelepasan Panas Pemodelan 1 dan 2.....	77
4.3.2 Laju Pelepasan Panas Pemodelan 1 dan 1A.....	78
4.3.3 Laju Pelepasan Panas Pemodelan 2 dan 2A.....	79
BAB V.....	81
KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
5.1 Kesimpulan.....	81
5.2 Saran.....	82
DAFTAR PUSTAKA.....	83
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Fire Triangle.....	12
Gambar 2.2 Fire Tetrahedron.....	12
Gambar 2.3 Fase Kebakaran	14
Gambar 2.4 Tahap Kebakaran Kompartemen.....	17
Gambar 2.5 Laju Penyebaran Nyala Api	21
Gambar 2.6 Penyebaran Api dari Berbagai Sudut Kemiringan	22
Gambar 2.7 Uji Penyebaran Api	26
Gambar 2.8 Grafik Heat Release Rate Material Corrugated Cardoard.....	28
Gambar 2.9 Pendent Type Springkler	30
Gambar 2.10 Upright Type Springkler	30
Gambar 2.11 Sidewall Type Springkler.....	30
Gambar 2.12 Conceals Type.....	31
Gambar 2.13 Diagram yang menggambarkan file yang digunakan dan dibuat oleh NIST Fire Dynamic Simulator (FDS), Smokezip, dan Smokeview.	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	48
Gambar 3.2 Denah Gudang.....	51
Gambar 3.3 Dimensi Rak Gudang	51
Gambar 3.4 Titik Sumber Api.....	52
Gambar 3.5 Jarak Springkler.....	53
Gambar 3.6 Pembuatan Model.....	60
Gambar 3.7 Pendefinisian Springkler	61
Gambar 3.8 Command Prompt	63
Gambar 4.1 Grafik Validasi FDS.....	64
Gambar 4.2 Vektor sumbu x pemodelan 1	71
Gambar 4.3 Vektor sumbu y Pemodelan 1	71
Gambar 4.4 Vektor sumbu x pemodelan 2.....	72
Gambar 4.5 Vektor sumbu y pemodelan 2.....	73
Gambar 4.6 Laju Pelepasan Panas Pemodelan 1 dan 2.....	77
Gambar 4.7 Laju Pelepasan Panas Pemodelan 1 dan 1A.....	78
Gambar 4.8 Laju Pelepasan Panas Pemodelan 2 dan 2A.....	79

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Kebakaran berdasarkan NFPA 10	15
Tabel 2.2 Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Penyebaran Api pada Material Padat yang Mudah Terbakar	19
Tabel 2.3 Tabel Tingkat Penyebaran Api pada Secarik Kertas	20
Tabel 2.4 Klasifikasi Bangunan	32
Tabel 2. 5 Mesh Resolution	44
Tabel 3.1 Properties Material pada Gudang	50
Tabel 3.2 Properties Material Corrugated Cardoard	50
Tabel 3.3 Spesifikasi Springkler Existing	52
Tabel 3.4 Skenario Pemodelan Kebakaran	54
Tabel 3. 5 Perhitungan Mesh	56
Tabel 3.6 Koordinat Springkler pada Input FDS	62
Tabel 4. 1 Hasil Perhitungan Laju Perpindahan Panas dan Waktu Aktivasi Springkler	66
Tabel 4. 2 Hasil Akurasi Dengan FDS	67
Tabel 4.3 Penyebaran Api terhadap Lokasi Titik Awal Api	67
Tabel 4.4 Penyebaran Api dengan Pengaruh Springkler	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. FDS Script Pemodelan 1 dan 2.....	87
Lampiran 2. FDS Script dengan Springkler pada Pemodelan 1A dan 2A.....	153
Lampiran 3. Denah Gudang	154
Lampiran 4. Data Kalkulasi Pressure & Flow Sprinkler.....	156
Lampiran 5. Kondisi Gudang.....	157

