

Penerapan Metoda Berbasis Kinerja pada Sistim Springkler di Bangunan Perkantoran Bertingkat Banyak

Achmad Yani Chaidir

Divisi Engineering, PT. Inti Karya Persada Teknik
Jl. MT. Haryono Kavling 4-5, Jakarta 12870
E-mail : yani.chaidir@ikpt.com

Yulianto S Nugroho

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424

Rusdi Malin

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424

Abstrak

Makalah ini bertujuan untuk memberi masukan pada perencanaan sistim penanggulangan kebakaran di bangunan perkantoran tingkat banyak yang mengharuskan penggunaan sistim fire springker. Untuk meningkatkan dan memperbaiki kinerja perletakkan kepala springkler sebagai bagian dari alat proteksi kebakaran. Dimana perencanaannya dianalisis dengan metoda basis kinerja berdasarkan skenario kebakaran dengan menggunakan fasilitas pemodelan simulasi komputer dari CFAST (Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport) oleh NIST Special Publication 1041 Penggunaan simulasi komputer untuk mendapatkan laju pertumbuhan api berdasarkan skenario kebakaran yang digunakan akan memudahkan perencanaan sistem proteksi kebakaran yang akan dipakai.

Pengetahuan kandungan gas dan kondisi udara dalam ruangan yang terbakar yang didapat dari simulasi komputer menunjukkan bahwa perletakkan kepala springkler memegang peranan penting untuk mendapatkan desain yang optimal

Perbandingan antar kepala springkler yang sudah ada terpasang dengan jarak $X=3$, $Y=3$, $Z=2.25$ dengan memodifikasi jaraknya menjadi $X=4$, $Y=4$, $Z=2.25$ masih dalam jangkauan standar yang diizinkan sedangkan dalam jarak antar springkler $X=9$, $Y=9$, $Z=2.25$ mempunyai kondisi udara dalam ruangnya sudah diluar batas yang diizinkan oleh standar. Untuk perubahan jarak ; $X=4$, $Y=4$, $Z=2.25$ yang mempunyai perbedaan jarak 1 m dari springkler yang sudah ada dapat mengurangi 1 unit kepala springkler setiap 3 unit yang terpasang jadi ada pengurangan sekitar 15 % dari yang terpasang.

Kata kunci :

Metoda basis kinerja (performance-based), Bangunan gedung perkantoran (Office building), Sistem fire sprinkle (Fire sprinklers system), CFAST

PENDAHULUAN

Aspek keselamatan bagi penghuni dari berbagai potensi bahaya kebakaran suatu keharusan yang wajib dimiliki bangunan bertingkat banyak {Ref: 8}. Salah satu faktor penting yang dapat meningkatkan rasa aman bagi penghuninya dan bagi pemilik bangunan tersebut serta menjadi nilai tambah dalam menentukan besarnya premi asuransi bangunan tersebut. Salah satu kemajuan teknologi dan sistem penanggulangan kebakaran di bangunan bertingkat yang efektif digunakan adalah system springkler. Dalam instalasi dan pemakaian springkler di bangunan bertingkat banyak, beberapa standar yang digunakan sebagai acuan antara lain NFPA-13 dan SNI 03-3989-2000 dan peraturan pemerintah lainnya .

Salah satu kecenderungan baru dalam bidang perlindungan kebakaran dewasa ini adalah penggunaan metoda basis kinerja (performance-based method) baik dalam peraturan, analisis maupun disain sistem penanggulang kebakaran. Keuntungan dalam penerapan peraturan berbasis kinerja (performanced-based method) adalah fleksibilitas dalam desain, hasil yang lebih fungsional dan ekonomis, menjamin peningkatan aspek keselamatan namun dengan biaya yang lebih hemat, serta memberikan peluang lebih besar terhadap aplikasi hasil riset. Penerapan metoda basis kinerja dalam sistem springkler di bangunan bertingkat banyak akan merupakan suatu alternatif dan penyelesaian optimal untuk mendapatkan daerah – daerah mana saja, yang memerlukan kepala springkler dengan jenis tertentu dan jarak yang sesuai pertumbuhan api ditempat yang mempunyai resiko tinggi terjadinya kebakaran {Ref : 11}.

METODOLOGI PENELITIAN

Metoda yang dipakai untuk meninjau ulang atau perencanaan sistem springkler di bangunan bertingkat banyak dengan mengidentifikasi potensial terjadi kebakaran berupa skenario kebakaran, untuk mendapatkan pertumbuhan dan karakteristik api dengan melakukan tahapan pekerjaan seperti dibawah ini :

Mendefinisikan tujuan perencanaan bangunan

- Menjaga flashover tetap didalam ruangan dari pusat kebakaran.
- Meminimalkan kemungkinan penjaralan api dari ruangan pusat kebakaran.
- Batas permukaan asap tidak kurang dari hasil yang tidak disetujui yang merusak sasaran.

Menetapkan kriteria-kriteria yang disetujui berdasarkan standar dan peraturan yang ada :

- Suhu udara dalam ruangan < 50°C
- Maksimum konsentrasi CO : 800 ppm
- Maksimum konsentrasi CO₂ : 5% dari volume ruangan
- Minimum konsentrasi O₂ : 65 dari volume ruangan
- Maksimum tebal lapisan asap dalam ruangan : 2 m

Mengidentifikasi kemungkinan yang akan terjadi:

- Kebakaran akibat puntung rokok dari asbak yang terdapat diruangan merokok
- Kelebihan panas dari heater menyebabkan mudah terbakarnya material ada disekitarnya
- Kerusakan stop kontak akibat hubungan arus pendek

Menetapkan skenario kebakaran

- Kebakaran berasal dari ruangan dengan asumsi bangunan digunakan untuk perkantoran dengan jenis pekerjaan yang sama.

Menetapkan tingkatan dari evaluasi

Mengevaluasi pertumbuhan api akibat kebakaran puntung rokok dengan menggunakan simulasi komputer CFAST

Melakukan analisis terhadap hasil penelitian

Menganalisis interaksi antara bahan-bahan proteksi kebakaran dengan skenario dan waktu yang dibutuhkan. Dengan menggunakan CFAST version 6 sebagai fire zone model yang digunakan untuk mendapatkan : kandungan gas, suhu, panas buang rata-rata dari bahan yang terbakar dengan membandingkan jarak pemasangan kepala springkler.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penggunaan metoda basis kinerja dalam perencanaan sistem proteksi kebakaran, salah satu persyaratannya adalah pemilihan kriteria kinerja (tabel II) yang sesuai dengan tujuan perencanaan (tabel I) yang akan digunakan sebagai evaluasi percobaan disain serta evaluasi dari skenario kebakaran berdasarkan tujuan dan sasaran kinerja yang sudah ditetapkan oleh pemilik bangunan seperti tabel III:

Tabel I : Tujuan perencanaan bangunan

Sasaran sistem perlindungan	Tujuan dari pemilik bangunan	Tujuan perencanaan bangunan
Melindungi keselamatan jiwa pengguna bangunan, masyarakat sekitar bangunan dan petugas pemadam	Tidak ada kematian di dalam maupun diluar ruangan dari pusat kebakaran	Mencegah tercapainya kondisi flashover dalam ruangan yang terbakar.
Melindungi bangunan, isi bangunan dan bangunan bersebelahan terhadap bahaya kebakaran	Tidak ada kerusakan akibat panas yang berlebihan dari ruangan pusat kebakaran	Meminimalkan kemungkinan penjaralan api dari ruangan pusat kebakaran
Mencegah terjadinya kebakaran oleh penggunaan yang salah pada peralatan yang menggunakan api	Tidak ada pemicu kebakaran , khususnya pada waktu setelah jam kerja.	Mendeteksi kondisi yang dapat memicu pertumbuhan api.

Tabel II : Kriteria perencanaan bangunan

Sasaran (<i>Goal</i>)	Tujuan (<i>Objective</i>)	Kriteria (Dari NFPA 5000, Building Construction and Safety Code)
Melindungi keselamatan jiwa pengguna bangunan, masyarakat sekitar bangunan dan petugas pemadam	Tidak ada kematian di dalam maupun diluar ruangan dari pusat kebakaran	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu udara ruangan $\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (120 F) - Panas buang (<i>HRR</i>) $<2.5\text{ kW/m}^2$ - Maks. konsentrasi CO : 800 ppm - Maks. konsentrasi CO₂ : 5% dari vol. - Min. konsentrasi O₂ : 6% dari vol
Melindungi bangunan, isi bangunan dan bangunan bersebelahan terhadap bahaya kebakaran	Tidak ada kerusakan akibat panas yang berlebihan dari ruangan pusat kebakaran	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu udara ruangan $\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (120 F) - Panas buang (<i>HRR</i>) $<2.5\text{ kW/m}^2$ - Maks. konsentrasi CO : 800 ppm - Maks. konsentrasi CO₂ : 5% dari vol. - Min. konsentrasi O₂ : 6% dari vol.
Mencegah terjadinya kebakaran oleh penggunaan yang salah pada peralatan yang menggunakan api	Tidak ada pemicu kebakaran, khususnya pada waktu setelah jam kerja.	<ul style="list-style-type: none"> - Suhu udara ruangan $\leq 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (120 F) - Panas buang (<i>HRR</i>) $<2.5\text{ kW/m}^2$ - Maks.konsentrasi CO : 800 ppm - Maks.konsentrasi CO₂ : 5% dari vol. - Min. konsentrasi O₂ : 6% dari vol.

Tabel III : Evaluasi sasaran tujuan proteksi kebakaran

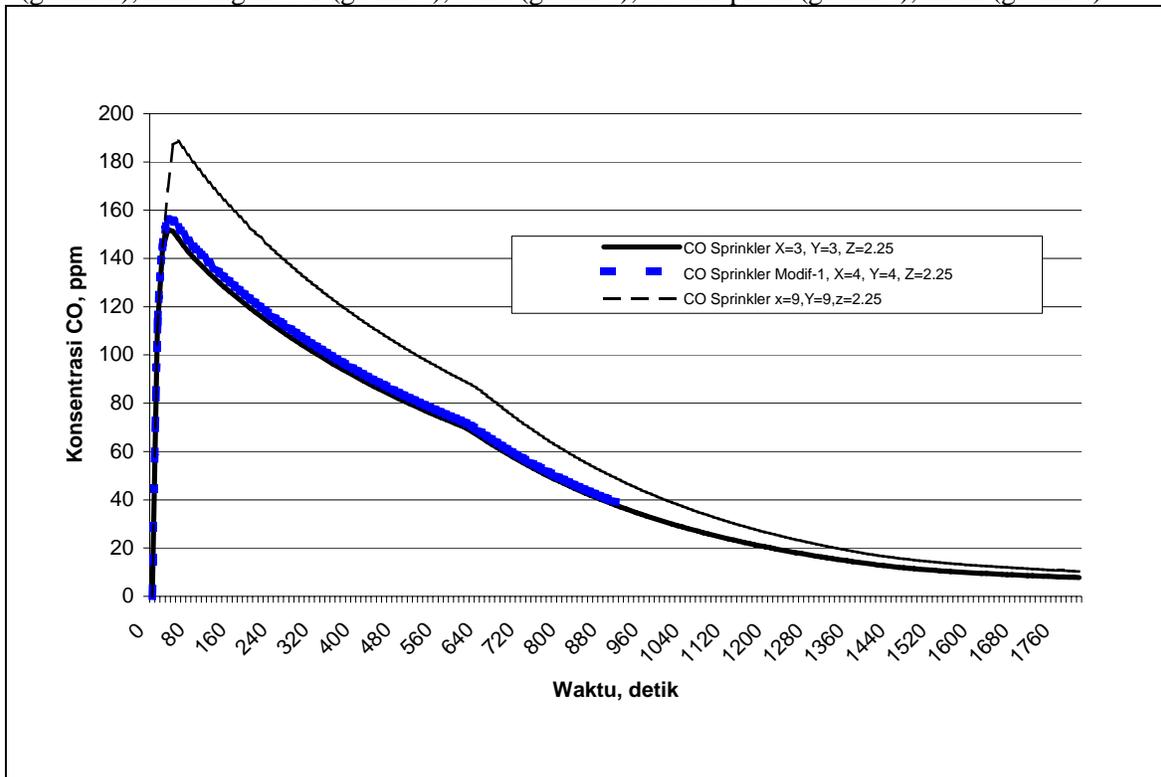
Sasaran Sistem Perlindungan	Tujuan dari pemilik bangunan	Skenario Kebakaran	Kemungkinan Kejadian
Melindungi keselamatan jiwa pengguna bangunan, masyarakat sekitar bangunan dan petugas pemadam	Tidak ada kematian di dalam maupun diluar ruangan dari pusat kebakaran	Skenario #1	Besar
		Skenario #2	Sedang
		Skenario #3	Kecil
Melindungi bangunan, isi bangunan dan bangunan bersebelahan terhadap bahaya kebakaran	Tidak ada kerusakan akibat panas yang berlebihan dari ruangan pusat kebakaran	Skenario #1	Besar
		Skenario #2	Sedang
		Skenario #3	Kecil
Mencegah terjadinya kebakaran oleh penggunaan yang salah pada peralatan yang menggunakan api	Tidak ada pemicu kebakaran, khususnya pada waktu setelah jam kerja	Skenario #1	Besar
		Skenario #2	Sedang
		Skenario #3	Kecil

Skenario #1, Kebakaran puntung rokok dari asbak yang terdapat di ruangan merokok yang mengakibatkan material yang mudah terbakar berupa kursi .

Skenario #2, Kelebihan panas dari heater menyebabkan mudah terbakarnya material yang ada disekitarnya berupa lemari.

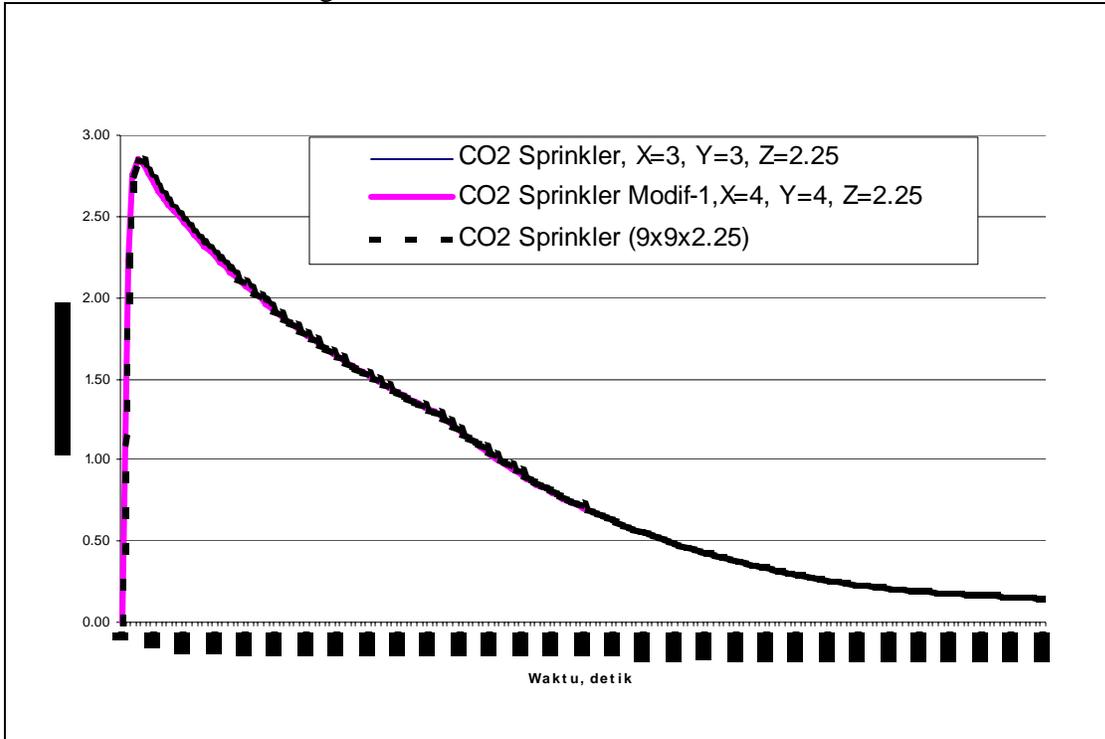
Skenario #3, Kerusakan stop kontak akibat hubungan arus pendek menimbulkan percikan api yang akan menyebabkan material yang ada disekitarnya yang mudah terbakar dalam hal ini kain gorden.

Perbandingan karakteristik kebakaran pada bangunan yang memakai sistem springkler dengan jarak yang ditentukan sebagai berikut ; karakteristik kandungan CO (grafik 1), kandungan CO₂ (grafik 2), kandungan O₂ (grafik 3), suhu (grafik 4), tebal lapisan (grafik 5), HRR (grafik 6)



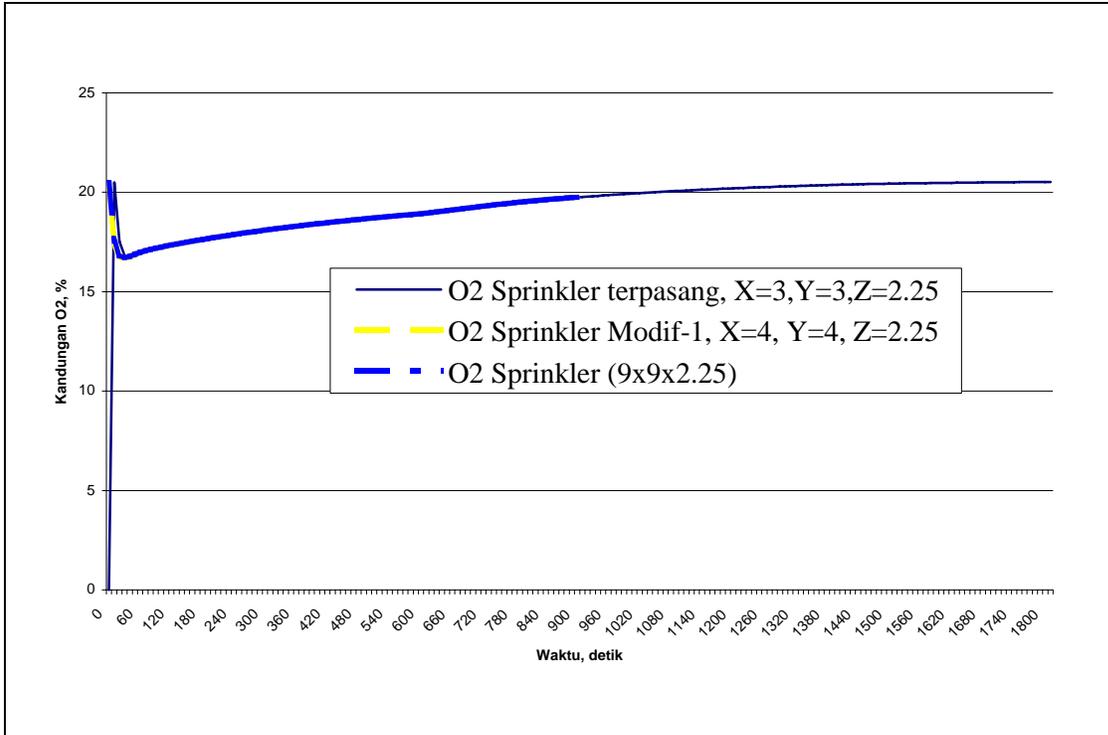
Analisa : Perbandingan kandungan CO antara springkler dengan jarak 3,3,2.25 dengan 4,4,2.25 dan 9,9,2.25 masih dalam batasan yang direkomendasikan oleh NFPA 92B.

Grafik : 1 : Perbandingan kandungan CO pada sistem springkler yang mempunyai jarak 3,3,2.25 dengan 4,4,2.25 dan 9,9,2.25



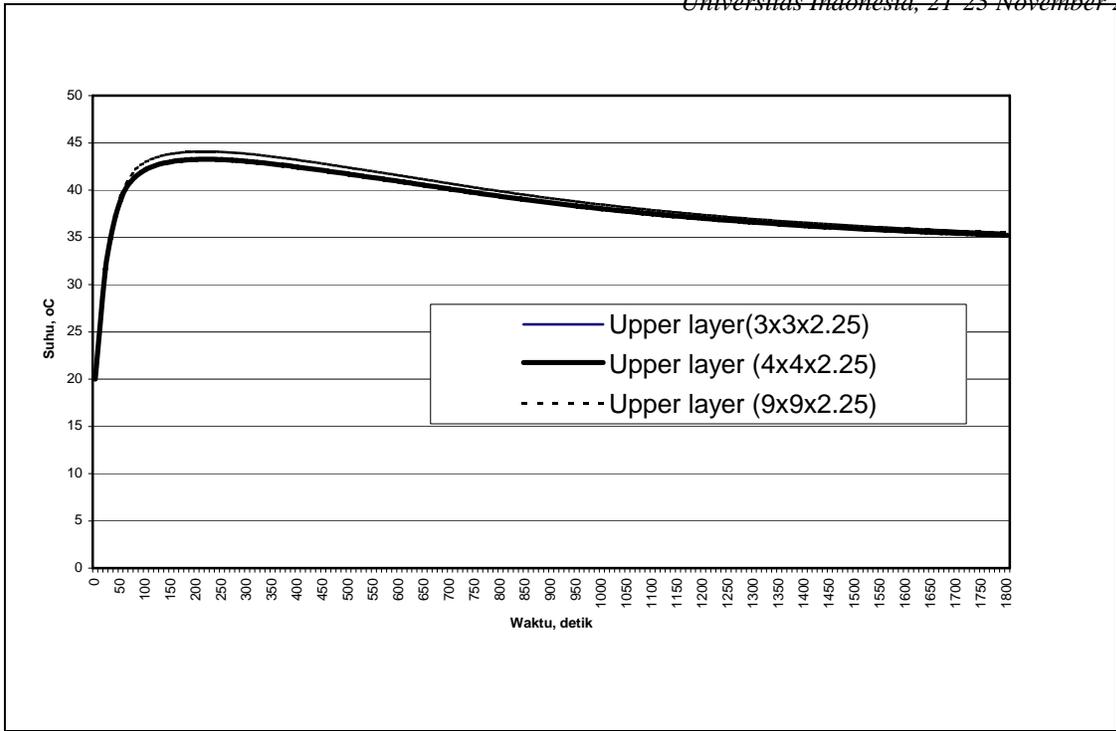
Analisa : Perbandingan kandungan CO₂ antara springkler dengan jarak 3,3,2.25 dengan 4,4,2.25 dan 9,9,2.25 masih dalam batasan yang direkomendasikan oleh NFPA 92B yaitu masih dibawah 5% dari Volume ruangan

Grafik : 2 ; Perbandingan kandungan CO₂ springkler dengan jarak 3,3,2.25 dengan jarak 4,4,2.25 dan 9,9,2.25



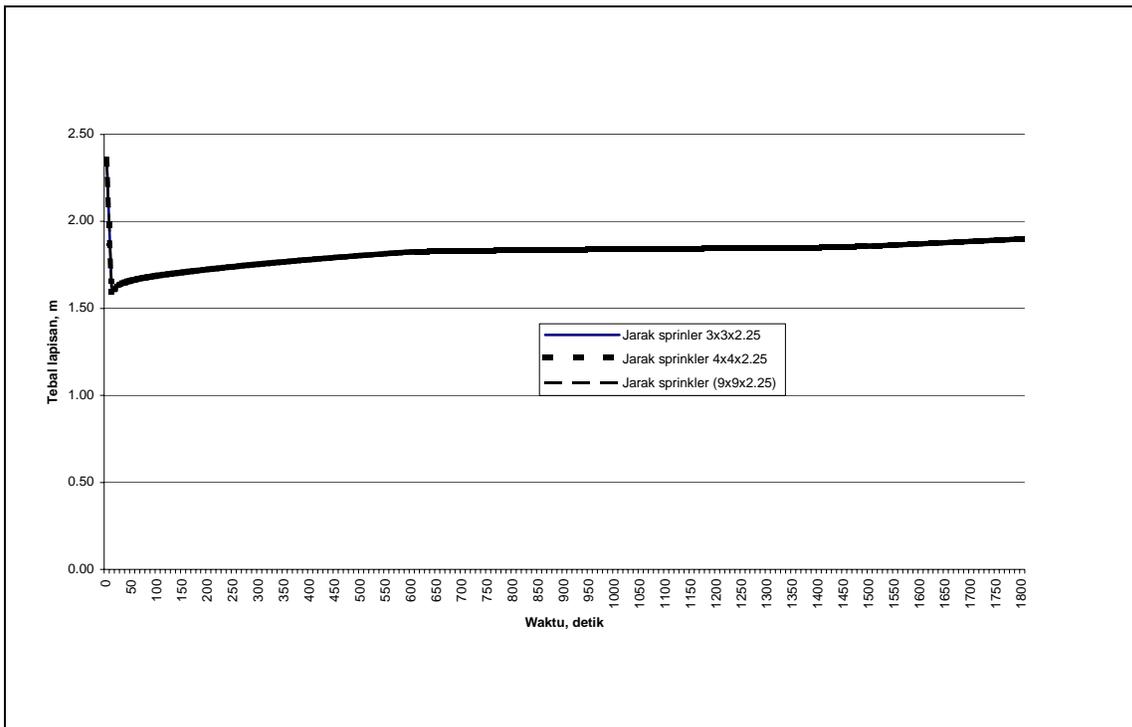
Analisa : Perbandingan kandungan O₂ antara springkler dengan jarak 3,3,2.25 dengan 4,4,2.25 dan 9,9,2.25 masih dalam batasan yang direkomendasikan oleh NFPA 92B yaitu harus lebih 6% dari Volume ruangan

Grafik : 3 : Perbandingan kandungan O₂ antara springkler dengan jarak 3,3,2.25 dengan 4,4,2.25 dan 9,9,2.25



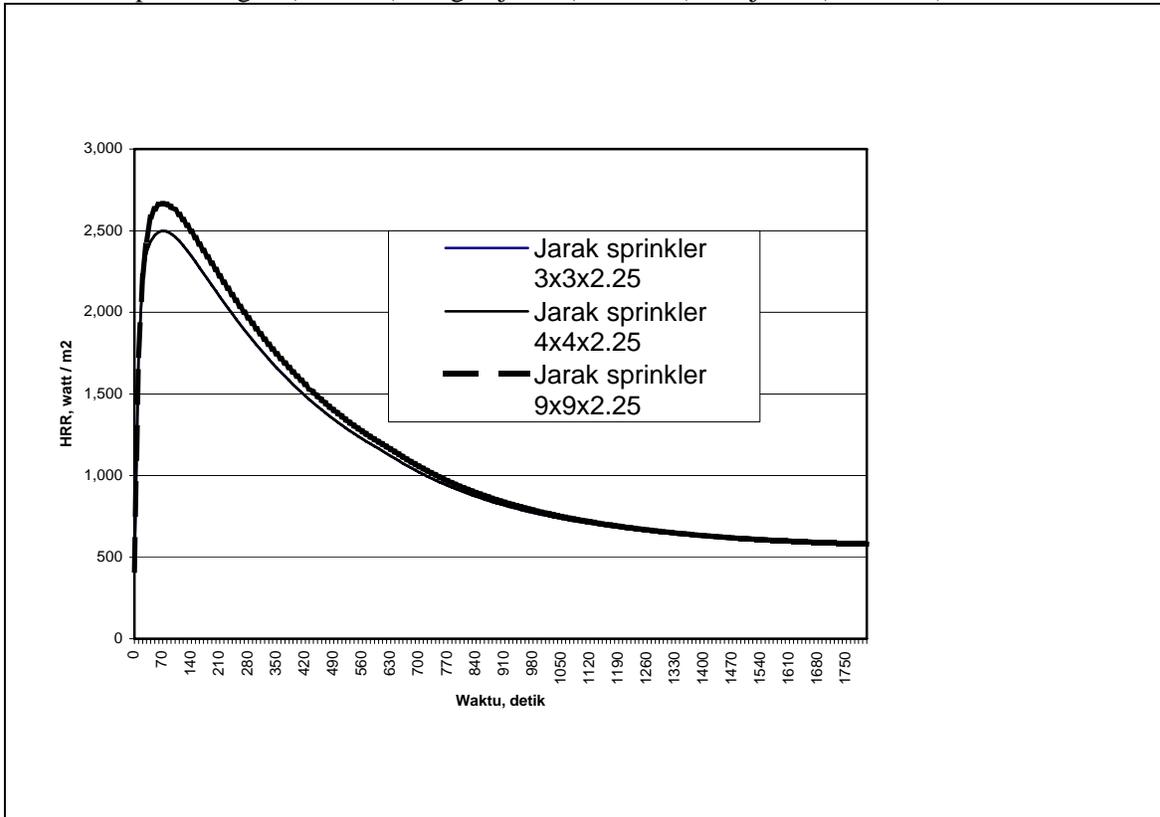
Analisa : Perbandingan suhu terhadap waktu antara springkler dengan jarak pemasangan (3,3,2.25) dengan jarak (4, 4, 2,25) dan jarak (9, 9, 2.25) masih dalam jangkauan standard yang di izinkan, untuk suhu udara dalam ruangan yang direkomendasikan oleh NFPA 92B yaitu tidak melebihi suhu udara dalam ruangan yang mengenai tubuh manusia 50 °C.

Grafik : 4 : Perbandingan suhu terhadap waktu antara springkler dengan jarak pemasangan (3,3,2.25) dengan jarak (4, 4, 2,25) dan jarak (9, 9, 2.25)



Analisa : Perbandingan tebal lapisan terhadap waktu antara springkler dengan jarak pemasangan (3,3,2.25), dengan jarak (4, 4, 2,25) dan jarak (9, 9, 2.25) masih dalam jangkauan standard yang di izinkan, dan sesuai rekomendasi dari NFPA 92B yaitu untuk tebal lapisan tidak melebihi 2 m.

Grafik 5 : Perbandingan tebal lapisan terhadap waktu antara springkler dengan jarak pemasangan (3,3,2.25), dengan jarak (4, 4, 2,25) dan jarak (9, 9, 2.25)



Analisa : Perbandingan HRR terhadap waktu antara springkler terpasang dengan jarak pemasangan (3,3,2.25) dengan jarak (4, 4, 2,25) memenuhi persyaratan NFPA 92B yaitu dibawah HRR nya 2.5 kW / m2 sedangkan yang springkler yang berjarak (9, 9, 2.25) tidak memenuhi karena pada waktu 50 sampai 150 detik setelah ignition / kebakaran radiant heat fluxnya melebihi 2.5 kW / m2.

Grafik 6 : Perbandingan HRR terhadap waktu antara springkler terpasang dengan jarak pemasangan (3,3,2.25) dengan jarak (4, 4, 2,25)

Perbandingan kandungan gas dan kondisi suhu, ketebalan asap, panas buang dari material yang terbakar dengan sprinkler terpasang dan modifikasi jarak dari sprinkler untuk mendapatkan jumlah yang optimum.

	Item	Standard	3x3x2.5	4x4x2.5	9x9x2.25
1	Kandungan CO, saat flashover	< 800 ppm, NFPA 92B	150 ppm	155 ppm	190 ppm
2	Kandungan CO2	< 5% x vol., NFPA 92B	2.75 %	2.75 %	2.8 %
3	Kandungan O2	> 6% x vol.	17%	17%	16%
4	Ketinggian lapisan	2 m	1.6 m	1.6 m	1.7 m

	panas	NFPA 5000			
5	Suhu udara ruangan	< 50 °C NFPA 92B	42 °C	42 °C	44 °C
6	Heat Release Output	< 2.5 kW/m ² , NFPA 92B	2.4 kW/m ²	2.4 kW/m ²	2.6 kW/m ²

Perbandingan kandungan gas dan kondisi hasil dari material yang terbakar antara sprinkler yang terpasang dengan jarak pemasangan (X=3, Y=3, Z=2.25) dengan jarak (X=4, Y=4, Z=2.25) masih dalam jangkauan standard yang diizinkan, untuk penggunaan modifikasi dengan jarak (X=4, Y=4, Z=2.25) yang mempunyai perbedaan jarak 1 m dari sprinkler yang terpasang dapat mengurangi 1 unit kepala sprinkler setiap 3 unit yang terpasang jadi ada pengurangan sekitar 15 % dari yang terpasang sedangkan dengan jarak perbedaan ekstrim (X=9, Y=9, Z=2.25) tidak memenuhi persyaratan karena HRR lebih besar dari yang diizinkan

KESIMPULAN

1. Penerapan metode basis kinerja dalam menganalisis sistem springkler sebagai proteksi kebakaran di bangunan bertingkat banyak untuk mendapatkan jenis dan jarak pemasangan kepala springkler yang optimal dengan membandingkan pertumbuhan api di bangunan yang menggunakan sistem springkler pada jarak tertentu dengan jarak yang diizinkan oleh standar serta melihat seberapa besar pertumbuhan api di bangunan yang tidak dilengkapi sistem springkler, serta dapat mengoptimalkan jumlah kepala springkler dan jarak pemasangan kepala springkler.
2. Hasil simulasi memperlihatkan bahwa kandungan konsentrasi gas O₂, CO dan CO₂, ketebalan lapisan panas (*hot zone*), temperature ruangan dan laju pelepasan kalor (*heat release rate*) dari penggunaan material ruangan yang terbakar mengacu kepada standard yang diizinkan. Dari grafik kurva pertumbuhan api pada bangunan bertingkat banyak yang menggunakan sistem springkler dapat memenuhi persyaratan standar untuk kandungan gas dan kondisi material yang terbakar.
3. Jarak pemasangan kepala springkler yang optimum dapat menghasilkan kandungan konsentrasi gas O₂, CO dan CO₂, ketebalan lapisan panas (*hot zone*), temperature ruangan dan laju pelepasan kalor (*heat release rate*) dalam batas yang diizinkan, seperti perbandingan antara sprinkler yang terpasang dengan jarak pemasangan (X=3, Y=3, Z=2.25) dan dengan jarak (X=4, Y=4, Z=2.25) masih dalam jangkauan standar yang diizinkan sedangkan dengan jarak (X=9, Y=9, Z=2.25) sudah tidak diizinkan oleh standar seperti tertera tabel II. Untuk jarak (X=4, Y=4, Z=2.25) yang mempunyai perbedaan jarak 1 m dari sprinkler dengan jarak pemasangan (X=3, Y=3, Z=2.25) dapat mengurangi 1 unit kepala sprinkler setiap 3 unit yang terpasang jadi ada pengurangan sekitar 15 % dari yang terpasang.
4. Dengan semakin berkembangnya teknologi perangkat lunak terutama untuk perencanaan proteksi kebakaran bangunan, akan mempermudah perencana, pemilik, pemeliharaan bangunan untuk mendapatkan sistem proteksi yang paling sesuai, baik dari sisi penggunaan maupun dari penghuni bangunan dan mempermudah pemerintah dalam menciptakan reaksi cepat tanggapnya terhadap bahaya kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

1. CFAST, Technical Reference Guide, Building and Fire Research Laboratory, NIST October 2004.

2. Drysdale, Dougal., An Introduction to Fire Dynamics, nd edition, John Wiley & Sons, Chichester, England, 1998.
3. International Journal on Engineering Performance Based Codes : <http://www.bse.polyu.edu.hk/>
4. NFPA-13 : Installation of Sprinkler System
5. NFPA-92B : Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Areas.
6. National Fire Sprinkler Association : [http:// www. nfsa.org/](http://www.nfsa.org/)
7. National Institute of Standard and Technology (NIST), Building Research and Fire Laboratory (BFRL) Firedoc ; <http://www.fire.nist.gov/cfast>
8. SFPE., SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Buildings., Draft 2nd Edition, May 2005.
9. SNI 03-3989-2000 : Tata cara perencanaan dan pemasangan sistem sprinkler otomatis untuk pencegahan bahaya kebakaran pada bangunan gedung
10. Suprpto,DR.,Ir., MSc (FPE), APU.IPM; “Metode basis kinerja dalam peraturan, analisis dan disain sistim proteksi kebakaran”; Bandung, ---.
11. UU Republik Indonesia No. 28 Tentang Bangunan Gedung tahun 2002.