

## PEMODELAN FENOMENA BACKDRAFT PADA KOMPARTEMEN DUA KAMAR

Ryan Firmansyah, Nursanty Elisabeth, Anton Atmaja, Muhammad Iqbal, Miftah Faridy, dan Yulianto S Nugroho (\*)

Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16424, Telp +62217270032, Fax. +62217270033

Kontak Penulis (Dr YS Nugroho), E-mail: yulianto.nugroho @ ui.ac.id

### ABSTRACT

*Kebakaran bangunan dapat beralih menjadi perilaku bencana yang khas yang disebut fenomena backdraft. Backdraft didefinisikan sebagai pembakaran cepat setelah pemasukan oksigen ke dalam bangunan kompartemen yang telah terisi akumulasi produk pirolisis isi bangunan dalam situasi kebakaran (Fleischmann, CM, et al., 1993). Makalah ini membahas fenomena backdraft dalam kompartemen dua kamar. Pada simulasi ini, geometri bangunan memiliki dua kamar yang diisi dengan perabotan rumah tangga yang berpotensi menjadi beban api dan dua pintu terhubung satu sama lain. Pada penelitian ini efek bukaan pintu akan dipelajari dengan menggunakan Fire Dynamics Simulator (FDS). Untuk semua skenario, geometri dan beban api dianggap konstan. Pintu dibuka pada saat tertentu atau pada saat suhu ruang mencapai suhu tertentu. Dalam makalah ini hasil dari model bangunan akan berhubungan dengan pembukaan pintu secara fisik dan hasil lainnya yang tersedia di literatur.*

*Kata kunci:* kebakaran bangunan, kebakaran kompartemen, backdraft, bencana.

### 1. Pendahuluan

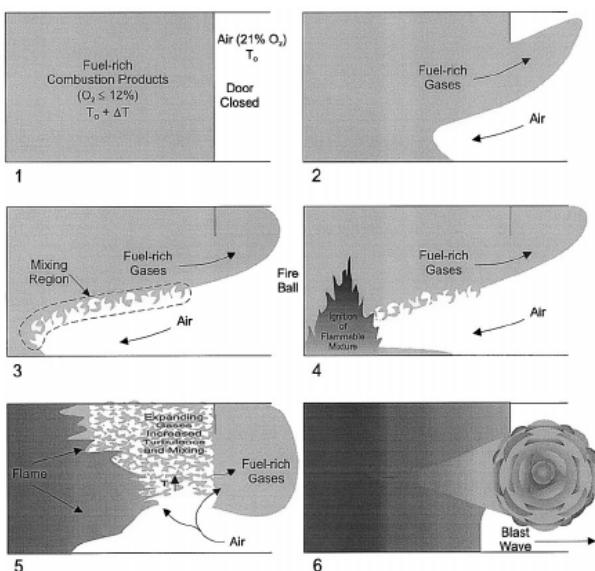
Pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran merupakan salah satu pengetahuan yang penting diketahui secara luas dikarenakan bahaya kebakaran dapat mengancam dimana saja. Bahaya kebakaran mengakibatkan begitu banyak kerugian, dengan salah satu dampak yang terburuk adalah jatuhnya korban jiwa. Di sinilah letak pentingnya kewaspadaan kita dalam permasalahan ini. Salah satu fenomena kebakaran yang belum diketahui masyarakat luas adalah fenomena *backdraft*. *Backdraft* didefinisikan sebagai pembakaran cepat setelah pemasukan oksigen ke dalam bangunan kompartemen yang telah terisi akumulasi produk pirolisis isi bangunan dalam situasi kebakaran [1]. Apabila konsentrasi oksigen dibawah 12%, nyala api dari pembakaran akan berhenti meskipun masih terdapat bahan bakar yang belum terbakar. Pembakaran yang terjadi adalah pembakaran tanpa nyala api dengan temperatur ruangan yang tinggi. Beberapa bahan masih mengalami pirolisis atau terbakar tidak sempurna menghasilkan gas karbon monoksida, jelaga, dan bahan bakar lain yang terkandung dalam asap. Apabila ruangan tidak memiliki ventilasi yang cukup, maka akan terbentuk campuran gas yang dapat terbakar. Maka apabila ada sumber penyalaan yang baru, akan dapat terjadi kebakaran kedua diruangan tersebut, sering disebut *backdraft* atau ledakan asap. [2]

Berbagai fenomena mungkin timbul selama

pengembangan api, tiga fenomena berbeda diantaranya *flameover*, *backdraft*, dan *flashover*. Tim Fleischmann dan Pagni dari University of California adalah yang pertama mengeksplorasi *backdraft* dengan eksperimen menggunakan kompartemen skala kecil. Komponen yang mengontrol backdraft antara lain adalah supply udara dari ventilasi, jendela atau pintu, produksi bahan bakar yang belum terbakar, hasil pirolisis bahan bakar, gravitasi yang membawa udara masuk kembali ke kompartemen, dan campuran oksigen dan produk pirolisis yang tidak menghasilkan campuran mampu bakar. [3]

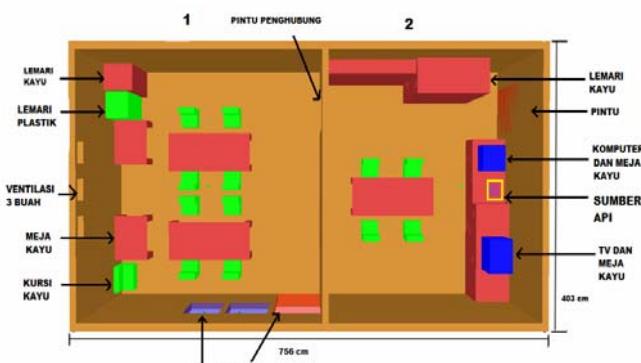
Indikator terjadinya fenomena *backdraft* antara lain adalah warna asap yang kuning atau cokelat di sekitar tepi pintu dan jendela dengan jendela yang mungkin retak karena tekanan. Warna gelap ini disebabkan oleh pembakaran tidak sempurna. Ruangan berisi banyak jelaga menunjukkan bahwa ruangan tidak memiliki oksigen yang cukup untuk proses pembakaran. Ruangan menarik udara ke dalam misalnya melalui celah karena perbedaan tekanan. Tidak terlihat nyala api dalam ruangan dengan timbulnya suara di sekitar pintu atau jendela. Jika api telah membakar untuk waktu yang lama di tempat tersembunyi, banyak gas mampu bakar yang tersedia dalam ruangan. [4] Gambaran fenomena backdraft dapat dilihat pada gambar 1.1.





Gambar 1.1 Fenomena backdraft [4]

Untuk menganalisa lebih dalam mengenai tindakan pencegahan dan penanggulangan bahaya kebakaran dengan fenomena *backdraft*, simulasi dilakukan dengan mengambil model bangunan berukuran 7,56 m x 4,03 m x 2,63 m, yang terdiri dari 2 ruangan yang diasumsikan sebagai berguna sebagai sarana belajar mengajar. Ruangan pertama berisi meja, kursi, papan tulis, serta lemari sedangkan ruangan yang kedua berisi meja, kursi, komputer, tv dan lemari. Dibawah ini adalah skematik model ruangan.



Gambar 1.2 Tampak Atas model bangunan

#### Keterangan Ruangan:

##### RUANG 1:

1 Lemari plastik, 1 Lemari kayu , 6 Meja kayu, 9 Kursi plastik, 1 papan tulis.

##### RUANG 2:

2 Lemari kayu, 4 Meja Kayu, Komputer, Televisi, 4 Kursi plastik.

## 2. Skenario Kasus

Simulasi kebakaran yang akan dilakukan adalah terjadinya kebakaran di salah satu tempat yang dekat dengan steker listrik yang menghubungkan komputer yang terletak pada meja kayu. Api yang terbakar memiliki Heat Release Rate per Unit Area sebesar 1000 kW/m<sup>2</sup>. Dibawah ini adalah properties dari masing-masing material yang terdapat pada ruangan tersebut. [5]

Bahan kayu:

: 430 kJ/kg

Kondiktivitas : 0,2 W/m.

Specific Heat : 1,3 kJ/kg/K

Density : 570 kg/m<sup>3</sup>

Sedangkan bahan yang terbuat dari plastik diasumsikan memiliki properties sebagai berikut :

Heat of reaction : 3000 kJ/kg

Kondiktivitas : 0,2 W/m.K

Specific Heat : 1,5 kJ/kg/K

Density : 1500 kg/m<sup>3</sup>

Tembok ruangan berasal dari bata (brick) diasumsikan memiliki properties sebagai berikut :

Kondiktivitas : 0,69 W/m.K

Specific Heat : 0,84 kJ/kg/K

Density : 1600 kg/m<sup>3</sup>

Untuk mengukur temperatur yang terjadi pada saat terjadinya kebakaran, ditempatkan termokopel di tengah ruangan tempat sumber api menyala pada ketinggian 1,7 meter. Sedangkan untuk mengukur visibility pada saat terjadinya kebakaran ditempatkan alat pengukurnya di posisi yang sama yaitu di tengah ruangan tempat sumber api menyala pada ketinggian 1,7 meter. Penempatan ini didasarkan pada ketinggian rata-rata posisi mata manusia dari tanah. Tinggi ini merupakan tinggi minimal mata manusia dapat melihat pada saat melakukan evakuasi dengan aman.

Kondisi ruangan yang akan disimulasikan akan divariasikan sebagai berikut :

1. Kondisi ruangan tertutup seluruhnya (sebagai kondisi referensi)
2. Kondisi ruangan terbuka pada saat ruangan 1 mencapai temperatur tertinggi yaitu di detik ke 93
3. Kondisi ruangan terbuka pada saat ruangan 2 mencapai temperatur tertinggi yaitu di detik ke 104.

## 3. Analisa

Simulasi dengan FDS menghasil visualisasi yang akan ditinjau adalah perbandingan *heat release rate* dan temperatur ruangan. Dari beberapa kondisi yang divariasikan, dibawah ini akan dipaparkan gambar hasil simulasi pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel 3.1 Perbandingan pertumbuhan api hasil simulasi antara kondisi ruangan tertutup dan pintu terbuka pada detik ke 93.

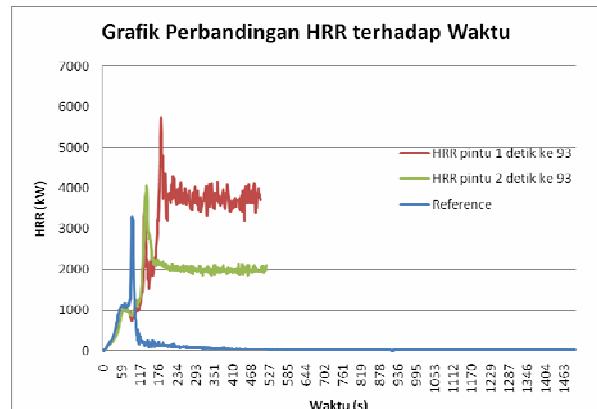


Detik	Kondisi Reference	Kondisi pintu 1 terbuka pada detik ke 93	Kondisi pintu 2 terbuka pada detik ke 93
60			
93			
156			
157			

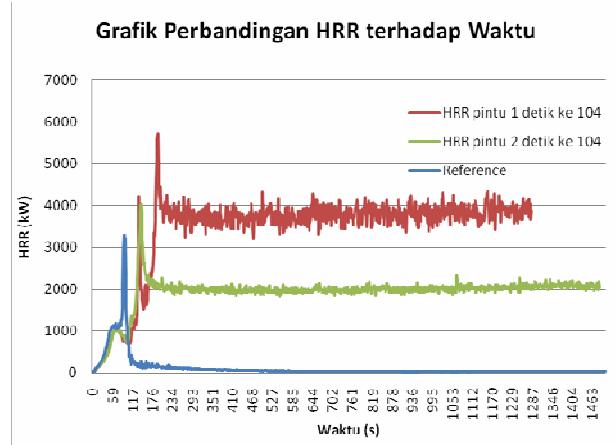
Tabel 3.2 Perbandingan pertumbuhan api hasil simulasi antara kondisi ruangan tertutup dan pintu terbuka pada detik ke 104.

Detik	Kondisi Reference	Kondisi pintu 1 terbuka pada detik ke 104	Kondisi pintu 2 terbuka pada detik ke 104
63			
108			
160			

### 3.1 Heat Release Rate



Gambar 3.1 Grafik HRR terhadap waktu antara kondisi referensi dan pintu terbuka pada detik ke 93.



Gambar 3.2 Grafik HRR terhadap waktu antara kondisi referensi dan pintu terbuka pada detik ke 104.

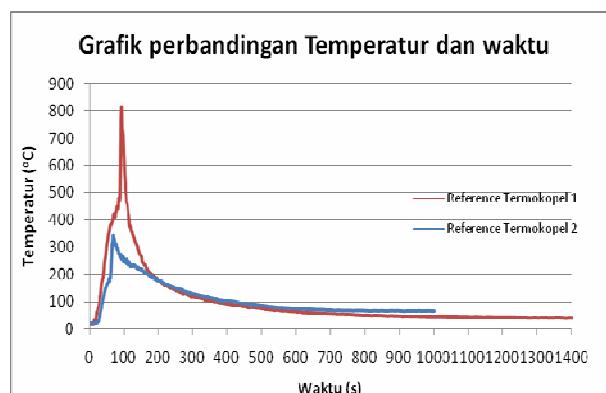
*Heat release rate* adalah panas yang dihasilkan dalam satuan kilowatt yang dapat dibandingkan persatuan waktu. Dari tabel yang dihasilkan maka dapat diolah menjadi grafik dengan bentuk seperti gambar 3.1 dan 3.2. Grafik 3.1 menunjukkan kondisi *reference* temperatur maksimalnya sebesar 3288 kW pada detik ke 93. Bila pintu tertutup dengan adanya ventilasi ruangan 1 bagian atas (kondisi *reference*), *decay* terjadi pada detik ke 711 dengan nilai HRR mencapai kondisi hampir konstan sekitar 30 kW sampai benda di dalam ruangan habis dan api padam. Pada kondisi dengan pintu 1 terbuka di detik ke 93, HRR fluktuatif sampai pintu dibuka, kemudian HRR meningkat kembali hingga jendela mengalami *cracking* pada detik ke 157. Supply oksigen dikarenakan *cracking* pada kedua kaca meningkat dan mencapai HRR tertinggi pada 5727 kW pada detik ke 185. Sedangkan pada kondisi pintu di ruang dua yang dibuka, HRR maksimum yang dicapai lebih rendah dibanding pintu diruang 1 dibuka, yaitu 4067 kW. Fenomena yang hampir sama dialami pada



kondisi ini, setelah pintu terbuka dibuka pada detik ke 93, maka HRR akan meningkat terus hingga mengalami ledakan dan mengalami HRR tertinggi pada detik ke 138. Untuk kondisi dengan asumsi dibukanya pintu pada detik ke 104, HRR paling tinggi yaitu 5735kW pada detik ke 192 dan pada ruangan 2 yang dibuka akan mengalami HRR tertinggi pada detik ke 142 dengan HRR 4031 kW. Semakin lama pintu dibuka, maka gas hasil *pyrolysis* yang siap untuk terbakar semakin banyak, sehingga saat pintu dibuka dan supply oksigen kembali ada maka kebakaran akan semakin hebat yang dapat dilihat dari HRR yang tinggi walaupun waktu yang dibutuhkan untuk mengalami *flashover* kembali (proses *backdraft*) akan membutuhkan waktu yang lebih lama. Perbedaan kondisi pintu yang dibuka juga menimbulkan fenomena yang berbeda ditinjau dari HRR terhadap waktu. Dibandingkan dengan pintu yang tertutup, fenomena *backdraft* yang ditimbulkan dengan dibukanya pintu pada detik ke 93 dan 104 dapat dilihat bahwa HRR jauh lebih tinggi pada fenomena *backdraft*.

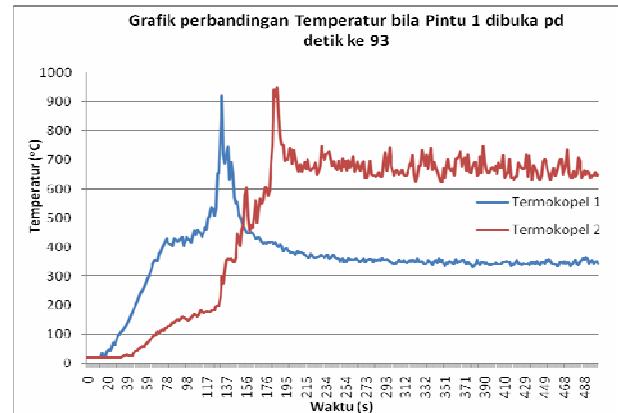
### 3.2 Temperatur

Nilai temperatur yang di dapat pada ruangan dapat dilihat pada grafik sangat fluktuatif karena pergerakan api yang tidak stabil. Setiap kondisi akan dipaparkan pada masing masing grafik di bawah ini.

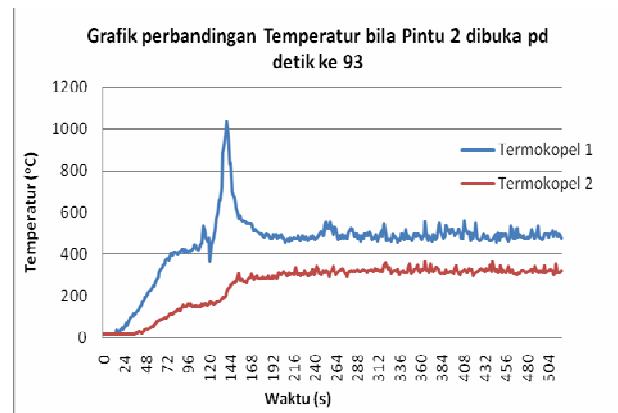


Gambar 3.3 Grafik kondisi ruangan kondisi referensi

Kondisi referensi dimana pintu dan jendela sebagai pemasukan udara ditutup mengalami growth periode kemudian flashover yang relatif cepat, detik ke 160 ruangan 1 sudah mengalami proses decay dan ruangan 2 mengalami decay pada detik ke 185. Ruangan 1 cenderung lebih panas dibanding ruangan 2. Ruangan 2 mencapai temperatur maksimum pada 343 sedangkan ruangan 1 mendapai temperatur 343.



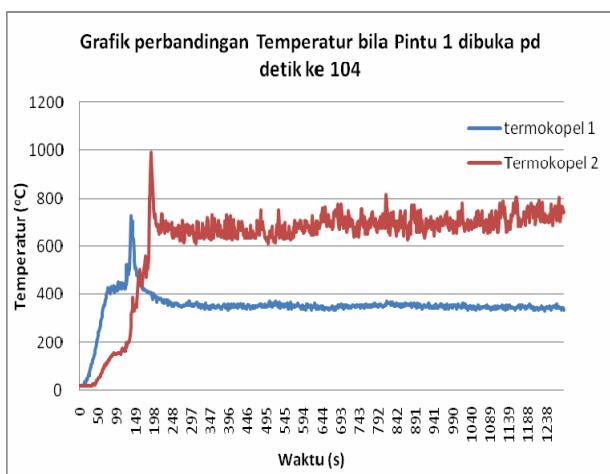
Gambar 3.3 Grafik perbandingan kondisi ruangan dibuka pada detik 93.



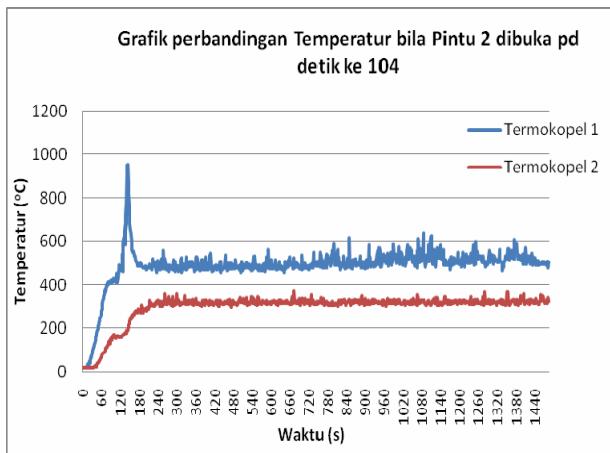
Gambar 3.4 Grafik perbandingan kondisi ruangan dibuka pada detik 93.

Ruangan yang dibuka pada detik ke 93 di ruangan 1 menghasilkan fenomena seperti gambar grafik 3.3. Temperatur di ruangan 1 meningkat secara signifikan sesuai dengan gambaran grafik perkembangan api pada daftar referensi[6]. Api mengalami proses growth periode sampai dengan detik ke 63 api mengalami proses *flashover area*. Api mengalami *fully develop area* pada detik ke 105 sampai dengan detik ke 130 yang kemudian mengalami decay. Pada decay periode ruangan cenderung memiliki temperatur dengan tidak terlalu fluktuatif. Pada termokopel 2 temperatur ruangan meningkat lebih perlahan, setelah pintu terbuka maka gradien meningkatnya temperatur lebih tinggi.





Gambar 3.5 Grafik perbandingan kondisi ruangan dibuka pada detik 104.



Gambar 3.6 Grafik perbandingan kondisi ruangan dibuka pada detik 104.

Kondisi ruangan yang dibuka pada detik ke 104 pada ruangan 1 mengalami gradien kenaikan temperatur yang lebih cepat namun temperatur yang dicapai lebih rendah dibandingkan dengan termokopel 2. Ruangan yang dibuka pada detik 104 mengalami fenomena yang hampir serupa dengan ruangan yang dibuka pada detik 93, yang membedakan hanya waktu tercapainya temperatur tertinggi. Temperatur tertinggi pada saat detik 93 tercapai 4,5 detik lebih cepat dibandingkan saat dibuka pada detik 104. Ruangan yang dibuka pada detik ke 93 memiliki temperatur temperatur tertinggi pada detik ke 132 dengan temperatur 920 °C sedangkan pada ruangan 104 temperatur mencapai 729 °C pada detik ke 136,5.

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

- Ditinjau dari HRR dalam proses pembakaran di kompartemen 2 ruang, dengan adanya supply udara

secara mendadak dari pintu atau jendela dapat menyebabkan meningkatnya HRR. Semakin lama pintu atau jendela dibuka maka produk pirolisis akan semakin meningkat, sehingga HRR akan juga meningkat.

- Temperatur pada saat pintu dibuka pada detik ke 93 mengalami fenomena yang hampir serupa dengan temperatur ruangan yang dibuka pada detik ke 104.
- Kondisi pintu 1 dibuka pada detik ke 93 menunjukkan gradien kenaikan temperaturnya lebih besar, namun temperatur maksimum ruangan lebih kecil dibanding ruangan 2.
- Kondisi pintu 2 dibuka pada detik ke 93 menunjukkan gradien kenaikan temperatur ruang 1 lebih besar dan kurva yang menunjukkan grafik pada kompartemen, namun pada ruangan 2, api belum sempat mengalami flashover.
- Kondisi pintu 1 dibuka pada detik ke 104 menunjukkan gradien kenaikan temperatur ruang 1 lebih besar dengan temperatur maksimum ruang 2 lebih besar dibanding ruang 1.
- Kondisi pintu 2 dibuka pada detik ke 104 menunjukkan gradien kenaikan temperatur ruang 1 lebih besar dan kurva yang menunjukkan grafik pada kompartemen, namun pada ruangan 2, api belum sempat mengalami flashover.

### 4.2 Saran

- Fenomena backdraft sering terjadi dan pengetahuan masyarakat luas akan fenomena ini masih kurang, disarankan informasi mengenai fenomena ini dapat diketahui masyarakat.
- Simulasi dengan menggunakan software merupakan simulasi yang menghemat waktu dan biaya, namun dalam kondisi nyata pasti terdapat banyak perbedaan. Disarankan adanya penelitian dengan menggunakan bangunan nyata sehingga dicapai hasil yang lebih mendekati kenyataan.

## Daftar Referensi

- Fleischmann, C. M., Backdraft Phenomena, NIST-GCR-94-646, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 1994.
- Sumber : Dinas Pemadam Kebakaran DKI Jakarta
- The Current Knowledge & Training Regarding Backdraft, Flashover, and Other Rapid Fire Progression Phenomena Gregory E. Gorbett, CFPS, MIFireE Professor Ronald Hopkins, MS, CFPS National Fire Protection Association World Safety Conference Boston, Massachusetts June 4, 2007



4. Gottuk, Daniel, et. al. *The Development and Mitigation of Backdraft: a real-scale shipboard Study.* “Fire Technology” 33. (1999): 261-282.
5. NIST, (2008). Fire Dynamics Simulator Version 5.1, Technical Reference Guide, NISTIR 6783, National Institute of Technology, Gaithersburg, MD.
6. Willian D Walton and Phillip H Thomas . Estimating Temperature In Compartment Fire Journal

