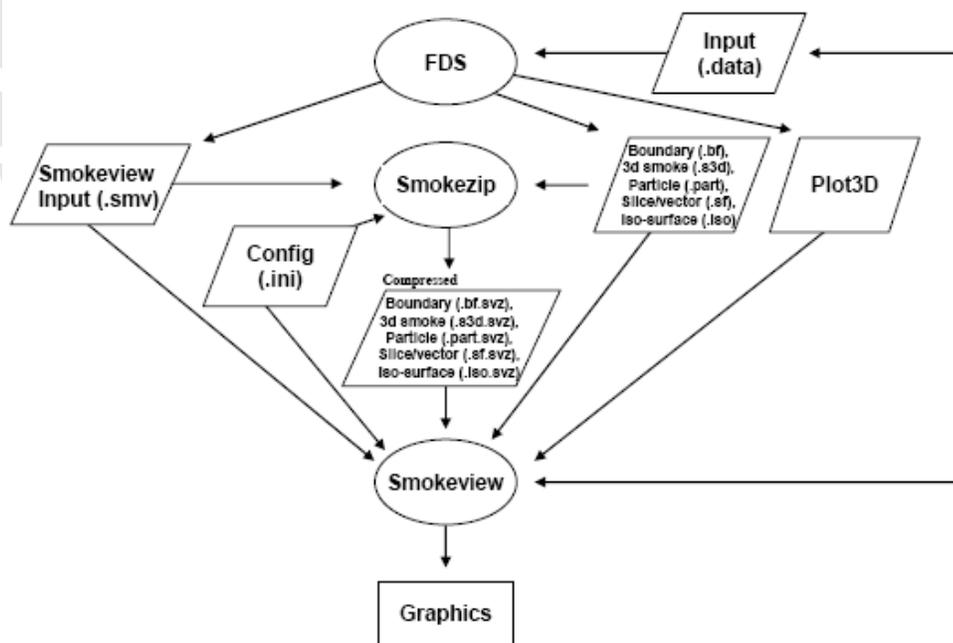


# BAB III

## PEMODELAN

### III.1 FIRE DYNAMIC SIMULATOR

Fire Dynamic Simulator (selanjutnya disingkat menjadi FDS) merupakan program komputer yang menyelesaikan persamaan atur yang menggambarkan mengenai perkembangan api. Program tersebut merupakan program Fortran yang membaca parameter masukan (input) dari text file, menghitung solusi numerik melalui persamaan atur, dan membuat file keluaran (output) sesuai yang telah didefinisikan oleh user melalui input file. Output file yang diperoleh dapat berupa temperatur dalam domain, konsentrasi asap dalam domain, atau animasi perkembangan api pada domain. Animasi tersebut tidak dapat dilihat langsung menggunakan FDS, namun menggunakan *companion program* yaitu Smokeview.

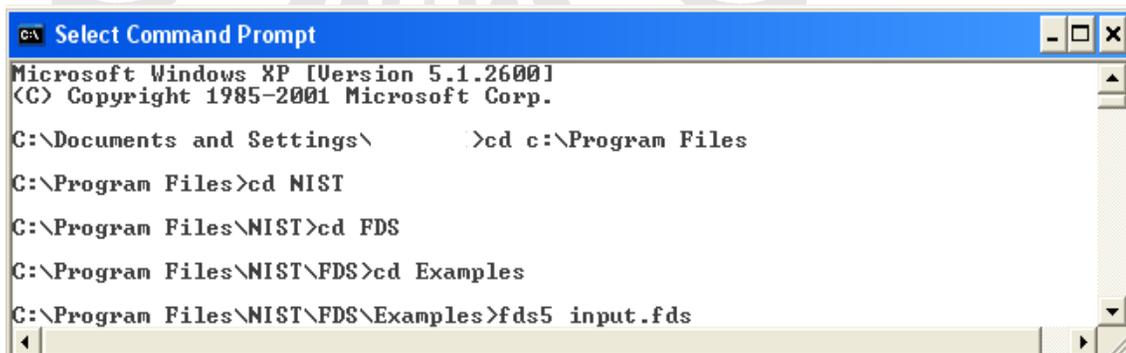


**Gambar 3.1** Diagram yang menggambarkan file yang digunakan dan dibuat oleh NIST Fire Dynamic Simulator (FDS), Smokezip, dan Smokeview. Sumber : *FDS5 User's Guide*.

FDS dijalankan menggunakan *command prompt*, atau dapat pula dijalankan menggunakan *third party Graphical User Interface* (GUI). Pada penelitian ini penulis menjalankan FDS hanya menggunakan *command prompt* saja. Misalkan input file yang telah dibuat bernama **input.fds** . Kita dapat menjalankan FDS untuk mengeksekusi file tersebut dengan membuka *command line* DOS, mengubah *directory* (cd) ke tempat dimana file tersebut disimpan dan menjalankannya dengan mengetik **fds5 input.fds** pada *command line*.

Sebagai contoh, misalkan file yang bernama input.fds disimpan di lokasi C:\Program Files\NIST\FDS\Examples , maka pada command prompt kita harus mengetik sesuai langkah berikut :

- cd (spasi) c:\Program Files (enter) .
- cd (spasi) NIST (enter)
- cd (spasi) FDS (enter)
- cd (spasi) Examples (enter)
- fds5 (spasi) input.fds (enter)



```
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\ >cd c:\Program Files
C:\Program Files>cd NIST
C:\Program Files\NIST>cd FDS
C:\Program Files\NIST\FDS>cd Examples
C:\Program Files\NIST\FDS\Examples>fds5 input.fds
```

Gambar 3.2 Perintah yang digunakan untuk mengeksekusi file

Pada tahap berikutnya, CPU akan mengeksekusi input file tersebut sesuai dengan apa yang telah didefinisikan oleh user. Lama dari waktu eksekusi tergantung dari waktu eksekusi pada input file yang didefinisikan pada TWFIN (Time When FINished), besarnya MESH, dan juga dari spesifikasi komputer tersebut. Untuk spesifikasi minimum sesuai yang dicantumkan pada *user guide* adalah kecepatan

prosesor 1 GHz dan memory 512 MB. Kecepatan CPU akan menentukan lamanya waktu eksekusi sedangkan memory menentukan banyaknya sel dalam MESH yang dapat ditampung dalam memory.

Operasi dalam FDS berdasarkan sebuah input file yang mengandung parameter yang diatur dalam *namelist group*. Input file memberi FDS seluruh informasi yang dibutuhkan untuk menggambarkan sebuah skenario. Setiap *namelist* dimulai dengan karakter “&” diikuti dengan nama dari kelompok *namelist* lalu parameter yang dibutuhkan dan diakhiri dengan tanda *slash* “/” . Parameter dalam input file dapat berupa bilangan bulat, bilangan riil, kelompok bilangan bulat atau riil, barisan karakter, kelompok barisan karakter, dan parameter logika (*true* atau *false*).

Secara garis besar, proses simulasi menggunakan software FDS dapat terbagi menjadi 3 tahapan .

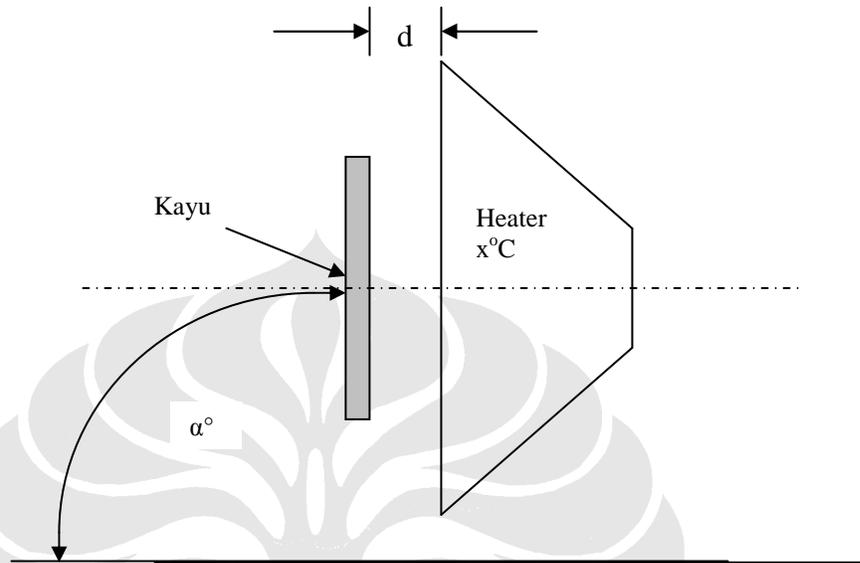
1. Tahapan preprocessor
2. Tahapan processor
3. Tahapan post processor

Tahapan preprocessor ialah tahapan dimana data diinput melalui input file. Input tersebut termasuk pembatasan domain, penentuan geometri, penentuan kondisi batas, dan penentuan file output yang diinginkan. Pada tahap processor, proses perhitungan data-data dari input file dilakukan dengan persamaan-persamaan aturnya dan hasil perhitungannya diupdate tiap tambahan waktu tertentu (*time increment*). Tahapan terakhir ialah post processor dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam tabel, warna atau animasi. Animasi tersebut dapat dilihat menggunakan *companion program* yaitu Smokeview.

### **III.2 SKENARIO PEMODELAN**

Benda / geometri yang akan dimodelkan ialah kayu berukuran 100x100x10 mm yang diletakkan dengan jarak tertentu di depan suatu heater. Heater pada kenyataannya berbentuk kerucut yang terpancung di bagian atasnya, namun karena keterbatasan software FDS yang tidak dapat menggambarkan kurva, maka heater dibentuk seperti limas segiempat yang orientasinya dibuat dengan bentuk anak

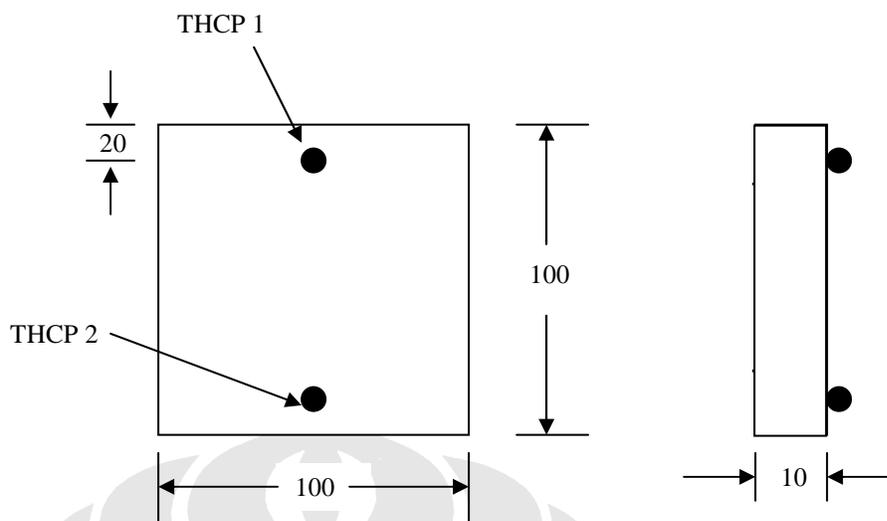
tangga. Secara garis besar, yang akan dimodelkan seperti yang tergambar di bawah ini:



**Gambar 3.3** Posisi dari sampel dan heater yang akan dimodelkan menggunakan FDS.

Dalam pemodelan dan juga pada experimental, ada beberapa skenario untuk nilai-nilai dari  $d$  (jarak dalam mm),  $\alpha^\circ$  (sudut orientasi), dan  $x$  (temperatur heater dalam  $^\circ\text{C}$ ). Untuk mengetahui pengaruh dari jarak terhadap penyebaran api pada sampel dipakai dua nilai  $d$ , yaitu 30mm dan 50mm. Untuk mengetahui pengaruh orientasi permukaan dipakai tiga nilai  $\alpha$ , yaitu  $45^\circ$  (miring),  $90^\circ$  (vertikal) dan  $180^\circ$  (horizontal, heater berada di bawah sampel kayu). Dan untuk mengetahui pengaruh temperatur heater dipakai dua nilai  $x$ , yaitu  $500^\circ\text{C}$  dan  $600^\circ\text{C}$ .

Pada sampel kayu diberikan 2 buah termokopel pada sampel untuk mengetahui penyebaran temperatur pada saat proses pembakarannya. Keempat buah termokopel tersebut diletakkan seperti gambar berikut :



Gambar 3.4 Sampel kayu dan posisi termokopel pada skenario pemodelan

gambar tidak sesuai skala. Satuan dalam mm. THCP = thermocouple .

### III.3 INPUT FILE

Pada tahap ini penulis akan menjelaskan mengenai input file yang digunakan dalam pemodelan. Penjelasan dibuat hanya mengenai apa yang ada dalam input file dan dijelaskan bertahap sesuai susunan yang ada dalam *user guide*.

#### III.3.1 Pengaturan Batas Waktu dan Ruang (Domain)

Hal pertama yang perlu dilakukan dalam menulis input file ialah memberi nama pada tugas (*job*) dari input file tersebut. *Namelist group* HEAD mengandung dua parameter, dalam input file yang digunakan yaitu :

```
&HEAD CHID='verti3cm',TITLE='vertikal3cm' /
```

CHID merupakan barisan dari 30 karakter atau kurang yang memberi nama pada file-file output. Dalam hal ini, file Smokeview yang terbentuk akan bernama **verti3cm.smv** , dan tidak boleh ada spasi dalam baris CHID ini. TITLE merupakan barisan dari 60 karakter atau kurang yang menjelaskan mengenai apa yang akan dikerjakan oleh input file tersebut.

Berikutnya, perlu ditentukan lamanya waktu untuk simulasi, dalam hal ini menggunakan kelompok nama TIME. Dalam input file yang digunakan yaitu :

```
&TIME T_END=1800.0 /
```

T\_END menyatakan berapa lama waktu untuk simulasi dalam detik. Dalam contoh di atas selama 1800 detik (30 menit). Jika T\_END ditulis 0, maka FDS hanya melakukan *set-up*, yang sangat berguna bila kita hanya ingin memeriksa geometri yang telah dibuat.

Seluruh perhitungan dalam FDS dilakukan dalam domain yang terdiri dari volume-volume penyusun yang disebut *mesh*. MESH ialah kelompok nama yang mendefinisikan domain perhitungan. Sistem kordinat dalam FDS menggunakan aturan tangan kanan. Titik awal dari kordinat didefinisikan dalam bagian pertama, ketiga dan kelima pada XB, contohnya :

```
&MESH IJK=30,30,30,XB = 0.0, 0.3, 0.0, 0.3, 0.0, 0.3/
```

Artinya domain perhitungan berukuran 0.3 x 0.3 x 0.3 (dalam meter) dan setiap kordinat (x,y,z) dibagi dalam 30 bagian. Penulis menggunakan mesh ukuran 1 cm<sup>3</sup> dengan pemikiran bahwa sampel berukuran 10x10x1cm sudah cukup baik didekati dengan 100 buah kubus berukuran 1cm<sup>3</sup>. Namun untuk lebih menambah keakuratan dari pemodelan, digunakan perintah CELL\_SIZE\_FACTOR=0.5 sehingga ukuran mesh dalam sampel kayu menjadi setengahnya, yakni 0.5cm<sup>3</sup>.

Kelompok nama MISC digunakan untuk memasukkan parameter-parameter lainnya yang dibutuhkan dalam suatu skenario pembakaran, dalam input file yang digunakan ialah :

```
&MISC SURF_DEFAULT='BAJA', GVEC=9.81,0.0,0.0/
```

SURF\_DEFAULT='BAJA' menyatakan bahwa setiap objek yang dimasukkan dalam domain terbuat dari bahan baja, kecuali ditentukan lain. GVEC menyatakan arah vektor gravitasi, dalam input file ini digunakan gravitasi sebesar 9.81 m/s<sup>2</sup> ke arah x positif. Hal tersebut dilakukan untuk skenario dimana orientasi permukaan sampel sebesar 90°.

### III.3.2 Pembuatan Model

Kelompok nama untuk meletakkan benda dalam domain ialah OBST (obstruction). Benda didefinisikan oleh dua titik  $(x_1, y_1, z_1)$  dan  $(x_2, y_2, z_2)$  dalam bentuk *sextuplet*  $XB = x_1, x_2, y_1, y_2, z_1, z_2$ . Salah satu contohnya dalam input file yaitu :

```
&OBST XB=0.07, 0.08, 0.07, 0.23, 0.16, 0.17, SURF_ID='BAJA' /
```

Artinya benda tersebut berdimensi 0.01 m (0.08 – 0.07) searah sumbu x, 0.16 m (0.23 – 0.07) searah sumbu y, dan 0.01 m (0.17 – 0.16) searah sumbu z. Titik yang membentuk benda tersebut ialah (0.07, 0.07, 0.16) dan (0.08, 0.23, 0.17). SURF\_ID='BAJA' menyatakan benda tersebut terbuat dari baja.

Permukaan dari suatu benda dapat diubah sifatnya menggunakan kelompok nama VENT. Dalam input file digunakan :

```
&VENT XB=0.07, 0.08, 0.07, 0.23, 0.16, 0.16, SURF_ID='HOT'
```

VENT berbentuk permukaan dan harus menempel pada suatu benda. dalam contoh ini artinya permukaan benda pada koordinat yang dimaksud memiliki permukaan yang panas.

### III.3.3 Pendefinisian Kondisi Batas

Kelompok nama SURF mendefinisikan sifat seluruh permukaan padat dan ventilasi dalam domain. Setiap kelompok nama SURF memiliki karakter identifikasi ID untuk memberi sifat pada suatu objek. SURF\_ID='BAJA' berarti benda tersebut terbuat dari baja, sehingga sifat-sifatnya sesuai dengan sifat baja. Jika tidak didefinisikan, FDS akan menganggap benda tersebut sesuai dengan SURF\_DEFAULT yang tercantum dalam kelompok nama MISC.

Untuk mendeskripsikan material yang dipakai dalam pemodelan, digunakan kelompok nama MATL. Suatu benda padat dapat terdiri dari beberapa lapisan, dan tiap lapisan dapat terdiri dari beberapa komponen. Kombinasi dari lapisan dan komponen ini ditulis pada baris SURF dengan susunan MATL\_ID(IL,IC). IL merupakan *Layer Index*, dimulai dari 1, lapisan di batas paling luar. IC merupakan *Component Index*. Contoh yang digunakan pada input files yaitu :

```

&SURF ID='KAYU'
      STRETCH_FACTOR=1.
      CELL_SIZE_FACTOR=0.5
      MATL_ID(1,1:2) = 'FUEL','WATER'
      MATL_MASS_FRACTION(1,1:2) = 0.91,0.0
      THICKNESS(1) = 0.01
      HEAT_OF_VAPORIZATION = 500. /

&MATL ID = 'FUEL'
      EMISSIVITY = 0.71
      CONDUCTIVITY = 0.15
      SPECIFIC_HEAT = 1.25
      DENSITY = 700
      A = 2.8E19
      E = 2.424E5
      N_REACTIONS = 1
      HEAT_OF_REACTION = 418
      HEAT_OF_COMBUSTION = 16090
      NU_RESIDUE = 0.2
      NU_FUEL = 0.8
      RESIDUE = 'CHAR' /

&MATL ID = 'WATER'
      DENSITY = 1000.
      CONDUCTIVITY = 0.6
      SPECIFIC_HEAT = 4.19
      N_REACTIONS = 1
      A = 1E20
      E = 1.62E+05
      NU_WATER = 1.0
      HEAT_OF_REACTION = 2260. /

&MATL ID = 'CHAR'
      EMISSIVITY = 1
      DENSITY = 140
      CONDUCTIVITY = 0.08
      SPECIFIC_HEAT = 1.1 /

```

Pada input di atas sampel diberi nama 'KAYU' yang terdiri dari 'FUEL' dan 'WATER'. *Fuel* merupakan bagian dari kayu yang akan menjadi bahan bakar, sedangkan *water* merupakan kelembaban dari kayu tersebut. Bagian dari kayu yang menjadi *fuel* atau *water* tertera pada MATL\_MASS\_FRACTION dimana *fuel* 91% dan *water* 0%, menandakan pada sampel yang digunakan tidak terdapat air. Nilai 91% didapat dari laboratorium Biomaterial LIPI Cibinong, Bogor. Berikutnya pada bagian MATL ialah sifat-sifat termal dari masing-masing bagian kayu. Konduktivitas sebesar 0.15 W/mK didapat dari alat *thermal conductivity* di lantai 3 DTM FTUI. *Specific heat* 1.25 kJ/kgK didapat dari literatur untuk kayu jati. Densitas 770 kg/m<sup>3</sup>

didapat dari perhitungan manual. Nilai *pre-exponential factor*, A (1/s), energi aktivasi, E (kJ/kmol) dan *heat of reaction* (kJ/kg) diperoleh dari contoh dalam FDS untuk *charring material*. Sedangkan nilai *heat of combustion* (kJ/kg) diperoleh dari nilai  $\Delta H_c$  untuk selulosa. Residue yang tertera ialah *char* atau arang dimana sifat-sifatnya tertera pada bagian MATL ID untuk *char*. Sifat termal untuk air didapat juga dari contoh pada FDS untuk *charring material*. NU\_RESIDUE atau NU\_FUEL merupakan penanda seberapa banyak (%) dari sampel yang akan jadi arang atau bahan bakar. Nilai NU\_RESIDUE sebesar 0.2% didapat dari densitas *char* dibagi dengan densitas *fuel*. Sedangkan NU\_FUEL sebesar 0.8 .didapat dari 1 dikurangi 0.2 .

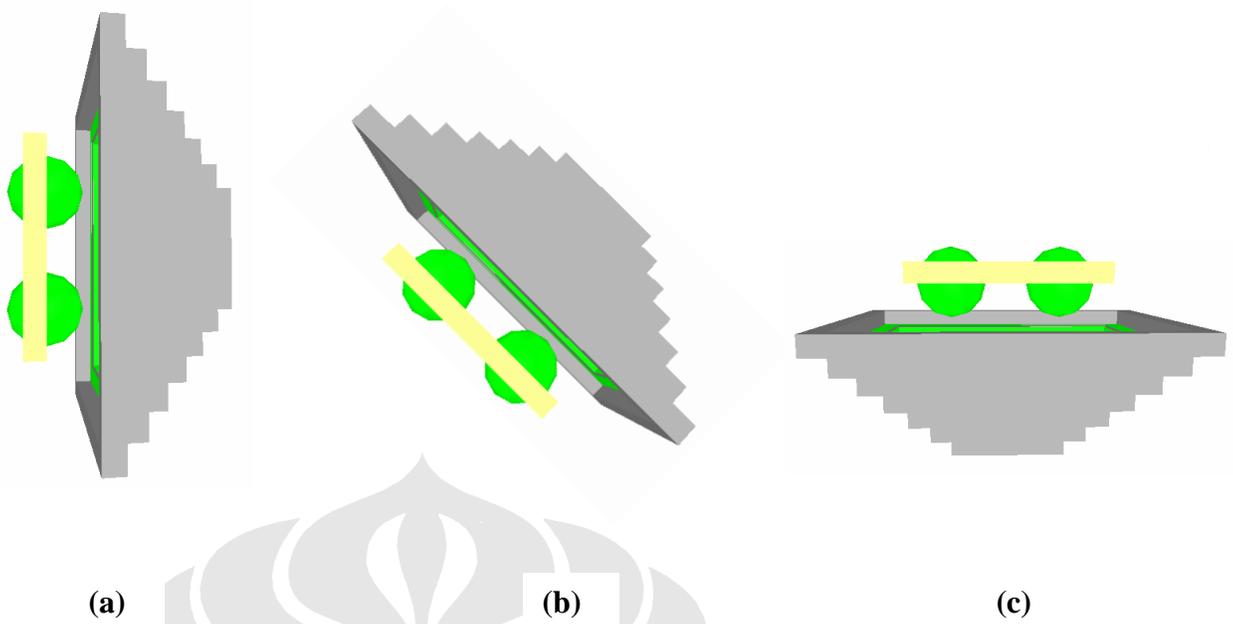
### III.3.4 Peralatan Pencatat Keluaran / Output

Untuk mendapat suatu parameter dalam domain, misalkan temperatur, digunakan kelompok nama DEVC dengan menaruh parameter tersebut dalam QUANTITY. Misalnya yang digunakan dalam input file yaitu :

```
&DEVC XYZ=0.12, 0.15, 0.13, QUANTITY='TEMPERATURE' /
```

XYZ menandakan letak dari DEVC yang bersangkutan, sedangkan QUANTITY=TEMPERATURE berarti DEVC tersebut mencatat temperatur pada lokasi yang ditentukan sepanjang waktu. Selain temperatur, pada penelitian ini juga menggunakan *wall temperature* untuk mencatat profil temperatur pada permukaan sampel sepanjang waktu.

Setelah memasukkan seluruh data yang digunakan dalam input file, eksekusi dapat dilakukan dengan membuka *command prompt* dan mengetik `fds5(spasi)namafile.fds(enter)`. Gambar di bawah ini memperlihatkan visualisasi dari heater dan sampel menggunakan *smokeview*.



**Gambar 3.5.** Berbagai orientasi permukaan yang digunakan. (a)  $90^\circ$ , vertikal; (b)  $45^\circ$ , miring; dan (c)  $180^\circ$ , horizontal. Bola berwarna hijau menunjukkan termokopel.