

## DAFTAR ISI

|                      |     |
|----------------------|-----|
| mbar Pengesahan..... | x   |
| iskah Soal.....      | x   |
| ita Pengantar.....   | i   |
| tisari.....          | ii  |
| daftar isi.....      | iii |
| daftar Simbol.....   | vi  |
| daftar Gambar.....   | vii |
| daftar Tabel.....    | x   |

### **AB I : PENDAHULUAN**

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1 Dasar Pemikiran.....             | 1 |
| 2 Product Development Target.....  | 2 |
| 3 Product Development Scheme.....  | 3 |
| 4 Product Development Process..... | 7 |

### **AB II : CONCEPT DEVELOPMENT**

|  |    |
|--|----|
| 1 Identifying Customer Needs.....                    | 11 |
| 2.1.1 Menetapkan ruang lingkup sasaran.....          | 11 |
| 2.1.2 Mencari data kebutuhan konsumen.....           | 11 |
| 2.1.3 Analisa data yang data yang diperoleh.....     | 12 |
| 2.1.4 Penentuan hirarki kebutuhan konsumen.....      | 20 |
| 2.1.5 Menentukan tingkat kepentingan.....            | 22 |
| 2.1.6 Gambaran hasil Identifying Customer Needs..... | 24 |
| 2 Establishing Product Spesification.....            | 25 |



|                          |    |
|--------------------------|----|
| 4 Concept Selection..... | 28 |
|--------------------------|----|

### **AB III : SYSTEM LEVEL DESIGN**

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1 Dasar Teori Perpindahan Panas..... | 30 |
| 3.1.1 Konduksi.....                  | 30 |
| 3.1.2 Konveksi.....                  | 41 |
| 3.1.3 Radiasi.....                   | 43 |
| 2 Materi Software.....               | 45 |

### **AB IV : DETAIL DESIGN**

|  |    |
|--|----|
| .1 Konduksi.....                             | 47 |
| 4.1.1 Syarat variasi permasalahan.....       | 51 |
| 4.1.2 Penyelesaian persamaan diskritasi..... | 53 |
| .2 Konveksi.....                             | 55 |
| 4.2.1 External Flow.....                     | 55 |
| 4.2.2 Internal Flow.....                     | 59 |
| 4.2.3 Konveksi Alami.....                    | 62 |
| .3 Boiling dan Kondensasi.....               | 64 |
| 4.3.1 Boiling (Perpindahan panas didih)..... | 64 |
| 4.3.2 Condensation (Kondensasi).....         | 66 |
| .4 Radiasi.....                              | 67 |
| .5 Flow chart Pembuatan Source Program.....  | 72 |

### **BAB V : TESTING AND REFINEMENT**

|   |    |
|---|----|
| 5.1 Menu Utama.....                       | 82 |
| 5.2 Konveksi di permukaan Plat Datar..... | 83 |
| 5.3 Aliran di dalam rangkunan tabung..... | 88 |



|   |   |    |
|---|---|----|
| 5 | Kondusi 2-D Plat Datar.....             | 93 |
| 6 | Spectral Black Body Emissive Power..... | 94 |
| 7 | GMTrans Dokumen.....                    | 94 |
| 8 | GM Trans Memori.....                    | 95 |

## **AB VI : PRODUCT RAMP-UP, KESIMPULAN DAN PENUTUP**

|   |                      |    |
|---|----------------------|----|
| 1 | Product Ramp-Up..... | 96 |
| 2 | Kesimpulan.....      | 97 |
| 3 | Penutup.....         | 98 |

## **AFTAR PUSTAKA**

### **AMPIRAN TABEL**

|           |  |     |
|-----------|--|-----|
| ampiran 1 | : Tabel Konversi Satuan.....   | 99  |
| ampiran 2 | : Tabel Properti Udara pada tekanan 1 Atmosfer.....  | 101 |
| ampiran 3 | : Tabel Properti Fluida Jenuh.....   | 103 |
| ampiran 4 | : Tabel Radiasi Benda Hitam.....   | 105 |
| ampiran 5 | : Tabel Properti Air Jenuh.....  | 106 |
| ampiran 6 | : Tabel koefisien $C$ dan $n$ persamaan Angka Nusselt pada rangkunan tabung .....                  | 107 |
| ampiran 7 | : Tabel persamaan koefisien perpindahan panas konveksi bebas dari berbagai permukaan ke udara..... | 107 |
| ampiran 8 | : Tabel Sifat-sifat logam.....   | 108 |
| ampiran 9 | : Tabel Emisivitas berbagai benda.....   | 109 |

### **AMPIRAN PROGRAM**

## DAFTAR SIMBOL

- : luas permukaan ( $m^2$ )
- : koefisien persamaan diskritasi titik e
- : koefisien persamaan diskritasi pada titik p
- : koefisien persamaan diskritasi titik w
- : suku sumber kalor persamaan diskritasi
- : Angka Biot
- : koefisien gesekan
- : panas jenis benda ( $J/kg.K$ )
- : diameter (m)
- : diameter dalam (m)
- : diameter luar (m)
- : daya emisi benda hitam per satuan panjang ( $Watt/\mu m$ )
- : faktor gesekan
- : faktor bentuk radiasi dari permukaan m ke n
- : angka Fourier
- : percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- : angka Grashof
- : koefisien perpindahan panas ( $Watt/m^2.K$ )
- : koefisien perpindahan panas konveksi pada silinder ( $Watt/m^2.K$ )
- : koefisien perpindahan panas radiasi ( $Watt/m^2.K$ )
- : intensitas radiasi ( $Watt/m^2$ )
- : densitas arus



- : konduktivitas panas (Watt/m.K)
- : konduktivitas panas pada titik e (Watt/m.K)
- : konduktivitas panas pada titik p (Watt/m.K)
- : konduktivitas panas pada titik w (Watt/m.K)
- : panjang (m)
- : massa (kg)
- : laju aliran massa (kg/s)
- : jumlah peninjauan
- : jumlah peninjauan
- $n$  : angka Nusselt
- $n_x$  : angka Nusselt lokal
- $\bar{n}$  : angka Nusselt rata-rata
- : tekanan (atm)
- : perimeter (m)
- $Pe$  : angka Peclet
- $Pr$  : angka Prandtl
- $q$  : laju perpindahan panas (Watt)
- $q''$  : laju perpindahan panas per satuan luas (Watt/m<sup>2</sup>)
- $\dot{q}$  : pembangkitan energi (Watt/m<sup>3</sup>)
- $r$  : jari-jari (m)
- $Ra$  : angka Rayleigh
- $Re$  : angka Reynolds
- $c$  : number kalor (Watt/m<sup>3</sup>)



- Sp : koefisien sumber kalor
- t : ketebalan (m)
- T : temperatur (K)
- u : kecepatan aliran bebas (m/s)
- u : kecepatan pada arah sumbu x (m/s)
- v : kecepatan pada arah sumbu y (m/s)
- $\nu$  : viskositas kinematis ( $m^2/s$ )
- V : volume ( $m^3$ )
- x,y,z : koordinat ruang dalam sistem kartesian
- $\alpha$  : difusivitas panas ( $m^2/s$ )
- $\beta$  : Volumetrik ekspansi panas ( $K^{-1}$ )
- $\gamma$  : eksponen isentropik
- $\delta$  : tebal lapis batas hidrodinamik (m)
- $\epsilon$  : emisivitas
- $\theta$  : sudut dalam sistem silindirs dan pheris ( $^\circ$ )
- $T_\infty$  : beda temperatur rujukan (K)
- $\lambda$  : panjang gelombang ( $\mu m$ )
- $\mu$  : viskositas dinamik ( $N.s/m^2$ )
- $\rho$  : densitas (kerapatan benda) ( $kg/m^3$ )
- $\sigma$  : tetapan Stefan Boltzmann ( $W/m^2.K^4$ )
- t : waktu (detik)
- $\tau$  : tegangan geser ( $N/m^2$ )

## DAFTAR GAMBAR

|  |    |
|--|----|
| Gambar 1.1 The Composition of a Product Development Team for an electromechanical product of modest complexity . (Courtesy of Hewlett-Packard..... | 4  |
| Gambar 1.2 Product Development Team for Software produc.....   | 6  |
| Gambar 2.1 Concept Development : the front-end activities.....   | 9  |
| Gambar 2.2 Pengoperasian Komputer oleh Mahasiswa.....  | 16 |
| Gambar 2.3 Pengoperasian komputer oleh Pelajar.....  | 16 |
| Gambar 2.4 Pengoperasian Komputeroleh kalangan umum.....   | 16 |
| Gambar 2.5 Pengoperasian komputer oleh Primary Market.....   | 17 |
| Gambar 2.6 Prioritas Software oleh Mahasiswa.....  | 17 |
| Gambar 2.7 Prioritas Software oleh Pelajar.....  | 18 |
| Gambar 2.8 Prioritas Software oleh Kalangan Umum.....  | 18 |
| Gambar 2.9 Prioritas Software oleh Primary Market.....   | 19 |
| Gambar 2.10 Bahasa pengantar yang diinginkan Primary Market.....   | 19 |
| Gambar 2.11 Respon Primary Market.....   | 20 |
| Gambar 3.1 Control volume konduksi 1-D.....  | 31 |
| Gambar 3.2 Control volume konduksi 3-D koordinat kartesian.....  | 33 |
| Gambar 3.3 Diskritisasi konduksi 1-D pada profil linear.....   | 35 |
| Gambar 3.4 Perpindahan panas konveksi pada suatu plat datar.....   | 41 |
| Gambar 3.5 Radiasi antara dua permukaan plat.....  | 44 |
| Gambar 4.1 Control volume konduksi 2-D koordinat kartesian.....  | 49 |
| Gambar 4.2 Control volume konduksi 1-D koordinat silindris.....  | 50 |
| Gambar 4.3 Control volume konduksi 1-D koordinat spheris.....  | 51 |
| Gambar 4.4 Control volume untuk benda komposit 1-D.....  | 53 |
| Gambar 4.5 Daerah lapisan batas aliran di atas plat datar .....  | 55 |
| Gambar 4.6 Susunan tube bank : a). aligned b). staggered.....  | 59 |
| Gambar 4.7 Perpindahan panas menyeluruh dinyatakan dalam temperatur limbak....   | 59 |
| Gambar 4.8 Aliran konveksi alami pada plat vertikal.....   | 62 |
| Gambar 4.9. Emisi radiasi dari area $dA$ pada arah sudut ruang $d\Omega$ .....   | 68 |



|   |    |
|---|----|
| ar 5.1 Menu Utama Software.....   | 82 |
| ar 5.2 Form Konveksi di Permukaan PLat Datar.....   | 83 |
| ar 5.3 Distribusi Kondisi Perhitungan.....  | 85 |
| ar.5.4 Grafik Fenomena Perpindahan Panas di permukaan Plat Datar untuk<br>berbagai kecepatan..... | 87 |
| ar 5.5 Aliran di dalam rangkunan tabung.....  | 88 |
| ar.5.6 Konduksi 1-D Transient di Plat Datar.....  | 86 |
| ar 5.7 Hasil Perhitungan Konduksi 1-D Transient di Plat Datar.....                                | 89 |
| ar 5.8 Konduksi Steady 1-D di Plat Datar.....   | 91 |
| ar 5.9a Hasil Perhitungan Konduksi 1-D Plat Datar untuk Temperatur aliran<br>fluida 200 K.....    | 92 |
| ar 5.9b Hasil Perhitungan Konduksi 1-D Plat Datar untuk berbagai Temperatur<br>Aliran Fluida..... | 92 |
| ar 5.10a Tampilan Konduksi 2-D Plat Datar.....  | 93 |
| ar 5.10b Hasil Perhitungan Konduksi 2-D Plat Datar.....   | 93 |
| ar 5.11 Grafik Spectral Blackbody Emissive Power.....   | 94 |
| ar 5.12 GM Trans Dokumen .....  | 94 |
| ar 5.13 GM Trans Memori.....  | 95 |



## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| 1 2.1 Pengoperasian komputer .....                              | 14 |
| 1 2.2 Priorotas Software.....                                   | 14 |
| 1 2.3 Bahasa yang digunakan.....                                | 15 |
| 1 2.4 Respon Pasar.....   | 15 |
| 1 2.5 Hasil Identifying Customer Needs.....                     | 24 |
| 1 2.6 Customer Need Metric.....                                 | 25 |
| 1 2.7 Needs Metrics Matrix.....                                 | 26 |
| 1 2.8 Refine Spesification.....                                 | 27 |
| 1 4.1 Rumus empiris external flow.....                          | 57 |
| 1 4.2 Rumus empiris pada internal flow untuk circular tube..... | 60 |
| 1 4.3 Rumus empiris konveksi alami.....                         | 63 |