



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KETINGGIAN KOLOM TERHADAP KINERJA
KOLOM DISTILASI TIPE BATCH-BUBBLE CAP (BBC)**

SKRIPSI

ABDUL RACHMAN

0806368351

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

DEPOK

JUNI 2011



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH KETINGGIAN KOLOM TERHADAP KINERJA
KOLOM DISTILASI TIPE BATCH-BUBBLE CAP (BBC)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

ABDUL RACHMAN

0806368351

FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

KEKHUSUSAN PROGRAM PENDIDIKAN SARJANA EKSTENSI

DEPOK

JUNI 2011

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,

Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk

Telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Abdul Rachman

NPM : 0806368351

Tanda Tangan :



Tanggal : 27 Juni 2011


HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Abdul Rachman
NPM : 0806368351
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : Pengaruh Ketinggian Kolom Terhadap Kinerja Kolom Distilasi Tipe Batch-Bubble Cap (BBC)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara  (.....)

Penguji : Prof. Dr. Ir. Budiarmo M. Eng  (.....)

Penguji : Dr.Ir. Engkos A. Kosasih, M.T  (.....)

Penguji : Ir. Warjito, M. Sc, Ph. D  (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 27 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah Swt., atas rahmat dan izin-Nya penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi yang berjudul : **Pengaruh Ketinggian Kolom Terhadap Kinerja Kolom Distilasi Tipe Batch-Bubble Cap (BBC)**, ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan Sarjana Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia.

Penulis menyadari, bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai masa penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Ahmad Indra Siswantara, selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat selesai dengan baik.
2. Keluarga penulis tercinta terutama Ibu dan Ayah penulis yang selalu mendukung, mendoakan, dan menyemangati penulis.
3. Seluruh staf pengajar Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia yang telah memberikan ilmunya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan ilmu yang telah didapat.
4. Vetta Fegitalasky yang selalu bersemangat dalam belajar, yang mengajarkan penulis tentang arti kehidupan.
5. Seluruh staf karyawan Departemen Teknik Mesin Universitas Indonesia yang telah membantu menyediakan sarana dan prasarana untuk penulis dalam melakukan kegiatan penelitian.
6. Adi, Andianto, Pak Steven, Bang Effendi, Baskoro, Fahmi yang telah memberikan dukungan yang maksimal dalam menyelesaikan project penelitian, mendoakan, dan menyemangati penulis.

Depok, Juni 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Abdul Rachman
NPM : 0806368351
Program Studi : Teknik Mesin (PPSE)
Departemen : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Pengaruh Ketinggian Kolom Terhadap Kinerja Kolom Distilasi Tipe Batch-Bubble Cap (BBC)

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal: 27 Juni 2011

Yang menyatakan



(Abdul Rachman)

ABSTRAK

Nama : ABDUL RACHMAN
Program Studi : TEKNIK MESIN
Judul : PENGARUH KETINGGIAN KOLOM TERHADAP KINERJA KOLOM DISTILASI TIPE BATCH-BUBBLE CAP (BBC)

Kebutuhan jumlah energi fosil yang terus meningkat serta dibarengi oleh penurunan drastis sumber daya alam fosil memaksa manusia untuk melakukan penelitian serta pengembangan sumber-sumber energi yang bisa digunakan secara terus menerus dan terbarukan. Selain ketersediaannya, diharapkan juga bahwa sumber energi tersebut ramah (emisi minimum) terhadap lingkungan, mulai dari pembuatan hingga produk buang setelah digunakan. Dalam studi yang dilakukan ini, akan dipelajari pengaruh beda ketinggian kolom terhadap distilat etanol yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan kolom distilasi tipe batch-bubble cap dengan tinggi total 1.65 meter. Data-data dihasilkan dengan memvariasikan tinggi kolom (*inlet*) 0 - 0.38 meter dan laju alir bahan bakar (LPG) 7.5 – 15 L/min.

Dari hasil simulasi CFD-SOF didapat bahwa semakin tinggi kolom distilasi maka kadar distilat yang dihasilkan semakin meningkat dan dapat dilihat juga pergerakan pertukaran massa dari crude terhadap uap. Hasil dari simulasi ini kemudian disandingkan dengan data eksperimen. Dan ternyata terdapat kemiripan *trend* antara hasil simulasi CFD-SOF dengan hasil eksperimen. Pada data eksperimen, hampir seluruh data dari variasi ketinggian menunjukkan ada peningkatan kadar distilat (etanol) saat tinggi saluran masuk (*inlet*) dinaikkan. Oleh karena itu, terdapat hubungan antara beda ketinggian (Δh) dengan kadar distilat karena didalam kolom terjadi penurunan beda tekanan (ΔP) dan laju alir uap etanol.

Kata kunci:
Kolom Distilasi, energi terbarukan, Bioetanol.

ABSTRACT

Name : Abdul Rachman
Study Program : Mechanical of Engineering
Title : Column Head Effect to Performance of Distillation
Column Batch-Bubble Cap Type

The fossil energy necessary will increase within drastic derivation of energy resources were constrain people to do more research and developing the sustainable and the renewable energy. Beside for availability, it wish so friendly for environment (emission less), since production process until exhaust waste after used. In this case, we are studying head difference effect to purity of ethanol produced. The experiment are running by using Distillation Column Batch-Bubble Cap type with 1.65 meters total head. Data produced by varying column head (inlet) from 0 to 0.38 meter and fuel (LPG) flow rates from 7.5 to 15 L/min.

From CFD-SOF simulation result obtained if distillation column increase will increase the purity ethanol produced too, and we can observe the crude mass transfer movement. There are similar trends between the experiment and CFD-SOF simulation result. The experiment data, almost various data of head difference are influence to the purity ethanol since column inlet head is rise. Based on it, there are relationship between head difference with the distillate purity because occurred pressure drop and decrease of vapor flow rate along column.

Key words :

Distillation Column, Renewable Energy, Bio ethanol.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan Penelitian	2
I.4. Pembatasan Masalah	3
I.4. Metodologi Penelitian	3
I.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II STUDI LITERATUR	6
II.1. Distilasi	6
II.2. Teori Distilasi Sistem Biner	7
II.3. Sistem Azeotropic	9
II.3.1 Diagram fasa Azeotropic	9
II.4. Diagram McCabe-Thiele	11
II.4.1 Perhitungan Untuk Distilasi Kontinyu Pada Sistem Biner	12
II.4.2 Operation Line	12
II.4.3 Jumlah Stage Minimum; n_m	14
II.4.4 Rasio Reflux Minimum; R_m	14
II.5. Waktu Operasi Sistem Distilasi	15
II.6. Teori Dasar Aliran Udara	15
II.6.1 Bentuk Aliran Udara	16
II.6.2 Pengukuran Aliran	17
II.6.2.1 Orifice Meter	18
II.7. Computational Fluid Dynamics	19
II.7.1 Meshing	20
II.7.2 Pre-Processor	21
II.7.3 Solver	21
II.7.3 Post-Processor	22

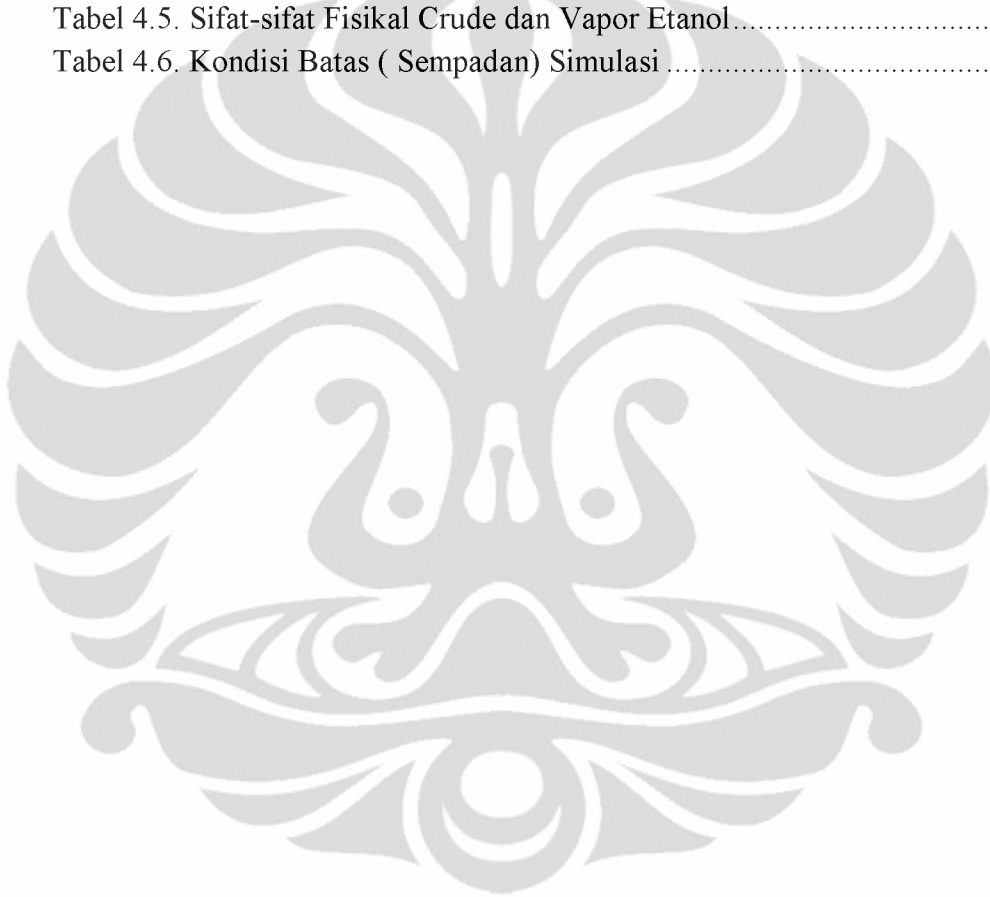
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	23
III.1. Metode Penelitian.....	23
III.1.1 Objek, Waktu, dan Tempat Penelitian.....	23
III.1.2 Peralatan dan Bahan.....	24
III.1.2.1 Coil Boiler.....	24
III.1.2.2 Kolom Distilasi.....	25
III.1.2.3 Kondenser.....	27
III.1.2.4 Manometer U.....	28
III.1.2.5 Timbangan dan Gelas Ukur.....	29
III.1.2.7 Alat Pendukung Tambahan.....	29
III.1.3 Deskripsi Alat.....	30
III.1.4 Alur Kerangka Penelitian.....	31
III.2. Prosedur Pengujian.....	32
III.2.1 Pemodelan Kolom Distilasi Batch-Bubble Cap.....	33
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	37
IV.1. Pengaruh Perubahan Head (Δh) dan Jatuh Tekanan Terhadap Kadar Etanol.....	37
IV.2. Pengaruh Perubahan Head (Δh) Terhadap Waktu Operasional.....	38
IV.3. Analisa Hubungan Antara Waktu Operasional, Flow Rate gas, dan Δh (m) dari Nilai Ekonomis.....	39
IV.4. Analisa Aliran Pada Kolom Distilasi.....	42
IV.4.1 Permodelan dan Simulasi Aliran Pada Kolom Distilasi.....	42
IV.4.2 Perancangan Geometri Model Komputasi.....	43
IV.4.2.1 Penentuan Sifat-sifat Fisikal dalam Model Simulasi.....	44
IV.4.2.2 Penentuan Kondisi Batas Model Simulasi.....	45
IV.4.2.3 Simulasi CFD SOF.....	45
IV.4.2.3.1 Fraksi Volume Vapor dan Crude.....	45
IV.4.2.3.2 Vektor Kecepatan Vapor dan Crude.....	48
IV.4.2.3.3 Laju Pertukaran Massa.....	49
IV.4.3 Hubungan Antara Δh dan Waktu Operasi Dengan Konsentrasi Distilat.....	51
BAB V PENUTUP.....	54
DAFTAR REFERENSI.....	55
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Diagram x-y Sistem Biner A-B	8
Gambar 2.2. Sistem Azeotropic.....	9
Gambar 2.3. Diagram Fasa Untuk Proses Distilasi	10
Gambar 2.4. Diagram Fasa Air-Etanol	10
Gambar 2.5. Diagram McCabe-Thiele untuk Proses Distilasi	12
Gambar 2.6. Diagram untuk Mengetahui Berapa Jumlah Stage Memakai Metode McCabe-Thiele	14
Gambar 2.7. Eksperimen untuk Menggambarkan Jenis Aliran Dalam Pipa	16
Gambar 2.8. Variasi Kecepatan di Suatu Titik Terhadap Waktu	17
Gambar 2.9. Orifice Meter dan Venturi Meter.....	17
Gambar 2.10. Konstruksi Orifice Meter	18
Gambar 2.11. Orifice Meter Discharge Coefficient	19
Gambar 2.12. Penggambaran Sederhana Bagaimana Mesh Bekerja Berdasarkan Bentuk Domain.....	21
Gambar 3.1. Coil Boiler	24
Gambar 3.2 Tray dan Cap	25
Gambar 3.3. Susunan Tray dan Cap	25
Gambar 3.4. Susunan Lengkap Kolom Distilasi	26
Gambar 3.5. Dimensi dari Susunan Tray-Cap	27
Gambar 3.6. Susunan Kondenser.....	27
Gambar 3.7. Manometer U.....	28
Gambar 3.8. Model kolom distilasi	34
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Δh dengan ΔP dalam satuan mmH ₂ O	36
Gambar 4.2. Grafik Hubungan Δh dengan ΔP dalam satuan Pascal	36
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Δh dengan Kadar Etanol (%).....	37
Gambar 4.4. Grafik hubungan antara Δh (m) dengan waktu operasional (detik)	38
Gambar 4.5. Gambar Kapasitas Produksi Vs Biaya Produksi per Liter	42
Gambar 4.6. Gambar Biaya Produksi Vs Margin.....	42
Gambar 4.7. Model Geometri Komputasi.....	43
Gambar 4.8. Fraksi Volume Vapor.....	46
Gambar 4.9. Fraksi Volume Crude.....	47
Gambar 4.10. Vektor Kecepatan Vapor	48
Gambar 4.11. Vektor Kecepatan Crude	49
Gambar 4.12. Laju Pertukaran Massa.....	50
Gambar 4.13. Grafik Laju Pertukaran Massa.....	51
Gambar 4.14. Grafik Fraksi Volume Vapor.....	51

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Hubungan Δh dengan ΔP	36
Tabel 4.2. Hubungan Δh dengan Kadar Etanol (%)	37
Tabel 4.3. Hubungan antara waktu operasional (detik) dengan Δh (m).....	39
Tabel 4.4. Hubungan Antara Waktu Operasional, Flow Rate gas, dan Δh (0 m) dari Nilai Ekonomis.	41
Tabel 4.5. Sifat-sifat Fisikal Crude dan Vapor Etanol.....	44
Tabel 4.6. Kondisi Batas (Sempadan) Simulasi	45



BAB I

PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Secara geografis, Indonesia termasuk Negara kepulauan yang memiliki 5 pulau besar dan belasan ribu pulau kecil. Pulau-pulau besar biasanya dijadikan pulau utama untuk menjamin ketersediaan suplai berbagai kebutuhan masyarakat, mulai dari kebutuhan primer hingga kebutuhan pelengkap. Masyarakat yang tersebar di pulau-pulau kecil beberapa kali akan menyambangi pulau besar untuk memenuhi kebutuhannya dan frekuensi transportasi menuju pulau utama selalu tergantung pada kondisi cuaca di sekitar pulau.

Namun kehidupan masyarakat yang tinggal di pulau-pulau terdepan Indonesia dan berbatasan langsung dengan Negara-negara tetangga sangat memprihatinkan. Misalnya saja kelompok masyarakat di Pulau Miangas. Untuk memenuhi kebutuhan BBM, masyarakat harus berjuang ke pulau besar yang sangat kondisional, yaitu apabila kondisi laut bersahabat mereka mampu berlayar dengan moda transportasi laut membutuhkan waktu 2 hari untuk sampai ke kota Manado dan hanya 2 jam untuk mencapai pulau-pulau di Filipina selatan¹. Kebanyakan masyarakat miangas lebih memilih Filipina sebagai tempat tujuan untuk memenuhi kebutuhan hidup sehari-hari. Kondisi yang demikian sangat di khawatirkan memicu gejolak geopolitik dari kedaulatan NKRI apabila masyarakat miangas sepakat untuk melakukan referendum dan bergabung dengan Negara Filipina.

Selain aspek geopolitik, berbagai aspek pembangunan telah di rencanakan sejak NKRI merdeka termasuk aspek energy. Sebagian besar energy yang digunakan saat ini masih berasal dari energi fosil yang terkandung dalam perut bumi. Sedangkan energy fosil sendiri termasuk dalam energy tidak terbarukan (non renewable energy) yang mempunyai batas ketersediaan dan dibutuhkan

¹ <http://nasional.kompas.com/read/2009/01/12/20230463/miangas-marore.bisa.jadi.sipadan-ligitan.jilid.ii>

waktu yang sangat lama untuk menyediakan kembali dan tidak sesuai dengan jumlah permintaan kebutuhan dari manusia.

Krisis energy dan pangan mengalami peningkatan setiap tahunnya. Di tahun 2011 saja diperkirakan krisis yang akan melanda Indonesia meningkat tiga kali lipat jika dibandingkan dengan krisis yang melanda Indonesia pada tahun 2008². Hampir seluruh Negara di dunia melakukan segenap kemampuan dalam mencari sumber-sumber energy alternative guna mengurangi dampak krisis energy agar tidak meluas menjadi krisis social, serta menerapkan kebijakan-kebijakan yang mendukung pada penggunaan serta peningkatan manfaat untuk setiap energy alternative. Kebijakan-kebijakan semacam ini pun juga akan diterapkan oleh pemerintah Indonesia walaupun sebagian besar hanya sebatas wacana.

I.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan, maka penelitian difokuskan untuk mengetahui hubungan antara perubahan *head* dan desain kolom distilasi terhadap produk akhir guna mendapatkan hasil optimal dengan proses yang paling efisien berdasarkan penelitian ini.

Penelitian dilakukan dengan membuat prototype kolom distilasi lalu memodelkan dan mensimulasikan dengan kondisi sesuai dengan objek penelitian. Simulasi menggunakan perangkat komputasi berbasis *Computational Fluid Dynamics* (CFD) untuk mendapatkan model yang mendekati referensi kolom distilasi berdasarkan validasi dan verifikasi data serta mempelajari tekanan dan aliran udara di dalam kolom distilasi.

I.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan data pengaruh head kolom terhadap produk akhir.
2. Mendapatkan nilai konsentrasi produk akhir yang dihasilkan dari sistem distilasi.

² <http://www.jurnas.com/news/24096>

3. Mempelajari performa dari kolom berupa waktu operasi minimum.
4. Mempelajari fenomena-fenomena aliran yang terjadi dan pengaruhnya terhadap produk akhir dari sistem distilasi.

I.4 Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Desain kolom distilasi tipe *batch and bubble-cap* (BBC) sudah ditentukan berdasarkan referensi.
2. Dari desain referensi yang ada dibuat prototipe dan kemudian dimodelkan serta disimulasikan dengan CFDSOF untuk aliran dua fasanya.
3. Jenis kolom dibatasi pada kolom distilasi tipe *batch and bubble-cap* (BBC).
4. Penelitian fokus pada fenomena dan karakteristik pada kolom distilasi, bukan keseluruhan sistem distilasi.

I.5 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini, metode untuk mengumpulkan sumber data dan informasi adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur.

Metode yang digunakan dalam pencarian studi literatur ini dengan tinjauan kepustakaan berupa buku-buku yang ada di perpustakaan, jurnal-jurnal tertulis maupun *online*, serta referensi artikel yang terdapat di internet.

2. Pengambilan data.

Data diambil dari prototipe yang telah dibuat sebelumnya. Data yang diambil berupa nilai temperatur uap, konsentrasi produk akhir, dan debit aliran pada produk akhir. Serta diambil juga data-data sebagai informasi tambahan yaitu flow rate bahan bakar (gas LPG), flow rate udara masuk ruang bakar, flow rate gas buang dan waktu operasional minimum untuk menghasilkan volume tertentu distilat.

3. Simulasi numerik.

Data temperatur uap dan gas buang serta asumsi kecepatan aliran uap dalam kolom digunakan sebagai *input* an pada simulasi CFDSOF. Kemudian diperoleh data berupa fraksi volume uap etanol, fraksi volume crude, vektor kecepatan alir uap dan crude serta laju perpindahan massa. Data ini digunakan sebagai validasi bagi data hasil eksperimen. Beberapa data lainnya seperti flow rate gas buang dari beberapa input yang berbeda juga akan disimulasikan, tetapi data-data tersebut hanya sebagai informasi tambahan di luar analisa kolom distilasi.

I.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

Bab I: Pendahuluan

Menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Bab II: Kajian Literatur

Menjelaskan tentang konsep distilasi, karakteristik pada kolom distilasi, metode untuk penentuan desain dan ukuran dari kolom distilasi, serta penjelasan komponen CFD sebagai bagian dari penyelesaian penelitian ini.

Bab III: Metodologi Penelitian

Menjelaskan tentang tahapan-tahapan yang harus dilakukan selama kegiatan penelitian, peralatan dan alat ukur yang diperlukan selama penelitian, proses pengambilan data, proses pembuatan model dan simulasi yang dilakukan, serta melakukan tahap proses validasi dan verifikasi.

Bab IV: Analisa dan Pembahasan

Mendapatkan nilai fraksi volume uap dan crude, laju perpindahan massa, vektor kecepatan alir uap dan crude, serta konsentrasi

produk akhir melalui eksperimen. Memuat hasil-hasil dari proses simulasi pada program CFDSOF, dan analisa membahas dari hasil data eksperimen dibandingkan dengan hasil dari simulasi. Memverifikasi data hasil simulasi. Serta hubungan simulasi pemodelan kolom distilasi dengan faktor-faktor yang mempengaruhi hasil akhir dari produk distilasi.

Bab V: Penutup

Menjelaskan tentang kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk kemajuan penelitian berikutnya.

BAB II

STUDI LITERATUR

II. 1 Distilasi

Distilasi adalah proses pemisahan antara dua atau lebih komponen cairan yang berada dalam suatu campuran dengan menggunakan perbedaan volatilitas relatif atau perbedaan titik didih (Mujtaba, 2004). Semakin besar perbedaan pada nilai volatilitas relatif maka semakin besar pula ketidaklinieran dan akan semakin mudah suatu campuran dipisahkan menggunakan proses distilasi. Distilasi terdapat dua proses yaitu proses penguapan dari campuran cairan dalam suatu bejana dan proses penghilangan uap dari bejana dengan kondensasi. Oleh karena perbedaan volatilitas relatif atau titik didih, uap akan kaya dengan komponen yang lebih ringan dan cairan akan kaya dengan komponen yang lebih berat.

Seringkali sebagian dari kondensat (distilat) dikembalikan kedalam bejana (*reflux*) dan bercampur dengan uap yang akan keluar dari bejana. Langkah ini bisa membuat perpindahan yang lebih banyak komponen yang lebih ringan dari fase

cair ke fase uap, begitu juga sebaliknya. Akibatnya aliran uap akan menjadi lebih kaya lagi akan komponen yang lebih ringan dan aliran cairan akan lebih banyak mengandung komponen yang lebih berat. Berbagai tipe peralatan yang disebut *plates*, *trays* atau *packings*, dan gundu digunakan untuk memberikan kontak yang lebih banyak antara fase uap dan fase cair untuk meningkatkan transfer massa. Tergantung pada volatilitas relatif dan tujuan proses separasi, seperti tingkat kemurnian pada produk distilasi, akan ditambahkan lebih banyak *trays* atau *packings* dan gundu sehingga akan membentuk suatu bangunan yang silindris yang dinamakan kolom. Pada struktur kolom inilah sebagian besar proses distilasi saat ini berlangsung.

II.2 Teori Distilasi Sistem Biner

Pemisahan campuran pada kolom distilasi bertujuan untuk menghasilkan produk dengan spesifikasi yang diinginkan berdasarkan perpindahan massa dan kalor dari *level* satu ke *level* lain pada titik keseimbangannya. Bila dilihat perpindahan massa dan kalor pada setiap piringan akan terjadi campuran antara suatu aliran uap yang berasal dari bawah piringan dengan aliran cair dari atas piringan untuk mencapai kesetimbangan antara fasa uap dan fasa cair. Kedua fasa kemudian terpisah membentuk aliran fasa uap dan fasa cair. Proses tersebut terjadi berulang-ulang di semua piringan dalam kolom distilasi. Jika dilihat dari perpindahan massa dan kalor pada setiap piringan, maka dapat kita anggap setiap piringan mengalami satu fasa kesetimbangan. Dengan adanya fasa kesetimbangan yang terjadi berulang-ulang, konsentrasi komponen-komponen dengan titik didih rendah akan meningkat pada aliran uap dan menurun pada fasa cair. Sedangkan konsentrasi komponen dengan titik didih tinggi meningkat pada aliran cair dan menurun pada aliran uap.

Untuk suatu campuran biner A dan B yang berada pada kesetimbangan antara fasa uap dan cairannya, kedua komponen mengikuti hubungan persamaan:

$$P y_A = P_A x_A \quad (2.1)$$

$$P y_B = P_B x_B \quad (2.2)$$

$$x_A + x_B = 1 \quad (2.3)$$

$$y_A + y_B = 1 \quad (2.4)$$

Bila fasa cair dan uap kedua komponen bersifat ideal, masing-masing komponen mengikuti hukum *Rauolt*, yaitu:

$$P y_i = P_i x_i \quad (2.5)$$

Dengan x_i dan y_i berturut menyatakan fraksi-fraksi komponen fasa cair dan fasa uap dengan P_i adalah tekanan uap komponen i pada temperatur sistem T .

Tekanan total sistem (P) dapat ditetapkan untuk setiap keadaan pada suhu tertentu dimana jumlah tekanan parsial P_A dan P_B sama dengan tekanan total sistem (P).

Dengan mengeliminasi Persamaan (2.1) dan (2.2), didapat:

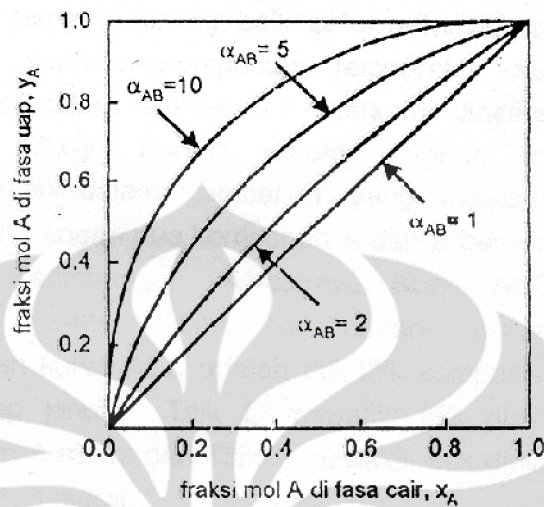
$$P = P_A x_A + P_B x_B \quad (2.6)$$

Eliminasi x_B dari persamaan (2.6) dengan menggunakan persamaan (2.3) akan menghasilkan :

$$x_A = (P - P_B) / (P_A - P_B) \quad (2.7)$$

Dari definisi komponen A ($0 < x_A < 1$), harga x_A dihitung dengan persamaan (2.7) (Untuk suatu harga P tertentu dan berbagai T). Setelah x_A didapat harga y_A tertentu mempunyai hubungan kesetimbangan dengan x_A dapat langsung dihitung menggunakan ungkapan pertama dari persamaan (2.1), (2.2), (2.3), dan (2.4) yaitu :

$$y_A = (P_A/P)x_A \quad (2.8)$$



Gambar 2.1 Diagram x-y sistem biner A-B

Dengan mengalurkan harga T terhadap x_A dan T terhadap y_A pada koordinat T vs x_A, y_A diperoleh diagram seperti gambar 2.1 sebagai diagram khas dari suatu sistem biner dimana komponen A lebih *volatile* (mudah menguap) dibanding komponen B .

Komponen A disebut lebih mudah menguap dibandingkan komponen B , jika setiap T dalam interval $T_A < T < T_B$, tekanan uap A lebih besar daripada tekanan uap B , yaitu $P_A > P_B$ garis-garis horisontal seperti CE yang menghubungkan pasangan-pasangan kesetimbangan (x, y) yang dihitung pada P dan T tertentu menggunakan persamaan (2.7) dan (2.8) disebut *Tie lines*.

Tekanan uap (P_i) dan temperatur T dihubungkan dengan perantara persamaan *Antoine* yaitu :

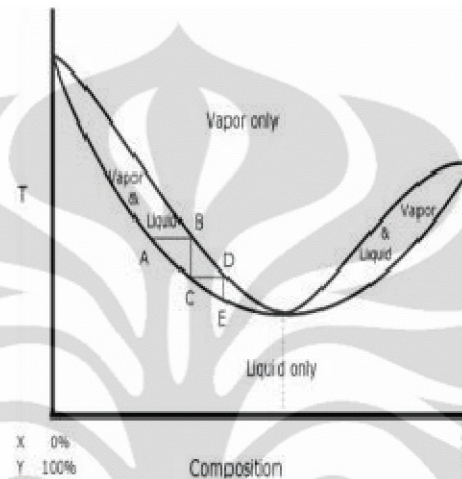
$$\ln P_t = A + \frac{B}{C+T} \quad (2.9)$$

dengan harga A , B , dan C merupakan konstanta dari komponen i tersebut.

II.3 Sistem Azeotropic

Azeotrop merupakan kondisi dimana fase cair dan uapnya memiliki konsentrasi yang sama (Maron, 1965). Untuk mendehidrasi etanol menjadi etanol

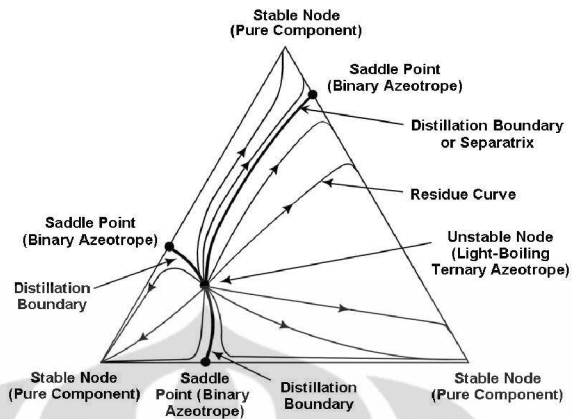
absolute dapat digunakan beberapa proses seperti heterogenius azeotrop distillation, yang menggunakan beberapa solven seperti benzene, pentane and cyclohexane; extractive distillation dengan solvents dan garam sebagai separating agents (Fu, 2004) adsorpsi dengan molecular sieve dan membrane (Black, 1972), (Lynn dan Hanson , 1988), (Jacques , 1999).



Gambar 2.2 Sistem Azeotropic

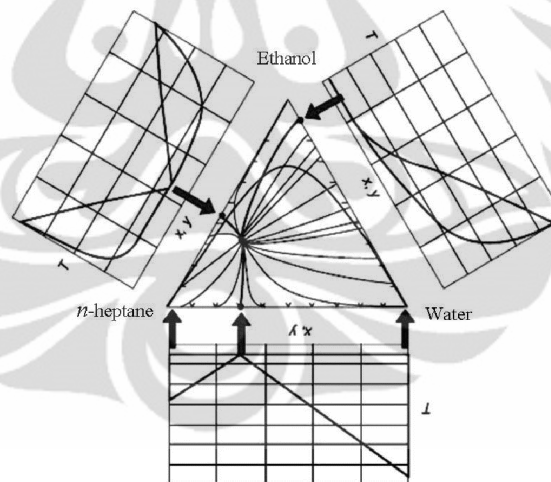
II.3.1 Diagram fase Azeotropic

Diagram fase menunjukkan proporsi komposisi dari campuran tiga komponen yang bisa digunakan untuk memprediksi aliran masuk pada kolom distilasi dan hasil sampingan yang akan didapatkan dari proses tersebut. Dalam diagram fase juga menunjukkan daerah batas dan kurva residu yang secara detail ditunjukkan gambar 2.3.



Gambar 2.3 diagram fase untuk proses distilasi

Pada gambar 2.3, bisa ditemukan hubungan antara campuran tiga komponen dengan campuran dua komponen. Pada gambar 2.4, kita bisa melihat campuran biner dan tersier azeotropic. Sehingga bisa di estimasi proporsi setiap komponen pada proses distilasi dari titik yang terdapat pada diagram fase tiga komponen (ternary diagram phase).



Gambar 2.4. Diagram fase air-etanol

II.4 Diagram McCabe-Thiele

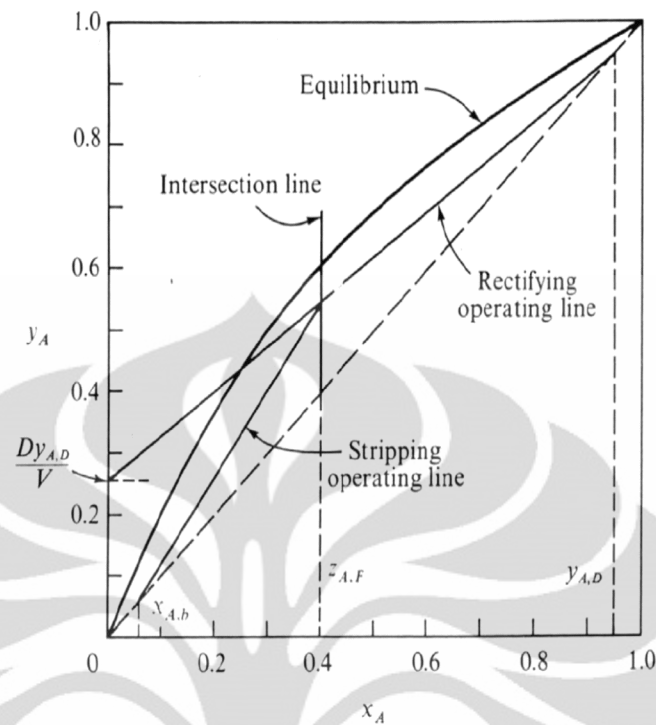
Diagram McCabe-Thiele banyak digunakan dalam industri kimia maupun industri perminyakan. Diagram McCabe-Thiele adalah bentuk yang paling mudah dalam menggambarkan penyelesaian secara grafik dari fenomena separasi yang

terjadi dalam kolom distilasi yang memiliki $N + 1$ tahapan equilibrium ideal. Aliran uap dan cair pada kolom digambarkan terpisah kecuali pada beberapa lokasi (*tray*) yang diasumsikan terjadi campuran yang sempurna dan secara termodinamika berada dalam kesetimbangan. Namun gambaran diatas perlu disesuaikan dengan keadaan yang ada di kondisi sebenarnya. Pertama adalah tidak ada hubungan yang langsung antara *batch and tray* secara fisik dengan keadaan kesetimbangan termodinamika. Kedua pada banyak kolom *batch and plat* atau *tray* yang telah digantikan oleh plat tersusun sehingga memberikan bidang kontak yang lebih luas antara fasa uap dan cair sepanjang kolom distilasi. Dengan demikian gambar yang ada tetap valid jika setiap *BBC* dan *tray* dilihat sebagai satu keadaan kesetimbangan teoritis.

Pemisahan komponen dari suatu campuran biner dengan distilasi digambarkan menggunakan diagram dua dimensi, sudah barang tentu jika suatu campuran memiliki n-komponen maka dibutuhkan diagram dengan n-dimensi. Hasil dari grafik ini akan menunjukkan rancangan awal suatu kolom distilasi dan juga digunakan analisis hasil rancangan kolom serta sebagai penyeleksi rancangan sebagai alternatif operasi yang diinginkan.

Gambar 2.5 merupakan fenomena terjadinya pemisahan di kolom distilasi biner, umpannya adalah suatu campuran dari dua komponen A dan B. Semua komposisi cairan komponen A pada piringan adalah x_A dan komposisi komponen A dalam fasa uap pada peiringan dari suatu kolom adalah y_A . Fraksi komponen B tidak berdiri sendiri karena dipengaruhi oleh komposisi komponen A sebagai suatu kesatuan.

Pada diagram xy , harga x_A adalah absisnya dan y_A adalah ordinatnya dengan harga dari 0 sampai 1 seperti terlihat pada gambar2.5 Tiap titik pada diagram adalah pasangan kesetimbangan komposisi uap dan cair komponen A.



Gambar 2.5 Diagram McCabe-Thiele untuk proses distilasi

II.4.1 Perhitungan untuk distilasi kontinu pada sistem biner

Perhitungan kesetimbangan massa dinyatakan melalui persamaan dibawah ini:

$$F X_F = D X_D + W X_W \quad (2.10)$$

Dengan F , D , W adalah debit (kg mol/h) dari aliran masuk, aliran distilat, dan aliran buangan pada bagian bawah kolom. X_f , X_d , X_w adalah rasio molar dari komponen atsiri pada aliran masuk, aliran distilat, dan aliran buangan.

II.4.2 Operation Line

Terdapat X_n dan L_n sebagai rasio molar dan debit dari suatu campuran pada fase liquid yang keluar melalui tray ke-n dihitung dari pucuk kolom distilasi, dan diberikan Y_{n+1} dan V_{n+1} sebagai komponen dan debit dari uap yang naik tray ke-n+1, sehingga *operation line* dari *enriching section* bisa ditulis dengan persamaan berikut ini:

$$Y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}} X_n + \frac{D}{V_{n+1}}$$

$$= \frac{L_n}{L_n+D} X_D + \frac{D}{L_n+D} X_D \quad (2.11)$$

Rasio reflux bisa dinyatakan dalam bentuk $R = L_n/D$ dan dimasukkan ke dalam persamaan di atas sehingga menghasilkan:

$$Y_{n+1} = \frac{R}{R+1} X_n + \frac{1}{R+1} X_D \quad (2.12)$$

Sementara itu, dinyatakan Y_m dan V_m sebagai rasio proporsional dan debit aliran dari uap yang naik dari tray ke- m (dihitung dari bawah kolom) dan telah dinyatakan X_{n+1} dan L_{n+1} sebagai rasio proporsional dan debit aliran dari fluida pada fase liquid yang jatuh dari tray ke- $m+1$, sehingga *operation line* untuk *stripping point section* (suatu titik yang terdapat di bawah *feed point*) bisa ditulis dengan persamaan,

$$\begin{aligned} Y_m &= \left(\frac{L_{m+1}}{V_m} \right) X_{m+1} - \left(\frac{W}{V_m} \right) X_W \\ &= \left(\frac{L_{m+1}}{L_{m+1}-W} \right) X_{m+1} - \left(\frac{W}{L_{m+1}-W} \right) X_W \end{aligned} \quad (2.13)$$

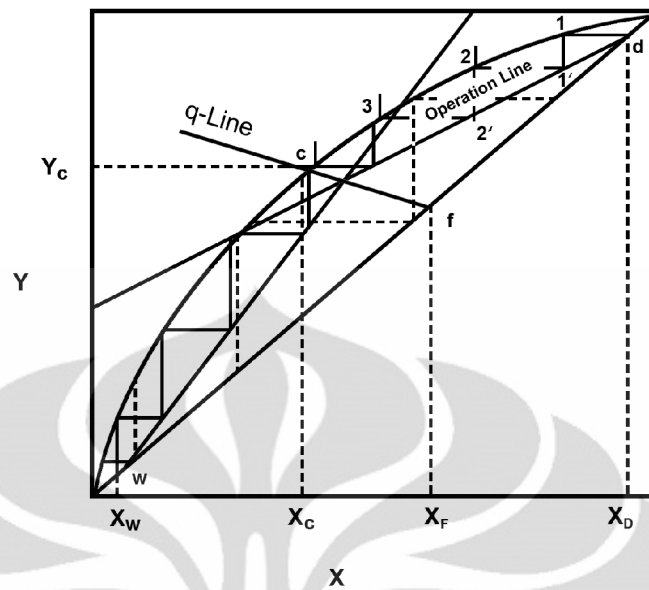
Variabel yang terdapat pada tanda kurung jika dimisalkan setiap 1 mol terdiri dari fase liquid q -mole dan fase uap $1-q$ mole, maka bisa dituliskan $L_{m+1} = L_n + qF$ dan $V_m = V_{n+1} - (1-q)F$, sehingga persamaan diatas berubah menjadi,

$$Y_m = \left(\frac{R+q\frac{F}{D}}{R+1+(1-q)\frac{F}{D}} \right) X_{m+1} - \left(\frac{\frac{F}{D}-1}{R+1-(1-q)\frac{F}{D}} \right) X_W \quad (2.14)$$

Jika variabel rasio reflux R diasumsikan tidak mengalami perubahan (konstan), maka persamaan (2.12) dan (2.13), seperti yang ditunjukkan pada grafik, dengan mempertimbangkan X_n , Y_{n+1} , X_{m+1} , Y_m sebagai faktor variabel sehingga *operation line* menjadi linear. Dan q -line juga garis linear mengikuti persamaan dibawah ini;

$$qX + (1-q)Y = X_F \quad (2.15)$$

Sehingga dalam prakteknya, nilai X pada garis q -line dan *operation line* seharusnya mendekati nilai campuran komponen ketika dimasukkan ke kolom distilasi.



Gambar 2.6. Diagram untuk mengetahui berapa jumlah stage memakai metode McCabe-Thiele

II.4.3 Jumlah stage minimum; n_m

Pada permasalahan ketika jumlah rasio reflux menjadi tidak terhingga, dengan menggunakan metode McCabe-Thiele, *operation line* menjadi garis diagonal dengan jumlah stage minimum menunjukkan jumlah yang terkecil sesuai dengan yang ditunjukkan oleh garis putus-putus pada gambar 3.

Cara lain untuk menentukan jumlah stage adalah dengan menggunakan hukum Raoult. Pada hukum Raoult perhitungan jumlah stage bergantung pada volatilitas relatif (α) sesuai dengan persamaan dibawah ini.

$$n_m + 1 = \frac{\log \left[\left(\frac{X_D}{1 - X_D} \right) \left(\frac{1 - X_W}{X_W} \right) \right]}{\log \alpha} \quad (2.16)$$

II.4.4 Rasio reflux minimum; R_m

Ketika terjadi permasalahan hasil perhitungan menunjukkan jumlah stage menjadi tidak terhingga, maka dengan menggunakan diagram metode McCabe-Thiele kita harus memperhatikan perpotongan antara *operation line* dan *q-line*.

Perpotongan kedua garis tersebut akan sejajar dengan garis equilibrium. Pada gambar 2.6 ditunjukkan oleh titik c dan nilai rasio reflux yang di dapat dinamakan “minimum of reflux ratio”, mengikuti persamaan dibawah ini.

$$R_m = \frac{X_D - Y_C}{Y_C - X_C} \quad (2.17)$$

II.5 Waktu Operasi sistem distilasi

Waktu operasi adalah waktu yang dibutuhkan untuk menjalankan suatu sistem distilasi hingga mencapai jumlah distilat yang diinginkan. Waktu operasi bergantung pada jumlah distilat yang diinginkan, jumlah *reflux ratio*, dan nilai dari *flowrate* uap pada kolom distilasi (I. M. Mujtaba et. All. 1997). Untuk menentukan waktu minimum pengoperasian sistem distilasi mengikuti rumus dibawah ini.

$$Ha_{\text{exp}} = D_{\text{av}} \Delta t = Dt_{\text{open}} = V_{\text{exp}} t_{\text{open}} = V_{\text{exp}} \frac{1}{(1 + R_{\text{exp}})} t_{\text{diff}} \quad (2.18)$$

II.6 Teori Dasar Aliran Udara

Udara merupakan *compressible fluid*, dimana massa jenis dari udara atau gas dapat berubah secara signifikan seiring dengan berubahnya tekanan dan temperatur.

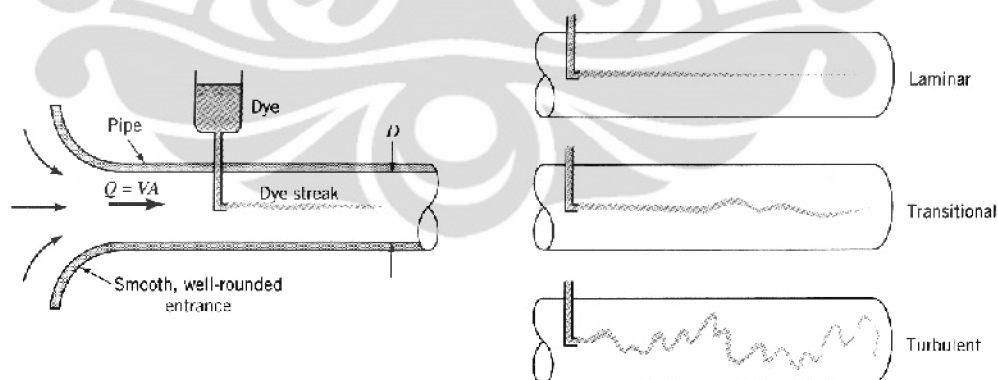
Variabel non-dimensional yang sangat berpengaruh dalam aliran udara adalah *Reynolds number*. *Reynolds number* merupakan ukuran rasio dari gaya inersia pada elemen fluida terhadap gaya viskos pada suatu elemen, didefinisikan sebagai berikut.

$$Re = \rho V D / \mu \quad (2.19)$$

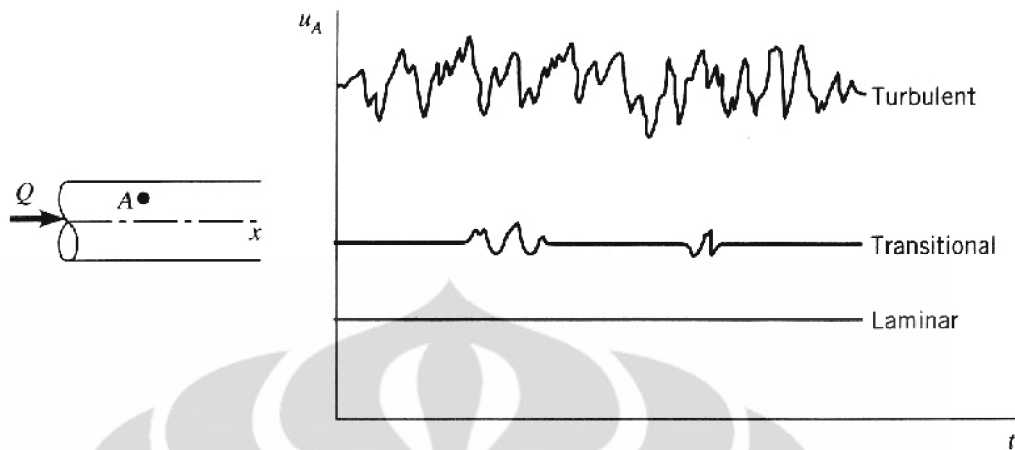
yang mana ρ adalah massa jenis fluida, V kecepatan fluida, D adalah panjang karakteristik yang pada kasus aliran udara dalam pipa/*duct* merupakan diameter dalam pipa/*duct*, dan μ adalah viskositas fluida.

II.6.1 Bentuk Aliran Udara

Bentuk dan aliran udara dalam pipa dapat dibedakan menjadi tiga jenis aliran, yaitu aliran laminar, aliran transisi, dan aliran turbulen. Aliran laminar merupakan aliran udara yang bergerak dengan kecepatan konstan dan seragam, mempunyai nilai bilangan Reynolds < 2100 . Aliran transisi (transitional) merupakan gabungan dari aliran laminar dan turbulen, dengan bilangan Reynolds antara 2100 dan 4100. Aliran turbulen merupakan aliran udara yang mempunyai kecepatan berbeda-beda pada setiap titik, dengan bilangan Reynolds > 4100 . Berdasarkan bilangan Reynolds ini, maka semakin turbulen, yaitu semakin besar nilai bilangan Reynolds, maka faktor inersia dari aliran fluida semakin dominan dibandingkan dengan faktor viskositasnya, dan sebaliknya apabila bilangan Reynolds semakin kecil maka faktor viskositas dari fluida semakin besar pengaruhnya dibanding dengan inersianya.



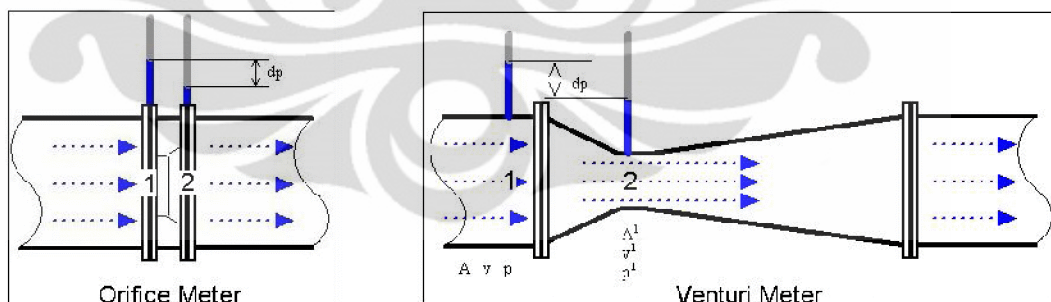
Gambar 2.7 Eksperimen untuk menggambarkan jenis aliran dalam pipa



Gambar 2.8 Variasi kecepatan di suatu titik terhadap waktu

II.6.2 Pengukuran Aliran

Beberapa alat ukur yang biasa digunakan untuk mengukur aliran diantaranya *orifice meter*, *venturi meter*, serta *pitot tube*. Alat-alat tersebut tersebut mempunyai prinsip kerja yang serupa, peningkatan kecepatan mengakibatkan penurunan tekanan dan juga sebaliknya. Perbedaan di antara ketiganya adalah fungsi spesifik, harga, akurasi, dan kedekatan dengan kondisi aktual.



Gambar 2.9 Orifice meter dan venturi meter

Apabila diambil kecepatan pada bagian (1) dan bagian (2), persamaannya akan menjadi:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 \quad (2.20)$$

dimana A_2 adalah luasan kecil aliran pada bagian *throat* (2) ($A_2 < A_1$). Persamaan Bernoulli, dengan mengabaikan perbedaan ketinggian, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 \quad (2.21)$$

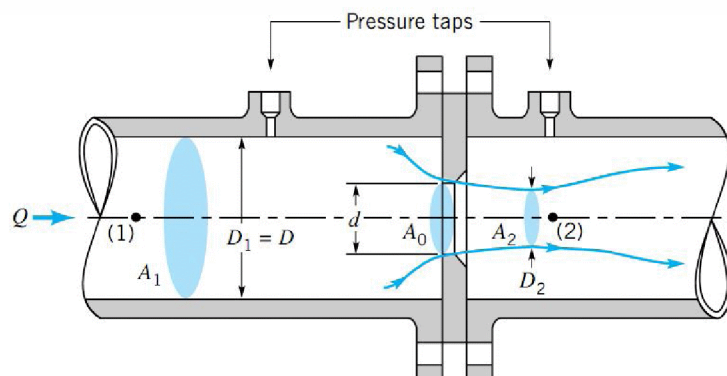
Kombinasi dari kedua persamaan ini akan menjadi: (Ref. 10)

$$Q = A_2 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2 \right]}} \quad (2.22)$$

Maka, aliran dapat ditentukan apabila nilai perbedaan tekanan bisa diperoleh. Aliran aktual akan lebih kecil dibandingkan dengan hasil yang didapat melalui perhitungan teoritis. Hal ini disebabkan karena berbagai perbedaan antara kondisi aktual dengan asumsi yang digunakan pada persamaan di atas.

II.6.2.1 Orifice meter

Salah satu alat pengukuran aliran yang sangat sering digunakan untuk mengukur aliran dalam pipa baik untuk gas maupun fluida cair, dan akan digunakan pada penelitian *textile ducting* ini adalah *orifice meter*. *Orifice meter* adalah pelat dengan lubang di tengahnya yang biasanya dijepit diantara *flange* dua buah pipa yang disambung (Gambar 2.9)

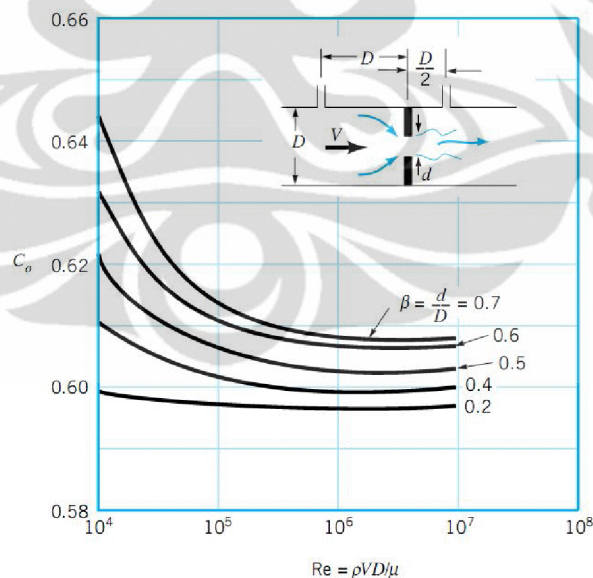


Gambar 2.10 Konstruksi *orifice meter*

Tekanan pada titik (2) dalam *vena contracta* akan lebih kecil dibandingkan dengan titik (1). Terdapat dua alasan sehingga hal ini terjadi, yaitu area *vena contracta*, A_2 lebih kecil dibandingkan dengan area lubang, A_0 [$A_2 = C_c A_0$, dimana C_c adalah koefisien kontraksi ($C_c < 1$)] dan resirkulasi dekat pelat *orifice* akan mempengaruhi *head loss*. Besarnya laju aliran adalah

$$Q = C_0 Q_{\text{ideal}} = C_0 A_0 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - \beta^4)}} \quad (2.23)$$

Dimana $A_0 = \pi d^2/4$ adalah luas penampang lubang pada pelat *orifice*. Nilai C_0 (*orifice discharge coefficient*) adalah fungsi dari $\beta = d/D$ dan *Reynolds number*, dimana $V = Q/A$. Nilai C_0 bergantung dari konstruksi dari *orifice meter* (contoh penempatan *pressure taps*, geometri lubang pelat *orifice* (*square* atau *beveled*) dan lain-lain). Kondisi *orifice* yang sangat presisi akan membuat pengukuran lebih akurat.



Gambar 2.11 Orifice meter discharge coefficient

Densiti Etanol dan Air

Tekanan dan temperature memiliki pengaruh yang kecil terhadap densitas zat cair dan padat. Kemampu-mampatan suatu zat cair atau padat adalah $10^{-6}/\text{bar}$ ($1 \text{ bar} = 0.1 \text{ MPa}$). Secara kasar dapat diartikan bahwa dibutuhkan 10.000 kali

tekanan atmosfer untuk menekan volume menjadi berkurang 1 %. Sedangkan untuk memuaikan volume khusus (typically) membutuhkan kenaikan temperature sebesar 1000 derajat Celsius.

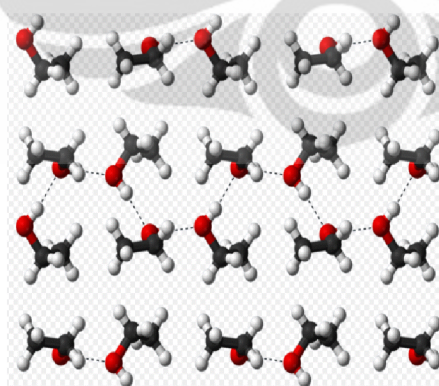
Sebaliknya, densitas gas sangat dipengaruhi oleh tekanan. Densitas suatu gas ideal dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\rho = \frac{MP}{RT}$$

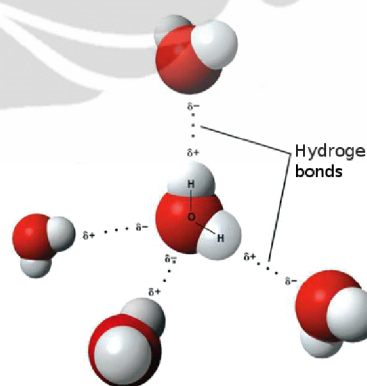
Dengan, M = molar massa, P = tekanan, R = Konstanta gas ideal, T = temperature absolute.

Jika ditinjau dari molar massa, etanol memiliki molar massa 46.07 g/mol sedangkan air 18.015 g/mol. Sehingga berdasarkan rumus diatas maka seharusnya etanol memiliki densitas lebih berat dibandingkan air. Tetapi jika ditinjau dari karakteristik zat penyusun etanol dan air maka akan didapatkan perbedaan. Etanol memiliki kekuatan tarik-menarik (intermolecular force) antar partikel lebih lemah dibandingkan air. Oleh karena itu,

- Etanol memiliki titik didih lebih rendah dibandingkan air.
- Etanol lebih mudah menguap dibandingkan air.
- Densitas etanol lebih rendah dibandingkan air.



a. Ikatan molekul etanol



b. Ikatan molekul air

2.12 Ikatan Molekul

Dari buku Lange's Handbook of Chemistry, 10th edition ; didapat tabel properties densitas (gr/cm³) untuk etanol yaitu

3°C	0.80374	16°C	0.79283	29°C	0.78182
4°C	0.80290	17°C	0.79198	30°C	0.78097
5°C	0.80207	18°C	0.79114	31°C	0.78012
6°C	0.80123	19°C	0.79029	32°C	0.77927
7°C	0.80039	20°C	0.78945	33°C	0.77841
8°C	0.79956	21°C	0.78860	34°C	0.77756
9°C	0.79872	22°C	0.78775	35°C	0.77671
10°C	0.79788	23°C	0.78691	36°C	0.77585
11°C	0.79704	24°C	0.78606	37°C	0.77500
12°C	0.79620	25°C	0.78522	38°C	0.77414
		39°C	0.77329	40°C	0.77244

Tabel 2.1 Densiti Etanol

Sedangkan untuk air yaitu

Temp (°C)	Density pure water (g/cm ³)	Density pure water (kg/m ³)	Density tap water (g/cm ³)	Density pure water lb/cu.ft	Specific Gravity 4°C reference	Specific Gravity 60°F reference
0 (solid)	0.9150	915.0	-	-	0.915	-
0 (liquid)	0.9999	999.9	0.99987	62.42	0.999	1.002
4	1.0000	1000	0.99999	62.42	1.000	1.001
20	0.9982	998.2	0.99823	62.28	0.998	0.999
40	0.9922	992.2	0.99225	61.92	0.992	0.993
60	0.9832	983.2	0.98389	61.39	0.983	0.985
80	0.9718	971.8	0.97487	60.65	0.972	0.973
100 (gas)	0.0006				-	-

Tabel 2.2 Densiti Air

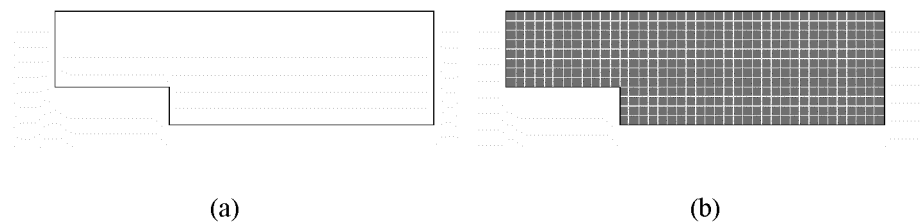
II.7 Computational Fluid Dynamics

Computational Fluid Dynamics adalah perangkat lunak analisa suatu sistem fisik yang melibatkan aliran fluida, perpindahan kalor dan fenomena lain yang berhubungan dengan cara simulasi dengan bantuan komputer. Dengan kemampuan dan aplikasinya yang luas, sehingga CFD menawarkan kelebihan-kelebihan terhadap metode eksperimental pada desain sistem fluida, seperti:

- Pengurangan waktu dan biaya pada perancangan.
- Kemampuan untuk melakukan pengamatan pada eksperimen terkontrol yang sulit atau tidak mungkin untuk dilakukan (pada sistem yang besar).
- Kemampuan untuk melakukan pengamatan sistem dalam kondisi berbahaya dan di luar batasan normal kerjanya (pengamatan keselamatan dalam kecelakaan).
- Hasil pengamatan yang sangat mendetail.

II.7.1 Meshing

Persamaan diferensial parsial yang menentukan aliran fluida dan perpindahan panas tidak biasa diterima dalam solusi analitis, kecuali untuk kasus yang sangat sederhana. Oleh karena itu, untuk menganalisa aliran fluida, daerah aliran dibagi menjadi subdomain yang lebih kecil (membuat geometri sederhana seperti heksahedral dan tetrahedral dalam 3 dimensi, dan kuadrilateral dan segitiga dalam 2 dimensi) dan persamaan pengatur diskritisasi dapat diselesaikan dengan membagi domain dalam beberapa bagian. Umumnya, satu dari tiga metode digunakan untuk menyelesaikan persamaan sistem: volume hingga, elemen hingga, atau elemen *differences*. Ketelitian harus diterapkan untuk meyakinkan kekontinuitas persamaan yang melewati dua permukaan di antara dua subdomain, demikian untuk mendapatkan persamaan perkiraan di dalam variasi bagian dapat dimasukkan bersama-sama untuk memberikan gambaran lengkap dari aliran fluida di tiap domain. Setiap bagian dari domain dikenal sebagai elemen atau sel, dan kumpulan dari semua elemen dikenal sebagai *mesh* atau *grid*.



Gambar 2.13. Penggambaran sederhana bagaimana *mesh* bekerja berdasarkan bentuk domain.
(Sumber: http://www.cfd-online.com/Wiki/Mesh_generation, Anurag: 2005)

Program CFD berisi struktur numerik yang bisa menyelesaikan permasalahan-permasalahan fluida. Dan secara garis besar terdiri dari tiga elemen utama, yaitu.

II.7.2 Pre-Processor

Pre-processing berisikan masukan mengenai permasalahan fluida yang akan dianalisa dan perubahan masukan tersebut menjadi bentuk yang dapat diselesaikan oleh *solver*. Pada tahap *pre-processing* dilakukan:

- Pendefinisian geometri daerah yang akan diamati (*computational domain*).
- Pembuatan *grid*, pembagian domain menjadi bagian-bagian kecil *sub-domain* yang tidak bertindihan, yaitu menjadi sel-sel.
- Pemilihan fenomena fisik dan kimia yang akan dimodelkan.
- Penentuan sifat-sifat fluida.
- Spesifikasi kondisi batas dan kondisi awal.

II.7.3 Solver

Persamaan atur adalah berbentuk persamaan diferensial parsial. Untuk dapat diselesaikan dengan komputer, maka persamaan tersebut harus ditransformasikan ke dalam bentuk numerik. Terdapat tiga teknik utama penyelesaian numerik CFD, yaitu dengan *finite difference*, *finite element*, dan *finite volume*. Pada garis besarnya, metode numerik yang menjadi basis *solver* melakukan langkah-langkah berikut:

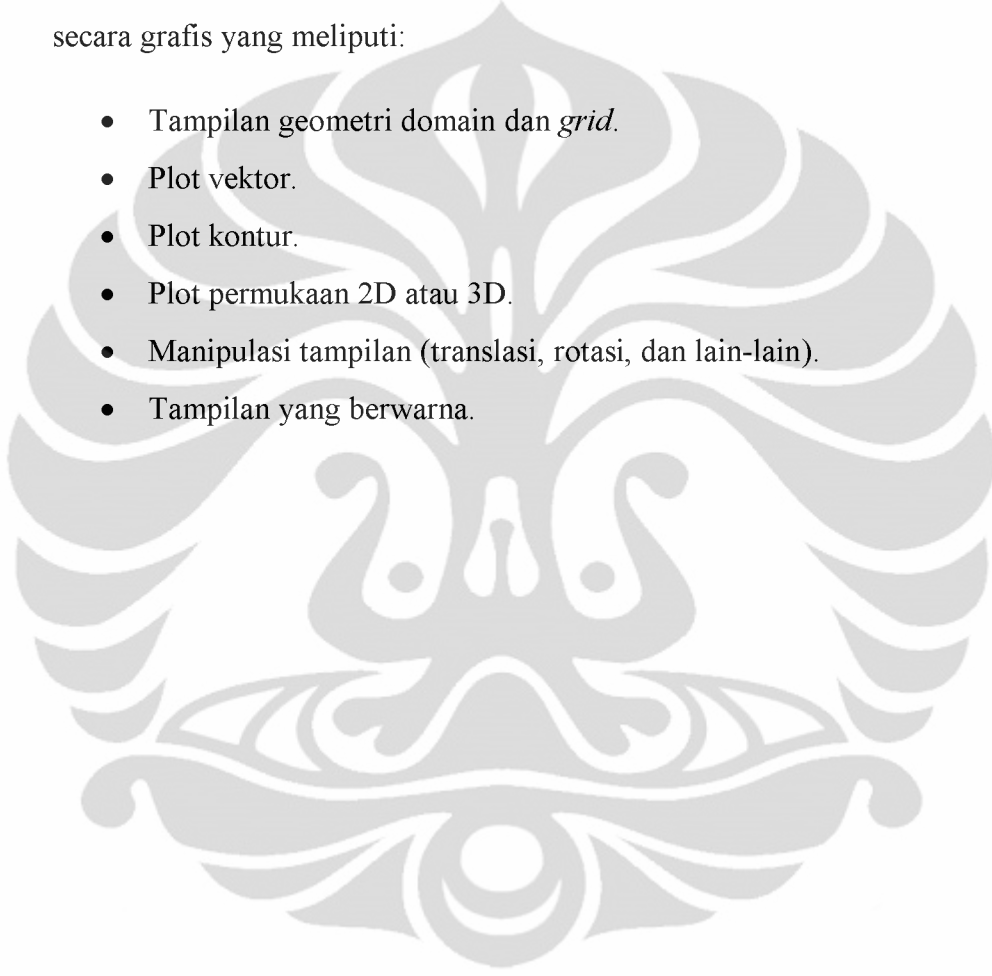
- Perkiraan variabel aliran yang belum diketahui dengan suatu fungsi sederhana.

- Diskritisasi dengan mensubstitusi perkiraan tersebut pada persamaan pengatur dan melakukan perhitungan matematis yang berulang.
- Penyelesaian dari persamaan pengatur.

II.7.4 Post-Processor

Pada tahap ini, paket program CFD menampilkan hasil perhitungan *solver* secara grafis yang meliputi:

- Tampilan geometri domain dan *grid*.
- Plot vektor.
- Plot kontur.
- Plot permukaan 2D atau 3D.
- Manipulasi tampilan (translasi, rotasi, dan lain-lain).
- Tampilan yang berwarna.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang diterapkan pada skripsi ini yaitu mencari referensi dari berbagai sumber mengenai proses produksi dari etanol. Selanjutnya mencari sumber tentang jenis-jenis kolom distilasi dan di analisa keuntungan serta kerugian dari berbagai macam bentuk dari kolom distilasi. Kemudian setelah menentukan bentuk serta dimensi dari kolom yang akan dibuat terlebih dahulu memodelkan ke dalam software modelling. Setelah desain alat selesai maka langkah selanjutnya adalah membangun alat tersebut dan mengambil data yang diperlukan. Dari data-data yang ada lalu disimulasikan kedalam software CFD5OF untuk mempelajari fenomena serta perilaku aliran yang terjadi di dalam alat uji. Selanjutnya menganalisa kualitas produk akhir dihubungkan dengan fenomena-fenomena yang terjadi dalam alat uji.

Dari analisa kebutuhan serta keuntungan dan kerugian maka dipilihlah jenis kolom distilasi dengan jenis *bubble-cap tray*. a. Input yang digunakan pada simulasi yaitu data temperature gas buang dan uap etanol serta asumsi kecepatan alir uap yang masuk ke dalam kolom. Tujuan dari simulasi ini adalah mendapatkan data fraksi volume uap dan crude serta laju perpindahan massa pada produk akhir. Kemudian hasilnya akan dibandingkan dengan data hasil percobaan dan referensi, maka didapatlah validasi dan verifikasi model kolom distilasi yang mendekati kolom distilasi referensi.

III.1.1 Objek, Waktu, dan Tempat Penelitian

Objek dari penelitian kali ini adalah temperature gas buang dan uap etanol, tekanan udara, perubahan *head* kolom, dan produk akhir atau distilat yang dihasilkan dari kolom distilasi. Tempat pengambilan data dilakukan di rumah X yang berlokasi di Kukusan, Depok, dan di laboratorium mekanika fluida DTM FTUI. Waktu pengambilan data dilakukan dari bulan Mei 2011 sampai Juni 2011.

III.1.2 Peralatan dan Bahan

III.1.2.1 Coil Boiler

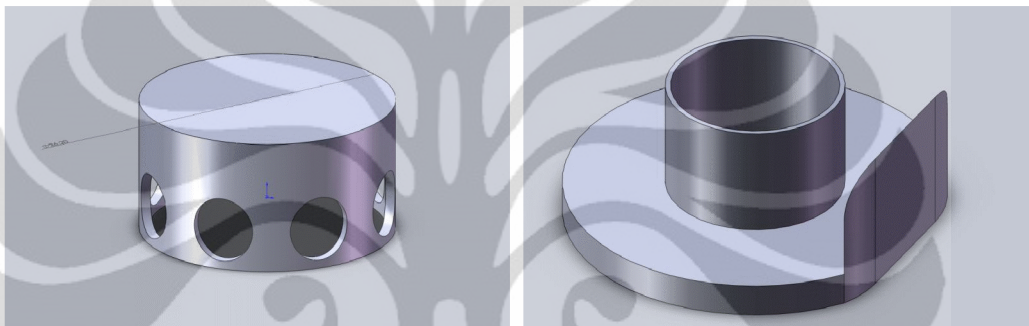
Boiler digunakan sebagai wadah sewaktu pemanasan etanol. Boiler yang dipakai mempunyai diameter 40 cm dan tinggi 70 cm. Bagian dalam boiler berisikan coil dari pipa tembaga berdiameter 0.25 inci dengan panjang bentangan 15 meter. Selubung boiler terbuat dari stainless steel dengan ketebalan $\pm 0,4$ mm. Tutup atas selubung boiler dibuat mendekati bentuk kerucut agar aliran berjalan mulus dan tidak terjadi hambatan aliran seperti pada boiler dengan tutup rata. Boiler dibuat dengan cara manual tanpa menggunakan mesin dan setiap sambungan disambung dengan dipatri. Boiler ini mempunyai daya tampung maksimum 4 liter.



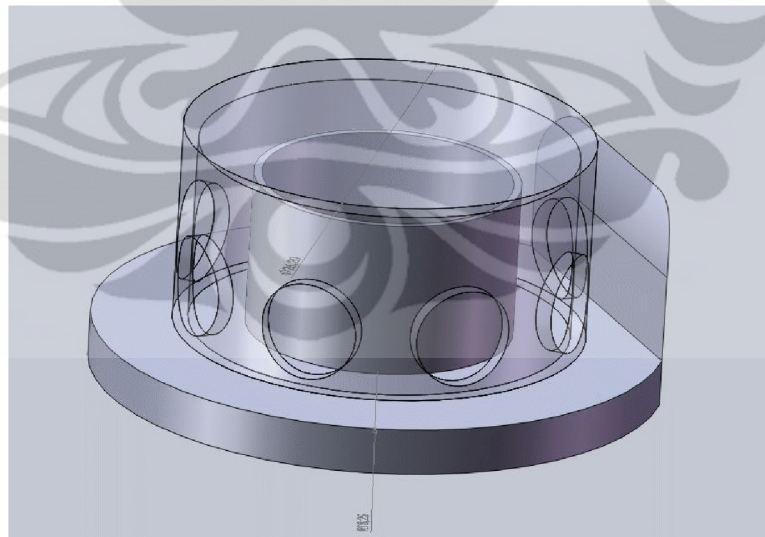
Gambar 3.1 Foto dan Gambar Coil Boiler

III.1.2.2 Kolom distilasi

Kolom distilasi berfungsi sebagai pemisah antara etanol dan air. Kolom terdiri dari tumpukan *batch-tray* yang saling menyilang. Pada setiap tray dibuat sedemikian rupa sehingga kontak yang terus-menerus antara fase uap dan fase cair (detail lihat gambar). Sebagai akibatnya fluida akan terus berada dalam kondisi *bubble point* dimana fluida akan terus menguap pada setiap tray. Kolom distilasi terbuat dari dua bahan yaitu stainless steel dan bola kaca (gundu).



Gambar 3.2 Tray dan cap



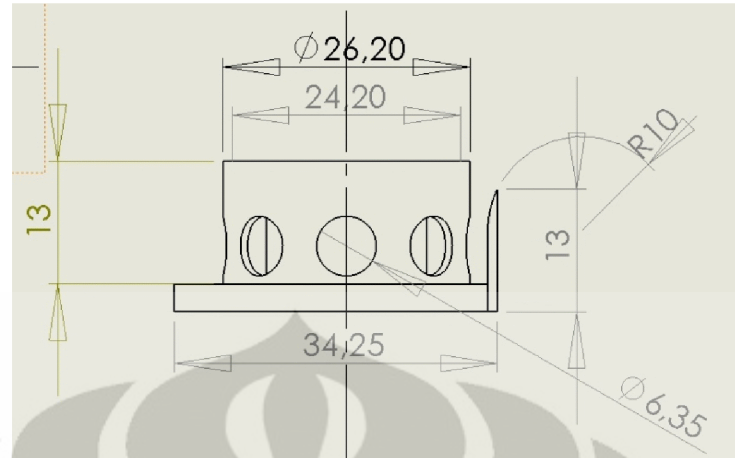
Gambar 3.3 Susunan tray dan cap

Penggunaan bahan dari stainless steel pada dinding kolom dan cincin bawah tray karena faktor kekuatan struktur. Dan gundu berfungsi sebagai penghambat laju alir uap etanol yang berasal dari steam drum.



Gambar 3.4 Foto dan Gambar susunan lengkap kolom distilasi

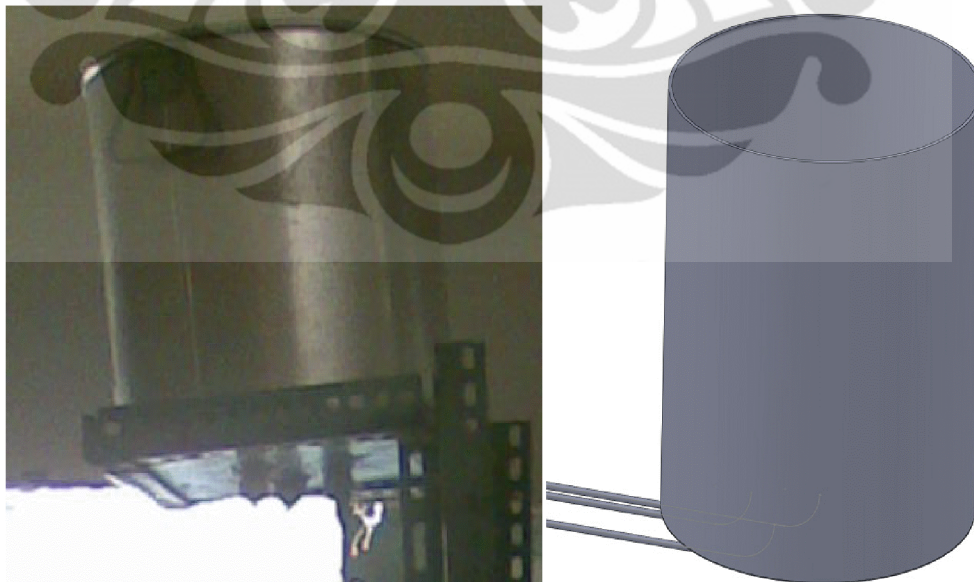
Kolom distilasi menggunakan pipa berukuran 1,5 inci (3,81 cm) dengan tebal 0,8 mm. Kolom distilasi dibagi menjadi 11 *stage*, di setiap *stage* terdapat tray. Lima *stage* pada berisikan gundu dan tray sedangkan 6 *stage* lainnya hanya terdapat *bubble-cap* tray jarak antara tray 15 cm. Di dalam tray terdapat susunan tray dan cap seperti gambar 3.3. dimensi gundu berdiameter 1 cm sedangkan tray dan cap ada di gambar 3.5. Setiap tray inilah yang berfungsi membuat terjadinya kontak yang terus menerus antara aliran fase uap dan fase cair dari etanol sehingga akhirnya didapat produk etanol dengan tingkat kemurnian yang tinggi.



Gambar 3.5 Dimensi dari susunan tray-cap

III.1.2.3 Drum Umpan (Feeder Drum)

Drum umpan digunakan sebagai penampung bahan baku yang akan didistilasi. Drum umpan memiliki dimensi tinggi 40 cm dengan diameter luar 30 cm. Bahan yang digunakan untuk membuatnya adalah plat aluminium. Kapasitas maksimum drum umpan adalah 10 Liter. Dibagian bawah drum umpan terdapat tiga saluran (pipa) yang menuju bagian boiler. Pipa terbuat dari bahan tembaga agar tahan karat dan memiliki kemampuan distribusi panas yang baik.



Gambar 3.6 Foto dan Gambar Drum Umpan (Feeder Drum)

III.1.2.4 Drum Uap (Steam Drum)

Drum uap digunakan sebagai penampung uap sekaligus *reheater* untuk uap yang telah mengalami pengembunan. Drum uap terbuat dari bahan tembaga dengan tinggi 40 cm dan diameter luar 15 cm. Drum uap memiliki kapasitas maksimal 4 Liter agar cairan didalamnya masih dapat menguap dan tidak menyebabkan cairan masuk kedalam kolom.



Gambar 3.7 Foto dan Gambar Drum Uap (Steam Drum)

III.1.2.5 Alat Distilasi

Setelah bagian-bagian kolom distilasi selesai dibuat, maka seluruh bagian (*part*) dirakit menjadi satu kesatuan system distilasi yang memiliki dimensi 700 mm X 400 mm X 2500 mm.

Luasan yang optimum ditujukan agar alat distilasi tersebut dapat diletakkan di bak mobil *pick up* . Rata-rata mobil *pick up* memiliki luasan yaitu

2400 mm X 1400 mm. Oleh karena itu, luasan bak mobil *pick up* tersebut dijadikan salah satu referensi saat merancang alat distilasi tersebut.



Gambar 3.8 Foto dan Gambar Alat Distilasi Keseluruhan

III.1.2.6 Manometer U

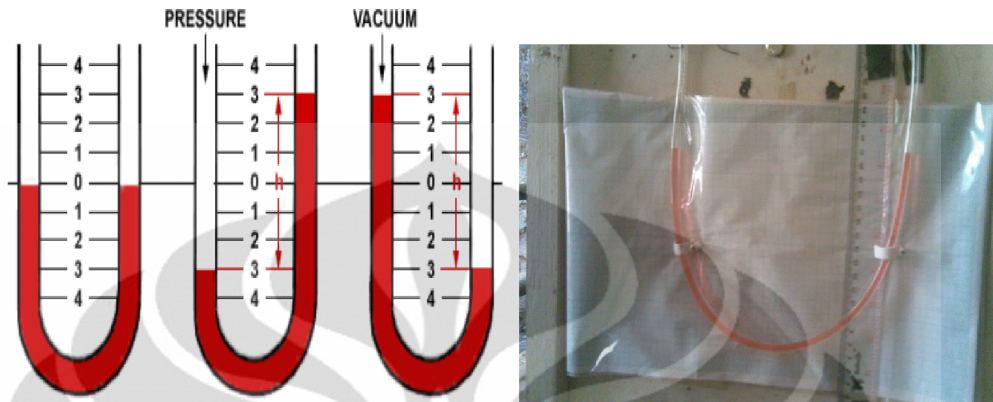
Manometer digunakan untuk menentukan perbedaan tekanan diantara dua titik di saluran pembuangan gas atau udara. Perbedaan tekanan kemudian digunakan untuk menghitung kecepatan aliran di saluran dengan menggunakan persamaan Bernoulli

$$p_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + h_1 = p_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + h_2$$

Cairan yang digunakan dalam selang berukuran 0,25 inci ini adalah air yang diberi sedikit *essence* berwarna merah agar perbedaan ketinggian antara dua permukaannya lebih mudah diamati. Air memiliki density 1 gram / cm³ atau 1000 kg/m³, sehingga untuk mendapatkan nilai beda tekanan pada dua salurannya dapat dihitung dengan persamaan hukum hidrostatik

$$P_h = \rho g h$$

$$\Delta p = \rho g \Delta h$$



Gambar 3.9 Manometer U

Pada percobaan, manometer digunakan untuk mengukur beda tekanan pada orifice di exhaust 1, beda tekanan pada titik-titik exhaust 2, dan beda tekanan di exhaust 3. Setelah nilai beda tekanan didapatkan dalam satuan mmH₂O, maka nilai tersebut dikonversi ke satuan Pa dengan menggunakan persamaan hidrostatis diatas.

III.1.2.7 Timbangan dan gelas ukur

Timbangan digunakan untuk mengukur berat etanol sebelum di masak dan sesudah di masak. Sedangkan gelas ukur digunakan untuk mengukur volume etanol sebelum dan sesudah di masak. Dari kedua pengukuran ini akan di dapatkan data laju aliran massa dan debit dari aliran etanol yang telah di distilasi. Kedua data ini kembali dimasukkan ke dalam simulasi untuk mempelajari fenomena aliran yang terjadi pada kolom distilasi ketika proses distilasi sedang berlangsung.

III.1.2.8 Alat Pendukung Tambahan

Peralatan pendukung adalah alat yang berfungsi melengkapi alat uji maupun alat ukur namun tidak diujikan maupun menjadi media pengukur data. Peralatan tambahan yang digunakan antara lain pompa rendam (*submersible pump*), besi profil sebagai kerangka, selang bening, ruang bakar gas, dan juga

perangkat komputasi. Perangkat komputasi digunakan untuk mempelajari fenomena aliran yang terjadi setelah didapatkan data dari percobaan.

Perangkat komputasi berisikan perangkat lunak CFDSOF online sebagai pemodelan dan simulasi. Adapun perangkat komputasi yang digunakan berupa notebook Toshiba Satellite M 300 dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Intel Centrino 2
- Memory 3066 MB RAM
- HDD 160 GB
- VGA card ATI MOBILITY RADE ON HD 3470 128 MB
- Windows XP Home Edtion

III.1.3 Deskripsi Alat

Alat kolom distilasi memiliki fungsi untuk memisahkan suatu campuran cairan berdasarkan perbedaan titik didih. Prinsip kerja sistem ini ketika satu komponen campuran yang memiliki titik didih lebih rendah, maka komponen tersebut akan berubah menjadi uap terlebih dahulu. Uap dari komponen ringan (komponen yang titik didih lebih rendah) akan masuk ke dalam kolom distilasi selanjutnya akan didinginkan di dalam kondenser. Cairan yang keluar dari kondenser yang disebut produk distilasi atau distilat.

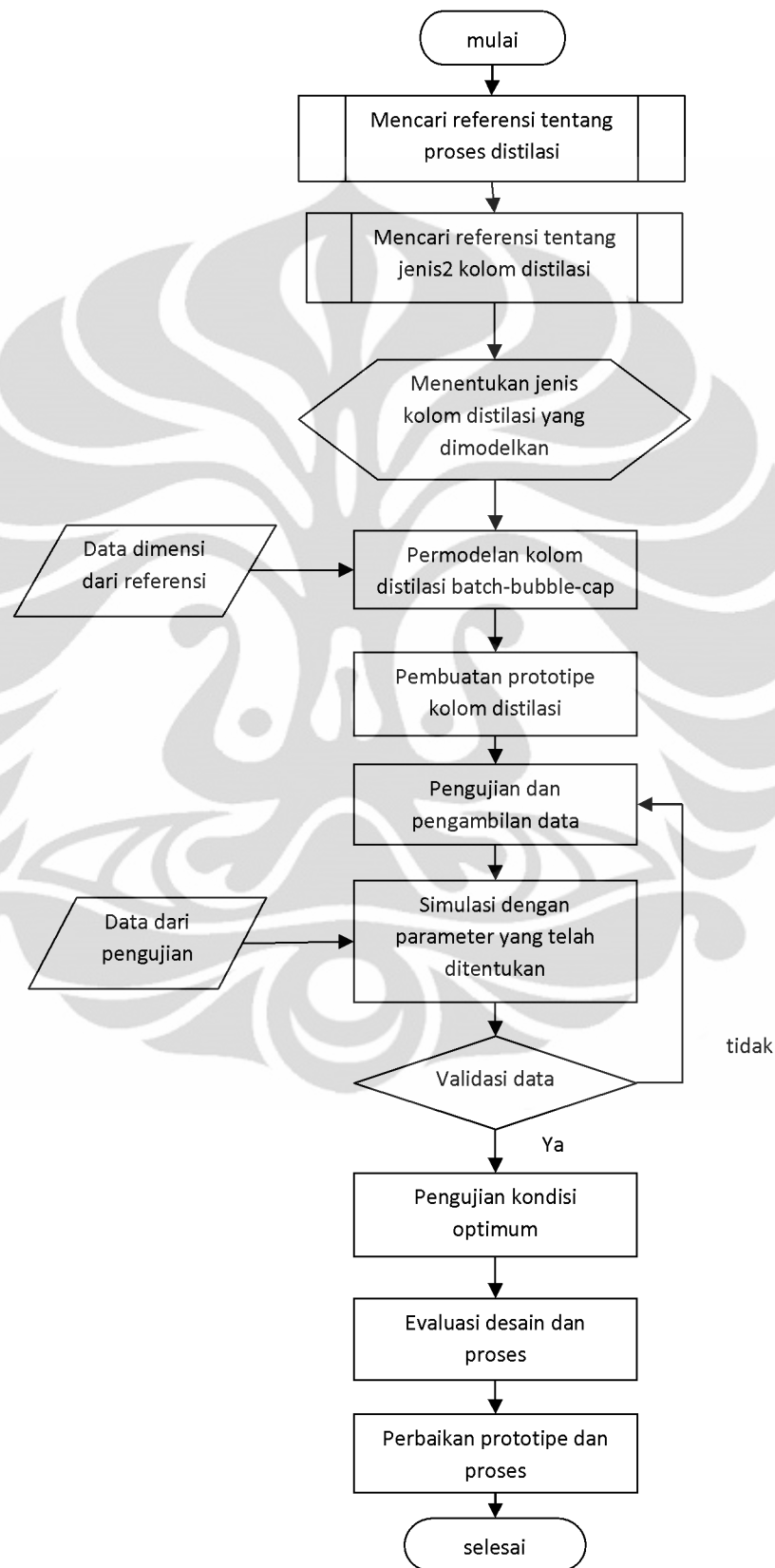
Sistem distilasi memiliki tiga komponen yaitu *feeder drum* , boiler, *steam drum* , selubung (insulasi) gas buang, kolom distilasi, dan kondenser. *Feeder drum* terdiri dari 1 unit drum ukuran 10 liter dan 3 unit selang fleksibel dari tembaga yang diinsulasi dengan pipa segmen stainless guna mencega terjadinya pemanasan oleh temperatur lingkungan. Boiler ini berbentuk *coil* yang dapat menampung maksimal 0,5 Liter cairan *beer* yang akan dipanaskan oleh gas buang dari ruang bakar. Setelah dipanaskan cairan ini akan mengalir. *Steam drum* berfungsi untuk menampung uap sementara sebelum masuk ke kolom distilasi. Selain sebagai penampung uap, *steam drum* juga berfungsi sebagai *reheater* untuk uap etanol yang telah mengembun sebelum waktu yang diharapkan. Selubung atau insulasi berfungsi sebagai saluran pembuangan gas buang dan menjaga agar gas buang tersebut dapat digunakan kembali sebagai pemanas *steam drum* agar uap etanol

dapat terbentuk kembali. Kolom distilasi berfungsi sebagai tempat pemisahan utama komponen cairan, dan kondenser sebagai media pendinginan uap yang keluar dari kolom distilasi. Tingkat pemisahan pada kolom distilasi yang menentukan kualitas distilat, sehingga kualitas kolom distilasi bisa dilihat dari kualitas distilat yang dihasilkan.



III.1.4 ALUR KERANGKA PENELITIAN

Adapun alur kerangka penelitian ini sebagai berikut :



III.2 PROSEDUR PENGUJIAN

Dalam penelitian ini, dibutuhkan data mengenai pressure drop yang terjadi sepanjang kolom distilasi dan pada setiap stage. Selain itu diperlukan data dari produk akhir yang dihasilkan dan bagaimana kondisi optimum yang diperlukan sehingga tercapai hasil produk yang maksimal. Adapun langkah-langkah pengujiannya adalah sebagai berikut.

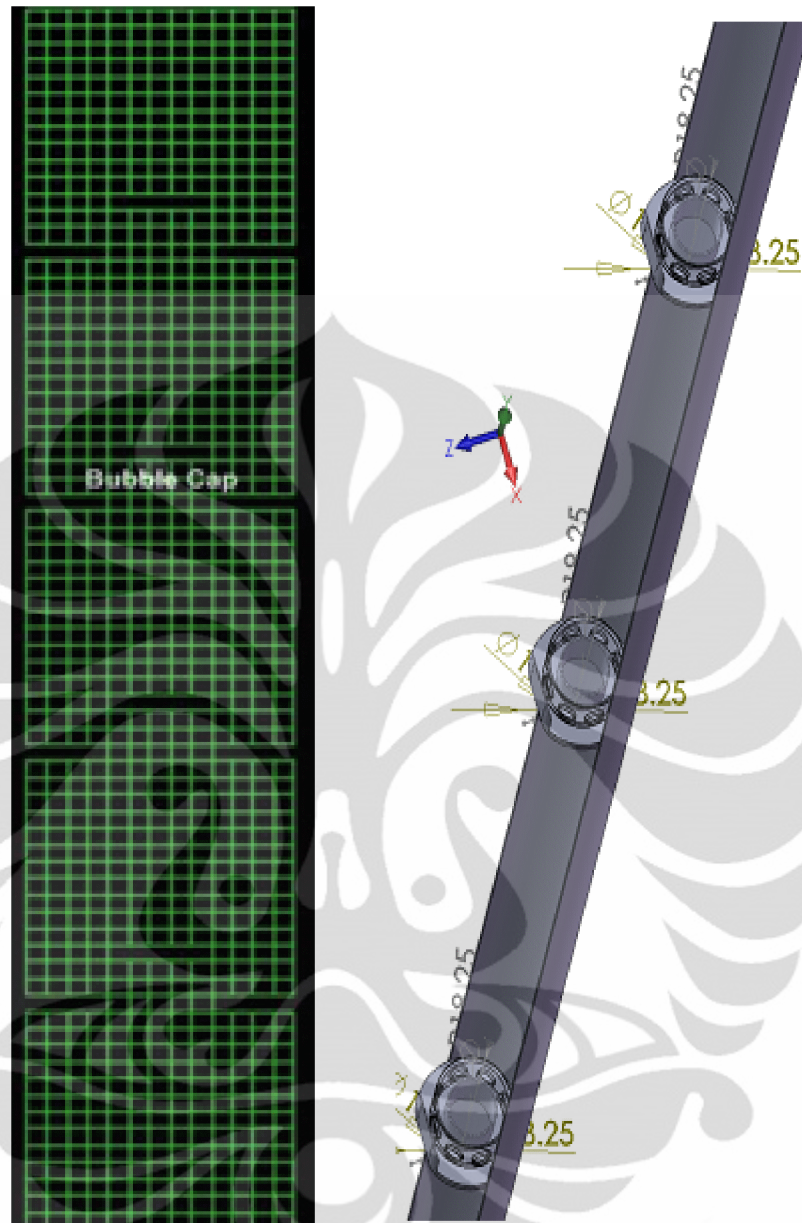
1. Menyiapkan seluruh alat uji, alat ukur, peralatan tambahan.
2. Menentukan berapa % kandungan etanol yang akan di distilasi. Dalam penelitian ini digunakan kadar etanol 9%
3. Memasukkan etanol yang akan di murnikan ke dalam *feeder drum* sebanyak 1 liter.
4. Membuka stop-kran *feeder drum* pada skala maksimal untuk mengalirkan *beer* ke boiler.
5. Melakukan pengecekan terhadap *feeder drum* untuk memastikan bahwa hampir seluruh etanol telah mengalir ke boiler sebelum gas buang dialirkan, setelah itu semua stop-kran ditutup kembali untuk menghindari keluarnya uap etanol ke *feeder drum*.
6. Melakukan *setting* peralatan ruang bakar, yaitu memasang katup pengaman gas LPG, memastikan flow meter berada dalam posisi off, mengaktifkan kontrol panel, dan mengkondisikan blower dan busi telah siap pakai.
7. Membuka katup gas LPG pada tabung gas.
8. Mengalirkan udara dari blower ke ruang bakar agar pembakaran dapat terjadi di ruang bakar.
9. Membuka katup flow meter sampai dengan 0,4 L/min.
10. Tunggu kira-kira 5 detik sampai gas bercampur udara didalam ruang bakar.
11. Mengaktifkan busi sampai terdengar suara letupan kecil di ruang bakar.
12. Mengecek panel temperatur pada termokopel 5 untuk memastikan proses pembakaran sudah terjadi di ruang bakar.
13. Membuka flow meter sampai batas laju alir yang diinginkan dan tunggu hingga 5 detik.

14. Mengaktifkan blower secara berkala guna menghindari tekanan yang kuat ke boiler.
15. Mengaktifkan stopwatch untuk menghitung waktu operasional sampai distilat yang dihasilkan sesuai dengan jumlah yang diinginkan.
16. Memasang selang sirkulasi air kondenser dan selang keluaran distilat.
17. Masukkan pompa rendam kedalam wadah yang telah berisi air dan nyalakan.
18. Meletakkan gelas ukur di selang keluaran distilat.
19. Tunggu distilat keluar sampai mencapai skala volume gelas ukur yang diinginkan.
20. Setelah volume tercapai, hentikan stopwatch lalu catat waktu operasional dan debit distilatnya.
21. Ulangi langkah no. 8 untuk proses-proses berikutnya.

Pengambilan data dilakukan sampai hasil dari eksperimen tidak menunjukkan perbedaan yang terlalu jauh atau hasil sudah konvergen. Dari hasil yang di dapat bisa dibandingkan dengan referensi yang telah ada atau data dari simulasi.

III.2.1 Pemodelan Kolom Distilasi Batch-Bubble-Cap

Permodelan geometri kolom distilasi dibuat berdasarkan referensi memiliki dimensi $1\frac{1}{2}$ inch (3,81 cm) dengan tebal dinding 0,8 mm. Memiliki 11 stage. Jarak tiap stage 15 cm. Pada setiap stage memiliki susunan tray dan cap seperti pada gambar 3.3. Dimensi dari *column internal* adalah *downcomer clearance* 4 mm, ketebalan cincin bawah tray 3 mm, diameter lubang tray 16 mm, panjang weir 28 mm, tinggi weir 10 mm, *hole pitch* 16 mm, diameter cap 26,2 mm. Sedangkan untuk *batch* digunakan gundu sebagai medianya. Diameter gundu rata-rata adalah 10 mm. Lima buah tray bagian bawah masing-masing diisi dengan gundu sebanyak 15 butir. Bentuknya seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.10 model kolom distilasi 2D dan 3D

Di dalam permodelan geometri tidak ada variasi karena dimensi dari kolom sudah detail diberikan. Variasi akan dilakukan pada tahap dilakukan pada tahap simulasi dengan variasi pada fluida kerja yang digunakan. Dalam simulasi menggunakan fluida kerja vapor dan crude. Simulasi ditujukan untuk memvalidasi data yang telah diambil melalui eksperimen.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1 Pengaruh Perubahan Head (Δh) dan Jatuh Tekanan (Pressure Drop) terhadap Kadar Etanol

Penurunan tekanan bisa terjadi akibat perbedaan ketinggian ataupun karena friksi. Faktor lain yang mempengaruhi jatuh tekanan adalah adanya halangan dalam aliran tersebut seperti adanya katup, susunan plat yang mengganggu jalur aliran, belokan, dan sebagainya. Dalam kolom distilasi terdapat major losses berupa faktor gesekan akibat dinding dari kolom, dan minor losses akibat adanya fitting (sambungan pipa), adanya *batch* (gundu) serta adanya *tray and cap*.

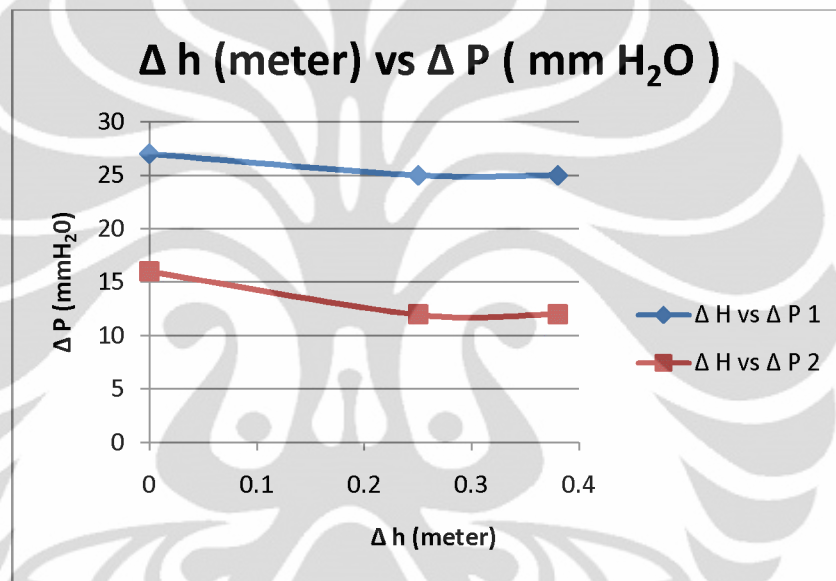
Pengukuran tidak dilakukan pada titik masuk pada kolom karena pengukuran tekanan pada titik tersebut akan menimbulkan fluktuasi yang besar, sehingga data yang di dapat tidak menggambarkan keadaan yang sebenarnya. Aliran di dalam kolom mungkin tidak akan pernah sampai berkembang penuh karena didalam kolom terdapat susunan *batch-tray-cap* pada *stage* 1 sampai dengan 5 dan *tray-cap* pada *stage* 6 sampai dengan 11. Susunan tersebut akan mengganggu aliran dari fluida karena tujuan dari susunan *batch-tray-cap* adalah berusaha meningkatkan kontak antara aliran fase uap dan fase cair dari etanol serta memberikan waktu *delay* untuk uap dapat mengembun.

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan ketinggian kolom (Δh) yaitu 0 meter, 0.25 meter dan 0.38 meter dari titik referensi (1.1 meter) diatas *exhaust steam drum* dan *volumetric flow rate* bahan bakar (gas LPG) yaitu 7.5 L/min, 10 L/min dan 12.5 L/min. Debit umpan diatur pada saat gas buang belum dialirkan ke *coil boiler* untuk mencegah uap etanol memberikan tekanan balik ke *feeder drum*. Panas yang diberikan pada setiap variasi aliran bahan bakar dijaga tetap konstan sehingga bisa diasumsikan bahwa laju penguapan juga konstan. Kemudian laju pendinginan pada kondensor dijaga konstan. Semua variasi data diberikan umpan 1 liter *beer* dengan kadar alkohol sama yaitu 9%. Dari data

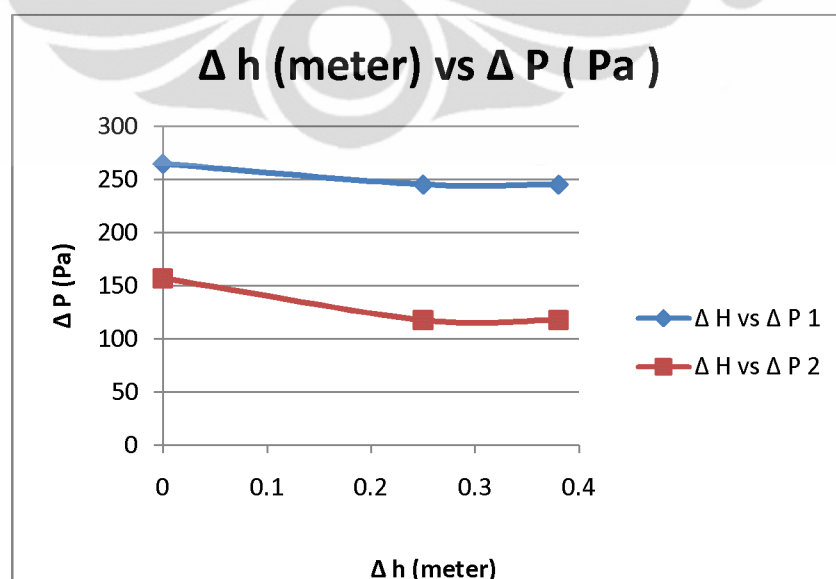
eksperimen didapatkan tabel data dan grafik hubungan antara Δh dan ΔP seperti dibawah ini.

No	Δh (m)	$\Delta P 1$ (mm H ₂ O)	$\Delta P 2$ (mm H ₂ O)	$\Delta P 1$ (Pa)	$\Delta P 2$ (Pa)
1	0	27	16	264,87	156,96
2	0,25	25	12	245,25	117,72
3	0,38	25	12	245,25	117,72

Tabel 4.1 Hubungan antara perubahan head (Δh) dan pressure drop (Δp)



Gambar 4.1 grafik hubungan Δh dengan ΔP dalam satuan mmH₂O

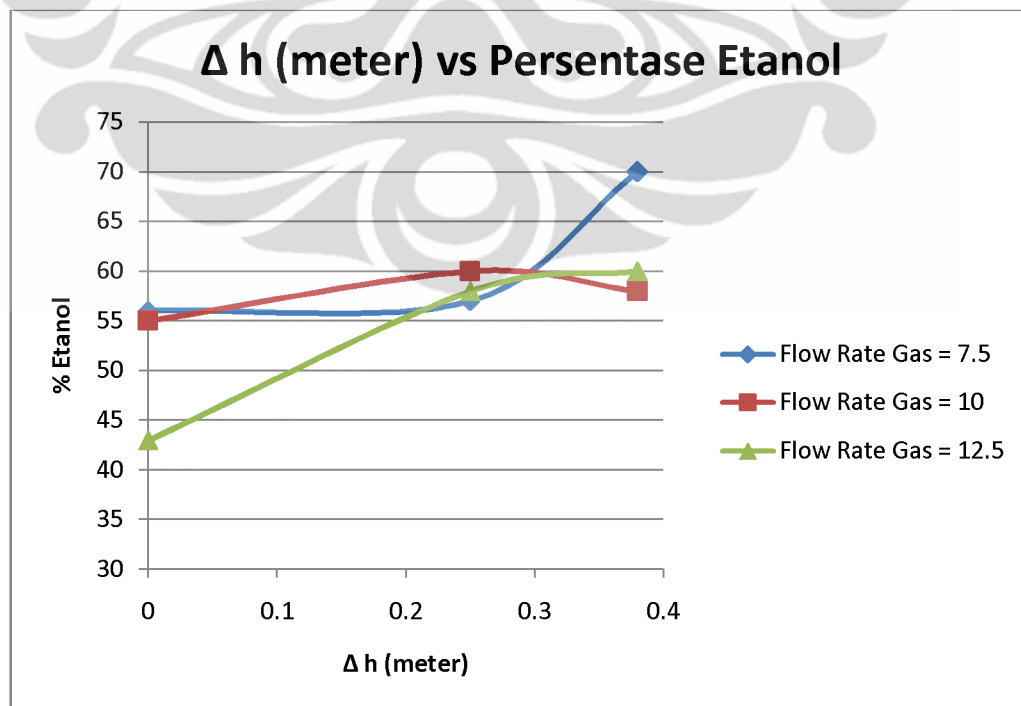


Gambar 4.2 Grafik hubungan Δh dengan ΔP dalam satuan Pascal

Dari tabel data dan grafik diatas menunjukkan kecenderungan penurunan beda tekanan saat *head* kolom dinaikkan. Perubahan *head* yang semakin besar menyebabkan uap campuran yang masuk dalam kolom menjadi lebih sedikit jika dibandingkan dengan *head* yang lebih rendah. Etanol memiliki titik didih 78°C sedangkan air 100°C. Hal ini menyebabkan etanol lebih dahulu menguap dibandingkan air. Oleh karena itu, pada *head* yang paling tinggi (0.38 meter) dari titik referensi menghasilkan kadar etanol paling bagus, yaitu sekitar 70 %.

Flow Rate Gas (L/min)	Δh (m)	t (sec)	Volume Distilat (mL)	Kadar Kemurnian Etanol (%)	Flow Rate Distilat (mL/s)
7.5	0	637	60	56	0.094191523
7.5	0.25	832	60	57	0.072115385
7.5	0.38	884	60	70	0.067873303
10	0	505	60	55	0.118811881
10	0.25	551	60	60	0.108892922
10	0.38	724	60	58	0.082872928
12.5	0	401	60	43	0.149625935
12.5	0.25	462	60	58	0.12987013
12.5	0.38	524	60	60	0.114503817

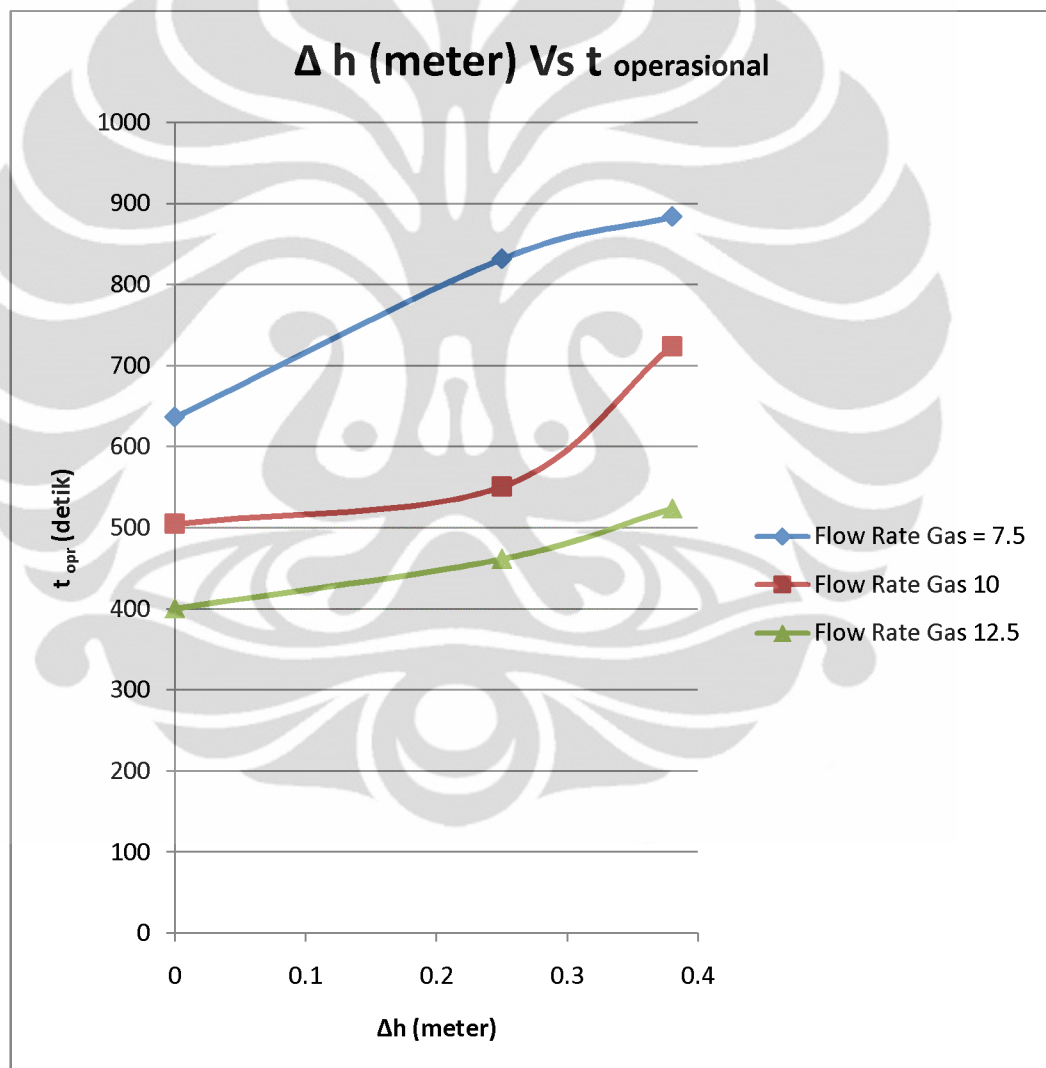
Tabel 4.2 Hubungan Δh dengan kadar Etanol (%)



Gambar 4.3 Grafik hubungan Δh dengan kadar Etanol (%)

IV.2 Pengaruh Perubahan Head (Δh) terhadap Waktu Operasional.

Perubahan tinggi *inlet* kolom dari *exhaust steam drum* menyebabkan perubahan waktu operasional untuk menghasilkan sejumlah tertentu distilat (etanol). Hal ini dikarenakan ketika ketinggian inlet berubah akan menyebabkan perubahan beda tekanan didalam kolom. Indikasi penurunan beda tekanan ditunjukkan penurunan debit distilat akibat laju alir uap etanol yang menurun.



Gambar 4.4 Grafik hubungan antara Δh (m)
dengan waktu operasional (detik)

Flow Rate Gas (L/min)	Δh (m)	t (sec)	Volume Distilat (mL)	Kadar Kemurnian Etanol (%)	Flow Rate Distilat (L/min)
7.5	0	637	60	56	0.015
7.5	0.25	832	60	57	0.012
7.5	0.38	884	60	70	0.010909
10	0	505	60	55	0.02
10	0.25	551	60	60	0.015
10	0.38	724	60	58	0.013333
12.5	0	401	60	43	0.03
12.5	0.25	462	60	58	0.02
12.5	0.38	524	60	60	0.017143

Tabel 4.3 Hubungan antara waktu operasional (detik) dengan Δh (m)

Berdasarkan gambar grafik dan tabel diatas, waktu tercepat untuk menghasilkan etanol dengan volume distilat yang sama adalah saat $h = 0$ meter dari titik referensi dan terlambat saat $h = 0.38$ meter. Dari ketiga variasi flow rate gas terdapat kesamaan trend yaitu semakin tinggi head kolom maka akan semakin lama waktu yang diperlukan untuk menghasilkan etanol tersebut.

IV.3 Analisa Aliran pada Kolom Distilasi

IV.3.1 Permodelan dan Simulasi Aliran Pada Kolom Distilasi

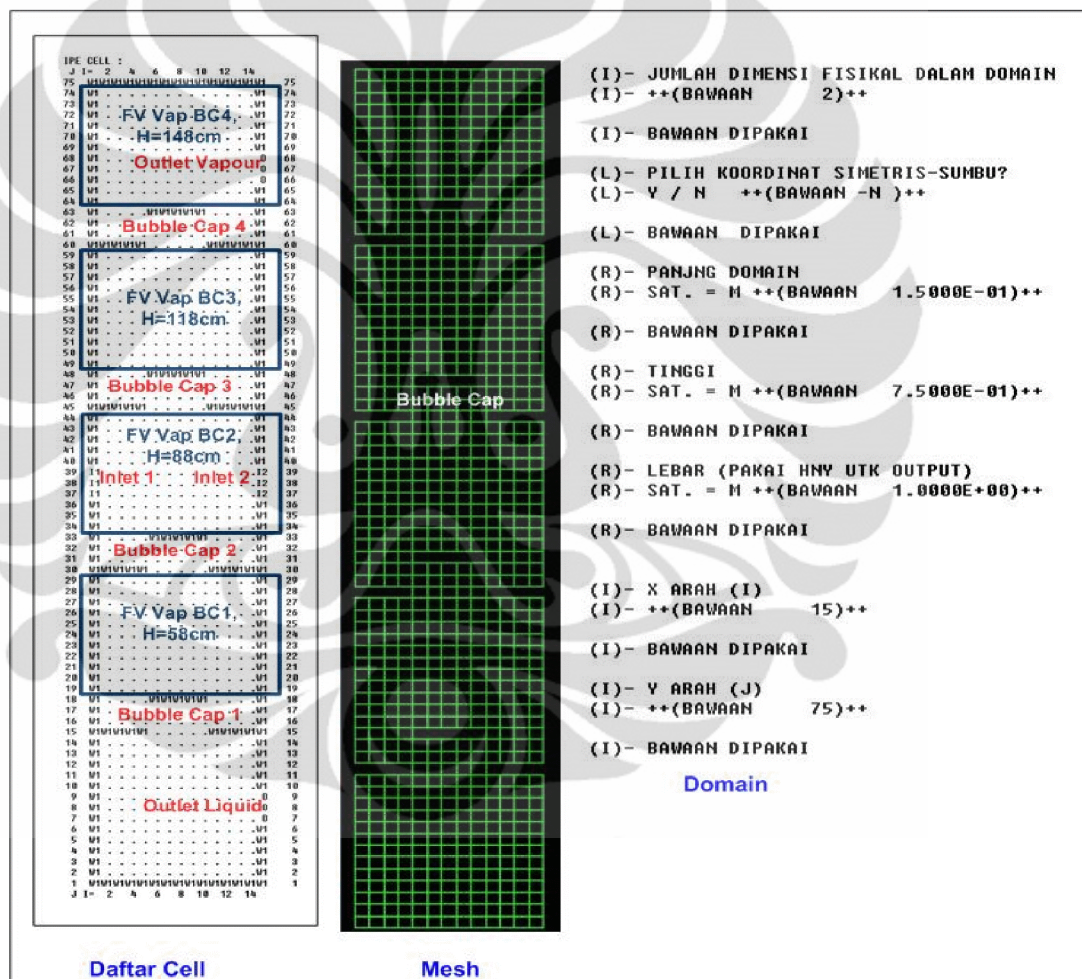
Simulasi bertujuan untuk membantu memahami fenomena aliran yang terjadi di dalam alat utama pemurnian etanol. Dari simulasi diharapkan akan bisa dipelajari tentang bagaimana perilaku aliran ketika melewati setiap *batch-tray* pada alat utama pemurnian etanol, penurunan tekanan pada alat utama pemurnian etanol, dan kecepatan aliran ketika melewati alat utama pemurnian etanol. Fenomena-fenomena tersebut akan diteliti sejauh mana pengaruhnya terhadap produk akhir dari alat utama pemurnian etanol.

Simulasi aliran dua fasa didalam kolom distilasi dilakukan dengan CFD-SOF. Data-data eksperimental yang dimasukkan sebagai pembanding dalam simulasi adalah data-data pada flow rate gas 7.5 L/min, $\Delta h = 0.38$ meter, temperature gas buang 300 °C (573 K), dan beberapa data fisikal untuk materi

yang didistilasi akan diberikan dibawah ini. Berikut adalah proses-proses dan hasil simulasinya.

IV.3.2 Perancangan Geometri Model Komputasi

Simulasi dilakukan pada model kolom distilasi dengan metode multi fasa Eulerian dalam 2D (2 dimensi) dengan tujuan untuk melihat pengaruh dari bubble cap tray terhadap karakter aliran dua fasa (liquid-gas) sebagai internal proses dalam kolom destilasi.



Gambar 4.5 Model Geometri Komputasi

IV.3.2.1 Penentuan Sifat-sifat Fisikal dalam Model Simulasi

Berdasarkan referensi data-data fisikal, diambil data konduktivitas termal, panas spesifik, viskositas dan densitas untuk vapor serta crude (cairan campuran etanol dan air) yang mampu berubah terhadap temperatur. Berikut ini bentuk data masukan ke CFDSOF :

- DEFINISI KONDUKTIVITAS TERMAL UTK CRUDE		- DEFINISI VISKOSITAS UTK CRUDE	
TEMP	K	TEMP	USKOSITAS
3.0000E+02	1.6474E-01	3.0000E+02	1.0472E-02
3.1000E+02	1.6243E-01	3.1000E+02	8.6990E-03
3.2000E+02	1.6017E-01	3.2000E+02	7.2926E-03
3.3000E+02	1.5794E-01	3.3000E+02	6.1646E-03
3.4000E+02	1.5572E-01	3.4000E+02	5.2503E-03
3.5000E+02	1.5349E-01	3.5000E+02	4.5019E-03
- DEFINISI KONDUKTIVITAS TERMAL UTK VAPOUR		- DEFINISI VISKOSITAS UTK VAPOUR	
TEMP	K	TEMP	USKOSITAS
3.6000E+02	2.2715E-02	3.6000E+02	1.0643E-04
3.7000E+02	2.3580E-02	3.7000E+02	1.0948E-04
3.8000E+02	2.4479E-02	3.8000E+02	1.1252E-04
3.9000E+02	2.5411E-02	3.9000E+02	1.1553E-04
4.0000E+02	2.6377E-02	4.0000E+02	1.1853E-04
- DEFINISI PANAS SPESIFIK UTK CRUDE		- DEFINISI DENSITAS UTK CRUDE	
TEMP	CP	TEMP	DNSITAS
3.0000E+02	2.5965E+03	3.0000E+02	7.8390E+02
3.1000E+02	2.7184E+03	3.1000E+02	7.7531E+02
3.2000E+02	2.8374E+03	3.2000E+02	7.6646E+02
3.3000E+02	2.9526E+03	3.3000E+02	7.5731E+02
3.4000E+02	3.0637E+03	3.4000E+02	7.4779E+02
3.5000E+02	3.1707E+03	3.5000E+02	7.3785E+02
- DEFINISI PANAS SPESIFIK UTK VAPOUR		- DEFINISI DENSITAS UTK VAPOUR	
TEMP	CP	TEMP	DNSITAS
3.6000E+02	1.8425E+03	3.6000E+02	1.6031E+00
3.7000E+02	1.8751E+03	3.7000E+02	1.5548E+00
3.8000E+02	1.9030E+03	3.8000E+02	1.5097E+00
3.9000E+02	1.9289E+03	3.9000E+02	1.4674E+00
4.0000E+02	1.9542E+03	4.0000E+02	1.4276E+00
TEMPERATUR ACUAN ENTALPI = 3.5139E+02		PHASE	NORMALIZING
TEKANAN OPERASI UNTUK GAS NON-IDEAL : 1.0132E+05		NAME	DNSITAS
LOKASI TEKANAN ACUAN :		CRUDE	7.839E+02
IREF = 14 JREF = 7		VAPOUR	1.603E+00
			MEAN
			DIAMETER
			2.000E-04

Tabel 4.4 Sifat-sifat fisikal Crude dan Vapor Etanol

IV.3.2.2 Penentuan Kondisi Batas Model Simulasi

Kondisi batas (sempadan) temperature, kecepatan, serta fraksi volume uap dan *crude* dilakukan pada dinding kolom distilasi dan saluran masuk (*inlet*).

- KONDISI SEMPADAN KECEPATAN -				
ZONE	FASA	KEC.-U	KEC.-V	NORMAL
W1	CRUDE	0.00E-01	0.00E-01	N/A
	VAPOUR	0.00E-01	0.00E-01	N/A
I1	CRUDE	5.00E-01	-5.00E-01	N/A
	VAPOUR	0.00E-01	0.00E-01	N/A
I2	CRUDE	0.00E-01	0.00E-01	N/A
	VAPOUR	-5.00E-01	5.00E-01	N/A

- KONDISI SEMPADAN TEMPERATUR -		
ZONA	TEMPERATUR	FASA
W1	3.1300E+02	-
I1	3.5139E+02	CRUDE
	3.5139E+02	VAPOUR
I2	3.5139E+02	CRUDE
	3.5139E+02	VAPOUR

KONDISI SEMPADAN FRAKSI VOLUME	
ZONA	VAPOUR
W1	LINK CUT
I1	0.00E-01
I2	0.00E-01

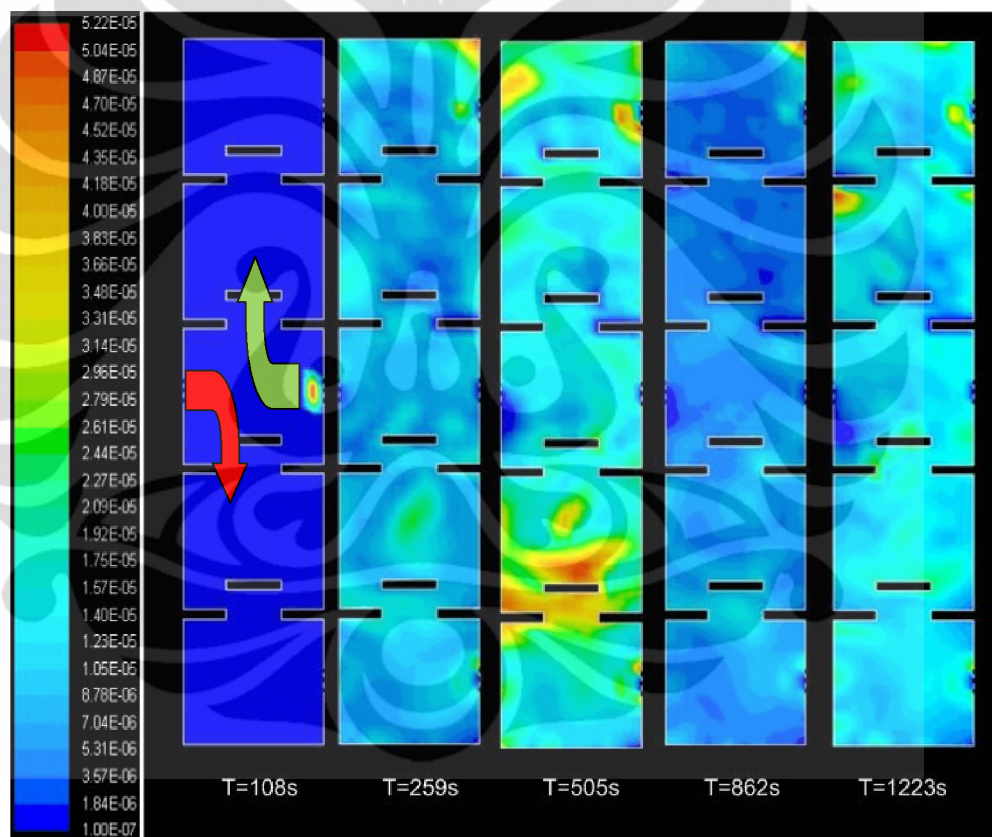
Tabel 4.5 Kondisi batas (sempadan) simulasi

IV.3.2.3 Simulasi CFDSOF

IV.3.2.3.1 Fraksi Volume Vapor dan Crude

Dari grafik fraksi volume vapor simulasi terlihat bahwa fraksi volume vapor mulai terbentuk pertama kali di dekat *inlet* -2 dengan kondisi awal fraksi volume vapor = 0. Pada saat $t = 259$ detik, fraksi volume vapor terbentuk dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan $t = 108$ detik, dan terlihat vapor bergerak menuju *outlet* - 2 yang merupakan saluran keluar vapor dan diasumsikan hanya

fraksi vapor yang keluar lewat saluran keluar (*outlet*) ini. Pada tray ke-1 dan ke-5 semakin banyak diisi oleh uap. Interaksi uap berbeda dapat kita lihat yaitu antara warna hijau cerah (uap ringan/uap etanol) dan biru (uap air). *Batch-tray* berfungsi sebagai penyebab tertahannya uap mengalir dengan steady, sehingga uap campuran sangat mungkin untuk terurai sesuai dengan berat partikel dari masing-masing uap dimana uap yang lebih berat akan lebih awal mengalami kondensasi dan tertampung di *tray*. Oleh karena uap air lebih berat maka terlihat uap air terjatuh ke tray lebih awal dan daerah sekitar lubang keluaran sebagian besar terisi oleh uap etanol.



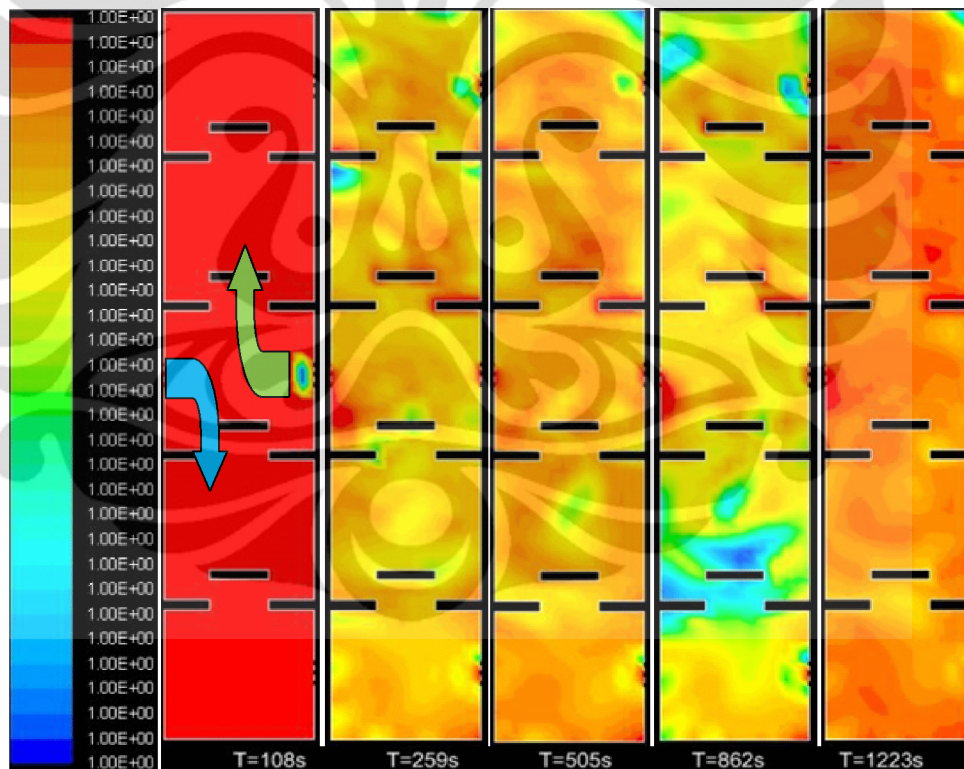
Ket :  Vapor  Crude

Gambar 4.6 Fraksi Volume Vapor

Pada $t = 505$ detik terjadi fenomena serupa dengan waktu sebelumnya, tetapi di interval waktu ini fase uap etanol semakin banyak mengisi ruang-ruang pada masing-masing tray. Hal ini ditandai dengan ditampilkannya warna merah (fraksi maksimum uap) pada tray ke-2 dan ke-5. Interaksi uap masih terjadi dan

pada tray ke-3 terlihat adanya kondensat air yang tertampung dan akan semakin banyak jumlahnya seiring dengan waktu operasional yang masih berlangsung.

Akibat proses pemanasan masih berlangsung dan tetesan air pada tray berjumlah cukup banyak menyebabkan terjadi penguapan kembali tetes air pada $t = 862$ detik, pada grafik ditampilkan sebagian besar tray terisi dengan warna biru. Bersamaan dengan penguapan air yang meningkat menyebabkan kadar kemurnian etanol yang keluar kondensor juga ikut menurun. Tetapi setelah beberapa waktu, uap air dalam kolom sebagian besar sudah menguap dan mengakibatkan uap etanol kembali mengisi sebagian besar ruang-ruang kolom, meskipun jumlah uap etanol tersebut sudah tidak sebaik saat awal proses dilakukan. Dan fenomena tersebut dapat kita amati saat $t = 1223$ detik.



Ket :  Vapor  Crude

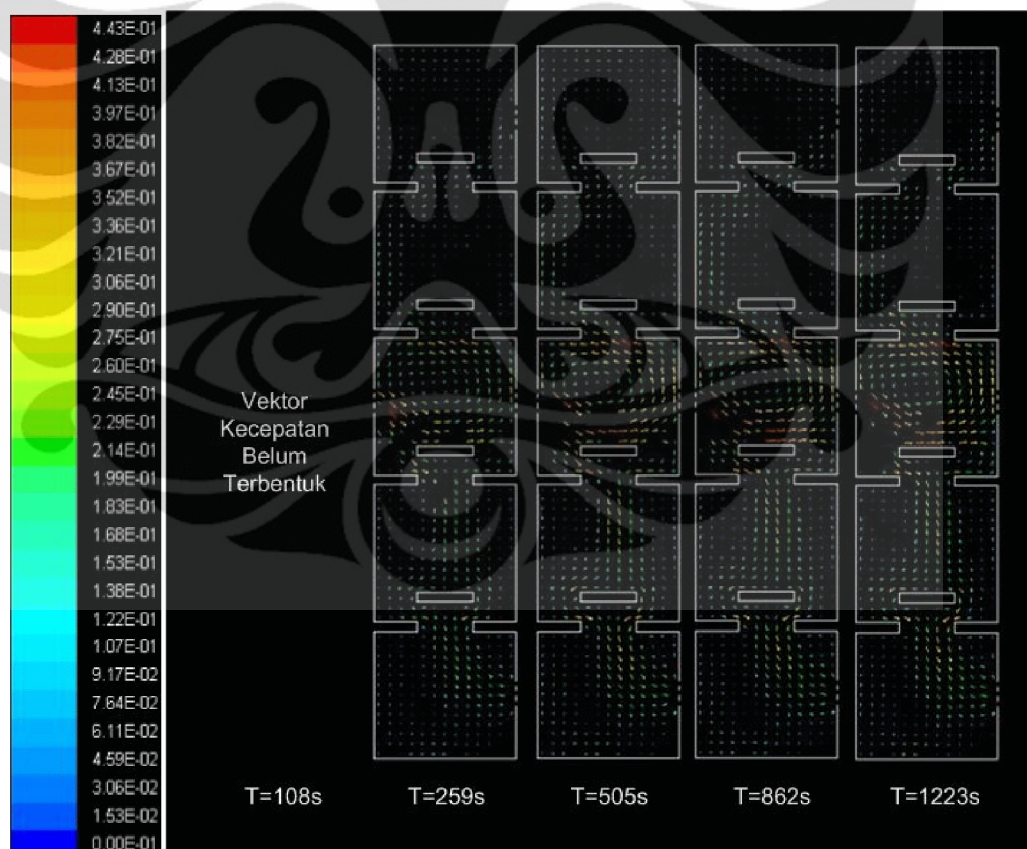
Gambar 4.7 Fraksi Volume Crude

Sedikit berbeda dengan fraksi volume vapor, fenomena aliran dua fasa juga bisa kita amati dari fraksi volume crude. Saat $t = 108$ detik ruang-ruang dalam kolom diasumsikan penuh dengan crude. Terjadi peningkatan uap yang

mengisi tiap ruang BC pada $t = 259$ detik dan semakin meningkat volume uap etanol sampai dengan $t = 862$ detik. Fenomena ini terjadi karena suplai uap dari boiler masih terus berlangsung hingga volume etanol pada etanol menurun drastis. Ketika $t = 1223$ detik, fraksi volume etanol semakin jauh berkurang. Dari grafik ditampilkan warna merah mulai mendominasi ruang-ruang BC. Hal ini menandakan bahwa uap etanol sudah jauh menurun dan ruang-ruang diisi oleh uap air.

IV.3.2.3.2 Vektor Kecepatan Vapor dan Crude

Selain membahas tentang fraksi volume vapor dan crude pada proses distilasi, juga akan dibahas fenomena dari vektor kecepatan yang terjadi didalam kolom.



Gambar 4.8 Vektor kecepatan vapor

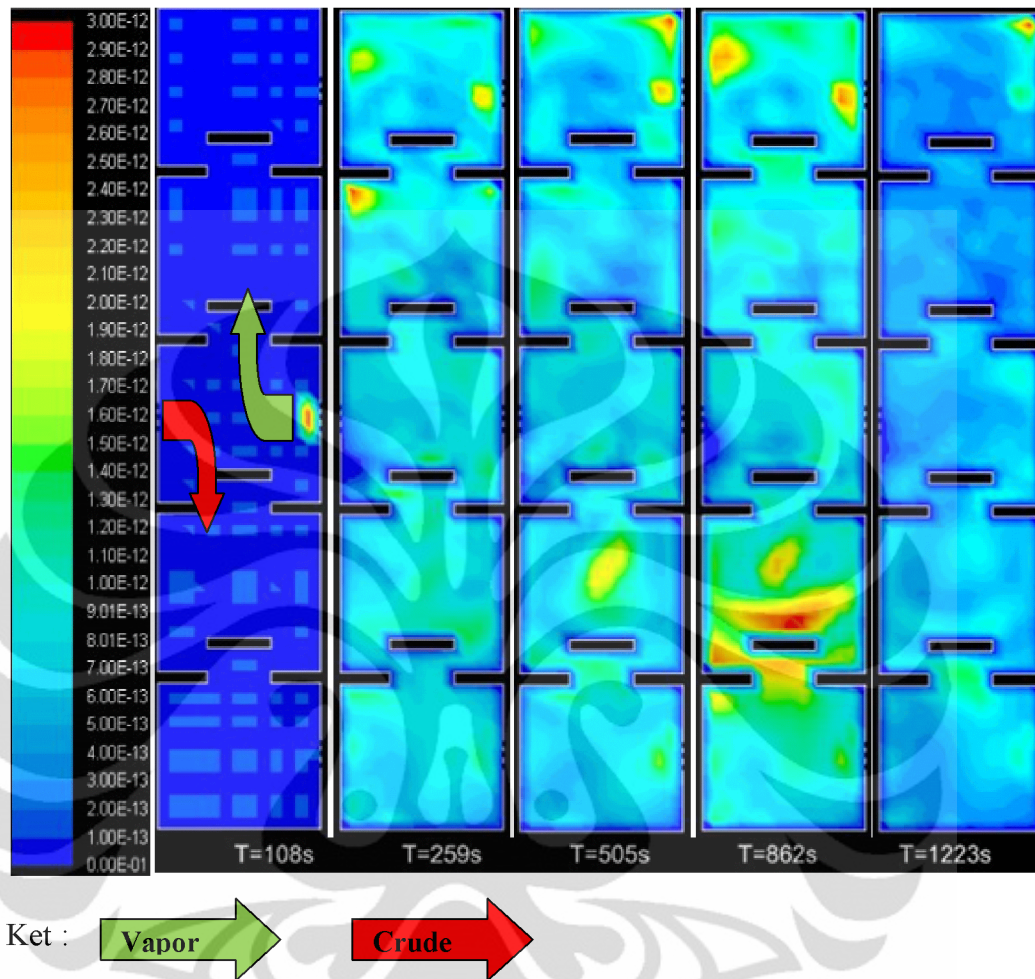
Pada grafik kontur kecepatan terlihat bahwa keberadaan *batch-bubble cap-tray* menjadi penghalang bagi fraksi volume yang lebih berat (*crude*) untuk

mencapai *tray* yang paling atas. Dari grafik, vektor kecepatan dengan arah kebawah dengan warna merah, kuning dan hijau mengindikasikan kecepatan yang lebih besar karena memiliki berat jenis yang lebih besar. Fraksi volume yang lebih berat (*crude*) bergerak menuju kolom bagian bawah sampai melewati *outlet-1* karena diasumsikan bahwa *outlet-1* adalah *outlet* untuk fase liquid. Sedangkan fraksi volume yang lebih ringan (*vapor*) akan melewati *batch-bubble cap-tray* hingga mencapai *outlet-2*. Fenomena ini ditampilkan oleh vektor kecepatan warna biru dengan ukurannya lebih kecil. Hal ini menandakan bahwa kecepatan aliran *vapor* lebih rendah karena berat jenisnya lebih rendah jika dibandingkan dengan *crude*.



Gambar 4.9 Vektor kecepatan Crude

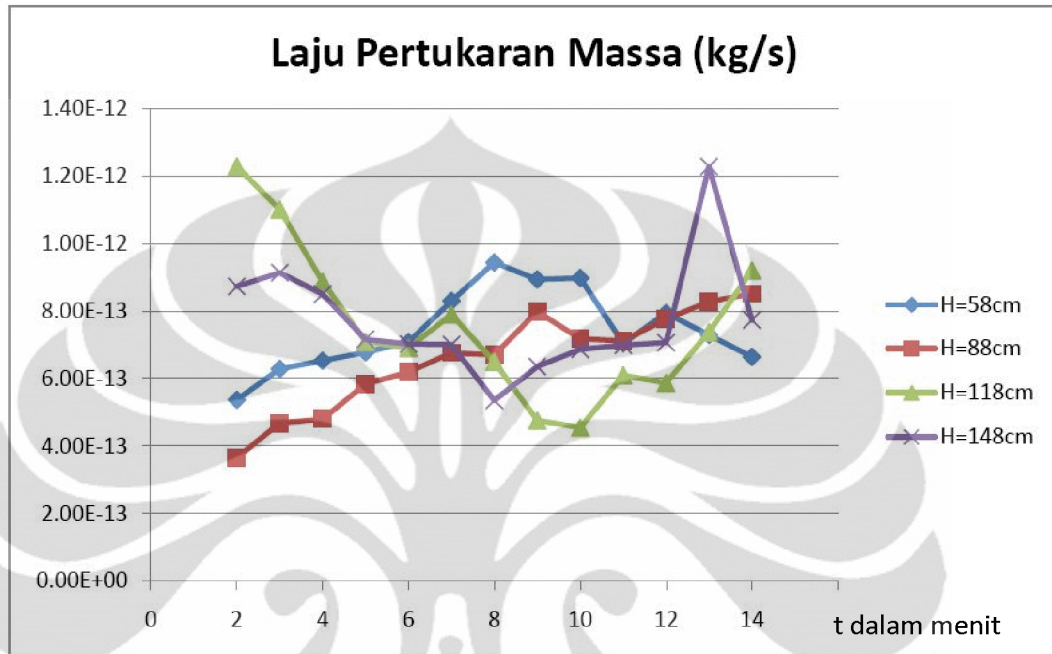
IV.3.2.3.3 Laju Pertukaran Massa



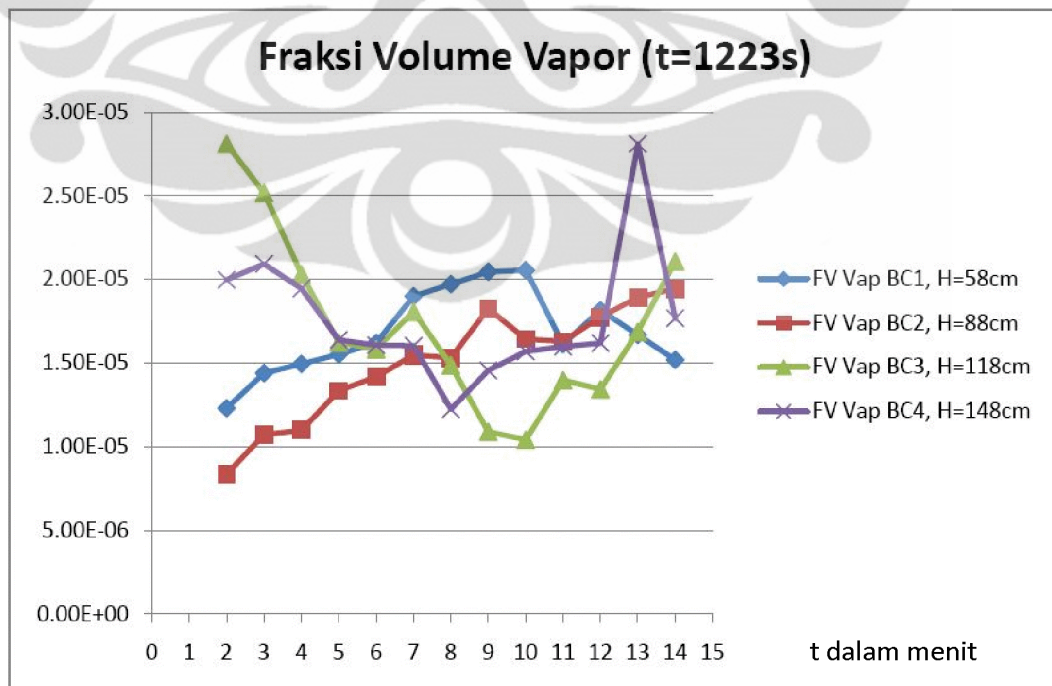
Gambar 4.10 Laju pertukaran massa

Dari hasil simulasi, terlihat bahwa laju pertukaran massa terbesar berada pada $t = 862$ detik karena terdapat kesetimbangan fasa uap dan crude yang terdapat pada tray ke-2. Warna merah menunjukkan interaksi fasa uap dan crude berlangsung maksimal dan uap yang memiliki berat jenis ringan akan menguap dengan cepat dan mampu mencapai tray teratas. Pada bubble cap 1 rata-rata fraksi volume vapor disepanjang sumbu-x merupakan jumlah yang terendah, karena pada ketinggian ini masih banyak terdapat fraksi liquid (crude). Semakin keatas jumlah fraksi liquid (crude) akan semakin sedikit karena berat jenis yang lebih besar dibandingkan dengan berat jenis vapor. Laju pergerakan fraksi liquid juga terhalangi oleh bubble cap tray 2, 3, dan 4 sehingga jumlahnya semakin sedikit dan hanya fraksi vapor yang berhasil menuju ketinggian $H=148\text{cm}$ yang bergerak

menuju outlet-2. Hal ini membuat pada bubble cap tray-4 atau ketinggian $H=148$ cm merupakan daerah dengan jumlah rata-rata terbesar fraksi uap di dalam kolom distilasi.



Gambar 4.11 Grafik Laju pertukaran massa



Gambar 4.12 Grafik Fraksi volume vapor

Dari gambar 4.14 dan 4.15 dapat dilihat bahwa fraksi volume vapor dan laju pertukaran massa memiliki pola yang hampir sama. Hal ini menjelaskan bahwa pertukaran massa yang terjadi didalam kolom [destilasi](#) berbanding lurus dengan fraksi volume vapor per waktu dalam satuan detik.

IV.3.3 Hubungan Antara Δh dan Waktu Operasi dengan Konsentrasi Distilat

Waktu operasi adalah salah satu faktor penting dalam proses distilasi. Jika waktu yang dibutuhkan semakin lama maka biaya produksi dari keseluruhan proses juga meningkat. Selain itu waktu proses juga menentukan kualitas produk yang dihasilkan. Hal ini karena distilasi bekerja berdasarkan perbedaan titik didih pada suatu campuran. Adanya perbedaan titik didih menyebabkan komponen dengan titik didih yang lebih rendah akan menguap terlebih dahulu, dan komponen yang titik didihnya tinggi akan tetap berada dalam keadaan cair. Oleh karena itu akan ada fase dimana distilat akan banyak mengandung komponen dengan titik didih rendah, atau disebut komponen ringan, dan ada fase distilat akan kaya dengan komponen yang titik didihnya tinggi atau disebut komponen berat. Adanya fase-fase tersebut dipengaruhi oleh lamanya waktu operasi. Oleh karena sangat penting untuk memperhitungkan lamanya operasi suatu sistem disitilasi.

Pada penelitian kali ini digunakan umpan masuk yaitu beer 9 %. Volume total dari campuran sebesar 1000 ml. Beer yang akan dimurnikan dipanaskan dengan gas buang yang dijaga tetap konstan sehingga diharapkan kenaikan suhu pada boiler akan tetap konstan. Sampel distilat yang diambil sebanyak satu buah untuk masing-masing variasi percobaan. Setiap sampel diambil jika volumenya mencapai ± 60 ml. Hal ini dilakukan karena untuk menjaga agar distilat tidak terlalu banyak ketika *flowrate* distilat besar dan tidak akan tercampur dengan produk yang belakangan ketika *flowrate* distilat kecil. Diusahakan temperatur pada boiler berkisar antara $90^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C}$ agar distilat mengandung etanol dengan kadar yang tinggi dan juga agar air yang berada dalam campuran tidak terlalu banyak menguap dan mempengaruhi kadar etanol pada distilat.

Ketika distilat mulai dihasilkan dan mencapai jumlah yang diinginkan maka distilat langsung diukur volume dan komposisi etanol dari distilat. Waktu yang diperlukan untuk mendapatkan distilat tersebut dicatat sehingga dari data tersebut kita akan mengetahui juga besar *flowrate* dari distilat yang dihasilkan.

Pada awal pengambilan sampel pada $\Delta h = 0$ meter yaitu sampel pertama sampai sampel kedua menunjukkan komposisi cairan yang tidak terlalu berbeda, tetapi terdapat perbedaan waktu operasional keduanya yaitu 132 detik. Sedangkan pada sampel ketiga didapatkan produk distilat berkemurnian 43% dengan waktu 401 detik. Bahkan pada percobaan kedua ($\Delta h = 0.25$ meter) sampel ketiga menunjukkan komposisi etanol tertinggi terhadap waktu operasi selama 462 detik. Sedangkan pada percobaan pertama komposisi tertinggi didapatkan pada sampel pertama dengan waktu 637 detik dan pada percobaan ketiga ($\Delta h = 0.38$ meter) komposisi tertinggi didapatkan pada sampel ke satu yaitu 70 % pada 884 detik. Perbedaan waktu operasi diakibatkan berbeda nilai *flowrate* karena perubahan tinggi kolom, sehingga memaksa crude dan uap tertahan dalam kolom sampai mendapatkan temperature cukup untuk menguap kembali.. Namun dari ketiga percobaan terdapat tren yang hampir sama yaitu semakin tinggi kolom semakin lama waktu pengoperasian . Terjadi penurunan kadar distilat pada flow rate gas 10 L/min saat tinggi kolom maksimal. Hal ini terjadi karena pada percobaan kedua kolom distilasi telah terpakai sebelumnya untuk percobaan pertama. Hal ini dikarenakan terdapat kesulitan untuk membuang sisa-sisa distilasi pada proses sebelumnya didalam kolom. Dalam kasus seperti inilah dibutuhkan simulasi perhitungan waktu start-up dari kolom distilasi. Sehingga dari perhitungan tersebut akan diketahui pada detik ke berapa akan dimulai pengambilan produk distilat.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

Dari hasil pemodelan dan simulasi yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ketinggian kolom distilasi mempengaruhi kadar kemurnian etanol yang dihasilkan, pada percobaan didapat kadar kemurnian tertinggi 70 % pada $\Delta h = 0.38$ meter dan flow rate bahan bakar (LPG) 7.5 L/min.
2. Ketinggian kolom menyebabkan penurunan beda tekanan pada kolom, sehingga flow rate distilat juga mengalami penurunan.
3. Waktu operasional berbanding kadar distilat, paling optimal didapat pada saat $\Delta h = 0.25$ meter, flow rate gas 12.5 L/min, yaitu 462 detik menghasilkan etanol dengan kadar 58 %.
4. Komposisi distilat bergantung pada waktu operasi dan temperatur gas buang yang digunakan.

V.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Harus diteliti lebih jauh lagi tentang fenomena aliran seperti head loss per tray.
2. Perlunya penambahan komponen *Reflux* pada kolom untuk mengetahui performa optimal kolom distilasi tipe BBC.
3. Penelitian lanjutan untuk mengetahui laju alir dan beda tekanan uap agar dapat diperkirakan efisiensi dari kolom distilasi tipe BBC ini.
4. Perlunya komponen tambahan untuk menjaga temperature uap dalam kolom tetap berada pada temperatur uap etanol.

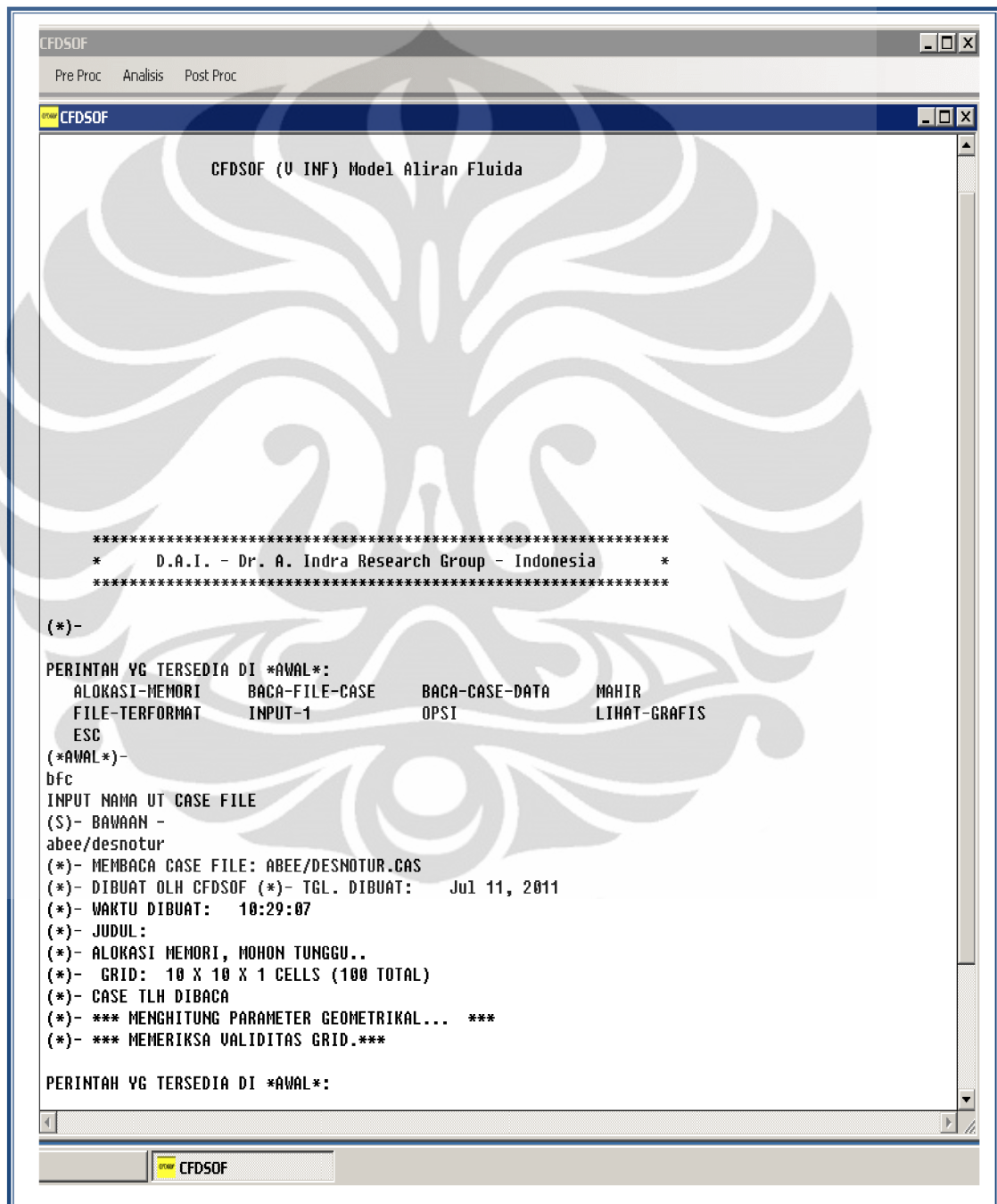
Daftar Referensi

- [1] Mujtaba, I. M. (1997). *Batch Distillation: Process and Design*. London: Imperial College Press
- [2] Green, Don W., Maloney, James O. Perry, Robert H. (1997): *Perry's Chemical Engineers' Handbook (7th ed.)*. New York: McGraw-Hill.
- [4] Udeye, V. Mopoung, S. Vorasingha, A. Amornsakchai, P. (Februari 2009): *Ethanol Heterogeneous Azeotropic Distillation Design and Construction*. Phitsanulok. Dept of Chemistry Naresuan University.
- [5] Tassios, Dimitrios P. (1974). *Extractive and Azeotropic Distillation*. Washington DC: American Chemical Society.
- [6] Munson, Bruce R., Donald F. Young, and Theodore H. Okiishi. (2002) *Fundamentals of Fluid Mechanics*, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc.
- [7] Warberg, Tore Haug. (2005): *McCabe-Thiele Diagrams for Binary Distillation*. Dept. of Chemical Engineering
- [8] Universitas Indonesia. *Pedoman Teknis Penulisan Tugas Akhir Mahasiswa Universitas Indonesia*. (2008). Depok: Universitas Indonesia.



LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lembar Legalisasi Penggunaan Software CFDSOF



```
CFDSOF
Pre Proc  Analysis  Post Proc

CFDSOF
CFDSOF (U INF) Model Aliran Fluida

*****
*   D.A.I. - Dr. A. Indra Research Group - Indonesia   *
*****

(*)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI *AWAL*:
ALOKASI-MEMORI   BACA-FILE-CASE   BACA-CASE-DATA   MAHIR
FILE-TERFORMAT  INPUT-1          OPSI              LIHAT-GRAFIS
ESC

(*AWAL*)-
bfc
INPUT NAMA UT CASE FILE
(S)- BAWAAN -
abee/desnotur
(*)- MEMBACA CASE FILE: ABEE/DESNOTUR.CAS
(*)- DIBUAT OLN CFDSOF (*)- TGL. DIBUAT:   Jul 11, 2011
(*)- WARTU DIBUAT:   10:29:07
(*)- JUDUL:
(*)- ALOKASI MEMORI, MOHON TUNGGU..
(*)- GRID:  10 X 10 X 1 CELLS (100 TOTAL)
(*)- CASE TLH DIBACA
(*)- *** MENGHITUNG PARAMETER GEOMETRIKAL... ***
(*)- *** MEMERIKSA VALIDITAS GRID.***

PERINTAH YG TERSEDIA DI *AWAL*:
```

TABLE 13-4 Antoine Vapor-Pressure Constants and Liquid Molar Volume*

Species	Antoine constants†			Applicable temperature region, °C	v^L , liquid molar volume, cm ³ /g-mol
	A	B	C		
Acetic acid	8.02100	1936.010	258.451	18–118	57.54
Acetone	7.11714	1210.505	229.664	(–13)–55	74.05
Benzene	6.87987	1196.760	219.161	8–80	89.41
1-Butanol	7.36366	1305.198	173.427	80–126	91.97
Carbon tetrachloride	6.84083	1177.910	220.576	(–20)–77	97.09
Chloroform	6.95465	1170.966	226.232	(–10)–60	80.67
Ethanol	7.58670	1281.500	193.768	78–203	58.68
Ethanol	8.11220	1502.864	226.184	20–93	58.68
Ethyl acetate	7.10179	1244.951	217.881	16–76	98.49
Formic acid	6.94459	1295.260	218.000	36–108	37.91
<i>n</i> -Hexane	6.91058	1189.640	226.280	(–30)–170	131.61
Methanol	8.08097	1582.271	239.726	15–84	40.73
Methyl acetate	7.06324	1157.630	219.726	2–56	79.84
1-Propanol	8.37895	1788.020	227.438	(–15)–98	75.14
2-Propanol	8.87829	2010.320	252.636	(–26)–83	76.92
Tetrahydrofuran	6.99515	1202.200	226.254	23–100	81.55
Water	8.07131	1730.630	233.426	1–100	18.07

*Abstracted from Gmehling and Onken, *Vapor-Liquid Equilibrium Data Collection*, DECHEMA Chemistry Data ser., vol. 1 (parts 1–10), Frankfurt, 1977.

† Antoine equation is $\log P^{\text{sat}} = A - B/(T + C)$ with P^{sat} in torr and T in °C.

NOTE: To convert degrees Celsius to degrees Fahrenheit, °F = 1.8°C + 32. To convert cubic centimeters per gram-mole to cubic feet per pound-mole, multiply by 0.016.

Analisa Hubungan Antara Waktu Operasional, Flow Rate gas, dan Δh (m) dari Nilai Ekonomis.

Terdapat keterkaitan antara Waktu Operasional, Flow Rate gas, dan Δh (m). Semakin tinggi head kolom menyebabkan flow rate distilat menurun sehingga mempengaruhi kapasitas produksi etanol.

Pada tabel dan grafik akan disajikan perhitungan biaya produksi untuk satu liter etanol dengan kadar kemurnian 60 % dan keuntungannya. Gas LPG yang digunakan berukuran 12 Kg dengan harga ekonomi per Kg-nya adalah Rp. 5.850,- . Jika diasumsikan seluruh gas dalam tabung habis terpakai maka volume maksimal gas dalam tabung adalah massa gas dibagi massa jenis gas. Untuk target kadar kemurnian etanolnya adalah 60 % dan Δh yang dipilih adalah 0.25 meter.

$$\text{Volume Gas LPG, } V_{gas} = \frac{m}{\rho} = \frac{12}{1.885} = 6,3762 \text{ m}^3 = 6.376,2 \text{ Liter}$$

$$\text{Waktu maksimal suplai gas, } t = \frac{V_{gas}}{\dot{Q}}$$

Flow rate distilat, $Q = \frac{0.06}{t_h}$; t_h adalah waktu untuk menghasilkan 0.06 Liter etanol pada head tertentu.

Volume Umpan (*beer*) = volume *feeder drum* + volume *coil boiler*.

Volume target etanol 60 % = (kadar alcohol dalam *beer* X volume umpan)/ 60%.

Waktu kerja (per 14 Liter umpan) = $t_x + (\text{Vol.target} / \text{Flow Rate distilat})$; dengan t_x adalah waktu yang diperlukan sesaat sebelum distilat pertama menetes.

Kapasitas produksi per hari = Volume target X (1440 / waktu kerja) ; 1440 adalah jumlah menit dalam 1 hari penuh (24 jam).

Biaya Gas untuk 1 hari produksi = Harga gas tabung 12 Kg X (1440 / waktu suplai gas).

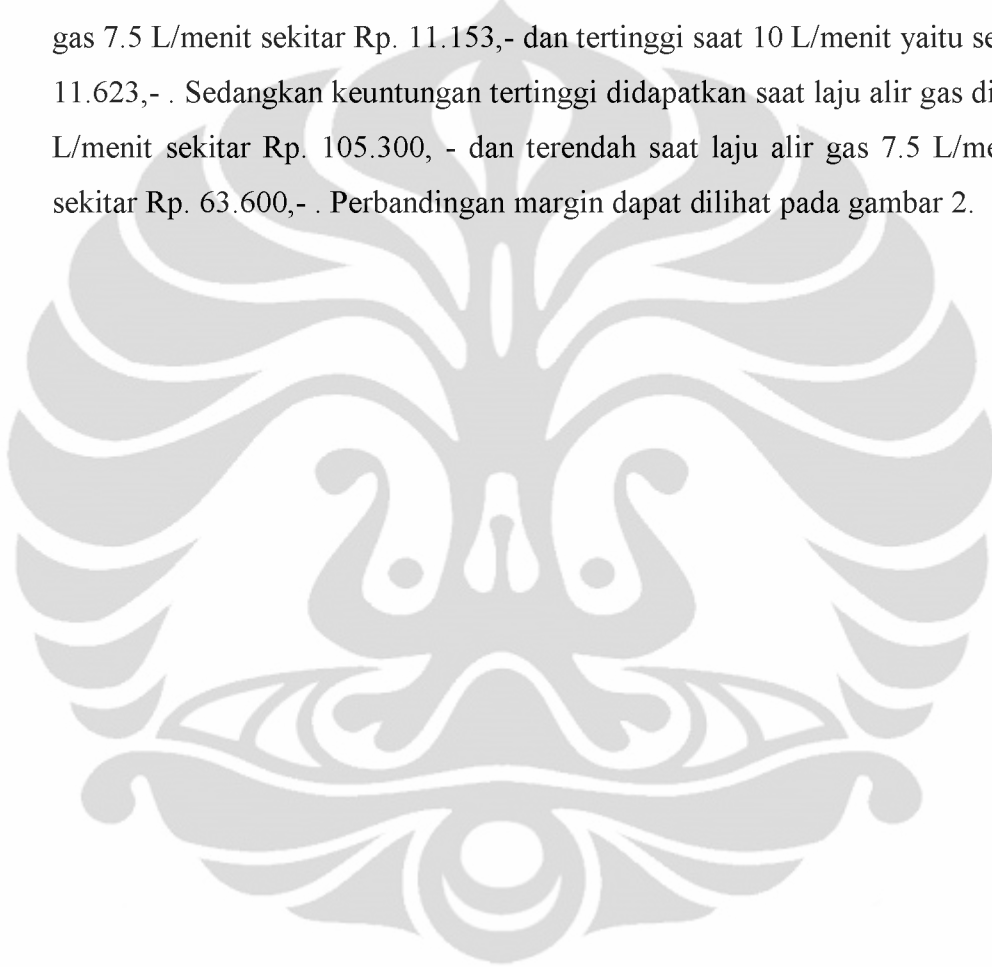
Biaya produksi per hari = Biaya gas + Biaya bahan baku.

Biaya produksi per Liter = Biaya produksi / Kapasitas produksi.

Jika diasumsikan harga jual etanol adalah Rp. 15.000,- per Liter, maka banyaknya keuntungan yang didapatkan,

Keuntungan (Margin) per hari = (Harga Jual – Biaya produksi) X Kapasitas produksi.

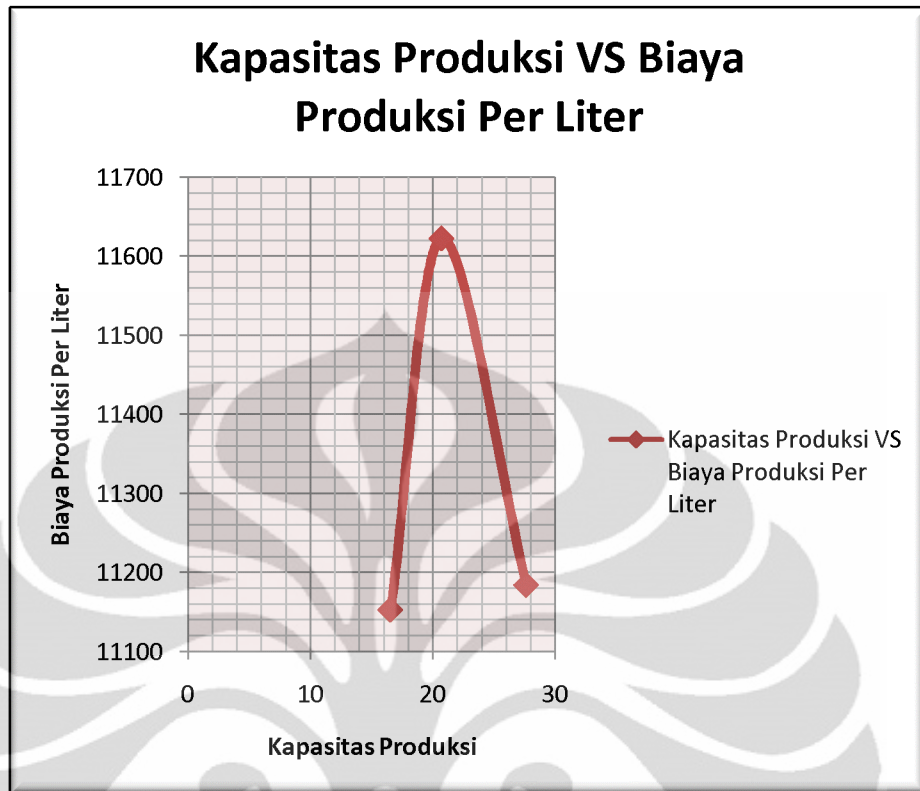
Dari gambar 1, biaya produksi per liter terendah terjadi pada saat laju alir gas 7.5 L/menit sekitar Rp. 11.153,- dan tertinggi saat 10 L/menit yaitu sekitar Rp. 11.623,- . Sedangkan keuntungan tertinggi didapatkan saat laju alir gas diatur 12.5 L/menit sekitar Rp. 105.300, - dan terendah saat laju alir gas 7.5 L/menit yaitu sekitar Rp. 63.600,- . Perbandingan margin dapat dilihat pada gambar 2.



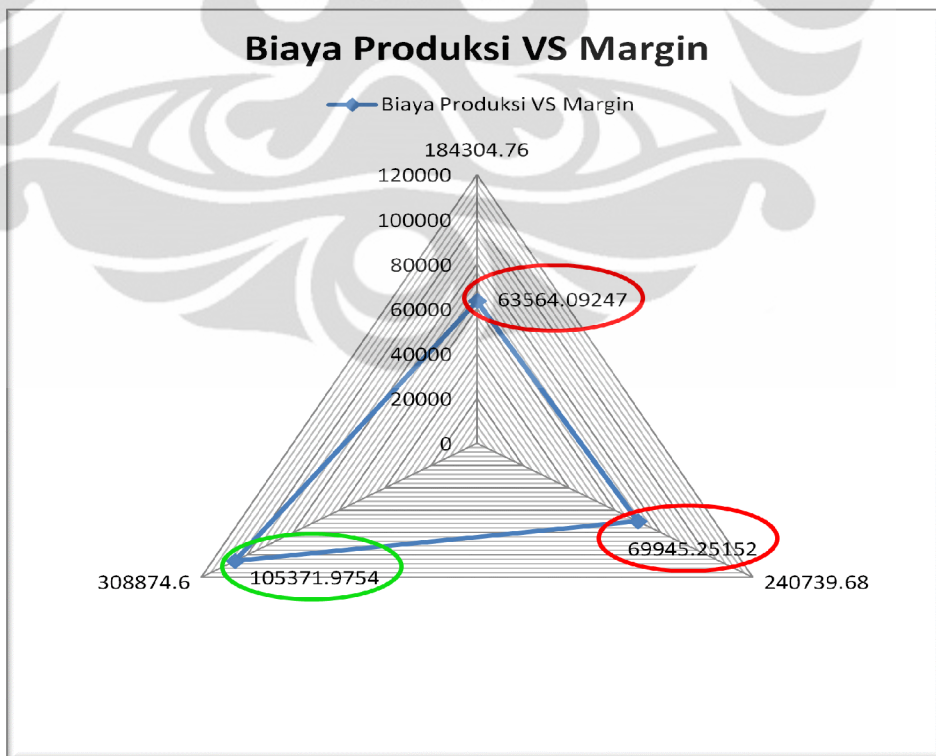
Flow rate gas (Liter)	Waktu supply gas dalam tangki (Menit)	Form Rate distilasi (Liter)	Uang (Liter)	Emol (Liter)	Waktu kerja (Menit)	Kapasitas per hari (Liter)
15	630.150449	0.012	14	21	183	16.52459014
10	637.615537	0.015	14	21	146	20.71292871
11.5	510.05643	0.02	14	21	109.5	25.81643836

Flow rate gas(Liter)	Biaya Gas (Rupiah)	Kilowatt (Rupiah)	Bag (Rupiah)	Emol YKK	Biaya Produk per hari	Biaya per liter	Kapasitas Makin per Hari
15	11844.76	9004	1200	140	18434.76	11.1633845	6354.09245
10	18335.68	5000	1600	140	24739.88	1021.01465	6945.5555
11.5	16874.6	18000	2300	140	38874.6	1154.44702	16371.9754

Tabel Hubungan Antara Waktu Operasional, Flow Rate gas, dan Δh (0 m) dari Nilai Ekonomis.



Grafik 1 Kapasitas Produksi Vs Biaya Produksi per Liter



Grafik 2 Biaya Produksi Vs Margin

PERINTAH YG TERSEDIA DI *AVAL*:

BACA-FILE-CASE	BACA-CASE-DATA	BACA-FILE-DATA	MAHIR
FILE-TERFORMAT	INPUT-1	ITER-1	TMPEL
INPUT-2	CETAK-FILE	LIHAT-ALFA	TULIS-FILE-CASE
TULIS-CASE-DATA	TULIS-FILE-DATA	OPSI	LIHAT-GRAFIS
FILE-UNIVERSAL	ESC		

(*AVAL*)-
in

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN
BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID
KOORDINAT-NODAL	UBAH-CELL	ATUR-MODEL
KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL
KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN	DAFTAR-KONS-FISIKAL
ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MAHIR
ESC		

(INPUT1)-
an

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL:

KEC.-M	PINDAH-PANAS	TURBULENSI
	RADIASI	SPESTES-DAN-KIMIA
MULTI-FASA	ESC	

(ATUR-MODEL)-
kw

(*)- ** KEC.-M **
(L)- HITUNG KECEPATAN-V?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL:

KEC.-M	PINDAH-PANAS	TURBULENSI
	RADIASI	SPESTES-DAN-KIMIA
MULTI-FASA	ESC	

(ATUR-MODEL)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL:

KEC.-W

PINDAH-PANAS

TURBULENSI

RADIASI

SPEKIES-DAN-KIMIA

ESC

MULTI-FASA

(ATUR-MODEL)-

mf

(*)- ** MODEL MULTIFASA (PILIH SATU SAJA) **

(L)- ALIRAN MULTIFASA EULERIAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ALIRAN GRANULAR EULERIAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PRMUKN-BEBAS-UOF?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:

ATUR-FASA

OPSI-MULTIFASA

TRANSFER-MASA

ESC

(MULTIFASA)-

af

(I)- JUMLAH FASA SEKUNDER

(I)- ++(BAWAAN 1)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

FASA PRIMER

(S)- BAWAAN - CRUDE

(S)- BAWAAN DIPAKAI

FASA 2

(S)- BAWAAN - VAPOUR

(S)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:

ATUR-FASA

OPSI-MULTIFASA

TRANSFER-MASA

ESC

(MULTIFASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:	ATUR-FASA	OPSI-MULTIFASA	TRANSFER-MASA	ESC
(MULTIFASA)-				
af				
(I)- JUMLAH FASA SEKUNDER				
(I)- ++(BAWAAN 1)++				
(I)- BAWAAN DIPAKAI				
FASA PRIMER				
(S)- BAWAAN - CRUDE				
(S)- BAWAAN DIPAKAI				
FASA 2				
(S)- BAWAAN - VAPOUR				
(S)- BAWAAN DIPAKAI				
PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:				
ATUR-FASA				
(MULTIFASA)-				
on				
(*)- ** OPSI MULTIFASA EULERIAN **				
(L)- HITUNG PINDAH MASSA?				
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++				
(L)- BAWAAN DIPAKAI				
(L)- SUKU STABILITAS DLM PDE?				
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++				
(L)- BAWAAN DIPAKAI				
(R)- FALSE-TIME-STEP UNTUK PENGENDURAN				
(R)- SAT. = DIM ++(BAWAAN 1.0000E+00)++				
(R)- BAWAAN DIPAKAI				
(L)- HITUNG KOEFISIEN PERTUKARAN?				
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++				
(L)- BAWAAN DIPAKAI				
(R)- LOWER LIMIT FOR ALL UOFS				
(R)- SAT. = DIM ++(BAWAAN 1.0000E-07)++				

(MULTIFASA)-

OR

(*)- ** OPSI MULTIFASA EULERIAN **

(L)- HITUNG PINDAH MASSA?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- SUKU STABILITAS DLH PDE?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- FALSE-TIME-STEP UNTUK PENGENDURAN

(R)- SAT. = DIM ++(BAWAAN 1.0000E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- HITUNG KOEFISIEN PERTUKARAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- LOWER LIMIT FOR ALL VOFs

(R)- SAT. = DIM ++(BAWAAN 1.0000E-07)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ENABLE HEAT-EXCHANGE COEFFICIENT?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- REVERSE THE MOMENTUM EXCH. COEFFICIENT?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- OUTLET PRIMARY PHASE MASS CORRECTION?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:

ATUR-FASA

OPSI-MULTIFASA

TRANSFER-MASA

ESC

(MULTIFASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:

ATUR-FASA	OPSI-MULTIFASA	TRANSFER-MASA	ESC
(MULTIFASA)-			
ta			
(*)- ** TRANSFER-MASA: PILIH SATU OPSI SAJA **			
(L)- CONSTANT MASS FLOW RATE TRANSFER?			
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++			
(L)- BAWAAN DIPAKAI			
(L)- DUA-FASA KONDENSASI-EVAPORASI?			
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++			
(L)- BAWAAN DIPAKAI			
(L)- HITUNG DIAMETER PARTIKULAT?			
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++			
(L)- BAWAAN DIPAKAI			
(*)- ** EVAPORATION-CONDENSATION COEFFICIENTS **			
(R)- EVAPORATION TIME RELAXATION			
(R)- SAT. = /S ++(BAWAAN 1.0000E+00)++			
(R)- BAWAAN DIPAKAI			
(R)- CONDENSATION TIME RELAXATION			
(R)- SAT. = /S ++(BAWAAN 1.0000E+00)++			
(R)- BAWAAN DIPAKAI			
(R)- SATURATION TEMPERATURE			
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++			
(R)- BAWAAN DIPAKAI			

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:

ATUR-FASA	OPSI-MULTIFASA	TRANSFER-MASA	ESC
(MULTIFASA)-			

PERINTAH YG TERSEDIA DI MULTIFASA:

ATUR-FASA	OPSI-MULTIFASA	TRANSFER-MASA	ESC
(MULTIFASA)-			

es

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL :

KEC.-M

PINDAH-PANAS

TURBULENSI

RADIASI

SPEKIES-DAN-KIMIA

MULTI-FASA

ESC

(ATUR-MODEL)-

PP

(*)- ** MODEL PINDAH PANAS **

(L)- HITUNG TEMPERATUR?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI KONDISI SEMPADAN FLUKS PANAS?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- WALL PINDAH PANAS EKSTERMAL?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- KONDUKSI DI WALL?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN KONVEKSI PD WALL KNDUKTIF?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL :

KEC.-M

PINDAH-PANAS

TURBULENSI

RADIASI

SPEKIES-DAN-KIMIA

MULTI-FASA

ESC

(ATUR-MODEL)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL :

KEC.-M

PINDAH-PANAS

TURBULENSI

RADIASI

SPEKIES-DAN-KIMIA

MULTI-FASA

ESC

(ATUR-MODEL)-

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- RNG K-EPSILON?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- REYNOLDS STRESS?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL:

KEC.-M

PINDAH-PANAS

TURBULENSI

RADIASI

SPEKIES-DAN-KIMIA

MULTI-FASA

ESC

(ATUR-MODEL)-

sdk

(*)- ** MODEL KIMIA (PILIH SATU SAJA) **

(L)- SPEKIES NON-REAKSI?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- REAKSI LAJU HINGGA?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- DIFUSI PDF?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- MENJEJAK PREMIXED FRONT?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI ATUR-MODEL:

KEC.-M

PINDAH-PANAS

TURBULENSI

RADIASI

SPEKIES-DAN-KIMIA

MULTI-FASA

ESC

(ATUR-MODEL)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN
BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID
KOORDINAT-NODAL	UBAH-CELL	ATUR-MODEL
KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTR-CELL
KONDISI-SEMPADAN	DAFTR-SEMPADAN	DAFTR-KONS-FISIKAL
ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MAHIR
ESC		

(INPUT1)-

KF

PERINTAH YG TERSEDIA DI KONSTANTA-FISIKAL:

DNSITAS	USKOSITAS	KONDUKTIVITAS-TERMAL
CP-PANAS-JENIS	TEKANAN-OPERASI	ESC

(KONSTANTA-FISIKAL)-

dn

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
-------	--------	-----

(PEMILIHAN-FASA)-

cr

(L)- PKAI HK GAS UTK CRUDE?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(*)- ATUR DENSITY OF CRUDE (KG/M3)

(*)- SEBAGAI FUNGSI TEMPERATURE (K)

(*)-

(I)- JUMLAH KOEFISIEN (+VE = POLYNOM., -VE = P.W.LINEAR)

(I)- ++(BAWAAN -6)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U1

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.0000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D1

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.8390E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U2

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.1000E+02)++

(R)- INPUT U2
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.1000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D2
(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.7531E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.2000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3
(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.6646E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.3000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4
(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.5731E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.4000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5
(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.4779E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U6
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D6
(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.3785E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.3000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.5731E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.4000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.4779E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U6

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D6

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.3785E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- NORMALIZING DENSITAS UTK CRUDE

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 7.8390E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PENILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PENILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

U

(*)- ATUR DENSITAS VAPOUR (KG/M3)

(*)- SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR (K)

(*)-

(I)- JUMLAH KOEFISIEN (+UE = POLYNOM., -UE = P.W.LINEAR, -1 = HARMONIC)

(I)- ++(BAWAAN -5)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U1

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.6000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D1

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 1.6031E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U2

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.7000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D2

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 1.5548E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.8000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 1.5097E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.9000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.9000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 1.4674E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 4.0000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 1.4276E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- NORMALIZING DNSITAS UTK VAPOUR

(R)- SAT. = KG/M3 ++(BAWAAN 1.6031E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INISIAL DIAMETER FOR VAPOUR

(R)- SAT. = M ++(BAWAAN 2.0000E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

es

PERINTAH YG TERSEDIA DI KONSTANTA-FISIKAL:

DENSITAS	USKOSITAS	KONDUKTIVITAS-TERMAL
CP-PANAS-JENIS	TEKANAN-OPERASI	ESC

(KONSTANTA-FISIKAL)-

CP

(R)- TEMPERATUR ACUAN UNTUK ENTALPI

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
-------	--------	-----

(PEMILIHAN-FASA)-

C

(*)- ATUR PANAS SPESIFIK OF CRUDE (J/KG-K)

(*)- SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR (K)

(*)-

(I)- JUMLAH KOEFISIEN (+VE = POLYNOM., -VE = P.W.LINEAR, -1 = HARMONIC)

(I)- ++(BAWAAN -6)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U1

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.0000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D1

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 2.5965E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U2

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.1000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D2

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 2.7184E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.2000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 2.8374E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.3000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 2.9526E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.4000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 3.0637E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U6

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D6

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 3.1707E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

V

(*)- ATUR PANAS SPESIFIK VAPOUR (J/KG-K)

(*)- SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR (K)

(*)-

(I)- JUNJAH KOEFISIEN (+VE = POLYNOM., -VE = P.V.LINEAR, -1 = HARMONIC)

(I)- ++(BAWAAN -5)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U1

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.6000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D1

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.8425E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U2

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.7000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D2

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.8751E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.8000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.9030E+03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D2
(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.8751E+03)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- INPUT U3
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.8000E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D3
(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.9030E+03)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- INPUT U4
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.9000E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D4
(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.9289E+03)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- INPUT U5
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 4.0000E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D5
(R)- SAT. = J/KG-K ++(BAWAAN 1.9542E+03)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-

e5

PERINTAH YG TERSEDIA DI KONSTANTA-FISIKAL :

DENSITAS CP-PANAS-JENIS (KONSTANTA-FISIKAL)- VS	USKOSITAS TEKANAN-OPERASI	KONDUKTIVITAS-TERMAL ESC
--	------------------------------	-----------------------------

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
C		
(*)- ATUR	USKOSITAS OF CRUDE (KG/M-S)	
(*)- SEBAGAI FUNGSI	TEMPERATUR (K)	
(*)-		
(I)- JUMLAH KOEFISIEN	(+VE = POLYNOM., -VE = P.V.LINEAR, -1 = HARMONIC)	
(I)- ++(BAWAAN	-6)++	
(I)- BAWAAN DIPAKAI		
(R)- INPUT U1		
(R)- SAT. = K	++(BAWAAN 3.0000E+02)++	
(R)- BAWAAN DIPAKAI		
(R)- ENTER D1		
(R)- SAT. = KG/M-S	++(BAWAAN 1.0472E-02)++	
(R)- BAWAAN DIPAKAI		
(R)- INPUT U2		
(R)- SAT. = K	++(BAWAAN 3.1000E+02)++	
(R)- BAWAAN DIPAKAI		
(R)- ENTER D2		
(R)- SAT. = KG/M-S	++(BAWAAN 8.6990E-03)++	
(R)- BAWAAN DIPAKAI		
(R)- INPUT U3		
(R)- SAT. = K	++(BAWAAN 3.2000E+02)++	
(R)- BAWAAN DIPAKAI		
(R)- ENTER D3		
(R)- SAT. = KG/M-S	++(BAWAAN 7.2926E-03)++	

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.2000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 7.2926E-03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.3000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 6.1646E-03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.4000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 5.2503E-03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U6

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D6

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 4.5019E-03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEHILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEHILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PENILIHAN-FASA)-

U

(*)- ATUR VISKOSITAS VAPOUR (KG/M-S)

(*)- SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR (K)

(*)-

(I)- JUMLAH KOEFISIEN (+VE = POLYMON., -VE = P.M.LINEAR, -1 = HARMONIC)

(I)- ++(BAWAAN -5)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U1

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.6000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D1

(R)- SAT. = KG/M-S ++(BAWAAN 1.0643E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U2

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.7000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D2

(R)- SAT. = KG/M-S ++(BAWAAN 1.0948E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.8000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = KG/M-S ++(BAWAAN 1.1252E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.9000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D2

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 1.0948E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U3

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.8000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 1.1252E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.9000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 1.1553E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 4.0000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5

(R)- SAT. = KG/H-S ++(BAWAAN 1.1853E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA :
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA :
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-

(R)- INPUT U4
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.9000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4
(R)- SAT. = KG/M-S ++(BAWAAN 1.1553E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 4.0000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5
(R)- SAT. = KG/M-S ++(BAWAAN 1.1853E-04)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PENILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PENILIHAN-FASA)-
es

PERINTAH YG TERSEDIA DI KONSTANTA-FISIKAL:
DENSITAS USKOSITAS KNDUKTIVITAS-TERMAL
CP-PANAS-JENIS TEKANAN-OPERASI ESC
(KONSTANTA-FISIKAL)-
to

(R)- INPUT TEKANAN OPERASI
(R)- SAT. = PA ++(BAWAAN 1.0132E+05)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI KONSTANTA-FISIKAL:
DENSITAS USKOSITAS KNDUKTIVITAS-TERMAL
CP-PANAS-JENIS TEKANAN-OPERASI ESC
(KONSTANTA-FISIKAL)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI KONSTANTA-FISIKAL :

DENSITAS	USKOSITAS	KONDUKTIVITAS-TERMAL
CP-PANAS-JENIS	TEKANAN-OPERASI	ESC

(KONSTANTA-FISIKAL)-
kt

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA :

CRUDE	VAPOUR	ESC
-------	--------	-----

(PEMILIHAN-FASA)-
c
(*)- ATUR KONDUKTIVITAS TERMAL OF CRUDE (W/M-K)
(*)- SEBAGAI FUNGSI TEMPERATUR (K)
(*)-
(I)- JUMLAH KOEFISIEN (+VE = POLYNOM., -VE = P.W.LINEAR, -1 = HARMONIC)
(I)- ++(BAWAAN -6)++
(I)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- INPUT U1
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.0000E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D1
(R)- SAT. = W/M-K ++(BAWAAN 1.6474E-01)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- INPUT U2
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.1000E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D2
(R)- SAT. = W/M-K ++(BAWAAN 1.6243E-01)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- INPUT U3
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.2000E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(R)- ENTER D3
(R)- SAT. = W/M-K ++(BAWAAN 1.6017E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D3

(R)- SAT. = W/H-K ++(BAWAAN 1.6017E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U4

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.3000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D4

(R)- SAT. = W/H-K ++(BAWAAN 1.5794E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U5

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.4000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D5

(R)- SAT. = W/H-K ++(BAWAAN 1.5572E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- INPUT U6

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ENTER D6

(R)- SAT. = W/H-K ++(BAWAAN 1.5349E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE UAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE UAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI *AWAL*:

BACA-FILE-CASE	BACA-CASE-DATA	BACA-FILE-DATA	MAHIR	FILE-TERFORMAT	INPUT-1	ITER-1	TIPEL
INPUT-2	CETAK-FILE	LIHAT-ALFA	TULIS-FILE-CASE	TULIS-CASE-DATA	TULIS-FILE-DATA	OPSI	LIHAT-GRAFIS
FILE-UNIVERSAL	ESC						

(*AWAL*)-

in

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN	BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID	KOORDINAT-MODAL
UBAH-CELL	ATUR-MODEL	KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL	KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL	ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MAHIR	ESC		

(INPUT1)-

ks

PERINTAH YG TERSEDIA DI SEMPADAN:

W-WALL	Z-WALL	SYMMETRY	.(LIVE)	CYCLIC	OUTLET	INLET	AXIS	ESC
--------	--------	----------	---------	--------	--------	-------	------	-----

(SEMPADAN)-

w

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIH-ZONA:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ESC
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

(PILIH-ZONA)-

1

PERINTAH YG TERSEDIA DI W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

TEMPERATUR	FLUK-PMAS	WALL-KNDUKTIF	KECEPATN-U	KECEPATN-V	ESC
------------	-----------	---------------	------------	------------	-----

(W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

t

(R)- TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ** (BAMAH 3.1300E+02)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

TEMPERATUR	FLUK-PMAS	WALL-KNDUKTIF	KECEPATN-U	KECEPATN-V	ESC
------------	-----------	---------------	------------	------------	-----

(W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

ten

(R)- TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ** (BAMAH 3.1300E+02)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

TEMPERATUR	FLUK-PMAS	WALL-KNDUKTIF	KECEPATN-U	KECEPATN-V	ESC
------------	-----------	---------------	------------	------------	-----

(W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

UBAH-CELL ATUR-MODEL KONSTANTA-FISIKAL ATUR-CELL DAFTAR-CELL KONDISI-SEMPADAN DAFTAR-SEMPADAN
 DAFTAR-KONS-FISIKAL ATUR-FASA LIHAT-GRAFIS MANTRA ESC

(INPUT1)=
 ks

PERINTAH VG TERSEDIA DI SEMPADAN:
 W-WALL Z-WALL SYMMETRY ,(LIVE) CYCLIC OUTLET INLET AXIS ESC

(SEMPADAN)-
 w

PERINTAH VG TERSEDIA DI PILIH-ZONA:
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z ESC

(PILIH-ZONA)-
 1

PERINTAH VG TERSEDIA DI M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:
 TEMPERATUR FLUK-PHAS WALL-KONDUKTIF KECEPATN-U KECEPATN-V ESC

(M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
 t

(R)- TEMPERATUR
 (R)- SAT. = K ++(BAWAH 3.1300E+02)++

(R)- BAWAH DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:
 TEMPERATUR FLUK-PHAS WALL-KONDUKTIF KECEPATN-U KECEPATN-V ESC

(M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
 tem

(R)- TEMPERATUR
 (R)- SAT. = K ++(BAWAH 3.1300E+02)++

(R)- BAWAH DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:
 TEMPERATUR FLUK-PHAS WALL-KONDUKTIF KECEPATN-U KECEPATN-V ESC

(M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
 fp

(R)- INPUT FLUK PHAS
 (R)- SAT. = U/Hz ++(BAWAH 0.0000E+01)++

(R)- BAWAH DIPAKAI

(*)- SKRG KONDISI SEMPADAN TERMAL DITETAPKAN SGG FLUK PHAS

PERINTAH VG TERSEDIA DI M1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:
 TEMPERATUR FLUK-PHAS WALL-KONDUKTIF KECEPATN-U KECEPATN-V ESC

05

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN	BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID	KOORDINAT-NODAL
UBAH-CELL	ATUR-MODEL	KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL	KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL	ATUR-FASA	LINAT-GRAFIS	MANTR	ESC		

(INPUT1)-

ks

PERINTAH YG TERSEDIA DI SEMPDN:

W-WALL 2-WALL SYMMETRY .(LIVE) CYCLIC OUTLET INLET AXIS ESC

(SEMPDN)-

w

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIH-ZONA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z ESC

(PILIH-ZONA)-

1

PERINTAH YG TERSEDIA DI W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

TEMPERATUR FLUK-PHAS WALL-KONDUKTIF KECEPATN-U KECEPATN-U ESC

(W1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

ku

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

c

(R)- KECEPATN-U DR CRUDE

(R)- SAT. = N/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAT

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- KECEPATN-U VAPOUR

(R)- SAT. = N/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAT

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI SENPADN:

1-WALL 2-WALL SYMMETRY .(LIVE) CYCLIC OUTLET INLET AXIS ESC
(SEMPADN)-
i

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIH-ZONA:

1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z ESC
(PILIH-ZONA)-
1

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
kn
(R)- KECEPATN NORMAL DR CRUDE
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(*)- KECEPATAN NORMAL SKRG DITETAPKAN PD INLET-KECEPATN

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
ku
PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILINAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILINAN-FASA)-
c
(R)- KECEPATN-U DR CRUDE
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 5.0000E-01)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI
(*)- KECEPATAN SKRG DITETAPKAN PD INLET-KECEPATN

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILINAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILINAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILINAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILINAN-FASA)-

1

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATH-NORMAL	KECEPATH-U	KECEPATH-V	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					
kn					
(R)- KECEPATH NORMAL DR CRUDE					
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++					

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(*)- KECEPATAN NORMAL SKRG DITETAPKAN PD INLET-KECEPATH

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATH-NORMAL	KECEPATH-U	KECEPATH-V	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					
ku					

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
c		
(R)- KECEPATH-U DR CRUDE		
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 5.0000E-01)++		

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(*)- KECEPATAN SKRG DITETAPKAN PD INLET-KECEPATH

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
v		
(R)- KECEPATH U DR VAPOUR		
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++		

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- KECEPATH U DR VAPOUR

(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

es

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SENPADAN-ZONA:

KECEPATH-NORMAL KECEPATH-U KECEPATH-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC

(I1-KONDISI-SENPADAN-ZONA)-

kv

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

c

(R)- KECEPATH-U DR CRUDE

(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN -5.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- KECEPATH U DR VAPOUR

(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-
U
(R)- KECEPATH U DR VAPOUR
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-
ES

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:
KECEPATH-NORMAL KECEPATH-U KECEPATH-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
ts

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-
C
(R)- TEMPERATUR
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-
U
(R)- VAPOUR TEMPERATUR
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:
CRUDE VAPOUR ESC
(PEMILIHAN-FASA)-
ES

CRUDE VAPOUR ESC
(PILIHAN-FASA)-
es

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
ts

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC
(PILIHAN-FASA)-
c
(R)- TEMPERATUR
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC
(PILIHAN-FASA)-
u
(R)- VAPOUR TEMPERATUR
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC
(PILIHAN-FASA)-
es

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
fv
(R)- VOLUME FRACTION OF VAPOUR
(R)- SAT. = DIH ++(BAWAAN 0.0000E-01)++
(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(I1-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATH-NORMAL	KECEPATH-U	KECEPATH-U	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					
kn					
(R)- KECEPATH NORMAL DR CRUDE					
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++					
(R)- BAWAAN DIPAKAI					
(*)- KECEPATAN NORMAL SKRG DITETAPKAN PD INLET-KECEPATH					

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATH-NORMAL	KECEPATH-U	KECEPATH-U	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					
ku					

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
c		
(R)- KECEPATH-U DR CRUDE		
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++		
(R)- BAWAAN DIPAKAI		
(*)- KECEPATAN SKRG DITETAPKAN PD INLET-KECEPATH		

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
u		
(R)- KECEPATH U DR VAPOUR		
(R)- SAT. = M/S ++(BAWAAN -5.0000E-01)++		

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
es		

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATH-NORMAL	KECEPATH-U	KECEPATH-U	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL	KECEPATN-U	KECEPATN-V	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					
kv					

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
c		
(R)- KECEPATN-U DR CRUDE		
(R)- SAT. = H/S ++(BAWAAN 0.0000E-01)++		
(R)- BAWAAN DIPAKAI		

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
v		
(R)- KECEPATN U DR VAPOUR		
(R)- SAT. = H/S ++(BAWAAN 5.0000E-01)++		
(R)- BAWAAN DIPAKAI		

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
es		

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL	KECEPATN-U	KECEPATN-V	TEMPERATUR-STATIK	FRAKSI-VOLUME	ESC
(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-					
ts					

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		
c		
(R)- TEMPERATUR		
(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++		
(R)- BAWAAN DIPAKAI		

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE	VAPOUR	ESC
(PEMILIHAN-FASA)-		

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- VAPOUR TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

es

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-U TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC

(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

ts

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

c

(R)- TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- VAPOUR TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- VAPOUR TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

es

PERINTAH YG TERSEDIA DI I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL

KECEPATN-U

KECEPATN-U

TEMPERATUR-STATIK

FRAKSI-VOLUME

ESC

(I2-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

ts

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

c

(R)- TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

v

(R)- VAPOUR TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAWAAN 3.5139E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PEMILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PEMILIHAN-FASA)-

ts

PERINTAH VG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PENILIHAN-FASA)-

c

(R)- TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAMAH 3.5139E+02)++

(R)- BAHAN DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PENILIHAN-FASA)-

v

(R)- VAPOUR TEMPERATUR

(R)- SAT. = K ++(BAMAH 3.5139E+02)++

(R)- BAHAN DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI PENILIHAN-FASA:

CRUDE VAPOUR ESC

(PENILIHAN-FASA)-

es

PERINTAH VG TERSEDIA DI 12-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC

(12-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

fu

(R)- VOLUME FRACTION OF VAPOUR

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 0.0000E-01)++

(R)- BAHAN DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI 12-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC

(12-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-

es

PERINTAH VG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL BACA-FILE-GRID ATUR-DOMAIN BATAS-TAYANGAN BANGUN-GRID MIMPULAST-GRID KOORDINAT-NODAL

UBAH-CELL ATUR-MODEL KONSTANTA-FISIKAL ATUR-CELL DAFTAR-CELL KONDISI-SEMPADAN DAFTAR-SEMPADAN

DAFTAR-KONS-FISIKAL ATUR-FASA LIHAT-GRAFIS MAHIR ESC

(INPUT1)-

(R)- BAWAH DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI 12-KONDISI-SEMPADAN-ZONA:

KECEPATN-NORMAL KECEPATN-U KECEPATN-V TEMPERATUR-STATIK FRAKSI-VOLUME ESC
(12-KONDISI-SEMPADAN-ZONA)-
es

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL BACA-FILE-GRID ATUR-DOMAIN BATAS-TAYANGAN BANGUN-GRID MANIPULASI-GRID KOORDINAT-MODAL
UBAH-CELL ATUR-MODEL KONSTANTA-FISIKAL ATUR-CELL DAFTAR-CELL KONDISI-SEMPADAN DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL ATUR-FASA LIHAT-GRAPHS MAHIR ESC
(INPUT1)-
ds

PERINTAH YG TERSEDIA DI DAFTAR-SEMPADAN:

SLR VARIABL-ALTRAM TERNAL FRAKSI-VOLUME ESC
(DAFTAR-SEMPADAN)-
slr

- KONDISI SEMPADAN KECEPATAN -

ZONE	FASA	KEC.-U	KEC.-V	NORMAL
W1	CRUDE	0.00E-01	0.00E-01	N/A
	VAPOUR	0.00E-01	0.00E-01	N/A
I1	CRUDE	5.00E-01	-5.00E-01	N/A
	VAPOUR	0.00E-01	0.00E-01	N/A
I2	CRUDE	0.00E-01	0.00E-01	N/A
	VAPOUR	-5.00E-01	5.00E-01	N/A

+++ TEKAN <ENTER> UTK LANJUT, (S) UTK MENGGULUNG LAYAR, (Q) UTK ESC. +++

- KONDISI SEMPADAN TEMPERATUR -

ZONE	TEMPERATUR	FASA
W1	WALL KOND.	-
I1	3.5139E+02	CRUDE
	3.5139E+02	VAPOUR
I2	3.5139E+02	CRUDE
	3.5139E+02	VAPOUR

+++ TEKAN <ENTER> UTK LANJUT, (S) UTK MENGGULUNG LAYAR, (Q) UTK ESC. +++

ZONA	TEMPERATUR	FASA
V1	WALL KOND.	-
I1	3.5139E+02	CRUDE
	3.5139E+02	VAPOUR
I2	3.5139E+02	CRUDE
	3.5139E+02	VAPOUR

+++ TEKAN <ENTER> UTK LANJUT, (S) UTK MENGGULUNG LAYAR, (Q) UTK ESC. +++

PROPERTI ZONA WALL KNDUKTIF :

ZONA	KOND. TERNAL	PANAS SSFK	DENSITAS	LAJU PANAS VOLUMETRIK
V1	1.0000E+08	1.0000E+03	1.0000E+03	0.0000E-01

+++ TEKAN <ENTER> UTK LANJUT, (S) UTK MENGGULUNG LAYAR, (Q) UTK ESC. +++

- KONDISI SEMPADAN FRAKSI VOLUME

ZONA	VAPOUR
V1	LINK CUT
I1	0.00E-01
I2	0.00E-01

+++ TEKAN <ENTER> UTK LANJUT, (S) UTK MENGGULUNG LAYAR, (Q) UTK ESC. +++

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN	BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID	KOORDINAT-MODAL
UBAH-CELL	ATUR-MODEL	KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL	KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL	ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MATR	ESC		

(INPUT1)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN	BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID	KOORDINAT-MODAL
UBAH-CELL	ATUR-MODEL	KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL	KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL	ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MATR	ESC		

(INPUT1)-

ZONA	UAPOUR
V1	LINK CUT
I1	0.00E-01
I2	0.00E-01

+++ TEKAN <ENTER> UTK LANJUT, (S) UTK MENGGULUNG LAYAR, (Q) UTK ESC. +++

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN	BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID	KOORDINAT-NODAL
UBAH-CELL	ATUR-MODEL	KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL	KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL	ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MAHIR	ESC		

(INPUT1)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI INPUT1:

JUDUL	BACA-FILE-GRID	ATUR-DOMAIN	BATAS-TAYANGAN	BANGUN-GRID	MANIPULASI-GRID	KOORDINAT-NODAL
UBAH-CELL	ATUR-MODEL	KONSTANTA-FISIKAL	ATUR-CELL	DAFTAR-CELL	KONDISI-SEMPADAN	DAFTAR-SEMPADAN
DAFTAR-KONS-FISIKAL	ATUR-FASA	LIHAT-GRAFIS	MAHIR	ESC		

(INPUT1)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS:

INTERPOLASI-DENSITAS ESC

(SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS)-

id

(*)- INTERPOLASI-DENSITAS

(*)- (UPWIND = 0, LINEAR = 1)

(*)- (2ND ORDER UPWIND =2, QUICK = 3)

(1)- SKEMA UTK DENSITAS

(1)- ++(BAWAAN 0)++

(1)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS:

INTERPOLASI-DENSITAS ESC

(SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LIMIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DMSITAS	ESC

(MAHIR)-

op

(*)- ** OPSI PEMODELAN **

(L)- PENGATURAN TAUTAN?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PENGATURAN PROFIL?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- KONDISI SEMPADAN FLUKS PANAS?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -Y) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- WALL PINDAH PANAS EKSTERNAL?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- KONDUKSI DI WALL?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -Y) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI KONJEKSI DI WALL KONDUKTIF?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -Y) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- KONDUKSI PANAS UNTUK INLET?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- SERTAKAN KS RADIASI EKSTERNAL?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- KONDUKSI PANAS UNTUK INLET?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- SERTAKAN KS RADIASI EKSTERNAL?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ATUR EMISIVITI UTK INLET/OUTLET?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI MODEL ALIRAN NONNEWTONIAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI MODEL ALIRAN PORUS?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI MODEL FAN/RADIATOR?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI SEMPADAN TEKANAN TETAP?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ATUR SUDUT-SUDUT ALIRAN UNTUK INLET-TEKANAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI GAYA CORIOLIS TUNAK?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN GAYA CORIOLIS TERIKAT-WAKTU?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- PAKAI SEMPADAN TEKAMAN TETAP?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- ATUR SUDUT-SUDUT ALIRAN UNTUK INLET-TEKANAN?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- PAKAI GAYA CORIOLIS TUMAK?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN GAYA CORIOLIS TERIKAT-WAKTU?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- PAKAI MULTI-KERAMKA-ACUAN-BERPUTAR?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- PAKAI PERHITUNGAN GESEKAN-GRID?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN MODEL PERUBAHAN FASA?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

(L)- PAKAI PERHITUNGAN DEFORMASI-GRID?

(L)- Y / N ++(BAHAM -N)++

(L)- BAHAM DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABLE	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC
(MAHIR)-					

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNLAN-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

gb

(L)- PERLAKUAN GAYA BADAN DIPERBAIKI DI PERS. DISKRIT.?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI SUKU GAYA BADAN DI INTERPOLASI KECEPATAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- PERCEPATAN GRAVITASI DI ARAH-X =

(R)- SAT. = M/S² ++(BAWAAN 0.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- PERCEPATAN GRAVITASI DI ARAH-Y =

(R)- SAT. = M/S² ++(BAWAAN -9.8100E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- DENSITAS ACUAN DITETAPKAN USER?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNLAN-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAVANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-OMNITAS	ESC

(MAHIR)-

PS

(*)- *** PARAMETER SOLUSI ***

(L)- AMATI ITERASI?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PEMERPELAN NILAI-NILAI SEMPADAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PERIKSA KONVERGENSI-DIVERGENSI?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ATUR JMLH RESIDU MINIMUM

(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- ATUR RESIDU ENTHALPI MINIMUM

(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-06)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- NORMALKAN RESIDU?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- CEK KONTINYUITAS?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN SKEMA ORDE-TINGGI?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN INTERPOLASI LINIER UTK TEKANAN?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- INTERPOLASI KECEPATAN BOBOT-UIKOSITAS?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI METODA SIMPLEC (BAWAAN: H. SIMPLE)?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ENABLE GRANULAR FLOW?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PAKAI OPSI VARIABEL TETAP?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- AKTIFKAN DISIPASI UISKOS?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ATUR LOKASI ACUAN UTK TEKANAN?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- NILAI-I
(I)- ++(BAWAAN 14)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- NILAI-J
(I)- ++(BAWAAN 7)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI NAHIA:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARTABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DMSITAS	ESC

(NAHIA)-

pv

(*)- ** PILIH VARTABEL **

(L)- CRUDE KECEPATN-U?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- CRUDE KECEPATN-U?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR KECEPATN-U?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR KECEPATN-U?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR VOL. FRAK.?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- TEKAMAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PROPERTI/TEMPERATUR?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- CRUDE ENTALPI?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- CRUDE KECEPATN-U?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR KECEPATN-U?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR KECEPATN-U?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR VOL. FRAK.?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- TEKAMAN?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- PROPERTI/TEMPERATUR?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- CRUDE ENTALPI?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VAPOUR ENTALPI?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI
GAYA-BADAN
INSTALASI
(MAHIR)-

PARAMETER-SOLUSI
SATUAN
SUBROUTIN-USER

PILIH-VARTABEL
IKATAN-WAKTU
RESET-JUNJAN-ITERASI

PENGENDUR-1
SOLUSI-PERS-LINIER
OPSI-MULTIFASA-EULERIAN

PENGENDUR-2
BATAS-TAYANGAN
DISKRITISASI-DENSITAS

MODEL-FISIKAL
PARAMETER-LP
ESC

PERINTAH VG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABLE	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERTAN	DISKRITISASI-DMSITAS	ESC

(MAHIR)-
iw
(L)- ALIRN TERIKAT WAKTU?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- JUNL. MAKS ITER / STEP WAKTU
(I)- ++(BAWAAN 10)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- JUNL. RESIDU MINIM
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.000E-03)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- SET MINIMUM ENTHALPY RESIDUAL
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.000E-06)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- SET STEP WKTU
(R)- SAT. = S ++(BAWAAN 5.000E+02)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- SIMPAN AUTOMATIS?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- VEKTOR GRAFITASI BERUBH INERT WAKTU?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- TIME STEPS BETWEEN SAVES
(I)- ++(BAWAAN 100)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- FORMATTED AUTO-SAVE FILE?
(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

p1

(*)- ** PENGENDUR 1 **

(R)- CRUDE KECEPATAN

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR KECEPATAN

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR VOL. FRAC.

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- TEKANAN

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- GAYA BADAN

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- USKOSITAS

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- CRUDE ENTALPI

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR ENTALPI

(R)- SAT. = DIN ++(BAMAH 1.0000E-01)**

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- TEMPERATUR

(R)- VAPOUR KECEPATAN
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- VAPOUR VOL. FRAC.
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- TEKANAN
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- CAYA BADAN
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- USKOSITAS
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- CRUDE ENTALPI
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- VAPOUR ENTALPI
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- TEMPERATUR
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH VG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
CAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC
(MAHIR)-					

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABLE	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

ome

(*)- ** OPSI MULTIFASA EULERIAN **

(L)- HITUNG PINDAH MASSA?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- SUKU STABILITAS DLM PDE?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- FALSE-TIME-STEP UNTUK PENGENDURAN

(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- HITUNG KOEFISIEN PERTUKARAN?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- LOWER LIMIT FOR ALL VOFs

(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.0000E-07)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- ENABLE HEAT-EXCHANGE COEFFICIENT?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -Y)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- REVERSE THE MOMENTUM EXCH. COEFFICIENT?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- OUTLET PRIMARY PHASE MASS CORRECTION?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABLE	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

p2

(*)- ** PENGENDUR 2 **

(1)- JUMLAH ITERASI SEBELUM FAKTOR-FAKTOR PENGENDUR KEDUA

(1)- ** (BAMAH *****) **

(1)- BAMAH DIPAKAI

(R)- CRUDE KECEPATAN

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 2.0000E-01) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR KECEPATAN

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 2.0000E-01) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR VOL. FRAC.

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 2.0000E-01) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- TEKANAN

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 5.0000E-01) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- GAYA BADAN

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 1.0000E+00) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- USKOSITAS

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 2.0000E-01) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- CRUDE ENTALPI

(R)- SAT. = DIH ** (BAMAH 2.0000E-01) **

(R)- BAMAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR ENTALPI

(R)- VAPOUR KECEPATAN
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 2.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- VAPOUR VOL. FRAC.
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 2.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- TEKAMAN
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 5.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- GAYA BADAN
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 1.000E+00)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- USKOSITAS
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 2.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- CRUDE ENTHALPI
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 2.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- VAPOUR ENTHALPI
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 2.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

(R)- TEMPERATURE
(R)- SAT. = DIN ++(BAWAAN 3.000E-01)++

(R)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAVANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC
(MAHIR)-					

(R)- BAWAH DIPAKAI

(R)- VAPOUR ENTHALPI

(R)- SAT. = DIM ++(BAWAH 2.000E-01)**

(R)- BAWAH DIPAKAI

(R)- TEMPERATURE

(R)- SAT. = DIM ++(BAWAH 3.000E-01)**

(R)- BAWAH DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI

PARAMETER-SOLUSI

PILIH-VARIABEL

PENGENDUR-1

PENGENDUR-2

MODEL-FISIKAL

GAYA-BADAN

SATUAN

IKATAN-WAKTU

SOLUSI-PERS-LINIER

BATAS-TAYANGAN

PARAMETER-LP

INSTALASI

SUBROUTIN-USER

RESET-JUMLAH-ITERASI

OPSI-MULTIFASA-EULERIAN

DISKRITISASI-DENSITAS

ESC

(MAHIR)-

dt

(*)- ** BATAS TAYANGAN UTK DAFTAR-SEL/LIHAT-ALFA **

(1)- NIL.-I AWAL

(1)- ++(BAWAH 1)**

(1)- BAWAH DIPAKAI

(1)- NIL.-I AKHIR

(1)- ++(BAWAH 15)**

(1)- BAWAH DIPAKAI

(1)- NIL.-J AWAL

(1)- ++(BAWAH 1)**

(1)- BAWAH DIPAKAI

(1)- NIL.-J AKHIR

(1)- ++(BAWAH 75)**

(1)- BAWAH DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI

PARAMETER-SOLUSI

PILIH-VARIABEL

PENGENDUR-1

PENGENDUR-2

MODEL-FISIKAL

GAYA-BADAN

SATUAN

IKATAN-WAKTU

SOLUSI-PERS-LINIER

BATAS-TAYANGAN

PARAMETER-LP

INSTALASI

SUBROUTIN-USER

RESET-JUMLAH-ITERASI

OPSI-MULTIFASA-EULERIAN

DISKRITISASI-DENSITAS

ESC

(MAHIR)-

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
CAYA-BADAN	SATUAN	TKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNJAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-
dd

PERINTAH YG TERSEDIA DI SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS:

INTERPOLASI-DENSITAS ESC

(SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS)-

id

(*)- INTERPOLASI-DENSITAS

(*)- (UPWIND = 0, LINEAR = 1)

(*)- (2ND ORDER UPWIND =2, QUICK = 3)

(1)- SKEMA UTK DENSITAS

(1)- ++(BARUAN 0)++

(1)- BARUAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS:

INTERPOLASI-DENSITAS ESC

(SKEMA-DISKRETISASI-DENSITAS)-

es

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
CAYA-BADAN	SATUAN	TKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNJAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

mf

(*)- ** MODEL FISIKAL **

(R)- TEMPERATUR CEILING

(R)- SAT. = K ++(BARUAN 4.000E+03)++

(R)- BARUAN DIPAKAI

(R)- TEMPERATUR MINIMUM

(R)- SAT. = K ++(BARUAN 2.980E+02)++

(R)- BARUAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENGENDUR-1	PENGENDUR-2	MODEL-FISIKAL
CAYA-BADAN	SATUAN	TKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUNJAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI MAHIR:

OPSI	PARAMETER-SOLUSI	PILIH-VARIABEL	PENCENDUR-1	PENCENDUR-2	MODEL-FISIKAL
GAYA-BADAN	SATUAN	IKATAN-WAKTU	SOLUSI-PERS-LINIER	BATAS-TAYANGAN	PARAMETER-LP
INSTALASI	SUBROUTIN-USER	RESET-JUMLAH-ITERASI	OPSI-MULTIFASA-EULERIAN	DISKRITISASI-DENSITAS	ESC

(MAHIR)-

p1

PERINTAH YG TERSEDIA DI PARAMETER-LP:

PILIH-VARIABEL	PILIHAN-DIPERLUAS	BATAS-OUTPUT	PAKAI-BAWAAN	ESC
----------------	-------------------	--------------	--------------	-----

(PARAMETER-LP)-

pv

(*)- ** LP VARIABLE SELECTION **

(L)- LIST GRID MODE X-POSITION?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST GRID MODE Y-POSITION?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- DAFTAR TIPE CELL?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -Y) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST KECEPATAN U?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST KECEPATAN U?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST I-FACE FLOW RATE?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST J-FACE FLOW RATE?

(L)- Y / N ** (BAWAAN -N) **

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST PRESSURE?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST STREAM FUNCTION?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST DENSITY?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST VISCOSITY?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST SPECIFIC HEAT?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST THERMAL CONDUCTIVITY?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST TEMPERATURE?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST HEAT TRANSFER COEFF./SURFACE TEMP.?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST HEAT FLUX?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST H.T.C. BY ZONE?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

(L)- LIST KECEPATH-U DR VAPOUR?

(L)- Y / N ++(BAWAAN -N)++

(L)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PARAMETER-LP:

PILIH-VARIABEL	PILIHAN-DIPERLUAS	BATAS-OUTPUT	PAKAI-BAWAAN	ESC
----------------	-------------------	--------------	--------------	-----

(PARAMETER-LP)-

bo

(*)- ** BATAS OUTPUT UTK LINE-PRINTER **

(I)- NIL.-I AWAL

(I)- ++(BAWAAN 1)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- NIL.-I AKHIR

(I)- ++(BAWAAN 15)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- NIL.-J AWAL

(I)- ++(BAWAAN 1)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- NIL.-J AKHIR

(I)- ++(BAWAAN 75)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

(I)- NUMBER OF SIGNIFICANT FIGURES (3-7)

(I)- ++(BAWAAN 5)++

(I)- BAWAAN DIPAKAI

PERINTAH YG TERSEDIA DI PARAMETER-LP:

PILIH-VARIABEL	PILIHAN-DIPERLUAS	BATAS-OUTPUT	PAKAI-BAWAAN	ESC
----------------	-------------------	--------------	--------------	-----

(PARAMETER-LP)-

PERINTAH YG TERSEDIA DI PARAMETER-LP:

PILIH-VARIABEL	PILIHAN-DIPERLUAS	BATAS-OUTPUT	PAKAI-BAWAAN	ESC
----------------	-------------------	--------------	--------------	-----

(PARAMETER-LP)-


```

1222 3.344E-03 1.160E-05 1.092E-05 3.247E-05 U2 8.146E-02
1222 3.344E-03 1.171E-05 1.123E-05 3.266E-05 U2 6.776E-02
1222 3.344E-03 1.292E-05 1.218E-05 3.287E-05UF2 9.942E-01
1222 3.344E-03 1.204E-05 1.131E-05 3.262E-05 H2 0.000E-01
NTIME = 1222 NITER = 12220 MASS = 3.21E-06 TIME = 6.110E+05 S

```

.....RESIDU NORMALISASI

```

MURTU (P) (U) (U) (H) (PH2)
1222 3.343E-03 1.221E-05 1.144E-05 3.259E-05 U2 8.664E-02
1223 3.343E-03 1.244E-05 1.156E-05 3.248E-05 U2 6.899E-02
1223 3.343E-03 1.331E-05 1.220E-05 3.220E-05UF2 9.941E-01
1223 3.343E-03 1.238E-05 1.129E-05 3.212E-05 H2 0.000E-01
1223 3.343E-03 1.181E-05 1.073E-05 3.148E-05 U2 7.725E-02
1223 3.343E-03 1.165E-05 1.076E-05 3.118E-05 U2 6.729E-02
1223 3.343E-03 1.203E-05 1.099E-05 3.089E-05UF2 9.941E-01
1223 3.343E-03 1.188E-05 1.111E-05 3.062E-05 H2 0.000E-01
1223 3.343E-03 1.209E-05 1.121E-05 3.082E-05 U2 7.399E-02
1223 3.344E-03 1.204E-05 1.134E-05 3.054E-05 U2 6.350E-02
1223 3.344E-03 1.245E-05 1.219E-05 3.029E-05UF2 9.942E-01
NTIME = 1223 NITER = 12230 MASS = 3.24E-06 TIME = 6.115E+05 S

```

PERINTAH YG TERSEDIA DI *ANAL*:

BACA-FILE-CASE	BACA-CASE-DATA	BACA-FILE-DATA	MAHIR	FILE-TERFORMAT	INPUT-1	ITER-1	TIPEL
INPUT-2	CETAK-FILE	LINAT-ALFA	TULIS-FILE-CASE	TULIS-CASE-DATA	TULIS-FILE-DATA	OPSI	LINAT-GRAFIS
FILE-UNIVERSAL	ESC						

(*ANAL*)-

lg

PERINTAH YG TERSEDIA DI LINAT-GRAFIS:

GRID	GRID-PERMUKH	GRID-ZONA	OUTLINE	OUTLINE-GEOMETRI	TBH-TEKS
SET-PARAMETER	RENTANG-LINAT	DRIVER	METAFIL	PLAY-BACK	KONTUR
KONTUR-PENUNJ	PARAMETER-KONTUR	ITEM-LABEL	STREAKLINE	PROFIL	VEKTOR-KECEPATAN
VEKTOR-DITETAPKAN-USER	PARAMETER-VEKTOR	PLOT-XY	ATUR-LINAT-GRAFIS	KAPSI	WARNA-MAP
PILIH-WARNA	BUKA-WINDOW	TUTUP-WINDOW	SET-WINDOW	ESC	

(LINAT-GRAFIS)-

kp

PERINTAH YG TERSEDIA DI PILIHAN-VARIABEL:

CP-PANAS-SPESTIK	DENSITY	PRUKARN-PHAS	PRUKARN-MASA	PRUKARN-X
PRUKARN-V	FLUK-PHAS	PINDAH-PANAS -KOEf.	USKOSITAS-MOLEKULER	TEKANAN-STATIK-REL
TEKANAN-STATIK-ABS	FUNGSI-ARUS	TEMPERATUR	TEMPERATUR-PRUKARN	KONDUKTIVITAS-TERMAL
TEKANAN-TOTAL-REL	TEKANAN-TOTAL-ABS	TEMPERATUR-TOTAL	KECEPATAN-U	KECEPATAN-U
BESARNYA-KECEPATAN	FRANSI-VOLUME	KONSENTRASI-MULTIFASA	PRUKARN-PHAS-CO-MULTIFASA	SUMBER-MONK
SUMBER-MONK	SUMBER-PHAS	XOPSI-EKSTENSI	ESC	

(PILIHAN-VARIABEL)-

pa

(1)- INPUT JUMLAH KONTUR

(1)- ** (BARAHAN 30) **