



**UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**SIMULASI CFD 3D EFEK LOKASI INJEKTOR TERHADAP  
DISTRIBUSI MASSA AMONIA (  $\text{NH}_3$  ) PADA SISTEM  
 $\text{NH}_3$ -SCR *CATALYTIC FILTER* DENGAN *STATIC MIXER*  
MENGUNAKAN FILTER *DIA-SCHUMALITH* UNTUK  
APLIKASI MESIN *DIESEL* OTOMOTIF**

**TUGAS AKHIR**

**SUPARNO  
L2E 006 083**

**FAKULTAS TEKNIK  
JURUSAN TEKNIK MESIN**

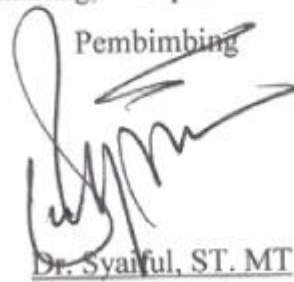
**SEMARANG  
SEPTEMBER 2011**

## TUGAS SARJANA

- Diberikan kepada : Nama : Suparno  
Nim : L2E 006 083
- Dosen Pembimbing : Dr. Syaiful, ST, MT
- Co. Pembimbing : -
- Jangka Waktu :
- Judul : **SIMULASI CFD 3D EFEK LOKASI INJEKTOR TERHADAP DISTRIBUSI MASSA AMONIA ( NH<sub>3</sub> ) PADA SISTEM NH<sub>3</sub>-SCR CATALYTIC FILTER DENGAN *STATIC MIXER* MENGGUNAKAN FILTER *DIA-SCHUMALITH* UNTUK APLIKASI MESIN DIESEL OTOMOTIF**
- Isi Tugas :
1. Mengetahui pengaruh lokasi injektor terhadap distribusi amonia dalam sistem penyaringan NH<sub>3</sub>-SCR dengan mixer statik menggunakan filter DIA-Schumalith.
  2. Mengetahui besarnya pressure drop pada pemakaian katalis DIA-Schumalith.

Semarang, September 2011

Pembimbing

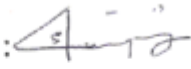


Dr. Syaiful, ST, MT

NIP. 197403081999031005

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,  
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk  
telah saya nyatakan dengan benar.**




|              |   |
|--------------|---|
| NAMA         | : Suparno   |
| NIM          | : L2E 006 083   |
| Tanda Tangan | :  |
| Tanggal      | : 26 September 2011   |

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
NAMA : Suparno  
NIM : L2E 006 083  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Simulasi CFD 3D Efek Lokasi Injektor terhadap Distribusi Massa Amonia (  $\text{NH}_3$  ) pada Sistem  $\text{NH}_3$ -SCR *Catalytic Filter* Dengan *Static Mixer* Menggunakan *Filter Dia-Schumalith* Untuk Aplikasi Mesin Diesel Otomotif.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

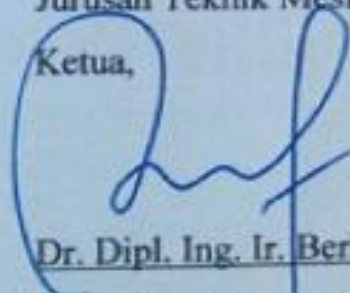
### TIM PENGUJI

Pembimbing : Dr. Syaiful, ST. MT. (  )  
Penguji : Dr. Susilo Adi W, ST.MT. (  )  
Penguji : Dr. Ir. Eflita Yohana, MT. (  )

Semarang, September 2011

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,

  
Dr. Dipl. Ing. Ir. Berkah Fadjar TK

NIP. 195907221987031003

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

---

Sebagai civitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Suparno  
NIM : L2E 006 083  
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin  
Departemen : Universitas Diponegoro  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

“Simulasi CFD 3D Efek Lokasi Injektor terhadap Distribusi Massa Amonia ( NH<sub>3</sub> ) pada Sistem NH<sub>3</sub>-SCR *Catalytic Filter* Dengan *Static Mixer* Menggunakan *Filter Dia-Schumalith* Untuk Aplikasi Mesin Diesel Otomotif”

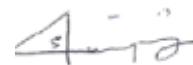
beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang

Pada Tanggal : September 2011

Yang menyatakan



(Suparno)

L2E 006 083

## **MOTTO**

**“ORANG SUKSES BUKANLAH ORANG YANG TIDAK  
PERNAH GAGAL, ORANG SUKSES ADALAH ORANG  
YANG MAMPU BANGKIT DARI KEGAGALAN DAN  
MENERIMA KEGAGALAN ITU SEBAGAI PEMICU  
UNTUK MERAH KESUKSESAN“**

**“BARANG SIAPA BERSUNGGUH-SUNGGUH PASTI AKAN  
BERHASIL MENDAPATKAN APA YANG  
DIUSAHAKANNYA“**

## **PERSEMBAHAN**

**Karya ini kupersembahkan kepada:  
Keluargaku tercinta Bapak dan Ibu,  
Supriyanto, dan Sulipah.  
Serta Saudara-saudaraku di wisma Alhikmah**

## ABSTRAK

Distribusi massa amonia merupakan faktor utama dalam meminimalkan NO<sub>x</sub> pada sistem NH<sub>3</sub>-SCR. Sistem NH<sub>3</sub>-SCR memiliki keterbatasan pada jarak antara *engine exhaust* dan katalis. Untuk mengetahui karakteristik efek lokasi injektor terhadap distribusi massa amonia dalam sistem NH<sub>3</sub>-SCR dan besarnya *pressure drop* pada *Dia-schumalith* dilakukan dengan pemodelan CFD 3D. Dalam pemodelan Sistem NH<sub>3</sub>.SCR membandingkan efek perubahan lokasi injector pada NH<sub>3</sub> SCR dengan *mixer static* dan NH<sub>3</sub> SCR tanpa *mixer static*. Fluida kerjanya adalah udara panas pada temperatur 450 K dan amonia pada 300 K, kecepatan fluida masuk pada sisi inlet pipa SCR dan injeksi amonia divariasikan pada GHSV 10000, 20000, 30000, dan 40000. Pemodelan yang diambil dengan turbulensi *k-ε* model, aliran *incompressible flow*, *material properties polynomial* yang merupakan fungsi temperatur, dan *pressure velocity coupling* tipe *Simple*. Lokasi injektor 58 cm, 53 cm, 45 cm, dan 40 cm dari *dia-schumalith* dengan lokasi *static mixer* pada 48 cm hingga 50 cm. Dari hasil pemodelan didapatkan semakin besar GHSV maka *mixing indeks* gas buang dengan amonia dan *pressure drop* pada *dia-schumalith* semakin besar. Pengaruh lokasi injektor optimum terhadap pencampuran amonia dan udara panas berada pada 53 cm dari *dia-schumalith* atau 3 cm sebelum *mixer static*.

Kata Kunci: Lokasi injektor, *GHSV*, *mixing indeks* dan *pressure drop*.



## ABSTRACT

Mass distribution of ammonia is a major factor in minimizing NO<sub>x</sub> at NH<sub>3</sub>-SCR system with a static mixer. NH<sub>3</sub>-SCR is restricted distance between the engine exhaust and the catalyst. To know the characteristics of injection placement effect to the mass distribution of ammonia and magnitude that occurs in Dia-schumalith filter in NH<sub>3</sub>-SCR system with 3D-CFD. In the 3D CFD simulation of NH<sub>3</sub>-SCR system to compare effect displacement injection at NH<sub>3</sub>-SCR with static mixer and NH<sub>3</sub>-SCR without static mixer. Working fluids are hot air at a temperature of 450 K and ammonia at 300 K, fluid velocity at the inlet pipe into SCR and ammonia injection being varied at GHSV 10000, 20000, 30000, and 40000. Modelling taken with the k-ε turbulence model, the flows are incompressible flow, material properties of polynomials which is a function of temperature, pressure and velocity coupling of type Simple. Location injector 58 cm, 53 cm, 45 cm and 40 cm from Dia-schumalith with the location of static mixer at 48 cm to 50 cm. From the modeling results are known that larger GHSV make mixing index exhaust gas with ammonia and pressure drop at Dia-schumalith be larger. Influence the optimum injector location of mixing ammonia and hot air is at 53 cm from the Dia-schumalith or 3 cm before the static mixer.

keyword: Displacement injector, *GHSV*, *mixing index* and *pressure drop*.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang MahaEsa atas rahmat, taufik, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Tugas Akhir yang berjudul **“Simulasi CFD 3D Efek Lokasi Injektor terhadap Distribusi Massa Amonia ( NH<sub>3</sub> ) pada Sistem NH<sub>3</sub>-SCR Catalytic Filter Dengan Static Mixer Menggunakan Filter Dia-Schumalith Untuk Aplikasi Mesin Diesel Otomotif”** ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penyusun ingin menyampaikan rasa hormat dan terimakasih setulus-tulusnya kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan kepada penyusun selama penyusunan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Dr.Syaiful,ST,MT selaku Pembimbing, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan-pengarahan dan masukan-masukan kepada penyusun dalam menyusun Tugas Akhir ini.
2. Teman-teman satu kelompok yang telah bekerjasama dalam menyusun Tugas Akhir ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan semakin menambah kecintaan dan rasa penghargaan kita terhadap Teknik Mesin Universitas Diponegoro.

Semarang, Agustus 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

|   |      |
|---|------|
| HALAMAN JUDUL.....                              | i    |
| HALAMAN TUGAS SARJANA.....                      | ii   |
| HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....            | iii  |
| HALAMAN PENGESAHAN.....                         | iv   |
| HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....   | v    |
| MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....                      | vi   |
| ABSTRAK.....                                    | viii |
| ABSTRACT.....                                   | ix   |
| KATA PENGANTAR.....                             | x    |
| DAFTAR ISI.....                                 | xi   |
| DAFTAR GAMBAR.....                              | xv   |
| DAFTAR TABEL.....                               | xix  |
| NOMENKLATUR.....                                | xx   |
| <br>  |      |
| BAB I PENDAHULUAN.....                          | 1    |
| 1.1. LatarBelakang.....                         | 1    |
| 1.2. Alasan Pemilihan Judul.....                | 2    |
| 1.3. Tujuan Penulisan.....                      | 2    |
| 1.4. Batasan Masalah.....                       | 2    |
| 1.5. Metode Penulisan.....                      | 3    |
| 1.6. Sistematika Penulisan.....                 | 4    |
| <br>  |      |
| BAB II DASAR TEORI.....                         | 5    |
| 2.1. Mesin Diesel.....                          | 5    |
| 2.1.1 Prinsip Kerja.....                        | 5    |
| 2.1.2 Gas Buang dan Dampak untuk Kesehatan..... | 7    |
| 2.1.3 Selective Catalytic Reduction (SCR).....  | 8    |

|          |   |    |
|----------|---|----|
| 2.1.4    | Urea SCR System .....   | 9  |
| 2.1.5    | <i>Ammonia SCR System</i> .....   | 10 |
| 2.1.6    | <i>Dia-schumalith Filter</i> .....  | 11 |
| 2.2.     | Pengertian Fluida.....  | 12 |
| 2.2.1.   | Viskositas .....  | 13 |
| 2.2.2.   | Bilangan Reynolds .....   | 14 |
| 2.2.3.   | Klasifikasi Aliran Fluida.....  | 15 |
| 2.2.4.   | Aliran viskos dan non-viskos ( <i>viscous and inviscid flow</i> ) .....                       | 15 |
| 2.2.5.   | Aliran Laminer dan turbulent ( <i>laminer and turbulent flow</i> ) .....                      | 16 |
| 2.2.6.   | Aliran Mampu mampat dan tak mampu mampat ( <i>compressibel and incompressibel flow</i> )..... | 17 |
| 2.2.7.   | Aliran Dalam dan Luar ( <i>internal and external flow</i> ).....                              | 18 |
| 2.2.8.   | Aliran di Dalam pipa.....   | 19 |
| 2.3.     | Persamaan Dasar Aliran Fluida .....   | 21 |
| 2.3.1    | Persamaan Kekekalan Massa.....  | 21 |
| 2.3.2    | Persamaan Kekekalan Momentum.....   | 24 |
| 2.3.3    | Persamaan Energi.....   | 27 |
| 2.3.4    | Model Aliran <i>Turbulent</i> , Standar K- $\epsilon$ .....                                   | 29 |
| 2.4.     | <i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i> .....   | 30 |
| 2.4.1    | Metode Numerik pada CFD.....  | 31 |
| 2.4.1.1. | <i>Solver Segregated</i> .....  | 32 |
| 2.4.1.2. | <i>Solver Coupled</i> .....   | 34 |
| 2.4.2    | Solusi Kontrol .....  | 35 |
| 2.4.3    | <i>Simple And Simplec</i> .....   | 36 |
| 2.4.4    | Bentuk <i>Grid</i> .....  | 36 |
| 2.4.5    | <i>Mesh</i> .....   | 38 |
| 2.4.5.1. | Kerapatan Nodal .....   | 38 |
| 2.4.5.2. | Kehalusan ( <i>Smoothness</i> ).....  | 38 |
| 2.4.5.3. | Bentuk <i>Cell</i> .....  | 38 |

|  |  |    |
|--|--|----|
| 2.4.6                                      | Adapsi <i>Grid</i> .....   | 39 |
| 2.4.6.1.                                   | Proses Adapsi .....  | 39 |
| 2.4.7                                      | Intensitas Turbulen ( <i>Turbulent Intensity</i> ) .....               | 40 |
| 2.4.8                                      | <i>Gas Hourly Space Velocity</i> (GHSV) .....                          | 40 |
| 2.4.9                                      | <i>Species Transport</i> .....   | 40 |
| 2.4.10                                     | <i>Porous Media</i> .....  | 41 |
| 2.5.                                       | Indeks Pencampuran ( <i>Mixing Index</i> ).....                        | 42 |
| 2.6.                                       | <i>Friction Velocity</i> .....   | 43 |
| BAB III SIMULASI DAN METODE KOMPUTASI..... |  | 45 |
| 3.1.                                       | Deskripsi Masalah .....  | 45 |
| 3.2.                                       | Simulasi Aliran pada Sistem <i>Selective Catalytic Reduction</i> ..... | 48 |
| 3.2.1                                      | Pembentukan Model .....  | 48 |
| 3.2.2                                      | Penggenerasian Mesh.....   | 49 |
| 3.2.3                                      | Simulasi CFD.....  | 52 |
| 3.2.3.1.                                   | <i>Check Mesh</i> .....  | 53 |
| 3.2.3.2.                                   | Solver dan Model Turbulensi.....                                       | 54 |
| 3.2.3.3.                                   | Penentuan <i>Material Properties</i> .....                             | 54 |
| 3.2.3.4.                                   | Pendefinisian Kondisi Batas .....                                      | 56 |
| 3.2.3.5.                                   | Pemilihan Solusi .....   | 59 |
| 3.2.3.6.                                   | Monitor.....   | 60 |
| 3.2.3.7.                                   | <i>Solution Initialization</i> .....                                   | 60 |
| 3.2.3.8.                                   | Iterasi.....   | 60 |
| 3.2.4                                      | Validasi .....   | 61 |
| BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....        |  | 65 |
| 4.1  | Hasil Simulasi.....  | 65 |
| 4.1.1                                      | Indeks Pencampuran ( <i>Mixing Index</i> ) .....                       | 65 |
| 4.1.1.1.                                   | Visualisasi Kontur Kecepatan.....                                      | 65 |
| 4.1.1.2.                                   | Visualisasi Vektor Kecepatan .....                                     | 69 |
| 4.1.1.3.                                   | Visualisasi Kontur Intensitas <i>Turbulent</i> .....                   | 73 |

|   |        |
|---|--------|
| 4.1.1.4. Visualisasi Kontur Distribusi Fraksi Massa |        |
| Amonia.....   | 75     |
| 4.1.2 <i>Pressure Drop</i> .....                    | 86     |
| 4.1.2.1. Visualisasi Kontur Tekanan .....           | 86     |
| 4.1.2.2. Grafik <i>Pressure Drop</i> .....          | 88     |
| <br>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....                 | <br>90 |
| 5.1 Kesimpulan.....                                 | 90     |
| 5.2 Saran .....                                     | 90     |

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

|             |   |    |
|-------------|---|----|
| Gambar 2.1  | Sistem kerja mesin empat langkah .....  | 6  |
| Gambar 2.2  | Peran nitrogen dalam kimia atmosfer .....   | 8  |
| Gambar 2.3  | <i>Urea-Selective Catalytic Reduction System</i> .....  | 10 |
| Gambar 2.4  | NH <sub>3</sub> -SCR .....  | 11 |
| Gambar 2.5  | Dia-Schumalith .....  | 12 |
| Gambar 2.6  | Efek dari (a) benda padat ( <i>solid</i> ) dan (b) fluida, jika diberikan gaya geser yang konstan ..... | 12 |
| Gambar 2.7  | Deformasi elemen fluida .....   | 13 |
| Gambar 2.8  | Klasifikasi Aliran Fluida .....   | 15 |
| Gambar 2.9  | Perbandingan kecepatan fluida terhadap waktu .....  | 16 |
| Gambar2.10  | (a) Aliran luar ( <i>external flow</i> ) dan (b) aliran dalam ( <i>internal flow</i> ) .....            | 19 |
| Gambar2.11  | Daerah masuk aliran sedang berkembang dan aliran berkembang penuh di dalam sistem pipa .....            | 20 |
| Gambai 2.12 | Aliran massa masuk dan keluar dari elemen fluida .....  | 22 |
| Gambar 2.13 | Gaya-gaya yang bekerja pada permukaan fluida .....  | 20 |
| Gambar 2.14 | Skema metode <i>solver segregated</i> .....   | 33 |
| Gambar 2.15 | Skema metode <i>solver coupled</i> .....  | 35 |
| Gambar 2.16 | Tipe cell 2D .....  | 37 |
| Gambar 2.17 | Tipe cell 3D .....  | 37 |
| Gambar 2.18 | Grid 3D: <i>tetrahedral</i> tak terstruktur dan <i>polyhedral</i> .....                                 | 37 |
| Gambar 2.19 | Grid 2D: <i>quadrilateral</i> terstruktur dan <i>triangular</i> tak terstruktur .....                   | 37 |
| Gambar 3.1  | Diagram alir Pemodelan .....  | 47 |
| Gambar 3.2  | Sketsa Model .....  | 48 |
| Gambar 3.3  | (a) interior SCR .....  | 49 |
| Gambar 3.3  | (b) Geometri Sistem NH <sub>3</sub> -SCR .....  | 49 |
| Gambar 3.4  | Kontrol pada fitur inflasi .....  | 50 |
| Gambar 3.5  | (a) Penamaan kondisi batas (b) Hasil mesh .....   | 51 |

|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 3.6  | Pesan ketika <i>chek mesh</i> .....  | 53 |
| Gambar 3.7  | Pesan ketika pengecekan kualitas <i>mesh</i> .....   | 54 |
| Gambar 3.8  | Pendefinisian properties dari campuran .....   | 55 |
| Gambar 3.9  | Pendefinisian kondisi batas <i>velocity inlet</i> .....  | 57 |
| Gambar 3.10 | Pendefinisian kondisi batas <i>mass flow rate</i> .....  | 58 |
| Gambar 3.11 | Pendefinisian kondisi batas <i>pressure outlet</i> .....   | 58 |
| Gambar 3.12 | Pendefinisian kondisi batas <i>wall</i> .....  | 59 |
| Gambar 3.13 | Pendefinisian residual monitor .....   | 60 |
| Gambar 3.14 | Iterasi Mencapai Kriteria Konvergensi $1e-04$ .....  | 61 |
| Gambar 3.15 | <i>skin friction coefficient</i> 10000 GHSV .....  | 62 |
| Gambar 3.16 | <i>skin friction coefficient</i> 20000 GHSV .....  | 63 |
| Gambar 3.17 | <i>skin friction coefficient</i> 30000 GHSV .....  | 64 |
| Gambar 3.18 | <i>skin friction coefficient</i> 40000 GHSV .....  | 65 |
| Gambar 4.1  | Kontur Kecepatan .....   | 66 |
| Gambar 4.2  | (a) <i>Velocity Vector</i> pada <i>Porous Media</i> pada GHSV 10000<br>(b) <i>Velocity Vector</i> di dekat <i>Static Mixer</i> pada GHSV 10000.....                    | 69 |
| Gambar 4.3  | (a) <i>Velocity Vector</i> pada <i>Porous Media</i> pada GHSV 20000<br>(b) <i>Velocity Vector</i> di dekat <i>Static Mixer</i> pada GHSV 20000.....                    | 70 |
| Gambar 4.4  | (a) <i>Velocity Vector</i> pada <i>Porous Media</i> pada GHSV 30000<br>(b) <i>Velocity Vector</i> di dekat <i>Static Mixer</i> pada GHSV 30000.....                    | 71 |
| Gambar 4.5  | (a) <i>Velocity Vector</i> pada <i>Porous Media</i> pada GHSV 40000<br>(b) <i>Velocity Vector</i> di dekat <i>Static Mixer</i> pada GHSV 40000.....                    | 72 |
| Gambar 4.6  | Kontur Intensitas <i>Turbulent</i> .....   | 73 |
| Gambar 4.7  | Kontur distribusi massa amonia .....   | 76 |
| Gambar 4.8  | Perbandingan indeks pencampuran dengan lokasi <i>injector</i><br>untuk kasus tanpa <i>static mixer</i> dan dengan <i>static mixer</i> pada<br>kondisi GHSV 10000 ..... | 79 |
| Gambar 4.9  | Perbandingan indeks pencampuran dengan lokasi <i>injector</i><br>untuk kasus tanpa <i>static mixer</i> dan dengan <i>static mixer</i> pada<br>kondisi GHSV 20000 ..... | 80 |



|             |  |    |
|-------------|--|----|
| Gambar 4.10 | Perbandingan indeks pencampuran dengan lokasi <i>injector</i> untuk kasus tanpa <i>static mixer</i> dan dengan <i>static mixer</i> pada kondisi GHSV 30000 .....   | 80 |
| Gambar 4.11 | Perbandingan indeks pencampuran dengan lokasi <i>injector</i> untuk kasus tanpa <i>static mixer</i> dan dengan <i>static mixer</i> pada kondisi GHSV 40000 .....   | 81 |
| Gambar 4.12 | Perbandingan Prosentase Kenaikan <i>mixing indeks</i> pada variasi GHSV.....   | 83 |
| Gambar 4.13 | Perbandingan <i>mixing indeks</i> untuk kasus SCR variasi tanpa <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> dan dengan <i>dynamic mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> pada GHSV 10000..... | 84 |
| Gambar 4.14 | Perbandingan <i>mixing indeks</i> untuk kasus SCR variasi tanpa <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> dan dengan <i>dynamic mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> pada GHSV 20000..... | 84 |
| Gambar 4.15 | Perbandingan <i>mixing indeks</i> untuk kasus SCR variasi tanpa <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> dan dengan <i>dynamic mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> pada GHSV 30000..... | 85 |
| Gambar 4.16 | Perbandingan <i>mixing indeks</i> untuk kasus SCR variasi tanpa <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>Dia-schumalith</i> , <i>static mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> dan dengan <i>dynamic mixer</i> dengan filter <i>porous media honeycomb</i> pada GHSV 40000..... | 85 |
| Gambar 4.17 | Kontur tekanan .....   | 88 |
| Gambar4.18  | Perbandingan <i>Pressure Drop</i> GHSV 10000, 20000, 30000, dan 40000. ....  | 89 |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 2.1 Berbagai Variasi Solusi Kontrol pada CFD .....                   | 35 |
| Tabel 3.1 Variasi Lokasi dan <i>Mixer Static</i> .....                     | 48 |
| Tabel 3.2 Ukuran <i>Grid</i> Berdasarkan Jumlah Sel, Sisi, Dan nodal ..... | 52 |
| Tabel 3.3 Koefisien <i>Polynomial</i> untuk Fluida <i>Hot Air</i> .....    | 48 |
| Tabel 3.4 Koefisien <i>Polynomial</i> untuk Fluida Amonia .....            | 48 |
| Tabel 3.5 Variasi Laju Aliran Masuk <i>Hot Air</i> .....                   | 56 |
| Tabel 3.6 Variasi Laju Aliran Massa Amonia .....                           | 57 |
| Tabel 3.7 Model Solusi yang Digunakan dalam Simulasi .....                 | 59 |

## NOMENKLATUR

|           |                                    |          |
|-----------|------------------------------------|----------|
| A         | Luasan                             | $m^2$    |
| C         | Konsentrasi fraksi massa           | -        |
| E         | Energi dalam per satuan massa      | $Nm/kg$  |
| F         | gaya                               | N        |
| I         | Intensitas turbulen                | %        |
| L         | Panjang pipa                       | m        |
| Q         | Laju aliran                        | $m^3/h$  |
| u         | Kecepatan                          | m/s      |
| $\bar{u}$ | Kecepatan rata – rata untuk aliran | m/s      |
| U         | Kecepatan maksimum                 | m/s      |
| v         | Viskositas kinematis               | $m^2/s$  |
| V         | Volume                             | $m^3$    |
| $\mu$     | Viskositas dinamik                 | $Ns/m^2$ |
| $\rho$    | Densitas                           | $kg/m^3$ |
| $\tau_w$  | Tegangan geser dinding             | $N/m^2$  |
| $\Gamma$  | Indeks pencampuran                 | -        |