UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Simulasi Reaktor Sintesis Amoniak di Industri Sebagai Sarana Evaluasi dan Optimasi Produksi Amoniak
Gihon Andre Asmitra Harahap, Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU; Ir. Maulana Gilar Nugraha, S.T., M.Eng.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING i
LEMBAR PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR GAMBAR ix
DAFTAR LAMPIRAN x
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xi
INTISARI xiv
ABSTRACT xv
BAB I 1
PENDAHULUAN 1
I.1 Latar Belakang 1
I.2 Rumusan dan Batasan Masalah 3
I.3 Keaslian Penelitian 3
I.4 Tujuan Penelitian 5
I.5 Manfaat Penelitian 5
BAB II 6
TINJAUAN PUSTAKA 6
II.1 Tinjauan Pustaka 6
II.1.1 *Loop* Sintesis Amoniak 6
II.1.2 Tipe Reaktor Amoniak Komersial 7
II.1.3 Skema Reaktor Sintesis Amoniak yang akan di Modelkan 8
II.2 Landasan Teori 11
II.2.1 Reaksi Sintesis Amoniak 11
II.2.2 Mekanisme Reaksi Pembentukan Amoniak 11

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Simulasi Reaktor Sintesis Amoniak di Industri Sebagai Sarana Evaluasi dan Optimasi Produksi Amoniak
Gihon Andre Asmitra Harahap, Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU; Ir. Maulana Gilar Nugraha, S.T., M.Eng.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

II.2.3 Laju Reaksi Pembentukan Amoniak 13
II.2.4 *Heterogeneity* dalam Permukaan Katalis 15
II.2.5 Data Fisis pada Reaksi Pembentukan Amoniak 17
II.2.5.1 Panas Reaksi Pembentukan Amoniak 17
II.2.5.2 Kapasitas Panas Komponen Reaktan Sintesis Amoniak 18
II.2.5.3 Viskositas Komponen Reaktan Sintesis Amoniak 19
II.2.5.4 Massa Molekul Relatif Komponen Reaktan Sintesis Amoniak 19
II.2.6 Pengaruh *Thermoresistancy* dan Racun terhadap Aktivitas dan *Lifetime* Katalis 20
II.2.7 Faktor Aktivitas Katalis 21
II.2.8 Pemodelan Reaktor *Fixed Bed* 22
II.2.9 Pengaruh Suhu Gas Umpan terhadap Konversi Amoniak dan ATE (*Approach Temperature to Equilibrium*) 31
II.2.10 Pengaruh Perbandingan H_2/N_2 Umpan terhadap Konversi Amoniak 33
II.2.11 Data Kesetimbangan Sistem $H_2 – N_2 – NH_3$ 34
II.3 Hipotesis 36
II.3.1 Hipotesis 1 – Model Matematis untuk Deskripsi Kuantitatif Perilaku Reaktor Sintesis Amoniak di Industri 36
II.3.2 Hipotesis 2 – Evaluasi Parameter dalam Laju Reaksi Sintesis Amoniak 36
II.3.3 Hipotesis 3 – Simulasi untuk Optimasi Kinerja Reaktor Sintesis Amoniak 36
BAB III 37
METODE PENELITIAN 37
III.1 Bahan Penelitian 37
III.2 Peralatan Penelitian 37
III.3 Prosedur Penelitian 37
III.4 Modul Komputasi yang Digunakan dalam Bahasa Pemrograman Python 40
III.5 Data-Data Penelitian 43
III.6 Pengolahan Data 44

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Simulasi Reaktor Sintesis Amoniak di Industri Sebagai Sarana Evaluasi dan Optimasi Produksi Amoniak
Gihon Andre Asmitra Harahap, Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU; Ir. Maulana Gilar Nugraha, S.T., M.Eng.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

III.6.1 Rekonsiliasi *Flow Rate* 44
III.6.2 Estimasi Nilai *NH_3 Outlet Bed-1* 44
III.6.3 Membangun Simulasi dengan Bahasa Pemrograman Python 45
III.6.4 Fungsi Objektif dan Kriteria Optimasi 45
III.6.5 Tahapan Simulasi dan Optimasi 47
BAB IV 49
HASIL DAN PEMBAHASAN 49
IV.1 Pengembangan Model Matematis untuk Simulasi Reaktor Sintesis Amoniak 49
IV.1.1 Model Matematis sebagai Deskripsi Kuantitatif Reaktor Sintesis Amoniak 49
IV.1.2 Validasi Model terhadap Data Aktual 50
IV.1.3 Profil Suhu Bed Berdasarkan Simulasi 51
IV.1.4 Profil Konversi N_2 Berdasarkan Simulasi 52
IV.1.5 Profil Konsentrasi NH_3 per *Bed* Berdasarkan Simulasi 53
IV.2 Karakterisasi Nilai Parameter Laju Reaksi & Entalpi Reaksi Sintesis Amoniak 54
IV.2.1 Karakterisasi Parameter *Heterogeneity Factor* (α) 54
IV.2.2 Karakterisasi Parameter Konstanta Kesetimbangan Ka (βi) 55
IV.2.3 Karakterisasi Parameter Faktor ΔHRi (f) 58
IV.3 Simulasi untuk Evaluasi dan Optimasi Kinerja Reaktor Sintesis Amoniak 59
IV.3.1 Pengembangan Kurva Kesetimbangan untuk Perhitungan ATE 60
IV.3.2 Penentuan Nilai $\Delta Hrx, eff$ Untuk Estimasi NH_3 *Outlet Bed-1* 61
IV.3.3 Evaluasi Performa Reaktor sebelum Optimasi 62
IV.3.4 Optimasi Kinerja Reaktor pada Bed-1 64
IV.3.5 Evaluasi Potensi Peningkatan Produksi Amoniak 66
IV.3.6 Analisis Sensitivitas 69
IV.3.6.1 Pengaruh Rasio Hidrogen/Nitrogen (H_2/N_2) 70
IV.3.6.2 Pengaruh Suhu Masukkan *Bed*-1, *Bed*-2, dan *Bed*-3 72
IV.3.7 Aplikasi Simulasi pada Variasi Kondisi Operasi Rasio H_2/N_2 74

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Pemodelan dan Simulasi Reaktor Sintesis Amoniak di Industri Sebagai Sarana Evaluasi dan Optimasi Produksi Amoniak
Gihon Andre Asmitra Harahap, Prof. Dr. Ir. Edia Rahayuningsih, M.S., IPU; Ir. Maulana Gilar Nugraha, S.T., M.Eng.,
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

BAB V 77

KESIMPULAN 77

DAFTAR PUSTAKA 79

LAMPIRAN 82

Lampiran 1. Data Aktual Parameter Operasional untuk Karakterisasi 82

Lampiran 2. Data Hasil Karakterisasi 85

Lampiran 3. Script Python Simulasi Utama 88

Lampiran 4. Script Python Simulasi Optimasi Parameter 121

Lampiran 5. Script Python Simulasi Rekonsiliasi Flow Synthesis Loop 128