UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PENGARUH DAYA DAN WAKTU PENAHANAN TERHADAP KAPASITAS PRODUKSI MO-99 PADA GAMA AQUEOUS HOMOGENEOUS REACTOR (GAMA-AHR) DENGAN METODE KOMPUTASI
Sultan Syahid Hidayatullah Gummay, Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.; Dr.Ing. Ir. Sihana
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME ii
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR LAMBANG DAN SINGKATAN xiii
INTISARI xvi
ABSTRACT xvii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Perumusan Masalah 7
1.2.1. Batasan Masalah 8
1.3. Tujuan Penelitian 8
1.4. Manfaat Penelitian 8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 9
BAB III DASAR TEORI 16
3.1. Aqueous Homogeneous Reaktor (AHR) 16
3.2. Isotop Molibdenum 18
3.3. Python (Bahasa Pemrograman) 19
3.4. GAMA-AHR 21
3.5. Persamaan-persamaan yang Digunakan dalam Perhitungan pada Penelitian 25
3.6. Metode Runge-Kutta Orde 4 33
BAB IV PELAKSANAAN PENELITIAN 36
4.1. Alat dan Bahan Penelitian 36
4.2. Tata Laksana Penelitian 36
4.2.1. Studi Pustaka 37

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PENGARUH DAYA DAN WAKTU PENAHANAN TERHADAP KAPASITAS PRODUKSI MO-99 PADA GAMA AQUEOUS HOMOGENEOUS REACTOR (GAMA-AHR) DENGAN METODE KOMPUTASI
Sultan Syahid Hidayatullah Gummay, Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.; Dr.Ing. Ir. Sihana
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

4.2.2. Penurunan Persamaan Produksi M0-99 Menggunakan AHR 37
4.2.3. Penyusunan Kode (*coding*) Python untuk Proses Perhitungan ... 37
4.2.4. Penyajian Hasil Perhitungan 37
4.3. Analisis Hasil Penelitian 38
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 39
5.I. Produksi Mo-99 pada Desain Reaktor GAMA-AHR pada Waktu Penahanan Tertentu 39
5.2. Pengaruh Daya Terhadap Waktu Penahanan 44
5.3. Metode Runge-Kutta Orde 4 54
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 72
DAFTAR PUSTAKA 74
LAMPIRAN 76
LAMPIRAN A 76
LAMPIRAN B Kode Program Python 79
LAMPIRAN C Kode Program Runge-Kutta Orde 4 86
LAMPIRAN D Grafik Hasil 102

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PENGARUH DAYA DAN WAKTU PENAHANAN TERHADAP KAPASITAS PRODUKSI MO-99 PADA GAMA AQUEOUS HOMOGENEOUS REACTOR (GAMA-AHR) DENGAN METODE KOMPUTASI
Sultan Syahid Hidayatullah Gummay, Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.; Dr.Ing. Ir. Sihana
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Antara Teknologi Produksi Mo-99 13
Tabel 2.2. Parameter AHR [6] 13
Tabel 2.3. Perbandingan Antara Desain GAMA-AHR dengan Desain AHR lain 16
Tabel 3.1. Data spesifikasi reaktor GAMA-AHR 23

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PENGARUH DAYA DAN WAKTU PENAHANAN TERHADAP KAPASITAS PRODUKSI MO-99 PADA GAMA AQUEOUS HOMOGENEOUS REACTOR (GAMA-AHR) DENGAN METODE KOMPUTASI
Sultan Syahid Hidayatullah Gummay, Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.; Dr.Ing. Ir. Sihana
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Alur produksi Mo-99/Tc-99m 4
Gambar 3.1. Desain *Medical Isotop Production System* (MIPS) 17
Gambar 3.2. Diagram skematis GAMA-AHR tampak samping 21
Gambar 3.3. Diagram potongan tiga dimensi dari sistem primer GAMA-AHR 22
Gambar 3.4. Diagram potongan tiga dimensi dari bejana reaktor dan perlengkapannya 22
Gambar 5.1. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 0 Hari pada Daya 200 KWth 40
Gambar 5.2. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 1 Hari pada Daya 200 KWth 41
Gambar 5.3. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 2 Hari pada Daya 200 KWth 41
Gambar 5.4. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 3 Hari pada Daya 200 KWth 42
Gambar 5.5. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 4 Hari pada Daya 200 KWth 42
Gambar 5.6. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 5 Hari pada Daya 200 KWth 43
Gambar 5.7. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 6 Hari pada Daya 200 KWth 43
Gambar 5.8. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 7 Hari pada Daya 200 KWth 44
Gambar 5.9. Nilai Asimtosis Mo-99 Laju produksi Mo-99 *delivered* pada Masing-Masing Daya (kWth) 45
Gambar 5.10. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 3 Hari pada Daya 100 kWth 46

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
ANALISIS PENGARUH DAYA DAN WAKTU PENAHANAN TERHADAP KAPASITAS PRODUKSI MO-99 PADA GAMA AQUEOUS HOMOGENEOUS REACTOR (GAMA-AHR) DENGAN METODE KOMPUTASI
Sultan Syahid Hidayatullah Gummay, Dr. Ir. Andang Widi Harto, MT., IPU., ASEAN Eng.; Dr.Ing. Ir. Sihana
Universitas Gadjah Mada, 2025 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 5.11. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 5 Hari pada Daya 100 kWth 46
Gambar 5.12. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 7 Hari pada Daya 100 kWth 47
Gambar 5.13. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 3 Hari pada Daya 150 kWth 47
Gambar 5.14. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 5 Hari pada Daya 150 kWth 48
Gambar 5.15. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 7 Hari pada Daya 150 kWth 48
Gambar 5.16. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 3 Hari pada Daya 250 kWth 49
Gambar 5.17. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 5 Hari pada Daya 250 kWth 49
Gambar 5.18. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 7 Hari pada Daya 250 kWth 50
Gambar 5.19. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 3 Hari pada Daya 300 kWth 50
Gambar 5.20. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 5 Hari pada Daya 300 kWth 51
Gambar 5.21. Aktivitas Mo-99 dalam Reaktor dan Laju Produksi Mo-99 dengan Waktu Penahanan 7 Hari pada Daya 300 kWth 51
Gambar 5.22. Pengaruh Daya pada Laju produksi Mo-99 *delivered* dengan Waktu Penahanan 3 hari 52
Gambar 5.23. Pengaruh Daya pada Laju produksi Mo-99 *delivered* dengan Waktu Penahanan 5 hari 53
Gambar 5.24. Pengaruh Daya pada Laju produksi Mo-99 *delivered* dengan Waktu Penahanan 7 hari 53