UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
KATA PENGANTAR iii
DAFTAR ISI 1
DAFTAR TABEL 10
DAFTAR GAMBAR 25
DAFTAR PEMBAGIAN KERJA 32
DAFTAR STANDARD DAN CODE 33
ABSTRACT 34
INTISARI 35
BAB I PENDAHULUAN 36
1.1 Latar Belakang 36
1.2 Tinjauan Pustaka 38
1.2.1 Tetrabromobisfenol-A (TBBPA) 38
1.2.2 Bisfenol-A (BPA) 40
1.2.3 Bromin (Br_2) 43
1.2.4 Proses Produksi TBBPA 45
1.3 Analisis Pasar 77
1.3.1 Potensi dan *Demand* Pasar 77
1.3.2 Ketersediaan Bahan Baku 83
1.3.3 Harga Produk 84
1.3.4 Penentuan Kapasitas Pabrik 85
1.4 Penentuan Lokasi Pabrik 87
1.4.1 Ketersediaan Pasar/Pemasaran 88
1.4.2 Aksesibilitas Impor dan Transportasi Bahan Baku ke Lokasi Pabrik 90

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

1.4.3 Ketersediaan Utilitas/Komoditas Pendukung 91
1.4.4 Ketersediaan Tenaga kerja (*Manpower*) 91
1.4.5 Bahan Buangan dan Gangguan Terhadap Lingkungan 92
1.4.6 Kondisi Geografis dan Tektonik (Kelayakan Jangka 10 Tahun) 93
1.4.7 Kelayakan Jangka Panjang/Perluasan Kawasan Pabrik 93
BAB II URAIAN PROSES 95
2.1 Tahap Pemilihan Bahan Baku 95
2.2 Tahap Reaksi 95
2.3 Tahap Pemurnian 96
BAB III SPESIFIKASI BAHAN 102
2.1 Spesifikasi Bahan Utama 102
2.1.1 Bisfenol-A (BPA) 102
2.2.2 Bromin (Br_2) 103
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung 103
2.2.1 Oksidator 103
2.2.2 Solven 104
2.2.3 Pereduksi 106
2.3 Spesifikasi Produk 108
2.3.1 Produk Utama (TBBPA) 108
2.3.2 Produk Intermediate 109
2.3.3 Produk Samping 112
BAB IV DIAGRAM KUALITATIF, KUANTITATIF, DAN PEFD 113
4.1 Diagram Alir Kualitatif 113
4.2 Diagram Alir Kuantitatif 114
4.3 Process Engineering Flow Diagram 115
BAB V NERACA MASSA 116
5.1 Neraca Massa Overall 116
5.2 Neraca Massa Setiap Alat 118
5.2.1 *Mixer* 1 (M-101) 118
5.2.2 Reaktor 1 (R-101) 118

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.2.3 Reaktor 2 (R-102) 119
5.2.4 *Mixer* 2 (M-102) 120
5.2.5 Reaktor 3 (R-103) 121
5.2.6 *Decan*ter 1 (DEC-101) 122
5.2.7 *Washer* 1 (WASH-101) 123
5.2.8 *Decanter* 2 (DEC-102) 124
5.2.9 *Crystallizer* 1 (CRY-101) 125
5.2.10 Filter 1 (FIL-101) 126
5.2.11 *Dryer* 1 (RD-101) 127
BAB VI NERACA PANAS 128
6.1. *Mixer* 1 (M-101) 128
6.2. *Mixer* 2 (M-102) 128
6.3. Reaktor-1 (R-101) 129
6.4. Reaktor 2 (R-102) 129
6.5. Reaktor 3 (R-103) 130
6.6. Decanter 1 (DEC-101) 131
6.7. Washer 1 (WASH-101) 133
6.8. Decanter 2 (DEC-102) 133
6.9. Crystallizer 1 (CRY-101) 134
6.10. Heat Exchanger 1 (HE-101) 135
6.11. Condenser 1 (CON-101) 137
6.12. Filter 1 (FIL-101) 137
6.13. Dryer 1 (RD-101) 138
6.14 Condenser 2 (CON-102) 139
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 141
BAB VIII UTILITAS 181
8.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air 181
8.1.1 Kebutuhan Air Pabrik 181
8.1.2 Sumber Air 184
8.1.3 Proses Pengolahan Air (*Water Treatment Plant*) 185

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

8.2 Unit Pembangkit *Steam* 190
8.2.1 Kebutuhan Steam pada *Plant* Produksi TBBPA 190
8.2.2 Persiapan *Boiler Feed Water* (BFW) dan Perhitungan Deaerasi 191
8.2.3 Perhitungan *Boiler*..... 197
8.3 Unit Penyedia Udara..... ...199
8.3.1 Udara Proses..... 199
8.3.2 Udara Panas..... 201
8.3.3 Udara Instrumentasi 201
8.4 Unit Pembangkitan dan Distribusi Listrik 211
8.4.1 Kebutuhan Listrik..... 212
8.4.2 Diesel Emergency Generator 215
8.5 Unit Pengolahan Limbah 216
8.5.1 Limbah Gas 216
8.5.2 Limbah Cair..... 219
8.5.3. Limbah Padat..... 227
8.6 Unit Refrigerasi..... ...229
BAB IX TATA LETAK PABRIK 231
9.1 Tata Letak Umum Pabrik 231
9.2 Studi Dispersion (Kebocoran Kritis)..... ...235
BAB X ASPEK SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT (SHE) 239
10.1 Sistem Manajemen *Safety, Health,* dan *Environment* (SHE)..... ...239
10.2 Process Safety Management (PSM) 241
10.3 Environmental Management System (EMS) 257
10.4 Struktur Organisasi Manajemen SHE..... ...260
10.5 Identifikasi Hazard Bahan..... ...263
10.6 Identifikasi Potensi Paparan Fisis 275
10.7 Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia 279
10.8 Process Hazard Proses dan Utilitas..... ...293
10.9 Identifikasi *Hazard Plant Layout* dan Lokasi Pabrik..... ...327
10.10 Identifikasi Potensi Limbah 330

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

10.11 *Process Hazard Analysis* (PHA) dengan Metode HAZOP 338
10.11.1 Pemilihan Peralatan 338
10.11.2 Studi HAZOP 339
10.11.3 P&ID Sesudah HAZOP 354
10.12 *Layer Of Protection Analysis* (LOPA) 355
10.12.1 Skenario Bahaya 355
10.12.2 Analisis Proteksi Berlapis 355
10.11.3 Matriks LOPA dan Risiko Residual 358
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN 360
11.1 Bentuk Perusahaan 360
11.2. Struktur Organisasi 361
11.3 Tugas dan Wewenang 363
11.4 Perhitungan Jumlah Operator 375
11.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan 378
11.6 Penggolongan Gaji Karyawan 379
11.7 Kesejahteraan Sosial 382
11.8 Manajemen Produksi dan Operasional 384
BAB XII EVALUASI EKONOMI 389
12.1 Perhitungan Indeks Harga 389
12.2 Modal Tetap 391
12.2.1. Harga Alat 391
12.2.2. Perhitungan Raw Material 399
12.2.3 Harga Tanah 400
12.2.4. Perhitungan Biaya Pekerja 401
12.2.5 Perhitungan *Fixed Capital* 403
12.2. Manufacturing Cost 407
12.4 Working Capital 410
12.5 *General Expenses* (Pengeluaran Umum) 411
12.6 Analisis Keuntungan 412
12.7 Analisis Kelayakan 412

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

12.7.1 Faktor Lang 413
12.7.2 ROI 414
12.7.3 POT 416
12.7.4 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) 417
12.7.5 BEP dan SDP 420
12.8 Analisis Sensitivitas 423
BAB XIII KESIMPULAN 426
DAFTAR PUSTAKA 428
LAMPIRAN I QUICK CALCULATION DESIGN EQUIPMENT PROCESS 436
AKUMULATOR KONDENSAT DCM 439
AKUMULATOR KONDENSAT DCM 447
TANGKI PENYIMPANAN DCM 448
TANGKI PENYIMPANAN H_2O_2 449
TANGKI PENYIMPANAN BROMIN 450
TANGKI PENYIMPANAN AIR.....456
BELT CONVEYOR 1 457
BELT CONVEYOR 2/3/4 462
CRYSTALLIZER.....463
PNEUMATIC CONVEYOR-101.....469
PNEUMATIC CONVEYOR-102.....471
HOPPER 1.....472
WASHER 1.....477
REAKTOR 1 487
REAKTOR 2 513
REAKTOR 3 515

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MIXER 516

MIXER 2 525

SILO BPA 526

SILO $NaHSO_3$ 527

SILO TBBPA 530

DEKANTER 1 533

DEKANTER 2 534

ROTARY DRUM VACUUM FILTER-101/102/103 552

CONDENSER 102 565

CONDENSER 101 577

HEAT EXCHANGER 101 578

HEAT EXCHANGER 102 588

CYCLONE $NaHSO_3$ 590

CYCLONE TBBPA 591

ROTARY DRYER 596

POMPA SENTRIFUGAL-106 601

POMPA SENTRIFUGAL-101 614

POMPA SENTRIFUGAL-102 618

POMPA SENTRIFUGAL-103 622

POMPA SENTRIFUGAL-104 625

POMPA SENTRIFUGAL-105 628

POMPA SENTRIFUGAL-107 632

POMPA SENTRIFUGAL-108 635

POMPA SENTRIFUGAL-109 638

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

POMPA SENTRIFUGAL-110 642
POMPA SENTRIFUGAL-111.....645
POMPA SENTRIFUGAL-112 648
POMPA SENTRIFUGAL-113 651
POMPA SENTRIFUGAL-114 655
POMPA SENTRIFUGAL-115 658
POMPA SENTRIFUGAL-116 661
POMPA SENTRIFUGAL-117 664
POMPA SENTRIFUGAL-118 668
POMPA SENTRIFUGAL-119 672
POMPA SENTRIFUGAL-120 675
LAMPIRAN II QUICK CALCULATION DESIGN UTILITY 679
TANGKI PENYIMPANAN CAIRAN *ANTI-SCALANT* (TU-203).....679
TANGKI PENYIMPANAN LARUTAN NaOCl (TU-201).....682
TANGKI PENYIMPANAN $NaHSO_3$ (TU-202).....684
TANGKI PENYIMPANAN LARUTAN HCl (TU-207).....686
TANGKI PENYIMPANAN AIR DEMINERALISASI (TU-204).....688
TANGKI PENYIMPANAN *HYDRAZINE* (TU-206).....690
TANGKI PENYIMPANAN *STEAM CONDENSATE* (TU-208) 691
CLARIFIER (CL-201) 693
SAND FILTER (SF-201).....699
CARBON FILTER (CF-201).....704
SWRO (RO-201).....706
BWRO (RO-202).....711

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Tetrabromobisfenol-A dari Bisfenol-A dan Bromin dengan Kapasitas 20.000 Ton/Tahun
Tabina Amanda Aurelia Surya, Dr. Joko Wintoko, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MIXER LARUTAN NaOH (MU-202).....715
MIXER LARUTAN HCl (MU-201) 727
SCREENER (SU-201) 729
BASIN EKUALISASI (BU-201) 731
BASIN AIR PROSES (BU-202) 733
CATION EXCHANGER (IE-201) 735
ANION EXCHANGER (IE-202) 739
COOLING TOWER (CT-201).....742
DEAERATOR (DE-201) 750
POMPA UTILITAS 751
LAMPIRAN III DETAIL CALCULATION EQUIPMENT PROCESS 763
REAKTOR 1 764
REAKTOR 2 801
REAKTOR 3 844
CRYSTALLIZER.....864
POMPA SENTRIFUGAL-105 878
POMPA SENTRIFUGAL-106 891
POMPA SENTRIFUGAL-108 904
POMPA SENTRIFUGAL-110 917
HEAT EXCHANGER 101 929
HEAT EXCHANGER 102 939
CONDENSER 101 948
CONDENSER 102 955