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

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN 1

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI 2

KATA PENGANTAR 3

DAFTAR ISI 4

DAFTAR TABEL 14

DAFTAR GAMBAR 29

DAFTAR PEMBAGIAN KERJA 36

DAFTAR STANDARD DAN CODE 37

ABSTRACT 38

INTISARI 39

BAB I PENDAHULUAN 40

1.1 Latar Belakang 40

1.2 Tinjauan Pustaka 42

1.2.1 Tetrabromobisfenol-A (TBBPA) 42

1.2.2 Bisfenol-A (BPA) 44

1.2.3 Bromin (Br_2) 47

1.2.4 Proses Produksi TBBPA 49

1.3 Analisis Pasar 81

1.3.1 Potensi dan *Demand* Pasar 81

1.3.2 Ketersediaan Bahan Baku 87

1.3.3 Harga Produk 88

1.3.4 Penentuan Kapasitas Pabrik 89

1.4 Penentuan Lokasi Pabrik 91

1.4.1 Ketersediaan Pasar/Pemasaran 92

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

1.4.2 Aksesibilitas Impor dan Transportasi Bahan Baku ke Lokasi Pabrik 94
1.4.3 Ketersediaan Utilitas/Komoditas Pendukung 95
1.4.4 Ketersediaan Tenaga kerja (*Manpower*) 95
1.4.5 Bahan Buangan dan Gangguan Terhadap Lingkungan 96
1.4.6 Kondisi Geografis dan Tektonik (Kelayakan Jangka 10 Tahun) 97
1.4.7 Kelayakan Jangka Panjang/Perluasan Kawasan Pabrik 97
BAB II URAIAN PROSES 99
2.1 Tahap Pemilihan Bahan Baku 99
2.2 Tahap Reaksi 99
2.3 Tahap Pemurnian 100
BAB III SPESIFIKASI BAHAN 106
2.1 Spesifikasi Bahan Utama 106
2.1.1 Bisfenol-A (BPA) 106
2.2.2 Bromin (Br_2) 107
2.2 Spesifikasi Bahan Pendukung 107
2.2.1 Oksidator 107
2.2.2 Solven 108
2.2.3 Pereduksi 110
2.3 Spesifikasi Produk 112
2.3.1 Produk Utama (TBBPA) 112
2.3.2 Produk Intermediate 113
2.3.3 Produk Samping 116
BAB IV DIAGRAM KUALITATIF, KUANTITATIF, DAN PEFD 117
4.1 Diagram Alir Kualitatif 117
4.2 Diagram Alir Kuantitatif 118
4.3 Process Engineering Flow Diagram 119
BAB V NERACA MASSA 120
5.1 Neraca Massa Overall 120
5.2 Neraca Massa Setiap Alat 122

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

5.2.1 *Mixer* 1 (M-101) 122
5.2.2 Reaktor 1 (R-101) 122
5.2.3 Reaktor 2 (R-102) 123
5.2.4 *Mixer* 2 (M-102) 124
5.2.5 Reaktor 3 (R-103) 125
5.2.6 *Decan*ter 1 (DEC-101) 126
5.2.7 *Washer* 1 (WASH-101) 127
5.2.8 *Decanter* 2 (DEC-102) 128
5.2.9 *Crystallizer* 1 (CRY-101) 129
5.2.10 Filter 1 (FIL-101) 130
5.2.11 *Dryer* 1 (RD-101) 131
BAB VI NERACA PANAS 132
6.1. *Mixer* 1 (M-101) 132
6.2. *Mixer* 2 (M-102) 132
6.3. Reaktor-1 (R-101) 133
6.4. Reaktor 2 (R-102) 133
6.5. Reaktor 3 (R-103) 134
6.6. Decanter 1 (DEC-101) 135
6.7. Washer 1 (WASH-101) 137
6.8. Decanter 2 (DEC-102) 137
6.9. Crystallizer 1 (CRY-101) 138
6.10. Heat Exchanger 1 (HE-101) 139
6.11. Condenser 1 (CON-101) 141
6.12. Filter 1 (FIL-101) 141
6.13. Dryer 1 (RD-101) 142
6.14 Condenser 2 (CON-102) 143
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 145
BAB VIII UTILITAS 185
8.1 Unit Penyedia dan Pengolahan Air 185

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

8.1.1 Kebutuhan Air Pabrik 185
8.1.2 Sumber Air 188
8.1.3 Proses Pengolahan Air (*Water Treatment Plant*) 189
8.2 Unit Pembangkit *Steam* 194
8.2.1 Kebutuhan Steam pada *Plant* Produksi TBBPA 194
8.2.2 Persiapan *Boiler Feed Water* (BFW) dan Perhitungan Deaerasi 195
8.2.3 Perhitungan *Boiler* 201
8.3 Unit Penyedia Udara 203
8.3.1 Udara Proses 203
8.3.2 Udara Panas 205
8.3.3 Udara Instrumentasi 205
8.4 Unit Pembangkitan dan Distribusi Listrik 215
8.4.1 Kebutuhan Listrik 216
8.4.2 Diesel Emergency Generator 219
8.5 Unit Pengolahan Limbah 220
8.5.1 Limbah Gas 220
8.5.2 Limbah Cair 223
8.5.3. Limbah Padat 231
8.6 Unit Refrigerasi 233
BAB IX TATA LETAK PABRIK 235
9.1 Tata Letak Umum Pabrik 235
9.2 Studi Dispersion (Kebocoran Kritis) 239
BAB X ASPEK *SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT* (SHE) 243
10.1 Sistem Manajemen *Safety, Health,* dan *Environment* (SHE) 243
10.2 Process Safety Management (PSM) 245
10.3 Environmental Management System (EMS) 261
10.4 Struktur Organisasi Manajemen SHE 264
10.5 Identifikasi Hazard Bahan 267
10.6 Identifikasi Potensi Paparan Fisis 279
10.7 Identifikasi Potensi Paparan Bahan Kimia 283

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

10.8 Process Hazard Proses dan Utilitas 297
10.9 Identifikasi *Hazard Plant Layout* dan Lokasi Pabrik 331
10.10 Identifikasi Potensi Limbah 334
10.11 Process Hazard Analysis (PHA) dengan Metode HAZOP 342
1. Pemilihan Peralatan 342
2. Studi HAZOP 343
3. P&ID Sesudah HAZOP 358
10.12 Layer Of Protection Analysis (LOPA) 359
1. Skenario Bahaya 359
2. Analisis Proteksi Berlapis 359
3. Matriks LOPA dan Risiko Residual 362
BAB XI ORGANISASI PERUSAHAAN 364
11.1 Bentuk Perusahaan 364
11.2. Struktur Organisasi 365
11.3 Tugas dan Wewenang 367
11.4 Perhitungan Jumlah Operator 379
11.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan 382
11.6 Penggolongan Gaji Karyawan 383
11.7 Kesejahteraan Sosial 386
11.8 Manajemen Produksi dan Operasional 388
BAB XII EVALUASI EKONOMI 393
12.1 Perhitungan Indeks Harga 393
12.2 Modal Tetap 395
12.2.1. Harga Alat 395
12.2.2. Perhitungan Raw Material 403
12.2.3 Harga Tanah 404
12.2.4. Perhitungan Biaya Pekerja 405
12.2.5 Perhitungan *Fixed Capital* 407
12.2. Manufacturing Cost 411

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

12.4 Working Capital....414
12.5 *General Expenses* (Pengeluaran Umum) 415
12.6 Analisis Keuntungan 416
12.7 Analisis Kelayakan....416
12.7.1 Faktor Lang 417
12.7.2 ROI 418
12.7.3 POT 420
12.7.4 *Discounted Cash Flow Rate of Return* (DCFRR) 421
12.7.5 BEP dan SDP....424
12.8 Analisis Sensitivitas 427
BAB XIII KESIMPULAN 430
DAFTAR PUSTAKA....432
LAMPIRAN I QUICK CALCULATION DESIGN EQUIPMENT PROCESS...440
AKUMULATOR KONDENSAT DCM 443
AKUMULATOR KONDENSAT DCM 451
TANGKI PENYIMPANAN DCM....452
TANGKI PENYIMPANAN H_2O_2 453
TANGKI PENYIMPANAN BROMIN 454
TANGKI PENYIMPANAN AIR 460
BELT CONVEYOR 1....461
BELT CONVEYOR 2/3/4 466
CRYSTALLIZER 467
PNEUMATIC CONVEYOR-101 473
PNEUMATIC CONVEYOR-102 475
HOPPER 1 476
WASHER 1....481

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

REAKTOR 1 491

REAKTOR 2 517

REAKTOR 3 519

MIXER 520

MIXER 2 529

SILO BPA 530

SILO $NaHSO_3$ 531

SILO TBBPA 534

DEKANTER 1 537

DEKANTER 2 538

***ROTARY DRUM VACUUM FILTER*-101/102/103** 556

CONDENSER 102 569

CONDENSER 101 581

***HEAT EXCHANGER* 101** 582

***HEAT EXCHANGER* 102** 592

***CYCLONE* $NaHSO_3$** 594

***CYCLONE* TBBPA** 595

ROTARY DRYER 600

POMPA SENTRIFUGAL-106 605

POMPA SENTRIFUGAL-101 618

POMPA SENTRIFUGAL-102 622

POMPA SENTRIFUGAL-103 626

POMPA SENTRIFUGAL-104 629

POMPA SENTRIFUGAL-105 632

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

POMPA SENTRIFUGAL-107 636

POMPA SENTRIFUGAL-108 639

POMPA SENTRIFUGAL-109 642

POMPA SENTRIFUGAL-110 646

POMPA SENTRIFUGAL-111 649

POMPA SENTRIFUGAL-112 652

POMPA SENTRIFUGAL-113 655

POMPA SENTRIFUGAL-114 659

POMPA SENTRIFUGAL-115 662

POMPA SENTRIFUGAL-116 665

POMPA SENTRIFUGAL-117 668

POMPA SENTRIFUGAL-118 672

POMPA SENTRIFUGAL-119 676

POMPA SENTRIFUGAL-120 679

LAMPIRAN II QUICK CALCULATION DESIGN UTILITY 683

Tangki Penyimpanan Cairan *Anti-Scalant* (TU-203) 683

Tangki Penyimpanan Larutan NaOCl (TU-201) 686

Tangki Penyimpanan $NaHSO_3$ (TU-202) 688

Tangki Penyimpanan Larutan HCl (TU-207) 690

Tangki Penyimpanan Air Demineralisasi (TU-204) 692

Tangki Penyimpanan *Hydrazine* (TU-206) 694

Tangki Penyimpanan *Steam Condensate* (TU-208) 695

***Clarifier* (CL-201)** 697

***Sand Filter* (SF-201)** 703

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

Carbon Filter **(CF-201)** 707

SWRO (RO-201) 710

BWRO (RO-202) 715

Mixer Larutan NaOH (MU-202) 719

Mixer Larutan HCl (MU-201) 731

Screener **(SU-201)** 733

Basin Ekualisasi (BU-201) 735

Basin Air Proses (BU-202) 737

Cation Exchanger **(IE-201)** 739

Anion Exchanger **(IE-202)** 743

Cooling Tower **(CT-201)** 746

Deaerator (DE-201) 754

Pompa Utilitas 755

LAMPIRAN III DETAIL CALCULATION EQUIPMENT PROCESS 767

REAKTOR 1 768

REAKTOR 2 805

REAKTOR 3 848

CRYSTALLIZER 868

POMPA SENTRIFUGAL-105 882

POMPA SENTRIFUGAL-106 895

POMPA SENTRIFUGAL-108 908

POMPA SENTRIFUGAL-110 921

HEAT EXCHANGER **101** 933

HEAT EXCHANGER **102** 943

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

CONDENSER 101 952

CONDENSER 102 959