UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii
PRAKATA iii
DAFTAR ISI iv
DAFTAR TABEL x
DAFTAR GAMBAR xviii
EXECUTIVE SUMMARY xxi
INTISARI xxiii
ABSTRACT xxiv
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Tinjauan Pustaka 2
1.3 Pemilihan Proses 4
1.4 Analisis Market dan Kapasitas Produksi 8
1.5 Penentuan Lokasi 13
BAB II URAIAN PROSES 19
2.1. Unit Preparasi Bahan 19
2.2. Unit Sintesis 19
2.3. Unit Purifikasi 22
2.4. Unit *Gas Treatment* 22
BAB III SPESIFIKASI BAHAN 24
3.1 Bahan Baku 24
3.2 Bahan Penunjang 25
3.3 Produk Utama 26
BAB IV *PROCESS FLOW DIAGRAM* 27
4.1. Diagram Blok Kualitatif 27
4.2. Diagram Blok Kuantitatif 29
4.3. *Process Flow Diagram* 30
BAB V NERACA MASSA 32

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

5.1. Neraca Massa Total 32
5.2. Neraca Massa Tiap Alat 33
BAB VI NERACA PANAS 43
6.1. Persamaan Umum Neraca Panas 43
6.2. Neraca Panas Tiap Alat 44
BAB VII SPESIFIKASI ALAT 57
7.1. Daftar Alat 57
7.2. Spesifikasi Alat 58
BAB VIII UNIT UTILITAS 96
8.1. Unit Penyedia dan Pengolahan Air 96
8.2. Unit Pembangkitan *Steam* 104
8.3. Unit Penyedia Udara 109
8.4. Unit Pembangkit dan Distribusi Listrik 116
8.5. Unit Refrigerasi 120
BAB IX TATA LETAK PABRIK 135
9.1 Tata Letak Pabrik *Overall* 135
9.2 Tata Letak Alat Proses 137
BAB X ASPEK *SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONTMENT* (SHE) 143
10.1. Sistem Manajemen *Safety, Health, and Environment* 143
10.2. Identifikasi *Hazard* Bahan 180
10.3. Identifikasi Potensi *Hazard* dari Paparan Bahan Kimia dan Fisis .. 194
10.4. Identifikasi *Hazard* Proses dan Peralatan 206
10.5. Identifikasi *Hazard* Limbah 253
10.6. Studi *Hazard & Operability* (HAZOP) 260
10.7. *Layer of Protection Analysis* (LOPA) 281
10.8. Skenario Bahaya 282
10.9. Analisis Proteksi Berlapis 283
10.10. Matriks LOPA dan Risiko Residual 287
10.11. *Dispersion Analysis* 290
10.12. Klasifikasi Area Hazardous 296
BAB XI MANAJEMEN ORGANISASI PERUSAHAAN 299
11.1 Bentuk Perusahaan 299

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

11.2 Struktur Organisasi Perusahaan 300
11.3 Tugas dan Wewenang 302
11.4 Perhitungan Jumlah Operator 309
11.5 Pembagian Jam Kerja Karyawan 310
11.6 Penggolongan Gaji Karyawan 312
11.7 Kualifikasi Karyawan 313
11.8 Kesejahteraan Sosial 327
11.9 Manajemen Produksi 331
BAB XII EVALUASI EKONOMI 338
12.1 Perhitungan Indeks Harga 338
12.2 Modal Tetap (*Fixed Capital Investment*) 341
12.3 Biaya Produksi (*Manufacturing Cost*) 345
12.4 Modal Kerja (*Working Capital*) 348
12.5 Pengeluaran Umum (*General Expenses*) 348
12.6 Total Biaya Investasi dan Biaya Produksi 349
12.7 Analisis Keuntungan 350
12.8 Analisis Kelayakan 350
12.9 Analisis Sensitivitas 358
BAB XIII KESIMPULAN 361
DAFTAR PUSTAKA 362
LAMPIRAN A (*DETAILED CALCULATION OF SELECTED EQUIPMENT*) 366
REAKTOR ASILASI (R-01) 367
REAKTOR SIKLISASI (R-02) 411
PRECIPITATION TANK (PR-01) 452
ROTARY DRYER (RD-01) 495
LAMPIRAN B (*QUICK CALCULATION OF ALL EQUIPMENT*) 530
SILO PENYIMPANAN *PHTHALIC ANHYDRIDE* (S-01) 531
SILO PENYIMPANAN *ALUMINIUM CHLORIDE* (S-02) 537
SILO PENYIMPANAN ANTRAKUINON (S-03) 538
HOPPER REAKTOR ASILASI (H-01) 539
HOPPER ROTARY DRYER (H-02) 540
TANGKI PENYIMPANAN BENZENA (T-01) 541

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

TANGKI PENYIMPANAN ASAM SULFAT (T-02) 548
TANGKI PENYIMPANAN NATRIUM HIDROKSIDA (T-03) 549
SCREW CONVEYOR – 01 (SC-01) 550
SCREW CONVEYOR – 02 (SC-02) 554
SCREW CONVEYOR – 03 (SC-03) 555
SCREW CONVEYOR – 04 (SC-04) 556
SCREW CONVEYOR – 05 (SC-05) 557
SCREW CONVEYOR – 06 (SC-06) 558
SCREW CONVEYOR – 07 (SC-07) 559
SCREW CONVEYOR – 08 (SC-08) 560
SCREW CONVEYOR – 09 (SC-09) 561
MIXER – 1 (M-01) 562
MIXER – 2 (M-02) 575
KNOCK-OUT DRUM (SP-01) 577
SCRUBBER 1 (SCR-01) 586
SCRUBBER 2 (SCR-02) 595
DEKANTER 1 (D-01) 601
DEKANTER 2 (D-02) 613
DEKANTER 3 (D-03) 614
FLASH DRUM (FD-01) 615
QUENCHING (Q-01) 632
CENTRIFUGE 1 (C-01) 653
CENTRIFUGE 2 (C-02) 659
HAMMER MILL (HM-01) 665
SCREENER (SR-01) 667
EVAPORATOR (E-01) 671
HEAT EXCHANGER – 1 (HE-01) 679
HEAT EXCHANGER – 2 (HE-02) 686
HEAT EXCHANGER – 3 (HE-03) 687
HEAT EXCHANGER – 4 (HE-04) 700
HEAT EXCHANGER – 5 (HE-05) 701
HEAT EXCHANGER – 6 (HE-06) 702

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

KONDENSER 1 (CO-01) 703
KONDENSER 2 (CO-02) 709
POMPA – 1 (P-01) 710
POMPA – 2 (P-02) 718
POMPA – 3 (P-03) 719
POMPA – 4 (P-04) 720
POMPA – 5 (P-05) 721
POMPA – 6 (P-06) 722
POMPA – 7 (P-07) 723
POMPA – 8 (P-08) 724
POMPA – 9 (P-09) 725
POMPA – 10 (P-10) 726
POMPA – 11 (P-11) 727
POMPA – 12 (P-12) 728
POMPA – 13 (P-13) 729
POMPA – 14 (P-14) 730
POMPA – 15 (P-15) 731
POMPA – 16 (P-16) 732
POMPA – 17 (P-17) 733
POMPA – 18 (P-18) 734
POMPA – 19 (P-19) 735
POMPA – 20 (P-20) 736
LAMPIRAN C (PERHITUNGAN ALAT UTILITAS) 737
SCREENER (SCRN-01) 738
KOLAM EKUALISASI (B-01) 739
KOLAM SEDIMENTASI (B-02) 740
MIXER KOAGULAN (MU-01) 742
CLARIFIER (CL-01) 745
SAND FILTER (FU-01) 751
CARBON FILTER (FU-02) 752
MIXER ANTI-SCALANT (MU-03) 754
SEA WATER REVERSE OSMOSIS (RO-01) 757

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

MIXER DISINFEKTAN (MU-03) 760
TANGKI PENYIMPANAN KAPORIT (TU-02) 763
TANGKI PENYIMPANAN AIR KEBUTUHAN UMUM (TU-03) 764
KOLAM *HYDRANT* (BU-04) 765
COLD BASIN (BU-05) 766
HOT BASIN (BU-06) 767
COOLING TOWER (CT-01) 768
CATION EXCHANGER (FU- 03) 776
ANION EXCHANGER (FU-04) 779
TANGKI PENYIMPANAN LARUTAN HCl 5% (TU-04) 782
TANGKI PENYIMPANAN LARUTAN NaOH (TU-05) 783
TANGKI BOILER FEED WATER (TU- 07) 784
DEAERATOR (DA-01) 785
TANGKI KONDENSAT (TU- 08) 788
TANGKI PENYIMPANAN *HYDRAZINE* (TU-06) 789
TANGKI AIR REAKTAN (TU-09) 790
POMPA UTILITAS (PU-01) 791
POMPA UTILITAS 796
COLD BASIN (BU-10) 798

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel I. Perbandingan Proses Pembentukan Antrakuinon 7
Tabel II. Desicion Matrix Proses Pembentukan Antrakuinon 8
Tabel III. Data Ekspor dan Impor Bahan Baku (BPS, 2025) 9
Tabel IV. Data Impor Antrakuinon (BPS, 2025) 10
Tabel V. Data Possible Market Antrakuinon di Indonesia 10
Tabel VI. Data Kapasitas Produksi Pabrik Antrakuinon di Dunia 11
Tabel VII. Linearisasi Menggunakan Metode Least Square untuk Impor Antrakuinon 12
Tabel VIII. Neraca Massa Overall 32
Tabel IX. Neraca Massa di Mixer 1 (M-01) 33
Tabel X. Neraca Massa di Mixer 1 (M-02) 33
Tabel XI. Neraca Massa di Hopper 01 (H-01) 34
Tabel XII. Neraca Massa di Knock-Out Drum (SP-01) 34
Tabel XIII. Neraca Massa di Scrubber 1 (SCR-01) 34
Tabel XIV. Neraca Massa di Scrubber 2 (SCR-02) 34
Tabel XV. Neraca Massa di Dekanter 1 (D-01) 35
Tabel XVI. Neraca Massa Dekanter 2 (D-02) 35
Tabel XVII. Neraca Massa Dekanter 3 (D-03) 36
Tabel XVIII. Neraca Massa di Flash Drum 1 (FD-01) 36
Tabel XIX. Neraca Massa di Reaktor Asilasi (R-01) 37
Tabel XX. Neraca Massa di Reaktor Siklisasi (R-02) 37
Tabel XXI. Neraca Massa di Quenching 1 (Q-01) 38
Tabel XXII. Neraca Massa di Precipitation Tank (PR-01) 38
Tabel XXIII. Neraca Massa di Centrifuge 1 (C-01) 39
Tabel XXIV. Neraca Massa di Centrifuge 2 (C-02) 39
Tabel XXV. Neraca Massa di Rotary Dryer (RD-01) 40
Tabel XXVI. Neraca Massa di Hammer Mill (HM-01) 40
Tabel XXVII. Neraca Massa di Screener (SR-01) 41
Tabel XXVIII. Neraca Massa di Evaporator (E-01) 41
Tabel XXIX. Neraca Massa di Kondenser 1 (CO-01) 41
Tabel XXX. Neraca Massa di Kondenser 2 (CO-02) 42
Tabel XXXI. Neraca Panas Overall 44
Tabel XXXII. Neraca Panas M-01 45
Tabel XXXIII. Neraca Panas M-02 46
Tabel XXXIV. Neraca Panas SP-01 46
Tabel XXXV. Neraca Panas SCR-01 46
Tabel XXXVI. Neraca Panas SCR-02 47
Tabel XXXVII. Neraca Panas D-01 47
Tabel XXXVIII. Neraca Panas D-02 47
Tabel XXXIX. Neraca Panas D-03 48

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel XL. Neraca Panas FD-01 48
Tabel XLI. Neraca Panas R-01 A 48
Tabel XLII. Neraca Panas R-01B 49
Tabel XLIII. Neraca Panas R-02A 49
Tabel XLIV. Neraca Panas R-02B 49
Tabel XLV. Neraca Panas Q-01 50
Tabel XLVI. Neraca Panas PR-01 50
Tabel XLVII. Neraca Panas C-01 51
Tabel XLVIII. Neraca Panas C-02 51
Tabel XLIX. Neraca Panas RD-01 51
Tabel L. Neraca Panas HM-01 52
Tabel LI. Neraca Panas SR-01 52
Tabel LII. Neraca Panas E-01 52
Tabel LIII. Neraca Panas HE-01 54
Tabel LIV. Neraca Panas HE-02 54
Tabel LV. Neraca Panas HE-03 54
Tabel LVI. Neraca Panas HE-04 54
Tabel LVII. Neraca Panas HE-05 55
Tabel LVIII. Neraca Panas HE-06 55
Tabel LIX. Neraca Panas CO-01 55
Tabel LX. Neraca Panas CO-02 56
Tabel LXI. Daftar Alat Prarancangan Pabrik Antrakuinon 57
Tabel LXII. Kebutuhan Air untuk Keperluan Umum 96
Tabel LXIII. Kebutuhan Air Pendingin 97
Tabel LXIV. Kebutuhan Steam Pemanas 97
Tabel LXV. Spesifikasi Air Laut Selat Sunda 98
Tabel LXVI. Kandungan Ion Air Laut Selat Sunda 99
Tabel LXVII. Baku Mutu Air untuk Keperluan Higiene Sanitasi 99
Tabel LXVIII. Spesifikasi Boiler Feed Water 105
Tabel LXIX. Komposisi Bahan Bakar 108
Tabel LXX. Kebutuhan Listrik untuk Proses Produksi 116
Tabel LXXI. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas 118
Tabel LXXII. Baku Mutu Air Limbah Domestik 129
Tabel LXXIII. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri 132
Tabel LXXIV. Baku Mutu Udara Ambien 133
Tabel LXXV. Baku Mutu Emisi Gas 134
Tabel LXXVI. Identifikasi Hazard Bahan 180
Tabel LXXVII. Identifikasi Potensi Hazard dari Paparan Bahan Kimia 194
Tabel LXXVIII. Identifikasi Potensi Hazard dari Paparan Fisis 202
Tabel LXXIX. Identifikasi Hazard pada Peralatan Unit Proses 206
Tabel LXXX. Identifikasi Hazard pada Peralatan Unit Utilitas 230
Tabel LXXXI. Identifikasi Hazard Proses berdasarkan Layout Pabrik 244

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel LXXXII. Identifikasi Hazard Proses Berdasarkan Lokasi Proses 251
Tabel LXXXIII. Identifikasi Hazard Limbah Gas..... 253
Tabel LXXXIV. Identifikasi Hazard Limbah Cair 256
Tabel LXXXV. MatriksRisiko pada R-01 288
Tabel LXXXVI. Matriks Risiko pada Q-01..... 290
Tabel LXXXVII. Data Simulasi Ledakan pada R-01..... 291
Tabel LXXXIX. Zona Bahaya Kebocoran Gas Benzena 296
Tabel XC. Perhitungan Jumlah Operator 309
Tabel XCI. Jadwal Kerja Karyawan Reguler..... 310
Tabel XCII. Pembagian Waktu Shift Karyawan 311
Tabel XCIII. Jadwal Kerja Karyawan Shift dalam 1 Bulan..... 311
Tabel XCIV. Penggolongan Gaji Karyawan 312
Tabel XCV. Kualifikasi Jabatan pada Pabrik Antrakuinon 313
Tabel XCVI. Nilai Indeks Harga Berdasarkan CEPCI pada Berbagai Tahun... 338
Tabel XCVII. Hasil Ekstrapolasi Nilai CEPCI Hingga Tahun 2032..... 340
Tabel XCVIII. Perhitungan Harga Alat Proses 342
Tabel XCIX, Perhitungan Harga Alat Utilitas..... 346
Tabel C. Perhitungan Biaya Labor..... 342
Tabel CI. Perhitungan Fixed Cost..... 342
Tabel CII. Perhitungan Harga Bahan Baku 345
Tabel CIII. Perhitungan Harga Bahan Pendukung 345
Tabel CIV. Perhitungan Harga Sales 346
Tabel CV. Perhitungan Manufacturing Cost..... 347
Tabel CVI. Perhitungan Working Capital..... 348
Tabel CVII. Perhitungan General Expenses 348
Tabel CVIII. Perhitungan Total Capital Investment 349
Tabel CIX. Perhitungan Total Product Cost 350
Tabel CX. Komponen Perhitungan BEP dan SDP..... 354
Tabel CXI. Aliran Kas 357
Tabel CXII. Nilai DCFRR pada Berbagai variasi Variabel..... 359
Tabel CXIII. Grafik Analisis Sensitivitas 359
Tabel CXIV. Kesimpulan Evaluasi Ekonomi dan Analisis Kelayakan 361
Tabel LXXXIX. Konstanta Perhitungan Densitas R-01 370
Tabel XC. Konstanta Perhitungan Viskositas R-01 370
Tabel XCI. Neraca Massa Total R-01..... 370
Tabel XCII. Perhitungan fraksi vapor-liquid pada reaktor (R-01A) 371
Tabel XCIII. Perhitungan fraksi vapor-liquid pada reaktor (R-01B) 371
Tabel XCIV. Neraca Massa Campuran pada Reaktor 01A 372
Tabel XCV. Neraca Massa Campuran pada Reaktor 01B 372
Tabel XCVI. Rangkuman perhitungan spesifikasi Head Reaktor 378
Tabel XCVII. Koefisien perhtiungan yaws 383
Tabel XCVIII. Spesifikasi Rotary Airlock Valve 396

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel XCIX. Spesifikasi Rotary Airlock Valve 397
Tabel C. Data Koefisien Densitas Yaws 398
Tabel CI. Perhitungan Densitas Campuran Inlet R-01A 398
Tabel CII. Perhitungan Densitas Campuran Outlet R01-A 398
Tabel CIII. Densitas Campuran Outlet Gas R-01A 398
Tabel CIV. Densitas Inlet R-01B 399
Tabel CV. Densitas Outlet Liquid R-01B 399
Tabel CVI. Spesifikasi Dimensi Pipa Standar R-01A 400
Tabel CVII. Spesifikasi Dimensi Pipa Standar R-01B 401
Tabel CVIII. Spesifikasi Manhole R-01 406
Tabel CIX. Kesimpulan Perancangan 408
Tabel CX. Komposisi Arus Masuk R-02 413
Tabel CXI. Konstanta Perhitungan Densitas R-02 413
Tabel CXII. Hasil Perhitungan Densitas Komponen R-02 414
Tabel CXIII. Hasil Perhitungan Densitas Campuran R-02 414
Tabel CXIV. Konstanta Perhitungan Viskositas R-02 415
Tabel CXV. Hasil Perhitungan Viskositas Campuran R-02 415
Tabel CXVI. Neraca Massa R-02 A 426
Tabel CXVII. Neraca Massa R-02 B 426
Tabel CXVIII. Hasil Perhitungan Spesifikasi Pipa Standar R-02 427
Tabel CXIX. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas R-02 428
Tabel CXX. Panas Reaksi R-02A 429
Tabel CXXI. Panas Reaksi R-02B 429
Tabel CXXII. Neraca Panas R-02A 429
Tabel CXXIII. Neraca Panas R-02B 430
Tabel CXXIV. Kesimpulan Perancangan R-02 448
Tabel CXXV. Neraca Massa Tangki Presipitasi (PR-01) 452
Tabel CXXVI. Konstanta Perhitungan Densitas PR-01 453
Tabel CXXVII. Hasil Perhitungan Densitas Komponen PR-01 454
Tabel CXXVIII. Hasil Perhitungan Densitas Campuran PR-01 454
Tabel CXXIX. Konstanta Perhitungan Viskositas PR-01 455
Tabel CXXX. Hasil Perhitungan Viskositas Campuran PR-01 455
Tabel CXXXI. Konstanta Perhitungan Konduktivitas PR-01 456
Tabel CXXXII. Hasil Perhitungan Konduktivitas Campuran PR-01 457
Tabel CXXXIII. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas PR-01 457
Tabel CXXXIV. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran PR-01 458
Tabel CXXXV. Hasil Perhitungan Waktu Tinggal PR-01 dengan Coding 474
Tabel CXXXVI. Ukuran Pipa Aliran Inlet dan Outlet 491
Tabel CXXXVII. Konstanta Perhitungan Kapasitas Panas RD-01 498
Tabel CXXXVIII. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Padatan Kering 498
Tabel CXXXIX. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Udara Kering 499
Tabel CXL. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Padatan Kering 499

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CXLI. Hasil Perhitungan Kapasitas Panas Campuran Udara Kering..... 499
Tabel CXLII. Konstanta Perhitungan Densitas RD-01 500
Tabel CXLIII. Hasil Perhitungan Densitas Campuran Padatan Kering RD-01 501
Tabel CXLIV. Konstanta Perhitungan Panas Laten RD-01 501
Tabel CXLV. Tebal Shell S-01 Tiap Plat 534
Tabel CXLVI. Spesifikasi Perancangan S-01 536
Tabel CXLVII. Spesifikasi Perancangan S-02 537
Tabel CXLVIII. Spesifikasi Perancangan S-03 538
Tabel CXLIX. Spesifikasi Perancangan H-01 539
Tabel CL. Spesifikasi Perancangan H-02 540
Tabel CLI. Data Arus Keluar T-01 541
Tabel CLII. Konstanta Perhitungan Densitas T-01 541
Tabel CLIII. Hasil Perhitungan Tebal Shell T-01 Tiap Plat 545
Tabel CLIV. Dimensi Head T-01 546
Tabel CLV. Spesifikasi Perancangan T-01 547
Tabel CLVI. Spesifikasi Perancangan T-02 548
Tabel CLVII. Spesifikasi Perancangan T-03 549
Tabel CLVIII. Spesifikasi Perancangan SC-01 552
Tabel CLIX. Spesifikasi Perancangan SC-02 554
Tabel CLX. Spesifikasi Perancangan SC-03 555
Tabel CLXI. Spesifikasi Perancangan SC-04 556
Tabel CLXII. Spesifikasi Perancangan SC-05 557
Tabel CLXIII. Spesifikasi Perancangan SC-06 558
Tabel CLXIV. Spesifikasi Perancangan SC-07 559
Tabel CLXV. Spesifikasi Perancangan SC-08 560
Tabel CLXVI. Spesifikasi Perancangan SC-09 561
Tabel CLXVII. Neraca Massa pada Mixer 562
Tabel CLXVIII. Perhitungan Densitas Bahan di Mixer 563
Tabel CLXIX. Spesifikasi Perancangan M-01 573
Tabel CLXX. Spesifikasi Perancangan M-02 575
Tabel CLXXI. Komposisi Arus Masuk dan Keluar KO Drum - 01 577
Tabel CLXXII. Konstanta Perhitungan Densitas Fase Liquid SP-01 578
Tabel CLXXIII. Hasil Perhitungan Densitas Campuran Fase Liquid SP-01 578
Tabel CLXXIV. Hasil Perhitungan Massa Molar Campuran Fase Vapor SP-01 579
Tabel CLXXV. Spesifikasi Perancangan SP-01 585
Tabel CLXXVI. Data Umpan Gas Masuk SCR-01 586
Tabel CLXXVII. Densitas Gas Campuran SCR-01 586
Tabel CLXXVIII. Konstanta Perhitungan Viskositas Gas pada SCR-01 587
Tabel CLXXIX. Hasil Pehitungan Viskositas Gas SCR-01 587
Tabel CLXXX. Data Umpan Gas Masuk SCR-01 595
Tabel CLXXXI. Densitas Gas Campuran SCR-01 595

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CLXXXII. Konstanta Perhitungan Viskositas Gas pada SCR-01 596
Tabel CLXXXIII. Hasil Pehitungan Viskositas Gas SCR-01 596
Tabel CLXXXIV. Komposisi Light Phase pada D-01 601
Tabel CLXXXV. Komposisi Heavy Phase pada D-01 601
Tabel CLXXXVI. Konstanta Perhitungan Densitas D-01 602
Tabel CLXXXVII. Hasil Perhitungan Densitas Komponen D-01 602
Tabel CLXXXVIII. Hasil Perhitungan Densitas Light Phase D-01 603
Tabel CLXXXIX. Hasil Perhitungan Densitas Heavy Phase D-01 603
Tabel CXC. Konstanta Perhitungan Viskositas D-01 604
Tabel CXCI. Hasil Perhitungan Viskositas Light Phase D-01 604
Tabel CXCII. Hasil Perhitungan Viskositas Heavy Phase D-01 605
Tabel CXCIII. Parameter Penentuan Fase Terdispersi (Rousseau, 1987) 606
Tabel CXCIV. Hubungan antara Bilangan Reynold dan Turbulensi Aliran 609
Tabel CXCV. Spesifikasi Perancangan D-01 612
Tabel CXCVI. Spesifikasi Perancangan D-02 613
Tabel CXCVII. Spesifikasi Perancangan D-03 614
Tabel CXCVIII. Data Umpan Masuk FD-01 615
Tabel CXCIX. Konstanta Persamaan Antoine FD-01 615
Tabel CC. Hasil Perhitungan Dew Point FD-01 616
Tabel CCI. Hasil Perhitungan Bubble Point FD-01 617
Tabel CCII. Hasil Perhitungan Trial Rasio V/F FD-01 618
Tabel CCIII. Komposisi Fase Vapor FD-01 618
Tabel CCIV. Komposisi Fase Liquid FD-01 619
Tabel CCV. Konstanta Perhitungan Densitas Fase Liquid FD-01 619
Tabel CCVI. Hasil Perhitungan Densitas Campuran Fase Liquid FD-01 620
Tabel CCVII. Hasil Perhitungan Massa Molar Campuran Fase Vapor FD-01 . 621
Tabel CCVIII. Spesifikasi Perancangan FD-01 631
Tabel CCIX. Neraca Massa Tangki Quenching 632
Tabel CCX. Perhitungan Densitas Cairan dalam Tangki Quenching 633
Tabel CCXI. Perhitungan Viskositas Cairan di Tangki Quenching 634
Tabel CCXII. Perhitungan Konduktivitas Termal Bahan dalam Tangki Quenching 635
Tabel CCXIII. Perhitungan Kapasitas Panas Setiap Bahan di Tangki Quenching 636
Tabel CCXIV. Neraca Panas Tangki Quenching 647
Tabel CCXV. Spesifikasi Perancangan Q-01 651
Tabel CCXVI. Neraca Massa Umpan 653
Tabel CCXVII. Densitas Total Fluida Umpan Masuk Centrifuge 653
Tabel CCXVIII. Neraca Massa Padatan 654
Tabel CCXIX. Densitas Padatan pada Centrifuge 654
Tabel CCXX. Neraca Massa Cair 654
Tabel CCXXI. Densitas Cairan pada Centrifuge 655

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CCXXII. Konstanta Perhitungan Viskositas C-01 655
Tabel CCXXIII. Spesifikasi Perancangan C-01 658
Tabel CCXXIV. Neraca Massa Umpan 659
Tabel CCXXV. Densitas Total Fluida Umpan Masuk Centrifuge 659
Tabel CCXXVI. Neraca Massa Padatan 660
Tabel CCXXVII. Densitas Padatan pada Centrifuge 660
Tabel CCXXVIII. Neraca Massa Cair 660
Tabel CCXXIX. Densitas Cairan pada Centrifuge 661
Tabel CCXXX. Konstanta Perhitungan Viskositas C-01 661
Tabel CCXXXI. Spesifikasi Perancangan C-02 664
Tabel CCXXXII. Spesifikasi Hammer Mill (Jiangyin Brightsail Machinery Co.,Ltd.) 666
Tabel CCXXXIII. Spesifikasi Rancangan SR-01 670
Tabel CCXXXIV. Neraca Massa Evaporator 671
Tabel CCXXXV. Hasil Perhitungan Densitas Bahan Evaporator 672
Tabel CCXXXVI. Nilai Volumetrik Umpan Evaporator 672
Tabel CCXXXVII. Perhitungan Temperatur dan Tekanan Setiap Effect 673
Tabel CCXXXVIII. Spesifikasi Perancangan Evaporator E-01 677
Tabel CCXXXIX. Neraca Panas Input Heat Exchanger 680
Tabel CCXL. Data Temperature operation 680
Tabel CCXLI. Konstanta Kapasitas Panas HE-04 688
Tabel CCXLII. Neraca Panas Heat Exchanger 692
Tabel CCXLIII. Data Temperature operation 694
Tabel CCXLIV. Neraca Panas Input Heat Exchanger 704
Tabel CCXLV. Data Temperature operation 704
Tabel CCXLVI. Layout doble pipe heat excahnger 705
Tabel CCXLVII. Rangkuman perhitungan pressure drop kondenser 707
Tabel CCXLVIII. Konstanta Perhitungan Densitas Liquid pada Mixer 710
Tabel CCXLIX. Konstanta Perhitungan Viskositas Cairan pada Mixer 711
Tabel CCL. Spesifikasi Perancangan P-01 716
Tabel CCLI. Spesifikasi Perancangan P-02 718
Tabel CCLII. Spesifikasi Perancangan P-03 719
Tabel CCLIII. Spesifikasi Perancangan P-04 720
Tabel CCLIV. Spesifikasi Perancangan P-05 721
Tabel CCLV. Spesifikasi Perancangan P-06 722
Tabel CCLVI. Spesifikasi Perancangan P-07 723
Tabel CCLVII. Spesifikasi Perancangan P-08 724
Tabel CCLVIII. Spesifikasi Perancangan P-09 725
Tabel CCLIX. Spesifikasi Perancangan P-10 726
Tabel CCLX. Spesifikasi Perancangan P-11 727
Tabel CCLXI. Spesifikasi Perancangan P-12 728
Tabel CCLXII. Spesifikasi Perancangan P-13 729

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Tabel CCLXIII. Spesifikasi Perancangan P-14 730
Tabel CCLXIV. Spesifikasi Perancangan P-15..... 731
Tabel CCLXV. Spesifikasi Perancangan P-16 732
Tabel CCLXVI. Spesifikasi Perancangan P-17..... 733
Tabel CCLXVII. Spesifikasi Perancangan P-18 734
Tabel CCLXVIII. Spesifikasi Perancangan P-19 735
Tabel CCLXIX. Spesifikasi Perancangan P-20..... 736
Tabel CCLXVIII. Spesifikasi Bar Rack Screener 738
Tabel CCLXIX. Spesifikasi membrane FILMTEC SW30HR LE-400 adalah sebagai berikut, ... 757
Tabel CCLXX. Tabel Konsentrasi Impurities pada Pengolahan Unit SRWO .. 758
Tabel CCLXXI. Entalpi Udara Jenuh sebagai Fungsi Suhu pada Cooling Tower 769
Tabel CCLXXII. Spesifikasi Bahan Isian Cooling Tower..... 772
Tabel CCLXXIII. Integrasi Metoda Trapezoidal dalam Pehitungan Tinggi Cooling Tower 773
T**abel CCLXXIV.** Alkalinitas Air pada Cation Exchanger 776
Tabel CCLXXV. Alkalinitas Air pada Anion Exchanger 780
Tabel CCLXXVI. Parameter Perhitungan Total Head..... 792
Tabel CCLXXVII. Total Head Pompa..... 793
Tabel CCLXXVIII. Hasil Pehitungan Perancangan Pompa Unit Utilitas 796

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kimia Anthraquinone 2
Gambar 2. Pembentukan Anthraquinone melalui Oksidasi Anthracane (sc: Kirk 2000) 5
Gambar 3. Pembentukan Antrakuinon melalui Reaksi Friedel-Crafts (Sumber: Kirk, 2000) 6
Gambar 4. Pembentukan Antrakuinon melalui Reaksi Diels-Alder (Sumber: Kirk, 2000) 6
Gambar 5. Pasar Global Antrakuinon pada 2020 – 2032 (Anthraquinone Market Size, Share, Trends | Forecast 2032, n.d.) 9
Gambar 6. Lokasi Pembangunan Pabrik Antrakuinon 14
Gambar 7. Tahapan Reaksi Siklisasi Antrakuinon 21
Gambar 8. Diagram Blok Kualitatif Bagian 1 27
Gambar 9. Diagram Blok Kualitatif Bagian 2 28
Gambar 10. Diagram Blok Kuantitatif Bagian 1 29
Gambar 11. Diagram Blok Kuantitatif Bagian 2 30
Gambar 12. Process Engineering Flow Diagram 31
Gambar *13*. *Skema Pembangkitan* Steam 104
Gambar 14. Sistem Unit Refrigerasi 121
Gambar 15. Diagram Alir Pengolahan Limbah Cair 130
Gambar 16. Layout Pabrik Antrakuinon (Skala 1:3500) 136
Gambar 17. Rekomendasi Spacing Inter-Unit pada Pabrik Kimia (GPA_S) 137
Gambar 18. Rekomendasi Spacing Intra-Unit pada Pabrik Kimia (GPA_S) 138
Gambar 19. Rekomendasi Spacing Storage Tank pada Pabrik Kimia (GPA_S) . 138
Gambar 20. Layout Storage Area (Skala 1: 800) 139
Gambar 21. Layout Area Proses Unit Pre-Treatment (Skala 1:250) 139
Gambar 22. Layout Area Proses Sintesis (Skala 1:250) 140
Gambar 23. Layout Area Proses Gas Treatment (skala 1:150) 141
Gambar 24. Layout Area Proses Unit Purifikasi (Skala 1:300) 142
Gambar 25. Sususan Struktur Organisasi Departement Safety, Health, And Environment 176
Gambar 26. Studi Node R-01 dan Q-01 260
Gambar 27. Hasil Rekomendasi HAZOP pada R-01 dan Q-01 280
Gambar 28. Layer of Protection Analysis (Louvar, 2019) 281
Gambar 29. Hasil Simulasi BLEVE dengan ALOHA 292
Gambar 30. Peta Persebaran Thermal Radiation 292
Gambar 31. Hasil Simulasi Kebocoran Gas Benzene dengan ALOHA 293
Gambar 32. Peta Jarak Kebocoran Gas Benzen 294
Gambar 33. Hasil Simulasi Kebocoran Gas Benzene dan Flammable Point dengan ALOHA 295

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 34. Peta Potensi Persebaran Kebocoran Gas Benzene dengan Potensi Kebakaran 295
Gambar 35. Peta Potensi Ledakan dan Kebocoran Gas Benzene pada Layout Pabrik Antrakuinon 298
Gambar 36. Struktur Organisasi Pabrik Antrakuinon dari Anhidrida Ftalat dan Benzena Secara Keseluruhan 301
Gambar 37. Grafik Hubungan Tahun vs Indeks Harga (CEPCI) 340
Gambar 38. Grafik BEP dan SDP 356
Gambar 39. Grafik Cashflow Setiap Tahun 358
Gambar 40. Hasil Fitting Kinetika Reaksi R-01 369
Gambar 41. Konfigurasi Reaktor Tangki Berpengaduk 374
Gambar 42. Layout Torisperical Head 377
Gambar 43. Penentuan Kecepatan Putar Rotary Valve Airlock 396
Gambar 44. Penentuan Ukuran Pipa R-01 400
Gambar 45. Skema Tebal Reaktor 402
Gambar 46. Penentuan Ukuran Manhole 406
Gambar 47. Gambar Mekanis Reaktor R-01A 407
Gambar 48. Gambar Mekanis Reaktor R-01B 407
Gambar 49. Skema Reaktor Alir Tangki Berpengaduk Seri 416
Gambar 50. Konfigurasi Reaktor Tangki Berpengaduk 419
Gambar 51. Konfigurasi Torispherical Head 422
Gambar 52. Layout Isolator 431
Gambar 53. Pemilihan Spesifikasi Manhole R-02 447
Gambar 54. Pemilihan Spesifikasi Manhole R-02 447
Gambar 55. Mechanical Drawing Reaktor R-02 452
Gambar 56. Profil Waktu Tangki PR-01 Setiap Waktu 475
Gambar 57. Skema Precipitation Tank PR-01 482
Gambar 58. Dimensi Torispherical head 485
Gambar 59. Dimensi Ketebalan Cover dan Bolting-flange pada Manhole (API Standard 12 C) 492
Gambar 60. Spesifikasi Dimensi Manhole 24-in Berdasarkan Tebal Shell (API Standard 12 C) 492
Gambar 61. Mechanical Drawing Tangki Presipitasi (PR-01) 495
Gambar 62. Psychrometric Chart untuk Menentukan Humiditas Udara 496
Gambar 63. Penentuan Wet Bulb Temperature Udara Pengering RD-01 497
Gambar 64. Profil Perubahan Suhu pada RD-01 521
Gambar 65. Profil Kadar Cairan pada RD-01 521
Gambar 66. Profil Relative Humidity pada RD-01 522
Gambar 67. Desain Rotary Dryer (RD-01) 529
Gambar 68. Skema Desain Silo (Sumber: Ulrich, 1984) 532
Gambar 69. Konfigurasi Torispherical Head 545
Gambar 70. Layout Mixer 564

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Prarancangan Pabrik Antrakuinon dari Benzena dan Anhidrida Ftalat dengan Kapasitas 40.000 Ton/Tahun
Faizah Marsya Salsabila, Prof. Ir. Arief Budiman, MS., D.Eng., IPU., ASEAN.Eng.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 71. Layout Torispherical Head 568
Gambar 72. Grafik Hubungan K_v dan f (Evans, 1974) 580
Gambar 73. Penentuan Ukuran Vessel Standar SP-01 581
Gambar 74. Skema Torispherical Head..... 584
Gambar 75. Skema Countercurrent Packed Bed Scrubber..... 589
Gambar 76. Skema Countercurrent Packed Bed Scrubber..... 597
Gambar 77. Bentuk dan Dimensi Horizontal Dekanter..... 608
Gambar 78. Grafik Hubungan K_v dan f (Evans, 1974) 622
Gambar 79. Skema Alat Vertical Knock Out Drum (Evans, 1980) 625
Gambar 80. Grafik Hubungan Faktor B dan Faktor A (Brownell and Young). 629
Gambar 81. Skema Torispherical Head..... 630
Gambar 82. Layout Shell Tangki Quenching..... 638
Gambar 83. Layout Torispherical Head 642
Gambar 84. Multistage pusher centrifuge 657
Gambar 85. Multistage pusher centrifuge 663
Gambar 86. Tabel Spesifikasi Screener (Perry's, 1997)..... 668
Gambar 87. Penentuan Kapasitas Unit Screener (Perry's, 1997) 669
Gambar 88. Skema Double Effect Evaporation 673
Gambar 89. Konfigurasi Mixer 743
Gambar 90. Konfigurasi Mixer 746
Gambar 91. Konfigurasi Mixer 748
Gambar 92. Konfigurasi Mixer 755
Gambar 93. Konfigurasi Mixer 761
Gambar 94. Grafik Penentuan Jenis Pompa..... 793