UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton/Tahun**
Lintang Prasanti, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
**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 GAMBAR ..... x
DAFTAR TABEL ..... xv
TABEL PEMBAGIAN KERJA ..... xxiv
DAFTAR TABEL KODE DAN STANDAR ..... xxvii
*ABSTRACT* ..... xxviii
INTISARI ..... xxix
BAB I PENDAHULUAN ..... 1
1.1. Latar Belakang ..... 1
1.2. Analisis Pasar ..... 3
1.3. Pemilihan Lokasi Pabrik ..... 5
1.4. Pemilihan Proses ..... 6
BAB II DESKRIPSI PROSES ..... 15
2.1 Pretreatment Bahan Baku Silika ($SiO_2$) ..... 15
2.2 Pembuatan Prekursor Silikon Tetraklorida ($SiCl_4$) ..... 16
2.3 Pembuatan Nanosilika dengan *Flame Hydrolysis* ..... 17
BAB III SPESIFIKASI BAHAN DAN PRODUK ..... 19
3.1. Bahan Baku ..... 19
3.2. Bahan Pendukung ..... 25
3.3. Produk ..... 27
BAB IV DIAGRAM BLOK DAN *PROCESS FLOW DIAGRAM* ..... 30
4.1. Diagram Alir Kualitatif ..... 30
4.2. Diagram Alir Kuantitatif ..... 31
4.3. *Process Flow Diagram* ..... 32
BAB V NERACA MASSA ..... 34
5.1. Neraca Massa *Overall* ..... 34
5.2. Neraca Massa Alat ..... 36
BAB VI NERACA PANAS ..... 45
BAB VII SPESIFIKASI ALAT ..... 55

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton/Tahun**
Lintang Prasanti, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

7.1. Daftar Alat Proses ..... 55
7.2. Spesifikasi Alat Proses ..... 58
BAB VIII UTILITAS ..... 91
8.1. Unit Penyedia & Pengolahan Air ..... 91
8.2. Unit Pembangkitan *Steam* ..... 102
8.3. Unit Penyedia Udara ..... 111
8.4. Unit Pembangkitan & Pendistribusian Listrik ..... 121
8.5. Unit Pengolahan Limbah ..... 126
8.6. Spesifikasi Alat Utilitas ..... 133
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN ANALISIS AREA ..... 147
9.1. Tata Letak Pabrik ..... 147
9.2. Studi Dispersi (Kebocoran Kritis) ..... 153
9.3. Klasifikasi Area Hazardous ..... 164
9.4. Analisis Layout vs Zona Risiko ..... 165
BAB X ASPEK SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT (SHE) ..... 167
10.1. *Safety, Health, and Environment* (SHE) Management ..... 167
10.2. *Process Safety Management* (PSM) ..... 168
10.3. *Environmental Management System* (EMS) ..... 174
10.4. Struktur Organisasi Sistem Manajemen SHE ..... 178
10.5. Identifikasi Hazard Bahan Kimia ..... 181
10.6. Penanganan dan Mitigasi Paparan Bahan Kimia ..... 198
10.7. Identifikasi Hazard Proses dan Peralatan ..... 202
10.8. Identifikasi Hazard Limbah ..... 247
10.9. Process Hazard Analysis : HAZOP ..... 254
10.10. *Layer of Protection Analysis* (LOPA) ..... 296
BAB XI ORGANISASI DAN MANAJEMEN ..... 301
11.1. Bentuk Perusahaan ..... 301
11.2. Struktur Organisasi ..... 302
11.3. Tugas dan Wewenang ..... 305
11.4. Pembagian Jam Kerja Karyawan ..... 313
11.5. Perhitungan Kebutuhan Operator ..... 314
11.6. Penggolongan Gaji Karyawan ..... 316
11.7. Kualifikasi Karyawan ..... 318
11.8. Kesejahteraan Sosial Karyawan ..... 322

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton/Tahun**
Lintang Prasanti, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

11.9. Manajemen Produksi ..... 324
BAB XII ANALISIS EKONOMI ..... 327
12.1. Perhitungan Indeks Harga ..... 327
12.2. Harga Alat Proses dan Utilitas ..... 331
12.3. Biaya *Raw Material, Sales*, dan Bahan Utilitas ..... 341
12.4. Biaya Pekerja Pembangunan Pabrik ..... 343
12.5. Penggajian Karyawan Operator ..... 344
12.6. Harga Tanah, Bangunan, Listrik ..... 345
12.7. Perhitungan *Fixed Capital* ..... 345
12.8. Perhitungan Biaya Produksi (*Manufacturing Cost)* ..... 347
12.9. Perhitungan Modal Kerja (*Working Capital*) ..... 348
12.10. Perhitungan Pengeluaran Umum (*General Expenses*) ..... 349
12.11. Analisis Keuntungan ..... 350
12.12. Analisis Kelayakan *Profitability* ..... 350
12.13. Analisis BEP dan SDP ..... 353
12.14. Analisis DCFRR ..... 357
12.15. Analisis Sensitivitas ..... 360
BAB XIII KESIMPULAN ..... 363
DAFTAR PUSTAKA ..... 364
LAMPIRAN ..... 369
LAMPIRAN ALAT PROSES ..... 369
PENYIMPANAN ..... 370
Gudang Silika (S-101) ..... 370
Silo Karbon (S-102) ..... 372
Silo Nanosilika (S-103) ..... 376
Tangki Penyimpanan HCl (T-101) ..... 377
Tangki Penyimpanan Nitrogen (T-102) ..... 384
Tangki Penyimpanan Klorin (T-103) ..... 385
Tangki Penyimpanan NaOH (T-104) ..... 386
Tangki Penyimpanan Hidrogen (T-105) ..... 387
Tangki Penyimpanan Produk HCl (T-106) ..... 388
POMPA ..... 389
Pompa Sentrifugal (P-101) ..... 389
Pompa Sentrifugal (P-102) ..... 390

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton/Tahun**
Lintang Prasanti, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Pompa Sentrifugal (P-103) ..... 391
Pompa Sentrifugal (P-104) ..... 392
Pompa Sentrifugal (P-105) ..... 393
Pompa Sentrifugal (P-106) ..... 407
Pompa Sentrifugal (P-107) ..... 408
Pompa Sentrifugal (P-108) ..... 409
KOMPRESOR ..... 410
Kompresor (CP-101) ..... 410
Kompresor (CP-102) ..... 416
*EXPANSION VALVE* ..... 417
*Expansion Valve* (EV-101) ..... 417
*Expansion Valve* (EV-102) ..... 418
*Expansion Valve* (EV-103) ..... 419
*PRESSURE REGULATOR* ..... 420
*Pressure Regulator* (PR-101) ..... 420
*Pressure Regulator* (PR-102) ..... 421
*Pressure Regulator* (PR-103) ..... 422
*Pressure Regulator* (PR-104) ..... 423
*Pressure Regulator* (PR-105) ..... 424
*HEAT EXCHANGER* ..... 431
*Heat Exchanger* (HE-101) ..... 431
*Heat Exchanger* (HE-102) ..... 433
*Heat Exchanger* (HE-103) ..... 441
*Heat Exchanger* (HE-104) ..... 459
*Heat Exchanger* (HE-105) ..... 460
*Heat Exchanger* (HE-106) ..... 462
*Heat Exchanger* (HE-107) ..... 464
*Heat Exchanger* (HE-108) ..... 465
*VAPORIZER* ..... 467
*Vaporizer* $Cl_2$ (VAP-101) ..... 467
*Vaporizer* $SiCl_4$ (VAP-102) ..... 468
CONDENSER ..... 484
*Condenser* $SiCl_4$ (CD-101) ..... 484
*BELT CONVEYOR* ..... 504

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton/Tahun**
Lintang Prasanti, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

*Belt Conveyor* (BC-101) ..... 504
*Belt Conveyor* (BC-102) ..... 505
*Belt Conveyor* (BC-103) ..... 506
*Belt Conveyor* (BC-104) ..... 507
*Belt Conveyor* (BC-105) ..... 508
*Belt Conveyor* (BC-106) ..... 509
SEPARATION UNIT ..... 513
*Knock Out Drum* (KO-101) ..... 513
*Knock Out Drum* (KO-102) ..... 514
*Knock Out Drum* (KO-103) ..... 525
*Cyclone* (CY-101) ..... 526
*Cyclone* (CY-102) ..... 527
*Bag Filter* (BF-101) ..... 549
*Bag Filter* (BF-102) ..... 551
*Belt Filter* (F-101) ..... 561
*Absorber* HCl (ABS-101) ..... 571
*Scrubber* $Cl_2$ (SR-101) ..... 609
*Scrubber* HCl (SC-102) ..... 610
*MIXER* ..... 611
*Mixer* (M-101) ..... 611
*Solid Mixer* (M-102) ..... 623
REAKTOR ..... 628
*Fluidized Bed Reactor* (R-101) ..... 628
*Flame Reactor* (R-102) ..... 660
*Deacidifcation Unit* (DA-101) ..... 706
*DRYER* ..... 737
ROTARY DRYER (D-101) ..... 737
*SIZE REDUCTION* ..... 743
*Ball Mill* (BM-101) ..... 743
*COMBUSTION UNIT* ..... 749
*Furnace* (FU-101) ..... 749
*Thermal Oxidizer* (TO-101) ..... 768
LAMPIRAN ALAT UTILITAS ..... 775
*Screener* (S-201) ..... 776

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
**Prarancangan Pabrik Nanosilika dari Silika Produk Samping AlF3 dengan Kapasitas 4.200 Ton/Tahun**
Lintang Prasanti, Ir. Ade Kurniawan, S.T., M.Eng., Ph.D.
**Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/**

Tangki Penyimpanan Tawas (TK-201) ..... 777
Tangki *Filtered Water* (TK-202) ..... 782
Tangki Penyimpanan HCl (TK-203) ..... 784
Tangki Penyimpanan NaOH (TK-204) ..... 789
Tangki *Demineralized Water* (TK-205) ..... 792
Tangki *Hydrazine* (TK-206) ..... 797
Tangki Kondensat (TK-207) ..... 800
Tangki Penyimpanan Klorin (TK-208) ..... 802
Tangki Air Kebutuhan Umum (TK-209) ..... 804
*Mixer* Tawas (M-201) ..... 805
*Premixing Tank* (M-202) ..... 810
*Chlorination Tank* (M-203) ..... 815
Kolam Ekualisasi (B-201) ..... 821
Kolam Sedimentasi (B-202) ..... 823
*Clarifier* (B-203) ..... 825
*Cold Basin* (B-204) ..... 833
*Hot Basin* (B-205) ..... 835
*Sand Filter* (F-201) ..... 838
*Carbon Filter* (F-202) ..... 840
*Cation Exchanger* (X-201) ..... 843
*Anion Exchanger* (X-202) ..... 851
Deaerator (DA-201) ..... 858
*Cooling Tower* (CT-201) ..... 861