

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>INTISARI .....</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>3</b>
<b>PENDAHULUAN.....</b>	<b>3</b>
A. Latar Belakang .....	3
B. Tinjauan Pustaka .....	5
<b>BAB II .....</b>	<b>9</b>
<b>URAIAN PROSES .....</b>	<b>9</b>
<b>BAB III.....</b>	<b>14</b>
<b>SPESIFIKASI BAHAN .....</b>	<b>14</b>
A. Bahan Baku .....	14
B. Bahan Pembantu.....	14
C. Bahan Utilitas.....	17
D. Produk Utama .....	19
E. Produk Samping.....	19
<b>BAB IV .....</b>	<b>20</b>
<b>DIAGRAM ALIR.....</b>	<b>20</b>
<b>BAB V.....</b>	<b>23</b>
<b>NERACA MASSA.....</b>	<b>23</b>
<b>BAB VI.....</b>	<b>40</b>
<b>NERACA PANAS .....</b>	<b>40</b>
<b>BAB VII .....</b>	<b>48</b>
<b>SPESIFIKASI ALAT.....</b>	<b>48</b>
<b>BAB VIII.....</b>	<b>74</b>

<b>UTILITAS</b> .....	74
A. Unit Penyediaan dan Pengolahan Air ( <i>Water System</i> ).....	74
B. Unit Pembangkit Steam ( <i>Steam Generation System</i> ).....	82
C. Unit Penyedia Udara Instrumen ( <i>Instrument Air System</i> ).....	83
D. Unit Pembangkit dan Pendistribusian Listrik ( <i>Power Plant and Power Distribution System</i> ).....	84
E. Unit Refrigerasi ( <i>Refrigerant System</i> ).....	89
F. Unit Pengolahan Limbah ( <i>Waste Processing System</i> ) .....	89
G. Spesifikasi Alat Utilitas .....	90
<b>BAB IX</b> .....	104
<b>TATA LETAK PABRIK</b> .....	104
A. Lokasi Pabrik .....	104
B. Tata Letak Pabrik .....	105
C. Tata Letak Alat Proses .....	105
<b>BAB X</b> .....	107
<b>SAFETY, HEALTH, AND ENVIRONMENT (SHE) DAN PROCESS CONTROL</b> .....	107
A. Management <i>Safety, Health, and Environment</i> .....	107
B. Pertimbangan Aspek <i>Safety</i> Pabrik .....	122
C. Pertimbangan Aspek Kesehatan dan Keselamatan Kerja .....	161
D. Pertimbangan Aspek Lingkungan Pabrik .....	171
E. <i>Process Hazard Analysis (PHA)</i> dengan Metode <i>Hazard and Operability (HAZOP)</i> .....	180
<b>BAB XI</b> .....	202
<b>ORGANISASI DAN MANAJEMEN PERUSAHAAN</b> .....	202
A. Struktur Organisasi Perusahaan .....	202
B. Diagram Organisasi.....	202
C. Tugas dan Wewenang .....	205
D. Penggolongan Gaji Karyawan.....	212
E. Perhitungan Jumlah Operator.....	213
F. Penggolongan Gaji Karyawan.....	214
G. Penentuan Jam Kerja Karyawan .....	215

H. Kesejahteraan Sosial Karyawan .....	216
<b>BAB XII .....</b>	<b>218</b>
<b>EVALUASI EKONOMI.....</b>	<b>218</b>
<b>BAB XIII.....</b>	<b>242</b>
<b>KESIMPULAN.....</b>	<b>242</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>243</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>247</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Antara <i>Surface Fermentation</i> dan <i>Submerged Fermentation</i> .....	7
Tabel 2. Neraca Massa di M-01 .....	23
Tabel 3. Neraca Massa di IN-01 .....	24
Tabel 4. Skema Neraca Massa di FR-01 .....	25
Tabel 5. Neraca Massa di RF-01 .....	26
Tabel 6. Neraca Massa di PT-01 .....	27
Tabel 7. Neraca Massa di M-02 .....	28
Tabel 8. Neraca Massa di CT-01.....	28
Tabel 9. Neraca Massa di ACD-01 .....	29
Tabel 10. Neraca Massa di RF-02.....	30
Tabel 11. Neraca Massa di PW-01.....	31
Tabel 12. Neraca Massa di EV-01 .....	31
Tabel 13. Neraca Massa di M-03 .....	32
Tabel 14. Neraca Massa di C-01 .....	33
Tabel 15. Neraca Massa di CT-02.....	34
Tabel 16. Neraca Massa di RD-01 .....	34
Tabel 17. Neraca Massa di CY-01 .....	35
Tabel 18. Neraca Massa di SC-01.....	36
Tabel 19. Neraca Massa Total <i>Input</i> .....	38
Tabel 20. Neraca Massa Total <i>Output</i> .....	39
Tabel 21. Neraca Panas di M-01 .....	40
Tabel 22. Neraca Panas di TS-01 .....	40
Tabel 23. Neraca Panas di HE-01 .....	41
Tabel 24. Neraca Panas di IN-01 .....	42
Tabel 25. Neraca Panas di FR-01.....	42
Tabel 26. Neraca Panas di PT-01 .....	43
Tabel 27. Neraca Panas di M-02.....	44
Tabel 28. Neraca Panas di ACD-01 .....	44
Tabel 29. Neraca Panas di EV-01 .....	45

Tabel 30. Neraca Panas di C-01 .....	45
Tabel 31. Neraca Panas di RD-01 .....	46
Tabel 32. Neraca Panas di HE-02 .....	47
Tabel 33. Air Keperluan Umum.....	74
Tabel 34. Air Pendingin yang Digunakan pada Pabrik.....	75
Tabel 35. Air yang Diperlukan Selama Proses Produksi dalam Pabrik.....	75
Tabel 36. Air Untuk Kebutuhan <i>Steam</i> dalam Proses.....	76
Tabel 37. Kebutuhan Air Total pada Pabrik .....	76
Tabel 38. Kebutuhan Listrik Untuk Proses .....	85
Tabel 39. Kebutuhan Listrik Untuk Utilitas.....	86
Tabel 40. Hazard Bahan Kimia dalam Proses.....	122
Tabel 41. Hazard Kondisi Peralatan Proses .....	136
Tabel 42. Hazard Kondisi Peralatan Utilitas.....	148
Tabel 43. <i>Hazard Plant Layout</i> .....	153
Tabel 44. <i>Hazard</i> Lokasi Proses .....	158
Tabel 45. Potensi Paparan Bahan Kimia.....	161
Tabel 46. Emisi Gas Proses dan Utilitas .....	171
Tabel 47. Limbah Cair Proses dan Utilitas .....	173
Tabel 48. Limbah Padat Proses dan Utilitas .....	177
Tabel 49. Perhitungan Jumlah Operator Setiap <i>Shift</i> .....	213
Tabel 50. Rincian Penggajian Manajerial .....	214
Tabel 51. Rincian Penggajian Labor/Karyawan .....	215
Tabel 52. Jadwal Pembagian Jam Kerja <i>Shift</i> .....	216
Tabel 53. Data CEP <i>Cost Index</i> Tahun 1963-2000 .....	219
Tabel 54. Nilai Indeks Hasil Perhitungan Tahun 2001 – 2021 .....	220
Tabel 55. Rasio Indeks 1963 – 2021 .....	221
Tabel 56. Perhitungan Harga Alat Proses .....	222
Tabel 57. Perhitungan Harga Alat Utilitas .....	225
Tabel 58. Perhitungan Harga Bahan Baku Proses .....	228
Tabel 59. Perhitungan Harga Bahan Baku Utilitas .....	229
Tabel 60. Perhitungan Harga Produk .....	230
Tabel 61. Nilai DCFRR .....	241

Tabel 62. Nilai DCFRR Hasil Perbandingan dengan Keadaan Normal .....	241
Tabel 63. Hasil Running Program Matlab untuk Fermentor.....	251
Tabel 64. Neraca Massa di FR-01 .....	253
Tabel 65. Nilai <i>Straight Flange</i> untuk Berbagai Ketebalan.....	261
Tabel 66. Spesifikasi Pipa Pemasukan dari HE-01 .....	266
Tabel 67. Spesifikasi Pipa Pemasukan dari IN-01 .....	266
Tabel 68. Spesifikasi Pipa Pemasukan dari Blower Udara .....	267
Tabel 69. Spesifikasi Pipa Pengeluaran Menuju TI-01 .....	268
Tabel 70. Spesifikasi Pipa Pengeluaran Gas .....	268
Tabel 71. Nilai UD pada Berbagai Sistem Pendinginan .....	271
Tabel 72. Neraca Massa di EV-01 .....	276
Tabel 73. Data Perhitungan Kapasitas Panas .....	276
Tabel 74. Perhitungan Kapasitas Panas Campuran .....	277
Tabel 75. Data Perhitungan Viskositas Larutan .....	277
Tabel 76. Viskositas Glukosa, Fruktosa, dan Sukrosa pada Suhu Tertentu.....	277
Tabel 77. Perhitungan Viskositas Larutan .....	278
Tabel 78. Data Perhitungan Viskositas <i>Steam</i> .....	278
Tabel 79. Data Perhitungan Konduktivitas Larutan.....	278
Tabel 80. Perhitungan Konduktivitas Larutan .....	279
Tabel 81. Data Perhitungan Densitas Larutan.....	279
Tabel 82. Perhitungan Densitas <i>Cold Fluid</i> .....	280
Tabel 83. Data Sifat-Sifat <i>Steam</i> .....	281
Tabel 84. Perhitungan Nilai $\Delta T$ LMTD .....	281
Tabel 85. <i>Range</i> Nilai UD.....	282
Tabel 86. Ukuran Standar <i>Tube</i> .....	284
Tabel 87. Ukuran <i>Tube</i> yang Dipilih .....	284
Tabel 88. Jumlah <i>Tube</i> Standar .....	285
Tabel 89. Ukuran <i>Shell</i> dan <i>Tube</i> .....	285
Tabel 90. Ringkasan Evaporator <i>Vertical Tube</i> .....	288

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Struktur Kimia Asam Sitrat.....	4
Gambar 2. Diagram Alir Kualitatif .....	20
Gambar 3. Diagram Alir Kuantitatif .....	21
Gambar 4. <i>Process Flow Diagram</i> Pabrik Asam Sitrat dari Tetes .....	22
Gambar 5. Skema Neraca Massa di M-01 .....	23
Gambar 6. Skema Neraca Massa di IN-01 .....	24
Gambar 7. Skema Neraca Massa di FR-01 .....	25
Gambar 8. Skema Neraca Massa di RF-01 .....	26
Gambar 9. Skema Neraca Massa di PT-01 .....	27
Gambar 10. Skema Neraca Massa di M-02 .....	28
Gambar 11. Skema Neraca Massa di CT-01 .....	28
Gambar 12. Skema Neraca Massa di ACD-01 .....	29
Gambar 13. Skema Neraca Massa di RF-02 .....	30
Gambar 14. Skema Neraca Massa di PW-01 .....	30
Gambar 15. Skema Neraca Massa di EV-01.....	31
Gambar 16. Skema Neraca Massa di M-03 .....	32
Gambar 17. Skema Neraca Massa di C-01 .....	33
Gambar 18. Skema Neraca Massa di CT-02.....	33
Gambar 19. Skema Neraca Massa di RD-01 .....	34
Gambar 20. Skema Neraca Massa di CY-01 .....	35
Gambar 21. Skema Neraca Massa di SC-01 .....	35
Gambar 22. Skema Neraca Massa <i>Overall</i> .....	37
Gambar 23. Diagram Pengolahan Air Sungai.....	81
Gambar 24. Peta Wilayah Pembangunan Pabrik .....	104
Gambar 25. Tata Letak Pabrik .....	105
Gambar 26. Tata Letak Alat Proses .....	106
Gambar 27. EMS Model .....	112
Gambar 28. Struktur Organisasi SHEQ <i>Department</i> .....	117
Gambar 29. Penentuan <i>Node</i> sebagai Pedoman Identifikasi HAZOP .....	181
Gambar 30. Sistem Pengamanan pada <i>Boiler</i> .....	199

Gambar 31. Diagram Organisasi Pabrik .....	204
Gambar 32. Grafik CEP <i>Cost Index</i> Tahun 1963-2000 .....	220
Gambar 33. Grafik Evaluasi Ekonomi .....	239
Gambar 34. Hubungan Perubahan Nilai <i>Variable</i> pada Perubahan DCFRR.....	241
Gambar 35. Contoh Gambar Fermentor.....	248
Gambar 36. Hubungan Konsentrasi Sel, Substrat, dan Produk dengan Waktu ...	251
Gambar 37. Penjadwalan Proses <i>Batch</i> (Inokulum dan Fermentor) .....	254
Gambar 38. Skema Penampang Reaktor.....	255
Gambar 39. Jenis <i>Impeller</i> .....	257
Gambar 40. Skema Perancangan <i>Head</i> .....	259
Gambar 41. Dimensi <i>Standard</i> .....	260
Gambar 42. Hubungan Bilangan Reynold dengan <i>Po</i> .....	264
Gambar 43. <i>Detail Design</i> FR-01 .....	274
Gambar 44. Skema Alat Evaporator .....	275
Gambar 45. <i>Torispherical Flanged and Dsihed Head</i> .....	289
Gambar 46. <i>Detail Design</i> EV-01 .....	292
Gambar 47. Skema RD-01 .....	293
Gambar 48. Ilustrasi Zona dan Gradien Suhu pada <i>Rotary Dryer</i> .....	299
Gambar 49. <i>Detail Design</i> RD-01.....	303