

SKRIPSI
PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA DENGAN
REAKSI DEHIDROGENASI OKSIDATIF BUTILEN KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN



Dibuat untuk memenuhi Syarat Kurikulum Tingkat Sarjana pada Jurusan
Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

MOHAMMAD EDWAR SOPAN (03121003077)

JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

HALAMAN PENGESAHAN

PRA RENCANA PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA KAPASITAS
60.000 TON PER TAHUN

SKRIPSI

Diajukan untuk melengkapi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana

Oleh:

Mohammad Edwar Sopan
NIM. 03121003077

Inderalaya, September 2019

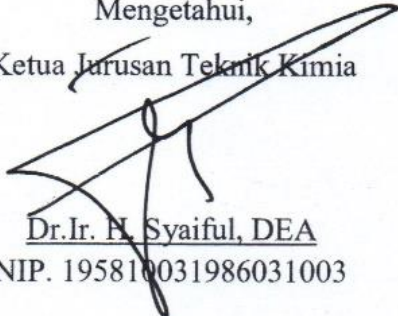
Pembimbing,



Ir. Siti Miskah, M.T.
NIP. 195602241984032002

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

LEMBAR PERBAIKAN

Denagn ini menyatakan bahwa:

MOHAMMAD EDWAR SOPAN


(03121003077)

Judul:


**PRA-RANCANGAN PABRIK PEMBUATAN 1,3-BUTADIENA KAPASITAS
60.000 TON/TAHUN**

Mahasiswa tersebut telah menyelesaikan tugas perbaikan yang diberikan pada pelaksanaan Sidang Akhir Sarjana di Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2019 oleh Dosen Penguji:

Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M. Eng.
NIP. 195910191987111001


(_____)

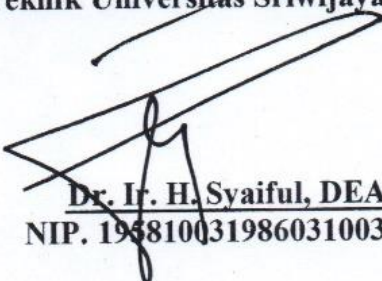
Tuty Emilia Agustian, ST., MT, Ph.D
NIP. 197208092000032001


(_____)

Indralaya, September 2019

Mengetahui,

**Ketua Jurusan Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 196810031986031003

HALAMAN PERSETUJUAN

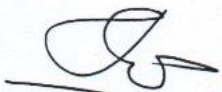
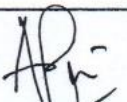
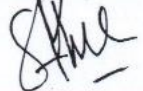
Karya tulis ilmiah berupa Skripsi dengan judul "Pra Rancangan Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena Kapasitas 60.000 Ton/Tahun" telah dipertahankan Mohammad Edwar Sopan di hadapan Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 11 Juli 2019.

Indralaya, Agustus 2019

Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng.
NIP. 195910191987111001


Tuty Emilia Agustina, ST., MT., Ph.D
NIP. 197208092000032001

Ir. Siti Miskah, MT
NIP. 195602241984032002


(

(

)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

SURAT PERNYATAAN INTEGRITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mohammad Edwar Sopan

NIM : 03121003077

Judul Tugas Akhir : Pra-Rancangan Pabrik Pembuatan 1,3-Butadiena Kapasitas
60.000 ton/tahun

Fakultas/Jurusan : Teknik / Teknik Kimia

Menyatakan bahwa Skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri atas nama **Mohammad Edwar Sopan** dengan didampingi pembimbing, dan bebas dari peniruan terhadap karya orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain dirujuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa dalam penelitian ini terkandung ciri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Indralaya, 18 September 2019

Pembuat pernyataan



Mohammad Edwar Sopan

NIM 03121003077

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pra Rencana Pabrik Pembuatan Butadiena dengan Reaksi Dehidrogenasi Oksidatif Butilen Kapasitas 60.000 Ton/Tahun”.

Penulisan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk mengikuti ujian sarjana di Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah turut membantu selama pengerjaan Tugas Akhir ini:

1. Bapak Dr. Ir. H. Syaiful, DEA, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya.
2. Ibu Dr. Hj. Leily Nurul Komariah, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
3. Ibu Ir. Siti Miskah, MT., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
4. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Kimia Universitas Sriwijaya yang telah memberikan ilmu, bantuan, saran-saran, dan motivasi.
5. Orangtua, keluarga dan seluruh pihak yang terlibat dan turut membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi rekan mahasiswa dan pembaca sekalian.

Indralaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------------------------------|
| SKRIPSI..... | 1 |
| DAFTAR ISI..... | ii |
| DAFTAR TABEL..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| BAB I..... | 1 |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Sejarah dan Perkembangan..... | 2 |
| 1.3. Proses Pembuatan Butadiena..... | 3 |
| 1.3.1. <i>Steam Cracking</i> | 3 |
| 1.3.2. Dehidrogenasi n-Butana..... | 3 |
| 1.3.3. Oksidehidrogenasi Butilene | 3 |
| 1.4. Sifat Fisik dan Kimia..... | 4 |
| 1.4.1. Bahan Baku | 4 |
| 1.4.2. Produk Utama | 7 |
| 1.4.3. Produk Samping | 7 |
| BAB II..... | Error! Bookmark not defined. |
| 2.1. Latar Belakang Pendirian Pabrik..... | Error! Bookmark not defined. |
| 2.2. Pemilihan Kapasitas | Error! Bookmark not defined. |
| 2.3. Pemilihan Bahan Baku | Error! Bookmark not defined. |
| 2.4. Pemilihan Proses | Error! Bookmark not defined. |
| 2.5. Uraian Proses..... | Error! Bookmark not defined. |
| BAB III | Error! Bookmark not defined. |
| 3.1. Lokasi Pabrik..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3.2. Tata Letak Pabrik | Error! Bookmark not defined. |
| 3.3. Perkiraan Luas Pabrik | Error! Bookmark not defined. |
| BAB IV | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1. Neraca Massa | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.1. Steam Feed Heat Exchanger (E-105)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1.2. Mixing Point (MP-101)..... | Error! Bookmark not defined. |

- 4.1.3. Mixing Point (MP-102).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.4. Mixing Point (MP-103).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.5. Reaktor / Stage 1 (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.6. Butylene's Second Reactor Feed Condenser (E-120)..... **Error!
Bookmark not defined.**
- 4.1.7. Mixing Point (MP-126).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.8. Mixing Point (MP-127).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.9. Reaktor / Stage 2 (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.10. Crude Butadiena Heater (H-200A/B)..... **Error! Bookmark not
defined.**
- 4.1.11. First Water Scrubber (V-210)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.12. Multistage Compressor (C-215A/B) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.13. Second Water Scrubber (V-220).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.14. Absorber Tower (V-230).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.15. Absorber Heater (H-232)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.16. Stripper Tower (V-240).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.17. Absorben Cooler (E-241).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.18. Decanter (V-243)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.19. Evaporator (V-245)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.20. Evaporator Reboiler (E-246).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.21. Stripper Condenser (E-247)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.22. Stripper Reflux Drum (V-248).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.23. Butadiena Extraction Column (V-250) **Error! Bookmark not
defined.**
- 4.1.24. De-butadienizer Column (V-260)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.25. De-butadienizer Reboiler (E-262)....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.26. NMP Accumulator (V-264)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.27. De-butadienizer Condenser (E-265) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.1.28. Butadienizer Reflux Drum (E-266)..**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2. Neraca Panas**Error! Bookmark not defined.**

- 4.2.1. Feed Steam Heat Exchanger (E-105)..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.2. Mixing Point (MP-101).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.3. Mixing Point (MP-102).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.4. Mixing Point (MP-103).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.5. Reaktor / Stage 1 (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.6. Butylene's Second Reactor Feed Condenser (E-120)..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.7. Mixing Point (MP-126).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.8. Mixing Point (MP-127).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.9. Reaktor / Stage 2 (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.10. Crude Butadiena Heater (H-200A/B)..... **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.11. First Water Scrubber (V-210)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.12. Multistage Compressor (C-215A/B) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.13. Second Water Scrubber (V-220).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.14. Absorber Tower (V-230).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.15. Absorber Heater (H-233)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.16. Stripper Tower (V-240).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.17. Absorben Cooler (E-241).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.18. Decanter (V-243)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.19. Evaporator (V-245)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.20. Evaporator Reboiler (E-246).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.21. Stripper Condenser (E-247)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.22. Stripper Reflux Drum (V-248).....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.23. Butadiena Extraction Column (V-250) **Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.24. De-butadienizer Column (V-260)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.25. De-butadienizer Reboiler (E-262)....**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.26. NMP Accumulator (V-264)**Error! Bookmark not defined.**
- 4.2.27. De-butadienizer Condenser (E-265) **Error! Bookmark not defined.**

| | | |
|-------------|--|-------------------------------------|
| 4.2.28. | Butadienizer Reflux Drum (V-266) | Error! Bookmark not defined. |
| BAB V..... | | Error! Bookmark not defined. |
| 5.1. | Unit Pengadaan Steam..... | Error! Bookmark not defined. |
| 5.2. | Unit Pengadaan Refrigerant | Error! Bookmark not defined. |
| 5.2.1. | Refrigrant | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3. | Unit Pengadaan Air | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.1. | Air Umpan Boiler..... | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.2. | Air Proses | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.3. | Air Domestik..... | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.4. | Total Kebutuhan Air | Error! Bookmark not defined. |
| 5.4. | Unit Pengadaan Listrik | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.1. | Peralatan | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.2. | Penerangan | Error! Bookmark not defined. |
| 5.3.5. | Unit Pengadaan Bahan Bakar | Error! Bookmark not defined. |
| BAB VI..... | | Error! Bookmark not defined. |
| 1. | Water Tank (TK-001) | Error! Bookmark not defined. |
| 2. | Butylene Tank (TK-002)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3. | Oxygen Tank (TK-003)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4. | Carbon Dioxide Tank (TK-004)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 5. | Butylene's Second Reactor Feed / BSRF Condensor (E-120)..... | Error! Bookmark not defined. |
| | | Bookmark not defined. |
| 6. | Absorben Cooler (E-241)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 7. | Stripper Condenser (E-247) | Error! Bookmark not defined. |
| 8. | De-butadienizer Condenser (E-265) | Error! Bookmark not defined. |
| 9. | Feed Steam Heat Exchanger (E-105)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10. | Crude Butadiena Heater (H-200A/B)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 11. | Absorber Heater (H-233)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 12. | First Water Scrubber (V-210)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 13. | Second Water Scrubber (V-220) | Error! Bookmark not defined. |
| 14. | Multistage Compressor (C-215A/B) | Error! Bookmark not defined. |
| 15. | Stripper Reflux Drum (V-248)..... | Error! Bookmark not defined. |

| | | |
|---------------|---|-------------------------------------|
| 16. | Evaporator Reboiler (E-246) | Error! Bookmark not defined. |
| 17. | De-butadienizer Reboiler (E-262) | Error! Bookmark not defined. |
| 18. | Pompa P-125 | Error! Bookmark not defined. |
| 19. | Pompa P-231 | Error! Bookmark not defined. |
| 20. | Pompa P-232 | Error! Bookmark not defined. |
| 21. | Pompa P-242 | Error! Bookmark not defined. |
| 22. | Pompa P-249 | Error! Bookmark not defined. |
| 23. | Pompa P-251 | Error! Bookmark not defined. |
| 24. | Pompa P-252 | Error! Bookmark not defined. |
| 25. | Pompa P-265 | Error! Bookmark not defined. |
| 26. | Pompa P-267 | Error! Bookmark not defined. |
| BAB VII | | Error! Bookmark not defined. |
| 7.1. | Bentuk Perusahaan | Error! Bookmark not defined. |
| 7.2. | Struktur Organisasi | Error! Bookmark not defined. |
| 7.2.1. | Direktur Teknik dan Produksi, membawahi: . | Error! Bookmark not defined. |
| 7.2.2. | Direktur Keuangan dan Pemasaran, membawahi: | Error! Bookmark not defined. |
| 7.2.3. | Direktur Umum, membawahi: | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3. | <i>Tugas dan Wewenang</i> | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.1. | Dewan Komisaris | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.2. | Direktur Utama | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.3. | Direktur Teknik dan Produksi | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.4. | Direktur Pemasaran dan Keuangan .. | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.5. | Direktur Umum dan Kepegawaian .. | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.6. | Kepala Bagian | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.7. | Kepala Seksi | Error! Bookmark not defined. |
| 7.3.8. | Operator atau Karyawan | Error! Bookmark not defined. |
| 7.4. | Kepegawaian | Error! Bookmark not defined. |
| 7.4.1. | Peraturan Pekerjaan | Error! Bookmark not defined. |
| 7.4.2. | Waktu Kerja | Error! Bookmark not defined. |

| | | |
|--------|---|-------------------------------------|
| 7.5. | Penentuan Jumlah Buruh..... | Error! Bookmark not defined. |
| 7.5.1. | Pengelompokan Buruh Pabrik..... | Error! Bookmark not defined. |
| 7.6. | Metode Penentuan Jumlah Buruh..... | Error! Bookmark not defined. |
| 7.6.1. | <i>Direct Operating Labor</i> | Error! Bookmark not defined. |
| | Direktur Utama..... | Error! Bookmark not defined. |
| A. | Direktur Teknik dan Produksi..... | Error! Bookmark not defined. |
| B. | Direktur Pemasaran dan Keuangan..... | Error! Bookmark not defined. |
| C. | Direktur Umum dan Kepegawaian..... | Error! Bookmark not defined. |
| | Jumlah Karyawan..... | Error! Bookmark not defined. |
| | BAB VIII..... | Error! Bookmark not defined. |
| 8.1. | Keuntungan (Profitabilitas) | Error! Bookmark not defined. |
| 8.1.1. | Perhitungan <i>Annual Cash Flow</i> | Error! Bookmark not defined. |
| 8.2.1. | Lama Pengangsuran Pengembalian Modal. ... | Error! Bookmark not defined. |
| | defined. | |
| 8.2.2. | <i>Pay Out Time (POT)</i> | Error! Bookmark not defined. |
| 8.3. | Total Modal Akhir..... | Error! Bookmark not defined. |
| 8.3.1. | Net Profit Over Total life of Project (NPOTLP)... | Error! Bookmark not defined. |
| | not defined. | |
| 8.3.2. | <i>Total Capital Sink</i> | Error! Bookmark not defined. |
| 8.4. | Laju Pengembalian Modal..... | Error! Bookmark not defined. |
| 8.4.1. | <i>Rate of Return Investment (ROR)</i> | Error! Bookmark not defined. |
| 8.4.2. | Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)..... | Error! |
| | Bookmark not defined. | |
| 8.5. | Break Even Point (BEP)..... | Error! Bookmark not defined. |
| | BAB IX | Error! Bookmark not defined. |
| | BAB X..... | Error! Bookmark not defined. |
| | LAMPIRAN I | Error! Bookmark not defined. |
| 1. | Mix Point Butylene-Steam (MP-101) | Error! Bookmark not defined. |
| 2. | Mix Point Oxygen-Dilluent (MP-102)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3. | Mix Point Butylene-Steam-Oxygen-Dilluent (MP-103).. | Error! Bookmark not defined. |
| | not defined. | |

4. Mix Point Butylene-Water (MP-126)**Error! Bookmark not defined.**
 5. Mix Point Butylene-Water-Oxygen (MP-127) **Error! Bookmark not defined.**
 6. Reaktor (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
 7. First Water Scrubber (V-210)**Error! Bookmark not defined.**
 8. Second Water Scrubber (V-220).....**Error! Bookmark not defined.**
 9. Absorber Tower (V-230).....**Error! Bookmark not defined.**
 10. Stripper Tower (V-240).....**Error! Bookmark not defined.**
 11. Water Evaporator (V-245).....**Error! Bookmark not defined.**
 12. Butadiena Extraction Column (V-250) ...**Error! Bookmark not defined.**
 13. De-Butadienizer Destilation Coloum (V-260) **Error! Bookmark not defined.**
- LAMPIRAN II**Error! Bookmark not defined.**
1. Feed Steam Heat Exchanger (E-105).....**Error! Bookmark not defined.**
 2. Mix Point Butylene-Steam (MP-101)**Error! Bookmark not defined.**
 3. Mix Point Oxygen-Dilluent (MP-102).....**Error! Bookmark not defined.**
 4. Mix Point Butylene-Steam-Oxygen-Dilluent (MP-103)..**Error! Bookmark not defined.**
 5. Mix Point Butylene-Water (MP-126)**Error! Bookmark not defined.**
 6. Mix Point Butylene-Water-Oxygen (MP-127) **Error! Bookmark not defined.**
 7. Butylene's Second Reactor Feed / BSRF Condensor (E-120)..... **Error! Bookmark not defined.**
 8. Reaktor / Stage 1 (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
 9. Reaktor / Stage 2 (R-100)**Error! Bookmark not defined.**
 10. Crude Butadiena Heater (H-200A/B).....**Error! Bookmark not defined.**
 11. First Water Scrubber (V-210).....**Error! Bookmark not defined.**
 12. Multistage Compressor (C-215A/B)**Error! Bookmark not defined.**
 13. Second Water Scrubber (V-220)**Error! Bookmark not defined.**
 14. Absorber Tower (V-230).....**Error! Bookmark not defined.**
 15. Absorber Heater (H-233).....**Error! Bookmark not defined.**

| | | |
|-----|--|-------------------------------------|
| 14. | Stripper Tower (V-240)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 15. | Absorben Cooler (E-241) | Error! Bookmark not defined. |
| 16. | Decanter (V-243)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 17. | Evaporator (V-245) | Error! Bookmark not defined. |
| 18. | Evaporator Reboiler (E-246) | Error! Bookmark not defined. |
| 19. | Stripper Condenser (E-247)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 16. | Butadiena Extraction Column (V-250) ... | Error! Bookmark not defined. |
| 20. | De-Butadienizer Column (V-260)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 21. | De-butadienizer Reboiler (E-262) | Error! Bookmark not defined. |
| 22. | De-butadienizer Condenser (E-265)..... | Error! Bookmark not defined. |
| | LAMPIRAN III..... | Error! Bookmark not defined. |
| 1. | Water Tank (TK-001) | Error! Bookmark not defined. |
| 2. | Butylene Tank (TK-002)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 3. | Oxygen Tank (TK-003)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4. | Carbon Dioxide Tank (TK-004)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 5. | Butylene's Second Reactor Feed / BSRF Condensor (E-120)..... | Error! Bookmark not defined. |
| | Bookmark not defined. | |
| 6. | Absorben Cooler (E-241)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 7. | Stripper Condenser (E-247) | Error! Bookmark not defined. |
| 8. | De-butadienizer Condenser (E-265) | Error! Bookmark not defined. |
| 9. | Feed Steam Heat Exchanger (E-105)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 10. | Reaktor (R-100)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 11. | Crude Butadiena Heater (H-200A/B) | Error! Bookmark not defined. |
| 12. | Absorber Heater (H-233)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 13. | First Water Scrubber (V-210)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 14. | Second Water Scrubber (V-220) | Error! Bookmark not defined. |
| 15. | Multistage Compressor (C-215A/B) | Error! Bookmark not defined. |
| 16. | Absorber Tower (V-230)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 17. | Decanter (V-243)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 18. | Stripper Reflux Drum (V-248) | Error! Bookmark not defined. |
| 19. | Stripper Tower (V-240)..... | Error! Bookmark not defined. |

| | | |
|------------------|--|-------------------------------------|
| 20. | Evaporator (V-245) | Error! Bookmark not defined. |
| 21. | Evaporator Reboiler (E-246) | Error! Bookmark not defined. |
| 22. | De-butadienizer Reboiler (E-262) | Error! Bookmark not defined. |
| 23. | Butadiena Extraction Column (V-250) ... | Error! Bookmark not defined. |
| 24. | De-Butadienizer Column (V-260)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 25. | Pompa P-125 | Error! Bookmark not defined. |
| 26. | Pompa P-231 | Error! Bookmark not defined. |
| 27. | Pompa P-232 | Error! Bookmark not defined. |
| 28. | Pompa P-242 | Error! Bookmark not defined. |
| 29. | Pompa P-249 | Error! Bookmark not defined. |
| 30. | Pompa P-251 | Error! Bookmark not defined. |
| 31. | Pompa P-252 | Error! Bookmark not defined. |
| 32. | Pompa P-265 | Error! Bookmark not defined. |
| 33. | Pompa P-267 | Error! Bookmark not defined. |
| LAMPIRAN IV..... | | Error! Bookmark not defined. |
| 4.1. | Menentukan Indeks Harga..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.2. | Perhitungan Harga Peralatan | Error! Bookmark not defined. |
| 4.3. | Perhitungan Biaya | Error! Bookmark not defined. |
| 4.3.1. | Bahan Baku, Katalis, dan Bahan Pendukung. | Error! Bookmark not defined. |
| 4.3.2. | Biaya Bahan Bakar..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.3.3. | Perhitungan Harga Tanah..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.3.4. | Perhitungan Harga Bangunan | Error! Bookmark not defined. |
| 4.4. | Operating Labour | Error! Bookmark not defined. |
| 4.5. | Perhitungan <i>Total Capital Investment</i> (TCI)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.6. | <i>Fixed capital Investement</i> (FCI)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.7. | <i>Working Capital</i> (20 % TCI)..... | Error! Bookmark not defined. |
| 4.8. | Perhitungan Total Production Cost (TPC) | Error! Bookmark not defined. |

DAFTAR TABEL

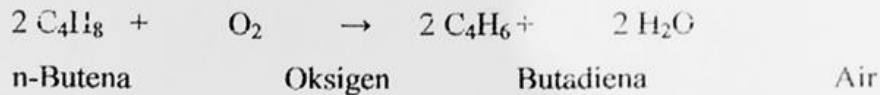
- Tabel 1.** Kebutuhan impor Butadiena.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 2.** Perbandingan Proses Pembuatan Butadiene..... **Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 3.** Pembagian Jam Kerja Pekerja Shift**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 4.** Perincian Jumlah Karyawan**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 5.** Angsuran Pengembalian Modal**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 6.** Kesimpulan Analisa Ekonomi.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 7.** Indeks Harga Tahun 1987-2002.....**Error! Bookmark not defined.**
- Tabel 8.** Daftar Harga Peralatan Tahun 2020.....**Error! Bookmark not defined.**

DAFTAR GAMBAR

- Gambar 1.** Grafik Kebutuhan impor 1,3-Butadiena di Indonesia **Error!
Bookmark not defined.**
- Gambar 2.** P&ID Main Process of Butadiena's Reactor (Example 03) **Error!
Bookmark not defined.**
- Gambar 3.** PFD Pre-Liminary Butadiene Plant ...**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.** Plant Layout 3D View**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 5.** Plant Layout top V.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 6.** Lokasi Perencanaan Pendirian Pabrik **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 7.** Lokasi Pendirian Pabrik pada Peta**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 8.** Layout Peralatan**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 9.** Denah area Pabrik.....**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 10.** Struktur Organisasi**Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 11.** Grafik Break Even Point.....**Error! Bookmark not defined.**

ABSTRAK

Pabrik 1,3-Butadiena direncanakan berlokasi di daerah Anyar, Kabupaten Serang, Banten. Pabrik ini meliputi area seluas 4,9 Ha dengan kapasitas 60.000 ton per tahun. Proses pembuatan 1,3-Butadienadiakukan dengan mereaksikan butena dan oksigen secara adiabatik yang berlangsung di Reaktor (R-160) pada temperatur 365°C dan tekanan 0,6 atm dengan reaksi sebagai berikut:



Setelah melalui tahap purifikasi, dilakukan tahap pemisahan untuk memisahkan butadiena dan air, sehingga diperoleh butadiena dalam bentuk liquid dengan kemurnian 99,60%. Pabrik 1,3-Butadienadidirikan sebagai perusahaan dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem organisasi *line and staff*, yang dipimpin oleh dewan komisaris dengan jumlah karyawan 112 orang.

Hasil analisa ekonomi dari pra rencana Pabrik Pembuatan 1,3-Butadienaini adalah sebagai berikut:


| | |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Investasi | = US \$ 50,776,926.10 |
| Hasil penjualan per tahun | = US \$ 884,886,847.88 |
| Biaya produksi per tahun | = US \$ 851,991,264.22 |
| Laba bersih per tahun | = US \$ 28,998,136.48 |
| <i>Pay Out time</i> | = 2,2725 tahun = 2,5 tahun |
| <i>Rate of return on investment</i> | = 49,1089% |
| <i>Discounted Cash Flow –ROR</i> | = 56,7800% |
| <i>Break Even Point</i> | = 24,4574% |
| <i>Service Life</i> | = 11 tahun |

Indralaya, Juli 2019

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Kimia


Dr. Ir. H. Syaiful, DEA
NIP. 195810031986031003

Dosen Pembimbing Tugas Akhir


Ir. Siti Miskah, M.T.
NIP. 195602241984032002

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Butadiena merupakan senyawa konjugasi sederhana dengan rumus molekul C_4H_6 yang memiliki peranan penting di dalam industri pembuatan karet sintesis. Butadiena utamanya digunakan sebagai monomer dalam pembuatan beberapa tipe polimer dan kopolimer pada industri pembuatan karet sintesis, seperti *Polibutadiene* (PB), *Acrylonitrile-Butadiene-Styrene* (ABS), *Styrene-Butadiene Rubber* (SBR), *Styrene-Butadiene Copolymer* (Latex), dan lain sebagainya.

Perbandingan tingkat konsumsi karet sintesis di dunia berada pada angka 65%, lebih tinggi dibandingkan dengan daya konsumsi karet alam dengan angka 35% dari jumlah total daya konsumsi dunia (Tim Penebar Swadaya, 2008). Merujuk pada tingginya presentase kebutuhan karet sintesis pada masa kini, penyediaan dan pemberdayaan produksi karet sintesis menjadi kebutuhan khusus yang dapat dimanfaatkan bagi sektor industri di dalam negeri. Potensi kebutuhan karet sintesis di dalam negeri sendiri telah menggeser peranan utama pemanfaatan karet alam, di mana faktor keunggulan pada sifat fisis karet sintesis seperti memiliki daya elastis bahan yang sempurna, serta ketahanan material pada kondisi asam dan tidak mudah panas. Beberapa industri dan suplayer penyedia karet sintesis dalam negeri yang telah beroperasi di antaranya PT. Chandra Asri Petrochemical Tbk, PT. Gajah Tunggal Tbk, PT. Korea Kumho Petrochemical Co. Ltd., PT. Pilar Bersama Maju Tbk, PT. Multi Citra Chemindo Nusa Tbk, CV. Garpan & Co., dan PT. Michelin Indonesia.

Di samping keutamaan butadiena sebagai bahan baku karet sintesis, pemanfaatan butadiena juga digunakan sebagai bahan dasar pembuatan adiponitril (ADN) yang akan digunakan sebagai bahan baku pada industri pembuatan Nilon 6,6. Klorinasi butadiena dengan klor akan membentuk senyawa *dichloroethylene* yang kemudian akan direaksikan dengan natrium sianida (NaCN) membentuk karbon subnitrida (C_4N_2) sebagai reaktan utama pembentuk senyawa produk *hexanedinitrile* ($C_6H_8N_2$) atau nama lain dari adiponitril. Butadiena bersifat

noniritatif bila terkontak dengan kulit manusia, bersifat mudah menguap dalam kondisi suhu ruang yang dapat menyebabkan iritasi bila terkontak langsung dengan mata. Butadiena memiliki sifat fisis tidak berwarna baik dalam fase liquid maupun gas, tidak bersifat korosif dan memiliki bau khas bahan bakar (*gasoline*) ringan. Butadiena berfase gas dalam keadaan temperatur kamar dan disimpan dengan kondisi bertekanan dalam wujud liquid atau *compressed gas* (gas bertekanan), didistribusi menggunakan jalur perpipaan, tangki yang diangkut dengan rail perkeretaaan, truk tangki berpengangkut, atau melalui jalur laut dan perairan dengan menggunakan tongkang.

1.2. Sejarah dan Perkembangan

Pada tahun 1863 seorang ilmuwan Perancis melakukan percobaan pemisahan senyawa hidrokarbon butadiena dari hasil pirolisis amil alkohol, produk hidrokarbon hasil pemisahan tersebut kemudian untuk kali pertama diidentifikasi sebagai butadiena setelah Henry Edward melakukan percobaan yang sama dengan memisahkan butadiena dari salah satu produk pirolisis senyawa minyak bumi pada tahun 1886.

Di beberapa negara maju seperti Amerika, Jepang, dan negara-negara di Eropa Barat, periode awal butadiena diproduksi berupa produk samping dalam memproduksi etilen dan beberapa hidrokarbon ringan rangkap dua (alkena) dengan penggunaan proses steam cracking. Butadiena juga diproduksi dengan proses dehidrogenasi katalitik dari butana (n-butana), pabrik komersial butadiena pertama pasca perang dunia II, memproduksi 65.000 ton pertahun butadiene, yang mulai beroperasi pada tahun 1957 di Houston, Texas. Di bagian dunia lainnya seperti Amerika Selatan, Eropa Timur, Cina, dan India, butadiena diproduksi dengan menggunakan etanol sebagai bahan baku dalam kapasitas produksi yang kecil. Disamping itu, 1,3-Butadiene juga diproduksi dengan menggunakan proses dehidrogenasi katalitik dari butene. Metode ini juga digunakan oleh Program Karet Sintetis Amerika Serikat (US SRP) selama Perang Dunia II.

1.3. Proses Pembuatan Butadiena

1.3.1. *Steam Cracking*

Steam Cracking merupakan reaksi pirolisis kompleks, dalam keadaan endotermis tinggi. Selama reaksi berlangsung bahan baku hidrokarbon disuplai dalam kondisi telah melalui tahap perlakuan bahan baku dengan melakukan pemanasan hidrokarbon pada temperatur kisaran 800°C dan tekanan 34 kPa (5 psi), untuk memudahkan pemutusan rantai carbon-carbon dan carbon-hidrogen dalam kurang dari satu detik. Hasil produk dari reaksi ini akan didinginkan dan dipisahkan menjadi beberapa produk berdasarkan range titik didih untuk memisahkan komponen C₁, C₂, C₃, C₄, dan fraksi berat lainnya. Komponen fraksi C₄ hasil proses pemisahan terdiri dari butadiena, isobutilene, n-butene, 2-butene, dan beberapa komponen kecil hidrokarbon. Secara umum, pada proses *steam cracking* bahan baku yang lebih berat akan menghasilkan jumlah butadiena yang lebih besar sebagai produk samping (Kirk dan Othmer, 1963).

1.3.2. Dehidrogenasi n-Butana

Pembuatan Butadiena melalui proses dehidrogenasi butana dilakukan menggunakan prinsip Houdry dengan kondisi tekanan vakum, antara 35–75 kPa (5–11 psi) dengan suhu kisaran 535–650°C menggunakan katalis fixed-bed. Katalis yang digunakan berupa aluminium-oksida dan kromium oksida sebagai komponen utama. Reaksi terjadi secara endotermik dan siklus waktu penggunaan katalis hanya selama 10 menit untuk dapat menampung penumpukan endapan saat berlangsungnya reaksi. Beberapa reaktor akan dipasang secara paralel pada plant untuk menghendaki produk tetap dihasilkan secara kontinyu, sementara katalis pada reaktor lain mengalami regenerasi. Konversi yang dicapai dari proses ini sebesar 30–40% dengan angka yield maksimum 60–65 wt % (Kirk dan Othmer, 1963).

1.3.3. Oksidehidrogenasi Butilene

Butilene dapat di-dehidrogenasi secara oksidatif menjadi butadiena dengan keberadaan media pemanas, steam berkemurnian tinggi guna menghasilkan selektivitas produk butadiena yang cukup tinggi. Reaksi berlangsung dengan

tekanan sekitar 34–103 kPa (5–15 psi) dan dalam temperatur di bawah 600°C untuk meminimalisir oksidasi berlebih (Kirk dan Othmer, 1963).

1.4. Sifat Fisik dan Kimia

1.4.1. Bahan Baku

1.4.1.1. 1-Butene

Sifat Fisik

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Rumus Kimia | : C ₄ H ₈ |
| Berat Molekul | : 56,11 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (gas, 25°C) | : 0,620 g/cm ³ |
| Wujud | : Gas |
| Titik Lebur | : -185,3°C |
| Titik Didih | : -6,26°C |
| Temperatur Kritis | : 146,45°C |
| Tekanan Kritis | : 583,48 psi |
| Viskositas | : 0,00776 cP |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 85,5 kJ/mol.K |
| Panas Pembakaran (25°C) | : -2719.1 kJ/mol |
| Panas Penguapan (25°C) | : 358,7 J/g |

Data Termodinamika

| | |
|--------------------------------|-----------------|
| $\Delta H_f^\circ_{298}$ (gas) | = -0,04 kJ/mol |
| ΔG°_{298} (gas) | = 71,38 kJ/mol |
| cP_{cair} | = 121,6 J/mol.K |

(Steiner, 1961)

Sifat Kimia

- 1-Butena bersifat stabil dalam kondisi tunggal tetapi berpolimerisasi secara eksotermal.
- Bersifat mudah terbakar dan mudah meledak jika bercampur dengan udara.
- Tidak kompatibel dengan garam-garam logam, flour dan halogen lainnya, nitrogen oksida, boron trifluorida, asam hidrohialida, dan oksidator kuat.

1.4.1.2. Cis-Butene

Sifat Fisik

| | |
|-------------------------|---------------------------------|
| Rumus Kimia | : C ₄ H ₈ |
| Berat Molekul | : 56,11 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (gas, 25°C) | : 0,641 g/cm ³ |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Gas |
| Titik Lebur | : -138,92°C |
| Titik Didih | : 3,72°C |
| Temperatur Kritis | : 162,43°C |
| Tekanan Kritis | : 609,88 psi |
| Viskositas | : 0,00782 cP |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 79,4 kJ/mol.K |
| Panas Pembakaran (25°C) | : -2712.1 kJ/mol |
| Panas Penguapan (25°C) | : 394,5 J/g |

Data Termodinamika

| | |
|--------------------------------|-----------------|
| $\Delta H_f^\circ_{298}$ (gas) | = -6,91 kJ/mol |
| ΔG°_{298} (gas) | = 65,98 kJ/mol |
| cP_{cair} | = 118,8 J/mol.K |

(Ullmann, 1914)

1.4.1.3. Trans-Butene

Sifat Fisik

| | |
|----------------------|---------------------------------|
| Rumus Kimia | : C ₄ H ₈ |
| Berat Molekul | : 56,11 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (gas, 25°C) | : 0,626 g/cm ³ |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Gas |
| Titik Lebur | : -105,53°C |
| Titik Didih | : 0,88°C |
| Temperatur Kritis | : 155,48°C |
| Tekanan Kritis | : 595,23 psi |

| | |
|--------------------------------|---------------------|
| Viskositas | : 0,00763 <i>cP</i> |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 88,3 kJ/mol.K |
| Panas Pembakaran (25°C) | : -2708.1 kJ/mol |
| Panas Penguapan (25°C) | : 380,3 J/g |
| Data Termodinamika | |
| $\Delta H_f^\circ_{298}$ (gas) | = -11,1 kJ/mol |
| ΔG°_{298} (gas) | = 63,10 kJ/mol |
| cP_{cair} | = 121,8 J/mol.K |

(Ullmann, 1914)

1.4.1.4. Oksigen**Sifat Fisik**

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Rumus Kimia | : O ₂ |
| Berat Molekul | : 31,998 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (gas, 25°C) | : 1,105 kg/m ³ |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Gas |
| Titik Beku | : -218,8°C |
| Titik Didih | : -182,98°C |
| Temperatur Kritis | : -118,56°C |
| Tekanan Kritis | : 728,08 psi |
| Viskositas | : 0,0020 <i>cP</i> |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 46,40 J/mol.K |
| Panas Penguapan (25°C) | : 6820 J/mol |

Data Termodinamika

| | |
|-------------|-----------------|
| cP_{cair} | = 54,31 J/mol.K |
| cP_{gas} | = 29,40 J/mol.K |

(Kirk dan Othmer, 1963)

Sifat Kimia

1. Oksigen membentuk senyawa dengan semua unsur, kecuali gas-gas mulia ringan.

2. Menjadi non-logam yang paling aktif (setelah fluor), oksigen berinteraksi langsung dengan unsur-unsur yang paling reaktif.
3. Oksigen aktif mengoksidasi hampir semua logam dan, dengan mudah khusus, alkali dan alkali logam tanah.

1.4.2. Produk Utama

1.4.2.1. 1,3-Butadiena

Sifat Fisik

| | |
|----------------------------|---------------------------------|
| Rumus Kimia | : C ₄ H ₆ |
| Berat Molekul | : 54,092 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (1 atm, 25°C) | : 0,616 g/cm ³ |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Gas |
| Titik Beku | : -108,90°C |
| Titik Didih | : -4,441°C |
| Temperatur Kritis | : 152,0°C |
| Tekanan Kritis | : 626,4 psi |
| Viskositas (liquid, -40°C) | : 0,33 cP |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 79,538 J/mol.K |
| Panas Pembakaran (25°C) | : 2541 kJ/mol |
| Panas Penguapan (25°C) | : 389 J/g |

Data Termodinamika

$$\Delta H_f^\circ_{298} (\text{gas}) = 110,0 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{298} (\text{gas}) = 151,5 \text{ kJ/mol}$$

(Kirk dan Othmer, 1963)

Sifat Kimia

1. Reaksi dengan O₂ menghasilkan produk reaksi pembakaran.
Reaksi : C₄H₆ + 2 O₂ → 4 CO₂ + 3 H₂O
2. Butadiena sebagai monomer dapat bereaksi terhadap monomer lain untuk membentuk senyawa polimer.

1.4.3. Produk Samping

1.4.3.1. Air

Sifat Fisik

| | |
|------------------------|------------------------------|
| Rumus Kimia | : H ₂ O |
| Berat Molekul | : 18,015 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (cair, 25°C) | : 1,027 g/L |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Aquos |
| Titik Beku | : 0°C |
| Titik Didih | : 100°C |
| Temperatur Kritis | : 373,98°C |
| Tekanan Kritis | : 3198,80 psi |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 75,55 J/mol.°C |
| Panas Penguapan (25°C) | : 39,50 kJ/mol.K |

Data Termodinamika

$$\Delta H_f^\circ_{298} \text{ (gas)} = -240,56 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta G^\circ_{298} \text{ (gas)} = -168,28 \text{ kJ/mol}$$

Sifat Kimia

1. Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air melarutkan banyak zat kimia.
2. Zat-zat yang bercampur dan larut dengan baik dalam air (misalnya garam-garam) disebut sebagai zat-zat hidrofilik dan zat-zat yang tidak mudah larut dalam air (misalnya lemak dan minyak) disebut sebagai zat-zat hidrofobik.

1.4.3.2. Karbon Dioksida

Sifat Fisik

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| Rumus Kimia | : CO ₂ |
| Berat Molekul | : 44,01 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (gas, 25°C) | : 0,712 g/L |
| Wujud | : Gas |
| Titik Beku | : -56,6°C |
| Titik Didih | : -78,45°C |
| Temperatur Kritis | : 31,1°C |
| Tekanan Kritis | : 1070,81 psi |

| | |
|---|------------------|
| Viskositas (liquid, -40°C) | : 0,33 cP |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 79,538 J/mol.K |
| Panas Pembakaran (25°C) | : 2541 kJ/mol |
| Panas Penguapan (25°C) | : 389 J/g |

Data Termodinamika

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| $\Delta H_f^{\circ}_{298}$ (gas) | = $-393,51$ kJ/mol |
| ΔG°_{298} (gas) | = $-394,2$ kJ/mol |

(Ullmann, 1963)

Sifat Kimia

1. Ketika dihirup pada konsentrasi yang lebih tinggi dari konsentrasi karbon dioksida di atmosfer, ia akan terasa asam di mulut dan mengengat di hidung dan tenggorokan.
2. Molekul karbon dioksida ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$) mengandung dua ikatan rangkap yang berbentuk linear dan tidak bersifat dipol.
3. Karbon dioksida tidak begitu reaktif dan tidak mudah terbakar, namun bisa membantu pembakaran logam seperti magnesium.

1.4.3.3. Karbon Monoksida

Sifat Fisik

| | |
|--|----------------------------------|
| Rumus Kimia | : CO |
| Berat Molekul | : 28,011 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (gas, 25°C) | : 1,145 kg/m ³ |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Gas |
| Titik Beku | : -205°C |
| Titik Didih | : $-191,45^{\circ}\text{C}$ |
| Temperatur Kritis | : $-140,23^{\circ}\text{C}$ |
| Tekanan Kritis | : 507,051 psi |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 29,1 J/mol. $^{\circ}\text{C}$ |

Data Termodinamika

| | |
|----------------------------------|--------------------|
| $\Delta H_f^{\circ}_{298}$ (gas) | = $-110,53$ kJ/mol |
| ΔG°_{298} (gas) | = $-137,16$ kJ/mol |

(Kirk dan Othmer, 1963)

Sifat Kimia

1. Karbon monoksida adalah gas industri utama yang memiliki banyak kegunaan dalam produksi bahan kimia pukal (*bulk chemical*).
2. Sejumlah aldehida dengan kapasitas volume yang besar dapat diproduksi dengan reaksi hidroformilasi dari alkena, CO, dan H₂.

1.4.3.4. Furan

Sifat Fisik

| | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| Rumus Kimia | : C ₄ H ₄ O |
| Berat Molekul | : 68,075 g.mol ⁻¹ |
| Densitas (liquid, 25°C) | : 0,936 g/mL |
| Wujud (1 atm, 25°C) | : Liquid |
| Titik Beku | : -85,6°C |
| Titik Didih | : -31,3°C |
| Temperatur Kritis | : 217,05°C |
| Tekanan Kritis | : 771,60 psi |
| Viskositas | : 0.38 cP |
| Kapasitas Panas (25°C) | : 114,56 J/mol.K |
| Panas Penguapan (25°C) | : 95,5 cal/g.°C |
| Panas Pembakaran (25°C) | : -500,1 kcal/mol |

Data Termodinamika

$$\Delta H_f^\circ_{298} (\text{gas}) = -57,45 \text{ kJ/mol}$$

Sifat Kimia

1. Furan bersifat aromatik karena satu pasangan menyendiri elektron pada atom oksigen terdelokalisasi ke dalam cincin, menghasilkan sistem aromatik 4n+2, sebagaimana orbital elektron pada benzena.
2. Furan lebih reaktif daripada benzena pada reaksi substitusi elektrofilik. Hal ini dikarenakan oleh efek pendonoran elektron dari heteroatom oksigen.

DAFTAR PUSTAKA

- Coulson, J. M., dan Richardson, J. F.. 2002. *Chemical Engineering Vol. 2*, Fifth Edition. Bath: Bath Press
- Dutta, Binay K. 2009. *Principles of Mass Transfer and Separation Processes*. Sonipat: Rajkamal Electric Press
- Haan, A. B., dan Bosch, H.. 2013. *Industrial Separation Processes Fundamentals*. Jerman: Hubert & Co. GmbH & Co. KG, Göttingen
- Hamidi, N., Wardana I., dan Widhiyanuriyawan, D.. 2011. *Peningkatan Kualitas Bahan Bakar Biogas Melalui Proses Pemurnian Dengan Zeolit Alam*. Malang: Jurnal Rekayasa Mesin. Vol. 2, No. 3: 227-231
- Saleh, A., Tobing, J. D. L., Pratama, H., 2015. *Peningkatan Persentase Metana dalam Kualitas Biogas Sebagai Bahan Bakar Alternatif Menggunakan Membran Berbahan Karbon Aktif*. Palembang: Jurnal Teknik Kimia. Vol. 21, No. 2: 207-683
- Seader, J.D., Henley, Ernest J., dan Roper, D. Keith. 2016. *Separation Process Principle*, Fourth Edition. La Vergne: Lightning Source Inc.
- Treybal, Robert E.. 1981. *Mass-Transfer Operation*. Singapur: McGraw Hill Book Company