

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**STUDI *BEST PRACTICE* WAKTU PENGGANTIAN
ADSORBEN (*MOLECULAR SIEVE*) DI UNIT
DEHIDRASI KILANG BADAK LNG**

SKRIPSI

Oleh:

Lando Deardo Siringoringo

NIM. 2002322012

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

AGUSTUS, 2024



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



STUDI *BEST PRACTICE* WAKTU PENGGANTIAN ADSORBEN (*MOLECULAR SIEVE*) DI UNIT DEHIDRASI KILANG BADAK LNG

SKRIPSI

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:
Lando Deardo Siringoringo
NIM. 2002322012

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN
TEKNOLOGI REKAYASA KONVERSI ENERGI
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
AGUSTUS, 2024**



“Skripsi ini kupersembahkan untuk bapak ibu, bangsa, dan almamater”

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN
SKRIPSI

**STUDI *BEST PRACTICE* WAKTU PENGGANTIAN ADSORBEN
(*MOLECULAR SIEVE*) DI UNIT DEHIDRASI KILANG BADAK LNG**

Oleh:

Lando Deardo Siringoringo

NIM. 2002322012

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Skripsi telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Muhammad Prasha R. Silitonga, M.T.

NIP. 194403192022031006

Pembimbing 2

Ir. Robby S. Dharmawan, S.T., I.P.M., M.B.A.

No. Pekerja 133212

Kepala Program Studi Sarjana Terapan
Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Yuli Mafendro Dedet-Eka Saputra, S.Pd., M.T.

NIP. 199403092019031013



HALAMAN PENGESAHAN
SKRIPSI

STUDI *BEST PRACTICE* WAKTU PENGGANTIAN ADSORBEN (*MOLECULAR SIEVE*) DI UNIT DEHIDRASI KILANG BADAK LNG

Oleh:

Lando Deardo Siringoringo

NIM. 2002322012

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Sarjana Terapan Skripsi di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 22 Agustus 2024 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No.	Nama Penguji	Posisi	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Noor Hidayati, S.T., M.Sc. NIP. 199008042019032019	Penguji 1		22/08-24
2.	Hasvienda Mohammad Ridlwan, S.T., M.T. NIP. 199012162018031001	Penguji 2		23/08-24
3.	Ir. Robby Sukma Dharmawan, S.T., I.P.M., M.B.A. No. Pekerja 133212	Penguji 3		22/08-24

Bontang, 22 Agustus 2024

Disahkan Oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Eng. Muslimin, S.T., M. I., IWE
NIP. 197707142008121005



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun

tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Lando Deardo Siringoringo

NIM : 2002322012

Program Studi : Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam skripsi telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 22 Agustus 2024



Lando Deardo Siringoringo

NIM. 2002322012



STUDI *BEST PRACTICE* WAKTU PENGGANTIAN ADSORBEN (*MOLECULAR SIEVE*) DI UNIT DEHIDRASI KILANG BADAK LNG

Lando Deardo Siringoringo¹⁾, Muhammad Prasha Risfi Silitonga²⁾, Robby Sukma
Dharmawan³⁾

^{1,2)}Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin,
Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³⁾Badak LNG, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: lando.deardosiringoringo.tm20@mhs.wpnj.ac.id

ABSTRAK

Periode waktu penggantian *molecular sieve* sangat menentukan performa dari unit dehidrasi dan mempengaruhi produksi dari LNG. Periode penggantian yang direkomendasikan produsen *molecular sieve* pada industri LNG adalah setiap 4 tahun sekali. Akan tetapi, periode penggantian *molecular sieve* di Badak LNG rata-rata adalah setiap 12 tahun sekali karena berdasarkan hasil *performance test* masih dianggap mampu dan menghemat biaya penggantian. Penggantian yang sering membutuhkan biaya penggantian yang lebih besar, sedangkan periode penggantian yang jarang akan mengakibatkan penurunan *breakthrough time* yang mengakibatkan konsumsi *steam* meningkat dan kenaikan *pressure drop* yang mengakibatkan produksi LNG menurun. Melalui simulasi *software Aspen Hysys* dan perhitungan diperoleh hasil bahwa periode penggantian paling optimum adalah setiap 3 tahun sekali karena memiliki biaya tahunan terendah, yaitu sebesar \$ 2.152.938 USD/tahun dan periode penggantian paling tidak optimum adalah penggantian setiap 12 tahun sekali dengan biaya tahunan sebesar \$ 3.169.610 USD/tahun. Penggantian *molecular sieve* lebih dari 4 tahun menyebabkan potensi kehilangan LNG semakin signifikan karena peningkatan *pressure drop* seiring usia penggunaan *molecular sieve*. Penggantian *molecular sieve* setiap 3-4 tahun sekali berpotensi memberikan penghematan sebesar 0,5-1,6 juta USD/tahun (harga LNG = 7,5–17,5 USD/MMBtu) jika dibandingkan dengan kondisi saat ini (penggantian setiap minimal 12 tahun sekali).

Kata Kunci: *Biaya Tahunan, Konsumsi Steam, Molecular Sieve, Produksi LNG, Periode Penggantian*

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



BEST PRACTICE STUDY OF ADSORBENT (MOLECULAR SIEVE) REPLACEMENT TIME IN DEHYDRATION UNIT OF BADAQ LNG REFINERY

Lando Deardo Siringoringo¹⁾, Muhammad Prasha Risfi Silitonga²⁾, Robby Sukma Dharmawan³⁾

^{1,2)}Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425

³⁾Badak LNG, Bontang, East Kalimantan, 75324

Email: lando.deardosiringoringo.tm20@mhs.pnj.ac.id

ABSTRACT

The replacement period of molecular sieve determines the performance of the dehydration unit and affects the production of LNG. The recommended replacement period for molecular sieve manufacturers in the LNG industry is every 4 years. However, the replacement period of molecular sieve at Badak LNG on average is once every 12 years because based on the results of the performance test it is still considered capable and saves replacement costs. Frequent replacement requires greater replacement costs, while infrequent replacement periods will result in a decrease in breakthrough time which results in increased steam consumption and an increase in pressure drop which results in decreased LNG production. Through Aspen Hysys software simulations and calculations, it was found that the most optimal replacement period is once every 3 years because it has the lowest annual cost of \$2,152,938 USD/year and the least optimal replacement period is once every 12 years with an annual cost of \$3,169,610 USD/year. Replacement of molecular sieve for more than 4 years causes the potential loss of LNG to be more significant due to the increase in pressure drop with the age of molecular sieve use. Replacement of molecular sieve every 3-4 years has the potential to provide savings of 0.5-1.6 million USD/year (LNG price = 7.5-17.5 USD/MMBtu) when compared to current conditions (replacement every 12 years at a minimum).

Keywords: Annual Cost, LNG Production, Molecular Sieve, Replacement Period, Steam Consumption

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat, hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyusun skripsi dengan judul: **“Studi *Best Practice* Waktu Penggantian Adsorben (*Molecular Sieve*) di Unit Dehidrasi Kilang Badak LNG”**. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, dan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Eng. Muslimin selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Anas Malik Abdillah selaku Direktur LNG Academy periode 2024/2027.
3. Bapak Johan Anindito Indriawan selaku Direktur LNG Academy periode 2020/2024.
4. Bapak Yuli Mafendro D. E. S. selaku Kepala Program Studi Teknologi Rekayasa Konversi Energi Politeknik Negeri Jakarta.
5. Bapak Arief Setiawan selaku Ketua Jurusan Pengolahan Gas LNG Academy periode 2024/2027.
6. Bapak Zaki Arief selaku Ketua Jurusan Pengolahan Gas LNG Academy periode 2020/2024.
7. Bapak Robby Sukma Dharmawan selaku Pembimbing Industri.
8. Bapak Muhammad Prasha R. Silitonga selaku Pembimbing Akademik.
9. Seluruh Bapak Ibu Pengurus LNG Academy.
10. Rekan-rekan LNG Academy X (Abdiel, Adit, Alen, Ayu, Afiq, Daffa, Ima, Ojan, Oman, Nita, Nopal, Sobri, Suplik, Sona, Titin, Waskita, dan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Yana) yang telah memberikan dukungan dan bantuan selama perkuliahan.

11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu atas bantuannya secara langsung maupun tidak langsung sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar penelitian ini menjadi lebih baik dan bermanfaat bagi penulis dan juga pembaca.

Bontang, 22 Agustus 2024

Lando Deardo Siringoringo



**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Landasan Teori	6
2.1.1 Proses Pengolahan LNG	6
2.1.2 Unit Dehidrasi	9
2.1.3 Faktor yang Mempengaruhi Proses Dehidrasi	20
2.1.4 <i>Lifetime</i> dari Adsorben	23
2.1.5 <i>Steam to Fuel Gas Ratio</i>	26
2.1.6 <i>Mass Heat of Vaporization</i> pada Produksi LNG.....	26
2.1.7 Biaya Tahunan.....	28
2.2 Kajian Literatur	28
2.3 Kerangka Pemikiran.....	36



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III.....	38
METODE PENELITIAN	38
3.1 Jenis Penelitian.....	38
3.2 Objek Penelitian	38
3.3 Metode Pengambilan Sampel.....	39
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian	39
3.5 Metode Pengumpulan Data	40
3.6 Metode Analisa Data	40
BAB IV	51
HASIL DAN PEMBAHASAN	51
4.1 Pemodelan Hasil <i>Performance Test</i>	51
4.1.1 <i>Breakthrough Time</i>	51
4.1.2 <i>Pressure Drop</i>	52
4.2 Prediksi Nilai <i>Breakthrough Time</i> dan <i>Pressure Drop</i>	54
4.3 Evaluasi Biaya Tahunan	57
4.3.1 Biaya Konsumsi <i>Steam</i>	57
4.3.2 Biaya Kehilangan Produksi LNG.....	59
4.3.3 Biaya Penggantian <i>Molecular Sieve</i>	64
4.3.4 Biaya Tahunan.....	66
4.4 Analisis Pengaruh Harga LNG terhadap Biaya Tahunan	69
BAB V.....	72
PENUTUP.....	72
5.1 Kesimpulan	72
5.2 Saran.....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN.....	76



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi LNG	8
Tabel 2. 2 Karakteristik Dessicant Padat.....	12
Tabel 2. 3 Diameter <i>Molecular Sieve</i>	13
Tabel 2. 4 Diameter Berbagai Senyawa Pada Gas Alam	14
Tabel 2. 6 Kajian Literatur	28
Tabel 3. 1 Kriteria Nilai Pengujian MAPE	43
Tabel 4. 1 Prediksi Nilai <i>Breakthrough Time</i> dan <i>Pressure Drop Molecular Sieve</i>	54
Tabel 4. 2 Asumsi dan Konversi Perhitungan Konsumsi <i>Steam</i>	57
Tabel 4. 3 Biaya Konsumsi <i>Steam</i> pada Berbagai Periode Penggantian.....	58
Tabel 4. 4 Penurunan Tekanan <i>Outlet Dryer</i> pada Berbagai Periode Penggantian	59
Tabel 4. 5 Asumsi dan Konversi Perhitungan Kehilangan Produksi LNG	60
Tabel 4. 6 Komposisi <i>Feed Gas</i>	60
Tabel 4. 7 Hasil Simulasi	61
Tabel 4. 8 Kehilangan Produksi LNG pada Berbagai Periode Penggantian	62
Tabel 4. 9 Perhitungan HHV LNG.....	63
Tabel 4. 10 Biaya Kehilangan Produksi LNG pada Berbagai Periode Penggantian	64
Tabel 4. 11 Biaya Penggantian <i>Molecular Sieve</i>	65
Tabel 4. 12 Biaya Tahunan Penggantian <i>Molecular Sieve</i> pada Berbagai Periode Penggantian.....	66
Tabel 4. 13 Biaya Tahunan pada Berbagai Periode Penggantian <i>Molecular Sieve</i>	67
Tabel 4. 14 Perbandingan Peningkatan Biaya Tahunan Konsumsi <i>Steam</i> dan Biaya Tahunan Kehilangan Produksi LNG	69
Tabel 4. 15 Biaya Tahunan dengan Variasi Harga LNG	70
Tabel 4. 16 Rentang Biaya Tahunan dan Potensi Penghematan Biaya	71



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Skema Proses Pengolahan LNG.....	8
Gambar 2. 2 Diagram Alir Proses Unit Dehidrasi.....	9
Gambar 2. 3 Struktur Kristalin <i>Molecular Sieve</i> tipe A dan tipe X.....	14
Gambar 2. 4 Selektifitas <i>Molecular Sieve 4A</i>	15
Gambar 2. 5 Ilustrasi Interaksi <i>Molecular Sieve</i> dengan Molekul Air.....	16
Gambar 2. 6 Susunan Struktur Adsorben pada Kolom Pengering (<i>Dryer</i>).....	16
Gambar 2. 7 Pembagian Zona pada Proses Adsorpsi.....	18
Gambar 2. 8 Contoh Konfigurasi <i>Cycle Time</i> dari <i>Dryer</i>	22
Gambar 2. 9 Kerangka Pemikiran.....	37
Gambar 3. 1 Unit Dehidrasi	38
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	50
Gambar 4. 1 Pemodelan <i>Breakthrough Time</i>	52
Gambar 4. 2 Pemodelan <i>Pressure Drop</i>	53
Gambar 4. 3 Profil Penurunan <i>Breakthrough Time</i>	55
Gambar 4. 4 Profil Kenaikan <i>Pressure Drop</i>	56
Gambar 4. 5 <i>Flowsheet</i> Simulasi Produksi LNG.....	61
Gambar 4. 6 <i>Properties Mass Heat of Vaporization</i> pada Simulasi <i>Aspen Hysys V.10</i>	62
Gambar 4. 7 Struktur Internal Kolom Dehidrasi.....	65
Gambar 4. 8 Biaya Tahunan untuk Berbagai Periode Penggantian <i>Molecular Sieve</i> (Harga LNG = 12,15 USD/MMBtu).....	67
Gambar 4. 9 Biaya Tahunan dengan Variasi Harga LNG	70



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam industri LNG (*Liquefied Natural Gas*), unit dehidrasi memainkan peran vital dalam fungsi menghilangkan kandungan air dari gas alam sebelum proses pencairan. Adsorben *molecular sieve* digunakan dalam unit dehidrasi untuk menyerap molekul air, memastikan gas alam yang dihasilkan bebas dari kandungan air yang dapat menyebabkan masalah dalam proses pencairan dan pengangkutan. Hal ini dikarenakan saat temperatur gas alam diturunkan, uap air akan berubah fasa menjadi air atau es yang dapat menyebabkan korosi dan kebuntuan pada peralatan refrigerasi atau peralatan likuifaksi (Saeid Mokhatab, 2014). Untuk menjamin keberlanjutan dari proses, dalam unit dehidrasi setiap kali dua kolom dehidrasi (*dryer*) dalam keadaan dioperasikan, *dryer* yang lain yang sudah hampir jenuh mengalami tahap regenerasi menggunakan gas panas dan dilanjutkan tahap pendinginan, sehingga kemudian dapat digunakan kembali pada siklus berikutnya saat *dryer* yang lain sudah hampir jenuh (John & M. Campbell, 1992).

Seiring meningkatnya jumlah siklus yang terjadi, kapasitas ataupun performa *dryer* akan mengalami penurunan yang dapat diketahui melalui *performance test* pada unit dehidrasi. Hal ini ditunjukkan dengan meningkatnya *pressure drop* serta menurunnya waktu terobosan (*breakthrough time*) yang pada *dryer* (Terrigeol, 2016). Penurunan tekanan gas masuk akan meningkatkan kebutuhan energi untuk mencairkan gas alam (Gao et al., 2022). Dengan kata lain, peningkatan *pressure drop* berakibat pada penurunan jumlah gas yang akan dikonversi menjadi LNG sehingga mengurangi produksi LNG. Penurunan *breakthrough time* akan mengakibatkan waktu servis yang lebih singkat yang berarti meningkatkan jumlah siklus unit dehidrasi. Di mana hal ini berakibat pada frekuensi tahap pemanasan (*heating*) juga meningkat yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

artinya meningkatkan kebutuhan uap air (*steam*) sebagai media pemanas gas regenerasi untuk tahap pemanasan.

Molecular sieve yang sudah mengalami penurunan performa perlu dilakukan penggantian *molecular sieve* baru sehingga dapat mengembalikan performa unit dehidrasi serta untuk menjaga kehandalan kilang LNG. Penggantian *molecular sieve* pada industri LNG biasanya dilakukan setiap 4 tahun sekali (Ruud Herold, 2017) sesuai rekomendasi dari pihak produsen *molecular sieve*. Pada praktiknya kegiatan penggantian *molecular sieve* di Badak LNG ini dilakukan pada periode waktu yang lebih lama, yaitu sekitar 12 tahun sekali. Hal ini dikarenakan *molecular sieve* masih dianggap mampu untuk melakukan proses dehidrasi dan periode waktu penggantian *molecular sieve* yang lebih lama ini juga dianggap menghemat biaya operasional dari sisi biaya penggantian *molecular sieve* baru.

Berdasarkan hal tersebut, pada penelitian ini dilakukan pengkajian secara ekonomi terhadap waktu penggantian melalui aspek biaya penggantian *molecular sieve*, konsumsi *steam*, dan kehilangan produksi LNG. Waktu penggantian yang paling optimum ditinjau berdasarkan nilai biaya tahunan setiap periode penggantian *molecular sieve*. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan studi terhadap waktu penggantian *molecular sieve* di unit dehidrasi kilang Badak LNG untuk mendapatkan waktu optimum penggantian *molecular sieve* yang dapat memberikan potensi penghematan biaya kepada perusahaan.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berapa biaya tahunan penggantian *molecular sieve* untuk berbagai periode penggantian?
2. Kapan waktu penggantian *molecular sieve* yang paling optimum?
3. Berapa potensi penghematan yang didapatkan dari optimasi waktu penggantian *molecular sieve*?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.3 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi *best practice* waktu penggantian *molecular sieve* pada unit dehidrasi yang ada di kilang Badak LNG. Tujuan khusus dari dilakukannya penelitian ini adalah mengkaji:

1. Biaya tahunan penggantian *molecular sieve* untuk berbagai periode penggantian.
2. Waktu penggantian *molecular sieve* paling optimum.
3. Potensi penghematan dari optimasi waktu penggantian *molecular sieve*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Kajian dilakukan terhadap pengaruh periode penggantian *molecular sieve* terhadap konsumsi *steam* dan produksi LNG di Badak LNG.
2. Rentang periode penggantian *adsorben* yang dianalisis adalah 0 – 12 tahun sejak penggantian terakhir.
3. Data yang digunakan adalah hasil *performance test* unit dehidrasi modul II train E – H tahun 1998-2021.
4. Unit dehidrasi beroperasi dalam mode *dual mode*.
5. Harga LNG yang digunakan didasarkan pada harga historikal tahun 2021 - 2024.
6. Penggantian *molecular sieve* masing-masing kolom dehidrasi setiap train dilakukan bersamaan.
7. Konfigurasi semua kolom dehidrasi diasumsikan sama.
8. *Fuel Gas* yang digunakan adalah berasal dari *Boil Off Gas* LNG.

1.5 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut:



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 1) Bagi Badak LNG
 - a) Memberikan informasi yang dapat digunakan untuk mengoptimalkan kinerja dari unit dehidrasi kilang Badak LNG melalui pemahaman dalam menentukan waktu penggantian *molecular sieve* yang tepat. .
 - b) Menjadi referensi yang dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi produksi LNG dan penggunaan *steam* pada kilang Badak LNG.
 - c) Memberikan informasi performa unit dehidrasi di kilang Badak LNG.
 - d) Menjadi bahan masukan dalam menjaga kehandalan unit dehidrasi ataupun unit lainnya.
- 2) Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai media pembelajaran dan penelitian dalam pengevaluasian performa *molecular sieve* serta analisis pengaruhnya terhadap kinerja unit dehidrasi dan produksi LNG.
- 3) Bagi Penulis
 - a) Sebagai sarana untuk mengimplementasikan pengetahuan yang diperoleh selama masa perkuliahan.
 - b) Sebagai syarat dalam menyelesaikan studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada skripsi ini digunakan agar laporan dapat terarah dan memperjelas pemahaman terhadap materi yang dijadikan objek pelaksanaan penelitian. Sistematika penulisan akan dijabarkan sebagai berikut:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

A. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, pertanyaan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan skripsi.

B. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi tentang landasan teori dan kajian literatur yang mendukung dan berhubungan dengan pembahasan serta proses analisis pada penelitian ini. Dalam hal ini meliputi gambaran umum terkait proses pengolahan LNG, unit dehidrasi, dan informasi terkait analisis parameter yang mempengaruhi hasil penelitian.

C. BAB III METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi uraian tentang bahan atau materi penelitian, alat penelitian, variabel, data yang dikumpulkan, pengolahan dan serta analisis data yang dilakukan Pada bab ini berisi tentang langkah-langkah penelitian dari awal tahapan hingga selesai. Dalam hal ini meliputi uraian tentang tahapan dan data informasi, metode pengumpulan data, metode pengolahan dan analisis data, serta langkah-langkah penelitian yang nantinya akan disajikan secara deskriptif maupun menggunakan diagram alir.

D. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil pengolahan data atau perhitungan serta uraian pembahasan analisis yang dilakukan terkait hasil penelitian. hasil analisis setiap variabel atau parameter dikaitkan satu dengan lainnya untuk menjawab tujuan penelitian dengan merujuk pada hasil analisis data yang diperoleh dan mengaitkannya dengan teori yang mendasarinya.

E. BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran berdasarkan hasil pembahasan yang didapat pada bab sebelumnya dari hasil penelitian skripsi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut ini:

1. Biaya tahunan terendah berada pada penggantian *molecular sieve* setiap 3 tahun sekali sebesar \$ 2.152.938 USD/tahun dan biaya tahunan tertinggi berada pada penggantian *molecular sieve* setiap 12 tahun sekali sebesar \$ 3.169.610 USD/tahun.
2. Waktu penggantian *molecular sieve* yang paling optimum adalah setiap 3-4 tahun sekali karena durasi penggantian *molecular sieve* tersebut menghasilkan biaya tahunan terendah. Penggantian *molecular sieve* lebih dari 4 tahun menyebabkan potensi kehilangan LNG semakin signifikan karena peningkatan *pressure drop* seiring usia penggunaan *molecular sieve*.
3. Penggantian *molecular sieve* setiap 3-4 tahun sekali berpotensi memberikan penghematan sebesar 0,5-1,6 juta USD/tahun (harga LNG = 7,5–17,5 USD/MMBtu) jika dibandingkan dengan kondisi saat ini (penggantian setiap minimal 12 tahun sekali).

5.2 Saran

Saran yang diajukan setelah dilakukannya penelitian ini antara lain:

1. Badak LNG perlu mengubah durasi penggantian *molecular sieve* yang selama ini dilakukan setiap 12 tahun sekali menjadi setiap 3–4 tahun sekali yang memiliki nilai biaya tahunan yang lebih rendah.
2. Badak LNG agar mengevaluasi aspek risiko keselamatan pekerjaan penggantian *molecular sieve* dan mempertimbangkan pemanfaatan robot dalam melakukan penggantian *molecular sieve*.
3. Perlu kajian lebih lanjut terkait pengaruh waktu penggantian *molecular sieve* terhadap produksi LPG dan kondensat.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Bahraminia, S., Anbia, M., & Koohsaryan, E. (2021a). Dehydration of natural gas and biogas streams using solid desiccants. In *Frontiers of Chemical Science and Engineering* (Vol. 15, Issue 5, pp. 1050–1074). Higher Education Press Limited Company. <https://doi.org/10.1007/s11705-020-2025-7>
- Bahraminia, S., Anbia, M., & Koohsaryan, E. (2021b). Dehydration of natural gas and biogas streams using solid desiccants: a review. In *Frontiers of Chemical Science and Engineering* (Vol. 15, Issue 5, pp. 1050–1074). Higher Education Press Limited Company. <https://doi.org/10.1007/s11705-020-2025-7>
- de Carvalho, G. R., Cappellari, B., Böhmer Júnior, R., Trierweiler, L. F., Trierweiler, J. O., & Farenzena, M. (2022). Breakthrough Analysis of Continuous Fixed-bed dehydration of Gas Streams Using 4A Zeolite Molecular Sieve. In *Acta Scientiarum - Technology* (Vol. 45). Eduem - Editora da Universidade Estadual de Maringa. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v45i1.58764>
- Gao, L., Wang, J., Binama, M., Li, Q., & Cai, W. (2022). The Design and Optimization of Natural Gas Liquefaction Processes: A Review. In *Energies* (Vol. 15, Issue 21). MDPI. <https://doi.org/10.3390/en15217895>
- Harjanto Lettizia Kris. (2017). *Pra Desain Integrasi Mini LNG Plant di Gresik dan Regasifikasi Storage Unit di Smelter Banjarmasin.*
- Hasan, A. (2022). *Studi Kasus Pengaruh Waktu Dan Laju Alir Pada Proses Regenerasi Molsieve Melalui Pemanasan Pada Kilang Ekstraksi NGL.*
- Herold, R. (2016). *Use analytical tools to investigate LNG molecular sieve underperformance _ Gas Processing & LNG.*
- Jataí Cavalcante Júnior, C., & Pessoa Filho, P. de A. (2023). Modeling and Simulation of an Industrial Adsorption Process of Dehydration of Natural Gas in 4A Molecular Sieves: Effect of Adsorbent Aging. *Results in Engineering*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2023.101144>
- John, & M. Campbell. (1992). *Gas Conditioning and Processing : The Equipment Modules (Volume 2).*
- Lorenzo Micucci. (2020). The Natural Gas Dehydration Process. *Gas Processing & LNG.*
- Operation Department, B. L. (2014). Manual Book-2 (Plant-2 : Dehydration Unit). *Manual Book.*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Ruud Herold. (2017). Optimal design and operation of molecular sieve gas dehydration units. *Gas Processing & LNG*.
- Sadighi, S., Asgari, M., Mohammadi, H., & Noorbakhsh, F. (2016). *Increasing the Efficiency of a Temperature Swing Adsorption (TSA) Natural Gas Dehydration Plant*. <https://www.researchgate.net/publication/303843360>
- Saeid Mokhtab. (2014). Handbook of Liquefied Natural Gas. In *Handbook of Liquefied Natural Gas* (pp. 1–106). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404585-9.00001-5>
- Sandeep Jain. (2018). *Proper Regeneration of Molecular Sieves in TSA Processes*. www.gasprocessingnews.com/articles/2018/04/proper
- Santos, M. G. R. S., Correia, L. M. S., de Medeiros, J. L., & Araújo, O. de Q. F. (2017). Natural gas dehydration by molecular sieve in offshore plants: Impact of increasing carbon dioxide content. *Energy Conversion and Management*, 149, 760–773. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.03.005>
- Satriyo, S. A. L., Adi Rizky Pratama, & Rahmat. (2023). Perbandingan metode linear regresi dan polynomial regresi untuk memprediksi harga saham studi kasus Bank BCA. *INFOTECH : Jurnal Informatika & Teknologi*, 4(1), 59–70. <https://doi.org/10.37373/infotech.v4i1.602>
- Sriyono, S., Hilda, A. M., & Kamayani, M. (2019). Pemodelan dan Simulasi Proses Adsorpsi Gas Pengotor oleh Molecular Sieve pada Pendingin Rde dengan Software Chemcad. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3, 69. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2918>
- Stewart, M. I. (2014). *Surface Production Operation : Design of Gas-Handling Systems and Facilities, 3rd Edition*. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-64501-3>
- Terrigeol, A. (2016). *Practical Considerations For The Design Of Adsorbent Beds—Molecular Sieve Lifetime Optimization*.
- Una, D. C., Oduola, M. K., & Odagme, B. S. (2016). Sensitivity analysis of a single mixed refrigerant liquefaction process of natural gas. *Society of Petroleum Engineers - SPE Nigeria Annual International Conference and Exhibition*. <https://doi.org/10.2118/184324-ms>
- Wang, X., & Economides, X. M. (2009). *Advanced Natural Gas Engineering*.
- Wu, X., Wang, Z., Dai, X., Ge, Q., & Liu, F. (2021). Optimization Design and Analysis of Single-Stage Mixed Refrigerant Liquefaction Process. *Frontiers in Energy Research*, 9. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2021.766588>

Zaitinalvi, P. (2022). *Analisis Penanganan Pemuatan LNG Di Atas Kapal PGN FSRU Lampung Untuk Mencegah Kecelakaan Di Atas Kapal.*



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





LAMPIRAN

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 1 : Data Breakthrough Time hasil Performance Test Dryer

No.	Siklus (kali)	Breakthrough Time (Jam)	No.	Siklus (kali)	Breakthrough Time (Jam)
1	2018	10,37	77	361	17,74
2	2019	11,83	78	363	18,8
3	606	17,25	79	978	16,33
4	607	17,12	80	1001	14,61
5	977	15,22	81	1842	14,45
6	980	15,25	82	1846	14,25
7	793	16,73	83	12	22,6
8	794	15,87	84	30	19,2
9	1268	14,5	85	137	18,16
10	1270	13,94	86	138	18
11	1625	11,35	87	497	17,02
12	1625	11,52	88	498	16,93
13	508	19	89	670	17,59
14	509	18,86	90	672	17,41
15	2018	13,6	91	1007	15,83
16	2019	13,58	92	1010	16,1
17	2676	12,31	93	211	18,86
18	2678	12,43	94	213	20,07
19	3018	11,02	95	808	16,68
20	1047	13,54	96	809	17,01
21	1050	14,32	97	12	22,37
22	1523	13,67	98	30	19,28
23	1526	13,55	99	137	18,05
24	1875	13	100	138	17,91
25	1875	13,29	101	497	16,58
26	476	18,47	102	499	16,18
27	477	17,26	103	670	17,15
28	218	19,18	104	673	16,96
29	219	18,7	105	1008	15,31
30	876	15,02	106	1011	15,4
31	879	14,93	107	539	15,48
32	1246	14,27	108	570	15,32
33	1251	14,38	109	1404	15,22
34	793	15,28	110	1415	15,39
35	795	15,38	111	251	19,97
36	1270	14,58	112	252	19,13
37	1625	13,86	113	430	18,36
38	1625	14,22	114	431	17,96



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No.	Siklus (kali)	Breakthrough Time (Jam)	No.	Siklus (kali)	Breakthrough Time (Jam)
39	172	20,93	115	430	17,63
40	173	19,7	116	431	17,54
41	1662	12,12	117	771	18,7
42	1663	12,27	118	773	18,5
43	1984	10,11	119	1087	17,4
44	1985	9,93	120	1090	17,1
45	267	17,67	121	142	19,53
46	269	17,73	122	144	19,46
47	1661	12,07	123	250	20,25
48	1662	12,32	124	251	20
49	1984	11,06	125	430	18,2
50	1985	10,83	126	431	17,66
51	62	21,53	127	430	18,33
52	65	22,13	128	431	18,25
53	195	17,31	129	771	18,3
54	197	17,38	130	1085	17,3
55	453	17	131	1088	17,1
56	775	14,68	132	50	19,62
57	1171	14,61	133	52	19,95
58	1174	14,66	134	221	19,56
59	1965	13,02	135	223	20,11
60	1967	13,16	136	251	20,33
61	95	18,58	137	252	19,52
62	98	18,73	138	430	18,95
63	603	17,81	139	431	17,55
64	607	17,02	140	430	18,15
65	1409	15,51	141	431	18,15
66	1410	15,86	142	769	18,7
67	36	20,6	143	772	17,9
68	54	19,2	144	1086	17,1
69	161	18,45	145	1089	16,8
70	162	18,31	146	159	16,82
71	521	16,78	147	32	19,46
72	522	16,62	148	34	20,08
73	695	17,2	149	1237	16,49
74	697	17,21	150	1239	16,7
75	1032	15,62		MAPE	6,0195 %
76	1035	15,46		kategori	Sangat Baik



Lampiran 2 : Data Pressure Drop Hasil Performance Test Dryer

No.	Siklus (kali)	Pressure Drop (kg/cm ²)	No.	Siklus (kali)	Pressure Drop (kg/cm ²)
1	2018	0,96	73	1174	0,67
2	2019	0,97	74	1965	0,791
3	606	0,62	75	1967	0,8
4	607	0,59	76	95	0,532
5	977	0,72	77	98	0,512
6	980	0,72	78	603	0,587
7	793	0,56	79	607	0,593
8	794	0,62	80	138	0,46
9	1268	0,54	81	36	0,508
10	1270	0,52	82	54	0,506
11	1625	0,83	83	161	0,567
12	508	0,39	84	162	0,578
13	509	0,4	85	521	0,641
14	2018	0,89	86	522	0,637
15	2019	0,91	87	695	0,65
16	2676	1,13	88	697	0,65
17	2678	1,14	89	1032	0,67
18	3018	1,34	90	1035	0,7
19	1047	0,74	91	361	0,501
20	1050	0,81	92	363	0,469
21	1523	0,78	93	978	0,56
22	1526	0,77	94	1001	0,53
23	1875	0,83	95	138	0,45
24	1875	0,68	96	12	0,487
25	476	0,37	97	30	0,515
26	477	0,37	98	137	0,572
27	218	0,55	99	138	0,575
28	219	0,55	100	497	0,663
29	876	0,65	101	498	0,657
30	879	0,64	102	670	0,69
31	1246	0,78	103	672	0,69
32	1251	0,75	104	1007	0,75
33	793	0,54	105	1010	0,72
34	795	0,51	106	211	0,53
35	1270	0,53	107	213	0,475
36	1625	0,69	108	808	0,5
37	172	0,37	109	809	0,5

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No.	Siklus (kali)	Pressure Drop (kg/cm ²)	No.	Siklus (kali)	Pressure Drop (kg/cm ²)
38	173	0,38	110	139	0,46
39	1662	0,8	111	12	0,463
40	1663	0,81	112	30	0,485
41	1984	0,97	113	137	0,531
42	1985	0,98	114	138	0,545
43	362	0,55	115	497	0,639
44	364	0,56	116	499	0,635
45	1159	0,646	117	670	0,67
46	1160	0,657	118	673	0,67
47	2243	0,734	119	1008	0,72
48	2247	0,74	120	1011	0,72
49	2749	1,043	121	2578	1,045
50	2755	1,049	122	2579	1,201
51	2953	1,04	123	539	0,45
52	2953	1,09	124	570	0,43
53	267	0,46	125	142	0,592
54	269	0,42	126	144	0,638
55	1661	0,8	127	1346	0,68
56	1662	0,78	128	1348	0,7
57	1984	0,93	129	50	0,629
58	1985	0,94	130	52	0,608
59	62	0,48	131	221	0,573
60	65	0,48	132	223	0,537
61	860	0,573	133	1426	0,77
62	861	0,581	134	1428	0,76
63	1943	0,75	135	158	0,604
64	1948	0,725	136	159	0,482
65	2450	1,087	137	32	0,428
66	2456	1,148	138	34	0,39
67	197	0,5	139	1237	0,71
68	452	0,55	140	1239	0,73
69	453	0,58			
70	774	0,63			
71	775	0,63		MAPE	12,53 %
72	1171	0,67		kategori	Baik

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3 : Perhitungan Prediksi *Breakthrough Time* dan *Pressure Drop*

Persamaan polinomial hasil pemodelan

$$\text{Breakthrough Time} : y = 7 * 10^{-7} x^2 - 0,0051 x + 20,12$$

$$\text{Pressure Drop} : y = 4 * 10^{-8} x^2 - 0,0001 x + 0,4957$$

Contoh perhitungan tahun-1:

Perhitungan *cycle* tahun-1 :

$$\text{Cycle} = \frac{365 x 24}{ST x 3}$$

$$\text{Cycle} = \frac{365 x 24}{18 x 3}$$

$$\text{Cycle} = 162 \text{ cycle}$$

Contoh Perhitungan *Breakthrough Time* tahun-1

$$x = 162$$

$$\text{Breakthrough Time} : y = 7 * 10^{-7} x^2 - 0,0051 x + 20,12$$

$$\text{Breakthrough Time} : y = 7 * 10^{-7} (162)^2 - 0,0051 (162) + 20,12$$

$$\text{Breakthrough Time} : y = 19,31 \text{ jam}$$

Contoh Perhitungan *Pressure* tahun-1

$$x = 162$$

$$\text{Pressure Drop} : y = 4 * 10^{-8} x^2 - 0,0001 x + 0,4957$$

$$\text{Pressure Drop} : y = 4 * 10^{-8} (162)^2 - 0,0001 (162) + 0,4957$$

$$\text{Pressure Drop} : y = 0,5130 \frac{kg}{cm^2}$$



- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Dengan menggunakan langkah yang sama didapatkan hasil perhitungan untuk 12 tahun sebagai berikut:

Tahun	Servis (Jam)	Pemanasan (jam)	Pendinginan (jam)	Stand by (jam)	Durasi 1 Siklus (jam)	Total Siklus (kali)	Breakthrough Time (jam)	Pressure Drop (kg/cm ²)
<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	$e = b - c - d$	$f = 3 \times b$	$x = \frac{365 \times 24}{f}$	<i>y</i>	<i>z</i>
0						0	20,12	0,4957
1	18	6	2,5	9,5	54	162	19,31	0,5130
2	17	6	2,5	8,5	51	334	18,49	0,5336
3	16	6	2,5	7,5	48	516	17,67	0,5580
4	15	6	2,5	6,5	45	711	16,85	0,5870
5	14	6	2,5	5,5	42	920	16,02	0,6215
6	14	6	2,5	5,5	42	1128	15,26	0,6595
7	13	6	2,5	4,5	39	1353	14,50	0,7042
8	12	6	2,5	3,5	36	1596	13,76	0,7572
9	11	6	2,5	2,5	33	1862	13,05	0,8205
10	11	6	2,5	2,5	33	2127	12,44	0,8894
11	10	6	2,5	1,5	30	2419	11,88	0,9717
12	9	6	2,5	0,5	27	2744	11,40	1,0712

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4 : Perhitungan Biaya Konsumsi Steam

a. Perhitungan Waktu Pemanasan

Contoh Perhitungan tahun -1:

$$\text{Waktu pemanasan} = \text{jumlah siklus} \times 6 \frac{\text{jam}}{\text{siklus}}$$

$$\text{Waktu pemanasan} = 162 \times 6 \text{ jam}$$

$$\text{Waktu pemanasan} \sim 973 \text{ jam}$$

b. Perhitungan Konsumsi Steam

$$\text{Laju steam} = 28,93 \text{ ton/jam}$$

Maka,

$$\text{Konsumsi Steam} = 28,93 \frac{\text{ton}}{\text{jam}} \times 973 \text{ jam} \times 1000 \frac{\text{kg}}{\text{ton}}$$

$$\text{Konsumsi Steam} = 28.158.533 \text{ kg Steam}$$

c. Perhitungan Fuel Gas

$$S/F \text{ Ratio} = 12,58 \text{ kg steam/Nm}^3 \text{ Fuel Gas}$$

Maka,

$$\text{Fuel Gas} = \frac{\text{konsumsi steam}}{S/F}$$

$$\text{Fuel Gas} = \frac{28.158.533 \text{ kg}}{12,58 \frac{\text{kg}}{\text{Nm}^3}}$$

$$\text{Fuel Gas} = 2.238.357 \text{ Nm}^3$$

$$\text{Fuel Gas} = 2.238.357 \text{ Nm}^3 \times \frac{1 \text{ SCF}}{0,02679 \text{ Nm}^3}$$

$$\text{Fuel Gas} = 83.551.966 \text{ SCF}$$

d. Perhitungan HHV Fuel Gas

$$\text{HHV Fuel Gas} = 1024,30 \text{ Btu/SCF}$$

Maka,

$$\text{HHV Fuel Gas} = 83.551.966 \text{ SCF} \times 1024,30 \frac{\text{Btu}}{\text{SCF}} \times \frac{1 \text{ MMBtu}}{10^6 \text{ Btu}}$$

$$\text{HHV Fuel Gas} = 85.582 \text{ MMBtu}$$



e. **Perhitungan Biaya Konsumsi Steam**

Harga Fuel Gas = 12,1533 USD/MMBtu

Maka,

$$\text{Biaya Steam} = 85.582 \text{ MMBtu} \times 12,1533 \frac{\text{USD}}{\text{MMBtu}}$$

$$\text{Biaya Steam} = \$ 1.040.107,11 \text{ USD}$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Dengan menggunakan langkah yang sama didapatkan hasil perhitungan Biaya Konsumsi *Steam* untuk 12 tahun sebagai berikut:

Periode Penggantian (Tahun)	Total Siklus (kali)	Total Waktu Pemanasan (jam)	Konsumsi Steam (kg) x 10 ⁶	Konsumsi Fuel Gas (kNm ³)	Fuel Gas (SCF) x 10 ⁶	HHV Fuel Gas (MMBtu)	Biaya Konsumsi Steam (juta USD)
0	-	-	-	-	-	-	\$ -
1	162	973	28,16	2.238	84	85.582	\$ 1,04
2	334	2.004	57,97	4.608	172	176.199	\$ 2,14
3	516	3.099	89,65	7.127	266	272.479	\$ 3,31
4	711	4.267	123,44	9.813	366	375.178	\$ 4,56
5	920	5.518	159,65	12.690	474	485.212	\$ 5,90
6	1.128	6.770	195,85	15.568	581	595.246	\$ 7,23
7	1.353	8.117	234,84	18.668	697	713.745	\$ 8,67
8	1.596	9.577	277,08	22.025	822	842.118	\$ 10,23
9	1.862	11.170	323,15	25.688	959	982.162	\$ 11,94
10	2.127	12.763	369,23	29.351	1.096	1.122.206	\$ 13,64
11	2.419	14.515	419,92	33.380	1.246	1.276.254	\$ 15,51
12	2.744	16.462	476,23	37.856	1.413	1.447.418	\$ 17,59

Lampiran 5 : Kondisi Operasi Feed Gas dan LNG pada simulasi Software Aspen Hysys

Komponen	Feed Gas	Outlet Dryer	Produk LNG
Nitrogen	0,0007	0,0007	0,0007
Methane	0,9083	0,9412	0,9485
Ethane	0,0243	0,0252	0,0247
Propane	0,0171	0,0177	0,0159
n-Butane	0,0038	0,0039	0,0048
i-Butane	0,0046	0,0048	0,0044
n-Pentane	0,0019	0,0020	0,0005
i-Pentane	0,0012	0,0012	0,0005
n-Hexane	0,0031	0,0032	0,0000
n-Heptane	0,0000	0,0000	
H ₂ O	0,0000	0,0000	
CO ₂	0,0350	0,0000	

a. Stream Feed gas

Stream Name	FEED GAS	Vapour Phase
Vapour / Phase Fraction	1,0000	1,0000
Temperature [C]	37,80	37,80
Pressure [kg/cm ²]	46,75	46,75
Molar Flow [MMSCFD]	427,2	427,2
Mass Flow [kg/h]	3,957e+005	3,957e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [m ³ /h]	1186	1186
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-8,817e+004	-8,817e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	154,1	154,1
Heat Flow [kW]	-5,211e+005	-5,211e+005
Liq Vol Flow @Std Cond [m ³ /h]	5,015e+005	5,015e+005
Fluid Package	Basis-1	
Utility Type		

b. Stream Outlet Dryer

Stream Name	OUTLET DRIER	Vapour Phase
Vapour / Phase Fraction	1,0000	1,0000
Temperature [C]	22,10	22,10
Pressure [kg/cm ²]	44,40	44,40
Molar Flow [MMSCFD]	412,2	412,2
Mass Flow [kg/h]	3,629e+005	3,629e+005
Std Ideal Liq Vol Flow [m ³ /h]	1146	1146
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7,770e+004	-7,770e+004
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	151,6	151,6
Heat Flow [kW]	-4,432e+005	-4,432e+005
Liq Vol Flow @Std Cond [m ³ /h]	4,840e+005	4,840e+005
Fluid Package	Basis-1	
Utility Type		

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

c. *Main Cryogenic Heat Exchanger*

Name	8	To JT Valve	Refrigerant
Vapour	1,0000	0,0000	<empty>
Temperature [C]	-34,75	-146,9	<empty>
Pressure [kg/cm ²]	39,80	27,19	<empty>
Molar Flow [MMSCFD]	407,9	407,9	<empty>
Mass Flow [kg/h]	3,504e+005	3,504e+005	<empty>
Std Ideal Liq Vol Flow [m ³ /h]	1124	1124	<empty>
Molar Enthalpy [kJ/kgmole]	-7,951e+004	-9,060e+004	<empty>
Molar Entropy [kJ/kgmole-C]	143,2	82,39	<empty>
Heat Flow [kW]	-4,488e+005	-5,113e+005	6,256e+004

Duty Refrigeran (Q) = 62.555,1152 kW

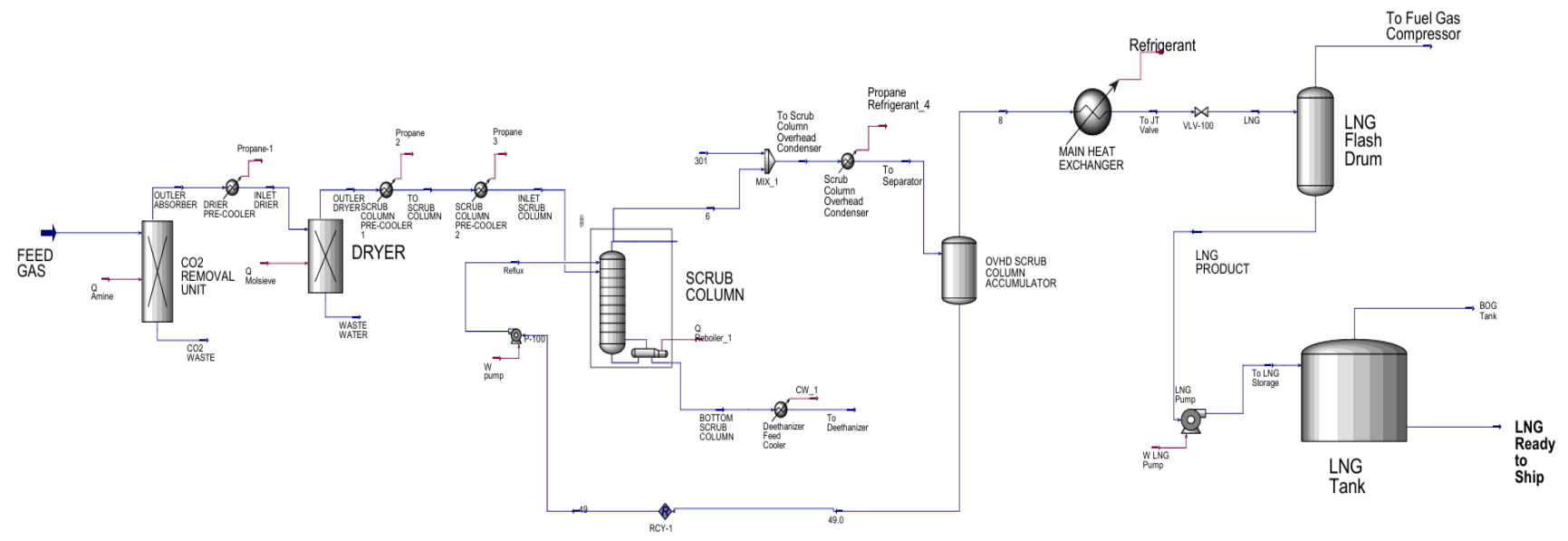




- Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Flowsheet Simulasi Produksi LNG pada Software Aspen Hysys V.10





Lampiran 6 : Perhitungan Kehilangan Produksi LNG

a. Berat Molekul LNG

Komponen	Fraksi mol (Xi)	Berat Molekul (Mi)	Xi.Mi
CH ₄	0,9485	16,0425	15,2163
C ₂ H ₆	0,0247	30,069	0,7427
C ₃ H ₈	0,0159	44,0956	0,7011
i-C ₄ H ₁₀	0,0044	58,1222	0,2557
n-C ₄ H ₁₀	0,0048	58,1222	0,2789
i-C ₅ H ₁₂	0,0005	72,1488	0,0360
n-C ₅ H ₁₂	0,0005	72,1488	0,0360
n-C ₆ H ₁₄	0,0000	86,1754	0,0000
N ₂	0,0007	28,0134	0,0196
O ₂	0,0000	31,9988	0,0000
CO ₂	0,0000	44,0095	0,0000
Total	1		17,2866

Berat Molekul LNG adalah 17,2886

b. Densitas LNG

Densitas LNG berdasarkan hasil simulasi adalah 443,640 kg/m³

c. HHV LNG

Nilai dari masing-masing HHV komponen didasarkan pada standar *Gas Processors Association* (GPA) 2145 seperti yang disajikan pada Tabel berikut ini:

- Hak Cipta :**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Table 1 Physical Constants

Component	Molecular Weight Mi	Gross Heating Value (BTU/kg) at 60° F Hi	Gross Heating Value (BTU/scf) at 60° F Hvi
Methane (CH ₄)	16.0425	52673	1010.0
Ethane (C ₂ H ₆)	30.0690	49238	1769.7
Propane (C ₃ H ₈)	44.0956	47739	2516.1
Iso Butane (i- C ₄ H ₁₀)	58.1222	46808	3251.9
Normal Butane (n- C ₄ H ₁₀)	58.1222	46958	3262.3
Iso Pentane (i- C ₅ H ₁₂)	72.1488	46394	4000.9
Normal Pentane (n- C ₅ H ₁₂)	72.1488	46484	4008.7
Normal Hexane (n- C ₆ H ₁₄)	86.1754	46171	4755.9
Nitrogen (N ₂)	28.0134	0	0
Oxygen (O ₂)	31.9988	0	0
Carbon Dioxide (CO ₂)	44.0095	0	0

The above table of physical constants, developed from GPA Publication 2145-09, must be used for all density and heating value calculation associated with this Agreement.

This table of physical constants will be revised to conform to any subsequent officially published revision of GPA Publication 2145. The values of the Gross Heating value in BTU/kg as shown above have been obtained by multiplying the GPA 2145 values for "BTU/lbm fuel as ideal gas" from GPA 2145 by 2.20462

d. Perhitungan Biaya LNG

Contoh perhitungan tahun -1:

1) Tekanan Outlet *Dryer*

Pressure Drop = 0,5130 kg/cm²

Pressure Outler *Dryer* tahun 0 = 44,40 kg/cm² – 0,4957 kg/cm²
= 43,9043 kg/cm²

Pressure Outler *Dryer* tahun 1 = 44,40 kg/cm² – 0,5130 kg/cm²
= 43,8870 kg/cm²

2) Produksi LNG

Nilai *mass heat of vaporization* (H_{vap}) diperoleh dari properties stream *outlet dryer* pada Aspen Hysys:

Tekanan Outlet <i>Dryer</i> (kg/cm ²)	H_{vap} (kJ/kg)
43,9043	466,90
43,8870	467,00



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan konsep *mass heat of vaporization*:

$$H_{vap} = \frac{Q}{\dot{m}}$$

Diketahui duty refrijeran (Q) adalah 62.555,1152 kJ/s dan densitas LNG adalah 443,640 kg/m³, maka laju produksi LNG (\dot{m}) adalah:

$$\dot{m} = \frac{Q}{H_{vap}}$$

- Tahun ke - 0 (kondisi baru)

$$\dot{m} = \frac{62.555,1152 \text{ kJ/s}}{466,90 \text{ kJ/kg}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{jam}} \times 443,640 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 1.087,2989 \text{ m}^3/\text{jam}$$

- Tahun ke - 1

$$\dot{m} = \frac{62.555,1152 \text{ kJ/s}}{467,0 \text{ kJ/kg}} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{jam}} \times 443,640 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{m} = 1.087,0583 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Sehingga penurunan laju produksi pada tahun ke-1 adalah:

$$1.087,2989 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} - 1.087,0583 \text{ m}^3/\text{jam} = 0,2406 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Volume kehilangan Produksi LNG tahun ke-1:

$$= 0,2406 \frac{\text{m}^3}{\text{jam}} \times 365 \frac{\text{hari}}{\text{tahun}} \times 24 \frac{\text{jam}}{\text{hari}}$$

$$= 2.107 \text{ m}^3$$



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3) HHV LNG

diketahui:

$$V = 2.107 \text{ m}^3$$

$$\rho = 443,640 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$P = 52.060,5328 \frac{\text{Btu}}{\text{kg}}$$

Maka,

$$HHV_{LNG} = V \times \rho \times P$$

$$HHV_{LNG} = 2.107 \text{ m}^3 \times 443,640 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 52.060,5328 \frac{\text{Btu}}{\text{kg}} \times \frac{1 \text{ MMBtu}}{10^6 \text{ Btu}}$$

$$HHV_{LNG} = 48.670 \text{ MMBtu}$$

4) Biaya Kehilangan Produksi LNG

$$LNG \text{ cost} = HHV_{LNG} \times LNG \text{ Price}$$

$$LNG \text{ cost} = 48.670 \text{ MMBtu} \times 12,1533 \frac{\text{USD}}{\text{MMBtu}}$$

$$LNG \text{ cost} = \$ 591.501 \text{ USD}$$

Maka, biaya kehilangan produksi LNG untuk periode penggantian adsorben setiap 1 tahun adalah \$ 591.501 USD.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Dengan menggunakan langkah yang sama didapatkan hasil perhitungan Biaya Kehilangan Produksi LNG untuk 12 tahun sebagai berikut:

Periode Penggantian (Tahun)	Pressure Drop (kg/cm ²)	Tekanan inlet Dryer (kg/cm ²)	Tekanan Outlet Dryer (kg/cm ²)	Duty Refrijeran (kW)	Mass Heat Vaporization (kJ/kg)	Produksi LNG (m ³ /jam)	Penurunan Produksi LNG (m ³ /jam)	Kehilangan Produksi LNG (m ³)	HHV LNG (MMBtu)	Biaya kehilangan Produksi LNG (juta USD)
0	0,4957	44,40	43,9043	62.555	466,8984	1.087,2989				
1	0,5130		43,8870		467,0018	1.087,0583	-0,2406	2.107	48.670	\$ 0,59
2	0,5336		43,8664		467,1248	1.086,7720	-0,5269	4.615	106.589	\$ 1,30
3	0,5580		43,8420		467,2705	1.086,4331	-0,8657	7.584	175.144	\$ 2,13
4	0,5870		43,8130		467,4436	1.086,0307	-1,2682	11.109	256.556	\$ 3,12
5	0,6215		43,7785		467,6496	1.085,5524	-1,7464	15.299	353.314	\$ 4,29
6	0,6595		43,7405		467,8764	1.085,0262	-2,2727	19.908	459.770	\$ 5,59
7	0,7042		43,6958		468,1431	1.084,4080	-2,8909	25.324	584.838	\$ 7,11
8	0,7572		43,6428		468,4593	1.083,6761	-3,6228	31.736	732.910	\$ 8,91
9	0,8205		43,5795		468,8216	1.082,8386	-4,4603	39.072	902.339	\$ 10,97
10	0,8894		43,5106		469,2213	1.081,9163	-5,3826	47.151	1.088.918	\$ 13,23
11	0,9717		43,4283		469,7230	1.080,7607	-6,5382	57.275	1.322.712	\$ 16,08
12	1,0712	43,3288	470,3160	1.079,3980	-7,9009	69.212	1.598.388	\$ 19,43		



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7 : Dokumentasi

a. Kegiatan Bimbingan



b. Kegiatan Pengambilan Data



POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta