



© 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Badak LNG**

**PERANCANGAN PROSES DAN ANALISIS PRODUK  
PADA UNIT LOW-PRESSURE REFERENCE GAS  
BLENDS (LPRGB) SEBAGAI PENUNJANG ANALISIS  
LPG-BUTANA DI LABORATORIUM BADAK LNG**

LAPORAN TUGAS AKHIR

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Oleh :

**Bagas Wibisono**

**NIM. 1902322010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**AGUSTUS, 2022**



© 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



**Badak LNG**

**PERANCANGAN PROSES DAN ANALISIS PRODUK  
PADA UNIT LOW-PRESSURE REFERENCE GAS  
BLENDS (LPRGB) SEBAGAI PENUNJANG ANALISIS  
LPG-BUTANA DI LABORATORIUM BADAK LNG**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan  
Diploma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Oleh :

**Bagas Wibisono  
NIM. 1902322010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
AGUSTUS, 2022**



*“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk Ibu, Ayah, 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 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PERSETUJUAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

#### PERANCANGAN PROSES DAN ANALISIS PRODUK PADA UNIT LOW-PRESSURE REFERENCE GAS BLENDS (LPRGB) SEBAGAI PENUNJANG ANALISIS LPG-BUTANA DI LABORATORIUM BADAK

LNG

Oleh :

Bagas Wibisono

NIM. 1902322010

Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing PNJ,

Pembimbing Badak LNG,

  
**Noor Hidayati, S.T., M.Sc.**  
NIP. 199008042019032019

  
**M. Arief Setiawan, S.T., M.T.**  
No. Badge 130249

DocuSigned by:

EC3EE558CD6242A...

Kepala Program Studi  
Diploma–III Teknik Konversi Energi,

  
**Yuli Mafrendo D.E.S, S.Pd., M.T**  
NIP. 199403092019031013



© 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## HALAMAN PENGESAHAN

### LAPORAN TUGAS AKHIR

#### PERANCANGAN PPROSES DAN ANALISIS PRODUK PADA UNIT LOW-PRESSURE REFERENCE GAS BLENDS (LPRGB) SEBAGAI PENUNJANG ANALISIS LPG-BUTANA DI LABORATORIUM BADAK LNG

Oleh :

Bagas Wibisono




NIM. 1902322010

Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 28 Agustus 2022 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi

Jurusan Teknik Mesin

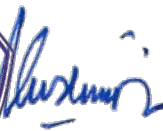
DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Nugrahanto Widagdo, S.T., M.Sc.	Penguji 1	 <small>DocuSigned by: D2A683202310C40D</small>	28/08/2022
2.	Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.	Penguji 2		28/08/2022
3.	Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.	Penguji 3		28/08/2022

Bontang, 28 Agustus 2022

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin,

Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.

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 mengumumkannya 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 : Bagas Wibisono

NIM : 1902322010

Program Studi : Diploma III Teknik Konversi Energi

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir 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 Laporan Tugas akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 28 Agustus 2022



**Bagas Wibisono**  
NIM. 1902322010

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



# PERANCANGAN PROSES DAN ANALISIS PRODUK PADA UNIT *LOW-PRESSURE REFERENCE GAS BLENDS* (LPRGB) SEBAGAI PENUNJANG ANALISIS LPG-BUTANA DI LABORATORIUM BADAK LNG

Bagas Wibisono<sup>1\*</sup>, Noor Hidayati<sup>1</sup>, Mohammad Arief Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

<sup>2</sup>PT Badak Natural Gas Liquefaction, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: [bagasenthal@gmail.com](mailto:bagasenthal@gmail.com)

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem pada unit pencampur *reference gas* (LPRGB) dan menganalisis produk *reference gas* yang digunakan sebagai pembanding dalam *inhouse-analysis* gas LPG di Laboratorium Badak LNG. Proses analisis tersebut menggunakan instrumentasi analitik *gas chromatography*, mengikuti standar GPA-2261. Konsep proses pencampuran gas mengacu pada standar ASTM D4051-99 dengan prinsip perhitungan tekanan parsial gas nyata pada tekanan rendah ( $<2$  atm). Tekanan parsial tersebut dihitung menggunakan metode perhitungan *equation of state* Peng-Robinson yang memperhatikan nilai faktor kompresibilitas ( $Z$ ) setiap komponen. Unit LPRGB dikontrol secara otomatis untuk mencampurkan tiga macam komponen murni, yaitu propana, isobutana, dan n-butana. Langkah yang dilakukan untuk mengetahui validitas komposisi produk yang dihasilkan yaitu mendapatkan sampel produk, melakukan analisis, dan melakukan beberapa uji validasi seperti akurasi, presisi, dan *uncertainty* pengukuran yang syarat keberterimaannya mengacu pada *Appendix F*: AOAC 2016 dan ISO:17025. Setelah dilakukan analisis produk *reference gas* pada LPRGB, didapatkan hasil akurasi komposisi produk sebesar 99,53% untuk propana; 98,89% untuk isobutana; dan 99,09% untuk n-butana. Dengan pendekatan nilai *uncertainty* pengukuran, semua data hasil analisis produk berstatus *on-spec* pada nilai benarnya. Dari hasil beberapa pengujian tersebut, dapat disimpulkan bahwa unit pencampur gas berjalan sesuai perancangan sistem yang dibuat dengan hasil analisis produk memenuhi semua syarat keberterimaan uji validasi.

**Kata Kunci:** LPG, *reference gas*, *equation of state*, faktor kompresibilitas, uji validasi, *uncertainty*.

### 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 kritikan 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



# PROCESS DESIGN AND PRODUCT ANALYSIS IN LOW-PRESSURE REFERENCE GAS BLENDS (LPRGB) UNIT AS A SUPPORT OF LPG-BUTANE ANALYSIS IN BADAK LNG LABORATORY

Bagas Wibisono<sup>1\*</sup>, Noor Hidayati<sup>1</sup>, Mohammad Arief Setiawan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Diploma III Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

<sup>2</sup> PT Badak Natural Gas Liquefaction, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: [bagasenthal@gmail.com](mailto:bagasenthal@gmail.com)

## ABSTRACT

*The study aims to design a system for the reference gas mixing unit (LPRGB) and analyze the reference gas product used as a comparison in the inhouse-analysis of LPG gas at the Badak LNG Laboratory. The analysis uses gas chromatography, following the GPA-2261 standard. The concept of the gas mixing process refers to the ASTM D4051-99 standard with the principle of calculating the partial pressure of real gas at low pressure (<2 atm). The partial pressure is calculated using the Peng-Robinson equation of state calculation method, which also pays attention to each component's compressibility factor (Z). The LPRGB unit is controlled automatically to mix three pure components: propane, isobutane, and n-butane. After obtaining a sample, the steps taken to test the validity of the product's composition will then carry out several validation tests such as accuracy, precision, and measurement uncertainty, whose acceptance requirements refer to Appendix F: AOAC 2016 and ISO:17025. After analyzing the product, there are results of product composition accuracy of 99.53% for propane, 98.89% for isobutane, and 99.09% for n-butane. With the measurement uncertainty value approach, all product analysis results are on-spec at their true values. From these tests, it can be concluded that the gas mixing unit is running correctly, according to the system design made. The results of the product analysis fulfill all the acceptance test requirements for validation.*

**Keywords:** LPG, reference gas, equation of state, compressibility factor, validation test, uncertainty.

### 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 kritikan atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumikan 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allaah Subhaanahu wa Ta'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Perancangan Proses dan Analisis Produk pada Unit *Low-Pressure Reference Gas Blends (LPRGB)* sebagai Penunjang Analisis LPG di Laboratorium Badak LNG**”. Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Dipoma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang tiada terhingga kepada:

1. Allah SWT atas kelancaran dan kemudahan yang telah diberikan selama penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Keluarga tercinta, yang telah memberikan dukungan penuh untuk menyelesaikan kuliah dengan tepat waktu.
3. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Johan Anindito Indriawan, S.T., M.T. selaku Direktur LNG Academy.
5. Ibu Noor Hidayati, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Bapak M. Arief Setiawan, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Konsentrasi Pengolahan Gas sekaligus dosen pembimbing teknis dari Badak LNG yang telah memberikan bimbingan dan arahan teknis dalam penyelesaian tugas akhir ini.
7. Bapak Yuli Mafrendo D.E.S, S.Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Bapak Bambang Irawan, Mas Aulia Tulananda, dan Mas Ika Dalu Prasetyawan yang telah menjadi teman diskusi selama berkegiatan di Laboratorium Badak LNG.
9. Rekan satu kelompok saya, Muhammad Baihaki Sidhiyoga dan Pandu Nugroho yang telah berjuang bersama-sama.
10. Seluruh teman-teman mahasiswa LNG Academy 9 (Adifani, Aqshal, Bagus, Deriz, Dianggit, Hadekha, Elang, Jerry, Mpu, Khalish, Haki, Pandu, Mirza) yang sudah memberikan dukungan dan menemani selama masa perkuliahan di LNG Academy.
11. Seluruh pihak yang berasal dari Politeknik Negeri Jakarta dan PT Badak NGL yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu, yang turut membantu dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
12. Terakhir tetapi tidak kalah penting, saya ingin berterimakasih pada diri sendiri yang sudah percaya, berjuang, dan pantang menyerah untuk mengembangkan versi diri yang lebih baik setiap saat.

Penulis sangat menyadari betapa banyak kesalahan dan kekurangan yang mungkin ada pada laporan ini. Oleh karena itu, jika pembaca memiliki pesan dan saran mohon disampaikan kepada penulis sebagai rujukan bagi penulis dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah meluangkan waktunya untuk membaca laporan ini dan berharap laporan yang disusun ini dapat bermanfaat bagi pembaca juga bagi penulis dan bagi ilmu pengetahuan.

Bontang, 28 Agustus 2022

**Bagas Wibisono**  
NIM. 1902322010



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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	v
ABSTRAK .....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI .....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Metode Penulisan Laporan .....	6
1.6 Manfaat .....	7
1.7 Lokasi Tugas Akhir .....	8
1.8 Sistematika Penulisan .....	8
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>10</b>
2.1 <i>Liquefied Petroleum Gas</i> .....	10
2.1.1 Risiko Bahaya dari LPG .....	12
2.1.2 LFL dan UFL LPG .....	18
2.1.3 <i>Sampling &amp; Handling</i> LPG .....	19
2.2 Standar Praktis ASTM D 4051–99 ( <i>Reapproved 2004</i> ) .....	20
2.3 Teori Gas .....	20
2.3.1 Karakteristik Gas .....	20
2.3.2 Tekanan Gas .....	21
2.3.3 Gas Ideal .....	21



**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

2.4	<b>Persamaan Keadaan Gas (<i>Gas-Equation of State</i>)</b> .....	25
2.4.1	Faktor Kompresibilitas ( <i>Z score</i> ) .....	25
2.4.2	Persamaan Keadaan Kubik Van Der Waals .....	25
2.4.3	Persamaan Umum <i>Equation of State</i> .....	26
2.4.4	Parameter <i>Equation of State</i> .....	27
2.4.5	Persamaan Peng-Robinson.....	28
2.5	<b>Konduksi</b> .....	29
2.5.1	Tinjauan Konduksi.....	29
2.5.2	Konduksi pada Silinder .....	30
2.6	<b><i>Gas Chromatography</i></b> .....	31
2.6.1	Prinsip Kerja.....	31
2.6.2	Instrumentasi Analitik <i>Gas Chromatography</i> .....	33
2.6.3	Keuntungan dan Kerugian Penggunaan <i>Gas Chromatography</i> .....	39
2.7	<b>Analisis Statistik Produk</b> .....	39
2.7.1	Uji Akurasi dan Presisi.....	39
2.7.2	<i>Uncertainty</i> Pengukuran.....	41
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b> .....		<b>45</b>
3.1	<b>Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir</b> .....	45
3.2	<b>Penjelasan Langkah Kerja Pengerjaan Tugas Akhir</b> .....	46
3.3	<b>Metode Pemecahan Masalah</b> .....	63
3.3.1	Metode Penyelesaian Masalah .....	63
3.3.2	Metode Pengambilan Sampel.....	65
3.3.3	Metode Analisis dan Validasi Data .....	65
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....		<b>67</b>
4.1	<b>Hasil Perancangan Unit LPRGB</b> .....	67
4.2	<b>Keselamatan Sistem Proses Operasi Pencampuran Gas</b> .....	79
4.3	<b>Analisis dan Validasi Produk <i>Reference Gas</i></b> .....	80
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....		<b>96</b>
5.1	<b>Kesimpulan</b> .....	96
5.2	<b>Saran</b> .....	97
<b>Daftar Pustaka</b> .....		<b>98</b>



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Spesifikasi LPG-Butana menurut DIRJENMIGAS .....	11
Tabel 2.2. Deskripsi <i>Diamond Hazard</i> Propana .....	15
Tabel 2.3. Sifat Fisik dan Kimia Senyawa Propana .....	16
Tabel 2.4. Deskripsi <i>Diamond Hazard</i> Isobutana .....	16
Tabel 2.5. Sifat Fisik dan Kimia Senyawa Isobutana .....	17
Tabel 2.6. Deskripsi <i>Diamond Hazard</i> n-Butana .....	17
Tabel 2.7. Sifat Fisik dan Kimia Senyawa n-Butana .....	18
Tabel 2.8. Parameter Persamaan Kubik Keadaan .....	27
Tabel 3.1. Spesifikasi <i>Blend Cylinder</i> .....	49
Tabel 3.2. Spesifikasi <i>Vacuum Pump</i> .....	50
Tabel 3.3. Spesifikasi <i>Solenoid Valve</i> .....	51
Tabel 3.4. Hasil Uji <i>Solenoid Valve</i> .....	52
Tabel 3.5. Spesifikasi Pemanas Elektrik .....	52
Tabel 3.6. Spesifikasi <i>Pressure Transmitter</i> .....	53
Tabel 3.7. Kondisi Operasi Pencampuran Gas .....	54
Tabel 3.10. Komposisi RSG LPG-butane di Laboratorium Badak LNG .....	64
Tabel 3.11. Syarat Keberterimaan Parameter Olah Statistik Data .....	66
Tabel 4.1. Rancangan Tekanan Parsial Setiap Komponen .....	67
Tabel 4.2. Hasil Simulasi NIST REFPROP dan ASPEN Hysys .....	68
Tabel 4.3. Simulasi NIST REFPROP - Perhitungan Entalpi Produk RG .....	72
Tabel 4.4. Data Analisis Kualitatif dan Kuantitatif <i>Gas Chromatography</i> .....	81
Tabel 4.5. Komposisi Produk <i>Reference Gas</i> Sampel 1 .....	82
Tabel 4.6. Komposisi Produk <i>Reference Gas</i> Sampel 2 .....	82
Tabel 4.7. Nilai %-bias & %-akurasi tiap Komponen pada Produk RG .....	83
Tabel 4.8. Analisis Statistik Komponen Propana pada Produk <i>Reference Gas</i> .....	84
Tabel 4.9. Analisis Statistik Komponen Isobutana pada Produk <i>Reference Gas</i> .....	85
Tabel 4.10. Analisis Statistik Komponen n-Butana pada Produk <i>Reference Gas</i> .....	86
Tabel 4.11. <i>Uncertainty</i> Sampel 1 .....	88
Tabel 4.12. <i>Uncertainty</i> Sampel 2 .....	88
Tabel 4.13. Rerata <i>Uncertainty</i> tiap Komponen .....	88
Tabel 4.14. Tekanan Aktual PT Sampel 1 .....	89
Tabel 4.15. Tekanan Aktual PT Sampel 2 .....	89
Tabel 4.16. <i>Uncertainty</i> Analisis Transmitter Tekanan .....	89
Tabel 4.17. <i>Butane Method Uncertainty</i> .....	90
Tabel 4.18. <i>Uncertainty</i> dari Sertifikat RSG .....	90
Tabel 4.19. <i>Uncertainty</i> dari Proses Vakum .....	91
Tabel 4.20. Akurasi Transmitter Tekanan .....	91
Tabel 4.21. Batasan Nilai Benar .....	93
Tabel 4.22. Korelasi Nilai <i>Uncertainty</i> dengan Data Hasil Analisis .....	93

### 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 1.1. Grafik Harga <i>Reference Gas</i> 2021-2022 .....	2
Gambar 2.1. Struktur Kimia Senyawa Propana .....	10
Gambar 2.2. Struktur Kimia Senyawa Butana .....	11
Gambar 2.3. <i>Diamond Hazard</i> (a) Propana (b) Isobutana (c) n-Butana .....	12
Gambar 2.4. Ilustrasi Fenomena Konduksi .....	29
Gambar 2.5. Silinder .....	30
Gambar 2.6. Skema Sistem Instrumentasi <i>Gas Chromatography</i> .....	32
Gambar 2.7. Distribusi Normal .....	42
Gambar 2. 8. Distribusi <i>Rectangular</i> .....	43
Gambar 2.9. Distribusi Triangular .....	43
Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	45
Gambar 3.2. Perancangan desain Alat .....	48
Gambar 3.3. <i>Blend Cylinder</i> .....	49
Gambar 3. 4. <i>Vacuum Pump</i> .....	50
Gambar 3.5. <i>Solenoid Valve</i> .....	51
Gambar 3.6. <i>Band Type Electric Heater</i> .....	52
Gambar 3.7. <i>Pressure Transmitter</i> .....	53
Gambar 3.8. <i>Pure Component</i> di Laboratorium Badak LNG .....	54
Gambar 3.9. <i>Bomb Cylinder</i> berisi LPG-Propana .....	55
Gambar 3.10. Skema <i>Sampling</i> LPG di Badak LNG .....	56
Gambar 3.11. PFD Unit LPRGB .....	57
Gambar 3.12. Instrumentasi <i>Gas Chromatography</i> .....	61
Gambar 3.13. Analisis Gas Menggunakan <i>Gas Chromatography</i> .....	62
Gambar 3.14. <i>Existing</i> RSG LPG-butane di Laboratorium Badak LNG .....	64
Gambar 4.1. Simulasi <i>Hysys - Stream</i> Komposisi Produk RG .....	68
Gambar 4.2. Simulasi <i>Hysys - Stream</i> Kondisi Produk RG .....	69
Gambar 4.3. Simulasi <i>Hysys - Stream</i> Kondisi Saturasi Produk RG .....	70
Gambar 4.4. Simulasi <i>Hysys - Stream</i> Kondisi <i>Subcooled</i> Produk RG .....	70
Gambar 4.5. Simulasi NIST REFPROP - Diagram P-T Propana .....	71
Gambar 4.6. Simulasi NIST REFPROP - Diagram P-T Isobutana .....	71
Gambar 4.7. Simulasi NIST REFPROP - Diagram P-T n-Butana .....	72
Gambar 4.8. Simulasi NIST REFPROP - Diagram P-H Produk RG .....	73
Gambar 4.9. (a) Desain Unit LPRGB (b) Hasil Rancang Bangun Unit LPRGB ..	74
Gambar 4.10. Diagram Proses Pencampuran Gas Unit LPRGB Bagian 1 .....	75
Gambar 4.11. Diagram Proses Pencampuran Gas Unit LPRGB Bagian 2 .....	76
Gambar 4.12. Diagram Proses Pencampuran Gas Unit LPRGB Bagian 3 .....	77
Gambar 4.13. Diagram Proses Pencampuran Gas Unit LPRGB Bagian 4 .....	78
Gambar 4.14. Kromatogram Hasil Analisis <i>Gas Chromatography</i> .....	81
Gambar 4.15. Grafik Komparasi Komposisi Desain dan Aktual Produk .....	83
Gambar 4.16. Diagram Tulang Ikan Nilai Total <i>Uncertainty</i> .....	87

### 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.17. Sertifikat Akurasi RSG LPG-Butana .....	90
Gambar 4.18. Grafik Analisis Komposisi Propana pada Produk RG .....	94
Gambar 4.19. Grafik Analisis Komposisi Isobutana pada Produk RG.....	94
Gambar 4.20. Grafik Analisis Komposisi n-Butana pada Produk RG.....	95



### 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

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 – <i>Task Risk Assessment (TRA)</i> .....	103
LAMPIRAN 2 – Hasil Simulasi <i>Software NIST REFPROP</i> .....	105
LAMPIRAN 3 – <i>Drawing: 2D Blend Cylinder</i> .....	107
LAMPIRAN 4 – Instruksi Kerja Pengoperasian Alat.....	108
LAMPIRAN 5 – Instruksi Kerja Pengoperasian Alat.....	114
LAMPIRAN 6 - Kromatogram Hasil Analisis GC.....	116
LAMPIRAN 7 – Analisis Permasalahan Unit LPRGB .....	117
LAMPIRAN 8 – Proyeksi Keuntungan Ekonomi.....	119
LAMPIRAN 9 – Dokumentasi Pengerjaan Tugas Akhir.....	120
LAMPIRAN 10 – Biodata Mahasiswa .....	121





## DAFTAR ISTILAH DAN NOTASI

ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i> , standar
EOS	= <i>Equation of State</i> atau persamaan keadaan
GC	= <i>Gas Chromatography</i> , instrumen analitik
GPA	= <i>Gas Processors Association</i> , standar
ISO	= <i>International Organization for Standardization</i> , standar
LFL	= <i>Lower Flammability Limit</i>
LPG	= <i>Liquefied Petroleum Gas</i>
LPRGB	= <i>Low-Pressure Reference Gas Blends</i>
NFPA	= <i>National Fire Protection Association</i> , standar
PR	= Peng-Robinson, EOS
RG	= <i>Reference Gas</i>
RK	= Redlich-Kwong, EOS
RSG	= <i>Reference Standard Gas</i>
SRK	= Soave-Redlich-Kwong, EOS
SD	= Standar Deviasi atau Simpangan Baku
SV	= <i>Solenoid Valve</i>
TRA	= <i>Task Risk Assessment</i>
UFL	= <i>Upper Flammability Limit</i>
A	= Luas Area ( $m^2$ )
a	= Konstanta empiris, nilainya tergantung gaya tarik menarik antar molekul
b	= Konstanta empiris, nilainya mewakili satu mol molekul gas
$a$	= Parameter, <i>equation of state</i>
$a$	= Semi-Range, <i>uncertainty measurement</i>
$b$	= Parameter, <i>equation of state</i>
B	= Koefisien Virial kedua, ekspansi densitas
B'	= Koefisien Virial kedua, ekspansi tekanan
$B^0, B^1$	= Fungsi, korelasi koefisien Virial kedua yang digeneralisasikan
$B', C', \dots$	= Fungsi Suhu
C	= Konsentrasi Sampel, KV Horwitz
F	= Gaya (N atau $kg.m/s^2$ )
$k$	= Faktor Cakupan, <i>uncertainty measurement</i>
n	= Mol

### 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 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$P$	= Tekanan (N/m <sup>2</sup> , kPa, bar, atm)
$p$	= Jumlah Sampel, <i>repeatability</i>
$P_{blend}$	= Tekanan Pencampuran Gas (atm)
$P_c$	= <i>Critical Pressure</i>
$P_i$	= Tekanan parsial komponen $i$
$P_r$	= <i>Reduction Pressure</i>
$R$	= Konstanta gas (0,082057 L.atm/mol.K)
$SR$	= Simpangan Rata – Rata
$s$	= Simpangan Baku
$s_r$	= Ripitabilitas Simpangan Baku
$T$	= Suhu (°K, °C)
$T_{blend}$	= Suhu Pencampuran Gas (K)
$T_c$	= <i>Critical Temperature</i>
$T_r$	= <i>Reduction Temperature</i>
$U$	= Ketidakpastian Bentangan, <i>uncertainty measurement</i>
$u$	= <i>Uncertainty Measurement</i>
$V$	= Volume (L, m <sup>3</sup> )
$V_{id}$	= Volume ideal (L, m <sup>3</sup> )
$X_i$	= Fraksi mol komponen $i$
$\bar{x}$	= Rata – Rata
$Z$	= Faktor kompresibilitas (PV/RT)
$Z_c$	= Faktor kompresibilitas kritis ( $P_c V_c / R_c T_c$ )
$Z^0, Z^1$	= Fungsi, korelasi faktor kompresibilitas yang digeneralisasikan
$\alpha, \beta$	= Sebagai superskrip, identifikasi fasa
$\beta$	= Parameter, <i>equation of state</i>
$\epsilon$	= Konstanta, <i>equation of state</i>
$\eta$	= Efisiensi
$\kappa$	= Kompresibilitas Isotermal
$\pi$	= Nilai Phi (3,142857)
$\mu$	= Nilai Benar, <i>bias calculation</i>
$\sigma$	= Konstanta, <i>cubic equation of state</i>
$\Psi, \Omega$	= Konstanta, <i>cubic equation of state</i>
$\omega$	= Faktor Asentrik, <i>cubic equation of state</i>



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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

*Reference gas* adalah campuran gas bersertifikat yang digunakan sebagai standar pembandingan dalam kalibrasi instrumen analitik, seperti penganalisis gas atau detektor gas [1]. Penggunaan *reference gas* di *gas laboratory* Badak LNG menjadi kebutuhan pokok untuk melakukan analisis gas. Analisis gas tersebut dilakukan sebagai bentuk *quality control* (QC) dan *quality assurance* (QA) dari produk yang dihasilkan oleh Badak LNG. Selain itu, kebutuhan analisis gas di Laboratorium Badak LNG juga bersifat krusial, karena Laboratorium Badak LNG sudah bersertifikat ISO:17025. Pada klausul 7.7.2 ISO 17025:2017, dijelaskan tentang uji profisiensi dan keharusan suatu laboratorium yang sudah bersertifikat ISO:17025 untuk berpartisipasi dalam uji profisiensi tersebut. Uji profisiensi adalah suatu program evaluasi kinerja laboratorium kalibrasi atau pun pengujian terhadap kriteria yang telah ditetapkan sesuai kompetensinya [2]. Salah satu bentuk uji profisiensi gas yang dilakukan oleh laboratorium bersertifikat ISO:17025 adalah uji banding gas, yang mana dalam melakukan pengujian analisis gas memerlukan standar metode analisis. Metode analisis gas yang digunakan di Laboratorium Badak LNG adalah GPA-2261, terkait analisis gas menggunakan *gas chromatography* yang membutuhkan *reference gas* sebagai gas pembandingan dan dibaca oleh *gas chromatography* sebagai acuan dalam melakukan pembacaan sampel gas.

Salah satu analisis gas yang dilakukan oleh Laboratorium Badak LNG adalah analisis LPG. LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) merupakan bahan bakar cair dengan komposisi utama propana dan butana yang saat ini umum digunakan oleh masyarakat di Indonesia sebagai bahan bakar utama pada rumah tangga karena penggunaannya yang mudah dan ramah lingkungan [3]. Sebagai komponen utama LPG, propana dan butana memiliki titik didih yang rendah, yaitu  $-42^{\circ}\text{C}$  untuk propana dan  $-1^{\circ}\text{C}$  untuk butana pada tekanan satu atmosfer. Senyawa propana dan butana memiliki nilai BTU sebesar 21.500



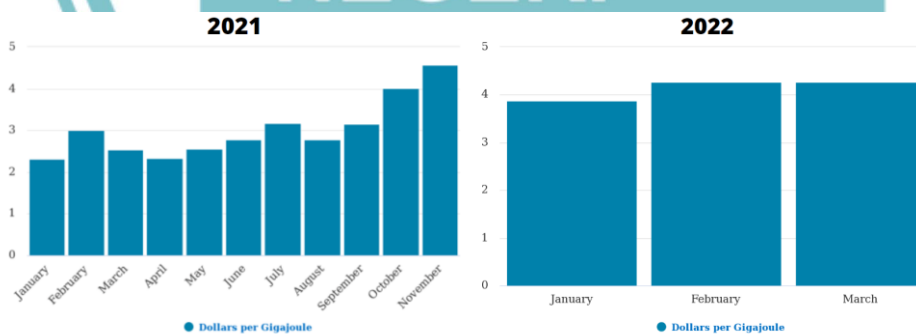
## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BTU/pon untuk propana dan 21.200 BTU/pon untuk butana [1]. Analisis LPG ini ditunjang oleh pelaksanaan proyek yang tengah berjalan di Badak LNG, yaitu proyek LPO (*LPG Production Optimization*). Proyek ini membuat produksi LPG di Badak LNG meningkat sehingga kegiatan analisis LPG pun menjadi lebih intens.

Berdasarkan survei di Laboratorium Badak LNG, sampel gas yang datang untuk uji profisiensi gas analisis internal laboratorium komposisinya bervariasi. Hal tersebut menyebabkan kebutuhan akan *reference gas* juga meningkat. Aktualnya, saat ini terdapat lebih kurang lima tabung sisa *reference gas* untuk analisis internal laboratorium yang sudah tidak terpakai karena *reference gas* tersebut tidak lagi relevan sebagai pembandingan dalam analisis internal gas yang komposisinya bervariasi. Hal ini menjadi perhatian pihak laboratorium karena harga *reference gas* yang ada di pasar tergolong tinggi dibandingkan dengan harga barang untuk kebutuhan analisis gas yang lain, yaitu berkisar antara 45-70 juta rupiah/tabung. Dilansir dari *Alberta Energy 2022*, harga *reference gas* di pasar pada Januari 2021 hingga Maret 2022 mengalami kenaikan sebesar 72%. Tidak menutup kemungkinan biaya yang harus dianggarkan Laboratorium Badak LNG untuk pembelian *reference gas* akan terus meningkat [4].



Gambar 1.1. Grafik Harga *Reference Gas* 2021-2022

(Sumber: <https://www.alberta.ca/alberta-natural-gas-reference-price.aspx>)

Ketersediaan *pure gas* (propana, isobutana, dan n-butana) di Badak LNG yang berasal dari *process plant* (hanya propana) dan Laboratorium Badak LNG membuat penulis terinspirasi untuk melakukan rancang bangun



## © 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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sistem pada unit pencampur gas yang dapat menghasilkan *reference gas* dengan komposisi yang bervariasi. Terlebih lagi, saat ini Laboratorium Badak LNG masih belum memiliki unit pencampur gas. Proyeksi produk yang akan dirancang menyesuaikan kebutuhan Laboratorium Badak LNG, yaitu produk LPG-butana.

*Reference gas* ini akan digunakan untuk analisis internal uji profisiensi gas di Laboratorium Badak LNG sebagai gas pembanding (bukan *reference standard gas*). Penggunaan *reference gas* dari Unit LPRGB ini juga tidak untuk analisis yang berkaitan dengan kontrak kegiatan komersial. Unit pencampur gas ini dirancang untuk bekerja secara otomatis dengan komposisi yang dapat diatur secara bebas, sehingga dapat memenuhi kebutuhan Laboratorium Badak LNG dalam melakukan uji profisiensi analisis sampel gas yang komposisinya bervariasi dalam waktu yang relatif cepat dibandingkan dengan melakukan pengadaan pembelian *reference gas*.

Proses pencampuran gas yang akan dilakukan menggunakan prinsip perhitungan tekanan parsial setiap komponen gas yang akan dicampur. Metode ini mengacu pada ASTM D 4051-99 (*reapproved 2004*) tentang “*Standard Practice for Preparation of Low-Pressure Gas Blends*”. Konsep perhitungan tekanan parsial ini juga sudah berhasil dilakukan oleh Gerry C. Kessler dalam eksperimennya melakukan perhitungan pencampuran gas oksigen dan nitrogen yang dijelaskan pada “*The Mathematics Behind Partial Pressure Gas Blending*” [5]. Dalam standar ASTM tersebut, preparasi pencampuran gas dilakukan secara manual. Proses yang manual tersebut dinilai kurang memudahkan operator atau analis karena membutuhkan proses pengoperasian yang kompleks dan waktu yang relatif lama. Hal ini membuat penulis terpacu untuk melakukan perancangan sistem operasi pencampuran gas secara otomatis dengan konsep proses pencampuran menyesuaikan standar tersebut.



**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

Dari pemaparan latar belakang di atas, terdapat enam poin utama permasalahan dan keresahan yang menjadi latar belakang penulis mengajukan judul tugas akhir. Poin-poin tersebut adalah sebagai berikut:

1. Mendukung kewajiban Laboratorium Badak LNG dalam menjalankan analisis gas secara internal sesuai ISO:17025.
2. Menunjang proyek optimasi LPG yang tengah berjalan di Badak LNG.
3. Adaptasi akan datangnya sampel gas dengan komposisi yang bervariasi untuk dianalisis.
4. Harga *reference gas* yang terus mengalami kenaikan.
5. Ketersediaan *pure component* sebagai *feed stock* di lingkungan Badak LNG.
6. Proses pencampuran gas secara manual tidak konvinien.

Berdasarkan permasalahan dan keresahan di atas, penulis mengajukan tugas akhir dengan judul **“PERANCANGAN SISTEM DAN ANALISIS PRODUK PADA UNIT LOW-PRESSURE REFERENCE GAS BLENDS (LPRGB) SEBAGAI PENUNJANG ANALISIS LPG-BUTANA DI LABORATORIUM BADAK LNG”** menggunakan prinsip penjumlahan tekanan parsial yang dihitung dengan metode perhitungan *equation of state* Peng-Robinson (untuk kondisi tekanan operasi rendah, <9,87 atm) dan analisis produk menggunakan standar GPA-2261, yaitu analisis gas menggunakan *gas chromatography* serta validasi komposisi produk menggunakan uji validasi mengikuti *Appendix F: AOAC 2016* dan ISO:17025.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Belum ada perancangan sistem untuk unit pencampur gas yang dapat menghasilkan *reference gas* sebagai penunjang analisis internal LPG di Laboratorium Badak LNG.
2. Dalam operasi pencampuran gas hidrokarbon, diperlukan sistem keselamatan proses yang baik supaya terminimalisir dari potensi bahaya.
3. Validitas produk *reference gas* dari unit pencampur gas belum diketahui.



**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

#### 1.3.1 Tujuan Umum

1. Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan Diploma III Politeknik Negeri Jakarta.
2. Mengembangkan dan mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya dalam bidang pengolahan gas serta mengaplikasikan ilmu yang telah diperoleh selama mengikuti proses belajar mengajar dalam perkuliahan.

#### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Merancang sistem untuk menghasilkan *reference gas* sebagai penunjang analisis internal LPG di Laboratorium Badak LNG dengan melakukan pencampuran *pure component* menggunakan metode penambahan tekanan parsial setiap komponen.
2. Mendesain sistem keselamatan proses pada Unit *Low-Pressure Reference Gas Blends (LPRGB)*.
3. Melakukan analisis dan validasi komposisi produk terhadap desain komposisi produk.

### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain rancang bangun proses *Low-Pressure Reference Gas Blends Unit* (tidak melakukan rancang bangun sistem mekanikal serta sistem kontrol dan kelistrikan).
2. Membuat desain operasi dengan prinsip perhitungan tekanan parsial setiap komponen menggunakan metode perhitungan *equation of state* Peng-Robinson.
3. *Software* yang digunakan untuk membantu perhitungan perancangan proses pencampuran gas dan analisis produk adalah *Microsoft Excel*, NIST REFPROP dan ASPEN Hysys.
4. Tekanan produk *reference gas* yang dihasilkan kurang dari 2 atm.
5. Proses pencampuran gas dilakukan pada kondisi operasi tekanan atmosfer dan suhu ruangan (1 atm; 23°C).



**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

6. Unit pencampur gas dikontrol secara otomatis untuk mencampurkan 3 macam *pure component* (propana, isobutana, dan n-butana) untuk membuat *reference gas* LPG-Butana.
7. Percobaan pada penelitian Tugas Akhir ini hanya untuk *reference gas* LPG Butana dengan desain komposisi: 2,2%-mol untuk propana; 43,4%-mol untuk isobutana; dan 54,4%-mol untuk n-butana.
8. Perhitungan operasi pemanas hanya sebatas penentuan *set point* suhu yang dikorelasikan dengan target suhu di dalam *blend cylinder* dan daya pemanas yang digunakan dengan asumsi perhitungan konduksi pada kondisi *steady-state*.
9. Analisis produk yang dilakukan yaitu analisis komposisi produk *reference gas* menggunakan *gas chromatography* sesuai dengan standar GPA-2261 terkait analisis gas menggunakan *gas chromatography*.
10. Analisis statistik dan validasi data yang digunakan yaitu nilai akurasi dan nilai presisi mengikuti *Appendix F: AOAC 2016* serta nilai *uncertainty measurement* mengikuti ISO:17025 klausul 3.1c dengan parameter syarat keberterimaan.

### 1.5 Metode Penulisan Laporan

Metodologi penulisan yang dilakukan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini mencakup pengumpulan data dan pengolahan data. Untuk pengumpulan atau pengolahan data yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini diperoleh dari kegiatan sebagai berikut:

a) Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari narasumber, literatur, atau objek pengamatan. Ruang lingkup pengambilan data primer untuk perhitungan dan perancangan kondisi operasi, kapasitas alat serta hasil analisis komposisi *reference gas* yang didapatkan dari proses pencampuran.





**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

b) Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari hasil percobaan orang lain, seperti jurnal penelitian, laporan tugas akhir, laporan analisis gas, dan laporan perusahaan yang dapat dipublikasikan.

**1.6 Manfaat**

Manfaat tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

a) Bagi Penulis

1. Sebagai syarat untuk memenuhi penyusunan Tugas Akhir guna mendapatkan gelar Diploma III dari Program Studi Teknik Konversi Energi di Politeknik Negeri Jakarta.
2. Menambah pengalaman dan keterampilan dalam merancang bangun suatu alat industri.
3. Dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktikkannya secara nyata.

b) Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai media pembelajaran dan penelitian Unit *Low-Pressure Reference Gas Blends (LPRGB)* untuk menghasilkan *reference gas* sebagai penunjang analisis internal LPG di Laboratorium Badak LNG.

c) Bagi Badak LNG dan Dunia Industri

1. Mengoptimalkan keberadaan *pure component* yang ada di *process plant* dan Laboratorium Badak LNG.
2. Menghasilkan unit pencampur gas penghasil *reference gas* yang dapat menunjang proses uji profisiensi gas, khususnya LPG di Laboratorium Badak LNG.
3. Mendapatkan *reference gas* untuk analisis sampel dengan komposisi yang bervariasi dalam waktu yang relatif cepat.
4. Mengurangi *spend-budget* pembelian *reference gas* untuk kepentingan analisis internal di Laboratorium Badak LNG.
5. Mendukung Laboratorium Badak LNG yang inovatif melalui proyek CIP (*Continuous Improvement Program*) Pertamina.



**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

## 1.7 Lokasi Tugas Akhir

Lokasi pengerjaan Tugas Akhir berada di Laboratorium Badak LNG, Bengkel LNG Academy, dan Bengkel Induk Badak LNG. Sedangkan lokasi akhir objek Tugas Akhir adalah di *LPG Laboratory, Laboratory & Environment Control Section* Badak LNG, Bontang, Kalimantan Timur.

## 1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini merujuk pada “Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir Tahun 2020” yang diterbitkan oleh Politeknik Negeri Jakarta.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini, penyusun laporan menguraikan latar belakang pemilihan topik, perumusan masalah, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian, batasan masalah, lokasi objek tugas akhir, manfaat yang akan didapat, dan sistematika penulisan keseluruhan laporan tugas akhir.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Tinjauan Pustaka berisi sumber bacaan atau literatur, memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan atau penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang akan dikaji lebih lanjut dalam tugas akhir.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Penyusunan laporan Tugas Akhir menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian, meliputi prosedur, pengambilan sampel dan pengumpulan data, pengumpulan data, teknik analisis data atau teknis perancangan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini, penulis menguraikan tentang pembahasan dari rumusan masalah yang telah ditetapkan. Pada laporan ini, dibahas mengenai perancangan proses untuk menghasilkan *reference gas* beserta analisis parameter operasi pada rancang bangunnya. Selain itu, juga dipaparkan pembahasan mengenai hasil analisis data komposisinya.

**BAB V PENUTUP**

Pada bab ini, penulis memaparkan kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil perhitungan atau penelitian. Kesimpulan merupakan jawaban singkat dari rumusan masalah dan tujuan yang telah ditetapkan. Selain kesimpulan, dibahas juga mengenai saran atau evaluasi dari pengerjaan tugas akhir.

**DAFTAR PUSTAKA**  
**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

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Unit LPRGB dapat berjalan sesuai dengan perancangan proses sekuensial pencampuran gas, yaitu secara otomatis menggunakan prinsip penjumlahan tekanan parsial *real gas* pada tekanan rendah sehingga waktu yang dibutuhkan untuk pengadaan produk *reference gas* relatif lebih cepat dibandingkan dengan membeli *reference gas* ataupun mencampurkan gas secara manual.
2. Unit LPRGB aman untuk dioperasikan dengan pertimbangan rancangan operasi pencampuran gas dan identifikasi pencegahan potensi bahaya yang dijelaskan lebih rinci melalui *Task Risk Assessment* yang telah dibuat.
3. Semua data hasil analisis pada Sampel 1 dan Sampel 2 memenuhi syarat keberterimaan validasi metode dan data hasil analisis yang dijelaskan pada tabel berikut.

Tabel 5.1. Hasil Keberterimaan Validasi Komposisi Produk

	C <sub>3</sub>	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>
<b>Desain Komposisi (%-mol)</b>	2,20	43,40	54,40
<b>Nilai Akurasi Produk (%)</b>	99,53	98,89	99,10
<b>Uji Akurasi</b> %-rec= 98-102 (untuk %-mol = 10-100) %-rec= 97-103 (untuk %-mol =<10)	100,47	101,23	99,09
<b>Uji Presisi (Repeatability)</b> %RSD < 2/3 KV Horwitz	0,39 < 1,05	0,20 < 0,43	0,15 < 0,40
<b>Uji Presisi (Reproducibility)</b> %RSD < 0,5 KV Horwitz	0,39 < 0,79	0,20 < 0,32	0,15 < 0,30
<b>Remark (keberterimaan)</b>	<b>DITERIMA</b>	<b>DITERIMA</b>	<b>DITERIMA</b>
<b>Uncertainty Pengukuran</b>	0,04	0,02	0,02
<b>Range Nilai Benar</b>	2,11 < x < 2,29	42,62 < x < 44,18	53,43 < x < 55,37
<b>Remark Data Hasil Analisis</b>	<b>ON-SPEC</b>	<b>ON-SPEC</b>	<b>ON-SPEC</b>



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### 5.2 Saran

Dari kegiatan penelitian yang telah dilaksanakan, penulis sadar masih terdapat beberapa kekurangan. Adapun saran yang diberikan untuk alat ini di masa yang akan datang adalah sebagai berikut:

1. Alat ini dapat digunakan di Laboratorium Badak LNG untuk melakukan uji analisis gas secara internal.
2. Dapat dilakukan sertifikasi alat pencampur gas, supaya tingkat kepercayaan terhadap produk meningkat.
3. Dapat dilakukan pengembangan jumlah *pure component* yang akan dicampurkan.
4. Dapat dilakukan riset lebih dalam terkait metode pencampuran gas, sehingga dapat mengintegrasikan lebih dari satu metode pencampuran gas pada LPRGB unit.

#### 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

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 Pustaka

- [1] ISO, "Gas Analysis - Preparation of Calibration Gas Mixture," *ISO 6142-1*, pp. 1-46, 2015.
- [2] LIPI, "Uji Profisiensi - Pusat Penelitian Metrologi (P2M)," 2022. [Online]. Available: <https://bit.ly/3x6EwJ9>.
- [3] H. Hermansyah and I. Kurniaty, "Analisis Pemanfaatan LPG dan CNG Sebagai Bahan Bakar Kendaraan Bermotor di Wilayah Jawa Barat," Universitas Indonesia, Depok, 2013.
- [4] A. Energy, "Alberta Natural Gas Reference Price," Maret 2022. [Online]. Available: <https://www.alberta.ca/alberta-natural-gas-reference-price.aspx>. [Accessed 12 Juni 2022].
- [5] G. C. Kessler, *The Mathematics Behind Partial Pressure Gas Blending Version 3.0*, Florida: SCUBA Divers, 2020.
- [6] K. J. Morganti, T. M. Foong, M. J. Brear, G. d. Silva, Y. Yang and F. L. Dryer, "The Research and Motor Octane Numbers of Liquefied Petroleum Gas (LPG)," *Fuel*, pp. 797-811, 2013.
- [7] H. a. S. Authority, *The Dangerous Substances (Storage of Liquefied Petroleum Gas) Regulations, 1990* [S.I. No. 201 of 1990], Irland: HSA, 1990.
- [8] H. Syukur, "Penggunaan Liquefied Petroleum Gases (LPG): Upaya Mengurangi Kecelakaan Akibat LPG," *Jurnal Forum Teknologi*, p. Vol. 1 Nomor 2, 2011.
- [9] DIRJENMIGAS, "Standar Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas Jenis Liquefied Petroleum Gas Butana," 2020.
- [10] Praxair Inc, "Material Safety Data Sheet: LPG," Linde Company, Danbury, 2019.
- [11] NFPA-704, "Propane, n-Butane, Isobutane," CAMEO Chemicals, USA, 2022.
- [12] N. F. P. Association, "Standard System for The Identification of The Hazard of Material for Emergency Response," NFPA, Quincy, 2017.
- [13] H. Communication, "Propane Safety Data Sheet P-4646," Linde Company, U.S, 2021.



## © 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [14] H. Communication, "Isobutane Safety Data Sheet P-4613," Linde Company, U.S, 2021.
- [15] H. Communication, "n-Butane Safety Data Sheet P-4572," Linde Company, U.S, 2021.
- [16] S. Sirisawat and S. Patvichaichod, "Learning Equipment for The Flammability Limits of Liquefied Petroleum Gas," *American Journal of Applied Sciences* , vol. 9, no. Science Publications, pp. 1-5, 2012.
- [17] A. International, "ASTM D1265-11 Standard Practice for Sampling Liquefied Petroleum (LP) Gases, Manual Method," Reapproved 2017.
- [18] ASTM, "Standard Practice for Preparation of Low-Pressure Gas Blends," ASTM D 4051-99, 1-4, 2004.
- [19] U. N. S. Maret, "Gas dan Sifat-Sifatnya," SPADA UNS, Surakarta, 2022.
- [20] D. FMIPA, "Gas dan Teori Kinetika Molekul," Universitas Indonesia, Depok, 2020.
- [21] N. D. Jespersen, J. E. Brady and A. Hyslop, Chemistry The Molecular Nature of Matter 6th Edition, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2012.
- [22] J. M. Smith, H. C. V. Ness, M. M. Abbott and M. T. Swihart, Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6th Edition in SI Units, New York: The McGraw-Hill Companies, Inc, 2005.
- [23] P. W. Atkins and J. d. Paula, Physical Chemistry 8th Edition, Oxford; New York: Oxford University Press, 2006.
- [24] E. M. Mansour, "Equation of State," in *Inverse Heat Conduction and Heat Exchangers*, Cairo, Egypt, VT Lab, Production Department, Egyptian Petroleum Research Institute, March 4th, 2020.
- [25] M. Dr. Ir. Haryadi and I. A. M. M.Eng, "Buku Bahan Ajar," *Perpindahan Panas*, pp. 4,5,12,15,16, 2012.
- [26] Y. A. Cengel and M. A. Boles, Thermodynamics An Engineering Approach 8th Edition, New York: McGraw-Hill Education, 2015.
- [27] V. Gupta and P. Kurmi, "Experiment Explaining Heat Transfer by Conduction," Research Gate, September 2018. [Online]. Available: <https://bit.ly/IlustrasiFenomenaKonduksi>. [Accessed 20 June 2022].
- [28] G. Arda, Prinsip Pindah Panas, Bali: Prodi Teknik Pertanian Universitas Udayana, 2019.



## © 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [29] A. Faricha, M. Rivai and Suwito, "Sistem Identifikasi Gas Menggunakan Sensor Surface Acoustic Wave dan Metoda Kromatografi," *Jurnal Teknik ITS Vol.3 No.2* , pp. 1-6, 2014.
- [30] H. M. McNair and J. M. Miller, *Basic Gas Chromatography Techniques in Analytical Chemistry*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2019.
- [31] F. K. M.S.P, M. Adelia and Qhomaruddin, "Laporan Praktik Kerja Industri PT Badak Natural Gas Liquefaction," Laboratory & Environment Control Section Badak LNG, Bontang, 2019.
- [32] F. J. Holler and S. R. Crouch, *Fundamentals of Analytical Chemistri 9th Edition*, USA: Brooks/Cole, 2014.
- [33] M. F. Nugraha, "RANCANG BANGUN PHOSPHATE RAPID TEST KIT SEBAGAI ALAT UKUR PORTABLE KANDUNGAN ORTOFOSFAT DALAM EKOSISTEM PERAIRAN DENGAN MODIFIKASI METODE ASCORBIC ACID," PNJ, Depok, 2021.
- [34] R. G. R. Dio, S. Bahri, A. A. Kiswandono and R. Supriyanto, "VALIDASI METODE FOTODEGRADASI CONGO RED TERKATALIS ZnO/ZEOLIT Y SECARA SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS," *Analit*, Lampung, 2021.
- [35] S. Bell, *A Beginner's Guide to Uncertainty of Measurement Issue 2 No.11*, Teddington, Middlesex, United Kingdom: National Physical Laboratory (NPL), 2001.
- [36] B. S. Nasional, *SNI ISO/IEC 17025:2008, Persyaratan Umum Kompetensi Laboratorium Pengujian dan Laboratorium Kalibrasi*, 2008.
- [37] ISO/IEC, "ISO/IEC 17025:2008 General Testing and Calibration Laboratories," 2008.
- [38] M. Syafanti, "Verifikasi Metode SNI 19-6964.6-2003 dan Validasi Metode Kit pada Analisis Sianida Dalam Air Laut Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta, 2020.
- [39] AOAC, "Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements," AOAC International, 2016.
- [40] G. P. Association, "Analysis for Natural Gas and Similar Gaseous Mixtures by Gas Chromatography," The USA Legally Binding Document, Tulsa, Oklahoma 74145, 2000.



- [41] Force Task Team Badak LNG, Operation Manual Book: Plant-3 Fractionation, Bontang: Operation Department Badak LNG, 2014.



## © 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 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 1 – Task Risk Assessment (TRA)

No	Task / Activity	TLV	Measur	Hazard/Aspect	Possible Event	Cate- gory	Consequences/ Impacts	Initial Risk			Control Measure, Precautions & Mitigations	Action By			Residual Risk		
								P	S	R		P	S	R	P	S	R
<b>PENILAIAN RISIKO TUGAS</b> <b>TASK RISK ASSESSMENT</b>																	
Badak LNG		Activity: <b>Pembuatan Reference Gas Campuran Menggunakan Low-Pressure Reference Gas Blends Unit</b>															
Location/ Installation/ Plant		Laboratory & Environment Control Section Badak LNG															
Area Custodian		Technical															
Work/ Job Executor		Student of LNG Academy															
Legislation & Related Document		Routine / Non-routine / Emergency Hydrocarbon Gas (Propane, Isobutane, Normalbutane) 15L															
1. ASTM D4051-99 (Reapproved 2004) Standard Practice for Low-Pressure Gas Blends																	
2. SOP/SHEQ-MS/16-01 Alat Pelindung Diri																	
1	Merpersiapkan peralatan kerja dan bahan pencampuran gas.	-	-	Posisi badan tidak tepat saat mengangkat/menggeser peralatan kerja.	Anggola badan terkilir.	S	Cidera ringan	4	1	4	A : Posisi pengangkatan atau memegang peralatan harus dengan benar.	Analyst	1	1	1		
1				Tabung gas (pure component) terjatuh.	Tertimpa.	S	Cidera ringan	4	2	8	A : Posisi pengangkatan atau memegang peralatan harus dengan benar. P : Memakai safety shoes .	Analyst	2	1	2		
2	Purging silinder.	-	-	Posisi badan tidak tepat saat memasang konektor.	Kebocoran gas. Tangan terkilir dan tergores.	S	Cidera ringan	4	1	4	A : Posisi pengangkatan atau memegang peralatan harus dengan benar. P : Menggunakan sarung tangan. E : Mengarahkan selang gas buang purging ke arah ventilasi. P : Lakukan di ruangan dengan sirkulasi udara yang baik.	Analyst	2	1	2		
2				Oxygen displacement .	Gangguan pemafasan.	S	Cidera ringan	4	2	8		Analyst	4	1	4		

### 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

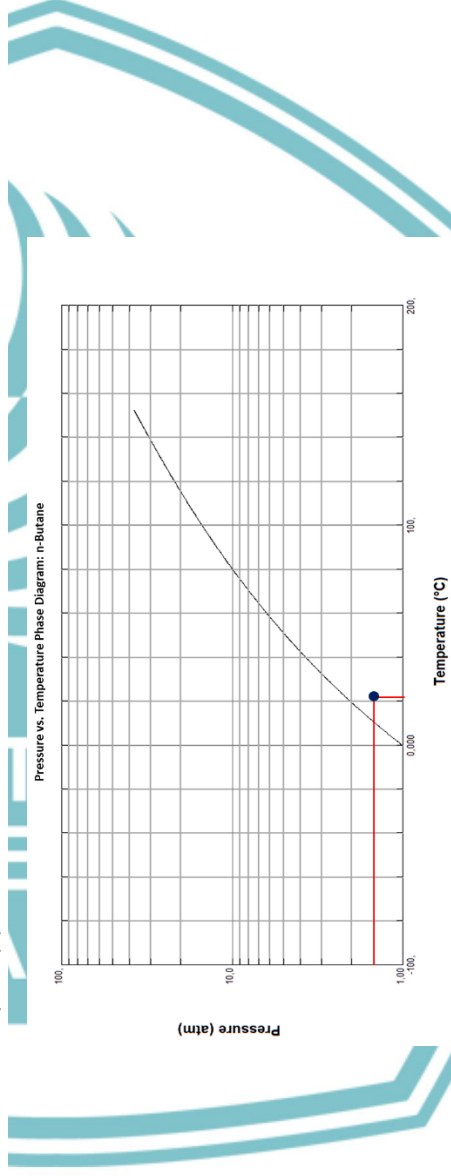
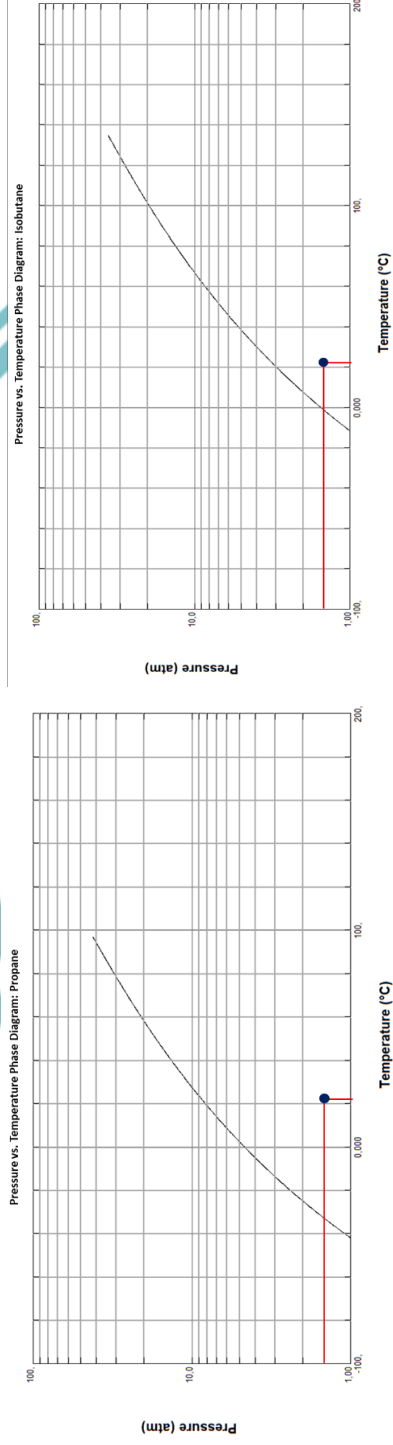
### Hak Cipta :

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

Highest Initial Risk										Highest Residual Risk	
No	Name	Position	Role	Sign/Initial	1. Executor Manager	2. Area Custodian Manager	Approved by:				
1.	Liesi Indah	Day Supervisor	Leader / Executor Supervisor	<i>LI</i>							
2.	Bambang Irawan	Chemist	Assisting Mentor	<i>BI</i>							
3.	Ika Dalu Prasetyawan	Lab Analyst	Member / Executor	<i>ID</i>							
4.	Aulia Tulananda	Lab Analyst	Member / Executor	<i>AT</i>							
5.	Bagas Wibisono	Student of LNG Academy	Member / Executor	<i>BA</i>							
6.	M. Baihaki Sidhiyoga	Student of LNG Academy	Member / Executor	<i>MS</i>							
7.	Pandu Nugroho	Student of LNG Academy	Member / Executor	<i>PN</i>							
					Name : Bambang Irawan		Name : Bambang Irawan				
					Position : Act. Manager Lab & EC		Position : Act. Manager Lab & EC				
					Date : 28 Juli 2022		Date : 28 Juli 2022				

LAMPIRAN 2 – Hasil Simulasi Software NIST REFPROP

	Mole Frac. (propane)	Mole Frac. (isobutane)	Mole Frac. (butane)	Temperature (°C)	Pressure (atm)	Density (kmol/m <sup>3</sup> )	Enthalpy (kJ/kmol-K)	Entropy (kJ/kmol-K)
1	0,022000	0,43400	0,54400	23,000	1,619	0,069919	351,79	1,42,00



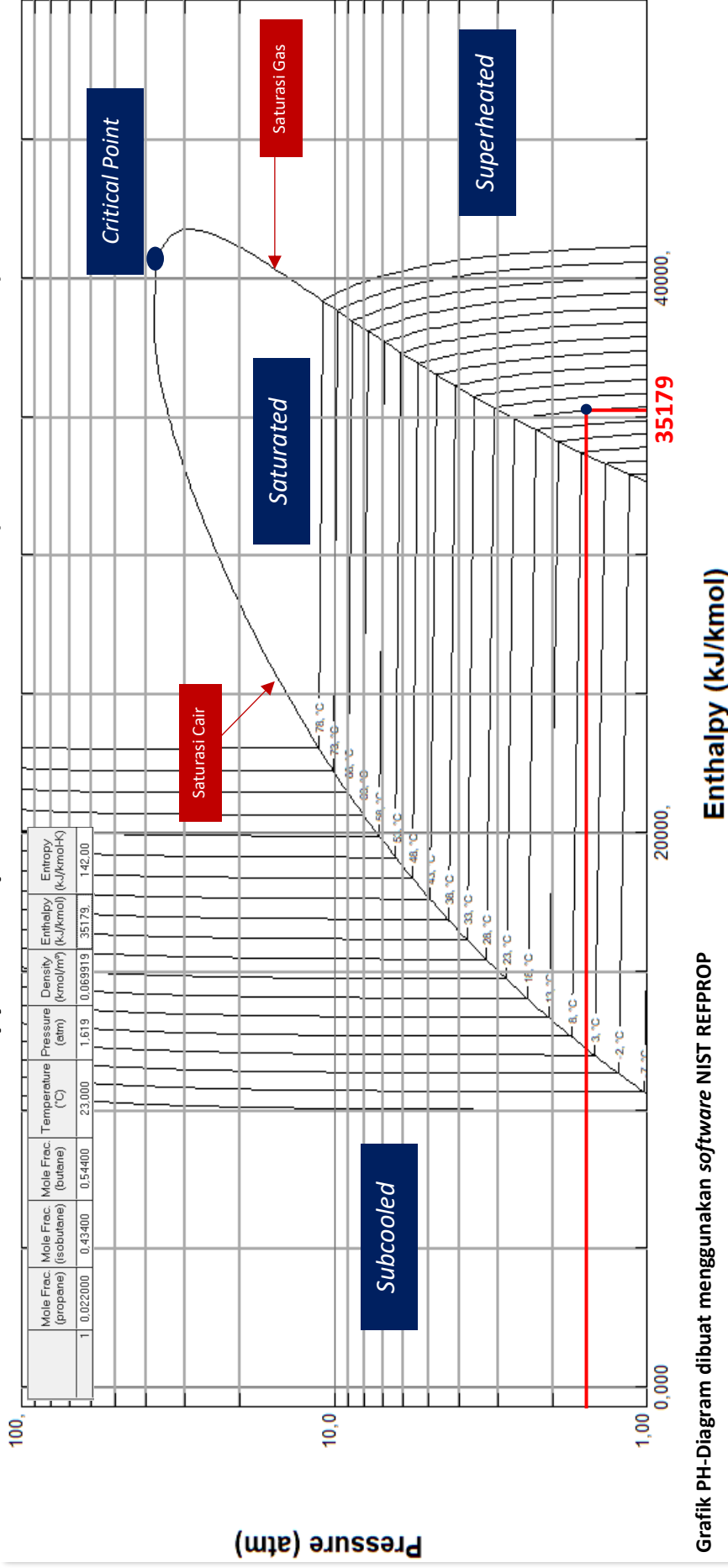
Grafik PT-Diagram dibuat menggunakan software NIST REFPROP  
Perhitungan Entalpi Campuran Reference Gas dilakukan menggunakan software NIST REFPROP

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

Pressure vs Enthalpy Plot: Propane/Isobutane/*n*-Butane (0,022/0,434/0,544)

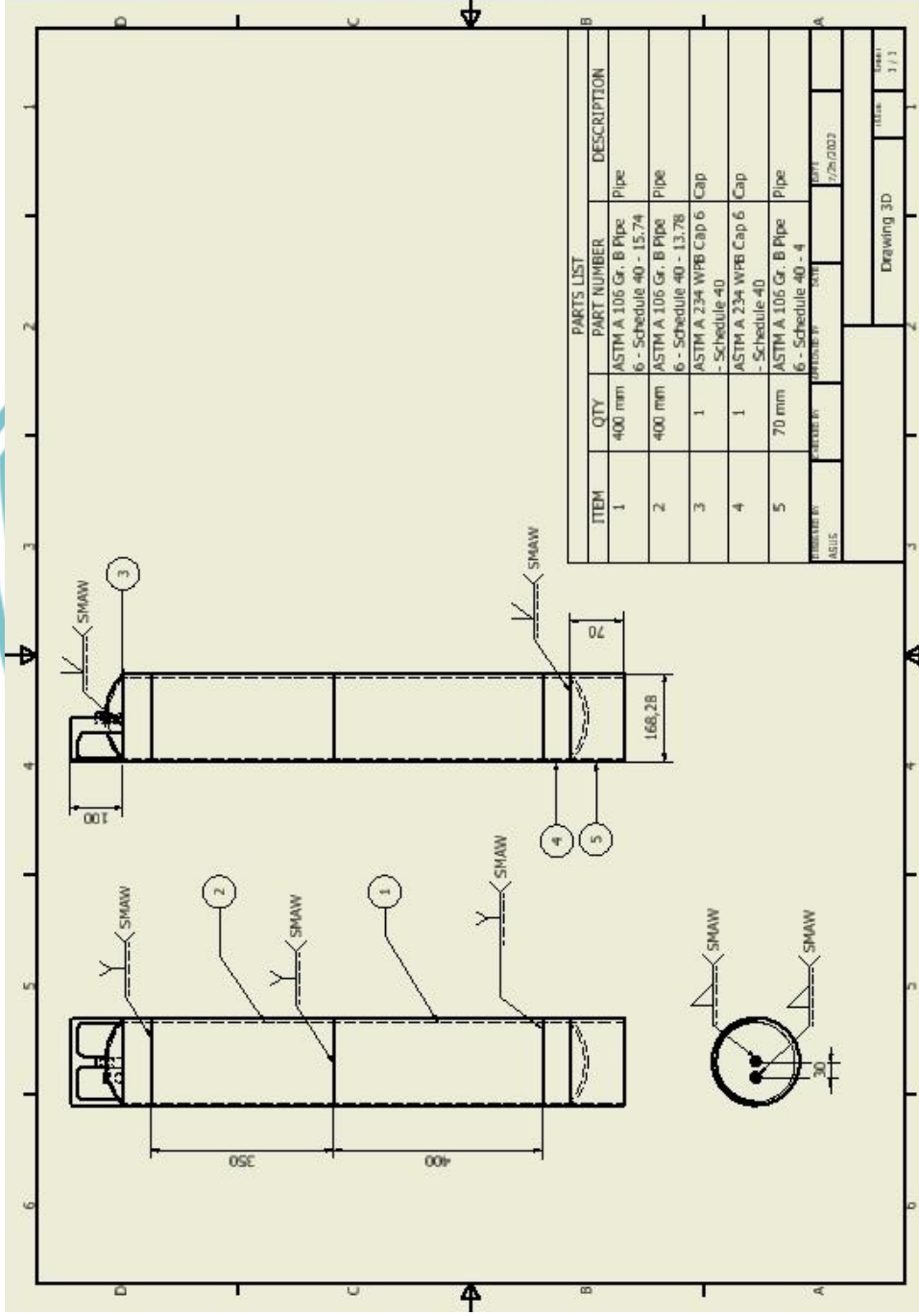


Grafik PH-Diagram dibuat menggunakan software NIST REFPROP

**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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN 3 – Drawing: 2D Blend Cylinder



## LAMPIRAN 4 – Instruksi Kerja Pengoperasian Alat

### A. Perhitungan Tekanan Parsial

Berikut ini adalah perhitungan tekanan *real gas* menggunakan metode perhitungan *equation of state* Peng-Robinson sesuai dengan persamaan-persamaan yang ada pada sub sub-bab 2.4.5, utamanya adalah perhitungan nilai *Z* pada persamaan (24).

#### i. Data perhitungan tekanan *real gas*.

Komponen	n (%-mol)	T (K)	R (cm <sup>3</sup> .bar/mol.K)	V (cm <sup>3</sup> )	P <sub>desain</sub> (bar)
C <sub>3</sub>	2,200	296,15	83,14	14600	1,01325
n-C <sub>4</sub>	43,400	296,15	83,14	14600	1,01325
i-C <sub>4</sub>	54,400	296,15	83,14	14600	1,01325
<b>Total</b>	<b>100,000</b>				

Data yang digunakan dalam menghitung tekanan *real gas* adalah sebagai berikut.

- Jumlah dan Jenis Komposisi  
Jumlah komponen yang dicampurkan sebanyak tiga buah yang nantinya akan ditujukan untuk analisis gas LPG.
- Persen Mol setiap Komposisi  
Desain persen mol setiap komposisi ditentukan mendekati komposisi *reference standard gas* yang ada di Laboratorium Badak LNG.
- Suhu Pencampuran Gas  
Suhu pencampuran gas menjadi variabel yang dapat diubah-ubah, tergantung dimana tempat pencampuran gas terjadi. Nilai ini juga nantinya akan divariasikan untuk mendapatkan nilai komposisi produk terbaik yang nilainya paling mendekati nilai desain komposisinya.
- Nilai Tetapan Gas  
Nilai tetapan gas menjadi hal penting dalam melakukan perhitungan tekanan gas. Nilainya tetap, namun bisa berubah menyesuaikan dengan satuan yang digunakan.

#### 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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



- Volume Wadah Penampuran Gas

Dari sisi teknis, desain volume *blend cylinder* yang digunakan menyesuaikan kebutuhan laboratorium. Dari sisi perhitungan proses, desain volume ditentukan berdasarkan nilai 1 mol campuran gas yang dibuat.

- Tekanan Pencampuran Gas

Tekanan pencampuran gas dalam hal ini menjadi variabel yang tetap karena kondisi tempat pencampuran gas dalam kondisi atmosferik (1 atm).

ii. Mencari data dan menghitung nilai komponen faktor kompresibilitas (*Z score*)

Mencari nilai omega,  $P_c$ ,  $T_c$ . Selanjutnya menghitung nilai  $P_r$  dan  $T_r$ . Nilai omega adalah nilai faktor asentrik yang nilainya berupa konstanta. Nilai  $P_c$  dan  $T_c$  merupakan nilai kritis yang digunakan untuk mencari nilai  $P_r$  dan  $T_r$  yang merupakan nilai reduksi dari kondisi desain dan kondisi kritisnya sesuai dengan persamaan (20) dan (21).

Tabel Data Perhitungan Nilai Faktor Kompresibilitas

Komponen	$\omega$	$P_c$ (bar)	$T_c$ (K)	$P_r$	$T_r$
C <sub>3</sub>	0,152	42,48	369,8	0,0358	0,806
n-C <sub>4</sub>	0,181	36,48	408,1	0,0417	0,731
i-C <sub>4</sub>	0,2	37,96	425,1	0,0400	0,701

iii. Mencari data konstanta Peng-Robinson

Konstanta Peng-Robinson memiliki nilai tetap digunakan dalam melakukan perhitungan dengan metode Peng-Robinson. Nilai konstanta tersebut disimbolkan dengan Psi ( $\Psi$ ), Ohm atau omega besar ( $\Omega$ ), sigma kecil ( $\sigma$ ), dan epsilon ( $\epsilon$ ). Referensi untuk mendapatkan nilai ini berasal dari buku “*Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics 6<sup>th</sup> Edition in SI Units*” halaman 109.

Tabel Nilai Konstanta Peng-Robinson

Komponen	$\Psi$	$\Omega$	$\sigma$	$\epsilon$
C <sub>3</sub>	0,45724	0,07779	2,414214	0,41421
n-C <sub>4</sub>	0,45724	0,07779	2,414214	0,41421
i-C <sub>4</sub>	0,45724	0,07779	2,414214	0,41421

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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Menghitung nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $q$

Perhitungan nilai  $\alpha$ ,  $\beta$ , dan  $q$  menggunakan persamaan (13), (14), dan (15). Simbol-simbol tersebut diajarkan sebagai parameter dalam melakukan perhitungan *equation of state*, dimana nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  merupakan identifikasi fasa. Setelah itu, dapat menghitung nilai  $Z_i$  menggunakan persamaan (24) yang akan dijadikan sebagai acuan untuk melakukan iterasi.

Komponen	$\alpha$	$\beta$	$q$	$Z_i$
C <sub>3</sub>	1,127	0,003	8,215	0,975
n-C <sub>4</sub>	1,196	0,004	9,623	0,957
i-C <sub>4</sub>	1,230	0,004	10,312	0,961

v. Melakukan iterasi nilai Z

Propana		
No	Z	Kesalahan
0	1	
1	0,9832213	0,017065
2	0,9828977	0,0003292
3	0,9828914	6,458E-06
4	0,9828912	1,267E-07
5	0,9828912	2,487E-09
6	0,9828912	4,881E-11
7	0,9828912	9,58E-13
8	0,9828912	1,875E-14
9	0,9828912	3,389E-16
10	0,9828912	1,13E-16
11	0,9828912	0
12	0,9828912	0

n-Butana		
No	Z	Kesalahan
0	1	
1	0,97428944	0,0264
2	0,9735393	0,0008
3	0,97351682	2E-05
4	0,97351615	7E-07
5	0,97351613	2E-08
6	0,97351613	6E-10
7	0,97351613	2E-11
8	0,97351613	6E-13
9	0,97351613	2E-14
10	0,97351613	6E-16
11	0,97351613	0
12	0,97351613	0

- Hak Cipta :**
- Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
    - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
  - Dilarang mengemukakan 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

i-Butana		
No	Z	Kesalahan
0	1	
1	0,972207517	0,02859
2	0,971335859	0,0009
3	0,971307722	2,9E-05
4	0,971306813	9,4E-07
5	0,971306783	3E-08
6	0,971306782	9,8E-10
7	0,971306782	3,2E-11
8	0,971306782	1E-12
9	0,971306782	3,3E-14
10	0,971306782	1,1E-15
11	0,971306782	0
12	0,971306782	0

Iterasi bertujuan untuk mendapatkan nilai Z yang akurat. Parameter yang digunakan adalah nilai kesalahan yang dihitung menggunakan persamaan (25). Nilai yang berlabel biru adalah nilai Z yang akan digunakan untuk menghitung tekanan *real gas*. Hal tersebut didapatkan dari hasil iterasi yang memenuhi syarat karena nilainya kurang dari  $10^{-4}$ .

 vi. Menghitung tekanan *real gas*

Menghitung tekanan *real gas* menggunakan persamaan (8) tentang gas ideal dengan menambahkan nilai Z dalam persamaan tersebut, sehingga menjadi  $PV = ZnRT$ . Kemudian lakukan konversi ke beberapa macam satuan tekanan supaya mempermudah adaptasi desain kontrol dengan instrumentasi yang menggunakan satuan tekanan tertentu.

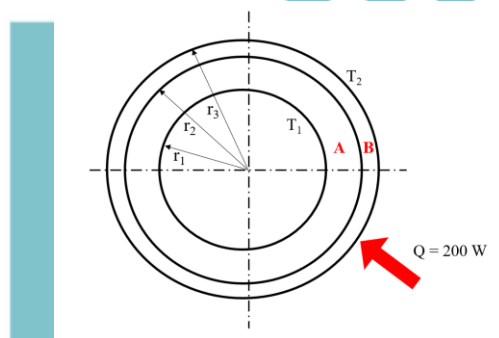
Komponen	q	$P_{realgas}$		
		bar	atm	mmHg
C <sub>3</sub>	8,215353	0,036	0,036	27,352
n-C <sub>4</sub>	9,623578	0,711	0,702	533,227
i-C <sub>4</sub>	10,3121	0,893	0,881	669,897
<b>P<sub>total</sub></b>		<b>1,640</b>	<b>1,619</b>	<b>1230,477</b>

Dengan konversi nilai tekanan sebagai berikut.

$$1 \text{ bar} = 0,986923 \text{ atm} \quad 1 \text{ atm} = 760 \text{ mmHg}$$

## B. Perhitungan Operasi Pemanas

Perhitungan operasi pemanas berkaitan dengan *heat transfer* yang terjadi antara pemanas dengan *blend cylinder*. Pendekatan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah minimal *set point* suhu pemanas untuk mencapai target suhu tertentu pada lapisan dalam *blend cylinder*. Target suhu pada bagian dalam *blend cylinder* menyesuaikan suhu *oven* pada GC, yaitu sekitar 45°C. Dengan menggunakan pemanas berdaya 200W, maka pendekatan perhitungan suhu pada setiap sisi lapisan *blend cylinder* dapat diestimasi. Berikut ini adalah perhitungan *set point* suhu pemanas dengan asumsi *heat loss* akibat ruang ber-AC diabaikan.



Terdapat dua lapisan untuk panas dari pemanas dapat sampai ke dalam *blend cylinder*, yaitu lapisan *coating* dan lapisan *carbon steel*.

Keterangan	Nilai	Satuan	Sumber Data
$Q_{\text{heater}}$	200	W	Kondisi Aktual
L (panjang silinder)	1,2	m	
$r_1$	0,07341	m	
$r_2$	0,07696	m	
$r_3$	0,08296	m	
$k_{\text{carbonsteel}}$	54	W/m.°K	Carbon Steel Thermal Conductivity (EMCO Industrial,2009)
$K_{\text{coating}}$	0,2	W/m.°K	
$T_1$	318,15	°K	Desain
$T_2$	x	°K	Perlu dicari
$\pi$	3,142857		

**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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berikut ini adalah langkah-langkah perhitungan pendekatan nilai *set temperature value* untuk proses pemanasan. Karena terdapat lapisan *coating* pada silinder, maka pendekatan rumus yang digunakan adalah rumus konduksi pada silinder berlapis.

B.1 Menentukan Asumsi Kondisi

- Perhitungan dalam kondisi *steady-state*.
- Sifat fisik pipa konstan tidak dipengaruhi suhu.

B.2 Menentukan Nilai Hambatan Total

$$R_A = \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_{carbonsteel}} = \frac{\ln\left(\frac{0,07696}{0,07341}\right) m}{54 \frac{W}{m \cdot ^\circ K}} = 0,00088 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_B = \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_{coating}} = \frac{\ln\left(\frac{0,08296}{0,07696}\right) m}{0,2 \frac{W}{m} \cdot K} = 0,37535 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

$$R_{total} = R_A + R_B = 0,04731 \frac{m^2 \cdot K}{W} + 0,07507 \frac{m^2 \cdot K}{W} = 0,37623 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

B.3 Menentukan Nilai  $T_2$

$T_2$  adalah suhu permukaan luar dari *coating*, yang mana nilai tersebut harus ditentukan minimum *set point*-nya supaya pemanas dapat dikontrol secara otomatis menggunakan PID dengan nilai  $T_1$  merupakan nilai suhu yang ingin dicapai berdasarkan desain kondisi, mengikuti suhu *oven* pada *gas chromatography*.

$$q = \frac{2\pi L(\Delta T)}{R_{total}}$$

$$200W = \frac{2\left(\frac{22}{7}\right)(1,2 m)(T_2 - 318,15^\circ K)}{0,37623 \frac{m^2 \cdot K}{W}}$$

$$\frac{(200W)\left(0,37623 \frac{m^2 \cdot K}{W}\right) + 2399,76^\circ K}{7,543} = T_2$$

$$328,126^\circ K = T_2$$

$$54,976^\circ C = T_2$$

$$55^\circ C \approx T_2$$

## LAMPIRAN 5 – Instruksi Kerja Pengoperasian Alat

### Instruksi Kerja Pengoperasian Alat

#### Preparasi Pencampuran Gas

1. Lakukan desain komposisi produk dan kondisi operasi pencampuran gas. Selanjutnya hitung nilai faktor kompresibilitas setiap komponen menggunakan bantuan kalkulator yang sudah dirancang pada perangkat lunak *Microsoft Excel*.
2. Siapkan alat dan bahan proses pencampuran *reference gas*.

#### Alat

- LPRGB Unit
- Kunci inggris 2 buah
- Kunci L

#### Bahan

- *Pure Component* (Propana, Isobutana, n-butana).
  - Gas helium
  - Seal Tape
3. Lakukan *purging* pada *blend cylinder* menggunakan gas helium. Lakukan lebih kurang selama 5 menit.
  4. Letakkan *blend cylinder* pada *packaging*, lalu pasang *heater* pada bagian bawah *blend cylinder* ( $\pm 15$  cm dari bagian bawah *support* silinder).
  5. Hubungkan 2 *hose connector* yang ada di bagian atas *blend cylinder* masing – masing pada konektor *pressure transmitter* dan konektor manifold keluaran *solenoid valve 5 (SV-5)*.
  6. Buka 2 buah *block valve* yang ada di bagian atas *blend cylinder* supaya *blend cylinder*, *pressure transmitter*, dan sistem manifold saling terhubung.
  7. Pasangkan regulator pada 3 buah tabung yang berisi *pure component* yang akan dijadikan *reference gas*.
  8. Hubungkan setiap regulator dengan tube 1/8” dari sistem manifold keluaran masing – masing *solenoid valve (SV-2,3,4)*.

#### 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



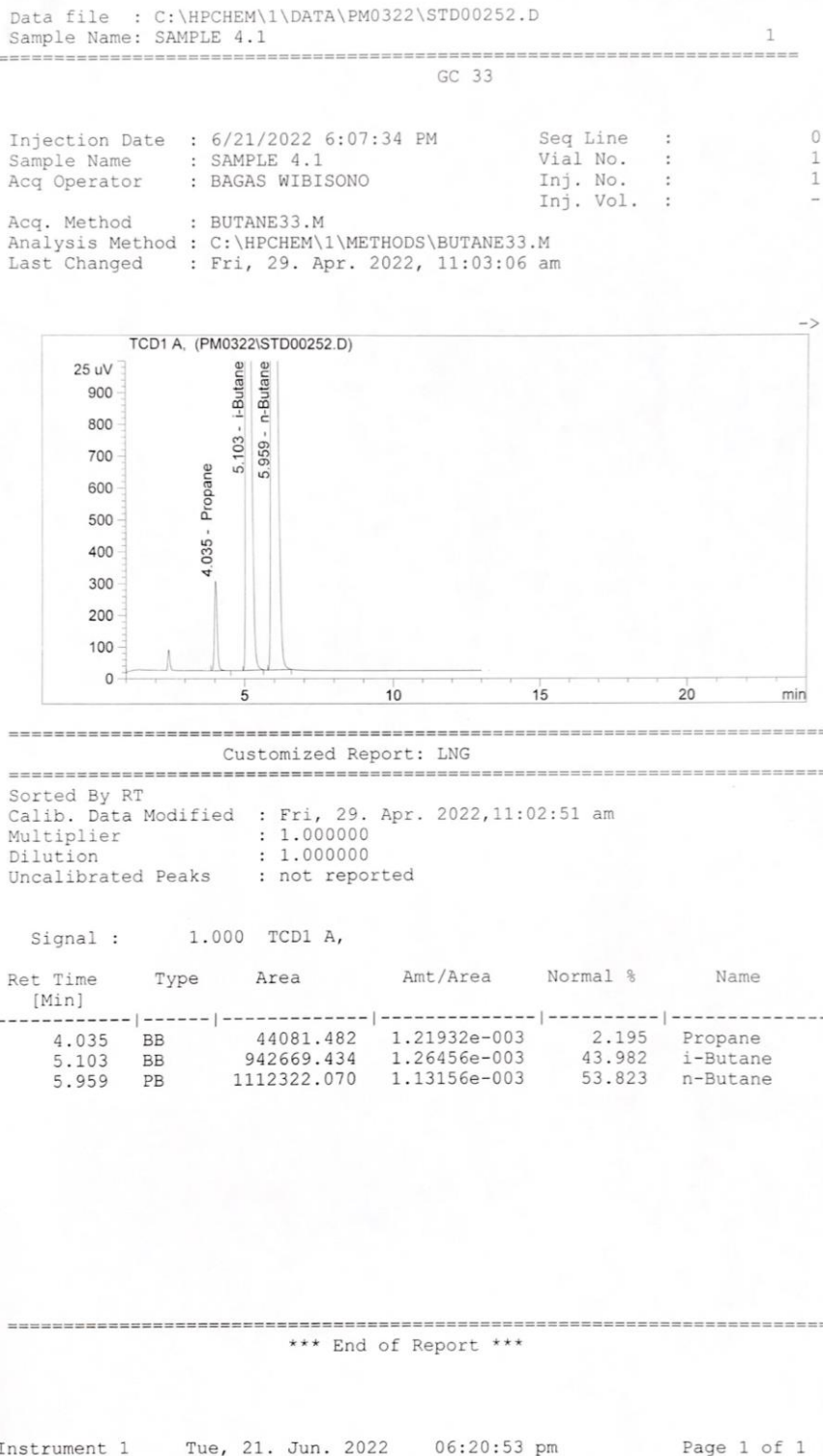
**Hak Cipta :**

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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tahap Operasi Pencampuran Gas

1. Hubungkan steker pada stopkontak.
2. Lakukan *input* data yang dibutuhkan oleh alat, yaitu %-mol setiap komponen, nilai Z setiap komponen, dan nilai suhu pencampuran. Kemudian muncul *output* nilai tekanan parsial setiap komponen pada layar LCD alat. Pastikan nilai tekanan parsial yang muncul pada layar LCD sudah sesuai dengan hitungan pada kalkulator excel.
3. Jika tekanan sudah sesuai, tekan '=' untuk memulai proses pencampuran gas. Sebaliknya, apabila tekanan parsial setiap komponen belum sesuai maka tekan tombol 'C' untuk mengulangi inputan data.
4. Setelah menekan tombol '=', semua *solenoid valve* pada LPRGB unit akan membuka dan *vacuum pump* akan menyala secara otomatis.
5. Setelah proses vakum selesai, buka regulator setiap *pure component* dengan tekanan masing – masing komponen harus sedikit lebih besar dibandingkan jumlah kumulatif tekanan parsialnya.
6. Tekan '*done bottom*' untuk melanjutkan proses pencampuran gas secara otomatis.
7. Setelah semua *pure component* tercampur di dalam *blend cylinder* dengan indikasi *pressure transmitter* menunjukkan tekanan campuran gas, selanjutnya tutup 2 buah *block valve* pada bagian atas *blend cylinder*.
8. Tekan tombol '*heater on*' untuk mengaduk gas di dalam *blend cylinder* menggunakan *heater*.
9. Setelah *heater* mencapai *set point* suhunya, tunggu  $\pm 15$  menit untuk memastikan campuran gas yang berada di dalam *blend cylinder* benar – benar terhomogenisasi.
10. Setelah proses tersebut, gas siap dianalisis menggunakan *gas chromatography*.

## LAMPIRAN 6 - Kromatogram Hasil Analisis GC



- 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 7 – Analisis Permasalahan Unit LPRGB

Lampiran ini berfokus membahas permasalahan yang muncul selama melakukan uji coba alat, mengingat LPRGB unit adalah sebuah alat baru yang tentunya terus membutuhkan pengembangan supaya alat benar-benar akurat. Presisi, dan berfungsi *reliable*. Berikut ini adalah permasalahan yang dijumpai pada LPRGB unit yang dapat digunakan sebagai bahan pengembangan.

### 1. Terdapat Pengotor pada *Blend Cylinder*

Setelah dilakukan uji coba alat, ternyata proses vakum berhenti rata-rata pada tekanan 0,001 atm *absolute*. Terdapat indikasi adanya sisa gas yang masih tertinggal di dalam *blend cylinder* setelah proses vakum ini. Sisa gas ini menjadi berpengaruh terhadap proses pencampuran gas dan hasil analisis komposisi produk. Oleh karena itu, sisa tekanan setelah proses vakum tersebut menjadi pendekatan nilai *uncertainty* dari proses pencampuran gas.

Ret Time [Min]	Type	Area	Amt/Area	Normal %	Name
4.334	PB S	2387778.516	1.01647e-003	99.213	C3
5.829	BB	10037.726	8.47495e-004	0.348	i-C4
6.815	BBA	13428.044	7.99651e-004	0.439	n-C4

Karena hal ini berpengaruh terhadap *starting point* tekanan pencampuran gas, maka perlu diyakinkan bahwa proses *purging* pada silinder harus berjalan sesuai dengan prosedur. Berdasarkan eksperimen uji analisis pengotor setelah *purging* dengan gas helium pada tekanan 2 atm didapatkan hasil sebagai berikut.

Hasil Eksperimen Waktu *Purging*

Lama Waktu <i>Purging</i> (menit)	Konsentrasi Pengotor (%-mol)	Remark (jenis pengotor)
2	0,787	i-C <sub>4</sub> dan n-C <sub>4</sub>
3	0,452	i-C <sub>4</sub> dan n-C <sub>4</sub>
4	0,122	n-C <sub>4</sub>
5	0,000	-

Dari tabel di atas, didapatkan waktu *purging* menggunakan gas helium untuk membersihkan *blend cylinder* dengan volume sebesar 14,6L adalah selama minimal 5 menit pada tekanan 2 atm. Permasalahan ini dapat diatasi dengan melakukan modifikasi *blend cylinder* ataupun melakukan *survey* lebih dalam terkait proses vakum dan *vacuum pump*.

#### 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 mengumumikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2. Flow Setiap *Pure Component* Gas Tidak Sama

*Pure component* dari tabung memiliki kekuatan tekanan yang berbeda-beda, menyesuaikan dari banyaknya gas yang tersisa di dalam tabung-tabung tersebut. Selain itu, regulator dengan *pressure indicator* yang digunakan tidak bisa membaca sampai tekanan vakum. Oleh karena itu, toleransi kelebihan akibat *delay* oleh sistem kontrol untuk setiap *pure component* tidak bisa dipastikan sama.

Solusi yang mungkin dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini pada penelitian selanjutnya adalah melakukan integrasi metode pencampuran gas antara tekanan parsial dengan *flow*. Harapannya, aliran gas yang masuk ke dalam *blend cylinder* lebih stabil, sehingga *pressure transmitter* lebih stabil juga dalam melakukan pembacaan tekanan pada *blend cylinder*.



POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

## LAMPIRAN 8 – Proyeksi Keuntungan Ekonomi

Apabila produk dari alat ini digunakan sebagaimana mestinya, yaitu untuk melakukan analisis internal yang tidak terikat *legal* kegiatan komersial, maka akan diperoleh proyeksi keuntungan di masa yang akan datang sebagai berikut (perbandingan antara pembelian *reference gas* dari *vendor* dengan pembuatan Unit LPRGB).

Dengan asumsi range uji profisiensi sebesar 50% - 100% dibutuhkan 5 tabung *reference gas* untuk melakukan analisis uji profisiensi setiap tahunnya. Dimana harga 1 tabung *reference gas* adalah Rp 50 Juta Rupiah. Unit LPRGB diasumsikan memiliki *life time* selama 5 tahun dengan *maintenance* rutin setiap tahunnya. Berdasarkan asumsi tersebut *cost benefit analysis* dari Unit LPRGB adalah sebagai berikut:

Tahun I				
	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
Biaya pembuatan <i>Reference gas</i>	Fabrikasi <i>Low Pressure Reference Gas Blends</i>	1	Rp 40.000.000	Rp 40.000.000
	<i>Pure Component</i>	3	Rp 50.000.000	Rp 150.000.000
	Total			Rp 190.000.000
Biaya Pengadaan <i>Reference Gas/Tahun</i>	<i>Reference gas</i>	5	Rp 50.000.000	Rp 250.000.000
	Total			Rp 250.000.000
Penghematan Di Tahun Pertama				Rp 60.000.000
Tahun II - V				
	Komponen	Jumlah	Harga Satuan	Total Harga
Biaya Membuat <i>Reference Gas/Tahun</i>	<i>Maintenance</i>	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
	<i>Pure Component</i>	3	Rp 50.000.000	Rp 150.000.000
	Total			Rp 155.000.000
Biaya Pengadaan <i>Reference Gas/Tahun</i>	<i>Reference gas</i>	5	Rp 60.000.000	Rp 300.000.000
	Total			Rp 300.000.000
Penghematan/Tahun				Rp 145.000.000
Total Penghematan dari Tahun ke-I sampai Tahun ke-V				Rp 640.000.000

\* Asumsi umur alat ±5 Tahun



### Hak Cipta :

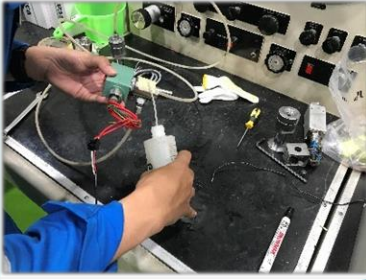
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan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

## LAMPIRAN 9 – Dokumentasi Pengerjaan Tugas Akhir

### © 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 mengumumkkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



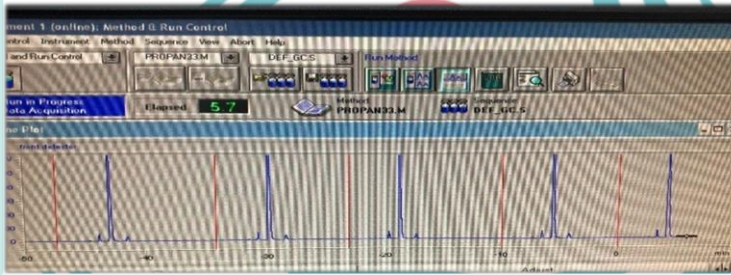
Tes fungsi dan kebocoran solenoid valve.



Analisis produk *reference gas* menggunakan GC.



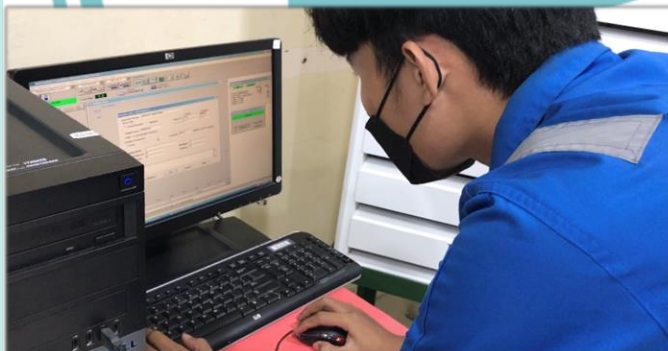
Tekanan setelah proses vakum (-0,99 atm)



Monitor PC terkoneksi GC, hasil analisis presisi.



Perakitan alat; pemasangan manifold.



Proses preparasi analisis menggunakan instrumentasi GC.



Purging menggunakan gas helium.



Low-Pressure Reference Gas Blends Unit

## LAMPIRAN 10 – Biodata Mahasiswa

## BIODATA MAHASISWA

1. Nama : Bagas Wibisono
2. NIM : 1902322010
3. Tempat, Tanggal Lahir : Cilacap, 26 Juni 2000
4. Jenis Kelamin : Laki-Laki
5. Alamat : PC 6C Millenium Nomor 136A, Kompleks Perumahan PT Badak Natural Gas Liquefaction, Satimpo, Bontang Selatan, Bontang, Kalimantan Timur, Indonesia 75321
6. *E-mail* : [bagasenthal@gmail.com](mailto:bagasenthal@gmail.com)
7. Pendidikan
  - SD (2007–2013) : SD Negeri Adiraja 01
  - SMP (2013–2016) : SMP Negeri 1 Cilacap
  - SMA (2016–2019) : SMA Negeri 1 Cilacap
8. Program Studi : Teknik Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : Teknik Pengolahan Gas
10. Topik Tugas Akhir : Perancangan Sistem dan Analisis Produk pada *Low-Pressure Reference Gas Blends Unit* sebagai Penunjang Analisis LPG di Laboratorium Badak LNG

© 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 mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

