



**TUGAS AKHIR - TF 181801**

**DESAIN *PLANTWIDE CONTROL* PADA PROSES  
*DEHYDRATION LIQUEFIED NATURAL GAS*  
(LNG)**

Yunita Puspita Rini  
NRP. 0231164000046

Dosen Pembimbing :  
Totok Ruki Biyanto, Ph.D.

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK FISIKA  
DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2020

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**FINAL PROJECT - TF 181801**

**PLANTWIDE CONTROL DESIGN FOR  
DEHYDRATION PROCESS LIQUEFIED  
NATURAL GAS( LNG)**

*Yunita Puspita Rini*  
*NRP. 02311640000046*

*Supervisor :*  
*Totok Ruki Biyanto, Ph.D.*

**ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT**  
*Faculty of Industrial Technology and System Engineering*  
*Sepuluh Nopember Institute of Technology*  
*Surabaya*  
**2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yunita Puspita Rini  
NRP : 02311640000046  
Departemen/Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika  
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa  
Sistem  
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul“ Desain *Plantwide Control* pada Proses *Dehydration Liquefied Natural Gas* (LNG)” adalah benar karya saya sendiri dan bukan plagiat dari karya orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiat pada Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 17 Januari 2020

Yang membuat pernyataan,



Yunita Puspita Rini  
NRP. 02311640000046

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**DESAIN PLANTWIDE CONTROL PADA PROSES  
DEHYDRATION LIQUEFIED NATURAL GAS(LNG)**

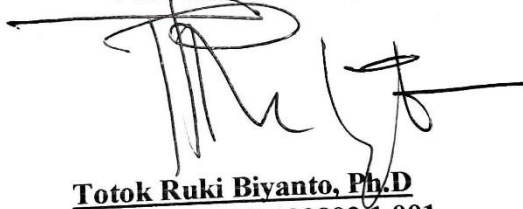
Oleh



**Yunita Puspita Rini**  
**NRP 0231164000046**

**Surabaya, 17 Januari 2020**

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing**



**Totok Ruki Biyanto, Ph.D**  
**NIPN. 19710702 199802 1 001**

**Mengetahui,  
Kepala Departemen  
Teknik Fisika FTIRS-ITS**



**Dr. Suyanto S.T., M.T.**  
**NIPN. 19711111 199512 1 002**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



**LEMBAR PENGESAHAN**

**DESAIN PLANTWIDE CONTROL PADA PROSES  
DEHYDRATION LIQUEFIED NATURAL GAS(LNG)**






**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Progam Studi S-1 Departemen Teknik Fisika  
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**Yunita Puspita Rini**  
**NRP. 0231164000046**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Totok Ruki Biyanto, Ph.D .....  (Pembimbing)
2. Hendra Cordova, S.T., M.T .....  (Ketua Penguji)
3. Ir. Matradji, MI. Kom .....  (Penguji 1)
4. Dr.-Ing Doty Dewi Risanti S.T., M.T .....  (Penguji 2)
5. Iwan Cony S., S.T, M.T. ....  (Penguji 3)

**SURABAYA**  
**JANUARI, 2020**

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DESAIN *PLANTWIDE CONTROL* PADA PROSES *DEHYDRATION LIQUEFIED NATURAL GAS*( LNG)

**Nama** : Yunita Puspita Rini  
**NRP** : 0231164000046  
**Departemen** : Teknik Fisika FTIRS-ITS  
**Dosen Pembimbing** : Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.

### ABSTRAK

Dehidrasi adalah salah satu tahapan penting dalam pembuatan *Liquefied Natural Gas* (LNG). Dehidrasi adalah proses menghilangkan uap air dari gas alam. Dalam menghilangkan uap air, digunakan metode absorpsi dengan *liquid triethylene glycol* (TEG). Dalam prosesnya, TEG memerlukan regenerasi. Adanya material *recycle* dalam proses dehidrasi dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan massa. Selain itu biaya operasional yang tinggi juga menjadi masalah tersendiri. Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukanlah *plantwide control* (PWC) pada proses dehidrasi. Dalam perancangan *plantwide control* (PWC) pada proses dehidrasi menggunakan metode Skoegestad, yang mana telah memperhatikan segi ekonomi. Dengan penerapan PWC pada proses dehidrasi mampu memberikan *profit* sebesar 45,2944 US\$ per jam ketika *feed* dinaikkan 5%. Dan memberikan *profit* sebesar 32,57194 US\$ per jam ketika *feed* diturunkan sebesar 5%. Selain itu, mampu menurunkan penggunaan energi baik ketika *feed* naik 5% dan turun 5%. Respon PWC yang dihasilkan lebih baik daripada pengendali biasa. Dimana dibuktikan dengan menurunnya *settling time*, *maximum overshoot*, dan *integral absolute error* (IAE) serta hilangnya *error steady state*.

**Kata Kunci** : dehidrasi, *plantwide control*, *recycle*

***Halaman ini sengaja dikosongkan***

**PLANTWIDE CONTROL DESIGN FOR DEHYDRATION  
PROCESS LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG)**

**Name** : Yunita Puspita Rini  
**NRP** : 0231164000046  
**Department** : Engineering Physics FTIRS- ITS  
**Supervisors** : Totok Ruki Biyanto, S.T., M.T., Ph.D.

**ABSTRACT**

*Dehydration is one of the important stages in the manufacture of Liquefied Natural Gas (LNG). Dehydration is the process of removing water vapor from natural gas. In removing moisture, a method of absorption with liquid triethylene glycol (TEG) is used. In the process, TEG requires regeneration. The existence of recycle material in the dehydration process can cause mass imbalance. In addition, high operational costs are also a problem. To overcome this problem, plantwide control (PWC) is needed in the dehydration process. In designing plantwide control (PWC) in the dehydration process using the Skoegestad method, which has paid attention to the economic aspect. With the application of PWC in the dehydration process it is able to provide a profit of 45.2944 U \$ per hour when the feed is raised by 5%. And provide a profit of 32,57194 U \$ per hour when the feed is lowered by 5%. In addition, it can reduce energy use both when the feed goes up by 5% and down by 5%. The resulting PWC response is better than ordinary controllers. Which is proven by decreasing settling time, maximum overshoot, and integral absolute error (IAE) and loss of steady state error.*

***Keywords : dehydration, plantwide control, recycle***

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbilalamin. Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya, serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul ***DESAIN PLANTWIDE CONTROL PADA PROSES DEHYDRATION LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG)***.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Ucapan terimakasih ini, khususnya diberikan kepada :

1. Kedua orang tua( Bapak Haryono dan Ibu Lasmini) serta kakak( Yulianto Bagus Setyono) dan adik( Herliyana Mei Rini) atas segala kasih sayang dan doa serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
2. Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D. selaku Dosen Pembimbing dan Kepala Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol yang telah memberikan ilmu, petunjuk, nasihat, serta inspirasi yang dapat menjadi bekal dalam perjalanan hidup kedepannya.
3. Tim penguji yang telah memberikan saran dan perbaikan pada tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Suyanto S. T., M. T. selaku Kepala Departemen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta fasilitas selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
5. Bapak Ir. Jerri Susatio, M.T dan Bapak Totok Ruki Biyanto, Ph.D. selaku dosen wali penulis yang telah membimbing dengan sabar dan perhatian selama perkuliahan.
6. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah.
7. Teman-teman seperjuangan bimbingan tugas akhir yang telah banyak membantu dan memberikan semangat.

8. Kepada Anin, Dinda, Ira, Yoanne, Indayu selaku teman yang selalu memberikan dukungan dan semangat yang tiada henti.
9. Seluruh teman-teman angkatan 16, yang telah menemani dan memberikan kesan dan kenangan selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika.
10. Seluruh dosen, karyawan dan civitas akademik Teknik Fisika ITS, terimakasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya.

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini tidaklah sempurna, oleh karena itu penulis ingin mengucapkan permintaan maaf atas kekeliruan apabila ditemukan dikemudian hari. Namun semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika khususnya, dan civitas akademik ITS pada umumnya. Selain itu juga semoga dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa yang lain.

Surabaya, 17 Januari 2020

Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASME	v
LEMBAR PENGESAHAN	vii
LEMBAR PENGESAHAN	ix
ABSTRAK	xi
ABSTRACT	xiii
KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Lingkup Kerja	3
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Dehidrasi	5
2.2 <i>Absorber</i>	7
2.3 Kolom Distilasi	8
2.4 Kontroler PID	12
2.5 <i>Degrees of Freedom (DOF)</i>	12
2.6 <i>First Order Plus Death Time (FOPDT)</i>	13
2.7 Pengendali <i>Feedforward</i>	15

2.8	Analisis Performansi Pengendali	16
2.9	<i>PlantWide Control (PWC)</i>	18
BAB III METODOLOGI		21
3.1	Pengumpulan Data Komponen pada proses <i>Dehydration Liquefied Natural Gas (LNG)</i> .	21
3.2	Pemodelan Proses <i>Dehydration Liquefied Natural Gas (LNG)</i> 22	
3.3	Validasi Proses <i>Dehydration LNG</i>	24
3.4	<i>Problem of Formulation</i>	25
3.5	Penentuan Fungsi Objektif	26
3.6	Perancangan <i>Plantwide Control</i>	26
3.7	Pengujian Performansi Sistem dan Analisis	33
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		35
4.1	Analisis Hasil Perancangan <i>Feed Forward</i>	35
4.2	Analisis Hasil Perancangan PWC	42
4.3	Analisis Hasil Optimisasi	49
4.4	<i>Total Annual Cost (TAC)</i>	51
4.5	Pembahasan	52
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	55
DAFTAR PUSTAKA		57
LAMPIRAN		A1
BIODATA PENULIS		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Process Flow Diagram (PFD) dehydration	6
Gambar 2. 2 <i>Absorber</i> [9]	7
Gambar 2. 3 Kolom distilasi [11]	8
Gambar 2. 4 Ilustrasi kondensor dan <i>reflux drum</i> [13]	10
Gambar 2. 5 Ilustrasi reboiler dan kolom bawah [13]	11
Gambar 2. 6 Grafik respon sistem [16]	14
Gambar 2. 7 Respon pengendali [18]	16
Gambar 2. 8 Interpretasi IAE pada (a) uji disturbance, dan (b) uji set point [18]	17
Gambar 3. 1 Diagram alir metodologi	21
Gambar 3. 2 Pemodelan proses dehydration LNG dengan software Hysys	24
Gambar 3. 3 Lokasi TPM pada proses <i>dehydration</i> LNG	28
Gambar 3. 4 Lokasi <i>feedforward</i> pada proses <i>dehydration</i> LNG	29
Gambar 3. 5 Diagram Blok <i>feedforward</i>	30
Gambar 3. 6 Pemasangan MPC pada <i>dehydration</i>	31
Gambar 3. 7 Diagram Blok MPC	32
Gambar 4. 1 Respon FIC TEG pada <i>disturbance</i> +5%	35
Gambar 4. 2 Respon FIC TEG pada <i>disturbance</i> -5%	36
Gambar 4. 3 Respon XIC-102 pada <i>disturbance</i> +5%	36
Gambar 4. 4 Respon XIC-102 pada <i>disturbance</i> -5%	36
Gambar 4. 5 Respon PIC-101 pada <i>disturbance</i> +5%	37
Gambar 4. 6 Respon PIC-101 pada <i>disturbance</i> -5%	37
Gambar 4. 7 Respon LIC-100 pada <i>disturbance</i> +5%	37
Gambar 4. 8 Respon LIC-100 pada <i>disturbance</i> -5%	38
Gambar 4. 9 Respon TIC-100 pada <i>disturbance</i> +5%	38
Gambar 4. 10 Respon TIC-100 pada <i>disturbance</i> -5%	38
Gambar 4. 11 Uji <i>disturbance</i> +5%	42
Gambar 4. 12 Uji <i>disturbance</i> -5%	42
Gambar 4. 13 Respon XIC-102 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> +5%	43

Gambar 4. 14 Respon XIC-102 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> +5%	43
Gambar 4. 15 Respon PIC-101 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> +5%	44
Gambar 4. 16 Respon PIC-101 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> -5%	44
Gambar 4. 17 Respon LIC-100 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> +5%	44
Gambar 4. 18 Respon LIC-100 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> -5%	45
Gambar 4. 19 Respon TIC-100 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> +5%	45
Gambar 4. 20 Respon TIC-100 PWC dan <i>non</i> PWC pada <i>disturbance</i> +5%	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Properti pada proses <i>Dehydration</i> LNG	22
Tabel 3. 2 Validasi proses <i>dehydration</i> LNG	25
Tabel 3. 3 Analisa CDOF proses <i>dehydration</i> LNG	26
Tabel 3. 4 Kontrol pada Proses <i>dehydration</i> LNG	27
Tabel 3. 5 Parameter pemodelan pengendali feedforward	29
Tabel 3. 6 Parameter pemodelan FOPDT	31
Tabel 3. 7 Gangguan pada Feed	33
Tabel 4. 1 Nilai karakteristik respon FIC TEG <i>disturbance</i> +5%	39
Tabel 4. 2 Nilai karakteristik respon FIC TEG <i>disturbance</i> -5%	39
Tabel 4. 3 Nilai karakteristik respon XIC-102 <i>disturbance</i> +5%	39
Tabel 4. 4 Nilai karakteristik respon XIC-102 <i>disturbance</i> -5%	40
Tabel 4. 5 Nilai karakteristik respon PIC-100 <i>disturbance</i> +5%	40
Tabel 4. 6 Nilai karakteristik respon PIC-100 <i>disturbance</i> -5%	40
Tabel 4. 7 Nilai karakteristik respon LIC-100 <i>disturbance</i> +5%	40
Tabel 4. 8 Nilai karakteristik respon LIC-100 <i>disturbance</i> -5%	41
Tabel 4. 9 Nilai karakteristik respon TIC-100 <i>disturbance</i> +5%	41
Tabel 4. 10 Nilai karakteristik respon TIC-100 <i>disturbance</i> -5%	41
Tabel 4. 11 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC XIC-100 <i>disturbance</i> 5%	46
Tabel 4. 12 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC XIC-100 <i>disturbance</i> -5%	46
Tabel 4. 13 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC PIC-100 <i>disturbance</i> +5%	46
Tabel 4. 14 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC PIC-100 <i>disturbance</i> -5%	47
Tabel 4. 15 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC LIC-100 <i>disturbance</i> +5%	47
Tabel 4. 16 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC LIC-100 <i>disturbance</i> -5%	47
Tabel 4. 17 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC TIC-100 <i>disturbance</i> +5%	47

Tabel 4. 18 Nilai karakteristik respon PWC dan <i>non</i> PWC TIC-100 <i>disturbance</i> +5%	48
Tabel 4. 19 Nilai IAE pada XIC-102 uji gangguan naik 5%	48
Tabel 4. 20 Nilai IAE pada XIC-102 uji gangguan turun 5%	48
Tabel 4. 21 Nilai IAE pada PIC-100 uji gangguan naik 5%	48
Tabel 4. 22 Nilai IAE pada PIC-100 uji gangguan turun 5%	48
Tabel 4. 23 Nilai IAE pada LIC-100 uji gangguan naik 5%	49
Tabel 4. 24 Nilai IAE pada LIC-100 uji gangguan turun 5%	49
Tabel 4. 25 Nilai IAE pada TIC-100 uji gangguan naik 5%	49
Tabel 4. 26 Nilai IAE pada TIC-100 uji gangguan turun 5%	49
Tabel 4. 27 Perbandingan struktur kontrol pada <i>absorber</i>	50
Tabel 4. 28 Perbandingan penggunaan energi pada <i>Dehydration</i>	50
Tabel 4. 29 Perbandingan perhitungan biaya	51
Tabel 4. 30 CAPEX penerapan PWC	52
Tabel 4. 31 OPEX penerapan PWC	52

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi menjadi salah satu kebutuhan penting dalam kehidupan manusia. Penggunaan energi yang optimal sesuai dengan kebutuhan, penting untuk pembangunan nasional. Krisis energi dapat diakibatkan dari permintaan energi yang tidak diimbangi dengan penyedia energi [1]. Oleh karena itu diperlukanlah energi alternatif. Salah satu energi alternatif yang digunakan oleh manusia ialah gas alam. Gas alam berasal dari bahan bakar fosil yang dapat ditemukan diladang minyak, ladang gas alam, dan lapisan batubara. Gas alam menjadi salah satu sumber energi yang paling bersih, paling aman, dan paling berguna. Selain itu merupakan komponen vital suplai energi dunia [2].

Gas alam yang telah diproses dengan cara menghilangkan ketidakmurnian dan hidrokarbon berat serta dikondensasi dan didinginkan hingga mencapai suhu  $-160^{\circ}\text{C}$  adalah Liquefied Natural Gas (LNG) [3]. LNG merupakan cairan kriogenik yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak korosif pada tekanan atmosfer. LNG menjadi sumber energi bersih dikarenakan hasil pembakaran LNG hampir tidak mengandung sulfur oksida dan nitrogen oksida [4]. Pembuatan LNG sendiri perlu melewati beberapa tahapan. Tahapan yang pertama yaitu pemurnian gas alam dengan cara menghilangkan atau mengurangi kandungan  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  didalamnya. Tahapan kedua ialah menghilangkan atau mengurangi kandungan  $\text{H}_2\text{O}$ . Tahapan ketiga ialah proses fraksinasi atau pemisahan. Tahapan keempat ialah proses *refrigeration* dan tahapan kelima ialah proses *liquefaction*.

Dehidrasi merupakan salah satu proses yang penting dalam pembuatan LNG. Proses dehidrasi ini dilakukan agar  $\text{H}_2\text{O}$  tidak membeku pada proses kriogenik yang dapat menyebabkan penyumbatan pada pipa dan juga tidak menyebabkan korosi pada pipa-pipa. Dalam proses *dehydration* ini menggunakan *absorber triethylene glycol* (TEG). Dimana dalam prosesnya TEG memerlukan regenerasi. *Triethylene glycol* (TEG) yang digunakan secara berulang-ulang akan menyebabkan kuantitas

dan juga kualitas dari TEG menurun. Hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan massa ketika kembali pada *absorber* untuk mengikat air. Hal ini menjadi permasalahan pertama pada proses *dehydration*. Selain itu tingginya penggunaan energi pada proses dehidrasi menyebabkan tingginya biaya operasional.

Salah satu alternative yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan mengubah strategi kontrol yang telah terpasang dengan strategi kontrol yang mampu menjaga komposisi produk agar tetap stabil dan juga dapat menghemat penggunaan energi. Menjaga kestabilan komposisi produk dan meminimalkan energi menjadi fokus pada Tugas Akhir ini. *Plantwide Control* (PWC) semakin berkembang dan menjadi bagian penting pada proses kimia yang berhubungan dengan *recycle* dan *safety*, lingkungan serta khususnya ekonomi. *Plantwide Control* (PWC) berhubungan dengan tiga jenis unit operasi yang biasa menjadi permasalahan dalam suatu plant antara lain *recycle*, integrasi panas, dan komponen kimia yang beragam. Dimana tujuan dari PWC ialah mencapai kondisi operasi yang aman dan lancar serta mampu mempertahankan kualitas produk dengan adanya gangguan. Pada tugas akhir ini menggunakan metode Skoegestad dikarenakan sudah terdapat evaluasi dari segi ekonomi. Dan harapannya perancangan PWC ini dapat diterapkan pada proses dehidrasi agar dapat megoptimalkan penggunaan energi, efisiensi produk, hingga segi ekonomi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka permasalahan yang diangkat dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Perlunya perancangan *plantwide control* pada proses *dehydration* LNG.
2. Perlunya penerapan *plantwide control* pada proses *dehydration* LNG dalam segi penggunaan energi dan segi ekonomi .
3. Perlunya analisis dampak penerapan *plantwide control* pada *dehydration* LNG dalam segi kestabilan respon akibat adanya gangguan.



### 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebutkan diatas, maka tujuan dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Melakukan perancangan *plantwide control* pada proses *dehydration* LNG.
2. Mengetahui dampak penerapan *plantwide control* pada proses *dehydration* LNG dalam segi penggunaan energi dan segi ekonomi.
3. Mengetahui dampak penerapan *plantwide control* pada proses *dehydration* LNG dalam segi kestabilan respon akibat adanya gangguan.

### 1.4 Lingkup Kerja

Ruang lingkup dalam tugas akhir ini adalah pertama mengumpulkan data mulai dari PFD, P&ID, serta *datasheet* dari proses *dehydration* LNG. Setelah data yang diperlukan selanjutnya dimodelkan pada software HYSYS. Kemudian akan dibuat perancangan strategi kontrol menggunakan metode *plantwide control* (PWC). Kemudian pada tahap akhir akan dilakukan pengujian performansi kestabilan sistem akibat adanya uji gangguan yang diberikan.

### 1.5 Sistematika Laporan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir adalah sebagai berikut.

#### **BAB I Pendahuluan**

Bab I ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan, lingkup kerja dan sistematika laporan.

#### **BAB II Teori Penunjang**

Bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan, seperti dehidrasi, *absorber*, kolom distilasi, kontroller PID, DOF, FOPDT, pengendali *feedforward*, analisa performansi pengendali serta metode desain PWC.

#### **BAB III Metodologi**

Bab III ini berisi mengenai rancangan dari penelitian yang dilakukan, metode, dan langkah-langkah dalam penelitian.

**BAB IV Hasil dan Pembahasan**

Bab IV ini berisi tentang data hasil penelitian dari perancangan PWC pada proses *dehydration Liquefied Natural Gas* (LNG), hasil analisis dari segi penggunaan energi dan ekonomi serta analisis hasil uji kestabilan *plant*.

**BAB V Kesimpulan dan Saran**

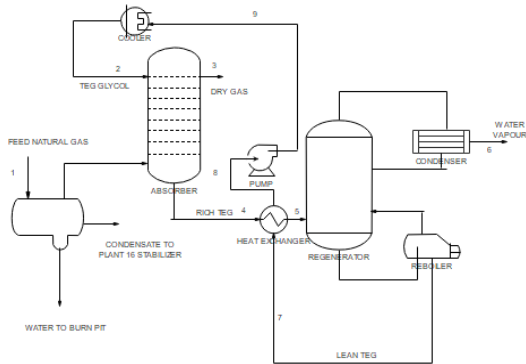
Bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir ini dan saran sebagai penunjang maupun pengembangan tugas akhir selanjutnya.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dehidrasi

Proses untuk menghilangkan uap air dari gas alam disebut dehidrasi. Uap air pada gas alam dapat membentuk metana hidrat. Metana hidrat adalah padatan yang mirip dengan es, yang terbentuk akibat dari terjebaknya metana dalam struktur kristal air. Hal ini dapat mengakibatkan penyumbatan pada katup, fitting, atau bahkan saluran pipa. Selain itu adanya aliran air yang terkondensasi dalam pipa dapat menyebabkan erosi [5]. Ada berbagai teknik yang digunakan untuk dehidrasi gas alam, tetapi hanya dua jenis teknik dehidrasi yang umum digunakan saat ini yaitu absorpsi dengan *liquid desiccants* dan adsorpsi dengan *solid desiccants* [6]. Tiga bahan dasar paling umum yang digunakan pada *solid desiccants* antara lain *activated alumina*, *silica gel* and *silica- alumina gel*, dan *molecular sieve* [7]. Pada metode absorpsi, *liquid* yang sering digunakan adalah *glycol*. Pada proses dehidrasi ini digunakan *tryethylene glycol* (TEG).

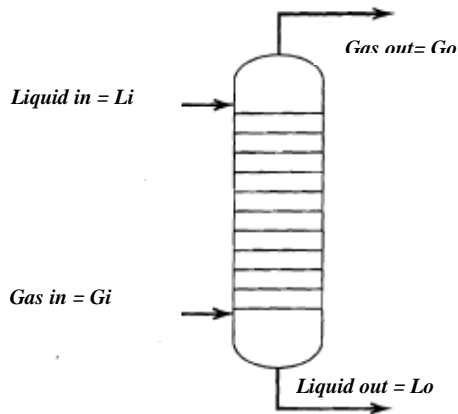
Proses pemisahan uap air dari gas yang digunakan pada tugas akhir ini juga menggunakan TEG. Untuk memahami proses pada *dehydration* LNG secara lebih jelas, dapat melihat *process flow diagram* (PFD) pada Gambar 2.1. Proses yang terjadi adalah *feed natural gas* masuk kedalam *separator* tiga fasa. *Separator* tiga fasa ini dirancang untuk mampu memisahkan minyak, air, dan gas dari minyak mentah atau *fluida* sumur [8]. Selanjutnya gas keluaran dari *separator* yang masih mengandung uap air atau disebut *wet gas* akan masuk pada *absorber* melalui *inlet* bagian bawah kolom dan akan keluar menjadi gas dengan kandungan air maksimum 0,5 ppm yang disebut *dry gas* pada *outlet* bagian atas kolom. Untuk mengikat air yang terkandung pada *wet gas*, maka diperlukan TEG *Glycol*.



**Gambar 2. 1** Process Flow Diagram (PFD) dehydration

TEG Glycol akan masuk melalui *inlet* pada *absorber/contractor* pada bagian atas. Dimana TEG Glycol ini akan mengikat air yang terdapat pada *wet gas*, kemudian akan keluar menjadi *rich TEG* melalui *outlet* bagian bawah *absorber/contractor*. *Rich TEG* adalah TEG yang mengandung banyak air. *Rich TEG* kemudian akan dialirkan menuju proses *glycol regeneration* yang terdapat pada kolom destilasi/ *regenerator*. Didalam kolom destilasi, *rich TEG* akan mengalami pemanasan pada *reboiler* sehingga air yang terkandung pada *rich TEG* teruapkan. Hasil dari proses regenerasi merupakan *lean TEG*. *Lean TEG* adalah TEG yang telah memiliki kandungan air sekecil mungkin. *Lean TEG* selanjutnya akan dipompa menuju *absorber/contractor*. Komponen- komponen pada *dehydration* LNG yang utama ialah *contractor* dan *regenerator*. *Contractor* atau yang biasa dikenal sebagai *absorber* berfungsi sebagai unit yang dapat memisahkan uap air dari gas dengan bantuan TEG Glycol. Sedangkan *regenerator* berbentuk kolom distilasi yang berfungsi untuk meregenerasi *rich TEG* yang berisi banyak kandungan air menjadi *lean TEG* untuk dikembalikan lagi ke dalam *contractor/absorber*.

## 2.2 Absorber



**Gambar 2. 2 Absorber [9]**

Pada proses *dehydration* LNG ini terdapat satu unit *absorber*. *Absorber* merupakan salah satu instrument industri yang berfungsi untuk melakukan proses penyerapan, yaitu pemisahan komponen tertentu pada gas menggunakan cairan yang dimasukkan ke dalam *absorber*. Komponen yang dipisahkan disebut zat terlarut dan pada umumnya berupa kotoran, polutan, maupun komponen beracun dari gas buang hasil dari suatu proses [9].

Prinsip kerja *absorber* yaitu gas masuk melalui inlet bagian bawah, sedangkan solvent atau cairan masuk melalui inlet bagian atas. Kemudian akan terjadi kontak antara gas dan cairan, sehingga zat terlarut akan terikat pada solvent dikarenakan adanya reaksi kimia kemudian bersama dengan solvent akan keluar melalui outlet bagian bawah. Sedangkan gas yang bersih akan dialirkan menuju outlet bagian atas. Proses tersebut terjadi berdasarkan prinsip massa jenis, dimana zat yang memiliki massa jenis lebih ringan (gas) akan menuju bagian atas, sedangkan zat yang memiliki massa jenis lebih berat (cairan) akan menuju kebawah.

Dalam *absorber* juga terjadi hukum kesetimbangan massa, dimana massa gas dan cairan yang masuk akan sama dengan massa gas dan cairan yang keluar. Berikut merupakan pemodelan matematis dari hukum kesetimbangan massa pada *absorber* [9].

$$G_i + L_i = G_o + L_o \quad (2.1)$$

$$G_i \cdot X_{Gi} + L_i \cdot X_{Li} = G_o \cdot X_{Go} + L_o \cdot X_{Lo} \quad (2.2)$$

dimana:

$G_i$  : Laju aliran massa gas masuk

$L_i$  : Laju aliran massa cairan masuk

$G_o$  : Laju aliran massa gas keluar

$L_o$  : Laju aliran massa cairan keluar

$X_{Gi}$  : Fraksi massa gas masuk

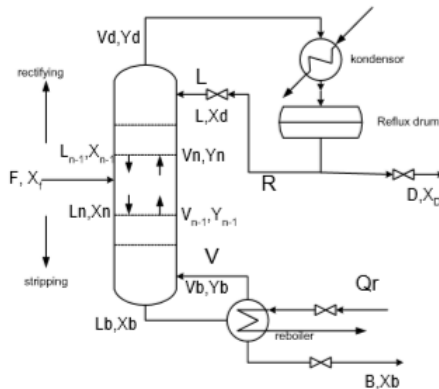
$X_{Li}$  : Fraksi massa cairan masuk

$X_{Go}$  : Fraksi massa gas keluar

$X_{Lo}$  : Fraksi massa cairan keluar

### 2.3 Kolom Distilasi

Kolom distilasi terdiri atas sebuah kolom vertikal yang terpecah menjadi beberapa *tray* dengan ukuran yang sama. Kolom distilasi juga dilengkapi dengan sebuah *reboiler* yang berfungsi sebagai pemanas proses distilasi dan sebuah *condenser* yang berfungsi mengkondensasi uap hasil distilasi pada produk atas menjadi cairan kembali [10]. Skema kolom distilasi dengan instrumen terkait ditunjukkan oleh gambar berikut.



**Gambar 2. 3** Kolom distilasi [11]

Prinsip kerja sederhana dari kolom distilasi adalah campuran yang akan dipisahkan masuk melalui *feed tray* kemudian turun ke bagian bawah kolom, cairan dengan titik didih rendah akan menguap ke atas akibat panas *reboiler* dan setelah sampai diatas kolom akan didinginkan oleh *condenser* menjadi cairan kembali dan disebut produk atas (XD). Cairan yang tidak terpanaskan oleh *reboiler* dan keluar dari bagian bawah kolom adalah produk bawah (XB) [12]. Gambar 2.3 juga menunjukkan variabel yang dikontrol adalah XD dan XB dengan memanipulasi laju aliran *reflux* (L) dan laju aliran *steam* pada *reboiler* (Qr) dan variabel gangguan yang mempengaruhi proses adalah laju aliran umpan (F) dan konsentrasi umpan (XF) [11] .

Persamaan kesetimbangan massa komponen pada kolom distilasi dituliskan pada persamaan (2.3-2.4) [13].

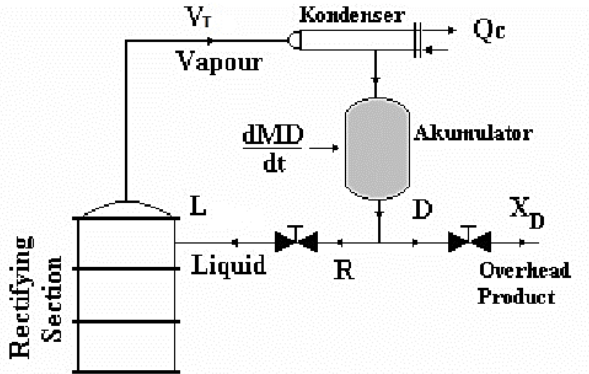
$$F = D + B \quad (2.3)$$

$$FX_F = DX_D + BX_B \quad (2.4)$$

dimana:

- $F$  : Laju aliran massa feed
- $D$  : Laju aliran massa distilat
- $B$  : Laju aliran massa produk bawah
- $X_F$  : Fraksi massa feed
- $X_D$  : Fraksi massa distilat
- $X_B$  : Fraksi massa produk bawah

Untuk gambaran kondensor dan *reflux drum* diilustrasikan melalui Gambar 2.4.



**Gambar 2. 4** Ilustrasi kondensor dan *reflux drum* [13]

Persamaan kesetimbangan massa pada kondensor dan *reflux drum* dituliskan pada persamaan (2.5-2.6) [13].

$$\frac{dM_D}{dt} = V_T - L - D \quad (2.5)$$

$$\frac{d(M_D X_D)}{dt} = V_T X_{V_T} - (L + D) X_D \quad (2.6)$$

dimana:

- $M_D$  : Massa pada *reflux drum*
- $V_T$  : Laju aliran uap keluaran kolom atas
- $L$  : Laju aliran *reflux*
- $X_{V_T}$  : Fraksi laju aliran uap keluaran kolom atas

Persamaan kesetimbangan energi pada kondensor dan *reflux drum* dituliskan pada persamaan (2.7) [13].

$$\frac{d(M_D h_D)}{dt} = V_T h_{V_T} - L h_L - D h_D + Q_C \quad (2.7)$$

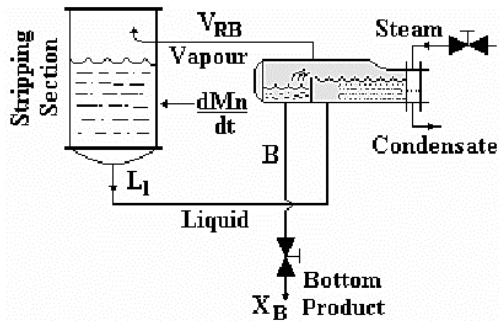
dimana:

- $h_{V_T}$  : Entalpi pada uap keluaran kolom atas
- $h_D$  : Entalpi pada distilat
- $h_L$  : Entalpi pada refluks



$Q_c$  : Laju aliran panas kondensor

Ilustrasi *reboiler* dan kolom bagian bawah dijelaskan pada Gambar 2.5 berikut.



**Gambar 2.5** Ilustrasi reboiler dan kolom bawah [13]

Persamaan kesetimbangan massa komponen pada *reboiler* dan kolom bagian bawah dituliskan pada persamaan (2.8-2.9) [13].

$$\frac{dM_n}{dt} = L_1 - V_{RB} - B \quad (2.8)$$

$$\frac{d(M_n X_B)}{dt} = L_1 X_1 - V_{RB} X_{V_{RB}} - B X_B \quad (2.9)$$

dengan :

$M_n$  : Massa pada *reboiler*

$L_1$  : Laju aliran keluaran kolom bawah

$V_{RB}$  : Laju aliran *steam reboiler*

$X_1$  : Fraksi massa keluaran *bottom stage* kolom

$X_{V_{RB}}$  : Fraksi massa *steam reboiler*

Sedangkan untuk persamaan kesetimbangan energi pada *reboiler* dan kolom bagian bawah dituliskan pada Persamaan (2.10) [13].

$$\frac{d(M_B h_B)}{dt} = L_1 h_1 - V_{RB} h_{V_{RB}} - B h_B + Q_B \quad (2.10)$$

dengan :

- $h_1$  : Entalpi keluaran kolom bawah
- $h_{RB}$  : Entalpi *steam reboiler*
- $h_B$  : Entalpi produk bawah
- $Q_B$  : Laju aliran panas pada *reboiler*

## 2.4 Kontroler PID

Kontroler PID merupakan gabungan antara 3 aksi kontrol yaitu Proportional, Integral dan derivative. Karakteristik pengendali PID ini sangat bergantung pada pengaruh dari masing-masing parameter P, I dan D. Pengendali P berfungsi untuk mempercepat *rise time* agar respon sistem lebih cepat untuk mencapai *setpoint*, akan tetapi pengendali ini mempunyai kekurangan yaitu meningkatkan *offset*. Pengendali I dapat menghilangkan *offset* serta mengurangi osilasi [14].

Kontroler PID dapat dideskripsikan melalui fungsi transfer berikut:

$$C_i(s) = K_p \left( 1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2.11)$$

Dimana

- $K_p$  : *proportional gain*
- $T_i$  : *integral time constant*
- $T_d$  : *derivative time constant*

## 2.5 Degrees of Freedom (DOF)

*Degrees of freedom* (DOF) atau derajat kebebasan adalah representasi dari variabel pada sistem. Persamaan DOF diberikan pada persamaan (2.12)

$$\text{DOF} =$$

$$\text{Jumlah variabel} - \text{Jumlah persamaan independen} \quad (2.12)$$

Pemodelan dapat dijalankan jika DOF bernilai nol. Jika DOF bernilai lebih dari nol, ini mengindikasikan bahwa lebih banyak variabel yang tidak diketahui daripada persamaan independen. Jika yang terjadi ini, maka pemodelan tidak akan dapat diselesaikan [15].

Analisis DOF dikenal sebagai *control degrees of freedom* (CDOF) pada desain struktur *control*. CDOF adalah jumlah maksimum dari variabel yang dapat dimanipulasi. Persamaan CDOF sebagai berikut.

$$CDOF = N_{streams} - \sum_1^{all\ the\ units} (N_{restraining}) - N_{redundant} \quad (2.13)$$

dimana :

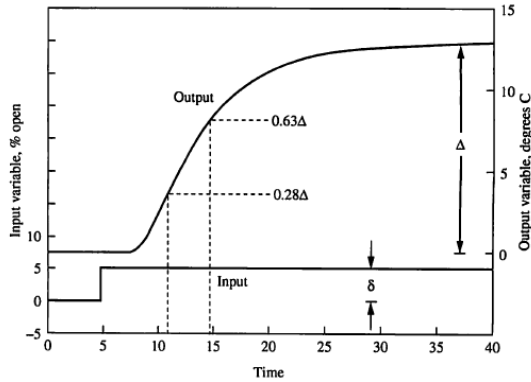
$N_{streams}$  : Jumlah stream yang ada pada proses

$N_{restraining}$  : Jumlah stream proses yang tidak dapat dimanipulasi

$N_{redundant}$  : Jumlah stream proses yang tidak butuh untuk dikontrol pada prosesnya

## 2.6 *First Order Plus Death Time* (FOPDT)

Sistem dinamik dari proses industri dapat dimodelkan dengan fungsi transfer FOPDT (*first order plus death time*) yang mana FOPDT didapatkan dari uji *open loop*, kemudian akan didapatkan grafik respon orde satu pada Gambar 2.6 sebagai berikut.



**Gambar 2. 6** Grafik respon sistem [16]

Didapatkan fungsi transfer FOPDT dari grafik respon pada persamaan (2.14) [16] sebagai berikut:

$$G(s) = \frac{K e^{-\theta s}}{\tau s + 1} \quad (2.14)$$

Nilai  $K$  adalah *gain* sistem yang merupakan perbandingan perubahan proses variabel yang diukur dengan perubahan sinyal *output* dari *controller* dengan persamaan (2.15).

$$K = \frac{\Delta}{\delta} = \frac{\Delta \text{Process Variable}}{\Delta \text{Manipulated Variable}} \quad (2.15)$$

Untuk  $\tau$  (*time constant*) didapat dari persamaan (2.16) sebagai berikut.

$$\tau = 1,5 (t_{63\%} - t_{28\%}) \quad (2.16)$$

dimana:

$t_{63\%}$  : Waktu yang dibutuhkan ketika variabel proses mencapai 63% dari nilai akhir

$t_{28\%}$  : Waktu yang dibutuhkan ketika variabel proses mencapai 28% dari nilai akhir

Sedangkan  $\theta$  (*dead time*) adalah perbedaan waktu dari respon saat sinyal step diberikan sampai respon mulai bergerak. Atau bisa dituliskan pada persamaan (2.17) berikut.

$$\theta = t_{63\%} - \tau \quad (2.17)$$

## 2.7 Pengendali *Feedforward*

Pengendali *feedforward* adalah pengendali yang dapat memberikan informasi jika terdapat gangguan kepada kontrol PID. Jika terdapat gangguan, maka pengendali *feedforward* akan memberikan sinyal kepada aktuator agar dapat mengatasi gangguan [17].

Karakteristik *plant* sangat penting dalam perancangan pengendali *feedforward* agar mampu mengindikasi adanya gangguan yang akan terjadi. Berikut merupakan pemodelan untuk pengendali *feedforward* pada persamaan (2.18) sebagai berikut.

$$G_{ff}(s) = -\frac{G_d(s)}{G_p(s)} \quad (2.18)$$

dimana:

$G_{ff}(s)$  : Pemodelan *feedforward*

$G_d(s)$  : Pemodelan *disturbance*

$G_p(s)$  : Pemodelan *plant*

Berikut pemodelan *disturbance* dan pemodelan *plant*, menggunakan persamaan FOPDT maka akan mendapatkan persamaan (2.19-2.20) sebagai berikut.

$$G_p(s) = \frac{K_p \cdot e^{-\theta_p s}}{\tau_p s + 1} \quad (2.19)$$

$$G_d(s) = \frac{K_d \cdot e^{-\theta_d s}}{\tau_d s + 1} \quad (2.20)$$

Berikut persamaan pada pemodelan *feedforward*.

$$G_{ff}(s) = -\frac{G_d(s)}{G_p(s)} = K_{ff} \left( \frac{T_{ld}s+1}{T_{lg}s+1} \right) e^{-\theta_{ff}s} \quad (2.21)$$

dimana :

$$K_{ff} = -\frac{K_d}{K_p} \quad : \text{Feedforward controlle gain}$$

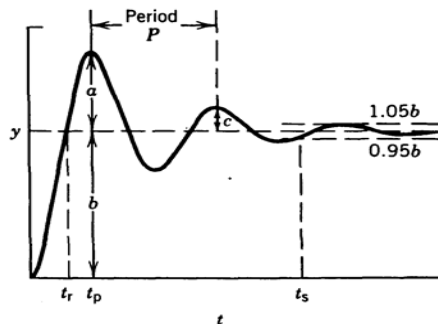
$$\theta_{ff} = \theta_d - \theta_p \quad : \text{Feedforward controller dead time}$$

$$T_{ld} = \tau_p \quad : \text{Feedforward controller lead time}$$

$$T_{lg} = \tau_d \quad : \text{Feedforward controller lag time}$$

## 2.8 Analisis Performansi Pengendali

Analisis ini dilakukan secara kuantitatif dan kualitatif pada respon sistem dari pengendali. Analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan melihat karakteristik respon, seperti *maximum overshoot*, *settling time* dan *eror steady state*. Analisis kualitatif dilakukan dengan cara menghitung nilai *Integral Absolute Error* (IAE) Pada Gambar 2.7 ditunjukkan parameter-parameter yang digunakan dalam melakukan analisis performansi pengendali.



**Gambar 2. 7** Respon pengendali [18]

Berdasarkan Gambar 2.7 di atas, didapatkan beberapa parameter sebagai berikut [18]:

- Settling time* ( $t_s$ ), ialah waktu ketika *output* mencapai lebar pita  $\pm 5\%$  dari total perubahan *output*.

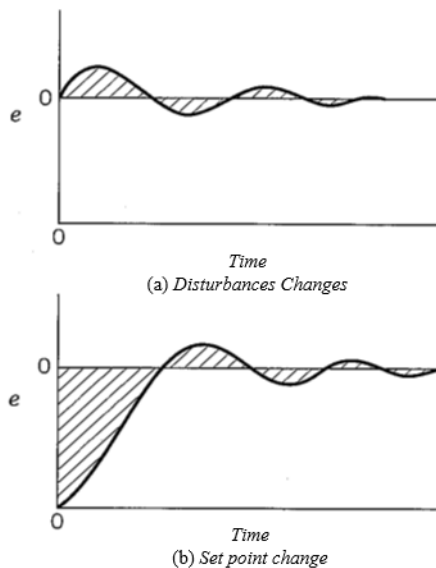
- b. *Maximum overshoot* ( $M_p$ ), dengan perhitungan nilai menggunakan Persamaan (2.23) sebagai berikut.

$$M_p = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (2.23)$$

- c. *Error steady state* ( $E_{ss}$ ), didapatkan dengan cara mengitung selisih *output* dengan *set point* pada saat keadaan *steady state* atau tunak.
- d. Nilai IAE adalah penjumlahan nilai *absolute error* dari *output* proses, nilai IAE di interpretasikan pada area yang diarsir seperti pada Gambar 2.8. Nilai IAE dihitung seperti pada persamaan (2.24) berikut.

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (2.24)$$

Ilustrasi perhitungan IAE akan dijelaskan pada Gambar 2.8 berikut.



**Gambar 2. 8** Interpretasi IAE pada (a) uji disturbance, dan (b) uji set point [18]

## 2.9 *PlantWide Control (PWC)*

PWC adalah salah satu jenis strategi kontrol yang digunakan untuk mempertimbangkan keseluruhan operasi unit yang ada di pabrik, seperti interaksi antara operasi unit untuk menentukan sistem operasi yang optimal dan keamanan seluruh pabrik [19]. Tujuan dari PWC antara lain untuk operasi proses yang aman dan lancar, mengontrol kualitas produk dalam menghadapi gangguan, menghindari kondisi proses yang tidak aman, sistem kontrol berjalan secara otomatis, bukan manual, membutuhkan minimal perhatian operator serta untuk mempercepat transisi dan meningkatkan kualitas produk. Terdapat beberapa kondisi pada plant yang membuat plant tersebut membutuhkan metode desain PWC, diantara adanya *material recycle*, adanya inventori komponen kimia dan integrasi energi [20].

Terdapat 2 konsep PWC yang paling populer adalah Luyben dan Skogestad. Namun pada metode Luyben belum mempertimbangkan segi ekonomi, sehingga pada tugas akhir ini menggunakan PWC metode Skogestad. Dimana Skogestad membaginya menjadi dua langkah utama yaitu *top-down* dan *bottom-up*. Adapun langkah-langkahnya akan dijelaskan sebagai berikut.

Langkah–langkah PWC karya Skoegestad terbagi menjadi dua bagian utama yaitu *top-down* dan *bottom-up*. *Top-down* adalah metode yang digunakan untuk dengan tujuan meningkatkan *profit* atau menurunkan *cost*. Sedangkan *bottom-up* adalah metode untuk mempertahankan stabilitas dari sistem.

Terdapat 2 variabel yakni variabel primer dan sekunder. Variabel *primer* adalah variabel yang berkaitan dengan ekonomi atau *profit*. Sedangkan variabel *sekunder* adalah variabel yang mudah diukur dan memiliki sensitivitasnya tinggi yang mampu menghasilkan respon yang cepat.

Berikut ini adalah langkah–langkah penerapan PWC karya Skogestad [21].

### Analisa *Top-Down*

1. Menentukan tujuan operasional yang meliputi fungsi biaya dan batasannya.



2. Menentukan derajat kebebasan (DOF), menentukan gangguan, melakukan optimasi pada operasi dengan nilai derajat kebebasan yang ada serta mempertimbangan gangguan yang telah ditentukan.
3. Mengidentifikasi variabel proses, lalu dari variabel proses tersebut dipilih variabel kendali utama (*controlled variable 1* atau CV1) untuk meminimalisir kerugian proses dengan meninjau dari segi ekonomi.
4. Menentukan lokasi *ThroughPut Manipulator* (TPM).

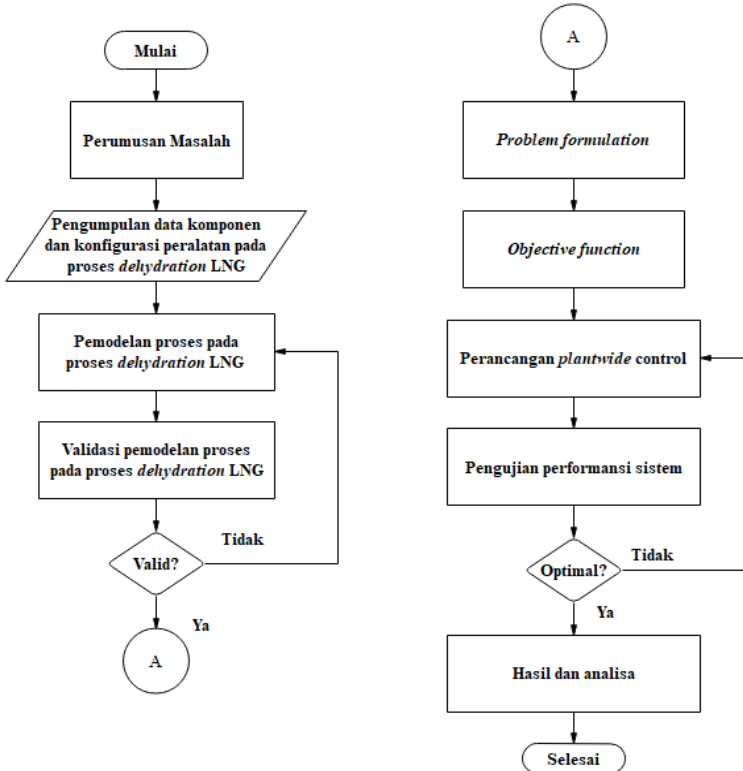
#### Analisa *Bottom-up*

1. Memilih struktur pengendalian *regulatory* dengan penentuan variabel kendali kedua (*Controlled Variable 2* atau CV2) yang fokus pada stabilisasi proses. Selain itu juga pemilihan variabel proses dan variabel manipulasi.
2. Memilih struktur *supervisory* yang mempertimbangkan variabel proses, variabel manipulasi.
3. Memilih struktur untuk optimisasi yang berfungsi untuk menentukan *set point* optimum pada proses.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III METODOLOGI

Penelitian pada tugas akhir ini dirancang menjadi beberapa tahapan, yang digambarkan oleh diagram alir berikut.



**Gambar 3. 1** Diagram alir metodologi

### 3.1 Pengumpulan Data Komponen pada proses *Dehydration Liquefied Natural Gas (LNG)*.

Langkah pertama yang perlu dilakukan ialah pengumpulan data proses dehidrasi. Data yang diperlukan berupa dokumen *Process Flow Diagram (PFD)*, *Piping and Instrumentation Diagram (P&ID)* serta *datasheet* peralatan seperti *absorber*, *column distillation*, *separator*, *heat exchanger*, *pump*, dan *cooler* pada setiap unit yang terdapat pada proses *Dehydration LNG*. Data

tersebut akan digunakan untuk memodelkan *plant* agar mengetahui gambaran proses secara umum menggunakan *software* HYSYS. Berikut merupakan data properti pada proses *dehydration* LNG.

**Tabel 3. 1** Properti pada proses *Dehydration* LNG

Stream	Properti	Nilai
<i>Feed Natural Gas</i>	<i>Temperature</i> (°C)	22,1
	<i>Pressure</i> (psia)	630,7
	<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	43611,11
TEG <i>Glycol</i>	<i>Temperature</i> (°C)	22,1
	<i>Pressure</i> (psia)	605
	<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	67,829373
<i>Dry Gas</i>	<i>Temperature</i> (°C)	22,1
	<i>Pressure</i> (psia)	605
	<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	43533,05
<i>Rich TEG</i>	<i>Temperature</i> (°C)	22,1
	<i>Pressure</i> (psia)	15,86
	<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	98,56743
<i>Water Vapour</i>	<i>Temperature</i> (°C)	105
	<i>Pressure</i> (psia)	9,863
	<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	28,5958
<i>Lean TEG</i>	<i>Temperature</i> (°C)	205
	<i>Pressure</i> (psia)	10,44
	<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	69,7914

### 3.2 Pemodelan Proses *Dehydration Liquefied Natural Gas* (LNG)

Data kemudian disimulasikan atau dimodelkan pada *software* HYSYS. Dimana simulasi atau pemodelan ini bertujuan mengetahui gambaran proses yang terjadi pada proses *dehydration* LNG. Pemodelan ini dibuat dengan proses kesetimbangan massa dan kesetimbangan energi yang telah ada pada *software* HYSYS.

Berikut merupakan prosedur dalam melakukan simulasi pemodelan *plant* dehidrasi pada *software* HYSYS

- Memasukkan semua data komponen proses *dehydration*
- Memilih model *fluid package* yang sesuai dengan data komponen dan proses. Pada proses *dehydration*, *fluid*

*package* yang akan digunakan sebagai model dalam penelitian ini adalah *Glycol package*.

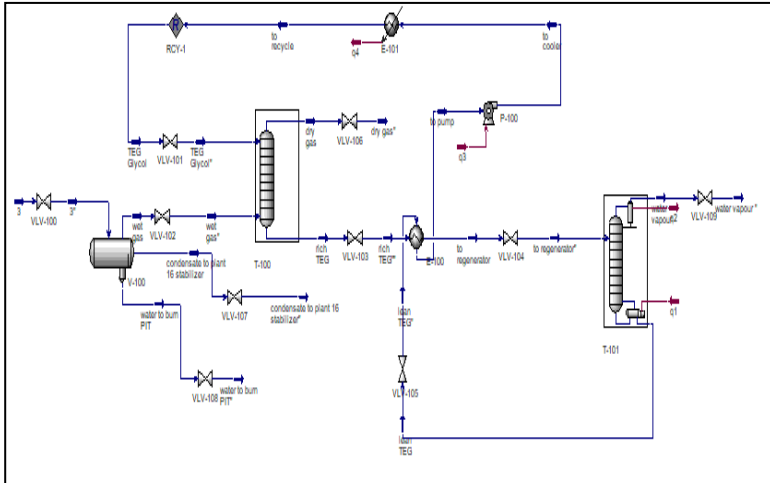
- c. Mengisi data *feed natural gas* yang terdiri data properti serta komposisinya. Data properti yang dimasukkan minimal terdiri dari tiga parameter proses, diantaranya tekanan, suhu, dan laju aliran. Parameter yang lain akan dihitung melalui pemodelan *fluid package glycol* yang dilakukan secara otomatis oleh *software HYSYS*.
- d. Jika data yang dimasukkan telah sesuai, maka mulai merancang diagram alir proses (*process flow diagram*) dari proses *dehydration* LNG. Perancangan diambil berdasarkan diagram alir proses *dehydration*.
- e. Jika terdapat *error*, maka dilakukan analisis proses agar pemodelan dengan menggunakan *software HYSYS* dapat konvergen dalam keadaan *steady state*.

Demikian merupakan prosedur pembuatan proses *dehydration* LNG pada keadaan *steady state* atau pada kondisi tidak bergerak terhadap waktu. Setelah itu akan dilakukan validasi proses dehidrasi terhadap data PFD. Umumnya sebuah proses akan berubah seiring berjalan waktu. Oleh karena itu, langkah berikutnya ialah mengubah proses ke dalam kondisi dinamik. Prosedur untuk mengubah proses kedalam keadaan dinamik adalah sebagai berikut.

- a. Melakukan *sizing* terlebih dahulu pada setiap peralatan dan semua *valve* yang ada pada proses *dehydration*.
- b. Memastikan bahwa tidak ada stream yang bebas pada proses *dehydration*.
- c. Memasang pengendali pada proses *dehydration* sesuai perhitungan CDOF.
- d. Setelah melakukan *sizing*, maka dilakukan pengecekan dengan bantuan *dynamic asisstant*. Apabila masih terdapat *error* maka harus diselesaikan dengan menganalisis hubungan *flow-pressure*. Jika sudah tidak *error* maka dapat memilih *dynamic mode* untuk berpindah ke keadaan dinamik. Namun terlebih dahulu menyimpan pemodelan *steady state*.
- e. Kemudian program dijalankan dan dianalisis.

- f. Jika ada respon belum stabil maka dilakukan *tuning* PID atau bisa juga ditambahkan strategi pengendali. Kemudian diidentifikasi dengan pemodelan *first order plus dead time* (FOPDT).

Berikut adalah hasil pemodelan proses *dehydration* LNG.



**Gambar 3. 2** Pemodelan proses *dehydration* LNG dengan software Hysys

### 3.3 Validasi Proses *Dehydration* LNG

Pemodelan yang telah dibuat kemudian divalidasi dengan kondisi desain pada PFD. Setelah hasil pemodelan dibandingkan dengan kondisi desain kemudian dihitung nilai *error*-nya. Berikut adalah hasil validasi proses *dehydration* LNG.

**Tabel 3. 2** Validasi proses *dehydration* LNG

Properti	Data Operasi	Simulasi HYSYS	Deviasi (%)
<b>(Dry Gas)</b>			
<i>Temperature</i> (°C)	22,10	21,72	1,71%
<i>Pressure</i> (psia)	605	605	0,00%
<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	43533,05	43532,495 2	0,00127 %
<b>(Rich TEG)</b>			
<i>Temperature</i> (°C)	22,10	22,66	2,53%
<i>Pressure</i> (psia)	15,86	15,86	0.18%
<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	98,56743	98,1453	0.428%
<b>(Lean TEG)</b>			
<i>Temperature</i> (°C)	205	205	0.00%
<i>Pressure</i> (psia)	10,44	10,44	0.00%
<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	69,7914	69,58	0.30%
<b>(Water Vapour)</b>			
<i>Temperature</i> (°C)	105	105	0.00%
<i>Pressure</i> (psia)	9,863	9,863	0,00%
<i>Molar Flow</i> (lbmole/hr)	28,5958	28,57	0,09%

### 3.4 Problem of Formulation

Ditentukan *constraint* dan beberapa parameter yang harus berada pada kondisi tertentu, sehingga harus ditentukan variabel serta nilai variable tersebut agar *plant* dapat stabil dan mencapai kondisi optimal. Sehingga pada permodelan HYSYS ini ditentukan *constraint* yang harus terpenuhi, yaitu pada kondisi operasi dari *feed natural gas* sesuai dengan **Tabel 3.1**.

### 3.5 Penentuan Fungsi Objektif

Fungsi objektif pada perancangan PWC untuk proses *dehydration* LNG ini adalah profit yang maksimal. Hal ini dikarenakan setiap perusahaan pasti menginginkan profit yang maksimal sehingga dapat menguntungkan perusahaan. Dimana profit yang maksimal didapatkan dari penjualan produk yang dalam hal ini adalah penjualan gas yang bebas dari H<sub>2</sub>O dikurangi dengan biaya operasional yang digunakan pada *reboiler*, *pump*, *condenser*, dan *cooler* pada proses *dehydration*. Dimana harga untuk gas bersih menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia ialah sebesar 4,88 US\$/mmbtu. Persamaan (3.1) berikut merupakan fungsi objektif pada perancangan PWC ini.

$$J_{max} = \text{Hasil Jual Produk} - \text{Biaya Operasional} \quad (3.1)$$

### 3.6 Perancangan *Plantwide Control*

Merancang sistem PWC menggunakan metode milik Sigurd Skogestad yang terbagi menjadi dua metode yaitu, metode *top-down* dan *bottom-up* untuk mengoptimalkan kinerja sistem. Yang mana bagian *top-down* bertujuan untuk memaksimalkan profit dan bagian *bottom-up* bertujuan menjaga agar kestabilan plant terjamin. Pada metode ini akan menghubungkan kedua bagian utama pada PWC milik Sigurd Skogestad tersebut. Berikut langkah-langkahnya:

#### 3.6.1 Mengidentifikasi DOF

Nilai DOF penting dalam menentukan jumlah variabel yang dapat dimanipulasi atau dikontrol, dimana menghitungnya menggunakan persamaan CDOF.

Untuk mendapatkan nilai CDOF dari proses *dehydration* LNG, dilakukan perhitungan jumlah *stream* dan *equipment* berdasarkan jenisnya sehingga didapatkan data yang terlampir pada **Lampiran D**. Didapatkan nilai CDOF sebagai berikut.

**Tabel 3. 3** Analisa CDOF proses *dehydration* LNG

$N_{streams}$	$N_{restraining}$	$N_{redundant}$	CDOF
27	16	0	11



Yang pertama dilakukan untuk menganalisis nilai CDOF pada *dehydration* LNG adalah menghitung total *stream* yang terdapat pada proses *dehydration*. Jumlah *stream* pada *dehydration* LNG adalah sebanyak 27. Kemudian variabel yang tidak dapat dikontrol atau dimanipulasi berjumlah 16. Jumlah variabel yang tidak perlu untuk dikontrol berjumlah 0. Total nilai CDOF pada *dehydration* LNG didapatkan dari mengurangi jumlah *stream* yang berjumlah 27 dengan variabel *restraining* yang berjumlah 16 dan variabel *redundant* yang berjumlah 0 sehingga mendapatkan hasil 11 CDOF.

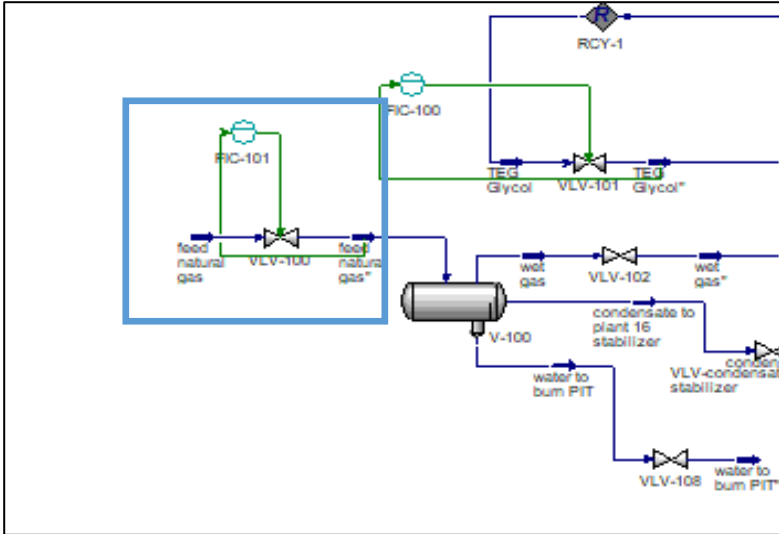
Pada proses *dehydration* LNG telah dipasang 11 kontrol. Kontrol yang sudah terpasang ditunjukkan pada **Tabel 3.4** sebagai berikut.

**Tabel 3. 4** Kontrol pada Proses *dehydration* LNG

No.	Tag	Deskripsi
1	FIC-101	Kontrol laju aliran stream <i>feed natural gas</i>
2	FIC-100	Kontrol laju aliran stream TEG <i>Glycol</i>
3	XIC-100	Kontrol komposisi produk atas kolom T-101
4	XIC-101	Kontrol komposisi produk bawah kolom T-101
5	PIC-100	Kontrol tekanan pada <i>condenser</i> kolom T-101
6	LIC-100	Kontrol level pada <i>reboiler</i> kolom T-101
7	TIC-100	Kontrol temperature pada <i>Reboiler</i>
8	PIC-101	Kontrol tekanan pada kolom T-100
9	LIC-101	Kontrol level pada kolom T-100
10	XIC-102	Kontrol komposisi produk atas kolom T-101
11	LIC-102	Kontrol level pada <i>condenser</i> kolom T-101

### 3.6.2 Pemodelan Laju Produksi (*Throughout Manipulator*)

Penentuan lokasi *throughout manipulator* (TPM) pada proses *dehydration* ini terdapat pada laju aliran *inlet*, yaitu pada *feed natural gas*. Penentuan laju produksi ini mirip dengan penentuan laju produksi milik Skogestad. Berikut adalah lokasi peletakan TPM pada proses *dehydration* LNG.



**Gambar 3. 3** Lokasi TPM pada proses *dehydration* LNG

### 3.6.3 Penentuan Variabel Ekonomi (*Economical Controlled Variable*)

Penentuan variabel ekonomi ini sama dengan variabel kendali utama (*primary variable*) pada PWC milik Skogestad yang mana mempertimbangkan sisi ekonomi. Pemilihan variable ekonomi (*economical controlled variable*) yaitu laju aliran produk (*dry gas*) dan energi yang dihasilkan *reboiler*, *condenser*, *pump* dan *cooler*.

Penentuan variabel ekonomi ini berorientasi pada *profit*. Yang mana hal ini akan sesuai hasil optimisasi yang diharapkan, yakni penurunan penggunaan energi pada plant *dehydration* LNG.

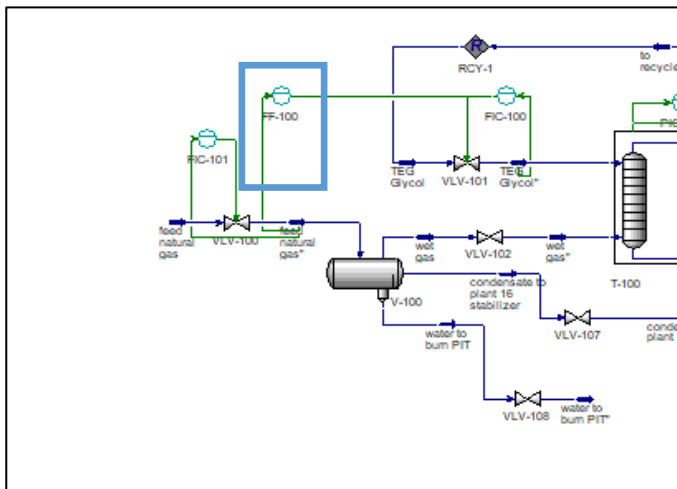
### 3.6.4 Integrasi Proses (*Process Integration*)

Ditentukan struktur pengendalian variabel yang berhubungan dengan *inventory control* dan variabel yang akan menjadi gangguan (*disturbance*). Maka ditentukan struktur pengendalian PID pada plant serta gangguan yang terjadi adalah laju komponen dari *feed* dalam keadaan aktual.

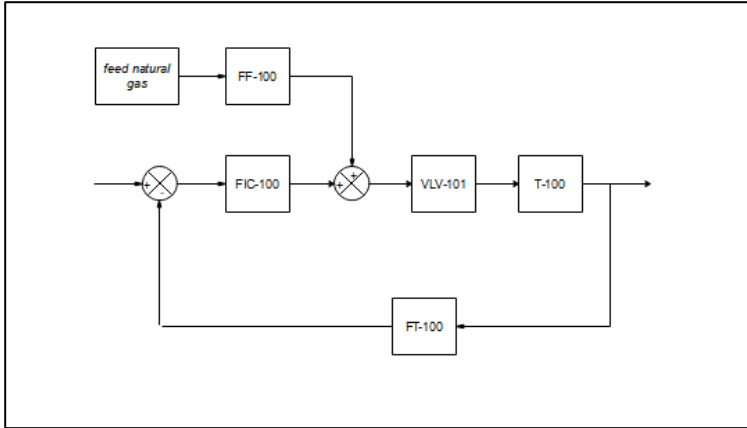
Pada proses *dehydration* untuk pengendali laju aliran massa pada TEG *Glycol*, diberikan pengendali *feedforward* untuk menjaga kestabilan respon kontrol ketika terjadi gangguan pada *feed*.

**Tabel 3. 5** Parameter pemodelan pengendali feedforward

Parameter pemodelan	<i>Feed forward</i>
$K_{ff}$	0,0109
$\theta_{ff}$	0,00046
$\tau_1$	10,5023
$\tau_2$	2,1



**Gambar 3. 4** Lokasi *feedforward* pada proses *dehydration* LNG



**Gambar 3. 5** Diagram Blok *feedforward*

### 3.6.5 Lapisan Pengendalian Supervisory

Dipilih MPC (*Model Predictive Control*) sebagai pengendali *supervisory* yang akan memberikan perubahan *set point* yang optimal pada lapisan pengendalian *regulatory* (PI/PID).

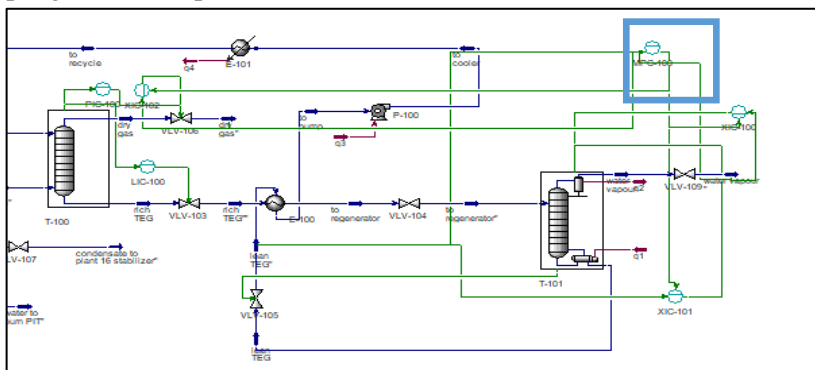
Perancangan *supervisory control* pada proses dehidrasi yang dipakai adalah menggunakan MPC (*Model Predictive Control*) yang sudah tersedia pada HYSYS dengan menggunakan data pemodelan *first order* (FOPDT) yang telah divalidasi. Pemasangan MPC diletakkan pada kolom distilasi dan *absorber*. Hal ini dikarenakan kolom distilasi adalah sistem yang kompleks yang didalamnya terdapat banyak pengendalian multivariabel.

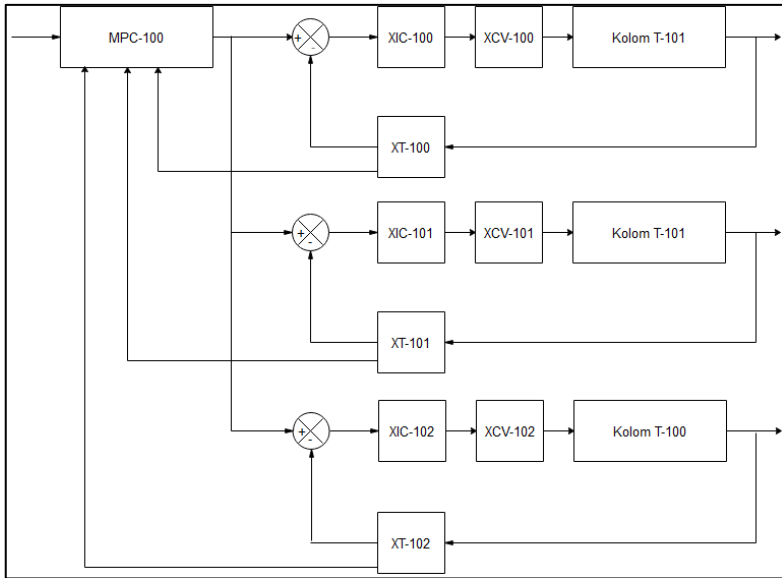
Berikut adalah parameter pemodelan FOPDT yang selanjutnya digunakan untuk melakukan perancangan pada MPC.

**Tabel 3. 6** Parameter pemodelan FOPDT

Plant	Gain	K	Time Constant ( $\tau$ ) (sekon)	Dead Time ( $\theta$ ) (sekon)
<i>Dehydration</i>	G11	0,000135	21,81	10,53
	G12	0,000617	29,72	8,61
	G13	0,000529	23,18	16,02
	G21	0,000311	25,03	19,78
	G22	0,000715	20,14	13,46
	G23	0,000119	21,17	18,92
	G33	0,000278	19,98	15,82
	G32	0,000183	26,71	19,56
G33	0,000481	21,92	11,83	

*Input* dari pemodelan MPC adalah laju aliran *reflux*, *heat flow* pada *reboiler*, dan laju aliran *dry gas*. Sedangkan *outputnya* adalah komposisi atas dan bawah pada kolom distilasi juga komposisi atas *absorber*. Dari hasil pemodelan yang telah didapatkan, selanjutnya MPC akan memberikan *set point* pada pengendali komposisi.

**Gambar 3. 6** Pemasangan MPC pada *dehydration*



**Gambar 3. 7** Diagram Blok MPC

### 3.6.6 Optimisasi

Optimisasi dilakukan dengan menggunakan *Real Time Optimizer* (RTO). Pada proses dehidrasi dilakukan optimisasi menggunakan RTO yang ada pada HYSYS dengan tujuan utama untuk mencapai nilai optimal dari fungsi objektif yang telah ditentukan. Lapisan optimisasi ini sama dengan optimisasi pada PWC Skogestad.

Prosedur pemasangan RTO pada *software* HYSYS adalah sebagai berikut.

- Spreadsheet* yang sudah terdapat pada *toolbox* ditambahkan.
- Semua variabel yang digunakan dalam optimisasi dimasukkan ke dalam *spreadsheet* tersebut. Termasuk memasukkan hasil output optimisasi.
- Pada *model analysis* dalam *software* HYSYS dipilih *derivative*.
- Dimasukkan fungsi objektif, *constraint*, dan variabel optimisasi di dalamnya melalui *spreadsheet*.
- Program kembali dijalankan dan dianalisis.

### 3.7 Pengujian Performansi Sistem dan Analisis

Pengujian performansi sistem dalam perancangan PWC pada *plant Dehydration* LNG ini dengan memberikan gangguan pada feed yaitu dengan menaikkan serta menurunkan laju aliran pada feed sebesar 5%. Dari yang awalnya sebesar 371700 kg/h, dilakukan dua uji, yaitu dinaikkan sebesar 5% menjadi 390285 kg/h dan diturunkan sebesar 5% menjadi 353115 kg/h.

**Tabel 3. 7** Gangguan pada Feed

<b>Kondisi</b>	<b>Laju aliran massa feed</b>
Ideal	371700 kg/h
Naik 5%	390285 kg/h
Turun 5%	353115 kg/h

Hasil respon dari pengujian performansi dari perancangan PWC pada proses *dehydration* ini akan dibandingkan dengan sistem yang dirancang tanpa menggunakan PWC dimana pada proses tersebut hanya dipasang pengendali PID.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

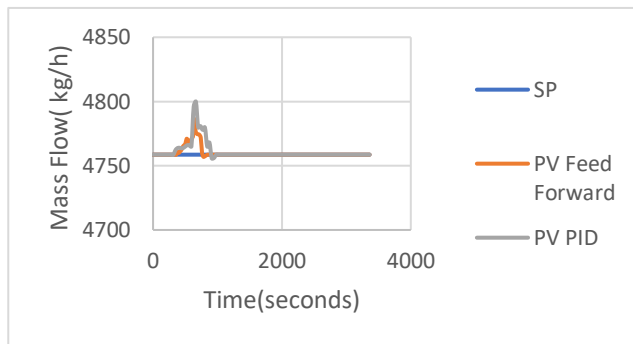


## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

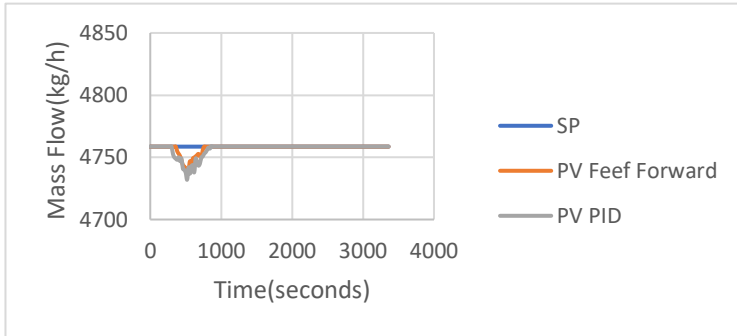
### 4.1 Analisis Hasil Perancangan *Feed Forward*

Dilakukan uji *open loop* dan *disturbance* untuk mendapatkan nilai parameter *feed forward* dari pengendali *feed forward* yang telah dipasang. Dimana terdapat satu variable sebagai *disturbance* pada proses produksi *dehydration*, yaitu *feed natural gas* sehingga dibutuhkan satu pengendali *feed forward*. *Disturbance* tersebut ditinjau terhadap variable proses yaitu perubahan *flow*.

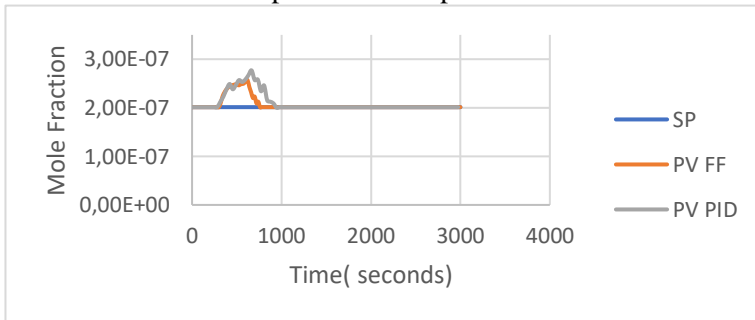
Uji *disturbance* dilakukan dengan cara merubah nilai *feed* sebesar 5% dari kondisi operasi semula. Pada pengendali *feed forward* yang diintegrasikan dengan FIC TEG dilakukan perubahan kenaikan dan penurunan *feed* sebesar 5% pada *feed natural gas*. Berikut merupakan grafik dari hasil uji *disturbance* dari pengendali *feed forward*.



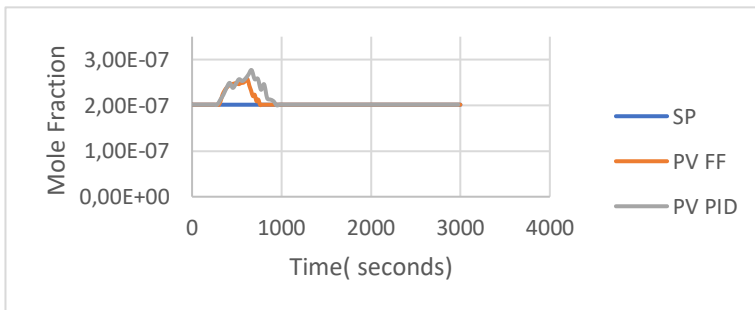
**Gambar 4. 1** Respon FIC TEG pada *disturbance* +5%



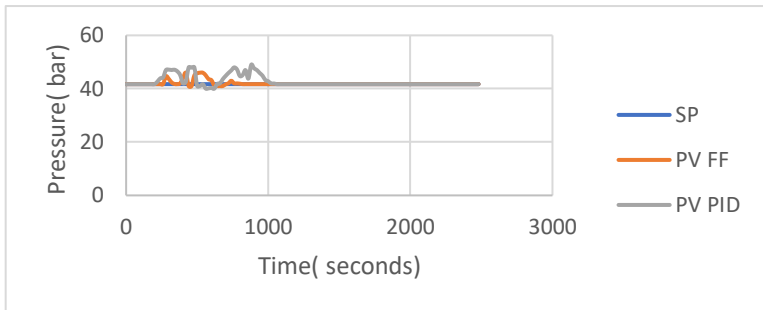
**Gambar 4. 2** Respon FIC TEG pada *disturbance* -5%



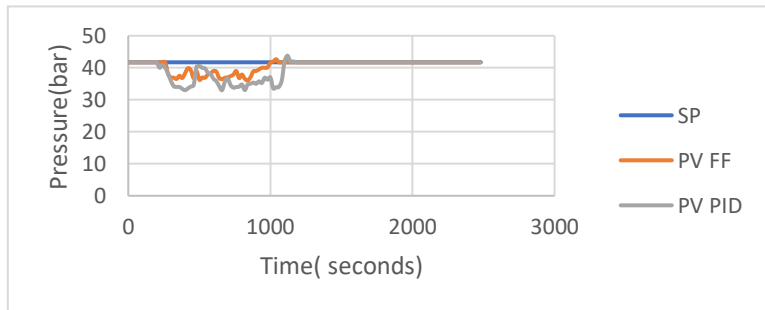
**Gambar 4. 3** Respon XIC-102 pada *disturbance* +5%



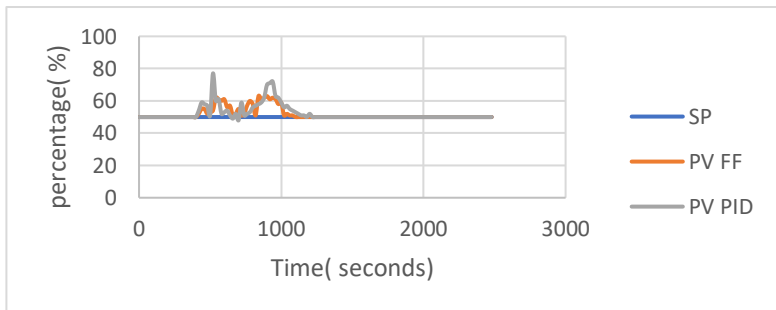
**Gambar 4. 4** Respon XIC-102 pada *disturbance* -5%



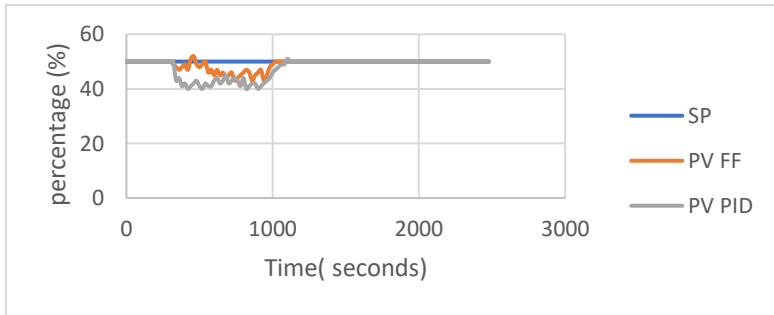
**Gambar 4. 5** Respon PIC-101 pada disturbance +5%



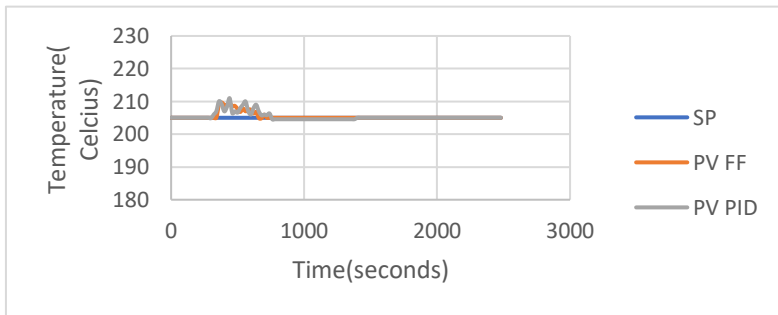
**Gambar 4. 6** Respon PIC-101 pada *disturbance* -5%



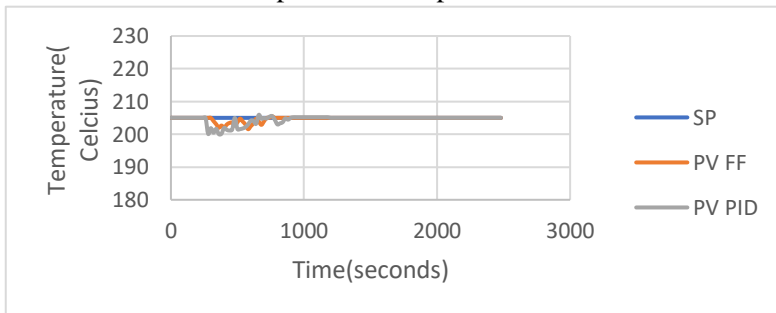
**Gambar 4. 7** Respon LIC-100 pada *disturbance* +5%



**Gambar 4. 8** Respon LIC-100 pada *disturbance* -5%



**Gambar 4. 9** Respon TIC-100 pada *disturbance* +5%



**Gambar 4. 10** Respon TIC-100 pada *disturbance* -5%

Pada uji *disturbance* yang telah dilakukan terhadap perubahan *flow*, didapatkan nilai karakteristik dari respon pada masing- masing grafik respon sebagai berikut.

**Tabel 4. 1** Nilai karakteristik respon FIC TEG *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	0,87	0,58
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	595	440

**Tabel 4. 2** Nilai karakteristik respon FIC TEG *disturbance* -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	0,56	0,39
<i>Error Steady State</i> (%)	0,043	0
<i>Settling Time</i> ( second)	540	360

**Tabel 4. 3** Nilai karakteristik respon XIC-102 *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	37,6	27,7
<i>Error Steady State</i> (%)	0,02	0
<i>Settling Time</i> ( second)	630	400

**Tabel 4. 4** Nilai karakteristik respon XIC-102 *disturbance* -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	29	25,5
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	560	440

**Tabel 4. 5** Nilai karakteristik respon PIC-101 *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	17,40	10,31
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	820	520

**Tabel 4. 6** Nilai karakteristik respon PIC-101 *disturbance* -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	20,88	13,63
<i>Error Steady State</i> (%)	0,021	0
<i>Settling Time</i> ( second)	940	760

**Tabel 4. 7** Nilai karakteristik respon LIC-100 *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	54	26
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	760	660

**Tabel 4. 8** Nilai karakteristik respon LIC-100 *disturbance* -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	20	14
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	760	680

**Tabel 4. 9** Nilai karakteristik respon TIC-100 *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	3	2,2
<i>Error Steady State</i> (%)	0,013	0
<i>Settling Time</i> ( second)	420	340

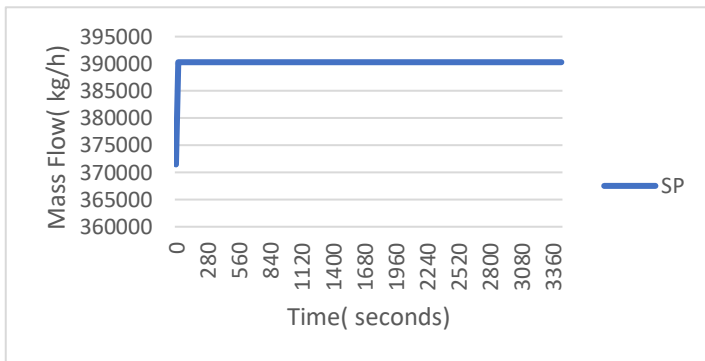
**Tabel 4. 10** Nilai karakteristik respon TIC-100 *disturbance* -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	PID	<i>Feed Forward</i>
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	2,5	1,6
<i>Error Steady State</i> (%)	0,017	0
<i>Settling Time</i> ( second)	440	380

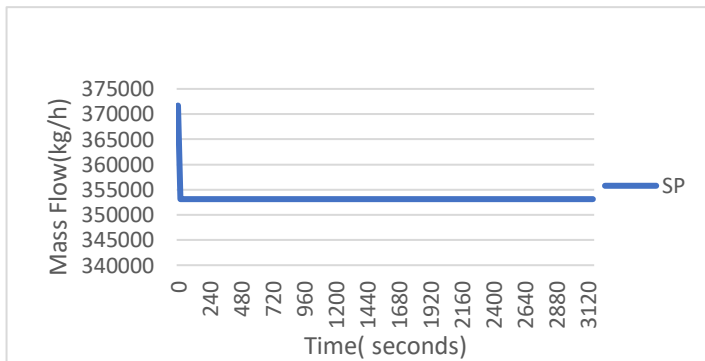
Berdasarkan data pada tabel 4.1 sampai dengan tabel 4.10, diketahui respon yang dihasilkan pengendali *feed forward* dibandingkan dengan pengendalian PID ialah mampu mempercepat respon dengan dibuktikan penurunannya nilai *settling time*, hilangnya nilai *error steady state*, dan menurunnya *maximum overshoot*.

## 4.2 Analisis Hasil Perancangan PWC

Pengujian performasi sistem pada proses *dehydration* LNG dilakukan setelah diterapkan PWC dengan cara menaik dan turunkan laju aliran pada *feed natural gas* dengan memberikan sinyal *step* sebesar 5%. Pada kondisi operasi normal mempunyai laju aliran 371700 kg/h sehingga laju aliran pada uji kenaikan *disturbance* menjadi 390285 kg/h, sedangkan laju aliran pada uji penurunan *disturbance* menjadi 353115 kg/h.



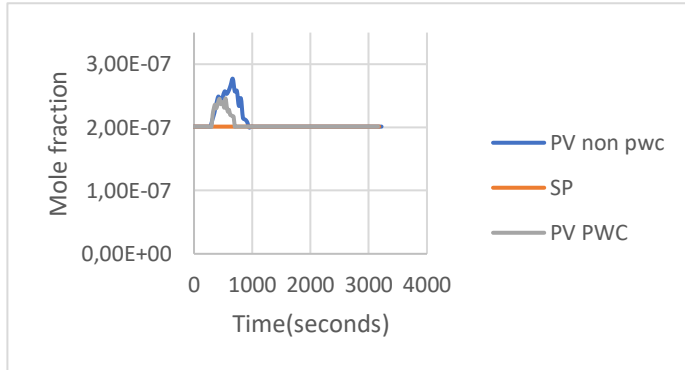
**Gambar 4. 11** Uji *disturbance* +5%



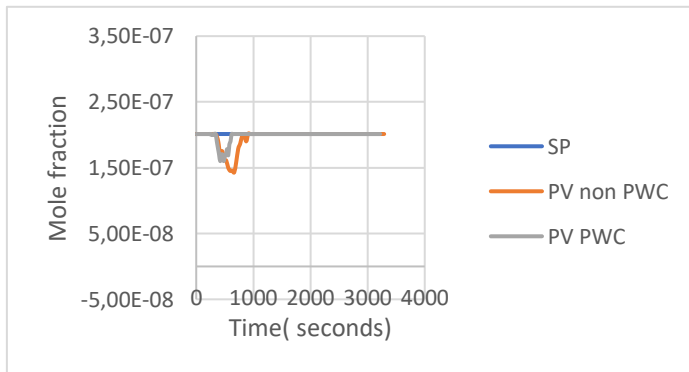
**Gambar 4. 12** Uji *disturbance* -5%



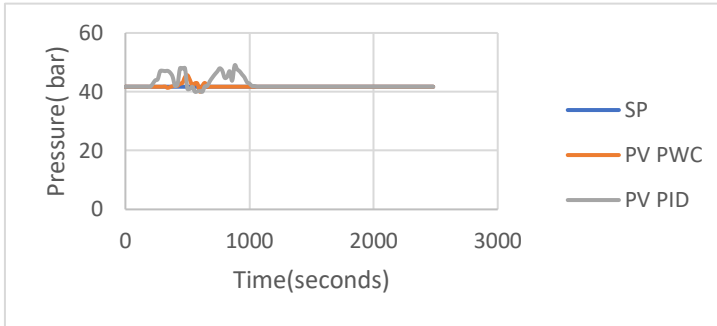
Perancangan PWC pada proses *dehydration* LNG akan dibandingkan dengan sebelum perancangan PWC yang terdapat pada *plant*. Berikut merupakan perbandingan grafik respon antara struktur kontrol *non-PWC* dan PWC akibat adanya gangguan yang diberikan pada *plant*.



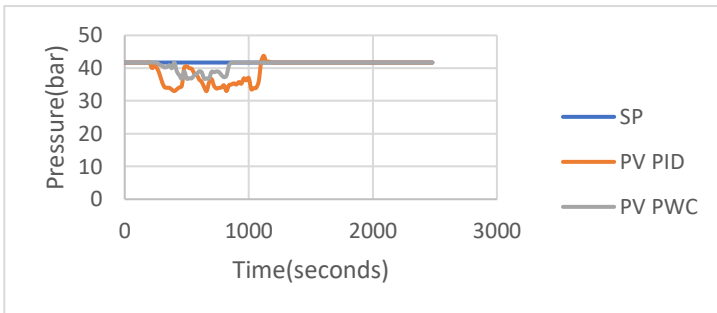
**Gambar 4. 13** Respon XIC-102 PWC dan *non PWC* pada *disturbance* +5%



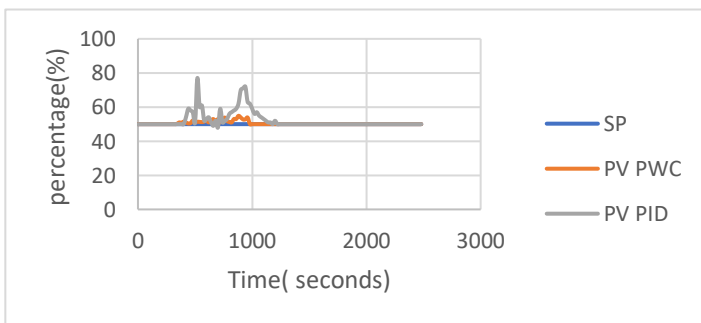
**Gambar 4. 14** Respon XIC-102 PWC dan *non PWC* pada *disturbance* +5%



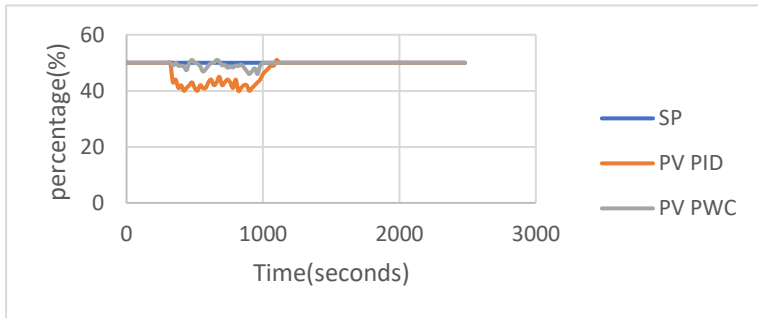
**Gambar 4. 15** Respon PIC-101 PWC dan *non* PWC pada *disturbance +5%*



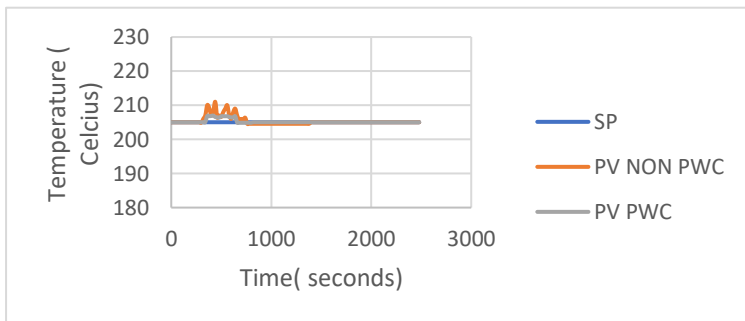
**Gambar 4. 16** Respon PIC-101 PWC dan *non* PWC pada *disturbance -5%*



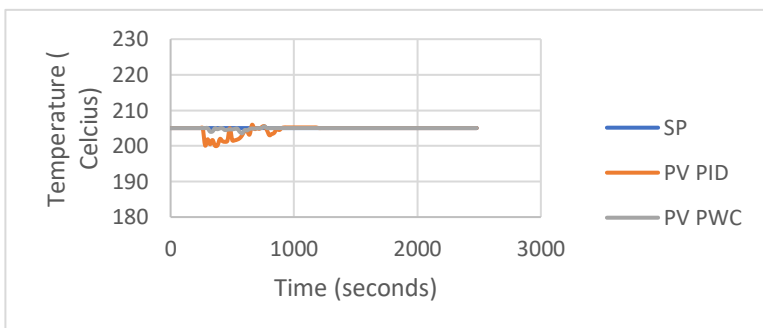
**Gambar 4. 17** Respon LIC-100 PWC dan *non* PWC pada *disturbance +5%*



**Gambar 4. 18** Respon LIC-100 PWC dan *non* PWC pada *disturbance* -5%



**Gambar 4. 19** Respon TIC-100 PWC dan *non* PWC pada *disturbance* +5%



**Gambar 4. 20** Respon TIC-100 PWC dan *non* PWC pada *disturbance* +5%

Dari gambar 4.13- 4.18 didapatkan karakteristik respon sebagai berikut.

**Tabel 4. 11** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC XIC-100 *disturbance* 5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	37,6	22,2
<i>Error Steady State</i> (%)	0,02	0
<i>Settling Time</i> ( second)	630	326

**Tabel 4. 12** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC XIC-100 *disturbance* -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	29	20,5
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	560	340

**Tabel 4. 13** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC PIC-101 *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	17,40	9,38
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	820	320

**Tabel 4. 14** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC PIC-100 disturbance -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	20,88	11,85
<i>Error Steady State</i> (%)	0,021	0
<i>Settling Time</i> ( second)	940	560

**Tabel 4. 15** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC LIC-100 disturbance +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	54	9,78
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	760	620

**Tabel 4. 16** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC LIC-100 disturbance -5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	20	8
<i>Error Steady State</i> (%)	0,01	0
<i>Settling Time</i> ( second)	760	640

**Tabel 4. 17** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC TIC-100 disturbance +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	3	0,9
<i>Error Steady State</i> (%)	0,013	0
<i>Settling Time</i> ( second)	420	280

**Tabel 4. 18** Nilai karakteristik respon PWC dan *non* PWC TIC-100 *disturbance* +5%

Karakteristik Respon	Nilai	
	Non PWC	PWC
<i>Maximum Overshoot</i> ( %)	2,5	0,717
<i>Error Steady State</i> (%)	0,017	0
<i>Settling Time</i> ( <i>second</i> )	440	300

Selanjutnya, dihitung nilai *Integral Absolute Error*( IAE) pada kedua strategi kontrol, yaitu kontrol *non* PWC dan PWC. Berikut merupakan nilai IAE dari masing- masing respon.

**Tabel 4. 19** Nilai IAE pada XIC-102 uji gangguan naik 5%

XIC	Strategi Kontrol	IAE
102	<i>Non</i> PWC	1712,517552
	PWC	978,5814582

**Tabel 4. 20** Nilai IAE pada XIC-102 uji gangguan turun 5%

XIC	Strategi Kontrol	IAE
102	<i>Non</i> PWC	1522,23724
	PWC	815,4845485

**Tabel 4. 21** Nilai IAE pada PIC-101 uji gangguan naik 5%

PIC	Strategi Kontrol	IAE
100	<i>Non</i> PWC	2174,625463
	PWC	869,8501851

**Tabel 4. 22** Nilai IAE pada PIC-101 uji gangguan turun 5%

PIC	Strategi Kontrol	IAE
100	<i>Non</i> PWC	2555,184919
	PWC	1522,237824

**Tabel 4. 23** Nilai IAE pada LIC-100 uji gangguan naik 5%

LIC	Strategi Kontrol	IAE
100	<i>Non PWC</i>	2011,528553
	PWC	1685,334734

**Tabel 4. 24** Nilai IAE pada LIC-100 uji gangguan turun 5%

LIC	Strategi Kontrol	IAE
100	<i>Non PWC</i>	2065,89419
	PWC	1739,70037

**Tabel 4. 25** Nilai IAE pada TIC-100 uji gangguan naik 5%

TIC	Strategi Kontrol	IAE
100	<i>Non PWC</i>	1141,678368
	PWC	761,118912

**Tabel 4. 26** Nilai IAE pada TIC-100 uji gangguan turun 5%

TIC	Strategi Kontrol	IAE
100	<i>Non PWC</i>	1630,969097
	PWC	815,4845485

Dapat dilihat dari tabel 4.19 sampai dengan tabel 4.26, bahwa strategi kontrol PWC mampu menurunkan nilai IAE dari tiap- tiap variable proses pada saat uji gangguan naik 5 % maupun uji gangguan turun 5%. Dari tabel 4.11 sampai dengan tabel 4.18 dapat dilihat bawa struktur kontrol PWC memiliki respon yang lebih baik, dimana mampu menurunkan *maximum overshoot*, menurunkan *settling time*, juga menghilangkan *error steady state*.

### 4.3 Analisis Hasil Optimisasi

Setelah dilakukan perancangan PWC pada proses produksi *dehydration*, selanjutnya dilakukan uji respon pada laju feed untuk mengetahui pengaruh strategi kontrol yang telah diberikan. Uji respon yang diberikan yaitu dengan kenaikan dan penurunan

masing-masing sebesar 5%. Feed mula-mula yaitu 371700 kg/h, kemudian diubah menjadi 390285 kg/h dan 353115 kg/h. Analisis hasil optimasi ini dilakukan dengan membandingkan perancangan sebelum dan sesudah dilakukan perancangan PWC. Perbandingan dari kedua kondisi tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.27 – 4.29.

**Tabel 4. 27** Perbandingan struktur kontrol pada *absorber*

Uji Gangguan	Strategi Kontrol	Laju Aliran TEG Glycol (kg/h)	Laju Aliran Wet Gas (kg/h)	Laju Aliran Dry Gas (kg/h)	Laju Aliran Rich TEG (kg/h)
<i>Feed naik 5%</i>	<i>Non PWC</i>	4769,83	371542,07	371316,17	4995,73
	<i>PWC</i>	4803,61	371881,84	371618,03	5067,72
<i>Feed turun 5%</i>	<i>Non PWC</i>	4791,05	371246,78	371045,92	4991,91
	<i>PWC</i>	4865,19	371484,32	371275,44	5074,07

**Tabel 4. 28** Perbandingan penggunaan energi pada *Dehydration*

Penggunaan Energi (kj/h)	<i>Feed Naik 5 %</i>		<i>Feed Turun 5 %</i>	
	<i>Non PWC</i>	<i>PWC</i>	<i>Non PWC</i>	<i>PWC</i>
<i>Reboiler T-101</i>	2205000,06	2201216,73	2202615,91	2201027,87
<i>Condenser T-101</i>	6496,31	6003,22	6181,65	6096,91
<i>Pompa P-100</i>	24260,69	20623,82	22930,76	21436,53
<i>Cooler E-101</i>	1600000,82	1551348,93	1572478,82	1541582,91



Penggunaan Energi (kJ/h)	Feed Naik 5 %		Feed Turun 5 %	
	Non PWC	PWC	Non PWC	PWC
<b>Total</b>	3835757,88	3779192,7	3804207,14	3770144,22

Berdasarkan table 4.27 sampai dengan tabel 4.28, maka dapat dibandingkan antara struktur kontrol tanpa PWC dan PWC. Dari segi penggunaan energi juga memberikan hasil bahwa struktur kontrol PWC mampu menghemat energi dibandingkan dengan struktur kontrol PID saja, dimana nilai penghematan energi yang diberikan 56565,18 kJ/h untuk kenaikan *feed* sebesar 5%, dan 34062,92 kJ/h untuk penurunan *feed* sebesar 5%.

**Tabel 4. 29** Perbandingan perhitungan biaya

Perhitungan biaya (US\$/h)	Feed naik 5%		Feed turun 5%	
	Non PWC	PWC	Non PWC	PWC
<b>Produk</b>	50296,00484	50336,89277	50259,39858	50290,48782
<b>Biaya Operasional</b>	105,78432197	101,3778539	99,1543	97,671601
<b>Profit</b>	50190,22052	50235,51492	50160,24428	50192,81622

Didapatkan hasil pada tabel 4.29 bahwa pada saat kenaikan *feed* 5% dengan menggunakan struktur kontrol PWC, didapatkan kenaikan profit sebesar 45,2944 US\$/h, sedangkan pada saat penurunan *feed* 5%, maka struktur kontrol PWC tetap memberikan hasil profit yang lebih unggul dibandingkan dengan struktur kontrol PID saja yaitu sebesar 32,57194 US\$/h.

#### 4.4 Total Annual Cost (TAC)

Dilakukan analisa terhadap capital cost dan biaya operasi (energi konsumsi) yang dibutuhkan dalam penerapan perancangan

PWC. Hasil capital investment yang telah dikalkulasi ditunjukkan pada tabel 4.30 dan 4.31.

**Tabel 4. 30 CAPEX penerapan PWC**

No.	Jenis	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total USD
1.	Model Predictive Control	1	5.000.000.000	357142,9
2.	Tubing (100m)	1	104.000	7,428571
3.	Wiring (1m)	300	3600	77,14286
4.	AI/ O Modul DCS	3	75.000.000	16071,43
CAPEX				373298,9

**Tabel 4. 31 OPEX penerapan PWC**

No.	Jenis	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Harga Total USD
1.	Instalansi Model Predictive Control	1	25.000.000 (12 bulan)	1785,714
OPEX				1785,714

Didapatkan nilai CAPEX atau alokasi yang direncanakan (dalam anggaran) untuk melakukan pembelian keperluan dalam penerapan PWC membutuhkan dana sebesar 373298,9 USD yang nantinya akan dikategorikan menjadi aset perusahaan. Sedangkan dalam proses operasinya, OPEX yang dihitung ketika telah diterapkan metode PWC dibutuhkan dana sebesar 1785,714 USD per tahunnya. Pada umumnya terdapat perbedaan nilai variabel pada proses yang telah berjalan per tahunnya sehingga perlu dilakukan analisa parameter di dalam MPC agar plant mampu menghasilkan produk yang optimal.

#### 4.5 Pembahasan

Perancangan desain PWC pada proses dehidrasi telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode milik Skogestad.

Yang mana dalam penelitian Skogestad dapat dikatakan berhasil apabila telah memenuhi syarat. Dimana syarat pertama ialah nilai optimal tidak sensitive terhadap *disturbance*, yang kedua mudah diukur dan dikontrol secara akurat, dan yang ketiga nilai sensitive terhadap variable manipulasi. Dimana syarat- syarat tersebut dapat terpenuhi dengan melihat karakteristik respon pada PWC seperti *maximum overshoot*, *error steady state* dan juga *settling time*. Dimana desain perancangan PWC ini mampu meningkatkan laju produksi pada produk proses *dehydration*, dapat menghemat energi, dan juga mampu menghasilkan respon sistem yang lebih baik dari pengendali biasa. Dengan meningkatnya laju produksi, maka hal ini akan membawa dampak terhadap perekonomian yaitu peningkatan *profit*. Perancangan ini mampu menyelesaikan permasalahan mengenai efek bola salju akibat adanya material *recycle* dan *heat integration*. Pada desain PWC untuk proses *dehydration* ini dirancang dengan menggunakan struktur PID sebagai *regulatory control*, *feedforward*, *supervisory control* berupa MPC, serta *optimizer*. Kemudian dibandingkan penggunaan strategi kontrol menggunakan PWC dan pengendali PID biasa.

Dari hasil perancangan PWC, didapatkan selisih *profit* pada saat kenaikan *feed* 5% sebesar 45,2944 U\$/h. Ketika penurunan *feed* 5% didapatkan selisih profit sebesar 32,57194 U\$/h. Baik untuk kenaikan atau penurunan *feed*, struktur PWC menghasilkan *profit* yang lebih banyak dibandingkan dengan struktur pengendali biasa. *Profit* yang akan diperoleh pertahunnya sebesar 396.778,944 U\$/tahun dari kenaikan laju *feed* 5%, dan 285.330,1944 U\$/tahun pada penurunan laju *feed* 5%. Penggunaan energi pada perancangan struktur kontrol PWC lebih baik dibandingkan kontrol PID biasa dengan memberikan penghematan energi sebesar 56565,18 kJ/h pada kenaikan *feed* 5%, dan 34062,92 kJ/h pada penurunan *feed* 5%. Dilakukan analisis terhadap kestabilan respon dengan melihat dua aspek yaitu secara kuantitatif dan kualitatif. Dari segi kuantitatif dilihat dari nilai *maximum overshoot*, *settling time* serta nilai *error steady state*, sedangkan secara kualitatif dinilai dari nilai *integral absolute error* (IAE). Pada XIC-102 ketika *feed* naik 5% dapat mengecilkan *maximum overshoot* yang awalnya

37,6% menjadi 22,2% dan menurunkan *settling time* dari 630 detik menjadi 326 detik, serta menurunkan *error steady state* dari 0,02% menjadi 0,00%. Hal yang sama juga terjadi jika melihat karakteristik respon dari PIC-100, LIC- 100, dan TIC- 100 ketika *feed* naik 5%, *maximum overshoot* turun, *settling time* menurun, dan *error steady state* menghilang. Sedangkan ketika *feed* turun 5%, pada XIC-102 diperoleh penurunan *maximum overshoot* dari 29% menjadi 20,5% dan mampu menurunkan nilai *settling time* dari 560 detik menjadi 340 detik, serta menurunkan *error steady state* menjadi nilai 0,00%. Hal itu juga terjadi pada PIC-100, LIC-100, dan TIC- 100 ketika *feed* turun 5%. Tiga hal yang menjadi parameter respon yang lebih baik adalah menurunnya maksimum overshoot dan settling time serta hilangnya nilai eror steady state. Selain itu, didapatkan pula analisis dari segi kualitatif yaitu dengan menggunakan IAE yang menunjukkan bahwa perancangan PWC menghasilkan nilai IAE yang lebih kecil dibandingkan pengendali PID biasa, dapat dilihat pada tabel 4.15 sampai dengan 4.26. Dari hasil IAE yang telah didapatkan, dapat disimpulkan bahwa metode PWC lebih baik daripada desain kontrol PID saja.

CAPEX merupakan alokasi anggaran yang direncanakan untuk membeli segala perlengkapan dalam penerapan PWC sebesar 373298,9 USD yang nantinya akan dijadikan sebagai aset perusahaan. OPEX adalah perhitungan ketika penerapan PWC, dibutuhkan dana sebesar 1785,714 USD per tahunnya. Nilai ini didapat karena umumnya terdapat perbedaan nilai variabel pada proses yang telah berjalan tiap tahunnya sehingga perlu dilakukan analisa parameter MPC agar plant dapat menghasilkan produk yang optimal.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Adapun kesimpulan yang didapatkan dari perancangan PWC adalah sebagai berikut.

1. Penerapan PWC pada proses *dehydration* LNG telah berhasil dilakukan dengan metode PWC milik Skogestad. Sehingga desain PWC ini perlu diterapkan pada proses *dehydration* guna meningkatkan laju produksi, memaksimalkan profit juga mengurangi penggunaan energi.
2. Penerapan PWC pada proses *dehydration* LNG untuk kenaikan *feed* 5% mampu menurunkan penggunaan energi sebesar 56565,18 kJ/h dan mampu meningkatkan profit sebesar 45,2944 U\$ per jam sedangkan pada penurunan *feed* sebesar 5% mampu menurunkan penggunaan energy sebesar 34062,92 kJ/h dan mampu meningkatkan profit sebesar 32,57194 U\$ per jam.
3. Penerapan PWC pada proses *dehydration* mampu menghasilkan respon sistem yang lebih baik daripada sebelum PWC ketika diberi gangguan berupa perubahan laju aliran *feed*. Yang mana hal ini ditunjukkan dengan penurunan *settling time*, *maximum overshoot* dan hilangnya *error steady-state* serta menurunnya nilai IAE.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Melakukan penelitian mengenai PWC dengan mempertimbangkan masalah ekonomi yang lebih kompleks.
2. Menggunakan jenis teknik optimisasi stokastik lain sebagai opsi untuk memperoleh hasil optimisasi yang lebih baik

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. E. Susetyo., Manajemen Rantai Penyediaan dan Pemanfaatan Energi Nasional, Jakarta: Pusat Data dan teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016.
- [2] J. G. Speight, NATURAL GAS: A basic Handbook, Austin: Gulf Publishing Company, 2007.
- [3] M. R. P. Nuswantara, W. Priharnanto dan G. Wibawa, "Regasification of LNG( Liquefied Natural Gas)," *JURNAL TEKNIK POMITS*, vol. 3, no. 2, pp. B-149- B-152, 2014.
- [4] S. Mokhatab, J. Y. Mak, J. V. Valappil dan A. D. Wood, HANDBOOK OF LIQUEFIED NATURAL GAS, United States: Gulf Professional, 2014.
- [5] M. Netušil dan P. Ditl, "Natural Gas Dehydration," dalam *Natural gas Extraction to End Use*, Croatia, InTech, 2012, pp. 3-22.
- [6] R.V. Siriwardane, S. Ming-Shing, F. P. Edward dan J. A. Poston, Adsorption of CO<sub>2</sub> on Molecular Sieve and Activated Carbon, USA: National Energy Technology Laboratory, 2005.
- [7] H. A. Farag, M. M. Ezzat, H. Amer dan A. W. Nashed, "Natural gas dehydration by desiccant materials," *Alexandria Engineering journal*, vol. 50, pp. 431-439, January 2011.
- [8] S. Smit, U. Vijay. dan T. Ravi, "Design and Analysis of Three Phase Productions Separator," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, vol. 5, no. 7, pp. 13027-13034, 2016.

- [9] J. D. Seader dan E. J. Henley, "Separation process principles," *Choice Rev. Online*, vol. 36, no. 9, 2006.
- [10] B. Roffel dan B. H. Betlem., *Process dynamic and control: modeling for control and prediction*, 2006.
- [11] T. R. Biyanto, H. Wahyudi dan H. H. Santoso, "STRATEGI KONTROL KOLOM DISTILASI TUNGGAL SISTEM BINER METANOL- AIR," 2005.
- [12] R. K. Mishra dan T. K. Dan, "Design of an internal model control for SISO binary distillation column," *2013 IEEE int. Conf. Emerg. Trends Comput. Commun. Nanotechnology, ICE- CCN 2013*, pp. 666-669, 2013.
- [13] L. Robbins, *Distillation Control, Optimization, and Tuning Fundamentals and Strategies*, Boca Raton, 2011.
- [14] V. A., *Practical PID Control*, Brescia:Springer, 2006.
- [15] G. P. Rangaiah dan V. Kariwala, *Plantwide Control: Recent Developments and Applications*, 2012.
- [16] A. Madady., "Stabilization of control loops consisting of FOPDT process and parameter- dependent PID controller," *J. Process Control*, vol. 22, no. 9, pp. 1688-1701, 2012.
- [17] T. Marlin., "Process Control Designing Processes and Control Systems for Dynamic Performance," *ISO 9001*, pp. 1-17, 2001.
- [18] K. Ogata, *Modern Control Engineering Fourth Edition*, Iran: New Jersey: National Lib.of, 2002.
- [19] T. Larson, "Studies On Plantwide Control," 2000.

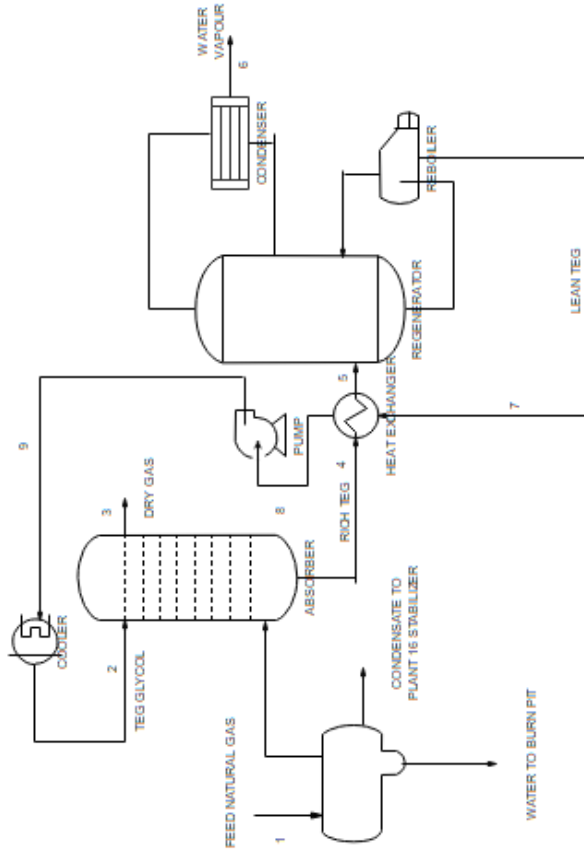


- [20] W. L. Luyben, B. D. Tyreus dan M. L. Luyben, *Plantwide Process Control*, McGraw-Hill, 1999.
- [21] V. Minasidis dan J. Johannes, "Economic plantwide control: Automated controlled variable selection for a reactor-separator- recycle process," 2013.
- [22] Ahmed dan D. Fares., "Process Simulation Using Aspen HYSYS V8."

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# LAMPIRAN

## A. Process Flow Diagram (PFD) Proses Dehydration



**Gambar A.** Process Flow Diagram proses dehydration



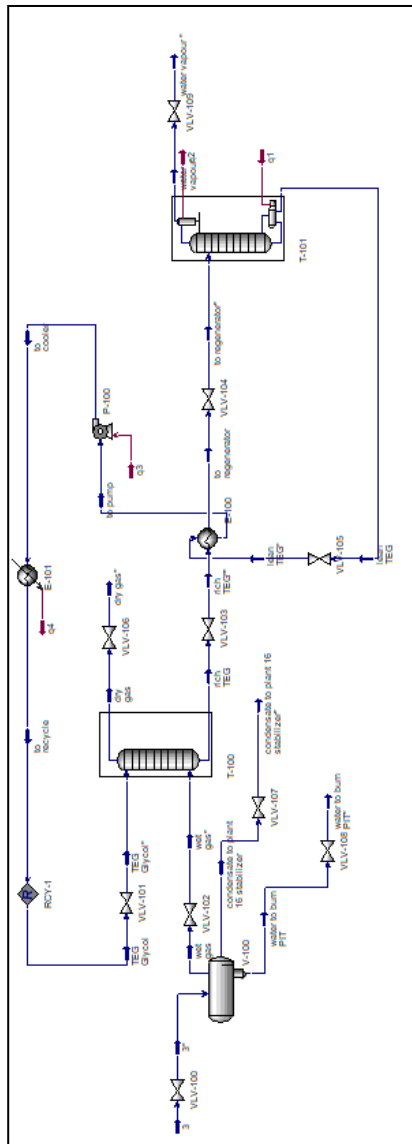
## B. Data *Properties Stream* pada *Dehydration LNG*

**Tabel B.** Data *properties* proses *dehydration LNG*

Component(lbmole/hr)	Feed Natural Gas	Wet Gas	TEG Glycol	Dry Gas	Rich TEG	To regenerator	water vapour	lean TEG	to pump
Nitrogen	21,77	21,77	0	21,77	0,000134	0,000134	0,00013	0	0
Methane	38735,71	38735,71	0	38735,71	0,4324	0,4324	0,43566	0	0
Ethane	2472,68	2472,68	0	2472,68	0,0578	0,0578	0,0576	0	0
Propane	1393,06	1393,06	0	1393,06	0,1569	0,1569	0,1475	0	0
Isobutane	256,84	256,84	0	256,84	0,4853	0,4853	0,3859	0	0
N- Butane	300,38	300,38	0	300,38	0,059	0,059	0,056	0	0
Isopentane	108,84	108,84	0	108,84	0,3476	0,3476	0,3221	0	0
N- Pentane	74	74	0	74	0,0371	0,0371	0,0362	0	0
N- Hexane	169,77	169,77	0	169,77	0	0	0	0	0
Water	78,06	27,879	3,4741	0	31,8925	31,8925	27,145	3,678	3,678
TEGlycol	0	0	64,354673	0	64,0987	64,0987	0,00971	66,1134	66,1134
Total	43611,11	43560,93	67,829373	43533,05	98,56743	98,56743	28,5958	69,7914	69,7914



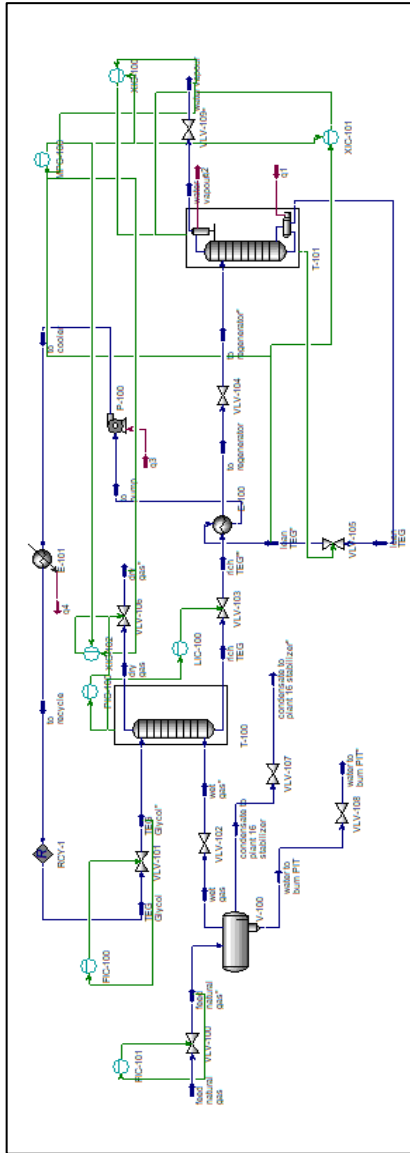
### C. Simulasi HYSYS pada *Dehydration* LNG



**Gambar C.1.** Keadaan Steady State







**Gambar C.3.** Lokasi Model Predictive Control (MPC)



#### D. Data Perhitungan CDOF

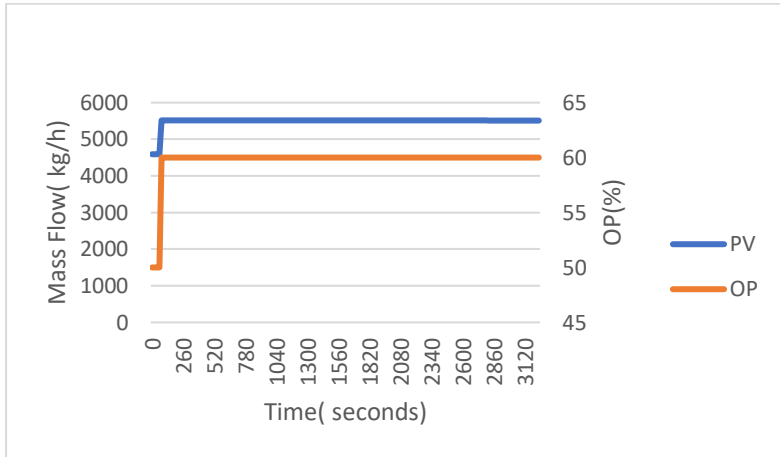
**Tabel D.1** Data stream pada proses *dehydration* LNG

No.	Stream
1.	Feed natural gas
2.	Feed natural gas''
3.	Wet gas
4.	Wet gas''
5.	Condensate to plant 16 stabilizer
6.	Condensate to plant 16 stabilizer''
7.	Water to burn PIT
8.	Water to burn PIT''
9.	TEG Glycol
10.	TEG Glycol''
11.	Dry gas
12.	Dry gas''
13.	Rich TEG
14.	Rich TEG''
15.	To regenerator
16.	To regenerator''
17.	Water vapour
18.	Lean TEG
19.	Lean TEG''
20.	To pump
21.	To cooler
22.	To recycle
23.	Q1
24.	Q2
25.	Q3
26.	Q4
27.	Water vapour''

**Tabel D.2** Data equipment pada proses *dehydration* LNG

Equipment	Nrestraining
VLV-100	1
V-100	0
VLV-102	1
VLV-107	1
VLV-108	1
VLV-101	1
T-100	0
VLV-106	1
VLV-103	1
E-100	2
VLV- 104	1
T-101	0
VLV-105	1
P-100	1
E-101	1
VLV-109	1
Reboiler	1
Condenser	1
Jumlah	16

### E. Gain FeedForward

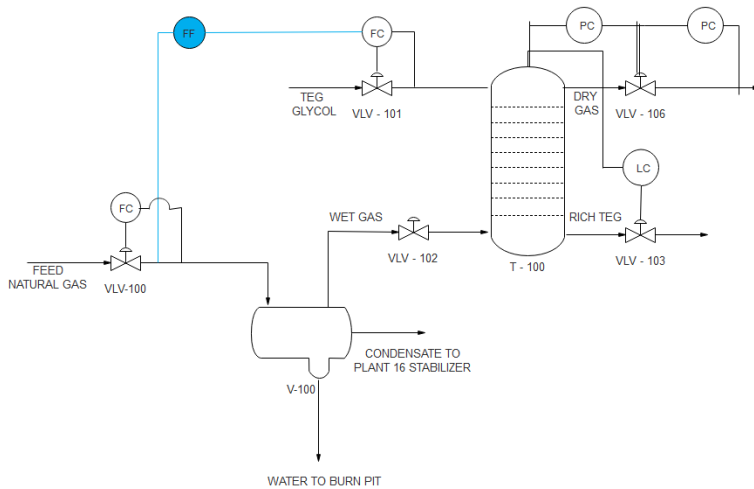


**Gambar E.1.** Uji *Open Loop* FIC TEG

**Tabel E.** Pemodelan Gain

Keterangan	Gain
Laju Aliran Massa TEG	$G_p(s) = \frac{91,818 \cdot e^{-2,10046s}}{10,5023s + 1}$
Gangguan terhadap Laju Aliran Massa TEG	$G_d(s) = \frac{1 \cdot e^{-2,1s}}{10,5s + 1}$

Keterangan	Gain
<p><i>Feedforward Lean</i> TEG</p>	$G_{ff}(s) = 0.01089 \left( \frac{2,1s + 1}{10,5023s + 1} \right) e^{-0,00046s}$



**Gambar E.2.** Desain *feedforward*

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Yunita Puspita Rini yang akrab disapa Yunita. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara , yang lahir di kota Tuban pada tanggal 4 Juni 1997. Penulis berhasil menyelesaikan pendidikan di SDN Kebonsari 02 Tuban pada tahun 2010, kemudian melanjutkan Pendidikan di SMPN 1 Tuban dan lulus tahun 2013. Setelah itu penulis melanjutkan bersekolah di SMAN 1 Tuban dan berhasil menyelesaikan Pendidikan pada tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Departemen Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember melalui jalur SNMPTN. Pendidikan sarjana ditempuh di Jurusan Teknik Fisika ITS melalui jalur SNMPTN. Selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Fisika, penulis aktif mengikuti organisasi kemahasiswaan yaitu Himpunan Mahasiswa Teknik Fisika ITS dan Laboratorium Fisika Rekayasa. Serta ikut berbagai kepanitian diantaranya *Engineering Physics Week*, *POMITS*, *Red Euforia Month*. Penulis pernah menjalani *internship program* selama 2 bulan di PT. Badak NGL pada tahun 2019.

Konsentrasi tugas akhir yang dialami adalah bidang rekayasa instrumentasi dan kontrol. Pada bulan Januari 2019, penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Desain Plantwide Control pada Proses Dehydration Liquefied Natural Gas (LNG)**.

Apabila pembaca ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, serta memberi kritik dan saran maka dapat menghubungi penulis melalui email: [yunitapuspita84@gmail.com](mailto:yunitapuspita84@gmail.com).

