



TUGAS AKHIR - TF 181801

ANALISIS KINERJA *DISPLACER LEVEL TRANSMITTER* 135 - LT - 170 PADA *AMINE FLASH DRUM* 135 - V - 10 *H₂S REMOVAL PLANT* PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED

BRIAN BARELLA AUDRIE
NRP. 0231154000033

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



TUGAS AKHIR - TF 181801

ANALISIS KINERJA *DISPLACER LEVEL TRANSMITTER* 135 - LT - 170 PADA *AMINE FLASH DRUM* 135 - V - 10 H₂S REMOVAL PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED

BRIAN BARELLA AUDRIE
NRP. 0231154000033

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

DEPARTEMEN TEKNIK FISIKA
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019



FINAL PROJECT - TF 181801

***ANALYSIS OF DISPLACER LEVEL TRANSMITTER
135 - LT - 170 ON AMINE FLASH DRUM 135 - V
- 10 H₂S REMOVAL PLANT
PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED***

BRIAN BARELLA AUDRIE
NRP. 0231154000033

Supervisors
Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

***ENGINEERING PHYSICS DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2019***

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Brian Barella Audrie
NRP : 02311540000033
Departemen / Prodi : Teknik Fisika / S1 Teknik Fisika
Fakultas : Fakultas Teknologi Industri
Perguruan Tinggi : Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul **"ANALISIS KINERJA DISPLACER LEVEL TRANSMITTER 135 – LT – 170 PADA AMINE FLASH DRUM 135 – V – 10 H₂S REMOVAL PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED"** 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, 21 Juli 2019



Brian Barella Audrie
NRP.02311540000033

**LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS KINERJA DISPLACER LEVEL
TRANSMITTER 135 – LT – 170 PADA AMINE FLASH
DRUM 135 – V – 10 H₂S REMOVAL PLANT
PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED**

Oleh:

Brian Barella Audrie
NRP. 0231154000033

Surabaya, 21 Juli 2019

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA
NIPN.19650309 199002 1 001

Mengetahui,
Ketua Departemen
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus Muhammad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D.
NIPN. 19780902 200312 1 002

**ANALISIS KINERJA DISPLACER LEVEL
TRANSMITTER 135 – LT – 170 PADA AMINE FLASH
DRUM 135 – V – 10 H₂S REMOVAL PLANT
PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED**

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

BRIAN BARELLA AUDRIE
NRP. 02311540000033

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA(Pembimbing)
2. Hendra Cordova, S.T., M.T.(Penguji I)
3. Ir. Matradji M.Sc.(Penguji II)
4. Moh. Kamalul Wafi, S.T., M.T., D.I.C(Penguji III)

**SURABAYA
JULI, 2019**

**ANALISIS KINERJA DISPLACER LEVEL
TRANSMITTER 135 – LT – 170 PADA AMINE FLASH
DRUM 135 – V – 10 H₂S REMOVAL PLANT
PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED**

Nama : Brian Barella Audrie
NRP : 0231154000033
Departemen : Teknik Fisika FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ABSTRAK

Amine Flash Drum merupakan suatu unit pengolahan dalam sistem H₂S Removal. Unit ini digunakan untuk memisahkan tiga macam fluida yakni Rich Amine, Hidrocarbon dan Gas dari aliran keluar Amine Contactor. Jumlah tiap – tiap komponen tersebut selalu berubah – ubah setiap saat. Termasuk rich amine yang densitas larutannya sangat bergantung pada jumlah H₂S dan CO₂ yang diabsorb. Dengan demikian, maka apabila jumlah sour gas yang dihasilkan oleh wellhead berkurang maka jumlah gas H₂S dan CO₂ yang dihasilkanpun juga akan mengalami penurunan. Dengan demikian maka densitas rich amine juga akan mengalami penurunan. Dalam penelitian ini, pada saat hidrocarbon berjumlah sangat sedikit serta mol H₂S dan CO₂ turun sebesar 2,869 dan 7,076 maka densitas akan turun menjadi 1033,3 kg / m³ dan menyebabkan error hasil pengukuran sebesar 4,945 % atau setara dengan 39,59 mm. Sedangkan saat jumlah hidrocarbon yang terakumulasi pada Amine Flash Drum menjadi sangat banyak maka diperoleh error hingga 24,36 % atau setara dengan 195,07 mm. Melalui simulasi dengan simulink, diperoleh densitas yang dapat digunakan untuk kalibrasi yakni sebesar 1089,65 kg / m³ yang dapat menurunkan error pengukuran menjadi 2,56% atau setara dengan 20,5 mm untuk kondisi operasi pertama. Dan 6,82 % atau setara dengan 54,61 mm untuk kondisi operasi kedua.

Kata Kunci : *Amine Flash Drum, Displacer Level Transmitter, Komposisi, Rich Amine,*

**ANALYSIS OF DISPLACER LEVEL TRANSMITTER 135
– LT – 170 ON AMINE FLASH DRUM 135 – V – 10 H2S
REMOVAL PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH
LIMITED**

Name : Brian Barella Audrie
NRP : 02311540000033
Department : Teknik Fisika FTI-ITS
Supervisors : Dr. Ir. Totok Soehartanto, DEA

ABSTRACT

Amine Flash Drum is a processing unit in the H₂S Removal system. This unit is used to separate three types of fluid, namely Rich Amine, Hydrocarbon and Gas from the outflow of Amine Contactor. The number of each component is always changing at any time. Including rich amine, the solution density is very dependent on the amount of H₂S and CO₂ absorbed. Thus, if the amount of sour gas produced by the wellhead decreases, the amount of H₂S gas and CO₂ produced will also decrease. Thus the density of rich amine will also decrease. In this study, when the hydrocarbons were very small and the moles of H₂S and CO₂ decreased by 2,869 and 7,076, the density would drop to 1033,3 kg / m³ and cause a measurement error of 4,945 % or equivalent to 39,59 mm. Whereas when the amount of hydrocarbons accumulated in Amine Flash Drum becomes very large, error will increase up to 24,36 % or equivalent to 195,07 mm. Through simulink simulation, density that can be used for calibration is 1089,65 kg / m³ which can reduce the measurement error to 2,56% or equivalent to 20,5 mm for the first operating conditions. And 6,82 % or equivalent to 54,61 mm for the second operating condition.

Keywords : Amine Flash Drum, Composition, Displacer Level Transmitter, Rich Amine

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga dapat diselesaikannya tugas akhir beserta laporan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS KINERJA DISPLACER LEVEL TRANSMITTER 135 – LT – 170 PADA AMINE FLASH DRUM 135 – V – 10 H2S REMOVAL PLANT PT. SAKA INDONESIA PANGKAH LIMITED”**.

Penulis telah banyak memperoleh bantuan dari berbagai pihak dalam penyelesaian tugas akhir dan laporan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah, Ibu, Adik, dan Keluarga atas segala, doa, perhatian, serta dukungan moril dan materiil yang telah diberikan.
2. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Fisika ITS yang telah memberikan ilmu, bimbingan serta sarana dan prasarana selama menempuh pendidikan di Teknik Fisika ITS.
3. Bapak Ir. Totok Soehartanto, DEA selaku dosen pembimbing yang telah dengan sabar memberikan petunjuk, ilmu, serta bimbingan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Jerri Susatio selaku dosen wali yang telah membimbing penulis selama perkuliahan dan memberikan ilmu serta nasihat yang sangat bermanfaat.
5. Seluruh dosen Teknik Fisika ITS atas segala ilmu, bimbingan, petunjuk, dan nasihat yang sangat bermanfaat serta seluruh civitas akademika Teknik Fisika ITS, terima kasih atas segala bantuan dan kerjasamanya.
6. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuannya

Penulis sadar bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Namun, semoga laporan ini dapat memberikan kontribusi yang berarti dan menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembaca, keluarga besar Teknik Fisika ITS

khususnya, dan civitas akademika ITS pada umumnya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagai referensi pengerjaan laporan tugas akhir bagi mahasiswa lainnya.

Surabaya, 21 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>Amine Regeneration System</i>	5
2.2. Amine Flash Drum.....	7
2.3. Methyl-diethanolamine.....	12
2.4. Level Transmitter Displacer.....	15
BAB III METODOLOGI.....	21
3.1. Langkah – Langkah Penelitian.....	21
3.2. Identifikasi Parameter.....	23
3.3. Pengambilan Data.....	25
3.4. Pemodelan Amine Flash Drum.....	28
3.5. Pemodelan Displacer Level Transmitter.....	31
3.6. Pemodelan Densitas.....	32
3.7. Analisis Kinerja.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Hasil Penelitian.....	39
4.2. Pembahasan.....	65

BAB V PENUTUP.....	67
5.1. Kesimpulan.....	67
5.2. Saran.....	67
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	71
BIODATA.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	H ₂ S Removal Plant (Stewart & Arnold, 2011)	5
Gambar 2.2	Amine Flash Drum (Mokhatab, Mak, & Poe, 2019)7	
Gambar 2.3	Struktur Molekul Methyldiethanolamine (Kohl & Nielsen).....	12
Gambar 2.4	Level Transmitter Displacer (Liptak, 2003)	15
Gambar 2.5	Gaya Angkat Pada Benda Tercelup (Halliday, Resnick, & Walker, 2010).....	16
Gambar 2.6	Perbandingan Level pada Bridles dan Tanki dengan dua macam fluida (Edward)	19
Gambar 3.1	Flowcart Alur Penelitian	21
Gambar 3.2	[Lanjutan] Flowchart Alur Penelitian	22
Gambar 3.3	[Lanjutan] Flowchart Alur Penelitian	23
Gambar 3.4	Pembagian Kompartemen Amine Flash Drum (Bahadori, 2014)	23
Gambar 3.5	Diagram Blok Sistem Pengukuran Level Amine Flash Drum	24
Gambar 3.6	Ilustrasi Kondisi Operasi Pertama	38
Gambar 3.7	Ilustrasi Kondisi Operasi Kedua.....	38
Gambar 4.1	Hasil Simulasi Level <i>Rich Amine</i> Pada Amine Flash Drum (meter)	39
Gambar 4.2	Hasil Simulasi Level Trasnmittter (meter)	40
Gambar 4.3	Hasil Simulasi Densitas <i>Rich Amine</i> (kg / m ³).....	40
Gambar 4.4	Hasil Simulasi Densitas Campuran	41
Gambar 4.5	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan H ₂ S / MDEA 0,577 dan CO ₂ / MDEA 1,423.....	44
Gambar 4.6	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan H ₂ S / MDEA 0,0001.....	47
Gambar 4.7	Error Hasil Pembacaan Level Kondisi Operasi Pertama Saat H ₂ S / MDEA 0,0001.....	48
Gambar 4.8	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan CO ₂ / MDEA 0,0001	51
Gambar 4.9	Error Hasil Pembacaan Level Kondisi Operasi Pertama Saat CO ₂ / MDEA 0,0001	52

Gambar 4.10	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan H ₂ S / MDEA dan CO ₂ / MDEA Sebesar 0,0001	54
Gambar 4.11	Error Hasil Pembacaan Level Kondisi Operasi Pertama Saat H ₂ S / MDEA dan CO ₂ / MDEA Sebesar 0,0001	55
Gambar 4.12	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua dengan H ₂ S / MDEA Sebesar 0,577 dan CO ₂ / MDEA Sebesar 1,423.....	57
Gambar 4.13	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua dengan H ₂ S / MDEA 0,0001	59
Gambar 4.14	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua Dengan CO ₂ / MDEA 0,0001	60
Gambar 4.15	Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua dengan H ₂ S / MDEA dan CO ₂ / MDEA Sebesar 0,0001	61
Gambar 4.16	Hasil Peningkatan Kinerja Kondisi Operasi Pertama H ₂ S / MDEA dan CO ₂ / MDEA Sebesar 0,0001 ..	63
Gambar 4.17	Hasil Peningkatan Kinerja Kondisi Operasi Kedua H ₂ S / MDEA dan CO ₂ / MDEA Sebesar 0,0001 ..	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Aliran Masuk dan Keluar Tiap Equipment	6
Tabel 2.2 Produk Atas dan Bawah Tiap Equipment	6
Tabel 2.3 Nilai Parameter Perhitungan Densitas Rich Amine ...	14
Tabel 3.1 Hasil Pengambilan Data Operasi Amine Flash Drum	25
Tabel 3.2 Data Komposisi Aliran Masuk dan Keluar Amine Flash Drum	26
Tabel 3.3 Data Komposisi dan Densitas <i>Lean Amine</i>	27
Tabel 3.4 Spesifikasi Level Transmitter Displacer	27
Tabel 3.5 Hasil Validasi Densitas <i>Lean Amine</i>	35
Tabel 3.6 Hasil Validasi Rich Amine	37

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Amine Flash Drum merupakan suatu unit pengolahan dalam sistem *H₂S Removal*. Unit ini digunakan untuk memisahkan tiga macam fluida yakni Larutan Amine, Hidrocarbon dan Gas dari aliran keluar *Amine Contactor*. Amine ini kemudian diumpun menuju ke *Amine Regenerator* untuk dipanaskan sehingga ikatan kimia amin dan gas asam terputus (Stewart & Arnold, 2011) (Bahadori, 2014) (Mokhatab, Mak, & Poe, 2019). Sehingga amin dapat diumpun balik menuju *Amine Contactor* untuk mengikat gas asam.

Pada PT. Saka Indonesia Pangkah Limited, Amine Flash Drum ini memiliki *set point level interface* pada ketinggian 800 mm dari dasar tangki. *Level interface* ini diukur dengan menggunakan *Level Transmitter Displacer* yang menggunakan prinsip kerja gaya angkat (Liptak, 2003). Dengan semakin tingginya level maka volume displacer yang tercelup juga akan bertambah. Yang artinya akan semakin banyak fluida yang dipindahkan akibat tercelupnya displacer. Dengan demikian maka gaya angkat yang dialami displacerpun juga akan bertambah (Halliday, Resnick, & Walker, 2010). Begitu pula sebaliknya. Namun selain volume displacer, variabel lain yang dapat mempengaruhi gaya angkat displacer ini adalah densitas (Liptak, 2003).

Amine merupakan suatu senyawa yang memiliki banyak jenisnya. Pada PT. Saka Indonesia Pangkah Limited digunakan metyldeithanolamine (MDEA) untuk digunakan sebagai absorber *H₂S* dan *CO₂*. Dalam kondisi tidak berikatan dengan gas asam dan memiliki massa 50% dari massa total larutan serta temperatur sebesar 25°C, senyawa ini memiliki densitas sebesar 1044 kg / m³ (Weiland, Dingman, Cronin, & Browning, 1998). Namun seiring berubahnya konsentrasi amine dan jumlah gas asam yang dibawa menyebabkan densitas dan kekentalan dari larutan alkanolamine menunjukkan perbedaan yang cukup besar (Weiland, Dingman,

Cronin, & Browning, 1998). Selain komposisi, temperatur juga mempengaruhi densitas larutan MDEA (Shokouhi, Jalili, & Sam, Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions, 2015). Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa densitas larutan MDEA akan mengalami perubahan seiring dengan berubahnya komposisi amine dan gas asam yang diserap serta temperatur.

Pada sistem H₂S *Removal* yang ada saat ini, tidak ditemukan adanya pengendalian rasio antara larutan DEA dengan *Sour Gas* yang akan memasuki *Contactactor*. Dengan demikian bagaimanapun komposisi dari *Sour Gas* yang akan masuk maka jumlah amine yang masuk tetap pada suatu nilai tertentu. Sehingga apabila komposisi yang diperoleh dari *wellhead* mengalami perubahan maka properties dari *rich amine* juga akan mengalami perubahan.

Apabila *produced water* yang dihasilkan meningkat maka akan terjadi pengenceran terhadap MDEA. Pengenceran ini disebabkan oleh menurunnya fraksi massa MDEA dan meningkatnya fraksi massa air serta gas asam dalam larutan (Weiland, Dingman, Cronin, & Browning, 1998). Dengan adanya penurunan densitas MDEA maka hasil pengukuran level pada Amine Flash Drum pun akan terganggu karena fluida yang bekerja pada displacer memiliki densitas yang berbeda dengan fluida yang digunakan saat kalibrasi.

1.2. Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut

- a. Bagaimana mengetahui parameter proses di Amine Flash Drum 135 – V – 10 yang mengakibatkan gaya angkat yang ditimbulkan tidak sesuai dengan ketinggian permukaan variabel proses yang diukur?
- b. Bagaimana meningkatkan kinerja sistem pengukuran level pada Amine Flash Drum 135 – V – 10 sesuai dengan penyebab yang ditemukan dari permasalahan pertama?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan yang dapat diambil adalah sebagai berikut

- a. Mengetahui parameter proses di Amine Flash Drum 135 – V – 10 yang mengakibatkan gaya angkat yang ditimbulkan tidak sesuai dengan ketinggian permukaan variabel proses yang diukur
- b. Meningkatkan kinerja sistem pengukuran level pada Amine Flash Drum 135 – V – 10 sesuai dengan penyebab yang ditemukan dari permasalahan pertama

1.4. Batasan Masalah

Pada tugas akhir ini, cakupan bahasan yang akan dikaji akan dibatasi oleh beberapa batasan sebagai berikut

- a. Objek Tugas Akhir ini ada pada PT. Saka Indonesia Pangkah Limited
- b. Data yang digunakan berasal dari PT. Saka Indonesia Pangkah Limited
- c. Parameter proses pada Amine Flash Drum 135 – V – 10 disesuaikan dengan kondisi real di lapangan
- d. Pemodelan proses pada flash drum mempergunakan hukum kesetimbangan massa
- e. Perhitungan gaya angkat yang ditimbulkan oleh perubahan level pada proses menjadi hipotesa dari penelitian ini
- f. Model dan simulasi dibangun dengan menggunakan software.

1.5. Sistematika Laporan

Laporan tugas akhir ini terdiri dari lima bab dan dilengkapi dengan daftar pustaka. Secara garis besar, sistematika dari penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab I ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah serta sistematika laporan.

b. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab II ini dibahas mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan, amine flash drum, level transmitter displacer, dan methydiethanolamine.

c. **BAB III METODOLOGI**

Pada bab III ini berisi alur penelitian yang dilakukan, metode, dan langkah-langkah dalam penelitian.

d. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab IV ini berisi tentang analisa hasil perancangan sistem pengukuran level pada amine flash drum

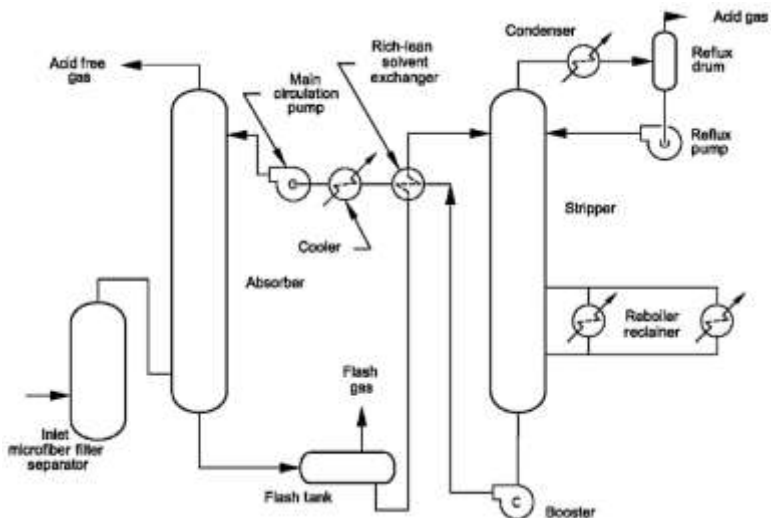
e. **BAB V PENUTUP**

Pada bab V ini diberikan kesimpulan tentang tugas akhir yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang diperoleh, serta diberikan saran sebagai penunjang dalam pengembangan tugas akhir selanjutnya

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Amine Regeneration System

Amine Regeneration System merupakan salah satu bagian yang penting dalam *H₂S Removal Plant*. Sistem ini berfungsi untuk mengolah *rich amine* agar dapat digunakan kembali untuk mengikat H₂S maupun CO₂. Adapun *H₂S Removal Plant* di tunjukkan pada gambar 2.1. Komponen utama dari plant ini antara lain *Absorber*, *Striper* serta *Flash Tank*. Dimana *stripper* dan flash tank ini termasuk dalam *Amine Regeneration System*. Di PT. Saka Indonesia Pangkah Limited, flash tank ini disebut sebagai Amine Flash Drum. Sedangkan *stripper* ini disebut sebagai *Amine Regenerator*. Adapun *aborbernya* disebut sebagai *Amine Contactor*.



Gambar 2.1 H₂S Removal Plant (Stewart & Arnold, 2011)

Pada *Amine Contactor* fluida hasil eksplorasi (terdiri dari *produce water*, kondensat, H₂S, natural gas) akan dikontakkan secara counter flow dengan *Lean Amine*. Produk dari proses ini adalah sweet gas. Sedangkan *Lean Amine* yang telah mengikat H₂S

disebut sebagai *Rich Amine*. Umumnya, selama proses absorpsi, sebagian kecil hidrocarbon secara tidak sengaja terbawa oleh *rich amine*. Oleh sebab itu *rich amine* kemudian akan di fedkan pada Amine Flash Drum untuk dilakukan pemisahan hidrocarbon dalam *Rich Amine* sehingga diperoleh *Rich Amine* yang murni dan bebas hidrocarbon. Untuk dapat digunakannya amine kembali maka dilakukan proses regenerasi amine dengan memanaskannya dengan temperatur yang tinggi sehingga ikatan kimia antara gas asam dengan amine akan putus. Dengan demikian diperoleh amine yang bersih dari gas asam dan dapat digunakan untuk mengikat gas – gas asam lagi. Adapun pasangan input dan output dari proses yang berlangsung dalam *Amine Contactor*, Amine Flash Drum serta *Amine Regenerator* adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Aliran Masuk dan Keluar Tiap Equipment

Equipment	Produk	
	Masuk	Keluar
<i>Amine Contactor</i>	<i>Sour Gas</i> dan <i>Lean Amine</i>	<i>Sweet Gas</i> , Kondensat dan <i>Rich Amine</i>
Amine Flash Drum	Kondensat dan <i>Rich Amine</i>	Kondensat dan <i>Rich Amine</i>
<i>Amine Regenerator</i>	Rich Amine	<i>Lean Amine</i> dan <i>Acid Gases</i>

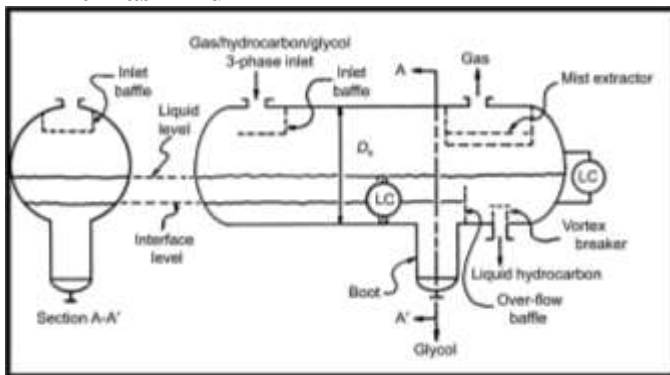
Tabel 2.2 Produk Atas dan Bawah Tiap Equipment

Equipment	Produk	
	Atas	Bawah
<i>Amine Contactor</i>	Sweet Gas	<i>Rich Amine</i> dan Kondensat
Amine Flash Drum	<i>Rich Amine</i> dan Kondensat	<i>Rich Amine</i>
<i>Amine Regenerator</i>	<i>Rich Amine</i>	<i>Lean Amine</i>

Dari penjelasan tersebut maka kualitas dari pemisahan antara hidrocarbon dan *rich amine* ini bergantung pada *interface* atau

pertemuan antara kedua fluida. Pada Saka Indonesia Pangkah Limited, *level interface* ini dibaca oleh Level Transmitter Displacer. Apabila *interface* ini lebih tinggi dari dinding pemisah maka *rich amine* akan terbawa pada kompartmen hidrocarbon. Namun apabila *interface* ini terlalu rendah maka terdapat kemungkinan kondensat dan *rich amine* secara bersamaan terbawa bersamaan menuju ke *amine regenerator*.

2.2. Amine Flash Drum



Gambar 2.2 Amine Flash Drum (Mokhtab, Mak, & Poe, 2019)

Amine Flash Drum yang ada pada PT. Saka Migas PGN merupakan vessel berjenis *gravity separator* tiga fase. *Gravity separator* merupakan vessel bertekanan yang berfungsi untuk memisahkan aliran fluida campuran menjadi fase gas dan fase liquid. Pada *Gravity separator*, gaya gravitasi mengendalikan pemisahan dan efisiensi pemisahan liquid dan gas dilakukan dengan cara memperkecil laju aliran gas. *Gravity separator* di klasifikasikan berdasarkan konfigurasi geometrinya (vertikal dan horisontal) dan berdasarkan fungsinya (dua fase / tiga fase separator).

Separator dua fase merupakan separator yang berfungsi untuk memisahkan gas dari dalam aliran fluida liquid. Sedangkan separator tiga fase merupakan separator yang digunakan untuk memisahkan aliran fluida menjadi *crude oil* dan air. Selain itu

separator juga dapat dikategorikan berdasarkan tekanan operasionalnya. *Low pressure Separator* bekerja pada rentang tekanan antara 10 hingga 180 psi (Mokhatab, Mak, & Poe, 2019). Sedangkan *medium pressure separator* bekerja pada rentang tekanan antara 230 hingga 700 psi (Mokhatab, Mak, & Poe, 2019). Adapun *high pressure separator* bekerja pada rentang tekanan 975 hingga 1500 psi (Mokhatab, Mak, & Poe, 2019). Separator juga dapat disebut sebagai scrubber apabila rasio antara laju aliran gas jauh lebih besar terhadap laju aliran liquid.

Berdasarkan standar API Spec 12J tahun 1989, semua jenis gravity separator normalnya memiliki beberapa komponen sebagai berikut (API Spec 12J, 1989):

- Pemisah gas – liquid dengan *inlet diverter* untuk menghilangkan sejumlah liquid dari gas
- Bagian pengendapan untuk menyediakan waktu retensi yang memadai sehingga pengendapan yang tepat dapat terjadi
- Sebuah *mist extractor* pada outlet gas untuk menangkap droplet
- Dibutuhkan pengendalian level dan tekanan yang sesuai

Gambar 2.2 merupakan ilustrasi sederhana dari amine flash drum. Fluida memasuki separator dan menghantam *inlet diverter*. Perubahan momentum yang mendadak ini akan menghasilkan pemisahan sejumlah liquid dan gas. Dalam beberapa desain, inlet diverter juga akan mengarahkan aliran fluida untuk mengalir menuju ke bawah antarmuka minyak dan air. Hal ini memicu pencampuran aliran masuk dengan air yang berada pada bagian bawah vessel yang kemudian naik ke antarmuka air dan minyak. Proses ini dinamakan sebagai “*water – washing*” dimana dalam proses ini dilakukan pembebasan air yang terjebak dalam minyak (Mokhatab, Mak, & Poe, 2019).

Inlet diverter digunakan untuk memastikan bahwa hanya sedikit gas yang terperangkap dalam liquid, sedangkan “*water – washing*” memastikan air tidak terperangkap dalam minyak. Bagian pengumpul cairan pada separator menyediakan waktu yang cukup sehingga minyak dan emulsi membentuk lapisan atau "bantalan minyak" di bagian atas. Air yang dihasilkan mengalir

dari nosel di separator yang terletak di hulu bendung minyak. Sebuah pengendali level membaca ketinggian antarmuka air minyak. Pengendali kemudian mengirim sinyal ke katup pembuangan air yang digunakan untuk mengatur jumlah air yang keluar memiliki nilai yang mampu mempertahankan ketinggian antarmuka air – minyak.

Gas kemudian akan mengalir dan melalui *Mist Excavator* atau juga biasa disebut sebagai demisting device menuju ke *Pressure Control Valve* yang menjaga tekanan agar tetap berada pada level tertentu. Level dari antarmuka gas – minyak dapat bervariasi mulai dari setengah hingga 75% dari diameter separator bergantung pada kebutuhan pemisahan liquid – gas (Mokhtab, Mak, & Poe, 2019).

Adapun persamaan matematis dari Amine Flash Drum 135 – V – 10 mengikuti hukum kekekalan massa dan energi. Kesetimbangan massa dan energi total fluida yang ada dalam Amine Flash Drum ditunjukkan oleh persamaan berikut (Stephanopoulos, 1984)

$$\dot{m}_{masuk} = \dot{m}_{keluar} + \dot{m}_L \quad (2.1)$$

$$\frac{dm_{masuk}}{dt} = \frac{dm_{keluar}}{dt} + \frac{dm_L}{dt} \quad (2.2)$$

$$\frac{dm_L}{dt} = \frac{dm_{masuk}}{dt} - \frac{dm_{keluar}}{dt} \quad (2.3)$$

$$\frac{d(\rho.V)_L}{dt} = \frac{dm_{masuk}}{dt} - \frac{dm_{keluar}}{dt} \quad (2.4)$$

Dengan asumsi densitas berubah – ubah bebas terhadap waktu dan fraksi *rich amine* dalam aliran keluar adalah α_o maka diperoleh

$$\frac{dV_L}{dt} = \frac{1}{\rho_L} (\dot{m}_{masuk} - \alpha_o \cdot \dot{m}_{keluar}) \quad (2.5)$$

Dengan,

\dot{m}_{masuk} = Laju Aliran Fluida Campuran Masuk Amine Flash Drum (kg / h)

\dot{m}_{keluar} = Laju Aliran *Rich Amine* Keluar Amine Flash Drum (kg / h)

ρ_L = Densitas Fluida Terakumulasi Dalam Amine Flash Drum (kg / m³)

V_L = Volume Total Fluida (m³)

α_o = Fraksi *Rich Amine* Dalam Aliran Keluar

Sedangkan perubahan luas permukaan fluida akibat adanya dinamika fluida adalah sebagai berikut (Backi & Skogestad, 2017)

$$A_L = \frac{r^2}{2} \left[2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{r-h_L}{r} \right) - \sin \left(2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{r-h_L}{r} \right) \right) \right] \quad (2.6)$$

Dengan,

A_L = Luas Permukaan Fluida (m²)

h_L = Level Total Fluida (m)

r = Jari – Jari Amine Flash Drum (m)

L = Panjang Amine Flash Drum (m)

Sehingga perubahan level dari fluida yang ada dalam Amine Flash Drum adalah sebagai berikut (Backi & Skogestad, 2017)

$$\frac{dh_L}{dt} = \frac{dV_L}{dt} \frac{\sqrt{h_L(2r-h_L)}}{r^2 \cdot L \cdot \left(1 - \cos \left(2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{r-h_L}{r} \right) \right) \right)} \quad (2.7)$$

Dengan menggunakan metode yang sama diperoleh kesetimbangan massa dari fluida *Rich Amine* sebagai berikut (Stephanopoulos, 1984)

$$\dot{m}_{W.masuk} = \dot{m}_{W.keluar} + \dot{m}_W \quad (2.8)$$

$$\frac{dm_{W.masuk}}{dt} = \frac{dm_{W.keluar}}{dt} + \frac{dm_W}{dt} \quad (2.9)$$

$$\frac{dm_W}{dt} = \frac{dm_{W.masuk}}{dt} - \frac{dm_{W.keluar}}{dt} \quad (2.10)$$

$$\frac{d(\rho \cdot V)_W}{dt} = \frac{dm_{W.masuk}}{dt} - \frac{dm_{W.keluar}}{dt} \quad (2.11)$$

Dengan asumsi densitas berubah – ubah bebas terhadap waktu maka diperoleh

$$\frac{dV_W}{dt} = \frac{1}{\rho_W} (\alpha_i \cdot \dot{m}_{W.masuk} - \alpha_o \cdot \dot{m}_{W.keluar}) \quad (2.12)$$

Dengan,

\dot{m}_{masuk} = Laju Aliran Fluida Campuran Masuk Amine Flash Drum (kg / h)

\dot{m}_{keluar} = Laju Aliran *Rich Amine* Keluar Amine Flash Drum (kg / h)

ρ_W = Densitas *Rich Amine* Terakumulasi Dalam Amine Flash Drum (kg / m³)

V_W = Volume *Rich Amine* (m³)

α_o = Fraksi *Rich Amine* Dalam Aliran Keluar

α_i = Fraksi *Rich Amine* Dalam Aliran Masuk

Sedangkan luas permukaan *Rich Amine* dapat diperoleh melalui persamaan berikut (Backi & Skogestad, 2017)

$$A_W = \frac{r^2}{2} \left[2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{r-h_W}{r} \right) - \sin \left(2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{r-h_W}{r} \right) \right) \right] \quad (2.13)$$

Dengan,

A_W = Luas Permukaan Richamine (m²)

h_W = Level *Rich Amine* (m)

r = Jari – Jari Amine Flash Drum (m)

L = Panjang Amine Flash Drum (m)

Sehingga level dari *Rich Amine* dalam Amine Flash Drum dapat diperoleh melalui persamaan berikut (Backi & Skogestad, 2017)

$$\frac{dh_W}{dt} = \frac{dV_W}{dt} \frac{\sqrt{h_W(2r-h_W)}}{r^2 \cdot L \cdot (1 - \cos(2 \cdot \cos^{-1}(\frac{r-h_W}{r})))} \quad (2.14)$$

Dengan demikian maka dinamika level hidrocarbon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$\frac{dh_o}{dt} = \frac{dh_L}{dt} - \frac{dh_w}{dt} \quad (2.15)$$

Dengan,

h_o = Level Hidrocarbon (m)

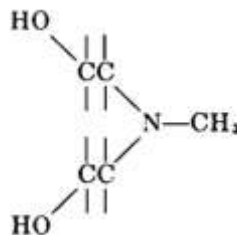
h_w = Level *Rich Amine* (m)

h_L = Level Total Fluida (m)

2.3. Methyldiethanolamine

Sejak lama larutan alkanolamine telah digunakan dalam industri untuk menghilangkan komponen seperti H₂S dan CO₂ dari gas alam. Adapun tiga jenis amine yang digunakan hingga saat ini antara lain monoethanolamine (primary), diethanolamine (secondary) serta n-methyldiethanolamine (ternary). Berdasarkan kecepatan reaksi amine dengan gas asam ketiganya dapat diurutkan dari yang tercepat yakni primary, secondary serta ternary (Shokouhi, Jalili, & Sam, Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions, 2015).

Meski memiliki kecepatan reaksi yang paling lambat, MDEA menjadi amine yang banyak digunakan saat ini (Kohl & Nielsen). Hal ini dikarenakan kapasitasnya dalam mengikat gas asam dalam jumlah yang lebih banyak dari jenis amin yang lain (Aroonwilas & Veawab, 2004). Selain itu, MDEA memiliki biaya regenerasi yang lebih rendah dari MEA dan DEA (Vaidya & Kenig, 2007).



Gambar 2.3 Struktur Molekul Methyldiethanolamine (Kohl & Nielsen)

Dalam kondisi tidak berikatan dengan gas asam dan memiliki massa 50% dari massa total larutan serta temperatur sebesar 25°C,

senyawa ini memiliki densitas sebesar 1044 kg / m³ (Weiland, Dingman, Cronin, & Browning, 1998). Namun apabila MDEA berikatan dengan CO₂ atau H₂S maka densitas MDEA akan bertambah. Sehingga seiring berubahnya konsentrasi amine dan jumlah gas asam yang dibawa maka densitas dan kekentalan dari larutan alkanolamine menunjukkan perbedaan yang cukup besar (Weiland, Dingman, Cronin, & Browning, 1998). Selain komposisi pembentuk larutan, pengaruh temperatur terhadap densitas larutan MDEA juga mengalami perubahan (Shokouhi, Jalili, & Sam, Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions, 2015). Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa densitas larutan MDEA akan mengalami perubahan seiring dengan berubahnya komposisi dan temperatur.

Untuk menghitung densitas larutan MDEA yang telah berikatan dengan gas asam seperti CO₂ dan H₂S dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Shokouhi, Jalili, & Sam, Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions, 2015).

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2 \quad (2.16)$$

Dengan,

- ρ = Densitas *Rich Amine* (g / cm³)
- ρ_r = Densitas Amine Murni (g / cm³)
- T = Temperatur (Kelvin)
- α = Perbandingan mol Gas Asam Terhadap Amine

Sedangkan nilai dari $k_{0,0,\rho}$, $k_{0,1,\rho}$, $k_{1,0,\rho}$ dan $k_{1,1,\rho}$ diperoleh melalui regresi dari data eksperimen densitas dari *rich amine* yang berikatan dengan H₂S dan CO₂. Nilai dari parameter – parameter tersebut sesuai dengan jenis gas yang diabsorb diberikan pada tabel 2.3 sebagai berikut.

Tabel 2.3 Nilai Parameter Perhitungan Densitas Rich Amine

Parameter	H ₂ S ¹	CO ₂ ²
$k_{0,0,\rho}$	-0,01903	0,1212
$k_{0,1,\rho}$	0,000293	-0,000004429
$k_{1,0,\rho}$	0,028774	0
$k_{1,1,\rho}$	-0,00018	0

Untuk menghitung densitas amine murni pada temperatur tertentu dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Abukashabeh, Alhseinat, & Banat, 2014).

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot x_{MDEA} - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot T) \quad (2.17)$$

Dengan,

ρ_r = Densitas Amine Murni (g / cm³)

x_{MDEA} = Fraksi Massa MDEA Dalam Larutan

T = Temperatur (°C)

Dengan demikian maka selanjutnya dapat diperoleh densitas rata – rata dari *rich amine* yang berikatan dengan H₂S dan CO₂ sebagai berikut (Mondal , Bandyopadhyay, & Samanta, 2017).

$$\rho = \frac{V_{Am-H_2S} \cdot \rho_{Am-H_2S} + V_{Am-CO_2} \cdot \rho_{Am-CO_2}}{(V_{Am-H_2S} + V_{Am-CO_2})} \quad (2.18)$$

Dengan,

V_{Am-H_2S} = Volume Amine – H₂S

ρ_{Am-H_2S} = Densitas Amine – H₂S (g / cm³)

V_{Am-CO_2} = Volume Amine – CO₂

ρ_{Am-CO_2} = Densitas Molar Amine – CO₂ (g / cm³)

Dengan asumsi volume dari tiap larutan adalah sama maka persamaan 2.18 dapat ditulis ulang sebagai berikut.

¹ (Shokouhi & Ahmadi, Measuring the density and viscosity of H₂S-loaded aqueous methyldiethanolamine solution, 2016)

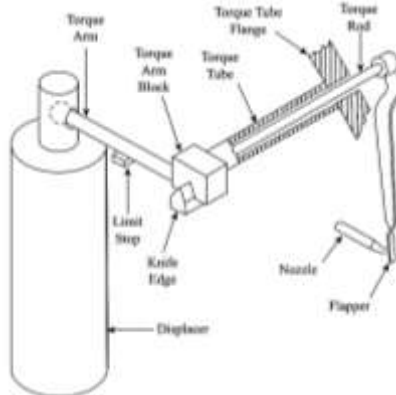
² (Shokouhi, Jalili, & Sam, Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions, 2015)

$$\rho = \frac{V \cdot \rho_{Am-H_2S} + V \cdot \rho_{Am-CO_2}}{2 \cdot V}$$

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

2.4. Level Transmitter Displacer

Level Transmitter Displacer merupakan salah satu instrument yang digunakan untuk mengukur level atau ketinggian dari suatu fluida dalam suatu tempat akumulasi (tangki maupun vessel). Prinsip kerja dari instrument ini adalah dengan menggunakan hukum archimedes (Liptak, 2003). Dalam hukum archimedes telah dijelaskan bahwa, gaya yang bekerja berlawanan arah dengan berat suatu benda yang tercelup dalam fluida adalah sama dengan berat fluida yang dipindahkan (Halliday, Resnick, & Walker, 2010). Artinya, semakin besar volume benda maka gaya angkat yang dialami oleh suatu benda tercelup akan semakin besar.



Gambar 2.4 Level Transmitter Displacer (Liptak, 2003)

Gaya angkat ini berasal dari adanya tekanan yang diberikan oleh fluida terhadap permukaan benda tercelup (Halliday, Resnick, & Walker, 2010). Semakin dalam benda tercelup dalam fluida maka tekanan yang diberikan fluida akan semakin besar. Hal ini dijelaskan oleh persamaan 2.20 berikut.

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (2.20)$$

Dengan,

ρ = Densitas Fluida (kg / m^3)

g = Percepatan Gravitasi (m / s^2)

h = Tinggi Permukaan Fluida (m)

Tekanan yang diberikan oleh fluida terhadap permukaan benda ini akan menghasilkan gaya di sepanjang permukaan benda. Hal ini ditunjukkan oleh persamaan 2.21 sebagai berikut.

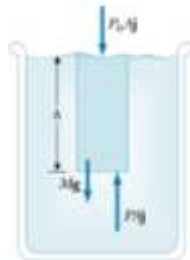
$$F = P \cdot A \quad (2.21)$$

Dengan,

A = Luas Permukaan Benda Tercelup (m^2)

P = Tekanan (Pa)

Gaya yang dihasilkan oleh fluida pada kedalaman yang sama akan saling meniadakan karena memiliki tekanan yang sama. akibatnya hanya terdapat perbedaan tekanan yang dihasilkan pada bagian atas dan bawah benda. Bagian bawah benda tercelup akan mendapatkan tekanan terbesar karena memiliki kedalaman yang lebih besar. Oleh sebab itu apabila suatu benda dicelupkan dalam fluida lalu diukur beratnya, maka hasil pembacaannya akan selalu lebih kecil dari pada saat dilakukan pembacaan di udara.



Gambar 2.5 Gaya Angkat Pada Benda Tercelup (Halliday, Resnick, & Walker, 2010)

Dengan demikian maka gaya angkat yang bekerja pada benda tercelup adalah

$$F = (P_{atas} - P_{bawah}) \cdot A \quad (2.22)$$

Dengan,

P_{atas} = Tekanan Diatas Displacer (Pa)

P_{bawah} = Tekanan Dibawah Displacer (Pa)

Untuk fluida yang heterogen maka persamaan 2.22 dapat ditulis ulang sebagai berikut.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2) \quad (2.23)$$

Dengan,

ρ_1 = Densitas Fluida Pertama (kg / m³)

ρ_2 = Densitas Fluida Kedua (kg / m³)

h_1 = Tinggi Permukaan Fluida Pertama (m)

h_2 = Tinggi Permukaan Fluida Kedua (m)

g = Percepatan Gravitasi (m / s²)

A = Luas Permukaan Benda Tercelup (m²)

Dalam membuat model matematis dari *Displacer Level Transmitter* ini, digunakan dua buah asumsi. Pertama, level transmitter diasumsikan bersifat linier. Sehingga hasil pembacaan level transmitter dapat diperoleh melalui persamaan interpolasi linier sebagai berikut

$$\frac{1,2-0,4 \text{ m}}{F_{max}-F_{min}} = \frac{LT-0,4}{F-F_{min}} \quad (2.24)$$

$$LT = \left(\frac{1,2-0,4 \text{ m}}{F_{max}-F_{min}} \right) \cdot (F - F_{min}) + 0,4 \quad (2.25)$$

$$LT = G \cdot (F - F_{min}) + 0,4 \quad (2.26)$$

Dengan,

LT = Level hasil pembacaan trasnmmitter (m)

F = Gaya angkat yang dihasilkan amine flash drum (N)

F_{max} = Gaya angkat maksimum yang dapat diukur oleh transmitter (N)

F_{min} = Gaya angkat minimum yang dapat diukur oleh transmitter
(N)

G = Gain Level transmitter

Sedangkan asumsi yang kedua adalah level transmitter yang dibuat berupa sistem orde satu. Sistem orde satu memiliki bentuk umum matematis sebagai berikut (Ogata, 2002).

$$TF = \frac{G}{\tau.s+1} \quad (2.27)$$

Dengan,

G = Gain Level transmitter

τ = Time Constant

Sehingga model matematis displacer level transmitter ini adalah sebagai berikut.

$$LT = \frac{G}{\tau.s+1} \cdot (F - F_{min}) + 0,4 \quad (2.28)$$

Bentuk Level transmitter displacer ditunjukkan pada gambar 2.4 Adapun fungsi dan bagian – bagian dari instrumen ini adalah sebagai berikut (Liptak, 2003).

- Displacer

Displacer merupakan bagian dari level transmitter ini yang akan bersentuhan langsung dengan fluida yang akan diukur ketinggiannya. Dipasaran ukuran displacer ini memiliki banyak variasi yakni 14, 32, 48 serta 60 inc. Adapun volume standar dari displacer adalah 100 inc³ atau 1638 cm³. Ukuran dari tiap displacer sangat bergantung dari rentang level yang akan diukur. Adapun penentuan displacer yang harus digunakan dalam suatu perancangan disebut sebagai sizing.

- Torque Arm

Torque Arm merupakan penghubung antara displacer dengan torque tube. Fungsinya adalah untuk meminimalkan guncangan yang terjadi pada displacer.

- Limit Stop

Berfungsi untuk membatasi pergerakan displacer ke arah bawah akibat gaya gravitasi. Hal ini dilakukan untuk mencegah terjadinya *overstressing* pada *torque tube*.

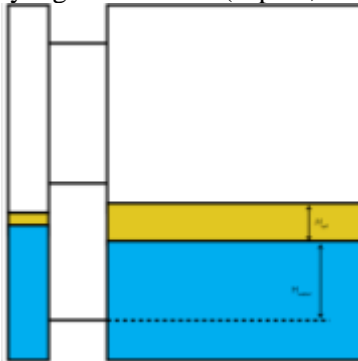
- *Torque Tube*

Merupakan bagian yang bertindak layaknya pegas. *Torque tube* digunakan untuk mengembalikan *torque rod* agar dapat kembali serta memberikan gaya yang berlawanan arah dengan gaya yang terjadi pada *torque rod*.

- *Torque Rod*

Merupakan bagian yang berputar untuk menunjukkan level dari ketinggian fluida. Hal ini dikarenakan torque rod terhubung langsung dengan knife edge dan torque tube pada bagian dasarnya.

Level Transmitter Displacer ini dapat digunakan untuk mengukur *interface* dari sebuah liquid yang memiliki densitas yang berbeda. Dalam aplikasinya, pengukuran pada *interface* dua buah liquid bergantung pada selisih densitas kedua fluida (Liptak, 2003). Selain itu displacer juga harus terendam seluruhnya untuk memperoleh hasil yang memuaskan (Liptak, 2003).



Gambar 2.6 Perbandingan Level pada Bridles dan Tanki dengan dua macam fluida (Edward)

Selain ukuran dan spesifikasi displacer yang harus digunakan. Komposisi dari fluida yang memberikan gaya angkat kepada displacer juga memegang peranan penting dalam memberikan hasil pengukuran yang akurat. Dengan diketahuinya komposisi dari fluida yang akan diukur oleh level transmitter maka dapat dilakukan kalibrasi yang bersesuaian dengan kondisi operasinya. Apabila

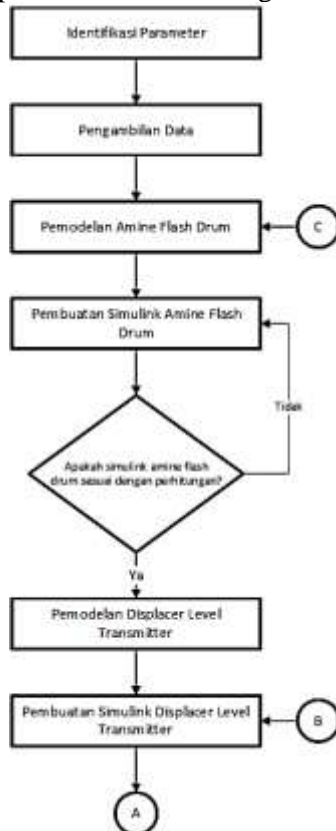
terdapat dua macam fluida liquid maka kalibrasi dapat dilakukan dengan menekan “*zero*” pada saat vessel penuh dengan fluida yang lebih ringan. Setelah itu kalibrasi dapat dilanjutkan dengan menekan “*span*” saat fluida yang lebih berat mengisi penuh vessel (Liptak, 2003).

Selain itu letak pemasangan level transmitter juga berpengaruh pada hasil pengukuran ((Martyn, 2006) dalam (Edward)). Hal ini dikarenakan penggunaan Bridles (pipa yang dipasang vertikal pada sebuah tanki) untuk mengukur ketinggian fluida. Apabila fluida yang diukur adalah satu macam liquid maka level yang ada dalam Bridles akan merepresentasikan level yang sebenarnya dari level yang ada dalam tanki. Namun apabila terdapat dua macam liquid maka terdapat kemungkinan terjadinya kesalahan pembacaan seperti yang diilustrasikan oleh gambar 2.6. Hal ini dikarenakan *level interface* antara *bridles* dan tanki tidaklah sama.

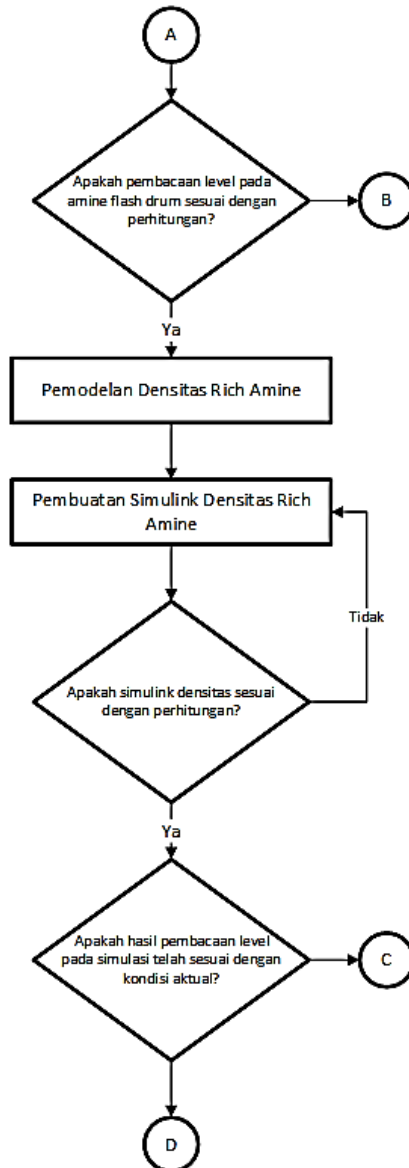
BAB III METODOLOGI

3.1. Langkah – Langkah Penelitian

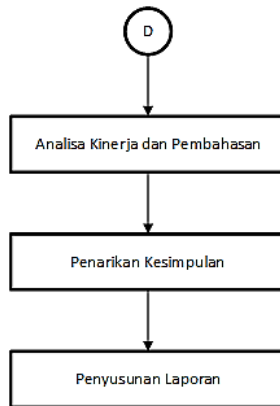
Pada bab 3 ini, dijelaskan prosedur penelitian tugas akhir yang digunakan untuk menganalisa kinerja *Level Transmitter Displacer* pada Amine Flash Drum. Agar tujuan penelitian dapat dicapai, maka digunakan metodologi penelitian sesuai dengan diagram alir yang ditampilkan pada Gambar 3.1 sebagai berikut :



Gambar 3.1 Flowcart Alur Penelitian

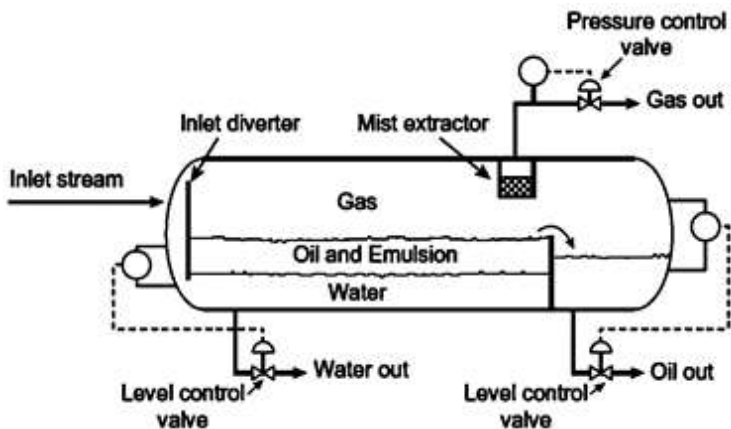


Gambar 3.2 [Lanjutan] Flowchart Alur Penelitian



Gambar 3.3 [Lanjutan] Flowchart Alur Penelitian

3.2. Identifikasi Parameter



Gambar 3.4 Pembagian Kompartemen Amine Flash Drum (Bahadori, 2014)

Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan Bab 2, diperoleh parameter – parameter yang diperlukan untuk dapat diperoleh nilai gaya angkat sebagai berikut.

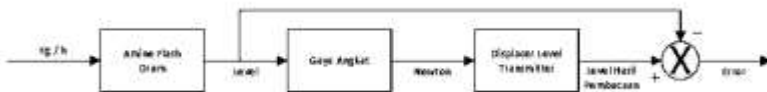
- Laju Aliran Masuk
- Laju Aliran Keluar

- Spesifikasi Amine Flash Drum
- Komposisi *Rich Amine* yang masuk dan keluar
- Densitas dan Komposisi *Lean Amine*
- Hasil pembacaan Level Transmitter Displacer
- Spesifikasi Level Transmitter Displacer

Selain itu diidentifikasi pula variabel kontrol serta variabel manipulasi dalam sistem amine flash drum. Dari skema amine flash drum yang ditampilkan pada gambar 3.4 dapat diketahui bahwa variabel yang dikontrol adalah *level interface* antara *rich amine* dan minyak. Untuk menjaga agar *level interface* berada dalam range yang dapat ditoleransi maka dilakukan manipulasi terhadap bukaan level control valve tempat *rich amine* keluar.

Sehingga *level interface* antara *rich amine* dan minyak hanya bergantung pada aliran fluida yang masuk dan air yang keluar. Dengan demikian maka adanya perbedaan laju aliran yang masuk dan keluar akan mempengaruhi jumlah fluida yang terakumulasi. Dari penjelasan tersebut maka parameter yang dibutuhkan antara lain laju aliran masuk dan keluar amine flash drum. Sedangkan untuk memvalidasi model yang telah dibuat maka diperlukan data hasil pembacaan level transmitter.

Diagram blok dari sistem pengukuran level pada Amine Flash Drum ini ditunjukkan pada gambar sebagai berikut.



Gambar 3.5 Diagram Blok Sistem Pengukuran Level Amine Flash Drum

Dari diagram blok tersebut, amine inputan dari amine flash drum adalah laju aliran (kg / h). Dalam amine flash drum ini akan diberikan densitas *rich amine* yang berubah – ubah sebagai akibat dari berubah – ubahnya jumlah gas H_2S dan CO_2 . Dengan demikian maka fungsi transfer amine flash drum akan berubah – ubah sesuai dengan densitas *rich amine* sesuai dengan persamaan 2.5 dan 2.12.

Sedangkan keluaran dari amine flash drum ini adalah level dari *rich amine* dan level hidrocarbon.

Level dari *rich amine* dan hidrocarbon akan digunakan untuk menghitung gaya angkat sesuai dengan persamaan 2.23. Berdasarkan persamaan 2.23 diketahui bahwa densitas *rich amine* juga digunakan untuk menghitung gaya angkat. Keluaran dari gaya angkat ini kemudian akan digunakan sebagai input level transmitter displacer.

Pada displacer level transmitter level *rich amine* akan diukur berdasarkan gaya angkat yang dihasilkan. Keluaran dari level transmitter ini kemudian akan dibandingkan dengan level aktual *rich amine* yang dihasilkan oleh amine flash drum.

3.3. Pengambilan Data

Setelah diketahui parameter – parameter yang diperlukan untuk memodelkan amine flash drum dan level trasnmitter, maka selanjutnya dilakukan pengambilan data dari parameter – parameter tersebut. Adapun hasilnya adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Hasil Pengambilan Data Operasi Amine Flash Drum

Parameter	Nilai	Satuan
Mass Flow Masuk	49512,84	Kg / h
Mass Flow Amin Keluar	49471,01	Kg / h
Mass Flow Hidrocarbon Keluar	0	Kg / h
Mass Flow Flash Gas Keluar	41,83	Kg / h
Diameter Amine Flash Drum	2400	mm
Panjang Amine Flash Drum	5600	mm
Tinggi Wier Amine Flash Drum	1400	mm

Sedangkan hasil pengambilan data komposisi dari aliran fluida yang memasuki dan keluar amine flash drum dapat dilihat melalui tabel berikut.

Tabel 3.2 Data Komposisi Aliran Masuk dan Keluar Amine Flash Drum

Senyawa	Komposisi Dalam Aliran (% mol)	
	Masuk	Keluar
C1	0,1176	0,0159
C2	0,0123	0,0027
C3	0,0083	0,0018
C4	0,0008	0,0001
N-C4	0,001	0,0001
C5	0,0004	0
N-C5	0,0002	0
C6	0,0001	0
C7	0,0001	0
C8	0	0
C9	0	0
C10	0	0
C11	0	0
H2S	0,2244	0,2244
N2	0,001	0
CO2	3,0353	3,0364
H2O	86,6652	86,7726
AMINE	9,9335	9,9459

Sedangkan untuk memvalidasi model matematis densitas lean amine, maka diperlukan data komposisi dan densitas aktual. Adapun komposisi dan densitas lean amine yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Tabel 3.3 Data Komposisi dan Densitas *Lean Amine*

Senyawa	Komposisi Dalam Aliran (% mol)	
	Warm <i>Lean Amine</i>	<i>Lean Amine</i>
C1	0	0
C2	0	0
C3	0	0
C4	0	0
N-C4	0	0
C5	0	0
N-C5	0	0
C6	0	0
C7	0	0
C8	0	0
C9	0	0
C10	0	0
C11	0	0
H2S	0,0024	0,0024
N2	0	0
CO2	0,0486	0,0486
H2O	89,7425	89,7425
AMINE	10,2065	10,2065
Densitas (kg / m3)	1030,12	1038,93
Temperatur (C)	56,8	43,33

Spesifikasi dari Level Transmitter Displacer yang digunakan pada Amine Flash Drum ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3.4 Spesifikasi Level Transmitter Displacer

Parameter	Nilai	Satuan
Panjang	800	mm
Diameter	133	mm
Luas Permukaan Atas	0,01389	m ²
SG Kalibrasi	1,146	
Time Constant	0,27	s

3.4. Pemodelan Amine Flash Drum

Pemodelan dinamika Amine Flash Drum dilakukan dengan memanfaatkan hukum kesetimbangan massa. Dalam hal ini akan dilakukan pembagian zona dalam Amine Flash Drum menjadi 2 yakni zona hidrocarbon dan zona campuran seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.4. Asumsi yang digunakan antara lain

- Bukaan valve yang menuju dan keluar dari amine flash drum masing – masing berada pada bukaan 100% dan 90%
- Aliran yang keluar amine flash drum adalah murni *rich amine* tanpa adanya hidrocarbon

Untuk menghitung dinamika level fluida total yang terakumulasi dalam amine flash drum maka pertama – tama dilakukan perhitungan terhadap dinamika volume total pada amin flash drum dengan menggunakan persamaan 2.5 sebagai berikut dengan asumsi densitas fluida campuran yang masuk adalah konstan.

$$\frac{dV_L}{dt} = \frac{1}{\rho_L} (\dot{m}_{masuk} - \alpha_o \cdot \dot{m}_{keluar}) \text{ kg/h} \quad (2.5)$$

$$\frac{dV_L}{dt} = \frac{1}{\rho_L} (49512,84 - (0,99977) \cdot (49471,01) \cdot (0,9)) \text{ kg/h}$$

$$\frac{dV_L}{dt} = \frac{1}{\rho_L} (4999,17) \text{ kg/h} \quad (3.1)$$

Dalam perhitungan, nilai α_o diperoleh dari perhitungan pada lampiran A.

Setelah diperoleh dinamika volume total fluida dalam amine flash drum maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan dinamika level fluida total dalam amine flash drum. Perhitungan ini dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.7 dengan asumsi level fluida total maksimum adalah sebesar 1400 mm dari dasar vessel.

$$\frac{dh_L}{dt} = \frac{dV_L}{dt} \frac{\sqrt{h_L(2.r-h_L)}}{r^2.L.(1-\cos(2.\cos^{-1}(\frac{r-h_L}{r})))} \quad (2.7)$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \left(\frac{dV_L}{dt} \right) \frac{\sqrt{1,4 \text{ m}(2 \cdot (1,2 \text{ m}) - 1,4 \text{ m})}}{(1,2 \text{ m})^2 \cdot 5,6 \text{ m} \cdot \left(1 - \cos \left(2 \cdot \cos^{-1} \left(\frac{1,2 \text{ m} - 1,4 \text{ m}}{1,2 \text{ m}}\right)\right)\right)}$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_L} (4999,17) \text{ kg/h} \right) \frac{\sqrt{1,4 \text{ m}^2}}{(1,2 \text{ m})^2 \cdot 5,6 \text{ m} \cdot (1 - \cos(199,188^\circ))}$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_L} (4999,17) \text{ kg/h} \right) \frac{\sqrt{1,4 \text{ m}^2}}{(1,2 \text{ m})^2 \cdot 5,6 \text{ m} \cdot (1 + 0,9445)}$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_L} (4999,17) \text{ kg/h} \right) \frac{\sqrt{1,4 \text{ m}^2}}{15,68 \text{ m}^3}$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_L} (4999,17) \text{ kg/h} \right) (0,07546 / \text{m}^2)$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \frac{1}{\rho_L} (377,23) \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{h}$$

$$\frac{dh_L}{dt} = \frac{1}{\rho_L} (0,1048) \text{ kg} / \text{m}^2 \cdot \text{s} \quad (3.2)$$

Dengan ρ_L adalah densitas rata – rata dari fluida yang ada dalam amine flash drum.

Setelah diperoleh dinamika level total fluida yang ada dalam amine flash drum maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan terhadap dinamika volume *rich amine* dengan menggunakan persamaan 2.12 sebagai berikut.

$$\frac{dV_W}{dt} = \frac{1}{\rho_W} (\alpha_i \cdot \dot{m}_W \text{ masuk} - \alpha_o \cdot \dot{m}_W \text{ keluar}) \text{ kg/h} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} \frac{dV_W}{dt} = \frac{1}{\rho_W} & ((0,99845) \cdot (49512,84) \\ & - (0,99977) \cdot (49471,01) \cdot (0,9)) \text{ kg/h} \end{aligned}$$

$$\frac{dV_W}{dt} = \frac{1}{\rho_W} (4922,43) \text{ kg/h} \quad (3.3)$$

Dalam perhitungan, nilai α_i diperoleh dari perhitungan pada lampiran B.

Diamika level dari *rich amine* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut dengan asumsi level *rich amine* berada pada 800 mm dari dasar vessel.

$$\frac{dh_W}{dt} = \left(\frac{dV_W}{dt} \right) \frac{\sqrt{h_W(2r-h_W)}}{r^2.L.(1-\cos(2.\cos^{-1}(\frac{r-h_W}{r})))} \quad (2.14)$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \left(\frac{dV_W}{dt} \right) \frac{\sqrt{0,8 \text{ m}(2.1,2 \text{ m} - 0,8 \text{ m})}}{(1,2 \text{ m})^2. (5,6 \text{ m}). (1 - \cos(2. \cos^{-1}(\frac{1,2\text{m} - 0,8\text{m}}{1,2\text{m}})))}$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_W} (4922,43) \text{ kg/h} \right) \frac{\sqrt{1,28 \text{ m}^2}}{(1,2 \text{ m})^2. (5,6 \text{ m}). (1 - \cos(141,056))}$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_W} (4922,43) \text{ kg/h} \right) \frac{\sqrt{1,28 \text{ m}^2}}{(1,2 \text{ m})^2. (5,6 \text{ m}). (1,78)}$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_W} (4922,43) \text{ kg/h} \right) \frac{\sqrt{1,28 \text{ m}^2}}{14,336 \text{ m}^3}$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \left(\frac{1}{\rho_W} (4922,43) \text{ kg/h} \right) (0,0789 / \text{m}^2)$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \frac{1}{\rho_W} (388,38) \text{ kg} / \text{m}^2. h$$

$$\frac{dh_W}{dt} = \frac{1}{\rho_W} (0,1079) \text{ kg} / \text{m}^2. s \quad (3.4)$$

Dengan ρ_W adalah densitas larutan amine dalam amine flash drum. Dari hasil perhitungan tersebut maka dapat diperoleh dinamika level hidrocarbon dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.15 yakni

$$\frac{dh_o}{dt} = \frac{dh_L}{dt} - \frac{dh_w}{dt} \quad (2.15)$$

Dinamika level pemodelan dapat dikatakan berhasil apabila terdapat dinamika berupa semakin tingginya level fluida dalam amine flash drum. Hal ini menunjukkan level fluida dalam amine flash drum tidak terkendali.

Untuk dapat diperoleh gaya angkat yang dihasilkan oleh dinamika level pada amine flash drum maka selanjutnya dibuat model simulink gaya angkat yang diperoleh dari persamaan 2.23 sebagai berikut.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2) \quad (2.23)$$

Dengan memasukan nilai dari tiap parameter dari lampiran C sebagai berikut

$$A = 0,01389 \text{ m}^2$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_1 = 1146 \text{ kg/m}^3$$

$$h_1 = 0,4 \text{ m}$$

$$\rho_2 = 672,54 \text{ kg/m}^3$$

$$h_2 = 0,4 \text{ m}$$

Maka diperoleh gaya angkat sebesar

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \text{ m/s}^2 (1146 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m} + 672,54 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,4 \text{ m})$$

$$F = 101,038 \text{ N}$$

3.5. Pemodelan Displacer Level Transmitter

Berdasarkan data spesifikasi level transmitter yang diperoleh pada tabel 3.4, maka Specific Gravity fluida yang digunakan untuk kalibrasi adalah sebesar 1,146. Apabila level transmitter ini dikalibrasi dengan fluida *rich amine* dengan level hingga 800 mm dari dasar tapping point level transmitter, maka gaya angkat maksimum level transmitter adalah

$$F = SG \cdot \rho_{air} \cdot g \cdot V_{displacer}$$

$$F = 1,146 \cdot \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{10 \text{ m}}{\text{s}^2} \cdot 0,01111 \text{ m}^3$$

$$F = 127,32 \text{ N}$$

Dengan,

$$V_{displacer} = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot t$$

$$V_{displacer} = \frac{\pi}{4} \cdot (0,133 \text{ m})^2 \cdot 0,8 \text{ m}$$

$$V_{displacer} = 0,01111 \text{ m}^3$$

Level pengukuran *level interface* ini memiliki nilai output yang bernilai 400 mm hingga 1200 mm karena letak tapping point terlatak pada ketinggian tersebut. Sehingga gain level transmitter adalah (Bentley, 2005),

$$G = \frac{\text{span output}}{\text{span input}}$$

$$G = \frac{1200 \text{ mm} - 400 \text{ mm}}{127,32 \text{ N} - 0 \text{ N}}$$

$$G = 0,0062834 \text{ m/N}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.28 dan time constant sebesar 0,27 maka dapat dihitung model matematis level transmitter sebagai berikut.

$$LT = \frac{G}{\tau \cdot s + 1} \cdot (F - F_{min}) + 0.4 \quad (2.28)$$

$$LT = \frac{(0,0062834 \text{ m/N})}{0,27 \text{ s} + 1} \cdot (F - F_{min}) + 0.4 \quad (3.5)$$

3.6. Pemodelan Densitas

Selain dinamika level pada amine flash drum, terdapat satu parameter tambahan yang mempengaruhi gaya angkat yang dihasilkan yakni densitas. Pada amine flash drum, densitas fluida yang ada akan berubah – ubah sesuai dengan komposisi pembentuk larutan. Sehingga dalam simulasi, nilai dari komposisi pembentuk *rich amine* akan diubah – ubah untuk memperoleh dinamika densitas. Dalam amine flash drum, komposisi tersebut terdiri dari H₂S, CO₂, MDEA serta hidrocarbon yang terbawa dari amine contactor. Namun, larutan amine dan hidrocarbon dalam amine

flash drum akan saling terpisah karena besarnya perbedaan densitas. Akan tetapi, hal tersebut tidak terjadi terhadap H₂S, CO₂ dan MDEA. Hal ini dikarenakan H₂S dan CO₂ telah terikat dengan MDEA. Sehingga, semakin banyak H₂S dan CO₂ yang berhasil diserap oleh MDEA akan mengakibatkan semakin besarnya densitas larutan (Shokouhi, Jalili, & Sam, Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions, 2015).

Untuk membuat model matematis densitas dari rich amine, dilakukan analisa terhadap komposisi dari tiap jenis *rich amine* pada tabel 3.3 sebagai media untuk memvalidasi model. Analisa dilakukan dalam bentuk pengubahan % mol tiap komponen menjadi % massa seperti yang ditampilkan pada lampiran E.

Untuk memodelkan dinamika densitas *rich amine* maka dilakukan perhitungan densitas lean amine terlebih dahulu seperti pada persamaan 2.17 sebagai berikut.

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot x_{MDEA} - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot T) \quad (2.17)$$

Dengan memasukkan nilai x_{MDEA} sesuai dengan hasil perhitungan pada lampiran E dan temperatur sesuai dengan tabel 3.3 yakni 56,8 °C. Diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot x_{MDEA} - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot T)$$

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot 0 \times 0,42918 - (6,6101 \cdot 10^{-4} \times 56,8)$$

$$\rho_r = 1,0176 \frac{g}{cm^3}$$

Dengan menggunakan persamaan 2.16 dan nilai $k_{0,0,\rho}$, $k_{0,1,\rho}$, $k_{1,0,\rho}$ serta $k_{1,1,\rho}$ yang ditampilkan pada tabel 2.3 serta nilai α untuk tiap larutan pada lampiran E, dapat diperoleh nilai densitas untuk dua sistem ternary yang masing – masing terdiri dari H₂O – H₂S – MDEA dan H₂O – CO₂ – MDEA sebagai berikut.

Untuk komposisi H₂O – H₂S – MDEA (T = 273 + 56,8, $\alpha_{H_2S} = 0,00047$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2 \quad (2.16)$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (-0,01903 + 0,000293 \times 329,8) \cdot 0,00047 \\ + (0,028774 - 0,00018 \times 329,8) \cdot (0,00047)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 3,64883E - 05$$

$$\rho = \rho_r \times e^{3,64883E-05}$$

$$\rho = 1,0176 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – CO₂ – MDEA (T = 273 + 56,8, $\alpha_{CO_2} = 0,009523$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (0,1212 - 0,000004429 \times 329,8) \cdot 0,009523 \\ + (0) \cdot (0,009523)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,001140319$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,001140319}$$

$$\rho = 1,0187 \frac{g}{cm^3}$$

Dengan asumsi volume kedua sistem adalah sama maka dapat diperoleh densitas campuran kedua sistem ternary sehingga diperoleh sebuah sistem quaternary (H₂O – H₂S – CO₂ – MDEA) dengan menggunakan persamaan 2.19. Sehingga densitas lean amine adalah sebagai berikut.

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

$$\rho = \frac{1,0176 + 1,0187}{2} \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho = 1,01818 \frac{g}{cm^3}$$

Dari pemodelan tersebut, dilakukan validasi terhadap model lean amine dengan data yang telah diperoleh. Hal ini dilakukan karena densitas lean amine akan digunakan untuk mengestimasi densitas rich amine.

$$E = \frac{|Data\ Aktual - Data\ Estimasi|}{Data\ Aktual} \times 100\% \quad (3.6)$$

Adapun kriteria yang memuaskan untuk validasi adalah diperolehnya error yang tidak melebihi 2.5 % dari data aktual. Hasil validasi lean amine adalah sebagai berikut. Dengan metode yang sama diperoleh densitas untuk lean amine pada temperatur 43,33 °C.

Tabel 3.5 Hasil Validasi Densitas *Lean Amine*

Parameter	Warm Lean AMine	<i>Lean Amine</i>
Densitas Aktual	1030,12	1038,93
Densitas Estimasi	1018,18	1027,091
Error	1,1588 %	1,1395 %

Setelah dilakukan validasi terhadap model matematis lean amine maka dapat dilakukan validasi terhadap densitas *rich amine* dengan mengganti jumlah CO₂ dan H₂S yang ada pada lampiran E dengan lampiran A.

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot x_{MDEA} - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot T)$$

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot 0,41023 - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot 30,93)$$

$$\rho_r = 1,0333 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – H₂S – MDEA (T = 273 + 30,93, $\alpha_{H_2S} = 0,02256$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (-0,01903 + 0,000293 \times 303,93) \cdot 0,02256 \\ + (0,028774 - 0,00018 \times 303,93) \cdot (0,02256)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,001566628$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,001566628}$$

$$\rho = 1,0349 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – CO₂ – MDEA (T = 273 + 30,93, $\alpha_{CO_2} = 0,30529$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (0,1212 - 0,000004429 \times 303,93) \cdot 0,30529 \\ + (0) \cdot (0,30529)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,03659039$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,03659039}$$

$$\rho = 1,0718 \frac{g}{cm^3}$$

Dengan asumsi volume kedua sistem adalah sama maka dapat diperoleh densitas campuran kedua sistem ternary sehingga diperoleh sebuah sistem quaternary (H₂O – H₂S – CO₂ – MDEA) dengan menggunakan persamaan 2.19. Sehingga densitas lean amine adalah sebagai berikut.

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

$$\rho = \frac{1,0349 + 1,0718}{2} \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho = 1,05339 \frac{g}{cm^3}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh hasil validasi terhadap *rich amine* sebagai berikut.

Tabel 3.6 Hasil Validasi Rich Amine

Parameter	Pure Rich AMine
Densitas Aktual	1046,347
Densitas Estimasi	1053,39
Error	0,6733 %

Setelah diperoleh dinamika densitas *rich amine* maka selanjutnya dapat dibuat dinamika densitas fluida rata – rata dalam amine flash drum. Sedangkan densitas hidrocarbon adalah sebesar 672,54 kg / m³ sesuai dengan lampiran C. Dengan menyesuaikan kondisi pada simulasi seperti pada kondisi aktual maka diatur nilai volume hidrocarbon adalah 0,1 dari volume total liquid yang terakumulasi. Maka densitas campuran adalah

$$\rho = \frac{V_{Hidrocarbon} \cdot \rho_{Hidrocarbon} + V_{Rich Amine} \cdot \rho_{Rich Amine}}{Volume Total}$$

$$\rho = \frac{0,1 V \cdot \rho_{Hidrocarbon} + 0,9 V \cdot \rho_{Rich Amine}}{(0,1 + 0,9)V}$$

$$\rho = \frac{0,1 \cdot \rho_{Hidrocarbon} + 0,9 \cdot \rho_{Rich Amine}}{1}$$

$$\rho = \frac{0,1 \cdot 672,54 + 0,9 \cdot 1053,39}{1}$$

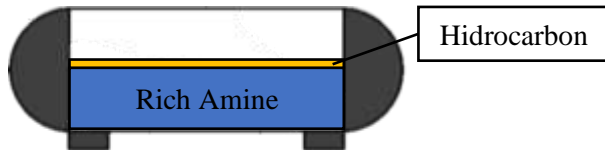
$$\rho = 1015,307 \frac{kg}{m^3}$$

Dengan demikian maka diperoleh model simulink dinamika densitas fluida total yang terakumulasi dalam amine flash drum sebai berikut dengan input berupa perbandingan mol H₂S / MDEA dan CO₂ / MDEA serta output berupa densitas rata – rata fluida.

3.7. Analisis Kinerja

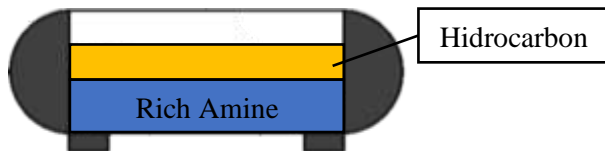
Setelah diperoleh model matematis dan fungsi transfer dari level transmitter dan amine flash drum maka selanjutnya dapat dilakukan analisa kinerja terhadap level transmitter displacer yang mengalami kesalahan pembacaan.

Dalam analisis analisis kinerja, dibuat dua buah kondisi operasi. Kondisi operasi pertama adalah ketika jumlah hidrocarbon dalam Amine Flash Drum berjumlah sangat sedikit seperti yang ditampilkan pada gambar 3.13. Dengan demikian maka efek dari keberadaan hidrocarbon terhadap gaya angkat yang dihasilkan akan sangat kecil dan tidak terlalu signifikan.



Gambar 3.6 Ilustrasi Kondisi Operasi Pertama

Adapun kondisi operasi kedua adalah kelanjutan dari kondisi operasi pertama dimana Amine Flash Drum telah beroperasi cukup lama sehingga hidrocarbon yang terakumulasi didalamnya menjadi sangat banyak seperti yang ditampilkan pada gambar 3.14. Dengan demikian maka keberadaan hidrocarbon akan memberikan dampak yang signifikan terhadap gaya angkat yang dihasilkan.

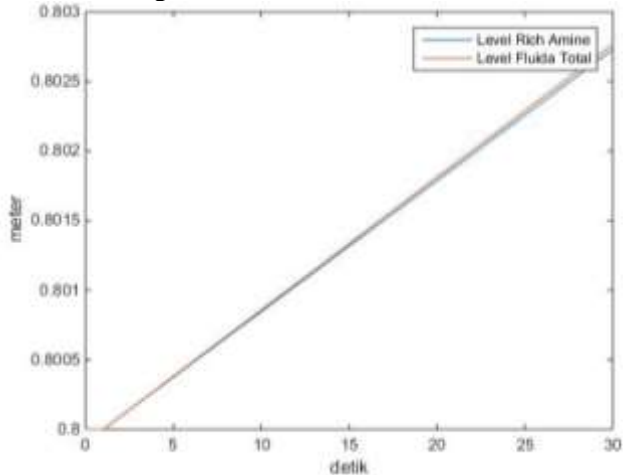


Gambar 3.7 Ilustrasi Kondisi Operasi Kedua

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Dari hasil pemodelan amine flash drum pada subab 3.4 diperoleh hasil sebagai berikut.

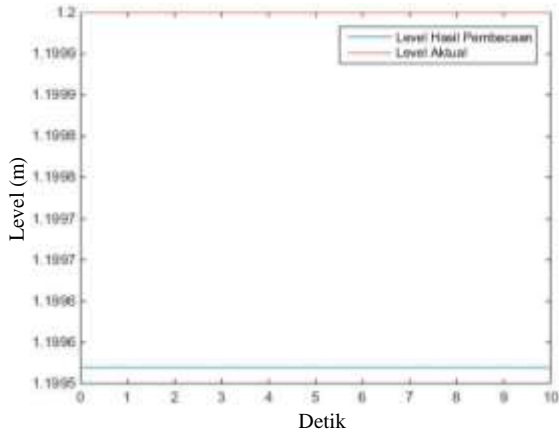


Gambar 4.1 Hasil Simulasi Level *Rich Amine* Pada Amine Flash Drum (meter)

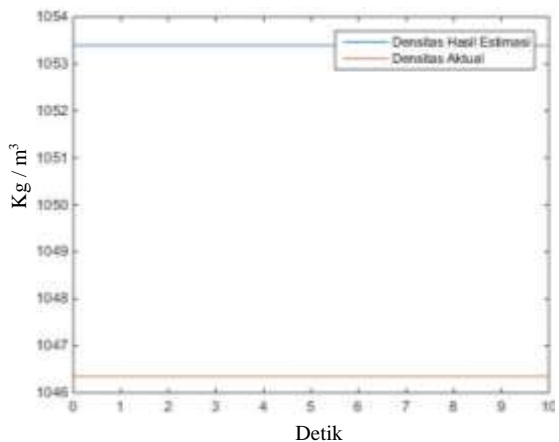
Dari gambar 4.1 diperoleh naiknya level fluida total dan *rich amine* dalam amine flash drum. Pada simulasi tersebut digunakan data hasil perhitungan pada subab 3.4. Hal ini menunjukkan level fluida total dan *rich amine* akan terus bertambah secara tidak terkendali sesuai dengan asumsi yang digunakan dalam tugas akhir ini. Selain itu, naiknya level *rich amine* dalam amine flash drum juga sejalan dengan bernilai positifnya dinamika volume amine flash drum pada gambar 3.4. Adapun nilai densitas rata – rata yang digunakan adalah 1099 kg / m^3 dengan volume hidrocarbon 0,1 volume total dan densitas sebesar $672,54 \text{ kg / m}^3$. Sedangkan densitas *rich amine* yang digunakan adalah sebesar 1146 kg / m^3 .

Dari hasil pemodelan level transmitter pada subab 3.5 diperoleh hasil yang ditampilkan pada gambar 4.2. Pada simulasi

tersebut diberikan input sebesar 127,32 N. Berdasarkan perhitungan manual, dengan gaya tersebut akan dihasilkan pembacaan level sebesar 1,2 meter.



Gambar 4.2 Hasil Simulasi Level Transmitter (meter)

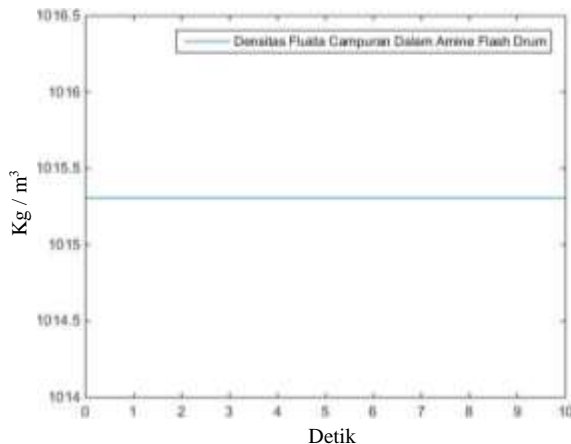


Gambar 4.3 Hasil Simulasi Densitas *Rich Amine* (kg / m³)

Dari hasil pembuatan simulasi densitas *rich amine* pada subab 3.6, diperoleh hasil yang ditampilkan pada gambar 4.3. Pada

simulasi tersebut digunakan data perbandingan H_2S dan CO_2 dari lampiran A. Adapun hasil yang diperoleh dari simulasi tersebut memiliki nilai yang sama dengan hasil perhitungan pada tabel 3.6 dengan error sebesar 0,6733 %.

Selain itu, dari subab 3.6 pula, diperoleh model simulasi densitas rata – rata pada amine flash drum yang ditampilkan pada gambar 4.4 sebagai berikut. Dari hasil simulasi tersebut diperoleh densitas campuran sebesar $1015,3 \text{ kg} / \text{m}^3$ yang sama dengan hasil perhitungan pada subab 3.6. Hasil simulasi pada gambar 4.1 hingga 4.4 menggunakan data komposisi H_2S dan CO_2 serta temperatur pada lampiran A.



Gambar 4.4 Hasil Simulasi Densitas Campuran

Pada simulasi dengan software simulink dilakukan variasi terhadap jumlah H_2S dan CO_2 yang terikat dengan MDEA untuk memperoleh dinamika densitas rich amine. Adapun nilai dari perbandingan mol H_2S dan MDEA memiliki nilai maksimal sebesar 0,577. Sedangkan perbandingan mol CO_2 dan MDEA memiliki nilai maksimal sebesar 1,423. Nilai ini diperoleh setelah melakukan *trial and error* untuk memperoleh densitas *rich amine* sebesar $1146,08 \text{ kg} / \text{m}^3$, yang hampir sama dengan densitas fluida untuk kalibrasi.

Untuk dapat mengamati dampak dari perubahan komposisi dari gas asam yang diserap oleh MDEA maka nilai dari densitas hidrocarbon pada simulasi dianggap konstan dengan nilai sebesar $672,54 \text{ kg / m}^3$ yang berasal dari data amine flash drum pada Lampiran C. Selain itu, nilai temperatur dianggap konstan agar dapat diamati pengaruh perubahan komposisi terhadap densitas rich amine. Serta tidak dilakukan pengendalian terhadap level *rich amine* dalam amine flash drum. Ketentuan – ketentuan tersebut dibuat agar dapat diketahui penurunan hasil pembacaan sebagai akibat berubahnya densitas yang disebabkan berubahnya komposisi *rich amine* dan tidak disebabkan oleh berubahnya temperatur serta terjadinya pengendalian.

Dalam tugas akhir ini, dilakukan analisa terhadap displacer level transmitter pada dua kondisi operasi. Pada kondisi pertama, diasumsikan jumlah hidrocarbon memiliki jumlah yang sangat sedikit sehingga tidak memiliki pengaruh yang besar terhadap gaya angkat. Sedangkan kondisi yang kedua, jumlah hidrocarbon yang ada pada amine flash drum telah terakumulasi, sehingga keberadaan hidrocarbon memiliki dampak yang signifikan terhadap gaya angkat yang menggerakkan displacer.

Pada kondisi mula – mula, perbandingan mol $\text{H}_2\text{S} / \text{MDEA}$ dan $\text{CO}_2 / \text{MDEA}$ adalah sebesar 0,577 dan 1,423. Sedangkan fraksi massa MDEA adalah sebesar 0,41023. Dengan densitas densitas *Lean Amine* adalah sebesar 1033 kg / m^3 . Maka diperoleh densitas *rich amine* sebesar 1146 kg / m^3 .

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot 0,41023 - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot 30,93) \quad (2.17)$$

$$\rho_r = 1,0333 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

Untuk komposisi $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{S} - \text{MDEA}$ ($T = 273 + 30,93$, $\alpha_{\text{H}_2\text{S}} = 0,577$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2 \quad (2.16)$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (-0,01903 + 0,000293 \times 303,93) \cdot 0,577 \\ + (0,028774 - 0,00018 \times 303,93) \cdot (0,577)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,0317$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,0317}$$

$$\rho = 1,067 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – CO₂ – MDEA (T = 273 +30,93, $\alpha_{CO_2} = 1,423$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (0,1212 - 0,000004429 \times 303,93) \cdot 1,423$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,1706$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,1706}$$

$$\rho = 1,225 \frac{g}{cm^3}$$

Sehingga densitas H₂O – H₂S – CO₂ – MDEA adalah

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

$$\rho = \frac{1,067 + 1,225}{2} \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho = 1,146 \frac{g}{cm^3}$$

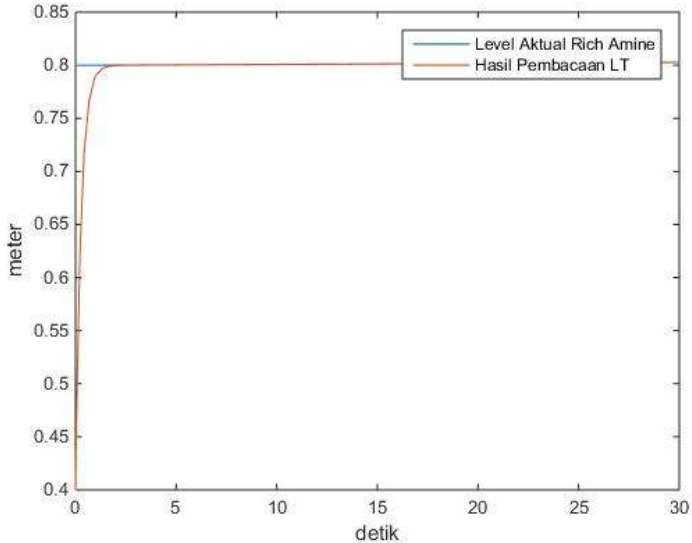
Dengan densitas tersebut maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 63,67 Newton. Dengan asumsi jumlah hidrocarbon sangat sedikit sehingga dapat diabaikan.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0 \text{ m} + 1146 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4)$$

$$F = 63,67 \text{ Newton}$$

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.5. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa level transmitter displacer mengalami error sebesar 0,0125%. Berdasarkan lampiran D, nilai tersebut masih berada dalam batas toleransi pembacaan karena, secara desain, level ransmitter ini memiliki error masukum sebesar 0,2%.



Gambar 4.5 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan H₂S / MDEA 0,577 dan CO₂ / MDEA 1,423

$$Error = \frac{|0,8 - 0,8001|}{0,8}$$

$$Error = 0,0125\%$$

Dari gambar tersebut pula didapati bahwa level transmitter displacer berjalan dengan baik pada saat perbandingan mol H₂S / MDEA dan CO₂ / MDEA adalah sebesar 0,577 dan 1,423. Pada gambar 4.5 tampak bahwa level hasil pengukuran tidak langsung menghasilkan nilai aktual. Hal ini dikarenakan karakteristik dari level transmitter yang berupa sistem orde satu dengan *time constant* sebesar 0,27.

Pada perhitungan selanjutnya level *rich amine* aktual adalah sebesar 0,8008 meter. Sedangkan seluruh perhitungan berikutnya akan digunakan data dari lampiran A. Dengan demikian diketahui persen massa MDEA dalam larutan adalah sebesar 41,023% dengan mol sebesar 9,459 dan mol / 2 nya adalah 4,97295.

Dengan densitas densitas *Lean Amine* adalah sebesar 1033 kg / m³. Maka apabila perbandingan mol CO₂ / MDEA adalah 1,423 serta mol H₂S / MDEA diubah nilainya menjadi 0,0001 maka diperoleh densitas *rich amine* sebesar 1129 kg / m³.

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot 0,41023 - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot 30,93) \quad (2.17)$$

$$\rho_r = 1,0333 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – H₂S – MDEA (T = 273 + 30,93, $\alpha_{H_2S} = 0,0001$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2 \quad (2.16)$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (-0,01903 + 0,000293 \times 303,93) \cdot 0,0001 + (0,028774 - 0,00018 \times 303,93) \cdot (0,0001)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,000007$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,000007}$$

$$\rho = 1,033 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – CO₂ – MDEA (T = 273 +30,93, $\alpha_{CO_2} = 1,423$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (0,1212 - 0,000004429 \times 303,93) \cdot 1,423$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,1706$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,1706}$$

$$\rho = 1,225 \frac{g}{cm^3}$$

Sehingga densitas H₂O – H₂S – CO₂ – MDEA adalah

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

$$\rho = \frac{1,033 + 1,225}{2} \frac{g}{cm^3}$$

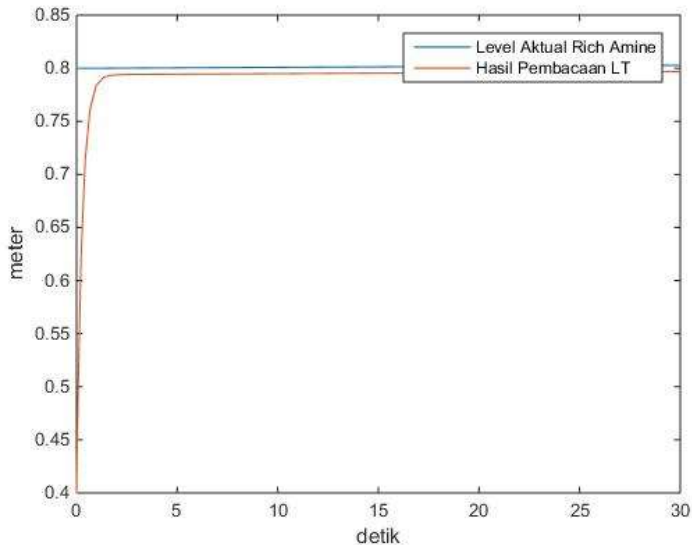
$$\rho = 1,129 \frac{g}{cm^3}$$

Dengan densitas tersebut maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 62,73 Newton. Dengan asumsi jumlah hidrocarbon sangat sedikit sehingga dapat diabaikan.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left(672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0 \text{ m} + 1129 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 \right)$$

$$F = 62,73 \text{ Newton}$$



Gambar 4.6 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan H_2S / MDEA 0,0001

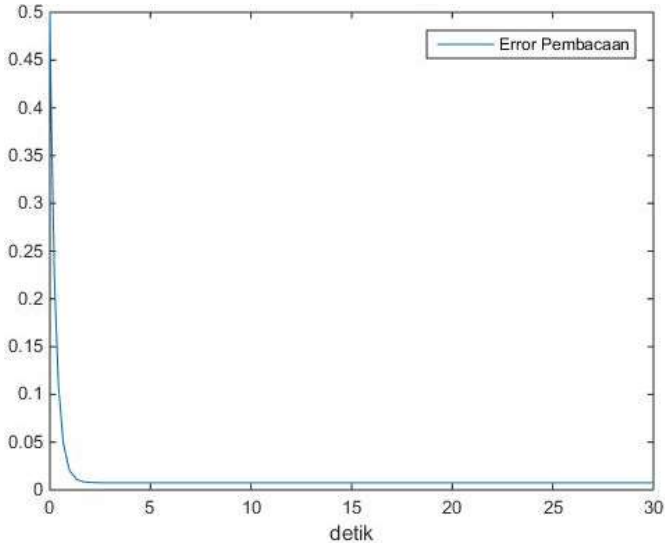
Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.6. Dari gambar ini diperoleh penurunan hasil pembacaan level meskipun level aktual *rich amine* mengalami kenaikan. Adapun penurunan pembacaan level yang terjadi adalah sebesar 0.00598 meter pada saat perbandingan mol H_2S / MDEA mengalami penurunan sebesar 0,5769 menjadi 0,0001. Dengan asumsi mol MDEA adalah konstan sebesar 4,97295 sesuai lampiran A, maka perbandingan mol tersebut setara dengan 2,869 mol H_2S .

$$\frac{\text{mol } \text{H}_2\text{S}}{\text{mol MDEA}} = 0,5769$$

$$\text{mol } H_2S = 0,5769 \times \text{mol } MDEA$$

$$\text{mol } H_2S = 0,5769 \times 4,97295$$

$$\text{mol } H_2S = 2,869$$



Gambar 4.7 Error Hasil Pembacaan Level Kondisi Operasi Pertama Saat H_2S / MDEA 0,0001

Dengan demikian, maka setiap penurunan sebesar 2,869 mol H_2S akan menghasilkan bertambahnya penurunan hasil pembacaan level sebesar 0,00598 meter. Dimana error tersebut setara dengan 0,7467 % dari level aktual seperti yang ditampilkan oleh gambar 4.7. Pada gambar tersebut tampak nilai error menurun pada awal simulasi. Hal ini dikarenakan dampak adanya time constant pada level transmitter sehingga hasil pembacaan membutuhkan waktu untuk memberikan hasil pengukuran.

$$\text{Error} = \frac{|0,8008 - 0,79482|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,00598|}{0,8008}$$

$$Error = 0,007467$$

Sedangkan pada saat jumlah gas CO₂ diubah nilainya menjadi 0,0001 sedangkan gas H₂S dianggap konstan dengan nilai 0,577, diperoleh densitas *rich amine* sebesar 1050 kg / m³. Dengan densitas *Lean Amine* adalah sebesar 1033 kg / m³.

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot 0,41023 - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot 30,93) \quad (2.17)$$

$$\rho_r = 1,0333 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – H₂S – MDEA (T = 273 + 30,93, $\alpha_{H_2S} = 0,577$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2 \quad (2.16)$$

$$\begin{aligned} \ln \frac{\rho}{\rho_r} &= (-0,01903 + 0,000293 \times 303,93) \cdot 0,577 \\ &+ (0,028774 - 0,00018 \times 303,93) \cdot (0,577)^2 \end{aligned}$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,03177$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,03177}$$

$$\rho = 1,067 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – CO₂ – MDEA (T = 273 +30,93, $\alpha_{CO_2} = 0,0001$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (0,1212 - 0,000004429 \times 303,93) \cdot 0,0001$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,00001199$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,00001199}$$

$$\rho = 1,033 \frac{g}{cm^3}$$

Sehingga densitas H₂O – H₂S – CO₂ – MDEA adalah

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

$$\rho = \frac{1,067 + 1,033}{2} \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho = 1,050 \frac{g}{cm^3}$$

Dengan densitas tersebut maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 58,33 Newton. Dengan asumsi jumlah hidrocarbon sangat sedikit sehingga dapat diabaikan.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{m}{s^2} \cdot (672,54 \frac{kg}{m^3} \cdot 0 \text{ m} + 1050 \frac{kg}{m^3} \cdot 0,4)$$

$$F = 58,33 \text{ Newton}$$

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.8. Pada gambar tersebut diperoleh penurunan hasil pembacaan level meskipun level aktual *rich amine* mengalami kenaikan. Adapun penurunan pembacaan level yang terjadi adalah sebesar 0,0337 meter setiap perbandingan mol CO₂ /

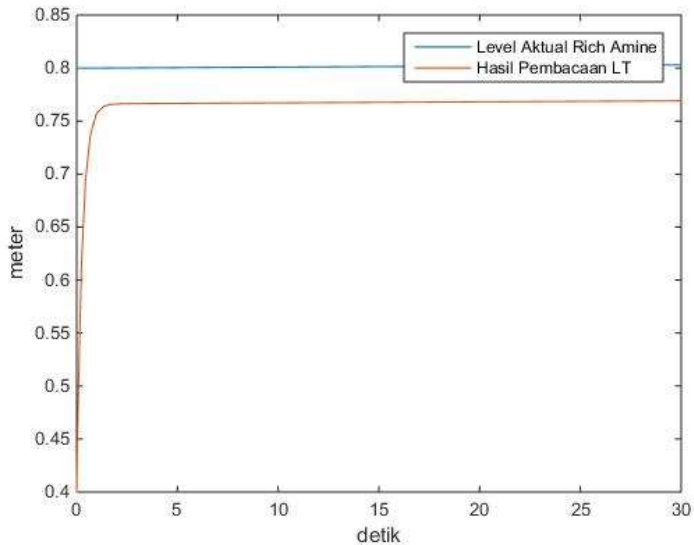
MDEA berkurang sebesar 1,4229. Dengan asumsi MDEA adalah konstan maka perbandingan mol tersebut setara dengan 7,076 mol CO₂.

$$\frac{\text{mol } CO_2}{\text{mol MDEA}} = 1,4229$$

$$\text{mol } CO_2 = 1,4229 \times \text{mol MDEA}$$

$$\text{mol } CO_2 = 1,4229 \times 4,97295$$

$$\text{mol } CO_2 = 7,076$$



Gambar 4.8 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan CO₂ / MDEA 0,0001

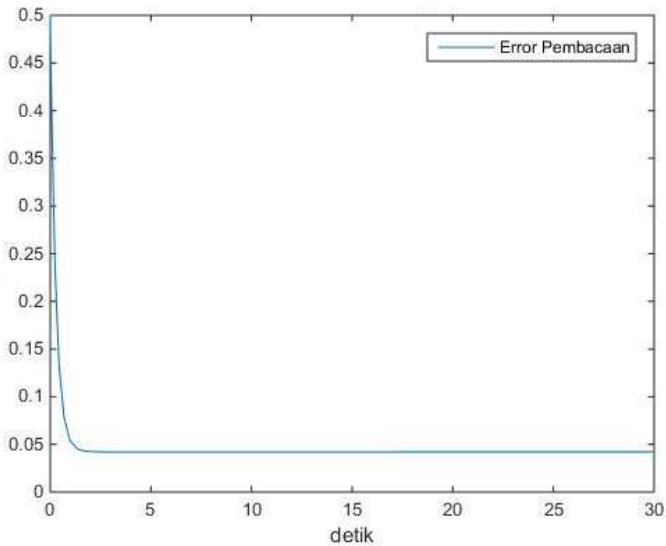
Dengan demikian maka setiap penurunan sebesar 7,076 mol CO₂ akan menghasilkan bertambahnya penurunan hasil pembacaan level sebesar 0,0337 meter. Dimana error tersebut adalah setara dengan 4,208% seperti yang ditampilkan pada gambar 4.9. Pada gambar tersebut tampak nilai error menurun pada

awal simulasi. Hal ini dikarenakan adanya dampak adanya time constan pada level transmitter sehingga hasil pembacaan membutuhkan waktu untuk menmemberikan hasil pengukuran.

$$Error = \frac{|0,8008 - 0,7671|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,0337|}{0,8008}$$

$$Error = 0,04208$$



Gambar 4.9 Error Hasil Pembacaan Level Kondisi Operasi Pertama Saat CO₂ / MDEA 0,0001

Sedangkan pada saat jumlah gas CO₂ dan H₂S diubah nilainya menjadi 0,0001, diperoleh densitas *rich amine* sebesar 1033 kg / m³. Dengan densitas densitas *Lean Amine* adalah sebesar 1033 kg / m³.

$$\rho_r = 1,0244 + 0,0716 \cdot 0,41023 - (6,6101 \cdot 10^{-4} \cdot 30,93) \quad (2.17)$$

$$\rho_r = 1,0333 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – H₂S – MDEA (T = 273 + 30,93, $\alpha_{H_2S} = 0,0001$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2 \quad (2.16)$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (-0,01903 + 0,000293 \times 303,93) \cdot 0,0001 \\ + (0,028774 - 0,00018 \times 303,93) \cdot (0,0001)^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,000007$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,000007}$$

$$\rho = 1,033 \frac{g}{cm^3}$$

Untuk komposisi H₂O – CO₂ – MDEA (T = 273 + 30,93, $\alpha_{CO_2} = 0,0001$)

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (k_{0,0,\rho} + k_{0,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha + (k_{1,0,\rho} + k_{1,1,\rho} \cdot T) \cdot \alpha^2$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = (0,1212 - 0,000004429 \times 303,93) \cdot 0,0001$$

$$\ln \frac{\rho}{\rho_r} = 0,00001199$$

$$\rho = \rho_r \times e^{0,00001199}$$

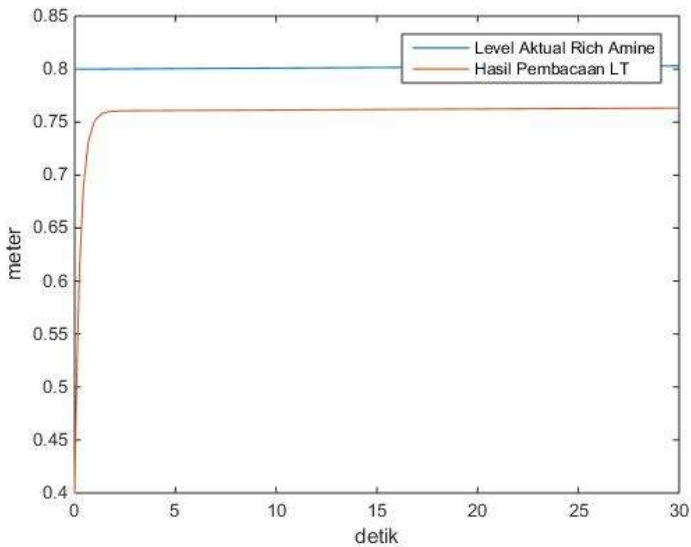
$$\rho = 1,033 \frac{g}{cm^3}$$

Sehingga densitas $H_2O - H_2S - CO_2 - MDEA$ adalah

$$\rho = \frac{\rho_{Am-H_2S} + \rho_{Am-CO_2}}{2} \quad (2.19)$$

$$\rho = \frac{1,033 + 1,033}{2} \frac{g}{cm^3}$$

$$\rho = 1,033 \frac{g}{cm^3}$$



Gambar 4.10 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Pertama dengan H_2S / MDEA dan CO_2 / MDEA Sebesar 0,0001

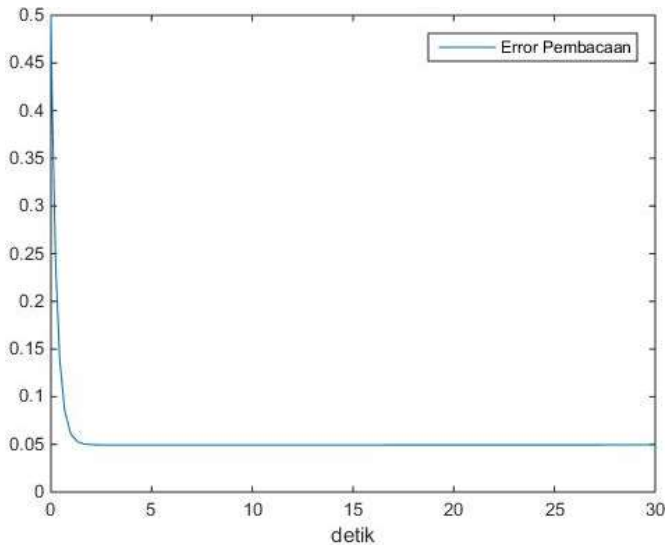
Dengan densitas tersebut maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 57,39 Newton. Dengan asumsi jumlah hidrocarbon sangat sedikit sehingga dapat diabaikan.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0 \text{ m} + 1033 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4)$$

$$F = 57,39 \text{ Newton}$$

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.10. Pada gambar tersebut diperoleh penurunan hasil pembacaan level meskipun level aktual *rich amine* mengalami kenaikan. Adapun penurunan pembacaan level yang terjadi adalah sebesar 0,0396 meter pada saat perbandingan mol H₂S / MDEA dan mol CO₂ / MDEA mengalami penurunan masing – masing sebesar 0,649 dan 1,4229. Dengan demikian maka setiap terjadi penurunan sebesar 2,869 mol H₂S dan 7,076 mol CO₂ akan menghasilkan bertambahnya penurunan hasil pembacaan sebesar 0,0396 meter.



Gambar 4.11 Error Hasil Pembacaan Level Kondisi Operasi Pertama Saat H₂S / MDEA dan CO₂ / MDEA Sebesar 0,0001

Pada gambar 4.11 tampak bahwa setiap penurunan perbandingan mol H₂S / MDEA dan mol CO₂ / MDEA sebesar 0,649 dan 1,4229 maka error akan meningkat sebesar 4,945 %.

Pada gambar tersebut tampak nilai error menurun pada awal simulasi. Hal ini dikarenakan adanya dampak adanya time constant pada level transmitter sehingga hasil pembacaan membutuhkan waktu untuk memberikan hasil pengukuran.

$$Error = \frac{|0,8008 - 0,7612|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,0396|}{0,8008}$$

$$Error = 0,04945$$

Setelah dilakukan analisa pada saat jumlah hidrocarbon berjumlah sangat sedikit maka selanjutnya dilakukan analisa pada kondisi dimana amine flash drum telah beroperasi dalam jangka waktu yang lama. Dengan demikian maka diperoleh jumlah hidrocarbon yang sangat banyak yang dapat mempengaruhi gaya angkat yang dihasilkan. Dengan berubahnya gaya angkat tersebut maka secara otomatis level hasil pembacaan juga akan mengalami perubahan.

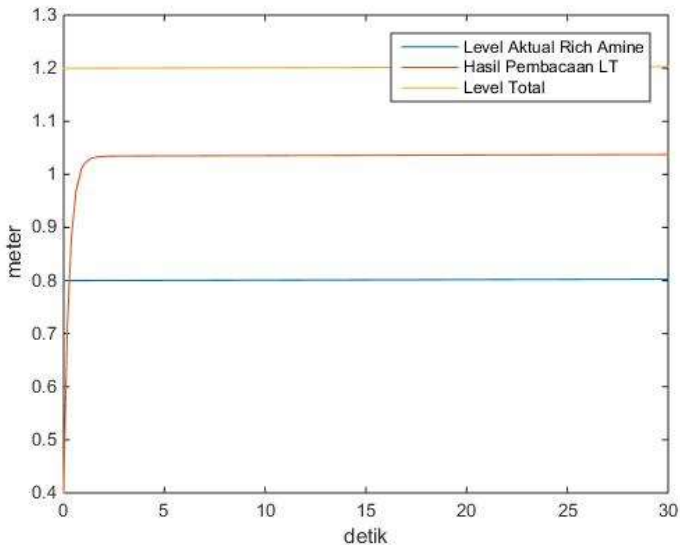
Pada analisa ini, level dari *rich amine* masih sama dengan level yang digunakan pada analisa pada subab 4.1 yakni sebesar 0,8 meter dari dasar vessel. Sedangkan level hidrocarbon yang digunakan pada analisa ini adalah sebesar 0,4 meter dihitung dari permukaan hidrocarbon hingga *interface* antara hidrocarbon dan *rich amine*. Dengan demikian maka displacer akan sepenuhnya tercelup. Hal ini ditujukan agar diperoleh hasil pengukuran yang memuaskan (Liptak, 2003).

Sama seperti analisa sebelumnya nilai perbandingan mol H_2S / MDEA dan CO_2 / MDEA mula – mula yang digunakan adalah sebesar 0,577 dan 1,423. Maka densitas *rich amine* yang diperoleh adalah sebesar $1146 \text{ kg} / \text{m}^3$. Dengan densitas hidrocarbon sebesar $672,54 \text{ kg} / \text{m}^3$. Serta level *rich amine* sebesar 0.8 meter dan level hidrocarbon adalah sebesar 0,4 meter dari *level interface*, maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 101,038 Newton.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left(672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 \text{ m} + 1146 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 \right)$$

$$F = 101,038 \text{ Newton}$$



Gambar 4.12 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua dengan H_2S / MDEA Sebesar 0,577 dan CO_2 / MDEA Sebesar 1,423

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.12. Pada gambar ini tampak bahwa hasil pengukuran oleh level transmitter memiliki nilai yang jauh lebih besar dari level *rich amine* aktual yakni 1,0352 meter. Dengan demikian maka error yang dihasilkan akibat terakumulasinya hidrocarbon adalah 29,27%.

$$\text{Error} = \frac{|0,8008 - 1,0352|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,2344|}{0,8008}$$

$$Error = 29,27\%$$

Sedangkan pada saat nilai perbandingan mol H₂S / MDEA dan CO₂ / MDEA yang digunakan adalah sebesar 0,0001 dan 1,423. Maka densitas *rich amine* yang diperoleh adalah sebesar 1129 kg / m³. Dengan densitas hidrocarbon sebesar 672,54 kg / m³. Serta level *rich amine* sebesar 0,8 meter dan level hidrocarbon adalah sebesar 0,4 meter dari *level interface*, maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 100,09 Newton.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 \text{ m} + 1129 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4)$$

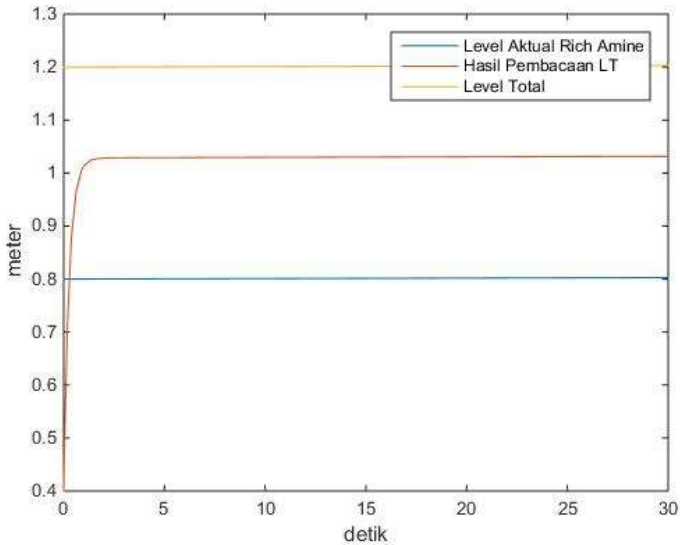
$$F = 100,09 \text{ Newton}$$

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.13. Pada gambar ini tampak bahwa hasil pengukuran oleh level transmitter memiliki nilai yang jauh lebih besar dari level *rich amine* aktual yakni 1,0294 meter. Dengan demikian maka error yang dihasilkan akibat terakumulasinya hidrocarbon adalah 28,55 %.

$$Error = \frac{|0,8008 - 1,0294|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,2286|}{0,8008}$$

$$Error = 28,55\%$$



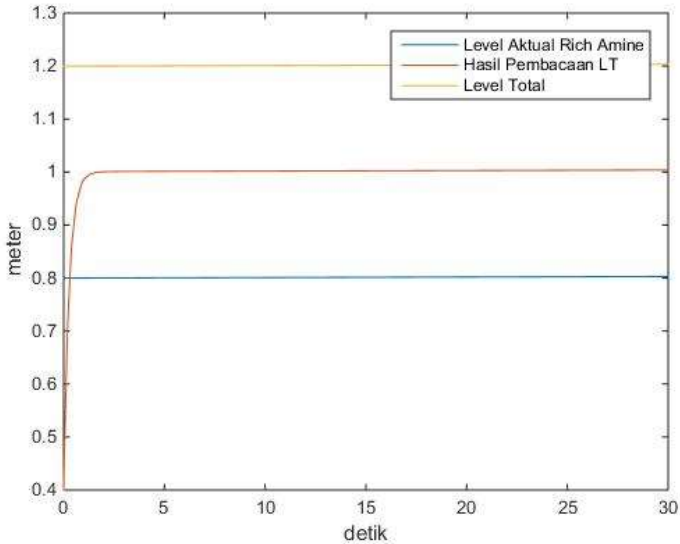
Gambar 4.13 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua dengan H₂S / MDEA 0,0001

Sedangkan pada saat nilai perbandingan mol H₂S / MDEA dan CO₂ / MDEA yang digunakan adalah sebesar 0,577 dan 0,0001. Maka densitas *rich amine* yang diperoleh adalah sebesar 1050 kg / m³. Dengan densitas hidrocarbon sebesar 672,54 kg / m³. Serta level *rich amine* sebesar 0,8 meter dan level hidrocarbon adalah sebesar 0,4 meter dari *level interface*, maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 95,7 Newton.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 \text{ m} + 1050 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4)$$

$$F = 95,7 \text{ Newton}$$



Gambar 4.14 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua Dengan CO₂ / MDEA 0,0001

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.14. Pada gambar ini tampak bahwa hasil pengukuran oleh level transmitter memiliki nilai yang jauh lebih besar dari level *rich amine* aktual yakni 1,0017 meter. Dengan demikian maka error yang dihasilkan akibat terakumulasinya hidrocarbon adalah 25,08 %.

$$Error = \frac{|0,8008 - 1,0017|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,2009|}{0,8008}$$

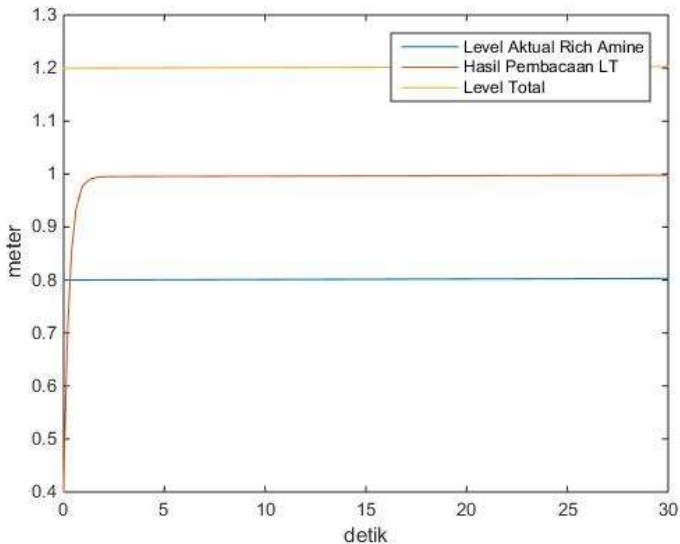
$$Error = 25,08 \%$$

Sedangkan pada saat nilai perbandingan mol $\text{H}_2\text{S} / \text{MDEA}$ dan $\text{CO}_2 / \text{MDEA}$ yang digunakan adalah sebesar 0,0001 dan 0,0001. Maka densitas *rich amine* yang diperoleh adalah sebesar $1033 \text{ kg} / \text{m}^3$. Dengan densitas hidrocarbon sebesar $672,54 \text{ kg} / \text{m}^3$. Serta level *rich amine* sebesar 0,8 meter dan level hidrocarbon adalah sebesar 0,4 meter dari *level interface*, maka gaya angkat yang dihasilkan adalah 94,78 Newton.

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4 \text{ m} + 1033,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,4)$$

$$F = 94,776 \text{ Newton}$$



Gambar 4.15 Hasil Simulasi Kondisi Operasi Kedua dengan $\text{H}_2\text{S} / \text{MDEA}$ dan $\text{CO}_2 / \text{MDEA}$ Sebesar 0,0001

Dari gaya angkat tersebut diperoleh hasil simulasi yang ditunjukkan oleh gambar 4.15. Pada gambar ini tampak bahwa hasil

pengukuran oleh level transmitter memiliki nilai yang jauh lebih besar dari level *rich amine* aktual yakni 0,9959 meter. Dengan demikian maka error yang dihasilkan akibat terakumulasinya hidrocarbon adalah 24,36 %.

$$Error = \frac{|0,8008 - 0,9959|}{0,8008}$$

$$Error = \frac{|0,19507|}{0,8008}$$

$$Error = 24,36 \%$$

Setelah diketahui bahwa kinerja level transmitter saat ini tidak memberikan hasil yang memuaskan maka dilakukan perubahan pada model matematis level transmitter. Perubahan ini berupa perubahan range input dari level transmitter sehingga menjadi lebih sempit.

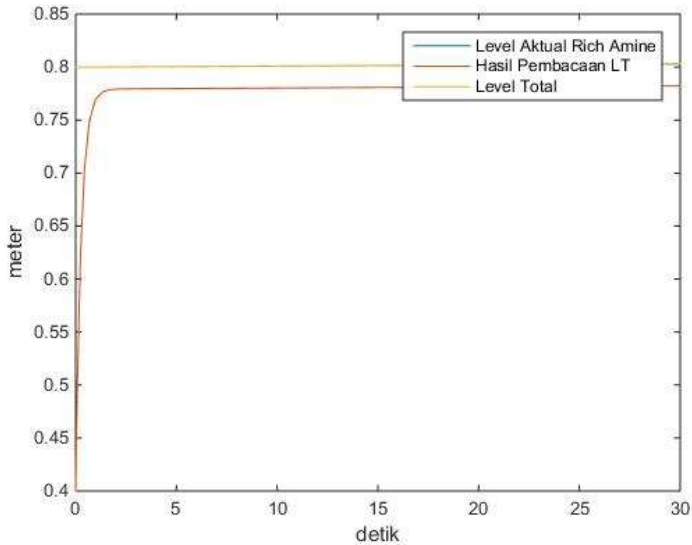
Untuk meningkatkan kinerja level transmitter displacer pada kondisi operasi pertama, maka dapat dilakukan pengubahan densitas *rich amine* menjadi yang lebih rendah. Karena error maksimal diperoleh pada saat nilai densitas *rich amine* adalah sebesar 1033,3 kg / m³ yang ditunjukkan pada gambar 4.10 dan densitas maksimal *rich amine* adalah 1146 kg / m³, maka densitas yang digunakan untuk kalibrasi adalah densitas diantara kedua nilai tersebut, yakni

$$\rho = \frac{(1146 + 1033,3)}{2} \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 1089,65 \text{ kg/m}^3$$

Sehingga persamaan 3.5 harus ditulis ulang karena berubahnya densitas fluida yang digunakan untuk melakukan kalibrasi dan diperoleh persamaan 4.1 yakni

$$LT = (0,006607 \text{ m/N}). (F - 0) + 0.4 \quad (4.1)$$



Gambar 4.16 Hasil Peningkatan Kinerja Kondisi Operasi Pertama H₂S / MDEA dan CO₂/ MDEA Sebesar 0,0001

Dengan nilai perbandingan mol H₂S / MDEA dan CO₂ / MDEA adalah sebesar 0,0001 diperoleh hasil sebagai berikut. Dari gambar 4.16 diperoleh hasil berupa semakin mendekatinya level hasil pembacaan oleh level transmitter yakni 0,7803. Dengan demikian, untuk simulasi yang sama dengan gambar 4.10 namun dengan range yang lebih sempit diperoleh error yang lebih rendah yakni 2,56 %.

$$Error = \frac{|0,8008 - 0,7803|}{0,8008}$$

$$Error = 2,56\%$$

Pada kondisi operasi kedua, keberadaan hidrocarbon akan dianggap sebagai pengganggu. Dengan demikian maka gaya angkat yang dihasilkan oleh keberadaan hidrocarbon tersebut akan

dihilangkan. Adapun gaya angkat yang dihasilkan pada kondisi ini adalah sebesar

$$F = A \cdot g \cdot (\rho_1 \cdot h_1)$$

$$F = 0,01389 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (672,54 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0,8 \text{ m})$$

$$F = 74,72 \text{ Newton}$$

Dengan demikian maka persamaan 4.1 dapat ditulis ulang dengan mengganti nilai gain dan minus 0 dengan gaya angkat hasil perhitungan diatas, sehingga diperoleh.

$$LT = (0,01726 \text{ m/N}) \cdot (F - 74,72) + 0.4 \quad (4.2)$$

Sehingga dengan gaya angkat sebesar 94,776 Newton yang diperoleh sebelumnya, diperoleh hasil pembacaan level sebesar 0,7462.

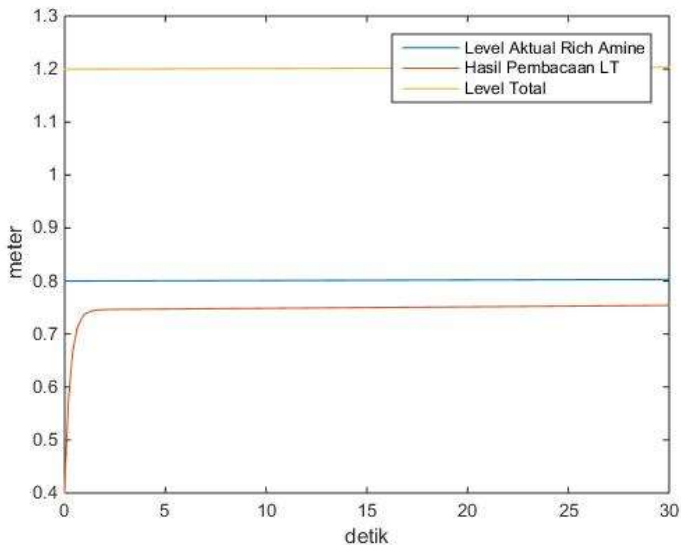
$$LT = (0,01726 \text{ m/N}) \cdot (94,776 - 74,72) + 0.4$$

$$LT = 0,7462 \text{ m}$$

Adapun hasil simulasi dengan menggunakan persamaan diatas ditampilkan oleh gambar 4.17. Dengan hasil pembacaan oleh level transmitter sebesar 0,7462 meter, maka error pembacaan adalah sebesar 6,82%.

$$\text{Error} = \frac{|0,8008 - 0,7484|}{0,8008}$$

$$\text{Error} = 6,82 \%$$



Gambar 4.17 Hasil Peningkatan Kinerja Kondisi Operasi Kedua H_2S / MDEA dan CO_2 / MDEA Sebesar 0,0001

4.2. Pembahasan

Dari hasil simulasi yang ditampilkan oleh gambar 4.6 hingga 4.8 diperoleh turunya hasil pengukuran meski level aktual *rich amine* mengalami kenaikan. Hal ini serupa dengan kondisi dilapangan dimana hasil pengukuran oleh displacer level transmitter bernilai lebih kecil dari level aktual yang dilihat pada *sight glass*. Penurunan hasil pengukuran ini disebabkan oleh berbedanya densitas fluida yang bekerja pada saat beroperasi dengan fluida yang digunakan pada saat dilakukan kalibrasi. Pada saat mol H_2S turun sebesar 2,869 maka densitas akan turun menjadi $1129,4 \text{ kg / m}^3$ dan menyebabkan error hasil pengukuran sebesar 0,7467 %. Sedangkan saat mol CO_2 turun sebesar 7,076 maka densitas akan turun menjadi 1050 kg / m^3 dan menyebabkan error hasil pengukuran sebesar 4,208 %. Pada saat mol H_2S dan CO_2 turun sebesar 2,869 dan 7,076 maka densitas akan turun menjadi $1033,3 \text{ kg / m}^3$ dan menyebabkan error hasil pengukuran sebesar

4,945 %. Meski error yang dihasilkan tampak kecil namun apabila dibandingkan dengan akurasi yang tertera pada data sheet level transmitter displacer pada lampiran D yakni 0,2%, maka error yang dihasilkan sebagai akibat berubahnya komposisi *rich amine* menjadi sangat besar. Dengan inakurasi sebesar 0,2% maka error yang seharusnya terjadi adalah sebesar 1,6 mm. Namun dengan adanya perubahan jumlah H_2S dan CO_2 maka dihasilkan error dengan rentang 0,7467 % hingga 4,945 % atau setara dengan 5,97 mm hingga 39,59 mm. Sedangkan pengukuran level dilakukan pada rentang 800 mm hingga 1200 mm. Penurunan densitas ini terjadi karena jumlah H_2S dan CO_2 yang diikat oleh MDEA mengalami penurunan. Dengan semakin sedikit jumlah atom gas asam yang diikat maka menyebabkan massa molekul *rich amine* juga semakin turun. Dengan demikian maka pada volume molar yang tetap menyebabkan densitas molar juga akan menurun. Sehingga densitas larutan juga akan menurun.

Sedangkan pada saat dilakukan pengujian pada kondisi kedua dimana hidrocarbon telah banyak terakumulasi, diperoleh hasil pembacaan dengan error berturut – turut sebesar 29,27 %, 28,55 %, 25,08 %, 24,36 %. Hal ini disebabkan oleh banyaknya hidrocarbon yang terakumulasi dalam amine flash yang menyebabkan gaya yang bekerja pada bagian bawah displacer juga mengalami peningkatan. Dengan demikian maka hasil pembacaan *level interface* akan menghasilkan nilai yang lebih besar dari level yang seharusnya.

Agar level transmitter tersebut dapat menghasilkan nilai level *rich amine* yang sesuai dengan level aktual, baik pada kondisi pertama dan kedua, maka densitas fluida yang digunakan untuk kalibrasi harus diubah. Perubahan tersebut dilakukan dengan cara melakukan pengukuran terhadap densitas *rich amine* saat ini yang kemudian densitas tersebut digunakan untuk mengkalibrasi level transmitter displacer. Selain itu, untuk memperoleh hasil yang lebih akurat pada kondisi operasi yang kedua, dapat dilakukan dengan cara memperkecil range input level transmitter. Dari hasil tersebut diperoleh penurunan error menjadi 2,56 % dan 6,82 %.

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari dilakukannya penelitian Tugas Akhir ini, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

- a. Parameter proses yang mengakibatkan tidak sesuaiya hasil pembacaan level transmitter displacer dengan level aktual *rich amine* adalah jumlah H₂S dan CO₂. Dengan semakin besarnya kedua parameter tersebut maka densitas *rich amine* juga akan meningkat. Sebaliknya, semakin kecil nilai kedua parameter tersebut maka densitas *rich amine* juga akan berkurang. Dengan demikian maka hasil pengukuran level menjadi tidak akurat. Selain itu adanya hidrocarbon dalam jumlah yang cukup besar juga dapat mempengaruhi hasil pembacaan.
- b. Peningkatan kinerja level trasnmitter displacer dapat dicapai dengan cara memperkecil range input level trasnmitter dengan cara mengubah fluida yang digunakan untuk kalibrasi yang semula hanya menggunakan *rich amine* menjadi *rich amine* dan hidrocarbon.

5.2. Saran

Dari dilakukannya penelitian Tugas Akhir ini, diperoleh saran berupa dilakukannya kalibrasi dengan menggunakan dua buah fluida yakni *rich amine* dan hidrocarbon untuk memperkecil range input level transmitter.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Shokouhi, M., Jalili, A. H., & Sam, F. (2015). Experimental investigation of the density and viscosity of CO₂-loaded aqueous alkanolamine solutions. *Fluid Phase Equilibria*, 404, 96 - 108.
- Weiland, R. H., Dingman, J. C., Cronin, D. B., & Browning, G. J. (1998). Density and Viscosity of Some Partially Carbonated Aqueous Alkanolamine Solutions and Their Blends. *J. Chem. Eng. Data*(43), 378 - 382.
- Abukashabeh, A. S., Alhseinat, E., & Banat, F. (2014). Thermophysical Properties of Fresh and Lean Thermally Degraded N-Methyldiethanolamine. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* , 317 - 323.
- API Spec 12J (1989).
- Aroonwilas, A., & Veawab, A. (2004). Characterization and Comparison of the CO₂ Absorption Performance into Single and Blended Alkanolamines in a Packed Column. *Ind. Eng. Chem*, 2228 - 2237.
- Backi , C. J., & Skogestad, S. (2017). A simple dynamic gravity separator model for separation efficiency evaluation incorporating level and pressure control. *American Control Conference*, 2823 - 2828.
- Bahadori, A. (2014). *Natural Gas Processing Technology and Engineering Design*. Elsevier.
- Bentley, J. P. (2005). *Principles of Measurement Systems*. Prentice Hall.
- Edward, J. E. (t.thn.). *Best Practices for Level Measurement*. Dipetik 16 Minggu, 2018, dari https://www.chemicalprocessing.com/assets/wp_downloads/pdf/level-management-ehandbook.pdf
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar*. Jakarta: Erlangga.
- Kohl, A. L., & Nielsen, R. B. (t.thn.). *Gas Purification*. Texas: Gulf Publishing Company.

- Liptak, B. G. (2003). *Instrument Engineer's Handbook : Process Measurement and Analysis*. The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
- Martyn, K. (2006). Level Measurement in Bridges. *Process West*, 50.
- Mokhatab, S., Mak, J. Y., & Poe, W. A. (2019). *Handbook of Natural gas transmission and Processing*. Elsevier.
- Mondal, B. K., Bandyopadhyay, S. S., & Samanta, N. A. (2017). Experimental measurement and Kent-Eisenberg modelling of CO₂ solubility in aqueous mixture of 2-amino-2-methyl-1-propanol and hexamethylenediamine. *Fluid Phase Equilibria*, 118 - 126.
- Ogata, K. (2002). *Modern Control Engineering*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Shokouhi, M., & Ahmadi, R. (2016). Measuring the density and viscosity of H₂S-loaded aqueous methyldiethanolamine solution. *J. Chem. Thermodynamics*, 228 - 236.
- Stephanopoulos, G. (1984). *Chemical Process Control : An Introduction To Theory And Practice*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Stewart, M., & Arnold, K. (2011). *Gas Sweetening and Processing Field Manual*. Elsevier.
- Vaidya, P. D., & Kenig, E. Y. (2007). CO₂-Alkanolamine Reaction Kinetics : A Review of Recent Studies. *Chem. Eng. Technol.*, 1467 - 1474.

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN NILAI α_0

Komposisi	% mol	Berat Molekul	% mole x Berat Molekul	% berat
C1	0.0159	16	0.2544	0.009%
C2	0.0027	30	0.162	0.006%
C3	0.0018	44	0.2376	0.008%
C4	0,0001	58	0.0232	0.001%
N-C4	0,0001	58	0	0.000%
C5	0	72	0	0.000%
N-C5	0	72	0	0.000%
C6	0	86	0	0.000%
C7	0	100	0	0.000%
C8	0	114	0	0.000%
C9	0	128	0	0.000%
C10	0	142	0	0.000%
C11	0	156	0	0.000%
H2S	0.2244	34	7.6296	0.264%
N2	0	14	0	0.000%
CO2	3.0364	44	133.6016	4.625%
H2O	86.7726	18	1561.907	54.065%
AMINE	9.9459	119.16	1185.153	41.023%

Temperatur = 30,93 °C

Densitas = 1046.347 kg / m³

Dari hasil konversi tersebut diperoleh persen massa dari aliran masuk. Adapun nilai α diperoleh dari penjumlahan persen berat molekul yang terkandung dalam *rich amine* yakni H₂S, CO₂, H₂O dan Amine.

$$\alpha_o = \% \text{ berat}_{H_2S} + \% \text{ berat}_{CO_2} + \% \text{ berat}_{AMINE} \\ + \% \text{ berat}_{H_2O}$$

$$\alpha_o = 0.99977$$

Untuk memperoleh hasil pencampuran yang sama, maka jumlah mol Amine dibagi menjadi dua yang masing – masing digunakan dalam sistem ternary sehingga,

$$\text{mol Amine} = \frac{9.9459}{2}$$

$$\text{mol Amine} = 4,97295$$

Sehingga perbandingan mol H2S dengan Amine dalam sistem ternary H2O – H2S – MDEA adalah

$$\alpha_{H_2S} = \frac{\text{mol } H_2S}{\text{mol Amine}}$$

$$\alpha_{H_2S} = \frac{0.2244}{4,97295}$$

$$\alpha_{H_2S} = 0.022562$$

Sedangkan perbandingan mol CO2 dengan Amine dalam sstem ternary H2O – CO2 – MDEA adalah sebagai berikut

$$\alpha_{CO_2} = \frac{\text{mol } CO_2}{\text{mol Amine}}$$

$$\alpha_{CO_2} = \frac{3.0364}{4,97295}$$

$$\alpha_{CO_2} = 0.305292$$

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN NILAI α_i

Komposisi	% mol	Berat Molekul	% mole x Berat Molekul	% berat
C1	0.1176	16	1.8816	0.065%
C2	0.0123	30	0.738	0.026%
C3	0.0083	44	1.0956	0.038%
C4	0.0008	58	0.1856	0.006%
N-C4	0.001	60	0.24	0.008%
C5	0.0004	74	0.148	0.005%
N-C5	0.0002	76	0.076	0.003%
C6	0,0001	90	0.054	0.002%
C7	0,0001	104	0.0728	0.003%
C8	0	118	0	0.000%
C9	0	132	0	0.000%
C10	0	146	0	0.000%
C11	0	160	0	0.000%
H2S	0.2244	34	7.6296	0.264%
N2	0.001	14	0.028	0.001%
CO2	3.0353	44	133.5532	4.622%
H2O	86.6652	18	1559.974	53.990%
AMINE	9.9335	119.16	1183.676	40.967%

Dari hasil konversi tersebut diperoleh persen massa dari aliran masuk. Adapun nilai α diperoleh dari penjumlahan persen berat molekul yang terkandung dalam *rich amine* yakni H2S, CO2, H2O dan Amine.

$$\alpha_i = \% \text{ berat}_{H_2S} + \% \text{ berat}_{CO_2} + \% \text{ berat}_{AMINE} + \% \text{ berat}_{H_2O}$$

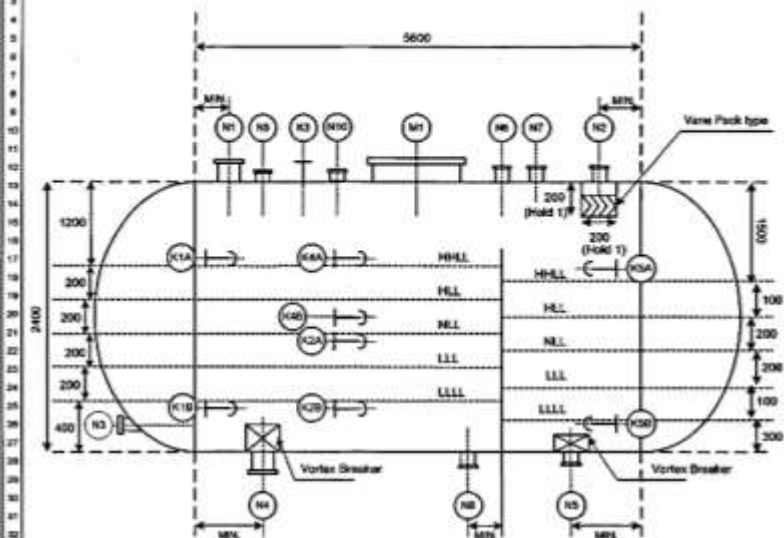
$$\alpha_i = 0.99845$$

LAMPIRAN C

SPESIFIKASI AMINE FLASH DRUM

1	Item No.	135-V-10		
2	Service	Amine Flash Drum		
3	No. of Required	1		
4	OPERATING CONDITION			
5	Fluid	Cool Rich Ucarsol		
6	Pressure	6.05 barg		
7	Temperature	30.9 °C		
8		Vapor	Light Liquid (Note 4)	Heavy Liquid
9	Flow (Max/Min) kg/hr	48.0 / 15.2	544.2 / 216.3	54418.1 / 21630.2
10	Density kg/m ³	5.15	672.54	1145.8
11	Viscosity cP	0.01	0.371	10
12	Mol. Weight	19.80	48.04	29.94
13	Surf. Tens. dyne/cm			
14	DESIGN CONDITION			
15	Special Service	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes (Sour)		
16	Cyclic Service	<input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Yes		
17	Inside Diameter	2400 mm		
18	Length (TL-TL)	5600 mm		
19	Design Pressure	8 barg / Full Vacuum		
20	Design Temperature Max/Min	65 / 0 °C (Note 5)		
21	Control Range Req'd	Left Side Weir	Right Side Weir	
22		HLL (mm)	1000	800
23		NLL (mm)	800	600
24		LLL (mm)	600	400
25	Vacuum Condition	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes 100 %vacuum @ 65 °C		
26		0 °C	@	0 barg
27	MDMT			
28	Test Pressure	barg		
29	Corrosion Allowance	mm		
30	Post Weld Heat Treatment	<input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> Code		
31	Radiography	<input checked="" type="checkbox"/> Full <input type="checkbox"/> Min. Spot%		
32		<input type="checkbox"/> No		
33	Head Type	<input checked="" type="checkbox"/> 2:1 Ellips <input type="checkbox"/> Hemisphere		
34		<input type="checkbox"/> Disk <input type="checkbox"/>		
35	MATERIAL			
36	Shell	NACE CS + SS 316 L Cladding		
37	Head	NACE CS + SS 316 L Cladding		
38	Demister	SS 316 L (Vane Pack type)		
39	Internal (Removable)	SS 316 L		
40	Internal (Non-removable)	SS 316 L		
41				
42	Insulation	<input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Hot		
43		<input type="checkbox"/> Cold <input type="checkbox"/> PP		
44		Thickness : mm		
45	Fire Proof	<input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Yes		
46	 in		

1 Item No. : 135-V-10
 2 Service : Amine Flash Drum



3) ALL UNITS IN MM

4) DRAWING NOT TO SCALE

NOZZLE SCHEDULE

Mark	Quantity	Size	Rating/Facing	Description	Remarks
N1	1	6"	150# WNRF	Main Feed Inlet	
N2	1	4"	150# WNRF	Vapor Outlet	
N3	1	4"	150# WNRF	Utility Connection	
N4	1	6"	150# WNRF	Amine Outlet	
N5	1	4"	150# WNRF	Oil Outlet	
N6	1	4"	150# WNRF	Vent	
N7	1	4"	150# WNRF	Relief valve (Hold 2)	
N8	1	4"	150# WNRF	Drain	
N9	1	4"	150# WNRF	Feed Inlet	
N10	1	4"	150# WNRF	Blanketing Gas Inlet	
M1	1	24"	150# WNRF	Manway	
K1 AS	2	4"	150# WNRF	Level Bridge	
K2 AS	2	4"	150# WNRF	Level Switch (LL)	
K3	1	4"	150# WNRF	Pressure Transmitter	
K4 AS	2	4"	150# WNRF	Level switch (HH)	
K5 AS	2	4"	150# WNRF	Level gauge	

LAMPIRAN D

SPESIFIKASI LEVEL TRANSMITTER DISPLACER

invensys.	Invensys Process System (5) Pte Ltd		PROJECT: UANG PANGRAH DEVELOPMENT PROJECT			
	INSTRUMENT DATA SHEET LEVEL TRANSMITTER (BOUYANCY)		Customer: PT INS KARYA PERBADA TERBUK		Sheet: 8 of 18	
GENERAL	RAO I/P SERVICE	155-03-178				
	TYPE OF LOOP	155-0-19				
	COBOLIVE COMPOUND	SCS				
	SONDS	-				
	PRESSURE (BAR/G)	OPERATING	4.58	DESIGN	6.7V	
TEMPERATURE (DEG C)	OPERATING	30.7	DESIGN	45.0		
UPPER FLUID	FLUID	-				
	STATE	-				
	DENSITY AT CONDITIONS (KG)	-				
LOWER FLUID	VELOCITY AT CONDITIONS (C/P)	-				
	FLUID	Rich Uranium				
	STATE	Liquid				
BODY	DENSITY AT CONDITIONS (KG)	1.148				
	VELOCITY AT CONDITIONS	-				
	BODY MATERIAL	Stainless Steel 316L, NACE				
	CONNECTION SIZE AND RATING	2" #15000 Aust Class 150M				
	CONNECTION POSITION	Side Side				
	CURVED CORNER (C-C)	800	mm			
	WEARABLE HEAD	COOLING EX.	-	YES	-	
DISPLACER ELEMENT	DRAIN CONNECTION	3/4" 150 # 8FMS				
	VENT CONNECTION	3/4" 150 # 8FMS				
	SIZE	800	mm			
	MATERIAL	Stainless Steel 316L, NACE				
DISPLACER EXTENSION		316				
TORQUE TUBE	TYPE	STD				
	MATERIAL	INCONEL 685, NACE				
INSTRUMENT	TYPE	ELECTRONIC				
	FUNCTION	TRANSMITTER + INDICATOR				
	ACTION	DIRECT				
	LOCAL INDICATOR	YES				
	SCALE	LCD (DIGITAL)				
	RANGE	0-100 %				
	ENCLOSURE	IP65				
	WELDED CONSTRUCTION	API 6E Exposed to Atmos. Zone 1, IIC 1a				
	OUTPUT SIGNAL	4-20 mA (HART)				
TECHNOLOGY	2 WIRE TYPE DEVICE					
ELECTR. CONNECTIONS	M20 x 1.5 without cable gland					
MANUFACTURER	ROXBORO - EKARDE					
MODEL NUMBER	144D-0185AD10PWH-AL138 154D-00330005A-L150EPE7090 154D-0031204003-L150EPE7090 154P-02FR-L150EPE7090 154P-02FR-L150EPE7090					

TECHNICAL DATA

Data refer to the sensor material Type 316L (1.4404)

Explosion protection certificates must be observed!

Input / Output

Measuring ranges	50 mm to 50 m upper and lower range value continuously adjustable
Standard lengths of Displacer (104DE)	300 .. 3000 mm, 14 .. 120 in; further lengths on request
Weight of displacer ¹⁾	max. 25 N
Measuring span	2 .. 20 N contin. adjustable (to 1 N on request)
Span ratio	
Turn-down	1:1 .. 1:10 (1:20 on request)
Accuracy ²⁾	± 0.2 % ; increased accuracy with customized adjustment
Transfer function	linear or customized with up to 32 setpoints ³⁾
Configuration	- with local push buttons and LCD - Digital (see communication ...)
Local display	LCD 5 digits, configurable in %, mA or phys. units
Load	$R_{load} = (U_b - 12V) / 23 mA$

Communication HART

Connection	Two-wire system
Supply voltage U_b	12 .. 42 V DC ⁴⁾ , $V_{bat} \leq 1\%$
Current sink	max. 23 mA
Signal range	4 .. 20 mA
Operating range	3.8 .. 21 mA
Digital communication	HART Protocol, 1200 Baud
Hand held terminal	HHT 901
PC Software	PC20 / ABO091
Hardware	HART Modem-MOD091 for PC
Min. load	250 Ω
Failure handling	
Substitute value	last value or safety value
Safety value	3.8 .. 23 mA, adjustable
Reset substitute value	automatically or manual
Select messages	Internal calibration failed, Pressure peaks $\geq 150\%$, Data access failed, Over range $\geq 110\%$, Ambient temp. out of limits, Process temp. out of limits, Measuring range invalid

Communication FoxCom

Connection	Two-wire system
Supply voltage U_b	12 .. 42 V DC ⁴⁾ , $V_{bat} \leq 1\%$
Current sink	max. 23 mA
Analog mode	
Signal range	4 .. 20 mA
Operating range	3.8 .. 21 mA
Digital mode	
Digital communication	FoxCom protocol, 4800 Baud
Hand held terminal	HHT
PC software	PC20 / ABO091
Hardware	FoxCom Modem for PC
Min. load	200 Ω
Output current	approx. 12 mA constant
Failure handling	
Substitute value	safety value
Safety value	3.8 or 23 mA
Reset substitute value	automatically or manual after ambient temp. out of limits or process temp. out of limits
Select messages	Pressure peaks $\geq 150\%$ ⁵⁾ , Ambient temp. out of limits, Process temp. out of limits

Communication PROFIBUS PA

Connection	twisted and shielded two wire cable acc. to recommendation based on IEC 1158-2
Supply voltage U_b	9 .. 32 V DC ⁴⁾ , $V_{bat} \leq 1\%$
Operating current	10.5 mA \pm 0.5 mA (base current)
Digital communication	PROFIBUS PA protocol, acc. to class B profile, EN 50170 and DIN 19245 part 4
Signal amplitude	± 8 mA
Fault current	≤ 13 mA
Operating values	according to IEC 1158-2
Bus connection	Fieldbus interface based on IEC 1158-2
Power supply	Power supply is achieved de- pendent on the application by means of segment coupler
GSD file	the actual file can be down- loaded from our homepage
Configuration	
Software	PC20 for PC
Hardware	PC- or PC/MCIA-interfaces from Softing
Control systems	PROFIBUS PA compatible
Failure handling	
Substitute value	last value or safety value
Safety value	adjustable -110 .. +110 % of out
Reset substitute value	automatically or manual
Select messages	Internal calibration failed, Sensor value out of range Memory access failed Measuring range out of sensor range Ambient temp. out of limits, Process temp. out of limits, Measuring range invalid

1) For measurement of interface or density
weight ≥ 25 N + buoyant force at lowest density

2) Accuracy acc. ANSI/ISA - 88.1.1 - 1978

3) Customized suit with FoxCom

4) Reset of substitute value after pressure points automatically

5) With explosionproof device: 9 .. 24 V

6) With explosionproof device: 12 .. 30 V

LAMPIRAN E
KONVERSI %MOL MENJADI % MASSA LEAN AMINE

Senyawa	<i>Lean Amine</i>		
	% Mol	Massa (g)	% Massa
C1	0	0	0.000%
C2	0	0	0.000%
C3	0	0	0.000%
C4	0	0	0.000%
N-C4	0	0	0.000%
C5	0	0	0.000%
N-C5	0	0	0.000%
C6	0	0	0.000%
C7	0	0	0.000%
C8	0	0	0.000%
C9	0	0	0.000%
C10	0	0	0.000%
C11	0	0	0.000%
H2S	0.0024	0.0816	0.003%
N2	0	0	0.000%
CO2	0.0486	2.1384	0.075%
H2O	89.7425	1615.365	57.004%
AMINE	10.2065	1216.207	42.918%
Total	100	2833.792	100

Untuk memperoleh hasil pencampuran yang sama, maka jumlah mol Amine dibagi menjadi dua yang masing – masing digunakan dalam sistem ternary sehingga,

$$mol\ Amine = \frac{10.2065}{2}$$

$$mol\ Amine = 5.10325$$

Sehingga perbandingan mol H₂S dengan Amine dalam sistem ternary H₂O – H₂S – MDEA adalah

$$\alpha_{H_2S} = \frac{\text{mol } H_2S}{\text{mol } \text{Amine}}$$

$$\alpha_{H_2S} = \frac{0.0024}{5.10325}$$

$$\alpha_{H_2S} = 0.00047$$

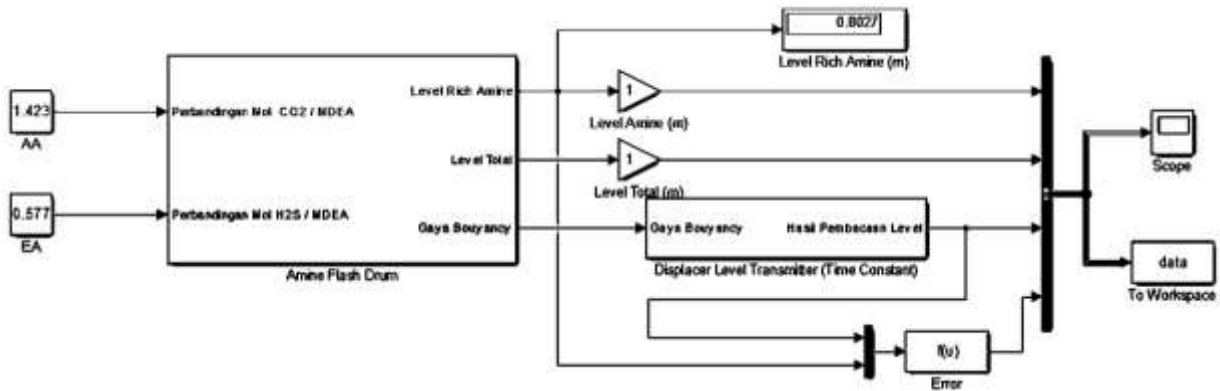
Sedangkan perbandingan mol CO₂ dengan Amine dalam sstem ternary H₂O – CO₂ – MDEA adalah sebagai berikut

$$\alpha_{CO_2} = \frac{\text{mol } CO_2}{\text{mol } \text{Amine}}$$

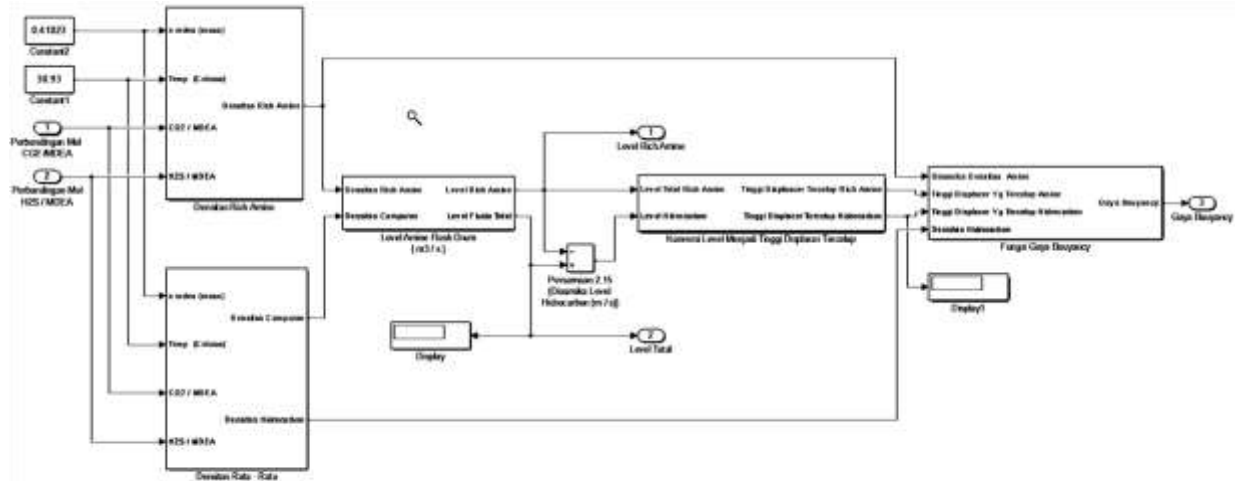
$$\alpha_{CO_2} = \frac{0.0024}{5.10325}$$

$$\alpha_{CO_2} = 0.009523$$

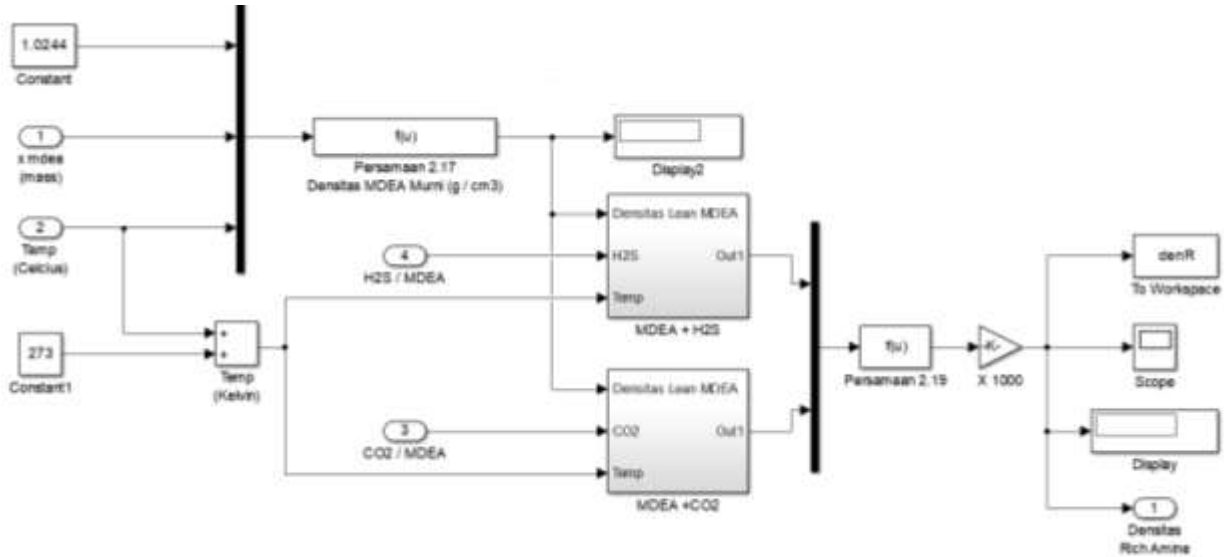
LAMPIRAN F HASIL PERANCANGAN MODEL SIMULINK



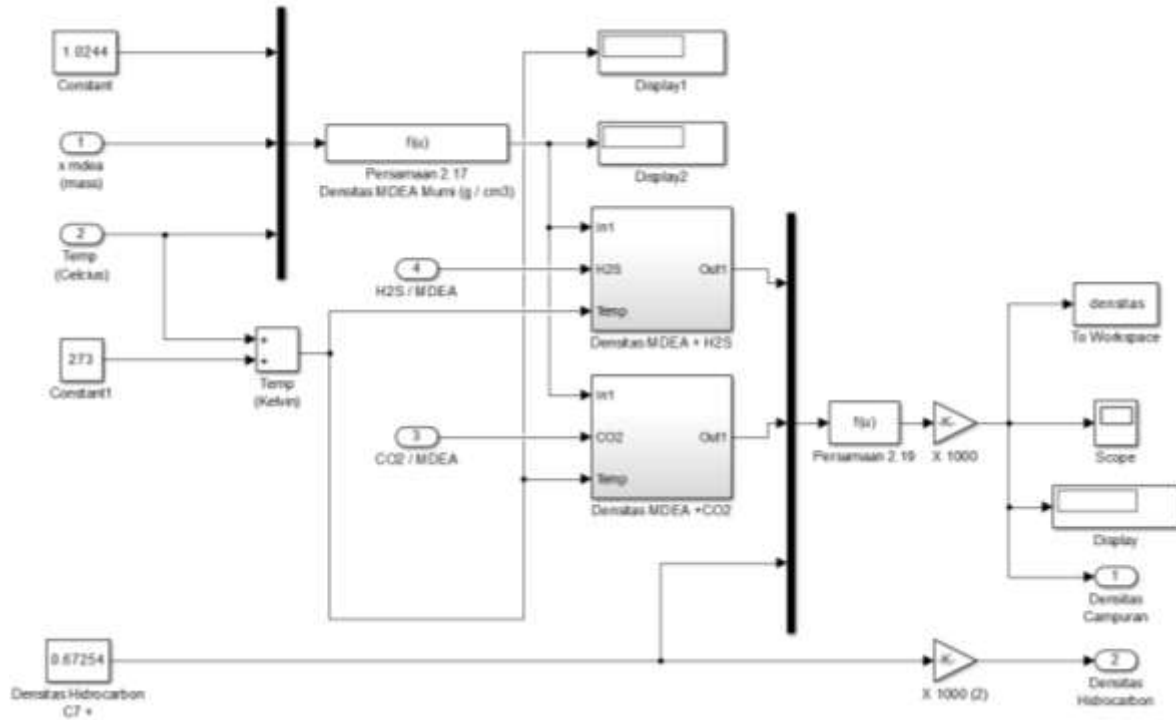
MODEL SIMULINK SUBSISTEM DINAMIKA AMINE FLASH DRUM



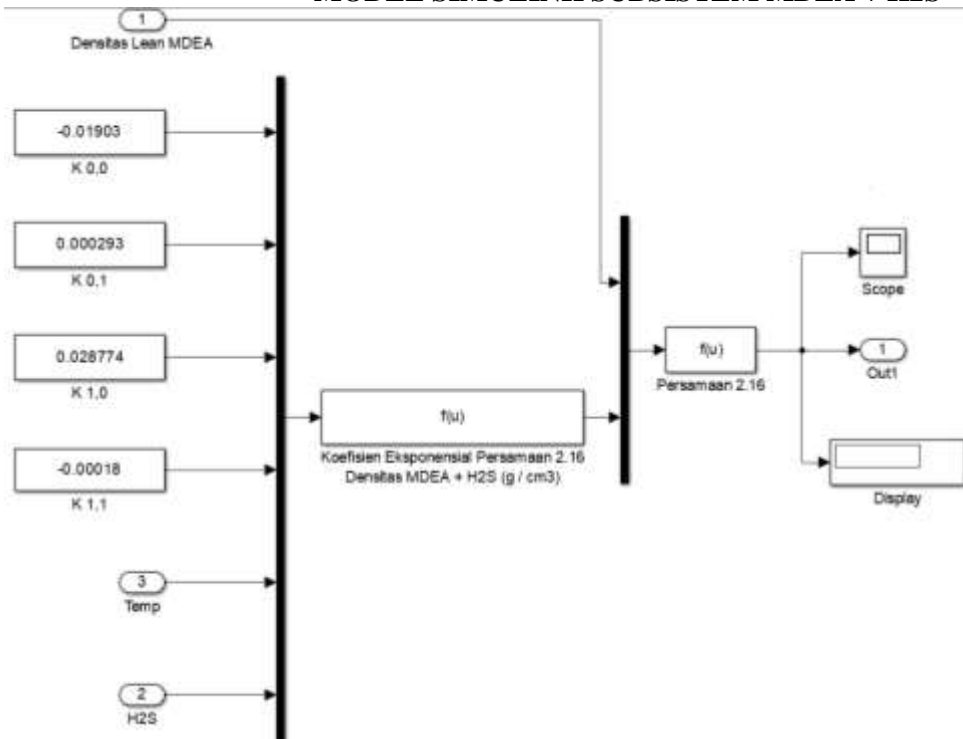
MODEL SIMULINK SUBSISTEM DENSITAS RICH AMINE



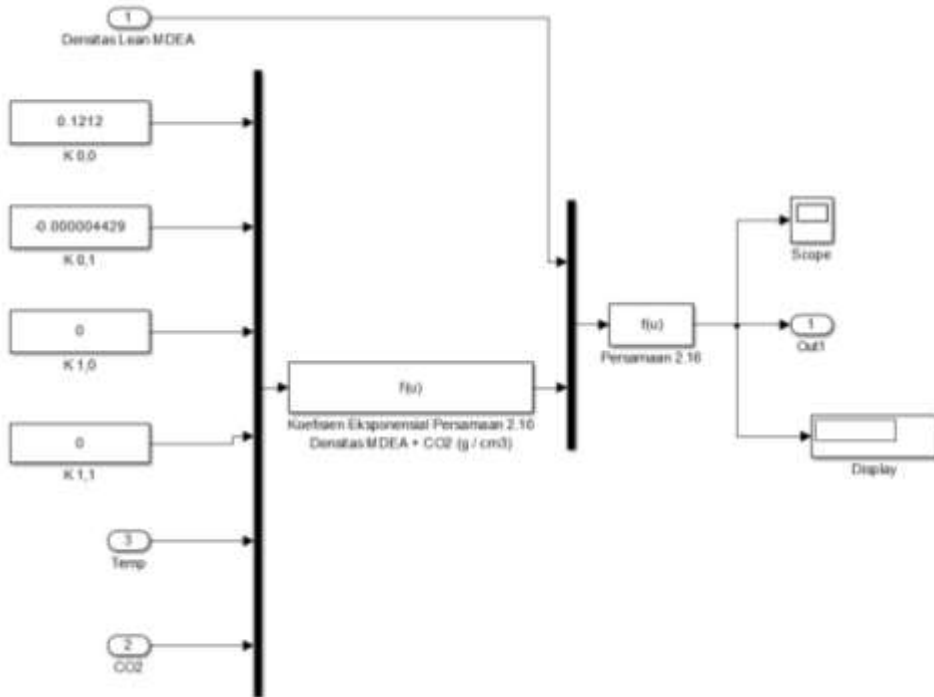
MODEL SIMULINK SUBSISTEM DENSITAS CAMPURAN



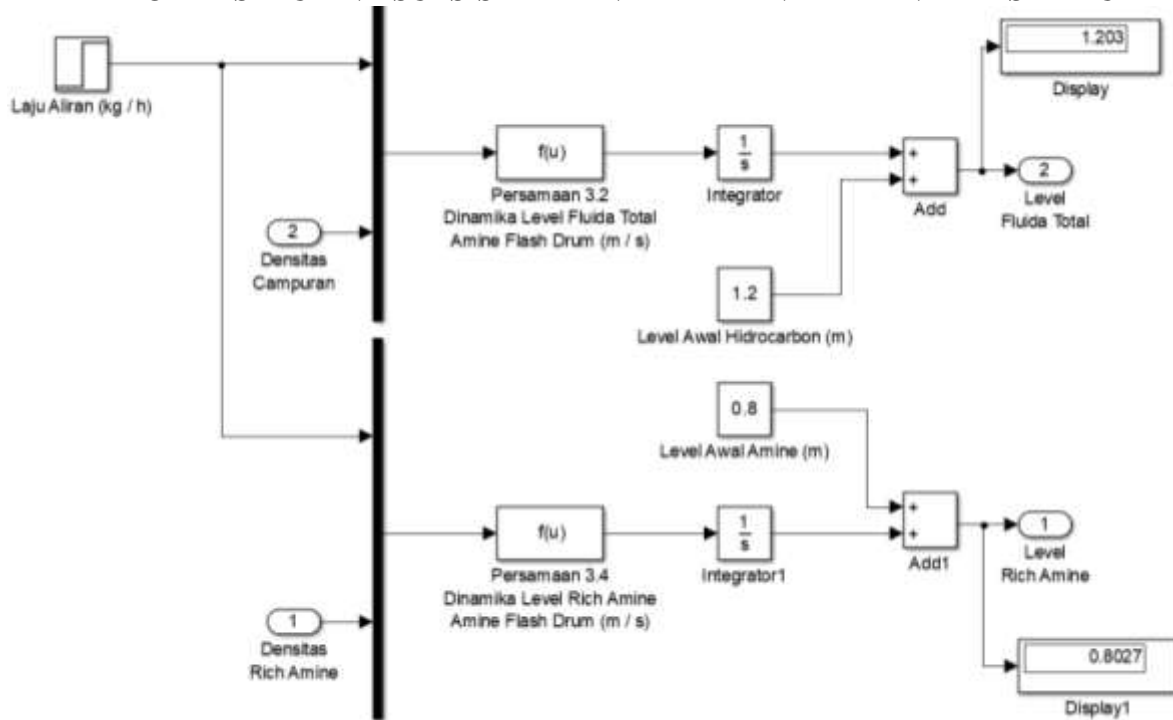
MODEL SIMULINK SUBSISTEM MDEA + H2S



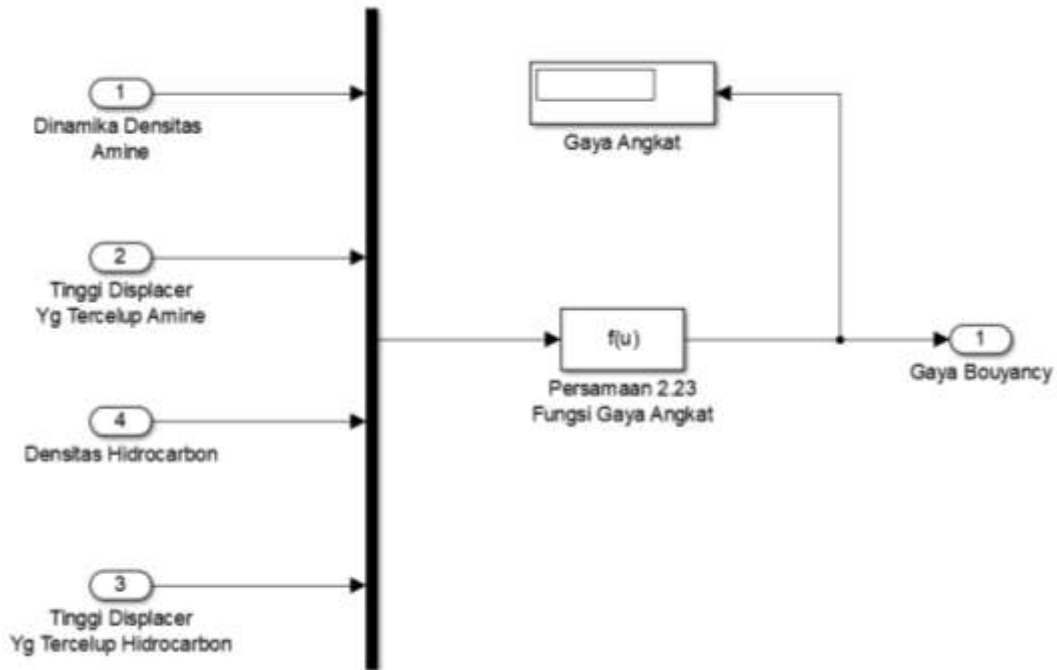
MODEL SIMULINK SUBSISTEM MDEA + CO2



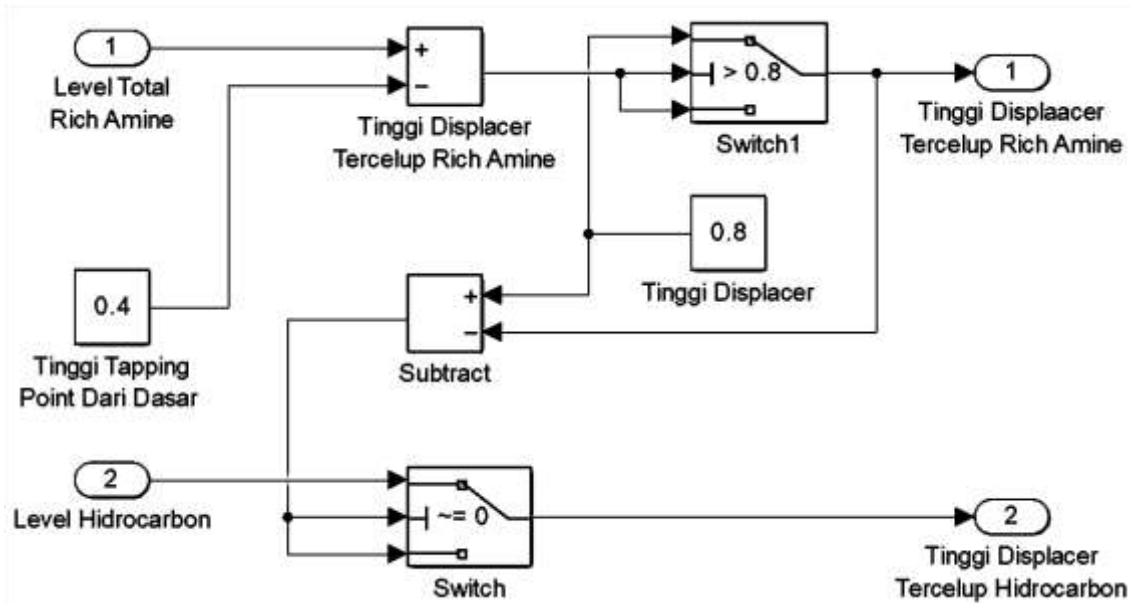
MODEL SIMULINK SUBSISTEM DINAMIKA LEVEL AMINE FLASH DRUM



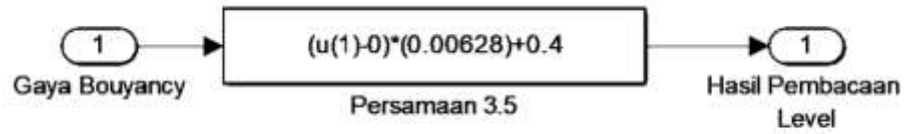
MODEL SIMULINK SUBSISTEM FUNGSI GAYA ANGKAT



MODEL SIMULINK SUBSISTEM KONVERSI LEVEL MENJADI TINGGI DISPLACER TERCELUP



MODEL SIMULINK SUBSISTEM LEVEL TRANSMITTER SAAT INI



BIODATA

Penulis bernama Brian Barella Audrie, dilahirkan di Surabaya, 31 Mei 1997. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN Ketintang III



Surabaya pada tahun 2009, SMPN 32 Surabaya pada 2012, SMAN 15 Surabaya pada 2015 dan saat ini tengah menempuh pendidikan di S1 Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya hingga sekarang, melalui jalur SNMPTN 2015. Penulis memiliki pengalaman Internship selama 3 bulan di PT. Tripatra *Engineer and Constructors*, Tangerang Selatan. Pada Juni 2019 penulis melaksanakan penelitian Tugas Akhir dengan judul **Analisis Kinerja Displacer Level**

Transmitter 135 – LT – 170 Pada Amine Flash Drum 135 – V – 10 H₂S Removal Plant PT. Saka Indonesia Pangkah Limited. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran maupun berdiskusi dapat menghubungi melalui email : brian.barella@gmail.com.