

RANCANG BANGUN SIMULATOR SISTEM PROTEKSI LNG STORAGE TANK SYSTEM

Anisa Dwi Kartikasari¹; Ummi Mas'adah²; Kusnadi³; Ahmad Fadhil Reviansyah⁴; Widhi Yoga⁵

^{1,2,3}Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta

^{4,5}LNG Academy, PT Badak NGL
anisadwi162@gmail.com

Abstrak

Tangki penyimpanan atau storage tank menjadi bagian yang penting dalam suatu proses industri kimia karena tangki penyimpanan tidak hanya menjadi tempat penyimpanan bagi produk dan bahan baku tetapi juga menjaga kelancaran ketersediaan produk dan bahan baku serta dapat menjaga produk atau bahan baku dari kontaminan. Salah satu jenis tangki penyimpanan yang ada pada PT Badak NGL adalah LNG Storage Tank yang. Sistem ini menjadi sangat penting karena setiap kegagalan yang terjadi akan sangat berbahaya karena LNG merupakan fluida yang mudah menguap di udara maka tidak heran jika pada setiap tangki dilengkapi dengan sistem proteksi bertingkat untuk setiap kemungkinan bahaya yang terjadi. Untuk itu dibuatlah sebuah simulator yang dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk menunjukkan setiap logic pengaman untuk kegagalan pada LNG Storage Tank System. Rancang bangun simulator sistem proteksi LNG Storage Tank System ini mengadaptasi sistem kilang PT Badak NGL sesuai dengan manual book perusahaan dengan penyesuaian tertentu. Variabel yang disimulasikan adalah level dan tekanan, dengan beberapa komponen pendukung yang merepresentasikan alat-alat asli pada sistem. Beberapa sensor digunakan sebagai penunjang sequences yang dijalankan pada simulator. Berdasarkan hasil pengujian simulator, untuk variabel level dan tekanan. Kondisi bottom fill pada LSSL, LSH-01, LSH-02, LSHH untuk temperatur < 40 maka heater 1 dan 2 akan menyala, SV-01 dan SV-04 akan terbuka, dan motor 1 akan bekerja. Kondisi top fill pada LSSL, LSH-01, LSH-02, LSHH untuk temperatur > 40 maka heater 1 dan 2 mati, SV-01 dan SV-04 akan terbuka, dan motor 1 akan bekerja. Kondisi pressure PSH-01 valve yang terbuka adalah SV-06, saat PSH-02 valve yang terbuka adalah SV-06, dan SV-07, saat PSHH valve yang terbuka adalah SV-06, SV-07, dan SV-08.

Kata kunci : Simulasi, tangki LNG, PLC, pompa, sensor level, sensor tekanan

Abstract

Storage tank is an important part of a chemical industry process because storage tanks not only provide storage for products and raw materials but also maintain the availability of products and raw materials and can safeguard products or raw materials from contaminants. One of the existing storage tanks in PT Badak NGL is the LNG Storage Tank. This system becomes very important because any failure that occurs will be very dangerous because LNG is a volatile fluid. That is the reason why in each tank is equipped with a multi-level protection system for every possible failure that occurs. A simulator can be used as a learning tool to learn protection logic design for each failure in the LNG Storage Tank System. The design of this simulator adapts the original system of PT Badak NGL manual book with certain adjustment. The simulated variables are levels and pressures, with some supporting components as a representation of the original equipment in the system. Some sensors are used to support sequences that run on the simulator. Based on the simulator test results, for level and pressure variables. The bottom fill conditions on LSSL, LSH-01, LSH-02, LSHH for temperature <40 then heater 1 and 2 will light, SV-01 and SV-04 will open, and motor 1 will work. Top fill condition on LSSL, LSH-01, LSH-02, LSHH for temperature > 40 then heater 1 and 2 die, SV-01 and SV-04 will open, and motor 1 will work. The open PSH-01 valve pressure condition is SV-06, when the open PSH-02 valve is SV-06, and SV-07, when the open PSHH valve is SV-06, SV-07, and SV-08.

Keywords : Simulation, LNG tank, PLC, pump, level sensor, pressure sensor

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Program LNG Academy berada dibawah naungan Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Konversi Energi yang memiliki 3 jenis peminatan, yakni: Teknik Pengolahan Gas dan Teknik Perawatan Kilang. Untuk teknik perawatan kilang sendiri terbagi lagi menjadi Mekanikal Rotating, dan Listrik Instrumentasi. Peminatan Teknik Perawatan Kilang bertujuan untuk mempersiapkan sumber daya manusia yang profesional dan kompeten dalam bidang perawatan (*maintenance*) kilang LNG yang mampu merancang bangun, mengawasi, memperbaiki, dan *operation test commissioning* sesuai dengan spesialisasi masing-masing. Lulusan LNG Academy memiliki kesempatan untuk mengisi posisi sebagai pelaksana di industri LNG maupun perusahaan manufaktur.

Guna mewujudkan tujuan peminatan Teknik Perawatan Kilang, diperlukan sebuah alat praktikum yang dapat mempermudah proses belajar dan mengajar untuk kedua spesialisasi yakni Mekanikal Rotating dan Elektrik Instrumentasi. Alat ini berupa Simulator Sistem Proteksi LNG *Storage Tank* dengan berbasis Programmable Logic Controller atau PLC. Fasilitas praktikum ini diharapkan mampu membuat mahasiswa lebih mengenal secara detail alat-alat mekanik, kelistrikan, dan instrumentasi yang notabene banyak digunakan pada industri-industri baik migas ataupun non-migas. Adapun pada kesempatan kali ini kelompok kami akan membuat Simulator Sistem Proteksi tangki LNG dengan menjadikan tangki LNG PT Badak NGL sebagai acuan tugas akhir kami dengan beberapa penyesuaian.

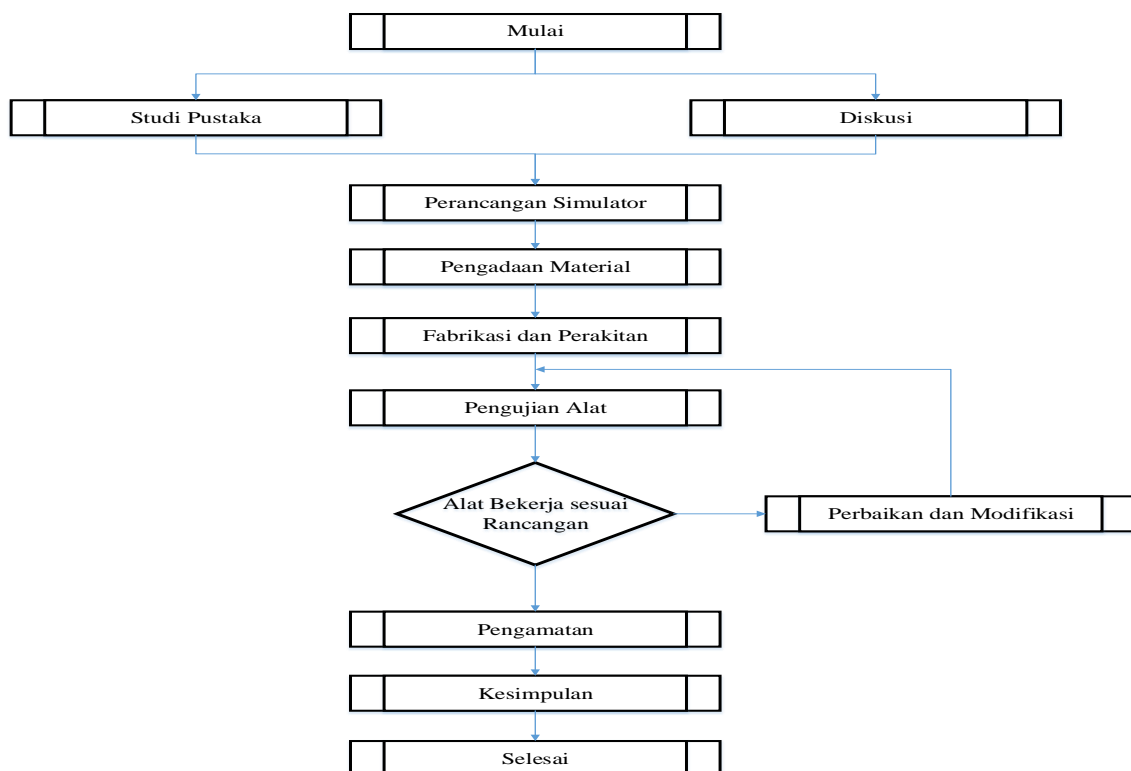
1.2 Tujuan

Tujuan dari proyek ini adalah :

- Mampu melakukan rancang bangun sebuah Simulator Sistem Proteksi LNG *Storage Tank* yang merupakan tugas akhir mahasiswa
- Untuk mengetahui proses pengisian tangki dengan kondisi masukan yang berbeda dari kondisi fluida dalam tangki.
- Untuk mengetahui langkah apa saja yang dapat dilakukan untuk membuat kondisi di dalam tangki tetap berada pada batas aman yang diizinkan apabila terjadi perubahan level dan pressure

II. METODOLOGI PELAKSANAAN

Simulator ini dirancang dan dibuat berdasarkan diagram alir berikut :



2.1 Deskripsi Proses

Alat ini merupakan Simulator Sistem Proteksi LNG *Storage Tank* pada Plant 24 PT Badak NGL yang akan didemonstrasikan menggunakan fluida kerja berupa air. Pemilihan air sebagai media kerja pengganti LNG memiliki beberapa pertimbangan yaitu:

- Tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan tugas akhir adalah mendemonstarikan sistem proteksi dari LNG *Storage Tank* sehingga fluida yang digunakan tidak harus memiliki spesifikasi yang mirip dengan LNG.
- Air lebih aman dalam penggunaan simulasi, karena ketersediaannya yang melimpah dan tidak flammable sehingga untuk pemilihan alat instrument tidak memerlukan spesifikasi khusus dalam proteksinya.

Berikut uraian proses yang ditinjau dari:

Simulator Sistem Proteksi LNG *Storage Tank* terdiri dari dua simulasi yaitu, simulasi variabel *pressure* yang akan menunjukkan tindakan jika terjadi *high pressure* dalam sistem dan yang kedua adalah simulasi variabel level dan tindakan sistem jika terjadi *high level* serta *low level*.

Simulasi Pressure

A. Pra-Simulasi Pressure

Sebelum memulai simulasi sistem, yang pertama kali harus dilakukan adalah mengisi vessel utama (1D-1) dengan fluida kerja hingga melewati level switch LSH-01. Hal ini dilakukan untuk mempersiapkan simulasi pressure terlebih dahulu.

B. Simulasi Pressure

Untuk memulai simulasi pressure, yang pertama kali harus dijalankan adalah *heater* vessel utama (1D-1) dengan menekan *push button* pada panel. Namun harus dipastikan bahwa semua aliran pipa telah tertutup sehingga *high-pressure* dapat tercapai. Dibutuhkan beberapa waktu untuk menghasilkan uap. Uap yang terbentuk dari proses ini merupakan representasi dari BOG (*Boiled Off Gas*.) Secara Proses LNG *Storage Tank* akan selalu menghasilkan BOG. Pada simulasi ini jika BOG telah mencapai setting PSH-01 maka SV-05 akan terbuka dan uap akan dilepaskan ke lingkungan. Hal tersebut merupakan representasi dari sistem BOG Plant 24. Pada sistem BOG, Boil-off Gas Compressor (BOG Compressor) berfungsi untuk menjaga atau tekanan vessel dengan cara menghisap Boil Off Gas yang terbentuk dari dalam vessel LNG agar tidak melampaui setting pressure-nya dan mengalirkannya ke fuel gas system sebagai bahan bakar boiler. Tujuan dari proses tersebut adalah untuk menjaga tekanan vessel LNG agar tetap sesuai dengan tekanan operasional vessel dan tidak melebihi set-point nya.

Untuk menyimulasikan kenaikan pressure pada vessel, *heater* dibuat tetap menyala. Seiring dengan panas yang terus dihantarkan oleh *heater*, pressure pada vessel akan terus naik hingga mencapai setting PSH-02 yang akan membuka SV-06 untuk menyimulasikan sistem flare. Hal ini merupakan representasi sistem BOG ketika BOG Compressor gagal atau tidak mampu menjaga tekanan di dalam vessel atau karena hal lain, maka Boil Off Gas yang terbentuk akan dialirkan ke flare 19F-2/5/26 atau 19F-36 untuk dibakar.

Jika pressure terus naik hingga mencapai setting PSHH, maka SV-07 akan terbuka sebagai representasi PSV. Secara proses, PSV sesungguhnya bekerja secara mechanical melalui mekanisme pegas. Namun karena keterbatasan jenis PSV dengan range pressure sesuai spesifikasi yang kami inginkan sehingga kami menggunakan *solenoid valve*. Pada Plant 24, PSV akan popping atau aktif karena adanya tekanan berlebih di dalam vessel melewati set-point dari PSV tersebut. Kelebihan tekanan dapat disebabkan diantaranya oleh temperatur produk yang agak panas. Temperatur tersebut menyebabkan banyaknya terbentuk BOG yang tidak dapat ditangani oleh BOG compresor ataupun tidak mampu dibuang ke flare. Kejadian popping ini bisa terjadi karena tekanan sudah mencapai set-point PSV tersebut.

Simulasi Level

A. Pra-Simulasi Level

Sebelum memulai simulasi sistem, yang pertama kali harus dilakukan adalah mengisi vessel utama (1D-1) dengan fluida kerja hingga melewati level switch LSH-01. Hal ini dilakukan untuk mempersiapkan simulasi pemilihan jalur pengisian vessel dengan membandingkan temperatur fluida sebelum masuk vessel utama dengan fluida dalam vessel.

B. Simulasi Level

Untuk memulai simulasi level, yang pertama kali harus dijalankan adalah *heater* vessel utama (1D-1) dengan menekan *push button* pada panel. Hal ini dilakukan untuk menyimulasikan proses LNG *filling*. Pada Plant 24, Setiap vessel LNG dilengkapi 2 buah valve rundown yang disebut dengan valve rundown Top Fill dan valve rundown Bottom Fill. Secara umum, penyimpanan produk LNG ke dalam vessel penampung dilakukan dari bagian atas vessel. Namun pada kasus tertentu, pengisian dilakukan dari bagian bawah vessel. Pengisian dari atas (Top Fill) dilakukan jika produk rundown lebih berat dan lebih hangat bila dibandingkan dengan LNG dalam vessel dan pengisian dari bawah (Bottom fill) dilakukan jika produk rundown lebih

ringan dan lebih dingin daripada LNG dalam vessel. Hal ini dilakukan untuk menghindari adanya stratification. Stratification ini dapat menyebabkan roll over di dalam vessel LNG.

Pengaturan kerangan rundown bagian atas (Top Fill rundown valve) berhubungan dengan pengaturan kerangan rundown bagian bawah (Bottom Fill rundown valve). Jika valve bagian bawah tertutup, valve bagian atas harus dalam posisi terbuka, dan juga berlaku sebaliknya.

Pada simulasi kali ini variable yang menjadi penentu bukaan valve adalah temperatur fluida saja karena fluida kerja yang digunakan adalah air sehingga densitas fluida cenderung sama. Dengan menyalakan *heater* pada vessel utama (1D-1) temperatur fluida dalam vessel akan naik dari temperatur normalnya. Hal ini menyebabkan fluida yang dipompa masuk ke vessel utama menjadi lebih rendah temperaturnya dari fluida dalam vessel sehingga fluida akan mengisi vessel melalui Bottom Fill rundown valve atau SV-0.

Pada saat simulasi berlangsung *heater* pada *reservoir* akan dinyalakan untuk menaikkan temperatur fluida masukan menuju vessel utama. *Heater* pada vessel utama dimatikan dengan menekan *push button* sehingga fluida yang akan masuk pada vessel utama (1D-1) akan lebih hangat dari fluida dalam vessel. Fluida hangat yang akan masuk dalam tangki utama (1D-1) akan melewati jalur Top Fill rundown valve dan membuka SV-0.

Selanjutnya, fluida akan mengisi vessel hingga mencapai setting LH-. Saat setting LH- tercapai lampu pada panel akan menyala sebagai peringatan pada operator bahwa vessel sudah berada pada kondisi operasi pengisian maksimum dan memberikan peringatan untuk segera memindahkan aliran rundown ke vessel yang lain.

Vessel yang telah mencapai kondisi maksimum operasinya akan diprioritaskan untuk mengisi loading kapal.

III. REALISASI ALAT

3.1 Perhitungan Perancangan Alat

- Perhitungan kapasitas vessel simulator

Basis Perhitungan :

Jari-jari dalam (r)	= 7,2 in
Tinggi vessel (t)	= 23,7 in
Tinggi kapasitas kerja	= 20,5 in

- a. Kapasitas desain vessel:

Volume	
Volume	
Volume	= 3857,8 in ³ = 0,06 m ³

- b. Kapasitas kerja vessel:

Volume	
Volume	
Volume	= 3336,9 in ³ = 0,05 m ³

- Perhitungan Laju Penguapan Fluida

Basis Perhitungan :

Jenis fluida	= Air
Fase	= Cair
Massa jenis (m)	= 1000 kg/m ³
Panas Spesifik (c)	= 4,2 kJ/kgC
Panas Laten	= 226000 J/kg
Temperatur awal fluida (T1)	= 40°C
Temperatur akhir fluida (T2)	= 120°C

- a. Perhitungan Nilai Kalor

$$Q = m_{total} \cdot c \cdot \Delta T + m_{diuapkan} \cdot L$$

$$Q = 22,9 \times 4,2 \times (120 - 45) + 22,9 \times 226000$$

12,83 x 10⁶ Joule

b. Perhitungan Waktu Pemanasan

$$P = \frac{Q}{t} \approx t = \frac{Q}{P}$$

$$t = \frac{12,83 \times 10^6 \text{ watt}}{3000}, \text{ W didapatkan dari daya heater}$$

$$t = 4276,6 \text{ s} \approx 72 \text{ menit}$$

c. Perhitungan Tekanan yang Terbentuk

Dengan m = 22,9 kg, vol = 0,062 m³, t_{final} = 120°C

$$V = \frac{V_{tot}}{m} = \frac{0,062}{22,9} = 0,0027 \text{ m}^3/\text{kg}, \text{ maka pada steam table didapatkan } P = 1,98 \text{ bar.}$$

Untuk memprediksi besarnya *build up pressure* yang akan terbentuk dalam vessel hal pertama yang harus dijaga adalah suhu yang akan dipertahankan oleh heater. Dengan alasan bahwa air mendidih dan menghasilkan uap pada suhu 100°C dengan tekanan 1 kg/cm² dan ada tiga tingkatan set point yang diharapkan dapat dicapai oleh steam pada *pressure switch*. Maka asumsi set point suhu yang harus dipertahankan oleh heater harus melebihi 100°C sehingga pada simulasi kali ini diambil suhu 120°C sebagai set point dengan konsiderasi bahwa spesifikasi komponen yang digunakan memiliki batas maksimum suhu pada 125°C.

- Perhitungan Tebal Vessel Simulator

Untuk perhitungan tebal vessel digunakan standart ASME untuk Boiler & Pressure Vessel Section VIII Division I. Standar ini dipilih untuk perancangan vessel dengan tekanan 15 psi < P ≤ 3000 psi. Standar ini digunakan dalam penyimpanan produk minyak bumi, dan produk cair lainnya yang biasanya ditangani dan disimpan oleh berbagai cabang industri.

Basis Perhitungan :

Material	= Carbon Steel A 106 Gr B
Temperatur desain	= 248°F = 120°C
Tekanan internal desain (P)	= 29,4 psi = 2 kg/cm ²
Jari-jari dalam (R)	= 7,2 in.
Faktor kualitas sambungan (E)	= 1
Tegangan izin material (S)	= 60.000 psi (from ASME II Part D)
Batas korosi yang diizinkan (CA)	= 0.125 in.

a. Ketebalan desain (t)

$$t = \frac{PR}{SE - 0,6P}$$

$$t = \frac{29,4 \times 7,2}{60.000 \times 1 - 0,6 \times 29,4}$$

$$t = 0,0035 \text{ in}$$

b. Ketebalan minimum (t_{req})

$$t_{req} = t + CA$$

$$t_{req} = 0,0035 + 0,125$$

$$t_{req} = 0,129 \text{ in}$$

c. Ketebalan nominal (t_{nominal})

$$t_{nominal} = 0,844 \text{ in}$$

Dari hasil perhitungan didapatkan bahwa tebal vessel yang digunakan memiliki nilai diatas tebal minimum vessel dari rumus diatas.

Perhitungan MAWP Vessel\

Basis Perhitungan :

Material	= Carbon Steel A 106 Gr B
----------	---------------------------

Temperatur desain	= 248°F = 120°C
Tekanan internal desain (P)	= 29,4 psi = 2 kg/cm ²
Jari-jari dalam (R)	= 7,2 in.
Faktor kualitas sambungan (E)	= 1
Tegangan izin material (S)	= 60.000 psi (from ASME II Part D)
Batas korosi yang diizinkan (CA)	= 0.125 in.

Perhitungan MAWP vessel

$$\text{MAWP} = \frac{S \times E \times t}{R + 0,6t}$$

$$\text{MAWP} = \frac{60.000 \times 1 \times 0,844}{7,2 + 0,6 \times 0,844}$$

MAWP = 6571,16 psi = 462 kg/cm

Sehingga dari hasil perhitungan didapatkan bahwa MAWP vessel yang digunakan memiliki nilai diatas tekanan kerja vessel.

3.2 Pemilihan Alat

Berikut peralatan instrumentasi dan kelistrikan yang dipilih berdasarkan rancangan yang akan dibuat :

No.	Equipment	Jumlah (ea)
1	PLC OMRON	1
2	Level switch side mounting type	7
3	Pressure switch (0,69– 5,2 bar)	3
4	Thermocouple (K type)	2
5	Thermocontroller	2
6	Solenoid valve	8
7	Motor pump	3
8	Heater (1500 W)	4
9	Relay DPDT	7
10	Relay 4PDT	4
11	Circuit Breaker	11
12	Kontaktor	6
13	Lampu indikator	21
14	Push button	6
15	Selector switch	2
16	DC Power Supply	2

3.3 Spesifikasi Alat



Gambar.1 Simulator Sistem Proteksi LNG Storage Tank System

Spesifikasi umum simulator :

Kapasitas rundown	0,051 m ³
Specific gravity dari oli	1000 kg/m ³
Jumlah pompa	3 unit
Penggerak pompa	Motor 220V AC, 50 Hz, single phase
Kapasitas alir pompa	16 l/menit
Daya operasi	4906 W
Daya maksimum	8646 W
Jumlah sensor tekanan	3 unit
Jumlah sensor level	7 unit
Jumlah sensor temperature	2 unit
Jumlah alat ukur tekanan	1 unit

3.4 Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kemampuan kerja simulator. Pengujian kali ini terbagi menjadi dua simulasi, simulasi level dan simulasi tekanan. Pada pengujian tersebut hasil akhir yang ingin dicapai adalah berjalannya sequence dari proses control simulator sesuai logic yang telah dirancang.

A. Hasil Pengujian Simulasi Level

1. Top Filling

No.	Level	Temperature Basin	Tinggi (cm)	Solenoid Valve								Motor Pompa			Heater Basin		Lampu indikator		Keterangan	
				1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	1	2	LED	LED Strip		
1	LSLL	T < 40	15	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	
2	LSH-01		22	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	Loading GM-2A
	LSH-02			1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	Loading GM-2B
3	LSH-02		32	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	
4	LSHH	52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1		

2. Bottom Filling

No.	Level	Temperature Basin	Tinggi (cm)	Solenoid Valve								Motor Pompa			Heater Basin		Lampu indikator		Keterangan
				1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	1	2	LED	LED Strip	
1	LSLL	T >= 40	15	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
2	LSH-01		22	0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	Loading GM-2A
				0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	Loading GM-2B
3	LSH-02		32	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
4	LSHH	52	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		

B. Hasil Pengujian Simulasi Tekanan

No	Level Basin	Tinggi (cm)	Heater Tangki		Pressure (kg/cm ²)	Solenoid Valve								Lampu Indikator		
			1	2		1	2	3	4	5	6	7	8	LED	LED Strip	
1	PSH-01	22	1	1	1,1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
2	PSH-02		1	1	1,3	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
3	PSHH		1	1	1,5	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1

3.5 Analisa Hasil Pengujian Sistem Kontrol

A. Simulasi Level

1. Top Filling

No.	Level	Temperature Basin	Tinggi (cm)	Solenoid Valve								Motor Pompa			Heater Basin		Lampu indikator		Keterangan
				1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	1	2	LED	LED Strip	
1	LSLL	T < 40	15	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	
2	LSH-01		22	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	Loading GM-2A
	LSH-01			1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	Loading GM-2B
3	LSH-02		32	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	
4	LSHH		52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	

2. Bottom Filling

No.	Level	Temperature Basin	Tinggi (cm)	Solenoid Valve								Motor Pompa			Heater Basin		Lampu indikator		Keterangan
				1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	1	2	LED	LED Strip	
1	LSLL	T >= 40	15	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
2	LSH-01		22	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	Loading GM-2A
				0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	Loading GM-2B
3	LSH-02		32	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
4	LSHH		52	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	

Terdapat perbedaan kerja output aktual dengan output yang diinginkan, hal ini dapat dilihat pada logic untuk solenoid valve, dimana SV 3 selalu menunjukkan angka 1. Dari hal tersebut kemudian dilakukan analisa mengenai apa yang menyebabkan SV 3 selalu 1. Untuk mengetahui letak error pada simulator maka dilakukan beberapa langkah troubleshooting sebagai berikut;

1. Melihat kembali ladder diagram yang telah dibuat, hal ini dimaksudkan untuk mengetahui input apa yang membuat SV 3 selalu terbuka.
2. Setelah mengetahui kemungkinan penyebab kesalahan input, maka lakukan uji pada masing-masing input dalam hal ini adalah *level switch*.
3. Kosongkan isi tangki, hal ini dimaksudkan untuk mengecek kondisi operasi pada *level switch*. *Level switch* yang dioperasikan secara NO maka seharusnya tidak memberikan input ketika tangki kosong.
4. Cek lampu indikator pada input PLC. Lampu input PLC harus mati. Jika terdapat lampu yang masih menyala maka terdapat kemungkinan input tersebut yang bermasalah.
5. Lepas kabel input dan lakukan pengecekan kembali pada lampu input PLC. Hal ini dilakukan untuk memastikan bahwa kesalahan tidak terdapat pada PLC melainkan dari *input field*.
6. Cek *continuity* pada *level switch* yang memberikan fungsi 1 pada PLC.

Setelah langkah-langkah tersebut dilakukan maka di dapatkan hasil bahwa terdapat kerusakan pada *level switch* ketiga (LSH-02) dimana dalam fungsinya dia berperan sebagai input untuk keadaan *emergency inventory* pada tangki utama.

Setelah dilakukan perbaikan maka didapatkan fungsi sebagaimana mestinya yaitu:

1. Ketika dilakukan *top filling* maka SV yang bekerja adalah SV 2 dan SV 4. Pompa motor 1 bekerja dan heater pada basin OFF.
2. Ketika dilakukan *bottom filling* maka SV yang bekerja adalah SV 1 dan SV 4. Pompa motor 1 bekerja dan heater pada basin ON.
3. Ketika kondisi LSLL baik melalui *top/bottom filling* maka lampu indikator akan menyala.
4. Ketika kondisi LSH-01 baik melalui *top/bottom filling* maka lampu indikator akan menyala dan simulasi *loading* dapat dilakukan dengan menghidupkan salah satu pompa motor *loading*.
5. Ketika kondisi LSH-02 baik melalui *top/bottom filling* maka lampu indikator akan menyala dan simulasi *emergency inventory* dapat berlangsung dengan membukanya SV 3 yang menuju ke tangki lainnya.
6. Ketika kondisi LSHH baik melalui *top/bottom filling* maka lampu indikator akan menyala dan terjadi simulasi *overflow* dimana tindakan yang dilakukan adalah matinya pompa motor *rundown* secara otomatis.

B. Simulasi Tekanan

No	Level Basin	Tinggi (cm)	Heater Tangki		Presssure (kg/cm ²)	Solenoid Valve						Lampu Indikator			
			1	2		1	2	3	4	5	6	7	8	LED	LED Strip
1	PSH-01	22	1	1	1,1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
2	PSH-02		1	1	1,3	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
3	PSHH		1	1	1,5	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1

Berdasarkan hasil percobaan dengan desain yang kami buat dapat diketahui bahwa simulasi tekanan berhasil dilakukan dengan hasil kerja sebagai berikut :

1. Ketika tekanan dalam tangki menyentuh *set point* sebesar 1,1 kg/cm² maka SV 6 akan terbuka. Simulasi ini ditunjukkan dengan menyalanya lampu indikator pada panel.
2. Ketika tekanan dalam tangki menyentuh *set point* sebesar 1,3 kg/cm² maka SV 6 dan 7 akan terbuka. Simulasi ini ditunjukkan dengan menyalanya lampu indikator pada panel.
3. Ketika tekanan dalam tangki menyentuh *set point* sebesar 1,5 kg/cm² maka SV 6, 7 dan 8 akan terbuka. Simulasi ini ditunjukkan dengan menyalanya lampu indikator pada panel.

IV. KESIMPULAN

- a. Variabel level dan tekanan dengan fluida air digunakan untuk simulator sistem *storage tank*.
- b. Kondisi bottom fill pada LSSL, LSH-01, LSH-02, LSHH untuk temperatur < 40 maka heater 1 dan 2 akan menyala, SV-01 dan SV-04 akan terbuka, dan motor-pompa 1 akan bekerja.
- c. Kondisi top fill pada LSSL, LSH-01, LSH-02, LSHH untuk temperatur >= 40 maka heater 1 dan 2 mati, SV-01 dan SV-04 akan terbuka, dan motor –pompa 1 akan bekerja.
- d. Kondisi pressure PSH-01 valve yang terbuka adalah SV-06, saat PSH-02 valve yang terbuka adalah SV-06, dan SV-07, saat PSHH valve yang terbuka adalah SV-06, SV-07, dan SV-08

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bryan, L.A. dan Bryan, E.A, “Programmable Controllers Theory Ana Implementation”, United States of America, 1997
- [2] Badan Standarisasi Nasional, “Persyaratan Umum Instalasi Listrik 2000 (PUIL 2000)”, Jakarta, Yayasan PUIL: 2000.
- [3] NEMA. Electrical Standard & Product Guide. 2015.
- [4] Sularso dan Haruo Tahara, “Pompa dan Kompresor”, Jakarta, PT. Pradnya Paramita: 1986.