

# Simulasi *CFD* Sistem Pompa Pemadam Kebakaran di Terminal LPG Semarang dalam Memenuhi Standard NFPA 14

Maulana Putera Mulya dan Sutopo Purwono Fitri

Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

email: spurwonof@yahoo.com

**Abstrak**—Terminal LPG Semarang merupakan salah satu tempat distribusi LPG di Jawa Tengah yang bergerak di bidang P3 yaitu Penerimaan, Penimbunan dan Penyaluran LPG. Dalam pengoperasiannya, terminal LPG Semarang sangat berpotensi menimbulkan bahaya yang bisa ditimbulkan, seperti kebakaran. Untuk menanggulangnya, Terminal LPG Semarang terdapat instalasi jalur pemadam kebakaran. Instalasi tersebut menggunakan empat pompa dengan kapasitas masing-masing yaitu 3.000 GPM. Dalam menjalankan hal tersebut, belum adanya perhitungan nilai kapasitas aliran air yang keluar pada setiap *nozzle* telah sesuai standar atau tidak. Pada *National Fire Protection Association* (NFPA) 14 diatur mengenai Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems. Regulasi tersebut mengatur nilai minimum kapasitas aliran pada setiap pipa tegak yang terhubung dengan *nozzle*. Oleh karena itu, untuk mengetahui telah memenuhi standard tersebut perlu menganalisis desain sistem instalasi perpipaan dan kebutuhan setiap *nozzle* dengan menggunakan simulasi *Computational Fluid Dynamic* (CFD). Simulasi CFD yang digunakan yaitu Software *Pipe Flow Expert* dan *Ansys*. Hasil simulasi menunjukkan bahwa desain telah memenuhi standard NFPA 14 dimana nilai kapasitas aliran terkecil terdapat pada pipa SP1 120 yaitu sebesar 500,87 GPM dengan head setiap pompa yaitu 73,14 m. Karakteristik aliran pada salah satu *nozzle* yaitu *fixed water canon* didapatkan kecepatan rata-rata yaitu sebesar 23,04 m/s dan kecepatan maksimum bisa mencapai 32,6 m/s dengan sifat aliran turbulen. Tekanan outlet sebesar 6,9 bar, hal ini telah sesuai dengan kebutuhan pemadam kebakaran untuk mencapai tinggi tangki timbun yaitu sebesar 16,84 meter.

**Kata Kunci**—*Ansys*, CFD, *Pipe Flow Expert*, Terminal LPG, NFPA.

## I. PENDAHULUAN

TERMINAL LPG Semarang merupakan salah satu tempat distribusi LPG di Jawa Tengah. Terminal LPG Semarang Bergerak di bidang P3 yaitu Penerimaan, Penimbunan dan Penyaluran LPG [1]. Dalam pengoperasiannya, terminal LPG Semarang sangat berpotensi menimbulkan bahaya yang bisa ditimbulkan, seperti kebakaran.

Untuk mengatasi risiko tersebut maka dibuatkan suatu sistem manajemen kebakaran. Sistem manajemen kebakaran pada Terminal LPG Semarang salah satunya yaitu instalasi jalur pemadam kebakaran [2]. Selama ini Terminal LPG Semarang menggunakan empat pompa untuk menyuplai sistem pemadam kebakaran. Dalam menjalankan hal tersebut, belum adanya perhitungan nilai kapasitas aliran air yang keluar pada setiap *nozzle* telah sesuai standar atau tidak. Pada *National Fire Protection Association* (NFPA) 14 diatur mengenai *Standard for the Installation of Standpipe and Hose Systems*. Regulasi tersebut mengatur nilai minimum kapasitas aliran pada setiap *nozzle*.

Oleh karena itu, untuk memenuhi standard tersebut perlu menganalisis desain sistem instalasi perpipaan dan kebutuhan setiap *nozzle* dengan menggunakan simulasi. Dalam melakukan penelitian, penulis memfokuskan pada penggunaan software untuk mensimulasikan kinerja dari sistem pompa pemadam kebakaran yang ada di Terminal LPG Semarang dengan *Pipe Flow Expert*. Sedangkan simulasi CFD bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran fluida yang optimal pada Fire Water System di Terminal LPG Semarang dan memastikan sistem yang optimal dalam penggunaan pompa dengan kesesuaian standard NFPA 14.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Sistem Manajemen Kebakaran di Terminal LPG Semarang

Pendinginan tabung penyimpanan LPG (*spherical tank*) merupakan salah satu sistem manajemen kebakaran di industri terminal LPG. Hal ini dilakukan agar kebakaran (*overheating*) dapat diantisipasi, sehingga *spherical tank* berada pada kondisi temperatur yang normal dan dapat melindungi muatan LPG di dalam tanki serta tidak menambah kebakaran baru [3].

*Spherical tank* adalah tangki dengan sifat yang paling sesuai digunakan sebagai penyimpanan gas bertekanan jenis LPG. Tangki yang memiliki bentuk bola merupakan jenis tangki yang sangat sesuai jika digunakan untuk menyimpan cairan bertekanan tinggi. Alasan tangki ini digunakan karena distribusi tegangan dapat merata pada setiap permukaan bola, baik secara internal maupun eksternal. Tangki berbentuk bola tidak memiliki sudut yang dapat mengakibatkan terjadi pemusatan distribusi tegangan pada sudut-sudut tersebut [4].

Dalam sistem pendingin tangki timbun digunakan penyemprot air melalui *spray nozzle* yang telah dipasang mengelilingi tanki timbun.

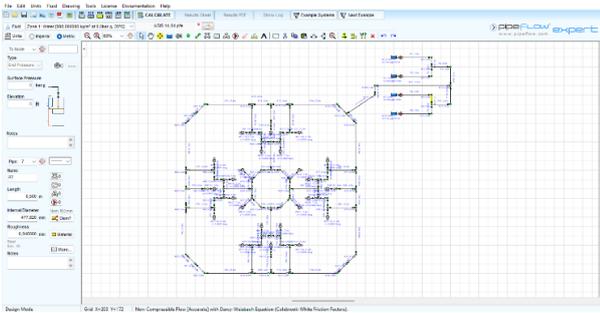
Di Terminal LPG Semarang terdapat *fixed monitor* dan *fixed monitor canon* yang juga digunakan untuk memadamkan dan mendinginkan pada daerah LPG *plant*. *Fix monitor canon* yang terpasang merupakan *fix monitor* yang dapat dioperasikan secara manual.

### B. Standard pada NFPA 14

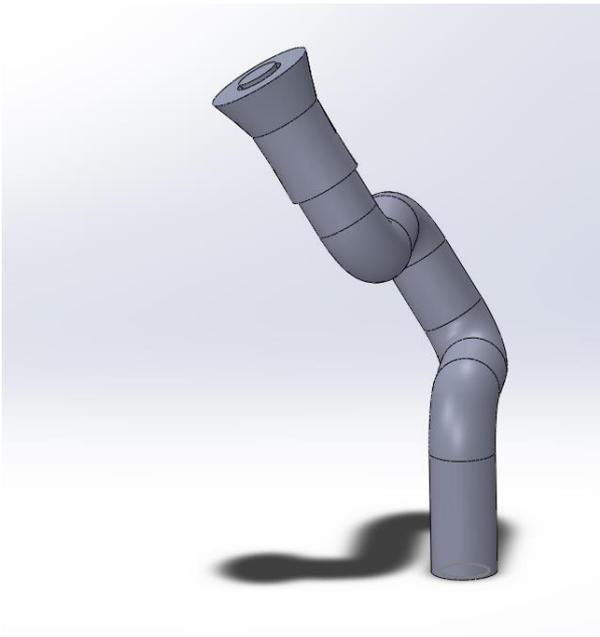
Standar pemasangan sistem pipa tegak dan sistem selang diatur dalam Standar NFPA 14. Beberapa regulasi yang diatur untuk LPG *plant* diantaranya sebagai berikut:

#### 1) Kapasitas Aliran

Laju aliran minimum untuk sistem Kelas I dan Kelas III, laju aliran minimum untuk pipa tegak paling jauh secara



Gambar 1. Desain Sistem pemadam kebakaran Terminal LPG Semarang Menggunakan *pipe flow expert*.



Gambar 2. Pemodelan 3D Fixed Water Canon.

hidrolik harus 500 gpm (1893 L / mnt). Jika pipa tegak horizontal pada sistem Kelas I dan Kelas III memasok tiga atau lebih sambungan selang di lantai mana pun, laju aliran minimum untuk pipa tegak horizontal yang paling menuntut secara hidraulik harus 750 gpm (2840 L / mnt). Laju aliran minimum untuk pipa tegak tambahan harus 250 gpm (946 L / menit) per pipa tegak, dengan total tidak melebihi 1250 gpm (4731 L / menit) atau 1000 gpm (3785 L / menit) untuk bangunan yang disiram seluruhnya. Jika luas lantai melebihi 80.000 ft<sup>2</sup> (7432 m), pipa tegak kedua paling jauh harus dirancang untuk menampung 500 gpm (1893 L / menit).

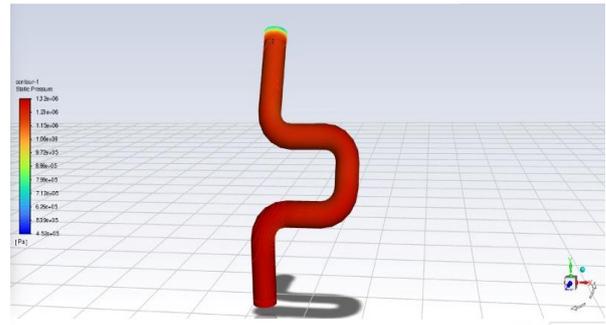
2) *Batasan Tekanan*

Tekanan diterapkan dalam sambungan selang jika tekanan sisa pada outlet 1½ in. (40 mm) pada sambungan selang melebihi 100 psi (6,9 bar), perangkat pengatur tekanan yang disetujui harus disediakan untuk membatasi tekanan sisa pada aliran yang disyaratkan oleh Section 7.10 hingga 100 psi (6.9 bar).

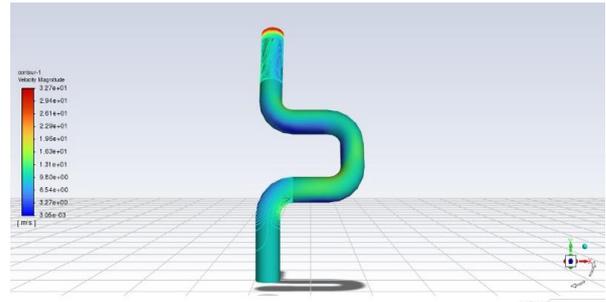
C. *Sifat Aliran Fluida pada Pipa*

1) *Aliran Laminer*

Aliran fluida jenis ini akan terjadi apabila kecepatan fluida yang mengalir melalui pipa rendah, maka gerakan alirannya akan konstan (steady) baik besarnya maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran laminer dapat diketahui dari perhitungan Reynold Number. Apabila nilai dari Reynold Number kurang dari 2.000 maka aliran tersebut termasuk



Gambar 3. Hasil simulasi tekanan fixed water canon.



Gambar 4. Hasil simulasi velocity fixed water canon.

Pipe Flow Expert - Results

Pipe Id	Pipe Name	Pump Name	Speed	Pref. Cp From	Pref. Op To	Flow In/Out	Velocity	Suction Pressu	Discharge Press	Pump Head (+)
			rpm	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m <sup>3</sup> /sec	m/sec	bar.g	bar.g	m.Hd Fluid
1	P1	Pump	Set Flow Rate			0,1900	1,060	1,7547	8,9132	73,143
3	P3	Pump	Set Flow Rate			0,1900	1,060	1,7547	8,9134	73,144
6	P6	Pump	Set Flow Rate			0,1900	1,060	1,7547	8,9132	73,143
8	P8	Pump	Set Flow Rate			0,1900	1,060	1,7547	8,9132	73,143

Gambar 5. Hasil Simulasi Head Menggunakan *pipe flow expert*.

kedalam jenis aliran laminer [5].

2) *Aliran Turbulen*

Aliran ini terjadi apabila kecepatan fluida tinggi, aliran tidak lagi steady namun bervariasi baik besar maupun arahnya pada sembarang titik. Aliran akan bersifat turbulen jika hasil perhitungan Reynold Number (Re) diatas 4.000 (Re>4000, aliran turbulen) [5].

3) *Kapasitas Aliran*

Kapasitas aliran (Q) untuk fluida yang incompressible yaitu [5]:

$$Q = A \cdot v \tag{1}$$

Dengan:

- Q = Laju aliran Volume (m<sup>3</sup>/s)
- A = Luas Penampang Aliran (m<sup>2</sup>)
- v = Kecepatan Aliran Fluida (m/s)

D. *Head Loss*

Head loss adalah satu kerugian aliran yang terjadi sepanjang saluran pipa, baik itu pipa lurus, belokan, saringan, katup dan sebagainya. Head loss dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

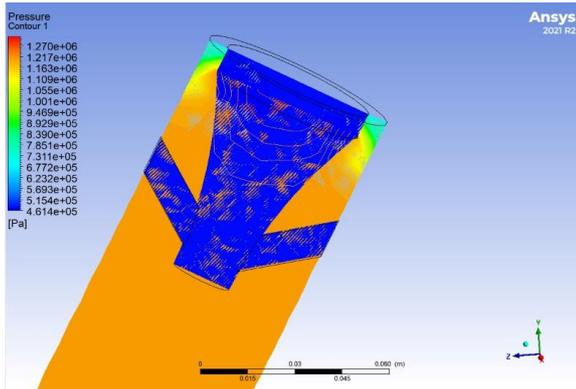
1) *Head Loss mayor*

Head loss mayor merupakan suatu kerugian aliran yang disebabkan oleh adanya gesekan antara fluida dengan dinding saluran pipa lurus.

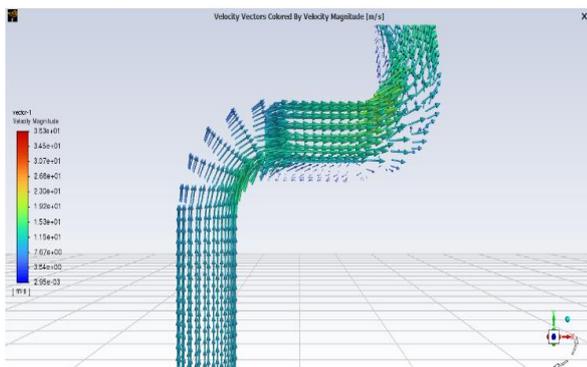
2) *Head Loss minor*

Head loss minor merupakan kerugian aliran karena adanya

gesekan yang terjadi pada komponen tambahan (asesoris)



Gambar 6. Hasil simulasi tekanan *Fixed Water Canon* pada bagian *nozzle* Menggunakan *Ansys*.



Gambar 7. Hasil simulasi kecepatan *Fixed Water Canon* pada bagian belokan Menggunakan *Ansys*.

sepanjang jalur perpipaan seperti elbow, katup, fitting dan lain sebagainya. Besarnya head loss minor tergantung dari koefisien tahanan ( $f$ ) aksesoris yang digunakan.

### E. Pengaturan Pompa

Laju aliran yang menentukan kapasitas pompa ditentukan menurut kebutuhan pemakaiannya sedangkan head total pompa yang harus disediakan dapat ditentukan dari kondisi intalasinya [6]. Pada suatu kondisi, dimana kapasitas atau head yang diperlukan tidak dapat dicapai dengan satu pompa saja, maka selanjutnya dapat digunakan dua pompa atau lebih untuk mencapai kondisi head dan kapasitas yang diperlukan, dengan merangkai pompa tersebut secara seri maupun paralel [7].

#### 1) Pompa Seri

Kombinasi pompa seri dapat digunakan ketika sistem membutuhkan variasi head yang tinggi, atau jika head sistem tidak mampu dilayani oleh satu pompa. Penggunaan yang lain adalah sebagai booster pump yang dipasang di depan pompa utama agar NPSH pompa utama dapat dipenuhi. Sistem pengaturan dengan kombinasi pompa seri ini cukup sederhana untuk diaplikasikan. Namun, pompa kedua atau ketiga harus mampu menerima tekanan yang lebih tinggi dibandingkan pompa pertama [8].

#### 2) Pompa Paralel

Pada sistem yang membutuhkan flowrate tinggi, dan atau flowrate sistem tidak mampu dipenuhi oleh satu unit pompa, maka solusi yang dapat diaplikasikan adalah penggunaan 2 unit pompa secara paralel. Meski begitu, pemasangan tersebut bukan berarti flowrate akan meningkat dua kali lipat,

karena flowrate yang dihasilkan baik oleh satu atau dua unit pompa sangat dipengaruhi oleh banyak faktor, diantaranya adalah ratio head statis/dinamis pada karakteristik sistem [8].

### F. Computational Fluid Dinamic (CFD)

CFD adalah suatu metode perhitungan dengan kontrol dimensi, luas, dan volume dengan memanfaatkan komputasi komputer untuk proses analisa dan pemecahan masalah yang terkait dengan aliran fluida.

Pada Fire Water monitor memiliki beberapa aliran melengkung, seperti pada pipa outlet dan pipa inlet. Aliran melengkung ini merupakan aliran yang sangat kompleks, dan menyebabkan tekanan total losses. Persamaan kontinuitas fluida merupakan pemodelan turbulensi aliran pada pipa yang memiliki tikungan besar [9].

## III. METODE PENELITIAN

### A. Identifikasi Masalah

Penulis menentukan permasalahan atau topik yang ingin diteliti. Dalam hal ini penulis mengambil topik tentang simulasi CFD sistem pompa pemadam kebakaran pada Terminal LPG Semarang dalam memenuhi NPFA 14. Penelitian ini akan berfokus pada karakteristik aliran fluida pada setiap *nozzle* dan validasi simulasi dengan perhitungan.

### B. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mencari referensi yang digunakan untuk melengkapi penelitian. Refrensi yang digunakan oleh penulis bersumber dari jurnal penelitian, tugas akhir, serta paper. Adapun referensi yang diperlukan berupa standar NPFA 14 dan juga beberapa penelitian tentang simulasi CFD sistem pompa kebakaran yang pernah dilakukan sebelumnya.

### C. Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam tugas akhir ini adalah metode pengumpulan data secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas akhir ini, beberapa data yang dibutuhkan seperti, Plan I&D sistem pemadam kebakaran Terminal LPG Semarang, gambar instalasi sistem pemadam kebakaran Terminal LPG Semarang, fasilitas-fasilitas Terminal LPG Semarang (pompa pemadam kebakaran, pipa pemadam kebakaran, *nozzle*, dll).

### D. Mendesain Sistem Pompa Pemadam Kebakaran

Sistem Pompa pemadam kebakaran yang didesain akan merujuk pada standar NFPA 14. Desain akan disimulasikan menggunakan software *Pipe Flow Expert* untuk mengetahui kinerja sistem pompa pemadam kebakaran yang ada di Terminal LPG Semarang serta mengetahui instalasi pompa yang optimal dari empat macam scenario pompa. Desain sistem pemadam kebakaran tertera pada Gambar 1.

### E. Analisa Kinerja Sistem Pompa Pemadam Kebakaran

Akan dilakukan Analisa terkait dengan kinerja sistem pompa pemadam kebakaran yang ada di Terminal LPG Semarang serta mengetahui instalasi pompa yang optimal dari empat macam scenario pompa.

### F. Pemodelan Sistem Pompa Kebakaran

Sistem Pompa pemadam kebakaran yang telah

Tabel 1.  
Hasil simulasi kapasitas aliran

No	Nama Pipa	Kapasitas Aliran	
		m <sup>3</sup> /s	GPM
1	SP1 110	0,0326	516,7205
2	SP1 120	0,0316	500,8702
3	SP4 120	0,0317	502,4552
4	SP4 140	0,0326	516,7205
5	SP3 140	0,0343	543,6661
6	SP3 130	0,0345	546,8361
7	SP2 130	0,0345	546,8361
8	SP2 110	0,0343	543,6661
9	FM 09	0,0596	944,6793
10	FM 12	0,0595	943,0942
11	FM 11	0,0597	946,2643
12	FM 10	0,0599	949,4344
13	FM 08	0,0573	908,2235
14	FM 07	0,0573	908,2235
15	FM 04	0,0583	924,0738
16	FM 03	0,0586	928,8289
17	FM 06	0,0576	912,9786
18	FM 05	0,0576	912,9786
19	FM 01	0,0586	928,8289
20	FM 02	0,0588	931,999
21	FMC 04	0,08	1268,026
22	FMC 01	0,0817	1294,971
23	FMC 02	0,0817	1294,971
24	FMC 03	0,08	1268,026

Tabel 2.  
Validasi hasil perhitungan dan simulasi kapasitas aliran

Nama	Diameter (m)	Luas Penampang (m <sup>2</sup> )	Kapasitas (m <sup>3</sup> /s)	Kecepatan (m/s)	Kecepatan rata-rata simulasi (m/s)
Fixed Water Canon	0,0635	0,003165	0,075	23,69431	23,0413

direncanakan selanjutnya akan dilakukan pemodelan. Pemodelan juga akan terkait dengan karakteristik aliran fluida pada setiap pipa dan *nozzle*. Pemodelan 3D fixed water canon tertera pada Gambar 2.

G. Simulasi CFD (Ansys)

Computational Fluid Dynamic (CFD) adalah metode penghitungan, prediksi, dan pendekatan aliran fluida secara numerik dengan bantuan software maupun komputer [1]. Software yang digunakan untuk melakukan simulasi adalah CFD. Software CFD pada dasarnya menggunakan rumus dasar dinamika fluida, momentum, dan energi [10]. Simulasi ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik kinerja aliran fluida pada masing-masing *nozzle* pada sistem pompa pemadam kebakaran di Terminal LPG Semarang. Hasil simulasi dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.

H. Analisa dan Pembahasan

Akan dilakukan Analisa dan Pembahasan terkait dengan karakteristik aliran fluida berdasarkan variasi empat skenario pompa dengan konfigurasi paralel.

IV. ANALISA DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Hasil Simulasi kapasitas Aliran menggunakan Pipe Flow Expert

Simulasi Software *Pipe Flow Expert* dilakukan menggunakan skenario 4 *fixed fire pump* dengan masing-masing kapasitas 3000 GPM. Proses simulasi juga dilakukan dengan data yang sebelumnya telah di input seperti layout, diameter pipa, panjang pipa, elevasi, fitting yang digunakan data pompa dan data fluida yang digunakan. Data simulasi

tersebut ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari analisis nilai-nilai hasil simulasi pada Tabel 1. kapasitas aliran pada setiap pipa tegak yang terhubung dengan *nozzle* telah memenuhi standard NFPA 14. Dimana pada standard NFPA 14 nilai kapasitas minimum pada setiap *nozzle* sebesar 500 GPM. Pada hasil simulasi tersebut di dengan empat skenario pompa, dimana menggunakan empat skenario pompa merupakan skenario dengan nilai kapasitas pompa terbesar. Kapasitas aliran terkecil terdapat pada pipa SP1 120 yaitu sebesar 0,03 m<sup>3</sup>/s atau 500,87GPM.

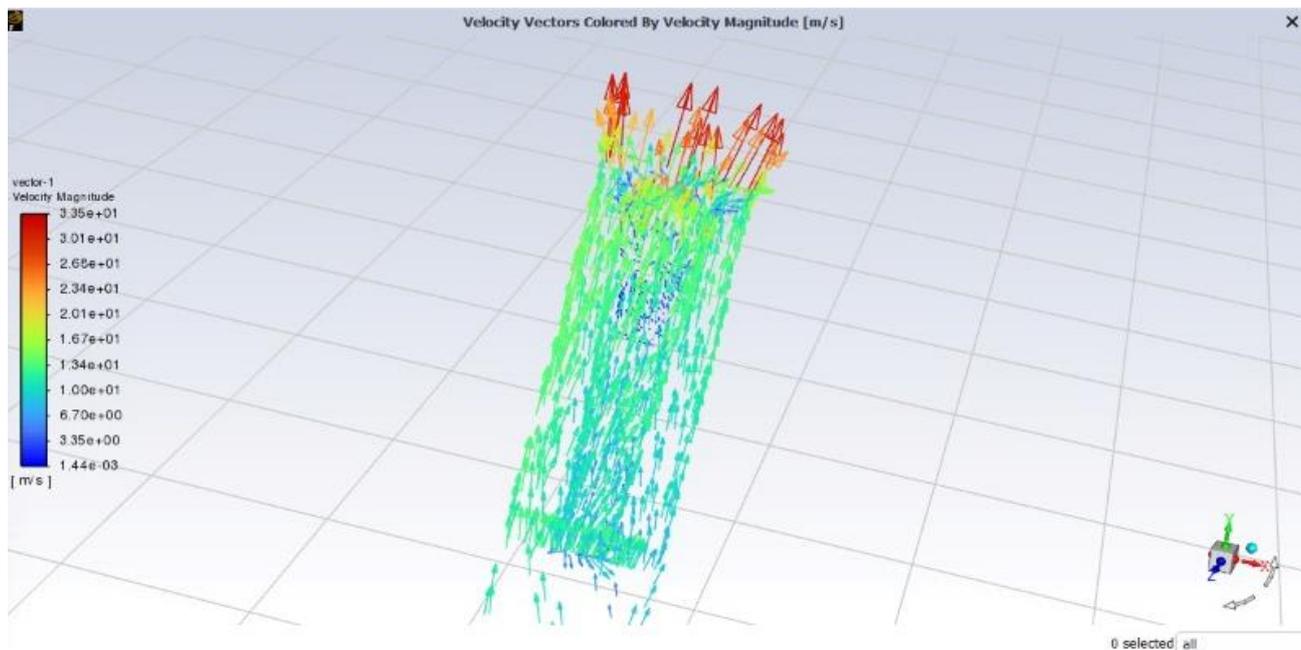
B. Analisa Hasil Simulasi Nilai Head menggunakan Pipe Flow Expert

Untuk melakukan Analisis terhadap nilai head pada sistem pemadam kebakaran di Terminal LPG Semarang menggunakan software *Pipe Flow Expert*. Software tersebut dapat menunjukkan nilai head yang dibutuhkan dalam instalasi sistem pemadam kebakaran tersebut. Hal ini dibutuhkan untuk mengetahui apakah pompa yang terpasang telah sesuai dengan kebutuhan yang ada atau tidak.

Dari analisis hasil simulasi pada Gambar 5, kebutuhan head pada instalasi sistem pemadam kebakaran yaitu sebesar 73,14 m pada masing-masing pompa. Hal ini telah sesuai dengan spesifikasi jenis pompa yang sudah terpasang, dimana pompa yang terpasang memiliki spesifikasi head pompa sebesar 76 m pada setiap pompa.

C. Analisa Hasil Simulasi CFD (Ansys)

Pada simulasi CFD pada penelitian ini menggunakan software *ansys*. Untuk pemodelan yang akan disimulasikan yaitu salah satu *nozzle* (Fix Water Canon). Ada beberapa langkah dalam mensimulasikan aliran pada Fix water canon.



Gambar 8. Hasil simulasi kecepatan *Fixed Water Canon* pada bagian *nozzle* Menggunakan *Ansys*.

Adapun langkah-langkahnya adalah pembuatan model 3D, proses meshing, proses setup dan yang terakhir adalah hasil simulasi.

Pada Gambar 3. bisa dilihat bahwa tekanan yang ada pada fixed water canon dimana tekanan maksimum nilainya sebesar 13,1 bar. Ini telah sesuai dengan *project guide* yang ada dimana tekanan operasinya maksimum mencapai 15 bar. Pada ujung *nozzle* tekanan menurun menjadi 6,9 bar dikarenakan kecepatan aliran pada kondisi tersebut meningkat. Hal ini bisa dilihat pada Gambar 6.

Hasil simulasi kecepatan aliran pada belokan di fixed water canon dapat dilihat pada Gambar 7. Terdapat perbedaan distribusi kecepatan, dimana outer wall memiliki nilai yang lebih besar dibanding inner wall. Ini menyebabkan partikel fluida yang bergerak dari outer wall ke inner wall dapat menghambat laju aliran fluida. Hal ini menyebabkan terjadinya aliran sekunder (*secondary flow*) yang dapat menyebabkan penurunan tekanan (*pressure drop*). Adanya aliran sekunder didalam elbow merupakan fenomena aliran tiga dimensi karena terjadinya perbedaan distribusi pada sisi inner dan outer wall dan cenderung akan memperbesar terjadinya aliran sekunder pada sisi *corner* (belokan) [10]. Dimana pada Gambar 7 menunjukkan nilai inlet kecepatan sebesar 9,74 m/s dan pada belokan pertama meningkat sebesar 11,05 m/s.

Hasil simulasi kecepatan aliran pada bagian *nozzle* dari fixed water canon dapat dilihat pada Gambar 8. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kecepatan maksimum pada aliran bisa mencapai sebesar 32,6 m/s. Hal ini dipengaruhi juga luas penampang bagian outlet *nozzle* lebih kecil dan mengakibatkan kecepatan aliran meningkat.

Kemudian akan dilakukan validasi untuk mencocokkan hasil perhitungan kecepatan hasil perhitungan kecepatan dan hasil simulasi. Dari Tabel 2 menunjukkan kecepatan perhitungan sebesar 23,69 m/s sedangkan pada kecepatan rata-rata simulasi sebesar 23,04 m/s. dimana diameter dari fixed water canon yaitu 0,06 meter atau 2,5 inch. Validasi hasil perhitungan dan simulasi dapat dilihat pada Tabel 2.

## V. KESIMPULAN/RINGKASAN

Dari hasil penelitian dan analisa datayang telah dilakukan, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut: dari desain sistem pemadam kebakaran yang ada di Terminal LPG Semarang telah dilakukan simulasi menggunakan software *pipe flow expert*. Simulasi dilakukan dengan menggunakan empat jenis skenario pompa konfigurasi parallel dengan tipe fixed RPM Fire Pump dan 20 titik pipa tegak yang terhubung dengan *nozzle* yang berjenis fixed water canon, fixed monitor dan water sprinkler *nozzle*.

Dari hasil simulasi telah memenuhi standard NFPA 14 mengenai nilai kapasitas minimum pada setiap pipa tegak yang terhubung dengan *nozzle* sebesar 500 GPM. Kapasitas aliran terkecil terdapat pada pipa SP1 120 yaitu sebesar 0,03 m<sup>3</sup>/s atau 500,87 GPM. Kebutuhan head pada hasil simulasi sebesar 73,14 m pada setiap pompa. Hal ini telah sesuai dengan spesifikasi jenis pompa yang sudah terpasang, dimana pompa yang terpasang memiliki spesifikasi head pompa sebesar 76 m pada setiap pompa.

Karakteristik aliran pada salah satu *nozzle* yaitu fixed water canon didapatkan kecepatan rata-rata yaitu sebesar 23,04 m/s dan kecepatan maksimum bisa mencapai 32,6 m/s dengan sifat aliran turbulen. Tekanan outlet sebesar 6,9 bar, hal ini telah sesuai dengan kebutuhan pemadam kebakaran untuk mencapai tinggi tangki timbun yaitu sebesar 16,84 meter.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Indriawan, "Evaluasi Desain Sistem Venting Dari Manifold Truk Ke Temporary Tank Di Terminal LPG Semarang," Departemen Teknik Sistem Perkapalan: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2018.
- [2] T. A. Akbar, "Analysis of Fire Pump Installation in Terminal LPG Semarang to Meet The NFPA 14 Standard," Departemen Teknik Sistem Perkapalan: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2017.
- [3] M. R. Iskandar, "Analisis Instalasi Pompa Pemadam Kebakaran di Terminal LPG Semarang Dalam Memenuhi Standard NFPA 14," Departemen Teknik Sistem Perkapalan: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [4] A. T. Oyelami and S. O. Olusunle, "Spherical storage tank development through mathematical modeling of constituent sections

- spherical storage tank development through mathematical modeling of constituent sections," *Math. Model. Eng. Probl.*, vol. 6, no. 3, 2019.
- [5] Ubaedillah, "Analisa kebutuhan jenis dan spesifikasi pompa untuk suplai air bersih di gedung kantin berlantai 3 PT Astra Daihatsu Motor," *J. Tek. Mesin Mercu Buana*, vol. 5, no. 3, pp. 119--127, 2016.
- [6] M. Suarda, *Pompa dan kompresor*. Denpasar: Universitas Udayana, 2016.
- [7] I. Syahrizal and D. Perdana, "Kajian eksperimen instalasi pompa seri dan paralel terhadap efisiensi penggunaan energi," *Turbo J. Progr. Stud. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 2, 2020.
- [8] M. A. Rokim, "Analisis Kinerja Pompa LPG Pada Terminal LPG Semarang Berdasarkan Variasi Kecepatan Dan Konfigurasi," Departemen Teknik Sistem Perkapalan: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [9] G. Hu, M. Long, J. Liang, and W. Li, "Analysis of jet characteristics and structural optimization of a liquamatic fire water monitor with self-swinging mechanism," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 59, no. 5, pp. 805--813, 2012.
- [10] A. Trisetya, "Studi Eksperimen Karakteristik Aliran Melalui Small Octagonal Elbow 90 Pada Closed-Loop Subsonic Wind Tunnel," Departemen Teknik Mesin: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2008.