



Jurnal Politeknik Caltex Riau

<https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/elementer>

| ISSN : 2460 – 5263 (online) | ISSN : 2443 – 4167 (print)

DESAIN SISTEM PEMADAM KEBAKARAN MENGUNAKAN METODE WATER SPRAY DAN FOAM SEBAGAI INSTALASI PERLINDUNGAN KEBAKARAN PADA TANGKI FLUIDA FAATY ALKOHOL

Dianita Wardani¹, R. Dimas Endro W², Pekik Mahardhika³, Ni'matut Tamimah⁴, Imam Irawan⁵

^{1,2,3,4} Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, email: dianitawardani@ppns.ac.id

Abstrak

Tangki TK-7201, TK-7202, dan TK-7203 berisikan Faaty Alkohol pada plant industri Gresik diketahui belum memiliki alat proteksi terhadap kebakaran serta pada tangki memiliki beberapa resiko tinggi seperti kebocoran atau faktor external yang memungkinkan terjadinya kebakaran. Sehingga dibutuhkan media foam untuk pemadaman kebakaran pada permukaan fluida dalam tangki sesuai standar NFPA 11 (Standard for Low Medium and High Expansion Foam) dan didukung dengan media air untuk water spray system sesuai standar NFPA 15 (Standard for water spray system) yang berguna untuk pendinginan serta pencegahan dari kerusakan akibat kebakaran pada tangki lainnya dan diharapkan tidak ikut terbakar. Modeling dimensi nozzle water spray atau sprinkler menggunakan ANSYS dipilih nozzle water spray dengan luaran 9 mm untuk sistem proteksi. Pada desain sistem perpipaan foam menggunakan diameter pipa utama 6 inch dan 4 inch untuk pipa cabang. Pada desain instalasi water spray menggunakan menggunakan pipa ukuran 10 inch untuk pipa utama, ukuran 6 inch untuk pipa cabang, dan ukuran 3 inch untuk pipa pembagi. Instalasi ini menggunakan 39 water nozzle / sprinkler dengan jarak antar nozzle adalah 2 meter. Total headloss pada instalasi water spray didapatkan nilai sebesar 60,18m. Total headloss pada instalasi foam didapatkan nilai sebesar 55,85 m. Pada instalasi sprinkler didapatkan daya pompa hasil perhitungan sebesar 110,97 kW. Pada instalasi foam didapatkan daya pompa hasil perhitungan sebesar 6,27 kW. Pompa yang digunakan pada desain yaitu Ebara 65 x 50 FSJA untuk sistem pemadam foam dan Ebara 250 x 200 FS4NA untuk sistem water spray.

Kata kunci: Desain, Fire Fighting Foam, Headloss, NFPA, Water Spray System

Abstract

Tanks TK-7201, TK-7202, and TK-7203 containing Faaty Alcohol at the Gresik industrial plant are known to not have fire protection devices and the tanks have several high risks such as leaks or external factors that allow a fire to occur. So that a foam media is needed for extinguishing fires on the surface of the fluid in the tank according to the NFPA 11 standard (Standard for Low Medium and High Expansion Foam) and supported by water media for a water spray system according to the NFPA 15 standard (Standard for water spray system) which is useful for cooling as well as prevention of fire damage to other tanks and it is hoped that they will not catch fire. Modeling the dimensions of the nozzle for water spray or sprinkler using ANSYS, a water spray

nozzle with an output of 9 mm was selected for the protection system. The foam piping system design uses a main pipe diameter of 6 inches and 4 inches for branch pipes. The water spray installation design uses a 10 inch pipe for the main pipe, a 6 inch size for the branch pipe, and a 3 inch size for the dividing pipe. This installation uses 39 water nozzles / sprinklers with a distance of 2 meters between the nozzles. Total headloss in the water spray installation obtained a value of 60.18m. The total headloss on the foam installation obtained a value of 55.85 m. In the sprinkler installation, the calculated pump power is 110.97 kW. In the foam installation, the calculated pump power is 6.27 kW. The pumps used in the design are Ebara 65 x 50 FSJA for the foam extinguishing system and Ebara 250 x 200 FS4NA for the water spray system.

Keywords : Design, Fire Fighting Foam, Headloss, NFPA, Water Spray System

1. Pendahuluan

Pada pengaplikasian kebanyakan tangki penyimpanan (*storage tank*) secara umum didesain dan dibangun dengan menggunakan standart API 650 yaitu merupakan Tangki penyimpanan memiliki ukuran yang berbeda beda mulai dengan diameter 2 meter hingga berdiameter 60 meter lebih [1]. Industri yang memiliki tangki penyimpanan adalah industri pengolahan minyak, petrokimia, dan industri lainnya yang menggunakan atau memproduksi cairan dan uap [2].

Dalam proses fabrikasi tangki TK-7201, TK-7202, TK-7203 diketahui belum memiliki alat proteksi terhadap kebakaran serta pada tangki memiliki beberapa resiko tinggi seperti kelebihan panas akibat dari sistem *hot water suplay* yang dialirkan pada tangki, serta kebocoran atau faktor external yang memungkinkan terjadinya kebakaran sehingga perlu adanya usulan untuk upaya pengendalian kebakaran berupa *water spray system* serta *fire fighting*. Di dalam sistem pemadam kebakaran, pipa sebagai media untuk mengalirkan fluida [3].

Untuk meningkatkan keamanan dari bahaya kebakaran pada tanki TK-7201, TK-7202, dan TK-7203 yang berisikan *Fatty Alcohol* dimana dalam MSDS *Fatty Alcohol* tertulis media pemadaman yaitu *dry chemical*, *Foam*, dan *Water*. Maka dalam tugas akhir ini akan menggunakan media *foam* untuk pemadaman kebakaran pada permukaan fluida dalam tanki mengacu pada standar NFPA 11 (*Standard for Low Medium and High Expansion Foam*) dan didukung dengan media air untuk *water spray system* mengacu pada standar NFPA 15 (*Standard for water spray system*) yang berguna untuk pendinginan serta pencegahan dari kerusakan akibat kebakaran pada tanki lainnya dan diharapkan tidak ikut terbakar.

2. Tinjauan Pustaka

Tangki penyimpanan adalah tangki yang berfungsi menyimpan cairan organik, cairan non organik, dan uap. Tangki penyimpanan banyak terdapat pada industri. Industri yang memiliki tangki penyimpanan adalah industri pengolahan minyak, petrokimia, dan industri lainnya yang menggunakan atau memproduksi cairan dan uap [2]. Kebanyakan tangki penyimpanan (*storage tank*) secara umum didesain dan dibangun mengikuti API 650. Tangki penyimpanan memiliki ukuran yang berbeda beda mulai dengan diameter 2 meter hingga berdiameter 60 meter lebih.

Klasifikasi bahan bakar cair merupakan bentuk pengklasifikasian yang dilakukan menurut standart mengenai *flammable and combustible code* yang sering di pakai oleh perusahaan [4]. Flash Point adalah temperatur terendah dari suatu cairan untuk menghasilkan cukup uap dan

bercampur dengan udara membentuk suatu campuran yang dapat terbakar di dekat permukaan cairan dan akan menyala sekejap bila diberikan sumber penyalaan. Kelas 1 adalah kelas yang termasuk dalam *flammable range*.

Water spray system mengcover wilayah permukaan tangki menggunakan *nozzle spray* atau *sprinkler*. Untuk wilayah luasan area atap atau *roof tank* menggunakan rumus selimut dari kerucut dengan persamaan sebagai berikut: sisi miring kerucut :

$$S = \sqrt{t^2 + OR^2} \quad (1)$$

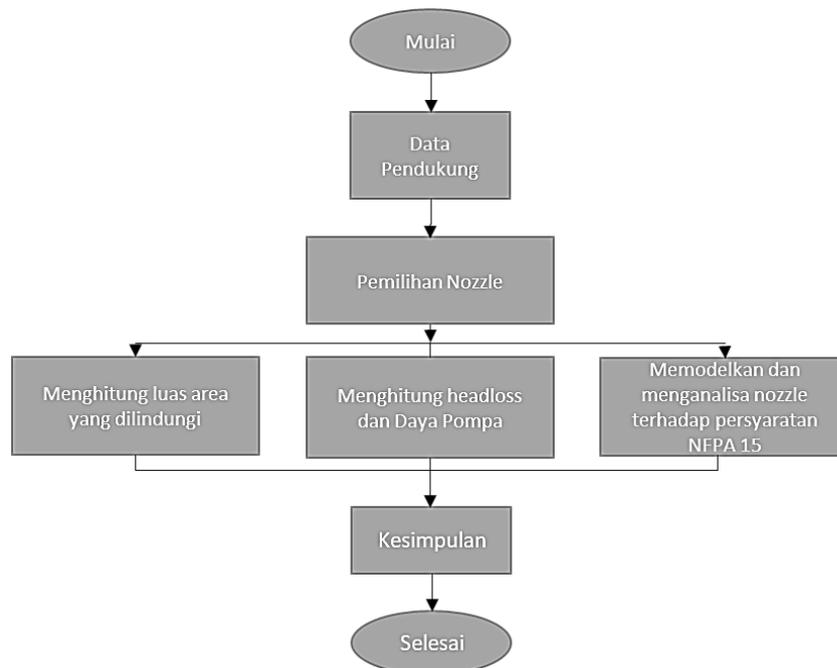
Sebelum menghitung kebutuhan foam, kita terlebih dahulu mengetahui foam solution discharge rate dari luas *surface* dan *application rate* [5]. Berikut persamaan untuk mencari *foam solution discharge rate* :

$$\text{Foam solution discharge rate} = A \times \text{application rate} \quad (2)$$

Kebutuhan air untuk *water spray system* dapat dihitung berdasarkan debit atau kapasitas yang dibutuhkan oleh *water spray system* dan durasi sistem.

3. Metode Penelitian

Pada Gambar 1 menunjukkan diagram alir perencanaan jalur perpipaan *Fire Fighting Foam* dan *Water Spray System* sebagai instalansi perlindungan kebakaran pada Tangki TK-7201, TK-7202, dan TK-7203 pada *Plant industry* daerah Gresik.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dari mengumpulkan data primer dan data sekunder yang akan digunakan untuk penelitian. Data primer terdiri dari layout area Tangki, PFD Tangki Fram, dan *General Arrangement*. Kemudian peneliti menentukan jumlah *sprinkler* yang akan digunakan berdasarkan perhitungan luas permukaan Tangki yang akan dilindungi, menentukan jenis dan penempatan dari *fire fighting foam*.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Perhitungan Luas Area yang dilindungi

Pada penelitian ini perhitungan hanya pada *inside surface* pada *storage tank*. Hasil perhitungan luas area yang akan dilindungi *Fire Fighting Foam (Inside Surface)* didapatkan sebagai berikut:

$$A = 1/4 \pi d^2 = 1/4 \pi (5732 \text{ mm})^2 = 25804,903 \text{ mm}^2 = 25,81 \text{ m}^2$$

$$\text{Tangki A total} = A1+A2+A3 = 25,81 \text{ m}^2 + 25,81 \text{ m}^2 + 25,81 \text{ m}^2 = 77,43 \text{ m}^2$$

4.2. Penentuan Peletakan *Foam Chamber* dan *Sprinkler*

Pemasangan *Foam Chamber* sudah diatur dalam (NFPA 11 2016). Jumlah *Foam Chamber* yang diperlukan untuk sistem proteksi kebakaran pada *Storage Tank Fatty Alkohol* menggunakan *Volume Storage Tank* untuk menentukan Jumlahnya sudah di atur oleh NFPA 11 “*Standard for Low, Medium, and High Expansion Foam*”. Untuk menentukan jumlah foam chamber, maka diperlukan data *Storage Tank* yang akan di proteksi yaitu dengan diameter 5,732 meter dan tinggi 13,524 meter dan memiliki volume sebesar 348.980 liter. Pada tabel 2.4 untuk tangki dengan diameter 5,732 46 meter, minimum discharge outlet (*Foam Chamber*) yang diperlukan adalah 1 *Foam Chamber* disetiap *storage tank*. Sedangkan pemasangan jarak antar kepala *sprinkler* atau *nozzle* yang dibutuhkan adalah dengan menyesuaikan desain dari bangunan tangki itu sendiri. Maksimal jarak antar kepala *sprinkler* atau *nozzle* adalah sebesar 3 meter [6]. Disini penulis melakukan desain untuk peletakan *sprinkler* dengan jarak setiap *sprinkler* adalah 2 meter.

4.3. Metode *Sprinkler*

Headloss tekanan adalah losses energi yang disebabkan oleh perpindahan tekanan yang dilalui oleh aliran. Headloss tekanan diperoleh dari minimum pressure. Besar headloss tekanan dapat diperoleh dengan persamaan 2.4 berikut:

$$H_p = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}$$

$$H_p = \frac{340000 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2} - 101325 \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}^2}}{998 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$= 24,374 \text{ meter}$$

Table 4.1 Rekapitulasi Head losses

Perhitungan headloss		
Headloss instalasi fire fighting foam	21,7093	meter
Headloss suction	0,0809	meter
Total headloss	21,7903	meter

Table 4.2 nilai penurunan tekanan

Nama alat	Nilai penurunan tekanan
Foam chamber	275790 $\frac{kg}{m.s^2}$
Mixing chamber	38303 $\frac{kg}{m.s^2}$
Pressure drop total	314093 $\frac{kg}{m.s^2}$

a. Massa air yang dibutuhkan untuk proteksi tanki

Massa air yang dibutuhkan untuk memproteksi tanki saat terjadi kebakaran dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.13 berikut :

$$Q \text{ alkohol} = Q \text{ air}$$

$$m_a \times c_a \times \Delta t_a = m_b \times c_b \times \Delta t_b$$

$$279,184 \text{ Kg} \times 2400 \text{ j/Kg}^\circ\text{C} \times (144^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}) = m_b \times 4200 \text{ j/Kg}^\circ\text{C} \times (144^\circ\text{C} - 27,1^\circ\text{C})$$

$$m_b = \frac{76384742,4 \text{ joule}}{4200 \frac{\text{j}}{\text{Kg}}^\circ\text{C} \times 116,9^\circ\text{C}}$$

$$m_b = 155,576 \text{ Kg}$$

didapatkan massa air untuk menurunkan atau memperoteksi tanki dari temperatur didih menjadi temperatur normal sebesar 155,576 Kg.

Hasil perhitungan massa air diatas dapat dicari volume air saat memproteksi tanki yang dapat dihitung dengan persamaan 2.14 berikut :

$$V = \frac{\text{massa air}}{\rho \text{ air}}$$

$$V = \frac{155,576 \text{ Kg}}{998,2 \text{ Kg/m}^3}$$

$$V = 0,1558 \text{ m}^3$$

Untuk waktu pengoprasian minimal 60 menit sehingga didapat volume air sebesar $(0,1558 \text{ m}^3 \times 3600) = 560,88 \text{ m}^3$

b. Perhitungan Head pompa dengan Software

Setelah melakukan modelling dengan menggunakan Software Pipeflow expert maka didapatkan total head pompa. Pada Tabel 4.3 berikut menunjukkan perbedaan antara perhitungan head pompa manual dengan software.

Tabel 4.3 perbedaan perhitungan head pompa manual dan software

	Perhitungan manual	Perhitungan software
Instalasi sprinkler	60,18 meter	57,754 meter
Instalasi Foam	55,8515 meter	52,743 meter

Berdasarkan tabel diatas dapat dihitung presentase error antara perhitungan head pompa manual dengan software dengan persamaan berikut :

$$\text{Presentase error} = \left| \frac{\text{perhitungan manual} - \text{perhitungan software}}{\text{perhitungan software}} \times 100\% \right|$$

a. Presentase error instalasi sprinkler

$$\begin{aligned} \% \text{Error} &= \left| \frac{\text{perhitungan manual} - \text{perhitungan software}}{\text{perhitungan software}} \times 100\% \right| \\ &= \left| \frac{60,18 - 57,754}{57,754} \times 100\% \right| \\ &= 4,201 \% \end{aligned}$$

b. Presentase error instalasi Foam

$$\begin{aligned} \% \text{Error} &= \left| \frac{\text{perhitungan manual} - \text{perhitungan software}}{\text{perhitungan software}} \times 100\% \right| \\ &= \left| \frac{55,8515 - 52,743}{52,743} \times 100\% \right| \\ &= 5,894 \% \end{aligned}$$

Nilai error dari kedua instalasi tersebut masih didalam range yang diharapkan yaitu sebesar 6,67%.

a. Perhitungan Daya pompa dengan Software

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan software pipeflow expert dan kurva perporman pompa yang diketahui daya pompa dari instalasi sprinkler sebesar 118 KW dengan efisiensi sebesar 73% dan pada shaft power dari instalasi foam sebesar 5,925 KW dengan efisiensi sebesar 47,58%. Sehingga shaft power dari perhitungan manual dengan efisiensi yang sama adalah sebagai berikut”

a. Daya pompa instalasi sprinkler

$$\begin{aligned} P_{\text{shaft}} &= \frac{P_{\text{pump}}}{\eta} \\ &= \frac{81,0093 \text{ kW}}{73\%} \\ &= 110,97 \text{ kW} \end{aligned}$$

b. Daya pompa instalasi foam

$$\begin{aligned}
 P_{shaft} &= \frac{P_{pump}}{\eta} \\
 &= \frac{2,985 \text{ kW}}{47,58\%} \\
 &= 6,274 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

Dengan demikian Tabel 4.4 menunjukkan perbedaan nilai shaft power secara manual dan software.

Tabel 4.4 perbedaan nilai shaft power manual dan software

	Perhitungan manual (kW)	Perhitungan software (kW)
Instalasi sprinkler	110,97	118
Instalasi Foam	6,274	5,925

Berdasarkan tabel diatas dapat dihitung presentase error antara perhitungan manual dengan software dengan persamaan berikut :

$$\text{Presentase error} = \left| \frac{\text{perhitungan manual} - \text{perhitungan software}}{\text{perhitungan software}} \times 100\% \right|$$

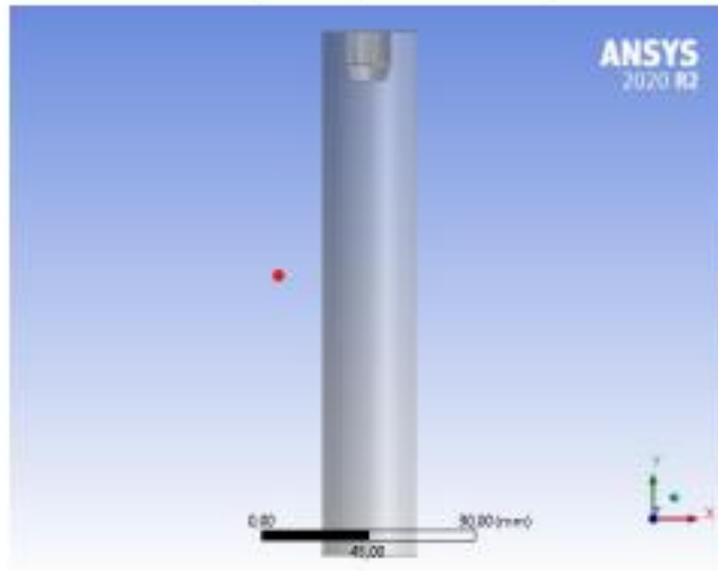
a. Presentase error instalasi sprinkler

$$\begin{aligned}
 \% \text{Error} &= \left| \frac{\text{perhitungan manual} - \text{perhitungan software}}{\text{perhitungan software}} \times 100\% \right| \\
 &= \left| \frac{110,97 - 118}{118} \times 100\% \right| \\
 &= 5,956 \%
 \end{aligned}$$

b. Presentase error instalasi Foam

$$\begin{aligned}
 \% \text{Error} &= \left| \frac{\text{perhitungan manual} - \text{perhitungan software}}{\text{perhitungan software}} \times 100\% \right| \\
 &= \left| \frac{6,274 - 5,925}{5,925} \times 100\% \right| \\
 &= 5,890 \%
 \end{aligned}$$

Nilai error dari kedua instalasi tersebut masih didalam range yang diharapkan yaitu sebesar 6,67%. Setelah diketahui nilai error pada instalasi yang digunakan, kemudian dilanjutkan dengan melakukan pemodelan, pemodelan dilakukan untuk mengetahui dimensi *nozzle* dan spesifikasi yang lebih baik untuk spesifikasi *nozzle* yang digunakan. Pemodelan diawali dengan membuat geometri dari dimensi *nozzle* yang tertera pada spesifikasi *sprinkler* dengan merek viking yang akan dilampirkan pada lampiran 10. Ukuran luaran *nozzle* yang digunakan sebesar 9 mm. Pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4 merupakan gambar dari geometri *nozzle*.



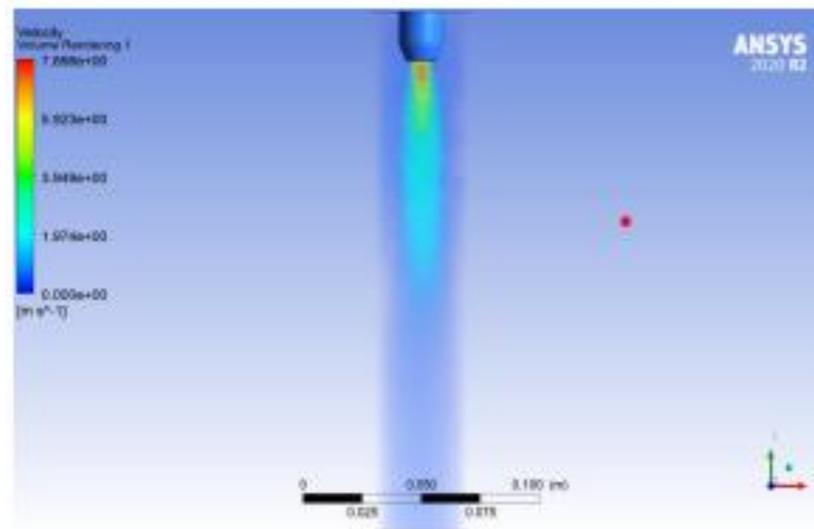
Gambar 2. Geometri *nozzle* dengan ukuran luaran 9 mm

Dari geometri yang telah dibuat dilakukan pemberian meshing. Pada Gambar 3 merupakan gambar hasil *meshing nozzle*. Gambar 3 hasil *mesh nozzle* dengan luaran 9 mm.



Gambar 3. Hasil *mesh nozzle* dengan luaran 9 mm

Proses simulasi dilakukan dengan memasukan semua data yang berkaitan dengan fluida yang akan di simulasikan. Data *Velocity* : 0,932 m/s dan tekanan : 340000 Pascal menggunakan diameter luaran dari *nozzle* sebesar 9 mm.



Gambar 4. Hasil simulasi *nozzle* luaran 9 mm

Pada hasil perancangan instalasi sistem pemadam kebakaran menggunakan pipa ASTM A53 Gr B. Instalasi sistem *foam* menggunakan pipa dengan ukuran 6 inch sebagai pipa utama, pipa cabang menggunakan ukuran 4 inch, serta penempatan *foam chamber* setiap tangki berjumlah 1. Serta untuk instalasi perpipaan *water spray* menggunakan pipa ukuran 10 inch untuk pipa utama, ukuran 6 inch untuk pipa cabang, dan ukuran 3 inch untuk pipa pembagi. Kedua instalasi ini menggunakan 39 *water nozzle / sprinkler* dengan jarak antar *nozzle* adalah 2 meter. Total *headloss* hasil perhitungan pada instalasi *water spray* didapatkan nilai sebesar 60,18m. Total *headloss* pada hasil perhitungan instalasi *foam* didapatkan nilai sebesar 55,85m. Pada instalasi *sprinkler* didapatkan daya pompa hasil perhitungan sebesar 110,97 kW. Pada instalasi *foam* didapatkan daya pompa hasil perhitungan sebesar 6,27 kW.

Kemudian untuk hasil *nozzle* dan ebara yang didapatkan maka, pompa dan *nozzle water spray* dengan luaran 9 mm untuk sistem proteksi menurut NFPA 15 masih memenuhi maksimal jarak antar kepala *sprinkler* atau *nozzle* yaitu sebesar 3 meter yang telah dimodelkan menggunakan ANSYS.

5. Kesimpulan

Pada hasil penelitian yang telah dilakukan didapatkan nilai dari daya pompa untuk instalasi *water spray* sebesar 110,97 kW dengan head 60,18 m serta untuk instalasi *foam* didapatkan daya pompa sebesar 6,27 kW dengan head 55,85 m. Sehingga dipilih pompa yang digunakan pada desain ini yaitu pompa Ebara 65 x 50 FSJA untuk sistem pemadam *foam* dan pompa Ebara 250 x 200 FS4NA untuk sistem *water spray*. Dengan pompa dan *nozzle water spray* dengan luaran 9 mm untuk sistem proteksi menurut NFPA 15 masih memenuhi maksimal jarak antar kepala *sprinkler* atau *nozzle* yaitu sebesar 3 meter yang telah dimodelkan menggunakan ANSYS.

6. Daftar Pustaka

- [1] American Petroleum Institute, *API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage*. 2017.
- [2] Dewa, I Gede P. S., "Studi eksperimental karakteristik semprotan air pada airblast atomizer," Universitas Udayana, Bali, 2020.

- [3] P. Mahardhika, "EVALUASI INSTALASI PLUMBING AIR BERSIH RUMAH TIPE 42 MENGGUNAKAN PIPE FLOW EXPERT BERDASARKAN SNI 03-7065-2005 DAN BS 6700," *JTT J. Teknol. Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, Mar. 2018, doi: 10.31884/jtt.v4i1.68.
- [4] NFPA, *NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code*. 2019.
- [5] Nabhan, A. R, Projek Priyonggo, Priyo Agus Setiawan, "DESAIN SISTEM FOAM FIRE FIGHTING DENGAN PEMODELAN MIXING CHAMBER SEBAGAI ANTISIPASI BAHAYA KEBAKARAN PROYEK TANKI TIMBUN TERMINAL CURAH CAIR SEMARANG," presented at the Piping Engineering and its Application, 2019, pp. 171–174.
- [6] NFPA, *NFPA 15 : Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection*. 2017.
- [7] EBARA, *EBARA End Suction Volute Pump Catalogue*. EBARA.
- NFPA section 15. (2017). Standard for Water Spray System. National Fire Protection Association.
- [8]NFPA section 11: Standard for Low Medium and High Expansion *Foam*. National Fire Protection Association.2016
- [9]Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia. (2008). Tentang Persyaratan Teknis Sistem Proteksi Kebakaran pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26/PRT/M/2008, Jakarta.
- [10]Margariyan E. (2021). PERANCANGAN JALUR PERPIPAAN FIRE FIGHTING SYSTEM JENIS HYDRANT DAN SPRINKLER PADA STORAGE TANK. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- [11]Purwadi, P.K (2001). Metode ADI dalam penyelesaian persoalan perpindahan panas konduksi benda padat tiga dimensi keadaan Tunak. Universitas Sananta Dharma, Yogyakarta.
- [12] Warits M. (2021). PERENCANAAN JALUR PERPIPAAN FIRE FIGHTING *FOAM* PADA PUMP ROOM FILLING STATION ON THE SPOT TAHAP 1 TERMINAL MIRAH SURABAYA. Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.