

# DESAIN CARBON DIOXIDE EXTINGUISHING SYSTEM PADA GUDANG UREA EKSPOR

**Valina Destya Dharamayanti<sup>1\*</sup>, Eko Julianto<sup>2</sup>, Ekky Nur Budiyanto<sup>3</sup>**

*Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2,3</sup>*

*Email: [valinadestya@student.ppns.ac.id](mailto:valinadestya@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [eko\\_julianto@ppns.ac.id](mailto:eko_julianto@ppns.ac.id)<sup>2</sup>; [ekky@ppns.ac.id](mailto:ekky@ppns.ac.id)<sup>3</sup>;*

**Abstract** – The export urea warehouse is a building that has an important function for national fertilizer companies. The risk of fire in the export urea warehouse is unavoidable, so a fire extinguishing system is needed. A carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) extinguishing system is chosen because it does not leave residue after the extinguishing process. The carbon dioxide extinguishing system design refers to NFPA 12 to calculate the amount of CO<sub>2</sub> media requirements, determine the flow rate, calculate the number of discharge nozzles, and design the 3D and isometric drawing. Based on these calculations, 70029.9 kg of CO<sub>2</sub> with 34% concentration extinguishing media are needed for a 1-minute discharge time. The capacity of the CO<sub>2</sub> cylinder used is 45 kg so 1557 CO<sub>2</sub> tubes are needed. The pipe sizes used are 3 inches for the main manifold, 2 inches for the manifold cylinder and divider pipe, 1 ¼ inch for the divider pipe, and 1 inch for the branch pipe.

**Keywords:** Extinguishing System, Carbon Dioxide, NFPA, Total Flooding System

## Nomenclature

**W<sub>34%</sub>** : Jumlah kebutuhan CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 34 % (kg)  
**W<sub>99%</sub>** : Jumlah kebutuhan CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 99 % (kg)  
**V<sub>total</sub>** : Total volume ruangan (m<sup>3</sup>)  
**N<sub>nozzle</sub>** : Jumlah discharge nozzle

## 1. PENDAHULUAN

Gudang urea ekspor merupakan sebuah ruang yang digunakan sebagai tempat penyimpanan pupuk urea yang hendak di ekspor ke luar negeri. Gudang urea ekspor yang terletak di area pabrik pupuk nasional yang ada di Jawa Timur ini memiliki luas area sebesar 90 m x 60 m.

Suatu industri tidak lepas dari risiko yang dapat mengakibatkan kerugian. Risiko tersebut umumnya diakibatkan oleh kesalahan teknis dan kesalahan manusia, kemungkinan terburuk dari 2 hal tersebut merupakan pemicu terjadinya kebakaran. Untuk mencegah risiko saat kebakaran terjadi, diperlukan pembuatan desain yang berfokus pada *extinguishing system* pada gudang urea ekspor. Media pemadam yang digunakan berupa karbondioksida (CO<sub>2</sub>), hal tersebut dikarenakan karbondioksida (CO<sub>2</sub>) merupakan media yang tidak menyisakan residu setelah proses pemadaman selesai.

## 2. METODOLOGI

### 2.1 Metodologi Penelitian

Tahap awal yang dilakukan pada penelitian ini adalah mencari konsentrasi CO<sub>2</sub> yang akan digunakan. Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan jumlah kebutuhan CO<sub>2</sub>. Kemudian dihitung nilai *flow rate* dari sistem pemadam yang nantinya akan digunakan untuk menghitung jumlah *discharge nozzle* yang dibutuhkan.

Tahap berikutnya penulis akan melakukan proses *routing pipe* menggunakan *software*

*AutoCAD Plant 3D.*

### 2.2 Perhitungan Kebutuhan Media CO<sub>2</sub>

Untuk menghitung jumlah kebutuhan CO<sub>2</sub> perlu diketahui volume ruangan yang akan dilindungi. Gudang Urea Ekspor memiliki bangunan berbentuk balok dengan tinggi bangunan 9,25 m; lebar bangunan 60 m; dan panjang bangunan 90 m, sedangkan atap Gudang Urea Ekspor berbentuk prisma segitiga dengan tinggi segitiga 16,55 m; lebar segitiga 60 m; dan panjang atap 90 m, maka volume bangunan Gudang Urea Ekspor adalah:

$$V_{total} = V_{balok} + V_{prisma\ segitiga}$$

$$V_{total} = (p \times l \times t) + \left( \left( \frac{pxt}{2} \right) \times l \right) \tag{1}$$

Minimum design concentration merupakan konsentrasi pemadaman atau konsentrasi agent yang diperlukan untuk memadamkan api. Menurut (NFPA 12, 2022), dalam hal apa pun konsentrasi yang kurang dari 34% tidak boleh digunakan. Maka minimum design concentration dari CO<sub>2</sub> adalah 34%. Untuk menghitung quantity dari CO<sub>2</sub> digunakan persamaan sebagai berikut:

$$W = \frac{Volume\ of\ space}{Volume\ factor} \tag{2}$$

Untuk menentukan perkiraan jumlah tabung yang dibutuhkan, dapat dihitung dengan membagi jumlah CO<sub>2</sub> untuk keseluruhan sistem dengan kapasitas tabung aktual dan kemudian dibulatkan ke atas bilangan bulat berikutnya. Untuk ukuran dan berat isi dari tabung dapat merujuk pada data katalog tabung yang akan digunakan.

$$Jumlah\ tabung = \frac{Quantity\ of\ CO_2}{Kapasitas\ tabung} \tag{3}$$

### 2.3 Perhitungan Flow Rate

Untuk menentukan flow rate maka dilakukan dengan cara membagi jumlah kebutuhan media pemadam dengan waktu yang dibutuhkan untuk penyemprotan seluruh media pemadam. Menurut Industrial Carbon Dioxide Extinguishing System

Manual Book milik Fike, untuk Total Flooding surface-type application, seluruh kebutuhan media pemadam CO<sub>2</sub> harus dikeluarkan hingga habis dalam waktu 1 menit. Untuk menghitung flow rate flooding system digunakan persamaan berikut:

$$Flow Rate = \frac{W}{Discharge Time} \quad (4)$$

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Perhitungan Kebutuhan Media CO<sub>2</sub>

Gudang Urea Ekspor memiliki bangunan berbentuk balok dengan tinggi bangunan 9,25 m; lebar bangunan 60 m; dan panjang bangunan 90 m, sedangkan atap Gudang Urea Ekspor berbentuk prisma segitiga dengan tinggi segitiga 16,55 m; lebar segitiga 60 m; dan panjang atap 90 m, maka volume bangunan Gudang Urea Ekspor adalah:

$$V_{total} = (p \times l \times t) + \left( \left( \frac{pxt}{2} \right) \times l \right)$$

$$V_{total} = 90 \times 60 \times 9,25 + \left( \left( \frac{60 \times 16,55}{2} \right) \times 90 \right)$$

$$V_{total} = 94.635 \text{ m}^3$$

Berdasarkan NFPA 12, konsentrasi minimum dari CO<sub>2</sub> yang digunakan sebesar 34%. Gudang Urea Ekspor memiliki volume ruangan sebesar 94.635 m<sup>3</sup>. Maka perhitungan kebutuhan media CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi desain 34% adalah sebagai berikut:

$$W_{34\%} = V_{total} \times flooding factor$$

$$W_{34\%} = 94.635 \times 0,74$$

$$W_{34\%} = 70.029,9 \text{ kg}$$

Namun dikarenakan tabung CO<sub>2</sub> yang digunakan memiliki konsentrasi 99%, maka perlu dilakukan perhitungan kebutuhan CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 99% untuk menghitung jumlah tabung yang dibutuhkan. Maka perhitungan kebutuhan CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi desain 99% adalah sebagai berikut:

$$W_{99\%} = \frac{W_{34\%}}{\frac{99\%}{34\%}}$$

$$W_{99\%} = \frac{70.029,9}{2,91}$$

$$W_{99\%} = 24.065,26 \text{ kg}$$

Dalam desain ini digunakan tabung CO<sub>2</sub> yang mampu menampung 45 kg *liquefied* CO<sub>2</sub>. Maka jumlah tabung CO<sub>2</sub> yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

$$N_{tabung} = \frac{W_{99\%}}{kapasitas tabung}$$

$$N_{tabung} = \frac{24.065,26 \text{ kg}}{45 \text{ kg}}$$

$$N_{tabung} = 534,46 \text{ tabung}$$

#### 3.2 Perhitungan Flow Rate

Berdasarkan Industrial Carbon Dioxide Extinguishing System Manual Book milik Fike, untuk surface-type application, jumlah total CO<sub>2</sub>

harus dikeluarkan selama 1 menit.

$$Flow Rate = \frac{W}{Discharge Time}$$

$$= \frac{70.029,9}{1 \text{ min}}$$

$$= 70.029,9 \text{ kg/min}$$

Perhitungan jumlah *discharge nozzle* adalah sebagai berikut:

$$N_{nozzle} = \frac{total flow rate}{flow rate tiap nozzle}$$

$$N_{nozzle} = \frac{70.029,9}{113,4}$$

$$N_{nozzle} = 618 \text{ nozzle}$$

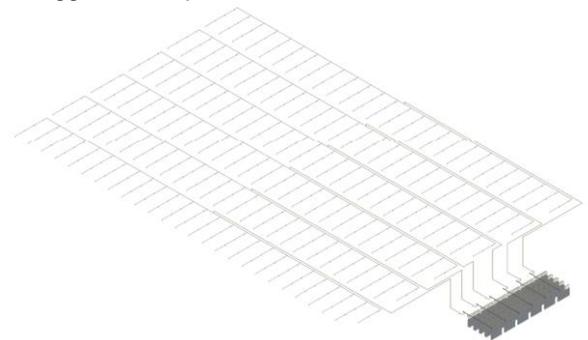
#### 3.3 Desain Jalur Perpipaan

Pada desain *carbon dioxide extinguishing system* ini menggunakan sistem *high-pressure supply* dipilih pipa dengan jenis material ASTM A-106 grade B. Dalam pembuatan desain sistem pemadam ini digunakan pipa dengan diameter yang berbeda-beda sebagai berikut:

Tabel 1 Diameter pipa yang digunakan

Pipa	Diameter
Pipa <i>Manifold</i> Utama	3"
Pipa <i>Manifold</i> Tabung	2"
Pipa Pembagi	2" dan 1 1/4"
Pipa Cabang	1"

Berikut adalah hasil *routing pipe* menggunakan *software AutoCAD Plant 3D*.



Gambar 1 Desain 3D

### 4. KESIMPULAN

Dari hasil pembahasan dapat diketahui bahwa jumlah kebutuhan media CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 34% adalah sebanyak 70.029,9 kg dengan *discharge time* 1 menit. Maka nilai *flow rate* sistem adalah 70.029,9 kg/min. Dan tipe *discharge nozzle* yang digunakan adalah *radial nozzle 360°* dengan ukuran 1 inch sebanyak 618 *nozzle*.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aji, A. S. (2020). Rancangan Clean Agent Fire Suppression System di Ruang Panel Chiller Terminal 1 Bandar Udara

- International Juanda dengan Luas Ruang  
29,43 Meter. Jurnal Ilmiah Aviasi Biru Vol  
13 No.1.
- [2] FIKE. (2008). Industrial Carbon Dioxide Extinguishing Systems. FIKE.
  - [3] Hughes, P., & Ferrett, E. (2007). Intoduction to Health and Safety at Work. London: Routledge.
  - [4] Irawan, I., Witjonarko, R. E., & Wardani, D. (2022). Perencanaan Jalur Perpipaan Fire Fighting Foam dan Water Spray System Sebagai Instalansi Perlindungan Kebakaran Pada Tanki TK-7201, TK-7202, dan TK-7203 pada Plant Industri Gresik. Proceeding 7th Conference of Piping Engineering and its Application.
  - [5] KepMen No.10/KPTS/2000. (2000). Ketentuan Teknis Pengamanan Terhadap Bahaya Kebakaran Pada Bangunan Gedung dan Lingkungan. Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
  - [6] Marsella, D. (2020). Upaya Mengoptimalkan Pemeliharaan Alat Pemadam Api Ringan di Kapal MV. Sinar Jepara. Tugas Akhir Program Studi Nautika, Politeknik Ilmu Pelayaran.
  - [7] Munson, B. R., Okiishi, T. H., Huebsch, W. W., & Rothmayer, A. P. (2013). Fundamentals of Fluid Mechanics. New York: John Wiley and Sons Inc.
  - [8] NFPA 10. (2010). Standard for Portable Fire Estinguishers. National Fire Protection Association.
  - [9] NFPA 12. (2022). Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems. National Fire Protection Association.
  - [10] Silahudin, I., Efendi, T., Sutrisno, M., & Ambat, R. E. (2019). Perencanaan Ulang Sistem Proteksi Kebakaran pada Gedung Serbaguna Tekmira Jend. Sudirman No. 623 Bandung. Potensi Jurnal Sipil Poiliteknik, 19-26.
  - [11] Suswantoro, A. (2018). Analisa Resiko dan Perancangan FM-200 Fire Supression System pada Ruang Subtation-C (Studi Kasus : Perusahaan Minyak dan Gas Bumi). Proceeding 2nd Conference on Safety Engineering and Its Application, 233-238.