

RANCANG BANGUN SISTEM PROTEKSI KEBAKARAN PADA COAL BIN MENGUNAKAN AUTOMATIC DILUTION SYSTEM

Minhajul Mubarak^{1*}, Adiando², Aulia Nadia Rachmat³

¹ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Program Studi Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja, Politeknik
Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

^{2,3} Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111

*Email: minhamubarak.hse@gmail.com

Abstract

Based on BNPB data from 2011 to 2015 there are 979 fire incidents, 31 fires incidents in factory buildings, offices, school buildings, and hotels. If the fire incidents occurs in a burning section of a cement factory using coal fuel, the total loss is USD 1,125,000. Oxygen restriction in the combustion process can extinguish the fire, whereas coal can burn with a 15% oxygen content. Automatic dilution system as a tool with automatic control system designed to be able to detect oxygen levels at 15% or more in the coal bin and then doing the oxygen reducing process up to 14% or less using IG-100 clean agent with a hazard volume of 56,615 m³, IG-100 volume requirements is 0,023 kg, the total nozzle needed is 1 full cone nozzle axial-flow series 460/461 type 461.048 as fire protection effort on coal bin. The simulation was performed to determine the ability of automatic dilution system in detecting oxygen using ME2-O₂ oxygen sensor and decreasing oxygen level from 15% or more to 14% or less by automatic discharge using solenoid valve. The fire protection system is using arduino uno processor that is connected with early warning system in the form of siren and warning light. Simulation results show that the automatic dilution system can decrease oxygen level from 15,59% to 13,06%, 15,23% to 12,75%, and 16,41% to 12,85%.

Keywords: automatic dilution system, coal bin, IG-100 clean agent, ME2-O₂ oxygen sensor, oxygen

Abstrak

Berdasarkan data BNPB tahun 2011 hingga 2015 terdapat 979 kejadian kebakaran, 31 kebakaran pada gedung pabrik, perkantoran, gedung sekolah, dan hotel. Apabila kebakaran terjadi pada *burning section* pabrik semen yang menggunakan bahan bakar batu bara, maka total kerugian sebesar USD 1.125.000. Pembatasan oksigen dalam proses pembakaran dapat memadamkan api, sedangkan batu bara dapat terbakar dengan kadar oksigen 15%. *Automatic dilution system* sebagai alat dengan sistem kontrol otomatis yang dirancang untuk mampu mendeteksi kadar oksigen 15% atau lebih di dalam *coal bin* dan melakukan proses penurunan kadar oksigen hingga 14% atau kurang menggunakan IG-100 *clean agent* dengan *hazard volume* 56,615 m³, IG-100 *volume requirements* 0,023 kg, jumlah *nozzle* 1 buah *full cone nozzle axial-flow series* 460/461 tipe 461.048 sebagai upaya proteksi kebakaran pada *coal bin*. Simulasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat *automatic dilution system* dalam mendeteksi oksigen menggunakan ME2-O₂ *oxygen sensor* dan menurunkan kadar oksigen dari 15% atau lebih menjadi 14% atau kurang dengan *discharge* otomatis menggunakan *solenoid valve*. Sistem proteksi kebakaran menggunakan prosesor arduino uno yang terhubung dengan sistem peringatan dini berupa sirine dan *warning light*. Hasil simulasi menunjukkan *automatic dilution system* mampu menurunkan kadar oksigen dari 15,59% ke 13,06%, 15,23% ke 12,75%, dan 16,41% ke 12,85%.

Kata kunci : automatic dilution system, coal bin, IG-100 clean agent, ME2-O₂ oxygen sensor, oksigen

PENDAHULUAN

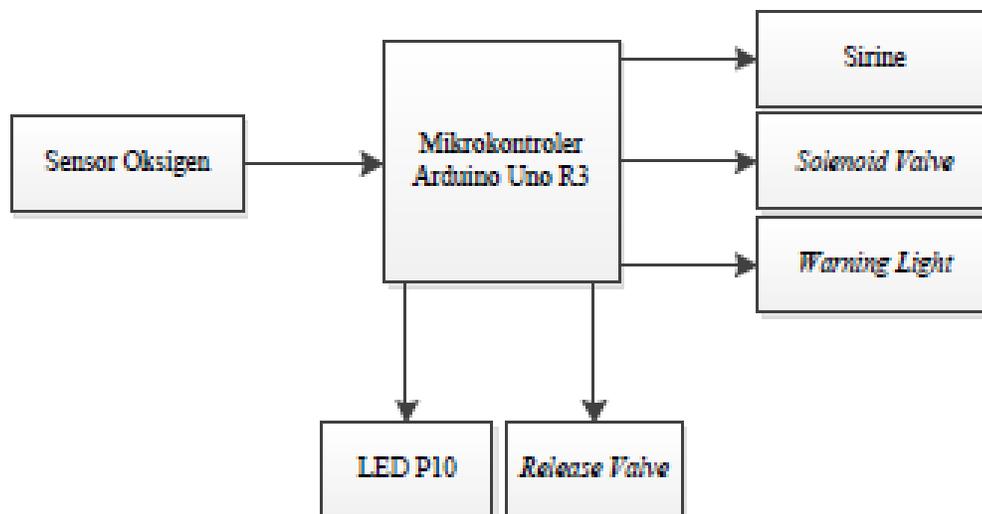
Data kebakaran di Indonesia berdasarkan data yang dihimpun oleh Badan Nasional Penanggulangan Bencana dalam rentang waktu 5 tahun terakhir yaitu pada tahun 2011 hingga tahun 2015 adalah sebanyak 979 kejadian kebakaran dan 31 diantaranya adalah kebakaran yang terjadi pada gedung pabrik, perkantoran, gedung sekolah, dan hotel (Mughtar dkk, 2016). Apabila kebakaran terjadi pada sebuah *coal bin* saat proses produksi, maka estimasi biaya kerugian dihitung dari kerugian batu bara yang digunakan untuk pembakaran sebesar USD 7.053, kerugian penjualan dari hasil produksi USD 118.947, kerugian aset yang rusak USD 999.000, dan total kerugian sebesar USD 1.125.000 (Minhajul, 2018).

Sifat kebakaran adalah terjadi secara tidak diduga, tidak akan padam apabila tidak dipadamkan dan kebakaran akan padam dengan sendirinya apabila konsentrasi keseimbangan hubungan 3 unsur dalam segitiga api tidak terpenuhi lagi (Ifan dkk, 2015). Untuk mencegah api mula yang muncul, diperlukan suatu sistem peralatan untuk mendeteksi gas oksigen, panas dan/atau bahan bakar sebagai komposisi segitiga api (Minhajul, 2018). Dalam hal ini bahan bakar merupakan komposisi yang tidak dapat dihilangkan karena digunakan untuk proses produksi. Sehingga gas oksigen ditetapkan sebagai variabel untuk dilakukan pengendalian melalui sistem pendeteksi.

Pembatasan oksigen dalam proses pembakaran dapat memadamkan api dan untuk melakukan pembakaran membutuhkan oksigen yang cukup, misalnya untuk gas dan uap hidrokarbon yang tidak akan terbakar apabila kadar oksigen dibawah 15% (Fatmawati, 2009). Oleh karena itu, dibutuhkan suatu sistem peralatan untuk mendeteksi kadar oksigen dan secara otomatis melakukan tindakan kontrol untuk pencegahan terjadinya api mula hingga kebakaran. Sistem peralatan tersebut akan dirancang dalam bentuk alat pendeteksi oksigen untuk sistem proteksi kebakaran pada *coal bin* dengan *automatic dilution system* dengan agen inert IG-100. Berdasarkan NFPA 2001 (2004), untuk menurunkan kadar oksigen dapat menggunakan *clean agent* berupa inert gas IG-100 dengan desain konsentrasi 43% mampu menurunkan oksigen pada kadar 12%.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan mengacu pada *coal bin* yang terdapat di *burning section*. perancangan alat sistem proteksi kebakaran pada *coal bin* dengan *automatic dilution system*, meliputi jenis *detector* yang digunakan, penentuan peralatan yang digunakan dalam alat *automatic dilution system*, perhitungan kapasitas media yang dibutuhkan untuk *dilution system*, desain *coal bin* dan rancang bangun alat *automatic dilution system*. Gambaran sistem kerja alat seperti terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Sistem Kerja Alat

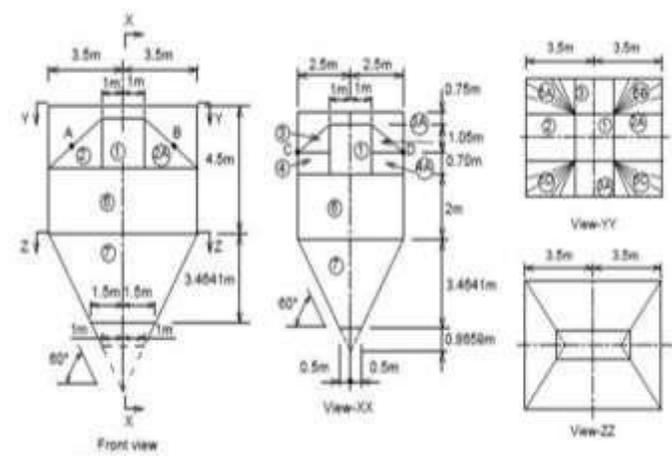
Sumber: Minhajul, 2018

Pembuatan rancang bangun sistem proteksi kebakaran pada *coal bin* dengan *automatic dilution system* sesuai yang telah direncanakan. Bahan yang digunakan untuk miniatur *coal bin* yaitu *fiberglass*, peralatan *automatic dilution system* terdiri dari silinder agen IG-100 dan pipa serta beberapa komponen kontrol meliputi modul sensor oksigen, mikrokontroler arduino uno, *solenoid valve*, *release valve*, LED P10, sirine, *warning light*, dan beberapa komponen kontrol lain yang diperlukan dalam pembuatan rancang bangun sistem proteksi kebakaran pada *coal bin* dengan *automatic dilution system*. Pengujian alat dalam hal ini untuk membuktikan dan memastikan bahwa alat yang dirancang dapat bekerja apabila sensor mendeteksi kadar oksigen $\geq 15\%$ maka alat akan bekerja dengan menginert oksigen menggunakan agen IG-100 hingga kadar oksigen turun $\leq 14\%$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jumlah agen IG-100 yang dibutuhkan untuk dapat menurunkan kadar oksigen menjadi 14 % atau kurang dapat diketahui dengan melakukan perhitungan kapasitas media. Perhitungan kapasitas media diketahui dengan melakukan perhitungan *hazard volume*, sehingga dapat ditentukan jumlah total agen yang disediakan serta jumlah *nozzle* yang dibutuhkan. Perhitungan *hazard volume* didapatkan dengan menentukan volume keseluruhan (bruto) dan volume isi (netto), selanjutnya volume yang tersisa dari keseluruhan volume yang dikurangkan dengan

volume isi disebut sebagai *hazard volume*. Pembagian bangun ruang untuk perhitungan volume netto diketahui pada Gambar 2.



Gambar 2. *Layout Coal Bin*

Sumber: Data perusahaan

Dari *layout coal bin* tersebut didapatkan hasil perhitungan volume bagian 1 sebesar 7 m^3 , bagian 2 sebesar $4,375 \text{ m}^3$, bagian 2A sebesar $4,375 \text{ m}^3$, bagian 3 sebesar $1,575 \text{ m}^3$, bagian 3A sebesar $1,575 \text{ m}^3$, bagian 4 sebesar $2,10 \text{ m}^3$, bagian 4A sebesar $2,10 \text{ m}^3$, bagian 5A, 5B, 5C, 5D masing-masing sebesar $7,785 \text{ m}^3$, bagian 6 sebesar 70 m^3 , bagian 7 sebesar $56,579 \text{ m}^3$. Total volume netto didapatkan sebesar $157,464 \text{ m}^3$. Volume netto didapatkan dari hasil penjumlahan semua volume bagian. Volume bruto didapatkan dari perhitungan volume keseluruhan *coal bin* bagian atas dan bawah. Hasil perhitungan volume bruto didapatkan sebesar $214,079 \text{ m}^3$, sehingga didapatkan *hazard volume* sebesar $56,615 \text{ m}^3$. *Hazard volume* didapatkan dari hasil pengurangan bruto dan netto.

Agent (IG-100) volume requirements merupakan volume dari IG-100 (nitrogen) yang dibutuhkan untuk melindungi volume *hazard* dengan satuan kg/m^3 . Sebelum melakukan perhitungan perlu menentukan minimal desain konsentrasi dari agen IG-100 (C) sebesar 42%, suhu operasi (t) sebesar 30°C . Jumlah agen IG-100 yang dibutuhkan

untuk melindungi hazard volume per m³ dapat ditentukan sebagai berikut.

$$X = \left(\frac{V_s}{s}\right) \ln\left(\frac{100}{100 - C}\right)$$

$$X = \left(\frac{0,867}{0,7997 + 0,00293t}\right) \ln\left(\frac{100}{100 - 42\%}\right)$$

$$X = \left(\frac{0,867}{0,7997 + 0,00293(30)}\right) \ln\left(\frac{100}{100 - 0,42}\right)$$

$$X = 0,9767 \times 0,0042$$

$$X = 0,0041 \text{ kg/m}^3$$

Nilai X merupakan nilai agen (kg) yang dibutuhkan untuk volume hazard per m³. Jumlah agent (IG-100) volume requirements yang mencakup volume hazard untuk desain konsentrasi 42% seperti berikut.

Selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mengetahui total kebutuhan gas inert IG-100 (Wf). Berdasarkan NFPA 2001, flooding factor IG-100 pada temperatur 30°C dan C sebesar 42% sebesar 0,5268 m³/kg.

$$Wf = \frac{\text{volume hazard}}{\text{flooding factor}}$$

$$Wf = 107,47 \text{ kg}$$

Silinder yang digunakan yaitu silinder tabung dengan kapasitas 45 kg. Jumlah kebutuhan silinder gas inert IG-100 dapat ditentukan dengan membagi total kebutuhan IG-100 (Wf) dengan kapasitas silinder IG-100.

$$\text{Jumlah silinder} = \frac{Wf}{\text{kapasitas silinder}}$$

$$\text{Jumlah silinder} = 2,39 \approx 3 \text{ silinder}$$

Nilai flowrate didapatkan nilai sebesar 0,087 kg/menit. Jumlah nozzle dihitung untuk mengetahui kesesuaian discharge time dengan yang dipersyaratkan pada NFPA 2001 yaitu selama 120 detik. Perhitungan discharge time (TL) dengan jumlah nozzle (n) 1 buah.

$$TL = \frac{w}{1,4 \times n \times \dot{m}}$$

$$TL = \frac{0,232 \text{ kg}}{1,4 \times 1 \times 0,087 \text{ kg/menit}}$$

$$TL = 1,905 \text{ menit} \approx 114,3 \text{ detik}$$

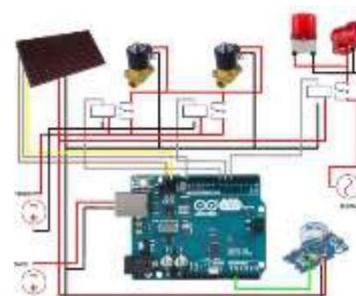
Nilai ini sesuai dengan waktu ideal yang disyaratkan pada NFPA 2001 yaitu 120 detik. Jadi jumlah nozzle yang harus dipasang pada coal bin adalah sebanyak 1 buah nozzle full cone nozzle axial-flow series 460/461 dengan sudut 120°, tipe yang digunakan yaitu tipe 461.048.

Rancang bangun alat simulasi automatic dilution system memanfaatkan clean agent IG-100, solenoid valve untuk katup pembuka dan penutup serta gas release otomatis, IG-100 disalurkan melalui sistem perpipaan, memanfaatkan sensor oksigen ME2-O₂, Sirine dan warning light akan menyala jika sensor mendeteksi sesuai dengan set point, LED P10 untuk menampilkan kadar oksigen, dan arduino uno sebagai mikrokontroler. Desain rancang bangun sistem pada Gambar 3 dan sistem alat dapat dilihat pada wiring diagram

Gambar 4.



Gambar 3. Desain Automatic Dilution System
 Sumber: Data penulis, 2018



Gambar 4. Wiring Diagram Sistem Kontrol
 Sumber: Data penulis, 2018

Simulasi sistem ini digunakan prototipe dengan skala 1:5 dari ukuran sebenarnya. Secara lebih detail perbandingan antara ukuran sebenarnya dengan ukuran hasil skala seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1
 Skala Prototipe Automatic Dilution System pada Coal Bin

Komponen	Ukuran Sebenarnya	Ukuran Skala 1:5
<i>Coal bin</i>	(5x7x8,833) m	(1x1,4x1,7666) m
<i>Pipa</i>	2,5inci (6,35 cm)	0,5 inci (1,27 cm)
<i>Solenoid valve</i>	2,5inci (6,35 cm)	0,5 inci (1,27 cm)
<i>IG-100 cylinder</i>	3 buah x@ 45 kg	1 buah x@ 1m ³ (1,161 kg)
<i>Discharge nozzle</i>	1 buah, NPT 0,5 inci	1 buah, NPT 0,125 inci

Sumber: Data sekunder yang diolah, tahun 2018

Simulasi *automatic dilution system* dilakukan sebanyak 3 kali. Hasil simulasi menunjukkan bahwa *automatic dilution system* dapat bekerja menurunkan kadar oksigen di dalam *coal bin* secara otomatis. Berikut Tabel 2 menunjukkan data hasil simulasi.

Tabel 2
 Data hasil simulai *automatic dilution system*

Simulasi ke-	Deteksi Awal	Deteksi Setelah Discharge	Penurunan	Waktu Discharge
1	15,59 %	13,06 %	2,53 %	2 Detik
2	15,23 %	12,75 %	2,48 %	2 Detik
3	16,41 %	12,85 %	3,56 %	3 Detik

Sumber: Data penulis, tahun 2018

KESIMPULAN

Dari hasil pengolahan dan analisa data dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut. Berdasarkan data dimensi *coal bin* dapat dihitung *hazard volume* sebesar 56,615 m³. Agen yang digunakan sebagai *clean agent* adalah IG-100 dan berdasarkan perhitungan yang merujuk pada NFPA 2001 didapatkan kebutuhan IG-100 untuk setiap m³ *hazard volume* adalah sebesar 0,0041 kg/m³, sehingga didapatkan IG-100 *volume requirements* 0,023 kg dan total kebutuhan agen IG-100 sebanyak 107,47 kg dalam 3 buah *cylinder* IG-100 kapasitas 45 kg, dengan jumlah *nozzle* 1 buah *full cone nozzle axial-flow series* 460/461 tipe 461.048. *Automatic dilution system* mampu bekerja sesuai fungsi. Hasil deteksi pada *set point* mampu mengaktifkan aktuator *solenoid valve*, *sirine*, *warning light*, dan LED P10. *Automatic dilution system* mampu menurunkan kadar oksigen di dalam *coal bin* dengan hasil dari 3 simulasi yaitu kadar oksigen mampu diturunkan dari 15,59% ke 13,06%, 15,23% ke 12,75%, dan 16,41% ke 12,85.

DAFTAR PUSTAKA

- Fatmawati, R. (2009). Audit Keselamatan dan Kesehatan Kerja Sarana Proteksi Kebakaran. *FKM UI*, Universitas Indonesia, Depok.
- Ifan, Musa, M. D., dan Farhamsa, D. (2015). Alarm Kebakaran Berbasis Citra. *Fakultas MIPA*, Gravitasi Vol.14, No.1, pp.90-96, Universitas Tadulako, Palu.
- Mubarok, M. (2018). Rancang Bangun Sistem Proteksi Kebakaran pada *Coal Bin* Menggunakan *Automatic Dilution System*. *Laporan Tugas Akhir*, PPNS, Surabaya.
- Muchtar, H. K., Ibrahim, H., dan Raodhah, S. (2016). Analisis Efisiensi Dan Efektivitas Penerapan Fire Safety Management Dalam Upaya Pencegahan Kebakaran di PT. Consolidated Electric Power Asia (Cepa) Kabupaten Wajo. *HIGIENE*, Vol.2, No.2, pp.91-98, UIN Alauddin, Makasar.
- National Fire Protection Association 2001. (2004).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)