

## ANALISA NUMERIK KEBOCORAN GAS KOMPOR PADA DAPUR RUMAH HUNIAN

**Ragil Tri Indrawati<sup>a</sup>**

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Mesin Universitas Sains Al-Quran Wonosobo

<sup>a</sup>E-mail : ragil.indrawati@gmail.com

### INFO ARTIKEL

**Riwayat Artikel :**

Diterima : 27 September 2016

Disetujui : 15 Oktober 2016

**Kata Kunci :**

kebocoran gas, LPG, waktu penyalaan.

### ABSTRAK

*Kebocoran tabung gas LPG 3 kg dalam penggunaannya sebagai bahan bakar rumah tangga tidak dapat dihindarkan sejak dicanangkannya Program Nasional Konversi Minyak Tanah ke Liquefied Petroleum Gas (LPG) pada tahun 2007. Kebocoran gas berdampak negatif mulai dari berkurangnya tingkat kenyamanan untuk melakukan aktifitas didalam rumah hingga terjadinya kebakaran. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui distribusi dan pola aliran persebaran gas propane pada dapur rumah tinggal ketika terjadi kebocoran serta waktu aman untuk penyalaan kembali kompor setelah terjadi kebocoran gas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan simulasi pemodelan matematis Computational Fluid Dynamics (CFD) 2 Dimensi dengan menggunakan CFDSOF dan simulasi numerik Regresi Polynomial & Eliminasi Gauss dengan bantuan program Visual Basic. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah temperatur ruang 30 °C, kecepatan udara 0.2 m/s dan kecepatan kebocoran gas pada outlet sebesar 0.5 m/s, tabung gas 3 kg dengan tekanan rancang bangun minimum 18.6 kg/cm<sup>3</sup>. Hasil penelitian menunjukkan bahwa LPG menghambur di udara secara perlahan dan cenderung bergerak kebawah kemudian perlahan menuju ke atas karena berat jenis LPG (1.882 kg/m<sup>3</sup>) lebih besar dari pada udara (1.2 kg/m<sup>3</sup>). Pada 120 s – 340 s merupakan waktu berbahaya untuk menyalakan kompor, dimana distribusi propane mulai merambat hingga daerah sumber api dengan yaitu jumlah fraksi massa propane sebesar 2.15 % - 9.6 %. Sedangkan waktu aman untuk menyalakan kembali kompor yaitu pada rentang waktu  $t < 120$  s dan  $t > 340$  s setelah terjadinya kebocoran gas LPG.*

### ARTICLE INFO

**Article History :**

Received : September 27, 2016

Accepted : October 15, 2016

**Key words:**

gas leak, LPG, ignition time

### ABSTRACT

*The leak of LPG 3 kg in its use as domestic fuel can not be avoided since the introduction of the National Conversion Program Kerosene to Liquefied Petroleum Gas (LPG) at 2007. The negative impact of gas leakage started from reduced convenience levels to perform activities in the house until the fire. The aims of this study to determine the distribution and flow pattern of distribution propane gas in the kitchen and safe time to reignite the stove after the gas leak. The study was conducted using mathematical modeling simulation Computational Fluid Dynamics (CFD) 2D by using CFDSOF and numerical simulation regression polynomial and Gaussian elimination with the aid of a Visual Basic program. The parameters used in this study was 30 °C ambient temperature, air velocity 0.2 m / s and the speed of a gas leak at the outlet of 0.5 m/s, 3 kg gas cylinder with a minimum design pressure of 18.6 kg / cm<sup>3</sup>. The results showed that LPG burst in the air move slowly toward the bottom and upwards because the density of LPG (1,882 kg / m<sup>3</sup>) is greater than air (1.2 kg / m<sup>3</sup>). At 120 s - 340 s is a dangerous time to light the stove, where the distribution of propane started creeping up area with a fire source, namely the number of mass fraction of propane at 2.15% - 9.6%. While a safe time to reignite the stove is in period  $t < 120$  s and  $t > 340$  s after the leakage of LPG gas.*

## 1. PENDAHULUAN

LPG (*Liquified Petroleum Gasses*) merupakan bahan bakar berupa gas yang dicairkan dan merupakan produk minyak bumi yang diperoleh dari proses distilasi bertekanan tinggi. Gas LPG memiliki komposisi 60% propane dan 40% butane. LPG dinilai sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan (Shankar *et al.*, 2011), sehingga pada tahun 2007 Pemerintah Indonesia mencanangkan Program Nasional Konversi Minyak Tanah ke Liquefied Petroleum Gas (LPG). Penelitian mengenai konversi penggunaan LPG sebagai bahan bakar alternatif telah banyak diteliti salah satunya oleh Meghare *et al* (2012). Sejak dicanangkannya program tersebut, penggunaan gas LPG sebagai bahan bakar gas untuk memenuhi kebutuhan utama rumah tangga terus meningkat.

Seiring meningkatnya penggunaan LPG tersebut tidak dipungkiri berdampak pada banyaknya kecelakaan. Kecelakaan yang dimaksud ialah meledaknya tabung LPG ketika digunakan yang bermula dari adanya kebocoran gas pada sistem saluran bahan bakar yang kemudian mengakibatkan adanya sambaran nyala api yang berpotensi mengakibatkan kebakaran dan bahkan ledakan apabila terjadi fenomena sumbatan uap bahan bakar baik pada saluran maupun tangki bahan bakar gas LPG (Birk, 2013).

Selama 10 tahun terakhir telah terjadi lebih dari 800 kebakaran setiap tahun dengan kerugian mencapai Rp 250 miliar/tahun, lebih dari 45% kebakaran terjadi di bangunan pemukiman dan lebih dari 25% kebakaran terjadi di bangunan umum dimana salah satu penyebab utamanya adalah ledakan LPG selain karena hubungan arus pendek (Kusumaputra, 2009). Dengan tingginya angka kebakaran akibat adanya ledakan LPG yang bermula dari kebocoran gas menyebabkan keresahan bagi para pengguna LPG untuk menentukan kapan waktu yang tepat menyalakan kembali kompor setelah terjadi kebocoran. Penelitian mengenai kebocoran gas LPG selama ini hanya terfokus mengenai cara mendeteksi yaitu dengan menciptakan system yang dapat memberikan respon kepada pengguna gas jika terjadi kebocoran. Gurusamy *et al* (2016) menggunakan *GSM*

*Module* untuk mendeteksi kebocoran gas. Naresh *et al* (2016) menggunakan sistem otomatis Arduino untuk mendeteksi terjadinya kebocoran gas, jika terjadi kebocoran maka pengguna akan menerima pemberitahuan melalui sms. Hosain *et al* (2015) menggunakan menggunakan program matlab dan mengubah teknik analog menjadi digital, jika terjadi kebocoran gas dengan level gas yang melebihi ambang batas, maka alarm system akan berbunyi dan *power supply* gas akan mati secara otomatis serta konsumen pengguna gas akan menerima pemberitahuan melalui sms. Soundarya *et al* (2014) meneliti mengenai cara mendeteksi kebocoran gas dengan menggunakan C-leakage, ketika terjadi kebocoran gas maka secara otomatis system akan menutup regulator dan mengirim pesan pemberitahuan kepada pengguna LPG.

Hingga saat ini penelitian mengenai ledakan gas hanya terfokus pada sistem aliran gas dan system untuk mendeteksinya tanpa meneliti waktu aman untuk penyalaan kembali kompor setelah terjadi kebocoran gas.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui distribusi dan pola aliran persebaran gas propane pada dapur rumah tinggal ketika terjadi kebocoran serta waktu aman untuk penyalaan kembali kompor setelah terjadi kebocoran gas.

## 2. LANDASAN TEORI

Data kandungan propane diudara apabila terjadi kebocoran gas yang dapat menyebabkan kebakaran ([http : // www.propane101.com/aboutpropane.html](http://www.propane101.com/aboutpropane.html)) yaitu :

- 2 % Propane : tidak terjadi kebakaran
- 10 % Propane : tidak terjadi kebakaran
- 2.15 % - 9.6 % : menimbulkan kebakaran

Persamaan umum yang digunakan sebagai pertolongan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah:

### 2.1 Regresi Polinomial

Digunakan untuk menentukan fungsi polinomial yang paling sesuai dengan kumpulan titik data  $(x_n, y_n)$  yang diketahui. Fungsi pendekatan (Rajaraman, 1996):

$$y = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_nx^n$$

**2.2 Eliminasi Gauss**

Metode untuk mengoperasikan nilai-nilai didalam matriks sehingga menjadi matriks yang lebih sederhana lagi.

Caranya Fungsi pendekatan (Rajaraman, 1996):

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n = b_n$$

**2.3 Transport Reynolds**

Untuk membahas mengenai gerak fluida dalam ruang dan waktu dapat menggunakan teorema Transport Reynolds.

Teorema Transport Reynold merupakan sebuah metode pendekatan untuk mempermudah pengamatan suatu titik, elemen, bagian maupun efek yang terjadi pada fluida dengan konsep sistem dan volume atur.

Teorema Transport Reynold dirumuskan sebagai (Versteeg, 1995) :

$$\frac{DM}{Dt} = \frac{\partial}{\partial t} \int_{CV} \rho dV + \int_{CS} \rho \vec{v} d\vec{A}$$

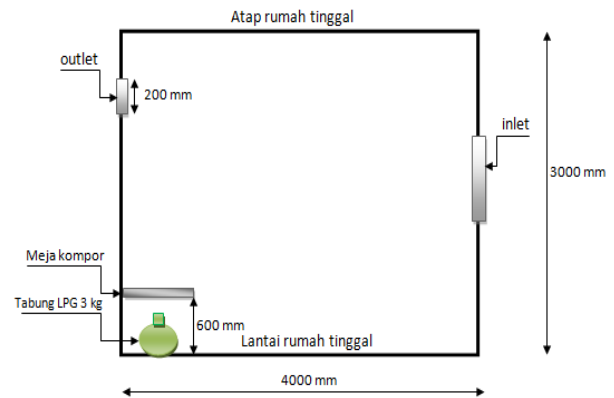
**2.4 Perhitungan Aliran Buoyancy dalam Ruang / Gedung**

Aliran dalam ruang / gedung termasuk kedalam kategori aliran buoyancy. Hal ini karena dipengaruhi oleh ventilasi alami yang dihasilkan dari perbedaan temperatur di dalam ruang/gedung. Pada pemodelan aliran buoyancy, berlaku persamaan momentum dalam arah gravitasi, dimana harus mencakup gaya yang dihasilkan dari buoyancy.

Pada aliran dua dimensi dengan buoyancy dalam arah-y, persamaan momentum-y adalah sebagai berikut (Versteeg, 1995):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho uv) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho vv) = \frac{\partial}{\partial x} \left[ \mu \frac{\partial v}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ \mu \frac{\partial v}{\partial y} \right] - g(\rho - \rho_0) - \frac{\partial p}{\partial y} + S_v$$

**3. METODOLOGI PENELITIAN**



Gambar 1 Geometri Model Dapur Tampak Samping

Gambar 1 merupakan geometri model dapur tampak samping yang akan disimulasikan dengan menggunakan CFD SOF yang bertujuan untuk mengetahui distribusi dan pola aliran gas.

Selain itu, dari simulasi CFD ini akan dihasilkan data berupa distribusi nilai fraksi Mmassa propane pada setiap waktunya. Data ini yang nantinya akan dihitung menggunakan numerik Rregresi Polynomial & Eliminasi Gauss program *Visual Basic* dengan tujuan untuk mengetahui waktu yang tepat penyalaan kembali kompor setelah terjadi kebocoran gas.

Asumsi dimensi yang digunakan pada penelitian ini ialah panjang dapur 4000 mm, tinggi 3000 mm, tinggi meja kompor 600 mm, lebar outlet 200 mm dan lebar inlet 1000 mm. Disamping asumsi tersebut, pada penelitian ini menggunakan asumsi bahwa beban panas yang diberikan merupakan beban panas tertinggi yang dialami dalam ruangan tersebut yaitu temperatur ruang 30 °C dan temperatur dinding tetap dipertimbangkan. Pemodelan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa pintu bagian atas sebagai inlet dan dalam kondisi terbuka dengan kecepatan 0.2 m/s, kecepatan kebocoran gas LPG sebesar 0.5 m/s dan ventilasi ruang dengan lebar 20 cm dibagian atas kompor diasumsikan sebagai outlet.

Pada simulsi ini juga diasumsikan bahwa gas penyusun LPG yang paling dominan yaitu propane.

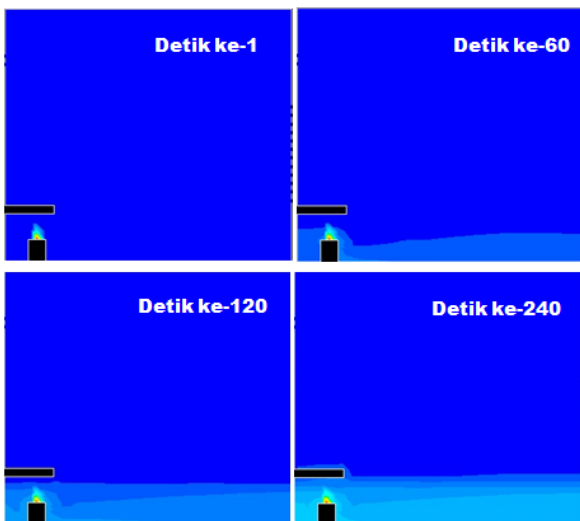
Data awal adalah sebagai berikut :

- Kecepatan udara masuk : 0.2 m/s

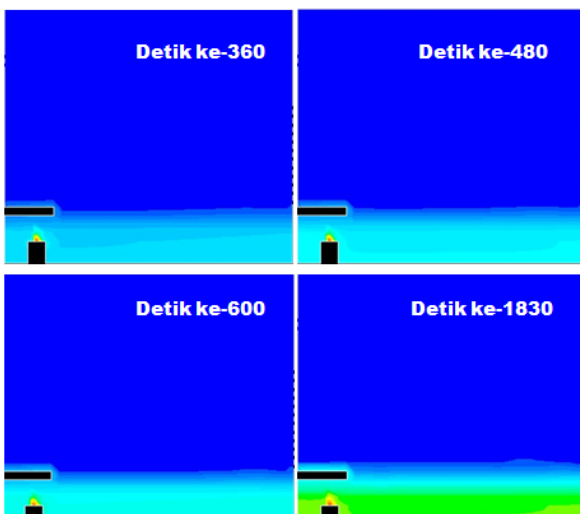
- Kecepatan kebocoran gas : 0.5 m/s
- Densitas Propane : 1.882 kg/m<sup>3</sup>
- Densitas Udara : 1.2 kg/m<sup>3</sup>
- Temperatur pada atap : 308 K
- Temperatur ruang : 303 K
- Temperatur dinding inlet : 304 K
- Temperatur pada dinding outlet : 306 K
- Temperatur lantai : 300 K
- Temperatur tabung gas : 298 K

**4. HASIL DAN DISKUSI**

**4.1 Simulasi pemodelan matematis CFD**



Gambar 2 Persebaran Fraksi Massa Propane Detik ke-1, 60, 120 dan 240

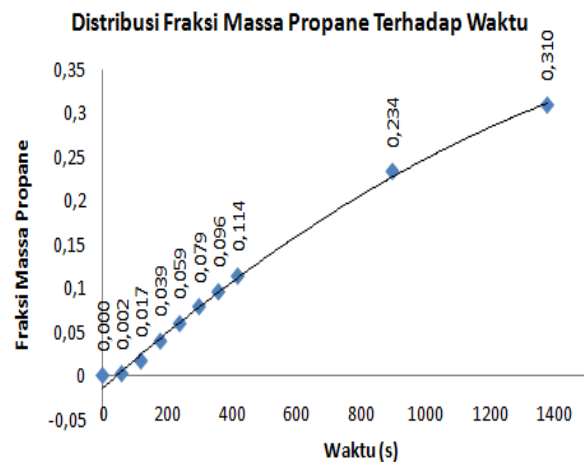


Gambar 3 Persebaran Fraksi Massa Propane Detik ke-360, 480, 600 dan 1830

Gambar 2 – 3 menunjukkan persebaran fraksi massa propane pada detik ke-1, 60, 120, 240, 360, 480, 600 dan 1830. Dari gambar

tersebut mempresentasikan bahwa gas LPG menghambur di udara secara perlahan dan cenderung bergerak kebawah kemudian perlahan menuju ke atas karena berat jenis LPG (1.882 kg/m<sup>3</sup>) lebih besar dari pada udara (1.2 kg/m<sup>3</sup>).

Dari gambar 2 – 3 dapat dilihat perubahan warna yang signifikan pada bagian bawah dari warna biru menjadi warna hijau seiring dengan bertambahnya waktu. Perubahan warna pada hasil simulasi ini mengindikasikan konsentrasi gas propane semakin lama semakin besar. Konsentrasi gas propane terhadap waktu terlihat pada grafik 1. Konsentrasi gas propane berpengaruh terhadap laju perputaran gas LPG di udara. Semakin besar konsentrasi gas propane maka laju perputaran gas LPG di udara akan semakin lamban.



Grafik 1 Distribusi Nilai Fraksi Massa Propane terhadap Waktu

Perlu diketahui, gas LPG bersifat *flammable* (mudah terbakar). Dalam batas *flammability*, LPG adalah sumber api yang terbuka. Sehingga percikan api sekecil apapun dapat segera menyambar gas LPG yang mengakibatkan kebakaran. Sehingga perlu diperhitungkan waktu yang tepat untuk dapat menyalakan kompor kembali setelah terjadi kebocoran gas tanpa mengakibatkan terjadinya kebakaran

Pada detik ke-60 gas telah merambat hingga sampai dinding inlet. Sedangkan mulai detik ke 180 perambatan sudah mencapai meja kompor tempat dimana api menyala. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan gas LPG cukup besar, sehingga bila terjadi kebocoran LPG akan membentuk gas secara cepat, memuai

dan memadati ruang.

**4.2 Simulasi numerik Visual Basic**

Regresi Polynomial Visual basic digunakan untuk menghitung hasil simulasi CFDSOF yaitu untuk menentukan persamaan yang terbentuk dari beberapa titik fraksi massa propane terhadap waktu (s). Selain Regresi Polynomial, digunakan pula Eliminasi Gauss untuk menentukan masing-masing nilai koefisien. Setelah mendapatkan fungsi persamaan maka dapat digunakan untuk mengetahui batas waktu aman untuk menyalakan kompor kembali setelah terjadi kebocoran agar tidak terjadi ledakan/kebakaran.

Pada simulasi numerik ini dilakukan pembatasan nilai fraksi massa propane terhadap waktu (Grafik 1).

Algoritma pemrograman :

1. Baca n
2. jumlah x = 0
3. jumlah kuadrat x = 0
4. jumlah y = 0
5. jumlah xy = 0
6. untuk i = 1 sampai n lakukan
7. baca x, y
8. jumlah x = jumlah x + x
9. jumlah kuadrat x = jumlah kuadrat x + x<sup>2</sup>
10. jumlah x pangkat 3 = jumlah x pangkat 3 + x<sup>3</sup>
11. jumlah x pangkat 4 = jumlah x pangkat 4 + x<sup>4</sup>
12. jumlah xy = jumlah (x \* y)+x\*y
13. jumlah x<sup>2</sup>y = jumlah kuadrat x\* y+x<sup>2</sup>\*y
14. lanjut
15. selesaikan dengan eliminasi gauss
16. Eliminasi pertama
  1. Untuk i=2 dan j =1 ke 4. Baca a<sub>ij</sub>
  2. Untuk i=2 ke 5 lakukan
  3. u = a<sub>ij</sub>/a<sub>1j</sub>
  4. Untuk j=1 ke 6 lakukan
  5. a<sub>ij</sub> = a<sub>ij</sub> -ua<sub>1j</sub>
  6. Berhenti
- Eliminasi kedua
  1. i=1
  2. u = ai2/a22
  3. untuk j= 2 ke 6 pada langkah 1

- lakukan
4. a<sub>ij</sub>=a<sub>ij</sub>-ua<sub>2j</sub>
- Berhenti Eliminasi ketiga
1. i=5
  2. u = ai3/a33
  3. untuk j= 3 ke 6 pada langkah 1 lakukan
  4. a<sub>ij</sub>=a<sub>ij</sub>-ua<sub>3j</sub>
- berhenti Substitusi balik (Metode Eliminasi Gauss Jordan)
1. Rn=an(n+1)/ann <<==R=a34/a33
  2. untuk i =(n-1) ke 1 pada langkah 1 lakukan
  3. Sum = 0
  4. untuk j= (i+1) ke n pada langkah 1 lakukan
  5. Sum=Sum+a<sub>ij</sub>x<sub>j</sub> selesai
  6. xi=(ai(n+1)-sum)/a<sub>ii</sub>
17. selesai

Fungsi persamaan fraksi massa propane terhadap waktu (s) yang terbentuk ialah :

$$Y = -0.000000067 x^2 + 0.00033 x - 0.0136$$

Tabel 1 Hasil Perhitungan Persentase Fraksi Massa Propane Terhadap Waktu

| Waktu(s) | Fraksi massa propane | Persentase (%) | Parameter Keamanan Menyalakan Kompor |
|----------|----------------------|----------------|--------------------------------------|
| 60       | 0,006                | 0,6            | Aman                                 |
| 120      | 0,026                | 2,6            | Bahaya                               |
| 180      | 0,045                | 4,5            |                                      |
| 240      | 0,065                | 6,5            |                                      |
| 300      | 0,085                | 8,5            |                                      |
| 310      | 0,088                | 8,8            |                                      |
| 320      | 0,091                | 9,1            | Aman                                 |
| 330      | 0,095                | 9,5            |                                      |
| 340      | 0,098                | 9,8            |                                      |
| 360      | 0,105                | 10,5           |                                      |
| 420      | 0,124                | 12,5           | Aman                                 |
| 440      | 0,144                | 14,4           |                                      |
| 580      | 0,177                | 17,7           |                                      |
| 640      | 0,197                | 19,7           |                                      |
| 700      | 0,216                | 21,6           |                                      |
| 760      | 0,236                | 23,6           |                                      |
| 820      | 0,256                | 25,6           |                                      |
| 880      | 0,275                | 27,5           |                                      |

Hasil perhitungan waktu (Tabel 1) menunjukkan bahwa waktu yang berbahaya untuk menyalakan kompor terjadi pada rentang waktu 120 s – 340 s. Hal ini karena jumlah fraksi massa propane yang terjadi ialah 2.15 % - 9.6 % yang dapat menyebabkan kebakaran. Sedangkan, kondisi aman dicapai

pada rentang waktu  $t < 120$  s dan  $t > 340$  s. Kondisi tersebut dapat dijadikan acuan apabila terjadi kebocoran gas pada dapur rumah tinggal.

## 5. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa LPG menghambur di udara secara perlahan dan cenderung bergerak kebawah kemudian perlahan menuju ke atas karena berat jenis LPG ( $1.882 \text{ kg/m}^3$ ) lebih besar dari pada udara ( $1.2 \text{ kg/m}^3$ ).

Pada rentang waktu 120 s – 340 s merupakan waktu yang berbahaya untuk menyalakan kembali kompor setelah terjadi kebocoran gas, dimana distribusi propane mulai merambat hingga daerah sumber api dengan yaitu jumlah fraksi massa propane sebesar 2.15 % - 9.6 %. Sedangkan waktu aman untuk menyalakan kembali kompor yaitu pada rentang waktu  $t < 120$  s dan  $t > 340$ s.

## Keterangan Simbol

|                     |  |
|---------------------|--|
| t                   | : Waktu  |
| CV                  | : Volume control   |
| CS                  | : Permukaan control  |
| $\rho$              | : Densitas fluida  |
| $\mu$               | : Viskositas dinamik   |
| v                   | : Kecepatan udara  |
| A                   | : Luas permukaan fluida                                      |
| V                   | : Volume fluida  |
| $-g(\rho - \rho_0)$ | : Gaya apung/buoyancy, dimana $\rho_0$ adalah densitas acuan |

## 6. DAFTAR PUSTAKA

Birk, A.M.. 2013. *The BLEVE: An Update and Reexamination of Response Strategies*, [www.springerlink.com](http://www.springerlink.com).

Gurusamy P., Ejaz Ahmed.F., Kumar Gaurav dan S.Mahavignesh. 2016. *LPG Detection Using GSM Module*. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering ISSN : 2278 – 8875, Volume 5, Special Issue 1, March 2016.

Hossain B, Saruar J. Shourov, Md M Rana and Md S. Anower. 2015. *Matlab Guidance*

*Based Smart Gas Leakage Detection and Security System Using Analog to Digital Technique*. International Journal of Smart Home, Vol. 9, No. 4 (2015), pp. 13-24.

<http://www.propane101.com/aboutpropane.html>. (Diunduh pada hari Rabu tanggal 20 Juli 2016 pukul 11.54).

Kusumaputra, R Adhi .2009, Oktober 6). *Listrik dan Kompor, Penyebab kebakaran Utama Rumah Tangga*. Desember 29, 2011.

<http://properti.kompas.com/read/2009/10/06/18401431>.

Meghare, s.D., N.R Kannake and S.S Sontakke. 2012. *Experimental Investigation on LPG as Alternative Fuel for Two Wheelers*. International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), Volume 2, Issue 1, July 2012.

Naresh Naik, P.Silva Nagendra Renddy, S.Nanda Kishore and K.Tharun Kumar. 2016. *Arduino Based LPG gas Monitoring & Automatic Cylinder booking with Alert System*. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE). e-ISSN: 2278-2834,p- ISSN: 2278-8735.Volume 11, Issue 4, Ver. I (Jul.-Aug .2016), PP 06-12.

Rajaraman, V. 1996. *Computer Oriented Numerical Methods 3rd Edition*. Prentice Hall of India Private Limited. New Delhi- 110001.

Shankar K. S. And Mohanan P. 2011. *MPEI Gasoline Engine Combustion, Performance And Emission Characteristics With LPG Injection*. International Journal Of Energy And Environment. 2(4): 761-770.

Soundarya T., J V Anchitaalagammai, Deepa Priya and Karthick Kumar. 2014. *C-Leakage: Cylinder LPG Gas Leakage Detection for Home Safety*. IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering. e-ISSN: 2278-2834,p- ISSN: 2278-8735.Volume 9, Issue 1, Ver. VI (Feb. 2014), PP 53-58.

Versteeg, H.K & W. Malalaskera. 1995. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics*.Longman Group Ltd.