

ANALISIS PROTOTIPE PENGUKURAN KUANTITAS MASSA BDKT JENIS LPG 3 kg MENGGUNAKAN METODE PENGUKURAN TEKANAN

Robith Urwatal Wusko

Direktorat Metrologi

Email: robithuw.1124@gmail.com

Irawati Dewi Syahwir

Akademi Metrologi

Email: irawatidewisyahwir@gmail.com

Abstrak

Liquefied Petroleum Gas (LPG) merupakan salah satu jenis produk Barang Dalam Keadaan Terbungkus atau disingkat BDKT yang banyak digunakan oleh masyarakat. Metrologi Legal mengatur kewajiban pelaku usaha BDKT dalam pemenuhan kesesuaian BDKT yang diperdagangkan dalam rangka melindungi kepentingan umum melalui pengujian kebenaran kuantitas. Pengujian menggunakan metode penimbangan yang saat ini digunakan mempunyai banyak kekurangan dari segi waktu, tenaga dan biaya yang dikeluarkan. Penelitian ini menganalisis cara mendapatkan kuantitas sebenarnya dari produk LPG berdasarkan tekanan gas menggunakan prinsip gas ideal dan membuat prototipe dengan memanfaatkan teknologi sensor tekanan dan pemrograman berbasis mikrokontroler. Hasil dari penelitian ini berupa prototipe untuk mengetahui massa gas LPG dalam satuan berat memanfaatkan pengukuran tekanan gas yang ada di dalamnya. Prototipe diharapkan dapat mengeliminasi kelemahan yang terdapat pada pengujian kuantitas BDKT menggunakan metode penimbangan. Selisih pembacaan tekanan prototipe jika dibandingkan dengan manometer adalah sebesar -0,05 atm. Nilai *error* atau kesalahan pembacaan tekanan oleh prototipe adalah sebesar -2,7%. Pembacaan nilai massa gas LPG dilakukan pada 3 (tiga) nilai referensi volume yang berbeda dengan hasil pembacaan massa sebesar 0,249%, 0,430% dan 0,618% terhadap nilai kuantitas nominal LPG 3 kg.

Kata Kunci: LPG, BDKT, kebenaran kuantitas, tekanan gas, prototipe.

Abstract

Liquefied Petroleum Gas (LPG) is one of prepackaged product known as BDKT which is widely used by society. Legal Metrology is regulating prepackaged companies to fulfill for sale prepackaged conformity in order to protect public interest through verifying the correctness of the prepackaged quantity. The application of the weighing method test has many shortcomings in terms of time, effort, and costs incurred. This research analyzes how to get the actual quantity of LPG products based on gas pressure using the ideal gas principle and makes a prototype by utilizing pressure sensor technology and microcontroller-based programming. The results of this research are a prototype to determine the mass of LPG gas in units of weight by measuring the pressure of gas inside. The prototype is expected to be able to eliminate the shortcomings in testing the quantity of prepackaged using the weighing method test. The difference in pressure measurement of the prototype compared with a manometer is -0.05 atm. Error value of pressure measurement by prototype is -2,7%. Measuring the mass value of LPG gas is done at 3 (three) different volume values reference with results of 0.249%, 0.430% and 0.618% for the nominal quantity value of 3 kg LPG.

Keyword: LPG, Prepackaged Product, correctness quantity, gas pressure, prototype.

Diterima Redaksi : 11 – 04 – 2022 | Selesai Revisi : 30 – 05 – 2022 | Diterbitkan Online : 01 – 09 – 2022

PENDAHULUAN

LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) atau elpiji merupakan salah satu dari produk PT. Pertamina (Persero) yang secara harfiah berarti "gas minyak bumi yang dicairkan". Berdasarkan keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi Nomor 116.K/10/DJM/2021 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas Jenis *Liquefied Petroleum Gas* yang Dipasarkan di Dalam Negeri, elpiji yang beredar di Indonesia berupa elpiji jenis campuran. Komponen utama pada elpiji

tersebut berupa propana (C₃H₈) dan butana (C₄H₁₀) dengan perbandingan yaitu 30 : 70 yang mendominasi kurang lebih sekitar 99% dari campuran gas lainnya [1].

Elpiji menjadi salah satu faktor penunjang utama untuk keperluan rumah tangga setiap harinya. Dengan adanya peningkatan penggunaan elpiji pada masyarakat, pemerintah mencanangkan program konversi minyak tanah ke elpiji yang dimulai tahun 2007 [2]. Tujuan dilaksanakannya program tersebut adalah untuk

mengurangi subsidi bahan bakar minyak (BBM) dan juga menyediakan bahan bakar yang ramah lingkungan, bersih dan cepat bagi masyarakat sesuai dengan Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi dan Peraturan Presiden RI Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional [3] [4].

LPG 3 kg merupakan salah satu jenis Barang Dalam Keadaan Terbungkus (BDKT) yang sangat banyak digunakan masyarakat, realisasi konsumsi gas LPG 3 kg di Indonesia secara rata-rata adalah sebanyak 6,1 MT [5]. Untuk mencegah terjadinya kecurangan dan terwujudnya transaksi perdagangan yang sehat serta melindungi produsen dan konsumen BDKT menjadi salah satu komoditas yang diawasi oleh pengawas kemetrolgian [6], hal ini sesuai dengan amanah Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1981 tentang Metrologi Legal bahwa LPG merupakan salah satu jenis BDKT yang harus memenuhi ketentuan sesuai dengan peraturan perundangan-undangan serta dalam pelaksanaannya perlu dilakukan pengawasan demi mewujudkan kepastian hukum [7].

Dalam rangka memberikan kepastian hukum dan melindungi kepentingan umum melalui jaminan kebenaran kuantitas BDKT pada tabung gas LPG 3 kg, berdasarkan Keputusan Direktur Jenderal Standardisasi dan Perlindungan Konsumen tentang Petunjuk Teknis Pengujian Atas Kebenaran Kuantitas Barang dalam Keadaan Terbungkus yang Dinyatakan dalam Satuan Berat dan Volume, pengujian pada gas LPG 3 kg dilakukan dengan metode penimbangan [8].

Pengujian BDKT LPG 3 kg dilakukan dengan cara melakukan penimbangan kosong dan penimbangan isi tabung LPG, sehingga akan sangat menyulitkan jika jumlah sampel yang diuji berjumlah banyak. Pengujian dengan cara tersebut sangat menyita waktu dan membutuhkan banyak tenaga untuk mengangkat dan menurunkan beban dari dan ke timbangan. Untuk itu penulis ingin memberikan sebuah solusi agar pengujian BDKT LPG 3 kg dapat dilakukan dengan lebih mudah dan efisien [9] [10] [11].

Pengujian serupa tentang perancangan Sistem Monitoring Isi Tabung Gas dengan Sensor Tekanan Menggunakan *IoT* Berbasis Mikrokontroler pernah dilakukan dengan tujuan memberi informasi ada tidaknya gas seperti fungsi *pressure gauge* pada regulator tanpa mengetahui besaran massa dari gas tersebut [11]. Pengujian lainnya tentang Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pendeteksi Dini Kebocoran Gas Tabung LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) Berbasis Arduino UNO pernah dilakukan dengan tujuan mendeteksi adanya kebocoran pada tabung [12].

Penelitian tentang analisis dan perancangan alat pengukur massa gas LPG 3 kg berdasarkan nilai tekanan gas belum pernah dilakukan. Prototipe yang dirancang

untuk pengujian BDKT LPG 3 kg ini akan memanfaatkan tekanan gas dalam tabung yang kemudian berdasarkan nilai tekanan tersebut dapat diketahui berat sebenarnya dari isi gas dalam tabung LPG 3 kg tersebut. Sehingga, judul penelitian yang akan diangkat, yaitu Analisis Prototipe Pengukuran Kuantitas Massa BDKT Jenis LPG 3 kg Menggunakan Metode Pengukuran Tekanan.

METODOLOGI

Dalam penelitian ini, ditentukan metode perancangan yang digunakan dalam pembuatan prototipe, metode eksperimen yang akan dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengujian prototipe dan metode analisis data hasil eksperimen untuk mengetahui tingkat efektivitas dan keberhasilan prototipe dalam memperoleh nilai massa dari gas LPG 3 kg.

METODE PERANCANGAN

Penentuan Spesifikasi Komponen

Komponen dan bahan yang digunakan dalam perancangan alat pengukur massa gas LPG 3 kg menggunakan metode pengukuran tekanan antara lain:

- a. Regulator gas LPG
- b. Sensor tekanan jenis G1/4 dengan spesifikasi sebagai berikut:
 1. Tegangan Kerja: 5 VDC,
 2. Tegangan Keluaran: 0,5 – 4,5 VDC,
 3. Arus Kerja: ≤ 10 mA,
 4. Skala Tegangan Kerja: 0 – 4351 psi.
- c. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO.
- d. Tampilan (*display*) menggunakan LCD dan modul I2C.

Penentuan Parameter Perancangan Prototipe

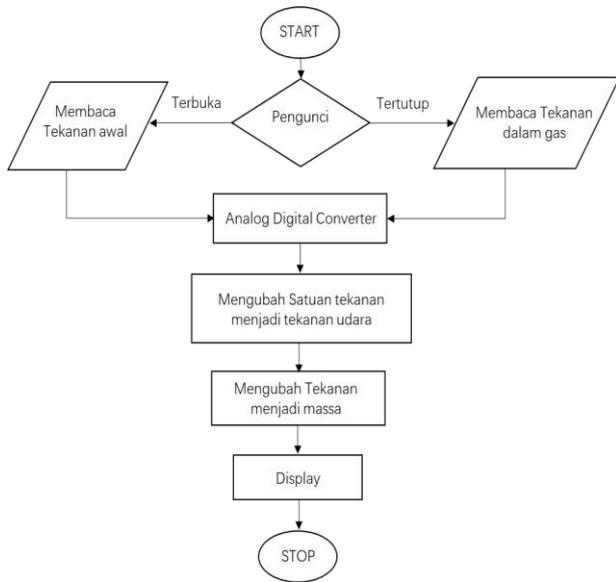
Pembuatan program membutuhkan beberapa nilai parameter yang didapat untuk mendapatkan nilai massa yang diinginkan. Penentuan nilai parameter pengukuran didapatkan melalui perhitungan maupun dari referensi. Nilai parameter yang digunakan untuk menentukan nilai massa antara lain sebagai berikut:

- a. Tetapan umum gas ($R = 0082057$ L.atm/mol.K);
- b. Jumlah mol gas campuran LPG 3 kg ($n = 0,00780669$ mol);
- c. Temperatur ($T = 15$ °C / 288,15 K) [13];
- d. Berat Molekul Gas Campuran ($BM = 53,8$ kg/mol);
- e. Volume gas dengan referensi massa jenis 1,5 g/cm³ ($V = 2$ L);
- f. Volume gas dengan referensi massa jenis 0,86755 g/cm³ ($V = 3,458$ L);
- g. Volume gas dengan referensi massa jenis 0,6034 g/cm³ ($V = 4,972$ L).

Tiga nilai parameter volume yang digunakan berbeda karena adanya perbedaan nilai parameter massa jenis yang didapatkan dari referensi. Sehingga, ketiga nilai parameter tersebut sekaligus digunakan sebagai perbandingan nilai parameter mana yang nanti akan memberikan hasil perhitungan massa paling mendekati nilai yang sebenarnya [14] [15] [16].

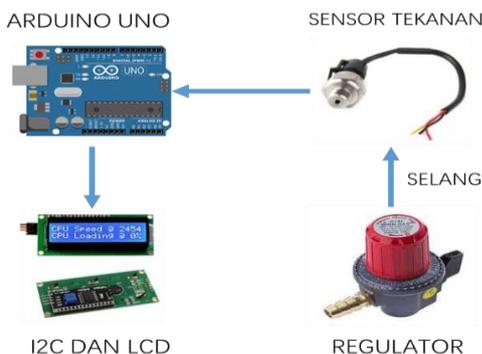
Perancangan Prototipe

Diagram blok sistem tentang sistem kerja rancangan prototipe alat pengukur massa gas LPG menggunakan metode pengukuran tekanan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Prototipe

Sistem dilengkapi dengan sensor yang membaca tekanan gas dengan keluaran berupa sinyal analog kemudian dikonversi menjadi sinyal digital menggunakan ADC. Keluaran sinyal diubah menjadi informasi tekanan dari gas yang terbaca, kemudian berdasarkan nilai tekanan yang didapat dilakukan pengolahan menggunakan persamaan matematis sehingga didapatkan nilai massa dari gas yang diukur.



Gambar 2. Desain Umum Perancangan Prototipe

Hasil dari nilai tekanan yang diukur dan nilai massa yang diproses oleh mikrokontroler ditampilkan

pada LCD (*display*). Desain prototipe secara umum yang memperlihatkan hubungan antara komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan dapat dilihat pada Gambar 2.

Regulator digunakan sebagai penghubung terhadap katup (*valve*) keluaran gas LPG 3 kg agar gas dalam tabung LPG dapat dikeluarkan. Regulator dihubungkan dengan selang pada sisi keluaran gas dan di ujung sisi lain dari selang dipasang sensor tekanan. Kondisi sambungan selang harus dipastikan tertutup rapat dan tidak terjadi kebocoran gas.

Kabel data pada sensor tekanan dihubungkan pada port Arduino dan kabel daya dihubungkan dengan catu daya. Arduino kemudian mengolah data analog yang dikeluarkan sensor untuk dikonversi menjadi data digital menggunakan ADC dan kemudian data digital tersebut dapat diolah menjadi nilai tekanan. Nilai tekanan digunakan sebagai dasar perhitungan massa dari gas yang diukur, pengukuran massa gas LPG dilakukan menggunakan persamaan gas ideal dimana ada hubungan antara tekanan dan massa dari suatu gas. Persamaan gas ideal ditunjukkan pada persamaan (1) [16].

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \tag{1}$$

Variabel P merepresentasikan nilai tekanan dengan satuan pascal, variabel V merepresentasikan nilai volume dengan satuan m³, variabel n merepresentasikan jumlah mol gas, variabel R merepresentasikan konstanta gas ideal dengan satuan J/mol K, dan variabel T merepresentasikan suhu termodinamika dengan satuan kelvin.

LCD dihubungkan dengan modul I2C agar dapat digunakan pada mikrokontroler Arduino UNO sebagai tampilan (*display*) nilai tekanan yang terbaca oleh prototipe dan nilai massa gas yang diukur berdasarkan hasil perhitungan atau konversi yang dilakukan nilai tekanan yang terhitung.

METODE EKSPERIMEN

Pengujian Kalibrasi Sensor Tekanan

Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil pembacaan tekanan menggunakan prototipe dan menggunakan manometer yang dilakukan sebanyak 9 kali pada tabung LPG 3 kg yang sama untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan prototipe yang telah dirancang.

Hasil Pengukuran tekanan oleh prototipe dan manometer dibandingkan dengan cara menghitung nilai rata-rata dari selisih hasil pengukuran tekanan kedua instrumen ukur tersebut.

Pengujian Pembacaan Tekanan Gas LPG 3 kg Menggunakan Manometer

Pengujian pembacaan tekanan gas LPG 3 kg menggunakan manometer bertujuan untuk melihat hasil pembacaan tekanan gas di dalam tabung LPG menggunakan manometer sebagai perbandingan hasil pembacaan tekanan gas oleh prototipe.

Pengujian dilakukan pada 10 sampel gas LPG 3 kg dengan dilakukan penimbangan bruto terlebih dahulu terhadap sampel.

Berdasarkan hasil pengukuran tekanan menggunakan manometer dihitung nilai rata-ratanya sebagai acuan pengukuran tekanan gas LPG 3 kg.

Pengujian Pembacaan Tekanan Gas LPG 3 kg Menggunakan Prototipe

Pengujian pembacaan tekanan gas LPG 3 kg menggunakan prototipe bertujuan untuk melihat kemampuan hasil pembacaan tekanan gas di dalam tabung LPG menggunakan prototipe yang telah dirancang. Data tekanan yang didapat digunakan sebagai acuan untuk menghitung nilai massa dari gas tabung LPG yang diukur.

Pengujian dilakukan pada 10 sampel gas LPG 3 kg dengan dilakukan penimbangan bruto terlebih dahulu terhadap sampel.

Berdasarkan hasil pengukuran tekanan menggunakan prototipe dihitung nilai rata-ratanya kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran tekanan menggunakan manometer, sehingga didapat selisih nilai hasil pengukuran menggunakan manometer dan menggunakan prototipe yang telah dirancang.

Pengujian Pembacaan Massa Gas LPG 3 kg Menggunakan Prototipe Berdasarkan Pengukuran Tekanan Gas

Pengujian pembacaan kuantitas massa gas LPG 3 kg berdasarkan nilai tekanannya digunakan untuk mengetahui massa gas dari LPG 3 kg yang dihitung berdasarkan pengukuran nilai tekanan yang didapat oleh pembacaan sensor tekanan pada prototipe, nilai massa dihitung menggunakan 3 (tiga) parameter nilai volume yang berbeda berdasarkan perbedaan nilai massa jenisnya.

Nilai pengukuran massa yang didapat kemudian dibandingkan dengan nilai kuantitas nominal yang ada pada tabung LPG 3 kg, sehingga didapat tingkat persentase pembacaan massa LPG 3 kg menggunakan prototipe pengukuran massa berdasarkan pengukuran tekanannya.

METODE ANALISIS DATA

Pada pengujian kalibrasi prototipe, data hasil pengujian diolah dengan cara mencari nilai rata-rata (mean) dari masing-masing hasil metode pengambilan data. Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan nilai rata-rata (mean) ditunjukkan pada persamaan (2)

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}, i = 1, 2, 3, \dots n. \tag{2}$$

Selisih rata-rata pengukuran tekanan menggunakan manometer dan menggunakan prototipe yang dirancang dihitung untuk melihat tingkat kemampuan pembacaan tekanan oleh prototipe.

$$\bar{X}_{manometer} - \bar{X}_{prototipe} \tag{3}$$

untuk mencari nilai eror (kesalahan) pembacaan tekanan oleh prototipe yang dirancang digunakan persamaan (4) sebagai berikut

$$\frac{\bar{Q}_{pengujian} - Q_n}{Q_n} \times 100\% \tag{4}$$

Pada pengujian pengukuran massa gas LPG 3 kg berdasarkan pengukuran nilai tekanannya dihitung rata-rata pembacaan massa untuk masing-masing nilai referensi volume yang digunakan. Hasil dari rata-rata pengukuran massa dihitung persentase nilai massa yang terbaca terhadap nilai kuantitas nominalnya.

$$\frac{\bar{Q}_{pengujian}}{Q_n} \times 100\% \tag{5}$$

Nilai persentase yang didapatkan merupakan representasi hasil pembacaan massa menggunakan prototipe berdasarkan nilai tekanannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian kalibrasi atau perbandingan pembacaan tekanan alat ukur antara manometer dan prototipe diperlihatkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata tekanan (\bar{P}) yang terbaca oleh prototipe adalah sebesar 1,80 atm, sedangkan nilai rata-rata tekanan yang terbaca oleh manometer adalah sebesar 1,85 atm, sehingga terdapat selisih sebesar -0,05 atm.

Berdasarkan data pada Tabel 1. maka nilai error (kesalahan) pembacaan tekanan LPG 3 kg oleh prototipe secara rata-rata adalah sebesar -2,7%.

Hasil Pengujian pengukuran tekanan menggunakan manometer dan menggunakan prototipe pada produk LPG 3 kg yang berbeda sebanyak 10 kali diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 1. tabel hasil pengujian perbandingan pembacaan tekanan oleh prototipe dan manometer

No	Pembacaan Tekanan (atm)	
	Prototipe	Manometer
1	1,80	1,98
2	1,80	1,85
3	1,80	1,85
4	1,80	1,85
5	1,80	1,87
6	1,80	1,83
7	1,80	1,83
8	1,80	1,80
9	1,80	1,83

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada pengukuran tekanan menggunakan manometer didapatkan nilai rata-rata tekanan sebesar 1,884 atm, sedangkan pada pengujian pengukuran tekanan menggunakan prototipe didapatkan nilai rata-rata tekanan sebesar 1,66 atm, sehingga terdapat perbedaan antara pembacaan tekanan yang dilakukan oleh manometer dengan pembacaan yang dilakukan oleh prototipe ($\Delta \bar{P}$) sebesar 0,224 atm.

Hasil pengujian pengukuran kuantitas massa LPG 3 kg dengan tiga nilai referensi volume yang berbeda ditunjukkan pada Tabel 3. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai rata-rata pembacaan massa menggunakan referensi volume 1 (2 liter) adalah sebesar 7,46 g, menggunakan referensi volume 2 (3,458 liter) adalah sebesar 12,89 g, dan menggunakan referensi volume 3 (4,972 liter) adalah sebesar 18,54 g.

Tabel 2. a. tabel hasil pengujian pembacaan tekanan oleh manometer pada LPG 3 kg yang berbeda, b. tabel hasil pengujian pembacaan tekanan oleh prototipe pada LPG 3 kg yang berbeda

NO	Massa Tabung Isi (Bruto)	Tekanan
	kg	atm
1	7,940	1,66
2	7,960	1,66
3	7,890	1,66
4	7,650	1,66
5	7,960	1,66
6	7,890	1,66
7	7,950	1,66
8	7,985	1,66
9	7,940	1,66
10	7,925	1,66

a

NO	Massa Tabung Isi (Bruto)	Tekanan
	kg	atm
1	7,930	1,91209
2	7,955	1,91890
3	7,890	1,89168
4	7,630	1,89168
5	7,960	1,87126
6	7,890	1,89168
7	7,935	1,86446
8	7,985	1,87126
9	7,350	1,87126
10	7,925	1,85085

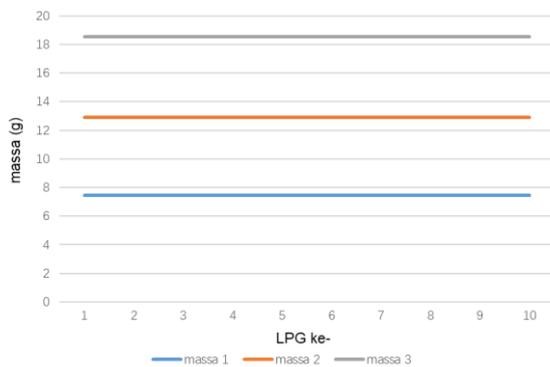
b

Berdasarkan hasil pengukuran massa tersebut maka didapatkan persentase nilai massa yang terbaca oleh prototipe terhadap kuantitas nominal yang tercantum pada tabung LPG secara berturut-turut untuk nilai referensi volume 1, volume 2 dan volume 3 adalah sebesar sebesar 0,249%, 0,430% dan 0,618%.

Tabel 3. tabel hasil pembacaan massa gas LPG 3 kg menggunakan prototipe untuk masing-masing nilai referensi volume

NO	Bruto Penimbangan kg	Pengukuran Prototipe		
		massa 1 g	massa 2 g	massa 3 g
1	7,940	7,46	12,89	18,54
2	7,960	7,46	12,89	18,54
3	7,890	7,46	12,89	18,54
4	7,650	7,46	12,89	18,54
5	7,960	7,46	12,89	18,54
6	7,890	7,46	12,89	18,54
7	7,950	7,46	12,89	18,54
8	7,985	7,46	12,89	18,54
9	7,940	7,46	12,89	18,54
10	7,925	7,46	12,89	18,54

Grafik hasil pengujian pengukuran massa gas LPG 3 kg menggunakan prinsip tekanan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. grafik hasil pengukuran massa gas LPG 3 kg menggunakan prototipe berdasarkan tekanan gas

Hasil pengukuran oleh prototipe tersebut menunjukkan selisih angka yang sangat jauh jika dibandingkan dengan nilai acuan yang diharapkan yaitu 3000 g atau 3 kg, sehingga perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab tidak tercapainya pembacaan massa gas oleh prototipe sesuai dengan yang diinginkan.

Analisis permasalahan dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab adanya simpangan yang sangat besar pada pembacaan massa menggunakan prototipe, salah satunya dengan melakukan pengujian waktu pengosongan tabung gas LPG 3 kg dengan kondisi yang masih baru dan utuh menggunakan dua alat yang berbeda yaitu menggunakan regulator yang digunakan pada perancangan prototipe dan menggunakan besi panjang yang dipasang secara langsung ke lubang katup (*valve*) tabung LPG. Hasil dari pengujian waktu pengosongan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. tabel pengujian pengosongan gas LPG 3 kg

Alat Yang Digunakan	Waktu Yang Dibutuhkan
regulator	2 jam 26 menit 19 detik
besi panjang	27 menit 41 detik

Berdasarkan hasil pengujian tersebut disimpulkan bahwa regulator mempunyai sistem pengamanan untuk membuat tekanan yang keluar dari gas tabung LPG 3 kg tereduksi sehingga tabung LPG yang berisi gas bertekanan tinggi dapat digunakan lebih aman, hal ini dapat menjadi salah satu alasan pengukuran tekanan LPG menggunakan prototipe sangat rendah dan berbeda dari nilai referensi yang seharusnya.

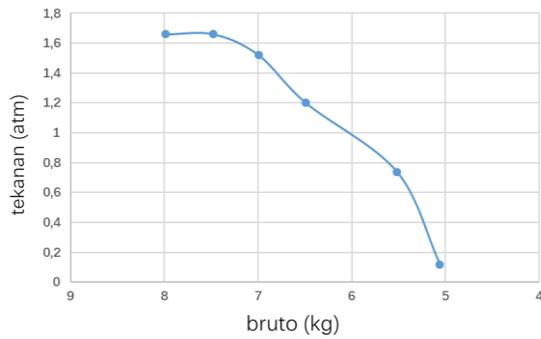
Analisis permasalahan lainnya dilakukan pengujian pembacaan tekanan gas LPG 3 kg pada kondisi bruto yang berbeda yaitu tiap penurunan neto atau massa LPGnya sebesar kurang lebih 500 g. Hasil dari pengujian pengukuran tekanan LPG untuk setiap pengurangan massa sebesar ± 500 g ditunjukkan pada Tabel 5, sedangkan grafik hasil pengujian pengukuran tekanan LPG pada setiap pengurangan neto sebesar kurang lebih 500 g ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 5. tabel hasil pengukuran tekanan gas LPG 3 kg untuk setiap penurunan neto gas sebesar kurang lebih 500 g

No	Bruto (kg)	Tekanan (atm)
1	7,985	1,66
2	7,475	1,66
3	6,995	1,52
4	6,490	1,20
5	5,520	0,74
6	5,060	0,12

Berdasarkan grafik pada Gambar 4 didapatkan fakta bahwa tekanan gas LPG terjaga tetap atau stabil sampai pada titik massa tertentu, sehingga pengukuran tekanan pada gas LPG 3 kg akan menghasilkan nilai yang sama pada rentang massa tertentu. Hal ini menyebabkan adanya kemungkinan kesulitan pembacaan massa gas LPG oleh prototipe pada rentang massa tertentu karena tidak adanya perubahan tekanan yang dapat merepresentasikan perubahan nilai massa yang masih ada dalam tabung LPG 3 kg.

Melalui penelitian tersebut didapatkan informasi bahwa LPG merupakan gas yang dimampatkan dan bertekanan tinggi sehingga berubah menjadi cair, di dalamnya terdapat *liquid* yang mendorong gas di atasnya dengan tekanan konstan, selama *liquid* di dalam tabung belum habis atau sampai pada titik minimalnya gas yang berada di dalam tabung akan memberikan tekanan yang konstan.



Gambar 4. grafik tekanan LPG pada setiap pengurangan neto sebesar kurang lebih 500 g

PENUTUP

Simpulan

1. Prototipe yang telah dirancang telah mampu membaca tekanan dengan baik, selisih kemampuan pembacaan prototipe jika dibandingkan dengan manometer digital adalah sebesar -0,05 atm, nilai *error* atau kesalahan pembacaan tekanan oleh prototipe adalah sebesar -2,7% .
2. Prototipe yang telah dirancang telah mampu membaca massa gas LPG 3 kg berdasarkan nilai tekanannya walaupun belum merepresentasikan massa sebenarnya dari LPG yang diukur.
3. Pemanfaatan regulator pada penelitian sebagai media katup (*valve*) yang menghubungkan gas di dalam tabung dengan sensor pada prototipe kurang optimal dikarenakan adanya mekanisme pengaman di dalam regulator sehingga tekanan yang diberikan oleh gas dalam tabung ke sensor tidak maksimal.
4. Pembacaan massa LPG 3 kg menggunakan prototipe yang telah dirancang menggunakan tiga referensi volume yang berbeda didapatkan nilai massa 1 sebesar 7,46 g atau 0,249%, massa 2 sebesar 12,9 g atau 0,430% dan massa 3 sebesar 18,5 g atau 0,618%.
5. Tekanan gas akan terbaca konstan pada rentang massa tertentu, dan akan menunjukkan perubahan tekanan pada perubahan massa yang drastis atau signifikan, hal ini berhubungan sifat gas LPG yang merupakan gas yang dimampatkan sehingga menjadi cair (terdapat gas *liquid* di dalam tabung)

Saran

1. Kalibrasi prototipe dapat menggunakan standar yang lebih tertelusur dengan derajat kelas yang lebih tinggi dibandingkan prototipe yang digunakan.
2. Nilai parameter yang digunakan dalam pengukuran harus dipertimbangkan dan diperhatikan, serta perlu dicari model matematis dari karakteristik tabung LPG dengan penambahan beberapa sensor yang

mempengaruhi hasil pengukuran massa gas LPG 3 kg.

3. Perlu dipastikan bahwa perangkat yang digunakan untuk mengeluarkan gas dari tabung LPG tidak dilengkapi oleh pengaman, dapat dilakukan pembuatan regulator khusus atau perangkat lain sebagai katup (*valve*) yang tidak memiliki mekanisme pereduksi tekanan dengan tetap mempertimbangkan aspek keselamatan.
4. Perlu penelitian dan analisis lebih lanjut untuk pengembangan maupun penyempurnaan penelitian serupa untuk melakukan pengukuran massa gas LPG yang lebih akurat baik dengan penambahan sensor dan diturunkan model matematis yang merepresentasikan nilai massa gas dalam tabung yang ingin diukur sehingga dapat dimanfaatkan untuk membantu pengujian kebenaran kuantitas BDKT dalam rangka pengawasan Metrologi Legal.
5. Jumlah massa gas cair atau *liquid* dalam gas LPG harus diperhitungkan karena massa gas cair tidak dapat dihitung berdasarkan nilai tekanannya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kepada pihak pemberi dana penelitian yaitu PPSDK, dan atas segala dukungan dari para dosen dan widyawan serta pihak lain yang membantu dalam diskusi pengembangan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Republik Indonesia. 2020. Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi Nomor 116,K/10/DJM/2021 tentang Standar dan Mutu (Spesifikasi) Bahan Bakar Gas Jenis *Liquefied Petroleum Gas* yang Dipasarkan di Dalam Negeri.
- [2] Fitria, Y. “Implementasi Kebijakan Konversi Minyak Tanah ke *Liquefied Petroleum Gas* (LPG) di Kecamatan Poso Pesisir Selatan Kabupaten Poso” Volume : 11 Nomor : 1 Edisi : September 2018.
- [3] Republik Indonesia. 2006. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional.
- [4] Republik Indonesia, 2007. Undang-Undang Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi.
- [5] Rivani, Edmira. 2019. Distribusi LPG 3 kg Tepat Sasaran Dalam Mengurangi Beban Subsidi. Jakarta: Pusat Penelitian Badan Keahlian DPR RI.
- [6] Republik Indonesia. 2011. Peraturan Menteri Perdagangan Republik Indonesia Nomor 31/M-DAG/PER/10/2011 tentang Barang Dalam Keadaan terbungkus. Jakarta: Menteri Perdagangan Republik Indonesia.
- [7] Republik Indonesia, 1981. Undang-Undang Nomor 2 Tahun 1981 tentang Metrologi Legal.

- [8] Republik Indonesia. 2015. Keputusan Direktur Jenderal Standardisasi dan Perlindungan Konsumen Nomor 26/SPK/KEP/3/2015 tentang Petunjuk Teknis Pengujian Atas Kebenaran Kuantitas Barang Dalam Keadaan Terbungkus yang Dinyatakan Dalam Satuan Berat dan Volume.
- [9] Junaidi. 2018. “Metrologi Dan Pengukuran” Unhar. Medan
- [10] Organisation Internationale de Metrologie Legale. 2004. International Recommendation: OIML R 87 2004 (E). Paris.
- [11] Fachrezy, Muhammad Ihza. 2021. Sistem Monitoring Isi Tabung Gas dengan Sensor Tekanan Menggunakan IoT Berbasis Mikrokontroler. Medan : Universitas Sumatera Utara.
- [12] Saputra, Anggara Caesar dan Siregar. 2018. Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Pendeteksi Dini Kebocoran Gas Tabung LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) Berbasis Arduino UNO. Surabaya : Universitas Hang Tuah Surabaya.
- [13] Afrox. Product Reference Manual – Section 5 – *Liquefied Petroleum Gas*. www.afrox.com. (diakses tanggal 22 Juli 2021)
- [14] Budiwati, Rini. 2019. Kimia Dasar - Bab 3 Senyawa Kimia. Bandung. Itenas.
- [15] Perada, Brigita . 2017. Pengembangan Pemahaman Siswa Pada Materi Hukum-Hukum Gas Ideal Dengan Menggunakan Simulasi PhET. Yogyakarta :Universitas Sanata Dharma.
- [16] Potter, Merle C., dan Craig W. Somerton. 2008. “Schaum’s Outlines - Termodinamika Teknik” edisi kedua. Jakarta:Erlangga.