

Perancangan Alat Uji Kebocoran Gas Flow Meter

Aldarifa Putri Nabilah¹, Undiana Bambang²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga, Kec. Parongpong, Kabupaten Bandung Barat, Jawa Barat 40559

E-mail : ¹aldarifa.putri.tpk16@polban.ac.id ²undianabambang@polban.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan LPG di Indonesia sudah melampaui batas produksinya. Menurut pemerintah ESDM penggunaan LPG mencapai 6,5 juta ton pertahunnya, sedangkan produksinya hanya 2,5 juta ton. Untuk menanggulangi hal tersebut pemerintah membuat alternatif baru yaitu menggunakan jaringan gas alam. Sistem jaringan ini memerlukan alat yang bernama *gas flow meter*. Alat ini berfungsi untuk mengukur volume gas yang digunakan oleh pelanggan. Untuk mencegah kebocoran pada *gas flow meter*, maka dilakukan pengujian kebocoran. Hal ini dilakukan oleh Direktorat Metrologi. Sampai saat ini Direktorat Metrologi belum memiliki alat tersebut. Dalam penelitian ini akan membuat perancangan alat uji kebocoran *gas flow meter*. Metode yang digunakan untuk mencapai hal tersebut terdapat empat tahapan yaitu *planning*, *conceptual design*, *embodiement*, dan dokumen. Pada tahapan *planning* luaran yang didapatkan yaitu daftar tuntutan. Selanjutnya untuk tahap *conceptual design* luaran yang didapatkan yaitu konsep terpilih. Sedangkan untuk tahapan *embodiement* luaran yang didapatkan yaitu perhitungan, pemilihan komponen standar, pembuatan aspek manufaktur, aspek ekonomi, aspek ergonomi, aspek perawatan. Dan yang terakhir tahapan dokumen luarannya yaitu gambar kerja, gambar 3D model, *bill of material*, SOP alat, poster, dan artikel. Hasil yang diharapkan yaitu rancangan dari alat uji kebocoran *gas flow meter* yang dapat dioperasikan oleh satu orang dewasa sesuai dengan permintaan Direktorat Metrologi Bandung.

Kata Kunci

Gas Flow Meter, Metrologi, Jaringan Gas Pipa

1. PENDAHULUAN

Penggunaan LPG (*Liquified Petroleum Gas*) di Indonesia merupakan hal terpenting dalam kebutuhan rumah tangga. Akan tetapi penggunaan LPG sudah sangat melampaui batas produksinya. Menurut data dari kementerian ESDM, penggunaan LPG pada masyarakat mencapai 6,5 juta ton pertahunnya. Sedangkan, produksi di Indonesia hanya mencapai 2,5 juta ton. Sehingga sekitar 4 juta ton LPG harus didatangkan dari luar negeri. Bila dihitung biayanya mencapai Rp. 50 triliun [1].

Untuk menanggulangi hal tersebut maka pemerintah memberikan alternatif baru yaitu menggunakan gas alam. Saat ini sebanyak 52 daerah di Indonesia sudah menggunakan jaringan gas pipa [2]. Saat jaringan gas pipa dipasang pada rumah warga maka dibutuhkan alat untuk menghitung berapa banyak gas yang sudah terpakai. Alat tersebut bernama *gas flow meter*.

Direktorat Metrologi Bandung sebagai badan yang mempunyai tugas melaksanakan perumusan, pelaksanaan dan pengendalian kebijakan, penyusunan pedoman, norma, standar, prosedur, dan kriteria, serta pemberian bimbingan teknis dan evaluasi pelaksanaan kebijakan di bidang metrologi legal. Dan fungsi dari

Direktorat Metrologi Bandung salah satunya yaitu memeriksa kelayakan alat ukur [3]. Maka dari itu Direktorat Metrologi Bandung mempunyai kewajiban untuk melakukan pengujian terhadap kelayakan dari *gas flow meter* tersebut

Pembuatan alat uji kebocoran yang serupa sudah pernah dilakukan oleh Herry Ardianto di Universitas Gadjah Mada. Kajiannya membahas mengenai gas alam yang sudah sangat banyak digunakan di Indonesia sebagai bahan bakar ataupun yang lainnya. Untuk mengetahui nilai volume gas yang diperlukan maka dibuatlah alat ukur untuk mengukur volume gas seperti meter gas orifice [4].

Tujuan yang akan dicapai yaitu membuat rancangan dari alat uji kebocoran *gas flow meter* sesuai dengan kebutuhan Direktorat Metrologi Bandung, sehingga dapat mencegah kebocoran yang terjadi di masyarakat

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan pada perancangan alat uji kebocoran *gas flow meter* adalah metode Pahl & Beitz [5]. Tahapan perancangan terdiri dari empat tahapan yaitu yang pertama *planning* atau merencana, selanjutnya *conceptual design* atau membuat konsep,

lalu *embodiement design* atau merancang detail, dan yang terakhir adalah pembuatan dokumen seperti gambar kerja, spesifikasi alat, SOP, dan yang lainnya. Berikut rincian dari metode yang digunakan:

Planning (Tahap Merencana)

Pada tahap *planning* ini berisi tentang identifikasi fungsi dari alat uji kebocoran *gas flow meter*, mempelajari cara kerja alat uji kebocoran *gas flow meter*, mencari paten dari alat uji kebocoran, mencari dan mengkaji produk yang sudah ada dipasaran mengenai alat uji kebocoran *gas flow meter*, melakukan survey ke Direktorat Metrologi maupun rumah warga yang menggunakan *gas flow meter*, dan kelurannya yaitu daftar tuntutan dari alat uji kebocoran *gas flow meter*.

Conceptual Design (Tahap Mengonsep)

Pada tahap *conceptual design* yang akan dilakukan yaitu pertama menentukan fungsi dan mekanisme dari alat uji kebocoran *gas flow meter*. Selanjutnya yaitu menentukan fungsi bagian berdasarkan mekanisme kerja dari alat uji kebocoran *gas flow meter*. Lalu mencari alternatif solusi dengan cara dibuat tabel morfologi berisikan alternatif pada masing-masing fungsi bagiannya. Untuk mengurangi variasi konsep yang terlalu banyak maka akan dilakukan pemilihan ulang untuk mengeliminasi variasi yang tidak terlalu penting. Dari tabel morfologi yang dibuat akan menghasilkan kombinasi-kombinasi dari setiap fungsi bagian. Kombinasi tersebut akan menciptakan beberapa variasi konsep dan akan digambarkan dengan metode *sketching*. Setelah variasi konsep tersebut digambar maka akan dilakukan penilaian berdasarkan dua kriteria penilaian yaitu *user criteria* dan *manufacture criteria*. Selanjutnya setelah diberi penilaian maka akan didapatkan konsep terpilih dengan nilai terbesar dari dua kriteria yang diberikan.

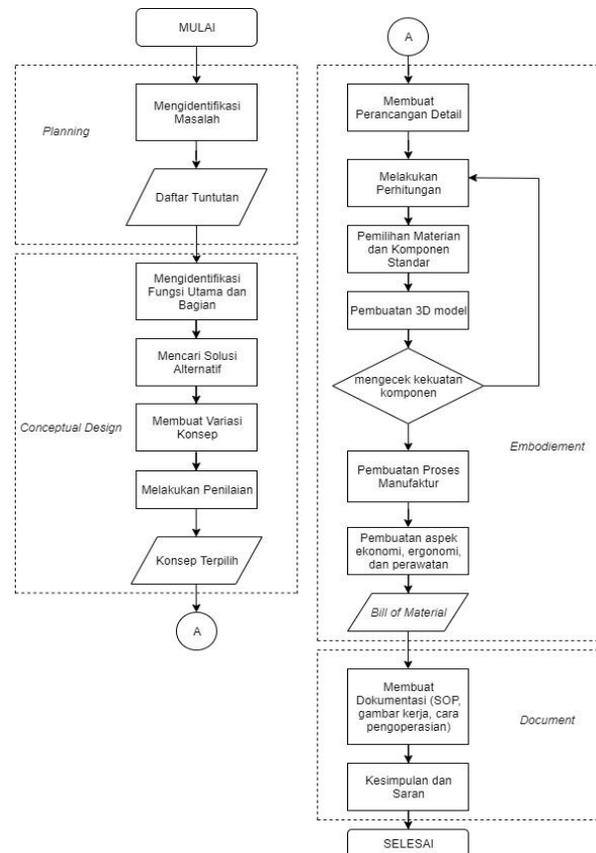
Embodiement (Tahap Merancang Detail)

Pada tahap *embodiement* yang dilakukan pertama kali yaitu membuat detail gambar dari alat uji kebocoran *gas flow meter*, selanjutnya yaitu melakukan perhitungan dari alat uji kebocoran *gas flow meter*, pemilihan material dan komponen standar dari alat uji kebocoran *gas flow meter*, dan pembuatan 3D modelnya, setelah itu melakukan pengecekan apakah alat yang dibuat sudah aman atau tidak. Jika aman tidak aman maka kembali lagi ke perhitungan. Tetapi jika aman maka selanjutnya melakukan proses manufaktur, pembuatan aspek ekonomi, aspek ergonomi, dan aspek perawatan. Setelah itu mendapatkan keluaran yaitu bill of material dari alat uji kebocoran *gas flow meter*.

Document (Dokumen)

Pada tahapan ini yang dilakukan adalah membuat SOP (*standard operating procedure*) dari alat uji kebocoran *gas flow meter*, membuat spesifikasi alat, lalu membuat cara kerja alat uji kebocoran *gas flow meter*, setelah itu membuat gambar kerja dari alat uji kebocoran *gas flow meter*, dan membuat poster.

Secara umum metode tersebut dapat dibuat diagram perancangan sebagai berikut:



Gambar 1 Flowchart Metodologi

3. HASIL

Berikut merupakan hasil dari setiap tahapan yang dilakukan:

3.1 Hasil Planning (Tahap Merencana)

Tahapan ini merupakan tahapan pertama dalam proses perancangan. Pada tahap ini didapatkan luaran berupa daftar tuntutan. Untuk mengetahui daftar tuntutan yang akan dicapai maka dilakukan identifikasi alat. Berikut merupakan daftar tuntutan yang telah didapat:

- Dapat menguji *gas flow meter* yang standar digunakan oleh masyarakat.
- Dirancang menggunakan sistem modul sehingga dapat diperbanyak sesuai kebutuhan.

- c. Dapat menguji *gas flow meter* dengan jenis yang berbeda.
- d. Mudah dioperasikan oleh satu orang dewasa.
- e. Dapat mendeteksi kebocoran.
- f. Dapat menguji dapat cepat.

3.2 Hasil Conceptual Design (Tahap Mengonsep)

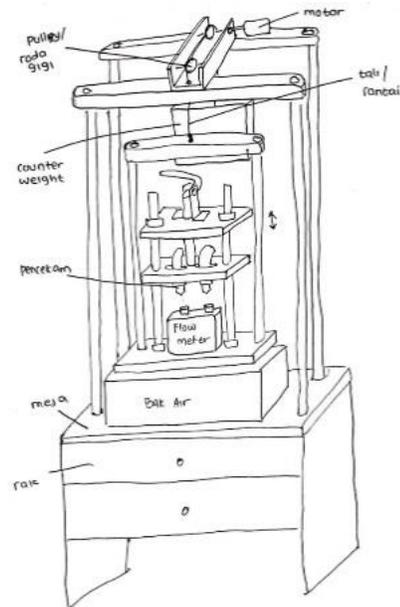
Pada tahap ini akan dilakukan pertama kali yaitu menentukan fungsi keseluruhan dan fungsi bagian dari alat uji kebocoran *gas flow meter*. Fungsi keseluruhan alat ini yaitu sebagai alat untuk memeriksa kebocoran yang terjadi pada *gas flow meter*. Sedangkan fungsi bagian alat ini yaitu sebagai berikut:

Tabel 1 Fungsi bagian

No	Fungsi bagian	Penjelasan
1	Fungsi menopang	Fungsi menopang berfungsi untuk menopang alat uji kebocoran <i>gas flow meter</i> .
2	Fungsi mencekam	Fungsi mencekam sebagai pencekam <i>gas flow meter</i> .
3	Fungsi menghubungkan	Fungsi menghubungkan antara pipa dengan <i>gas flow meter</i> .
4	Fungsi menutup	Fungsi menutup katup <i>gas flow meter</i> .
5	Fungsi menaikkan dan menurunkan <i>gas flow meter</i>	Fungsi menurunkan dan menaikkan <i>gas flow meter</i> ke bak air untuk diperiksa letak kebocorannya.

Pencarian alternatif solusi menggunakan tabel morfologi. Dalam tabel morfologi terdapat alternatif berdasarkan fungsi bagiannya. Setelah fungsi bagian dimasukkan pada tabel morfologi maka selanjutnya dilakukan kombinasi untuk mendapatkan beberapa variasi konsep dari alat.:

Setelah didapatkan variasi konsep maka dilakukan penilaian dengan menggunakan *user criteria* dan *manufacture criteria*. Maka dari hasil penilaian didapatkan hasil yaitu variasi konsep 3 yang terpilih



Gambar 2 Konsep Terpilih

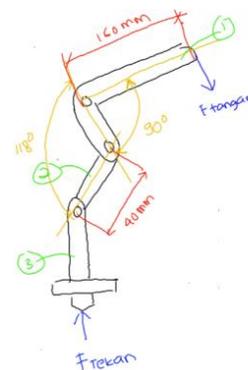
3.3 Hasil Embodiement (Tahap Merancang Detail)

Tahapan ini meliputi perhitungan gaya tekan untuk menekan *gas flow meter*, perhitungan rangka, perhitungan daya kompresor yang akan digunakan, pemilihan komponen standar dari alat, analisis dari aspek ergonomi, aspek perawatan, dan aspek keterbuatan.

3.3.1 Perhitungan

a. Perhitungan gaya tekan untuk menekan *gas flow meter*

Untuk mendapatkan gaya tekan untuk menekan *gas flow meter* maka sebelumnya dibuat *free body diagram* untuk mengetahui gaya-gaya yang terjadi.



Gambar 3 Free body diagram

Setelah dilakukan perhitungan dengan memecah komponen menjadi beberapa bagian maka didapatkan gaya tekan untuk menekan *gas flow meter* sebesar 46,79 N.

b. Perhitungan rangka

Perhitungan rangka bertujuan untuk mengetahui apakah rangka yang menopang mekanisme cekam mengalami *buckling* atau tidak. Untuk mengetahui beban yang terjadi pada batang yang menopang maka dilakukan perhitungan kesetimbangan. Dari perhitungan kesetimbangan didapatkan gaya pada batang sebesar 12 kg. Selanjutnya menghitung kekuatan dari batang dengan menggunakan rumus *buckling*.

Data yang didapat yaitu:

$$E = 200 \text{ GPa} = 2 \times 10^{12} \text{ Pa}$$

$$L = 1259 \text{ mm} = 1,259 \text{ m}$$

$$m = 7137,4 \text{ gram} = 7,1374 \text{ kg}$$

$$D_{pulley} = 29 \text{ mm} = 0,029 \text{ m}$$

Momen inersia

$$I_x = I_y = \frac{\pi \cdot D^4}{64} = \frac{\pi(0,03)^4}{64} = 3,97 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Gaya kritis

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \times 10^{11} \text{ Pa} \cdot 3,97 \times 10^{-8} \text{ m}^4}{(2 \times 1,3)^2}$$

$$P_{cr} = 11592,405 \text{ N}$$

Untuk mengetahui apakah batang tersebut *buckling* atau tidak maka $P_{cr} > F_{batang}$. Maka dapat disimpulkan $1159,24 \text{ kg} > 12 \text{ kg}$ (aman).

c. Perhitungan daya kompresor

Perhitungan daya kompresor dilakukan untuk mengetahui daya sehingga dapat menentukan kompresor yang akan digunakan.

Data yang didapat yaitu:

$$m = 1$$

$$k = 1,4$$

$$Q = 0,035 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$P_s = 1 \text{ bar} = 10130 \text{ N/m}^2$$

$$P_d = 3 \text{ bar} = 30390 \text{ N/m}^2$$

Dengan demikian daya kompresor dapat dihitung sebagai berikut [6]:

$$W_{com} = \frac{m \cdot k}{k-1} \cdot P_s \cdot Q \left[\left(\frac{P_d}{P_s} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

$$W_{com} = \frac{1 \cdot 1,4}{1,4-1} \cdot 10130 \text{ N/m}^2 \cdot 0,035 \text{ m}^3/\text{s} \left[\left(\frac{30390 \text{ N/m}^2}{10130 \text{ N/m}^2} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right]$$

$$W_{com} = 457,576 \text{ watt} = 0,6136 \text{ HP}$$

Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa kompresor yang digunakan yaitu kompresor dengan daya 1 HP.

d. Pemilihan komponen standar

Pemilihan komponen standar yaitu menentukan motor yang akan digunakan pada alat. Untuk menghitung

daya motor data yang diperlukan yaitu beban yang akan diangkat oleh motor. Beban tersebut meliputi beban mekanisme *clamp* dan beban dari *gas flow meter*. Berat dari mekanisme *clamp* diperoleh dari *software Solidworks* dengan cara memasukkan material pada komponen dan dihitung beratnya. Untuk berat dari *gas flow meter* diperoleh dari katalog.

Motor yang akan digunakan yaitu motor jenis NEMA 17.

Data yang diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Berat mekanisme clamp} = 20 \text{ kg}$$

$$\text{Berat gas flow meter} = 8 \text{ kg}$$

$$\text{Total berat} = 20 \text{ kg} + 8 \text{ kg} = 28 \text{ kg}$$

$$\text{Berat Counter Weight} = 20 \text{ kg}$$

$$\text{Selisih beban counter weight dan berat total} = 8 \text{ kg}$$

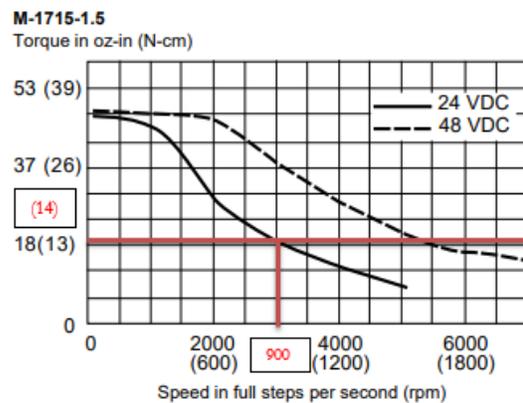
$$\text{Jari-jari pulley} = 17,5 \text{ mm}$$

Maka,

$$T = F \cdot R$$

$$T = 8 \text{ kg} \cdot 17,5 \text{ mm}$$

$$T = 140 \text{ kgmm} = 1400 \text{ Nmm} = 14 \text{ Ncm}$$



Gambar 4 Torque-speed performance NEMA 17

Dengan didapatnya Torsi sebesar 14 Ncm maka diperoleh putaran sebesar 900 rpm. Maka dapat disimpulkan bahwa motor NEMA 17 dapat digunakan.



Gambar 5 Motor NEMA17

3.3.2 Aspek Ergonomi

Aspek ergonomi merupakan salah satu aspek penting dalam perancangan. Ergonomi merupakan proses merancang atau mengatur tempat kerja, produk, dan

sistem sehingga cocok dan nyaman untuk pengguna. Dalam pembuatan alat uji kebocoran *gas flow meter* salah satu hal yang harus diperhatikan yaitu dimensi alat. Pada saat merancang harus memperhitungkan dimensi alat agar terlihat proposional. Salah satu cara untuk melakukan penilaian ergonomi yaitu menggunakan RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) dan REBA (*Rapid Entire Body Assessment*). RULA merupakan penilaian ergonomi untuk anggota badan bagian atas seperti lengan, leher, telapak tangan, dan yang lainnya. REBA merupakan penilaian untuk mengevaluasi resiko gangguan *musculoskeletal disorders* (MSD) terkait dengan pekerjaan tertentu [7]. Hasil dari RULA bernilai 2 dan REBA bernilai 3 dimana nilai tersebut menunjukkan bahwa gangguan yang terjadi adalah gangguan rendah (*low risk*).

3.3.3 Aspek Perawatan

Hal yang harus dilakukan dalam aspek perawatan dari alat uji kebocoran *gas flow meter* adalah rantai, *pulley*, *nozzle* udara tekan, dan *bearing*. Perawatan dilakukan secara berkala untuk menghindari kemungkinan kerusakan pada alat.

3.3.4 Aspek Keterbuatan

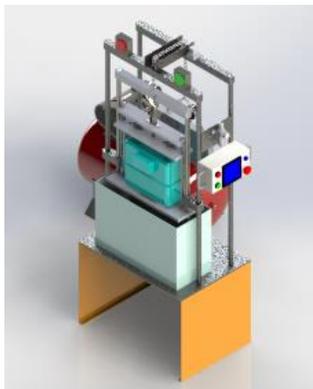
Pada proses perancangan juga mementingkan aspek keterbuatan. Pada tahap ini dijelaskan bagaimana komponen yang telah dirancang akan dibuat menggunakan beberapa proses seperti *milling*, *turning*, *drilling*, *cutting*, dan *bending*.

3.4 Hasil Document (Tahap Dokumen)

Tahapan ini meliputi model desain *assembly*, gambar *sub assembly*, gambar kerja, cara kerja dari alat, dan spesifikasi alat.

3.4.1 Model Assembly

Berikut merupakan model *assembly* dari alat uji kebocoran *gas flow meter*:



Gambar 6 Alat uji kebocoran *gas flow meter*

3.4.2 Sub Assembly

Berikut merupakan sub assembly dari alat uji kebocoran *gas flow meter*:

a. Sub Assembly Mekanisme Cekam

Berikut merupakan *sub assembly* dari mekanisme cekam:



Gambar 7 Sub Assy mekanisme cekam

b. Sub Assembly Rangka

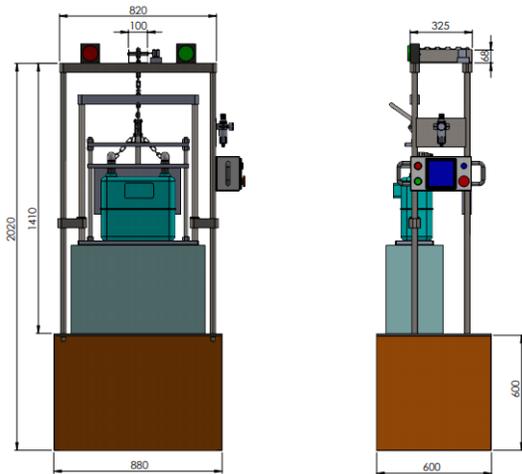
Berikut merupakan *sub assembly* dari rangka:



Gambar 8 Sub assy rangka

3.4.3 Dimensi dan ukuran

Berikut merupakan dimensi dan ukuran dari alat uji kebocoran *gas flow meter*:



Gambar 9 Dimensi dan ukuran

3.4.4 Cara kerja alat

Berikut merupakan cara kerja dari alat uji kebocoran *gas flow meter*:

- Posisikan *gas flow meter* pada mekanisme cekam
- Cekam *gas flow meter*
- Gas flow meter* diberikan tekanan sesuai dengan ukurannya
- Tekan tombol untuk menurunkan mekanisme cekam ke dalam bak air
- Jika terjadi kebocoran pada *gas flow meter* maka lampu berwarna merah akan menyala
- Setelah selesai waktu pengujian, maka lampu berwarna hijau akan menyala
- Tekan tombol untuk menarik mekanisme cekam dari bak air
- Selesai

3.4.5 Spesifikasi Alat

Berikut merupakan spesifikasi dari alat uji kebocoran *gas flow meter*:

- Nama mesin: Alat uji kebocoran *gas flow meter*
- Mesin dapat menguji *gas flow meter* tipe diafragma size G1.6 s.d G10
- Daya kompresor: 1 HP
- Kapasitas: 1 *gas low meter*/alat uji
- Dimensi: 2020x880x600 mm
- Mekanisme pengujian: diberi tekanan dan dicelupkan ke dalam air

4. PEMBAHASAN

Pada alat uji kebocoran *gas flow meter* terdapat perubahan yang terjadi yaitu ditambahkannya T *Bushing* dan rumah *bearing*. Penambahan tersebut dilakukan agar pada saat mekanisme cekam diangkat dan diturunkan tidak terjadi kemiringan

Prinsip kerja dari alat ini yaitu gaya putar dari motor akan disalurkan pada pin sprocket untuk menggerakkan rantai yang terhubung dengan mekanisme cekam, putaran tersebut akan menghasilkan gaya untuk menarik dan menurunkan mekanisme cekam yang berisikan *gas flow meter*. Selanjutnya *gas flow meter* akan diberi tekanan sesuai dengan ukurannya. Setelah diberikan tekanan maka *gas flow meter* akan diturunkan ke bak yang berisikan air. Bak berisi air berfungsi untuk memeriksa kebocoran pada *gas flow meter* yang ditandai dengan gelembung-gelembung udara yang muncul.

Gas flow meter dicekam menggunakan mekanisme cekam yang membutuhkan gaya tekan sebesar 4,7 kg.

Hasil rancangan menunjukkan bahwa *gas flow meter* tipe diafragma dengan ukuran G1.6 s.d G10 dapat diuji selama 30 detik didalam bak air dan dapat dioperasikan dengan mudah oleh satu orang dewasa sesuai dengan permintaan Direktorat Metrologi Bandung.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat yaitu telah dirancang alat uji kebocoran *gas flow meter* sesuai dengan standar dari Direktorat Metrologi Bandung. Fungsi alat tersebut yaitu untuk memeriksa kebocoran pada *gas flow meter* dengan cara memberikan tekanan sesuai dengan standar yang diberikan, lalu dimasukan kedalam bak yang berisikan air untuk memeriksa dimana letak kebocorannya.

Dimensi alat yaitu 2020 mm x 880 mm x 600 mm. satu alat dapat menguji satu *gas flow meter* tipe diafragma dengan ukuran G1.6 s.d G10.

Rancangan dari alat uji kebocoran *gas flow meter* sudah sesuai dengan daftar tuntutan yang dibuat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. ESDM, 2019. [Online]. Available: <https://petrotrainingasia.com/jargas-program-pemerintah-untuk-mengganti-ketertgantungan-gas-elpiji/>.
- [2] V. F. Thomas, 5 Maret 2019. [Online]. Available: <https://tirto.id/bph-migas-sebut-jaringan-pipa-gas-hemat-anggaran-hingga-rp18-miliar-dixg>.
- [3] D. Metrologi, 3 Oktober 2017. [Online]. Available: <http://ditjenpktn.kemendag.go.id/direktorat-metrologi/tugas-pokok-dan-fungsi-5>.
- [4] H. Ardianto, "Pembuatan Prototipe Simulasi Gas Orifice Menggunakan Arduino Uno dan Labview," *International Journal of Computer Application and Engineering Technology*, pp. 1-7, 2016.

- [5] U. Fischer, *Mechanical and Metal Trades Handbook*, 2nd penyunt., Verlag Europa-Lehrmittel, 2010.
- [6] R. N. Brown, *Compressors Selection and Sizing*, Third Edition penyunt., Elsevier Science & Technology Books, 2005.
- [7] M. Middlesworth, "ErgoPlus," [Online]. Available: <https://ergo-plus.com/reba-assessment-tool-guide/>.