

SPEKIFIKASI TEKNIS TABUNG ANG (*ADSORBED NATURAL GAS*) UNTUK SEKTOR RUMAH TANGGA

(*TECHNICAL SPEKIFICATIONS OF ANG (ADSORBED NATURAL GAS) TANK FOR HOUSEHOLD SEKTOR*)

Lusyana

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav.109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan
Telepon: +62-21-7394422, Fax.: +62-21-7246150

E-mail: lusyana@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 25 April 2018; Diterima setelah perbaikan tanggal 3 Juli 2018;
Disetujui terbit tanggal: 31 Agustus 2018

ABSTRAK

Perbedaan komponen utama yang terkandung dalam gas bumi dan LPG menyebabkan perbedaan densitas energi. Densitas gas bumi lebih kecil daripada LPG, sehingga diperlukan tabung yang berukuran besar dan tekanan yang sangat tinggi untuk menyimpan gas bumi. Saat ini teknologi ANG (*Adsorbed Natural Gas*) telah dikembangkan untuk menyimpan gas bumi pada tekanan rendah. Namun, aplikasi teknologi ANG untuk sektor rumah tangga masih belum komersial karena belum adanya spesifikasi teknis tabung ANG yang dapat menjadi acuan kualitas tabung. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menentukan desain dan spesifikasi teknis tabung ANG yang dapat diaplikasikan pada sektor rumah tangga. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembuatan purwarupa tabung ANG dan selanjutnya dilakukan pengujian berdasarkan standar. Dalam penentuan desain tabung ANG mengacu kepada tabung penyimpan gas yang telah banyak digunakan seperti CNG dan LPG. Dikarenakan penggunaan dan penanganan tabung LPG lebih mudah daripada CNG, maka desain tabung ANG dibuat mengikuti tabung LPG. Penentuan spesifikasi teknis tabung ANG diperoleh dari hasil pengujian tabung, dimana standar uji yang digunakan adalah UN ECE R110. Pemilihan UN ECE R110 sebagai standar pengujian tabung ANG disebabkan persyaratan yang tercantum di dalam standar tersebut lebih lengkap dan ketat. Standar UN ECE R110 pada umumnya digunakan untuk pengujian tabung tekanan tinggi seperti CNG, sehingga persyaratan ujiannya harus lebih ketat. Mengingat tekanan tabung ANG lebih besar daripada LPG, maka standar pengujianya pun harus ketat seperti tabung CNG. Dari hasil pengujian diperoleh bahwa tensile tabung 59,21 kg/mm², tabung tahan pada tekanan 90 bar selama 3 menit saat uji hidostatik, dan dari uji pecah terlihat tabung pecah pada tekanan 156 bar pada bagian bukan sambungan. Dengan demikian, dari hasil pengujian dapat ditentukan spesifikasi teknis tabung ANG yang sesuai persyaratan standar UN ECE R110, yaitu uji tarik lebih besar dari 41 kg/mm², uji hidrostatis harus tahan pada tekanan 1,5xMAOP, dan tekanan uji pecah 2,25xMAOP dimana tabung tidak pecah pada bagian sambungan.

Kata Kunci: ANG, gas bumi, tabung, standar, uji

ABSTRACT

The difference main components contained in natural gas and LPG lead to differences in energy density. The natural gas density is smaller than LPG, so it requires a large and very high pressure tank to store natural gas. Currently, the ANG (Adsorbed Natural Gas) technology has been developed to store natural gas at low pressure. However, the application of ANG technology for the household sector is still not commercial because there is no technical specification of ANG tank which can be a reference for its quality. Therefore, this study aims to determine

the design and technical specifications of ANG tank that can be applied to the household sector. The method used in this study is the manufacture of ANG tank prototypes and then tested according to the standard. In determining the design of ANG tank, it refers to gas storage tanks that have been widely used such as CNG and LPG. Since the utilisation and handling of LPG tank is easier than CNG, the design of ANG tank is made following LPG tank. The determination of technical specifications of ANG tank is obtained from the results of tank testing, where the test standard used is the UN ECE R110. The selection of the UN ECE R110 as a standard for ANG tank testing is due to its more complete and strict requirements. The UN ECE R110 standard is generally used for testing high pressure tanks such as CNG, so that the test requirements must be more stringent. Considering the pressure of the ANG tank is greater than LPG, the test standard must be as strict as a CNG tank. The test results shows that tensile 59.21 kg/mm², the tank resisted at a pressure of 90 bars for 3 minutes during the hydrostatic test, and the burst test indicates the tank brokes at a pressure of 156 bars on the part not the joint. Thus, the technical specifications of the ANG tank can be summarized from the test results according to the requirements of the UN ECE R110 standard, ie the tensile test is greater than 41 kg/mm², the hydrostatic test must withstand 1.5xMAOP pressure, and the test pressure breaks 2.25xMAOP where the tank do not break on the joint.

Keywords: ANG, natural gas, tank, standard, testing

I. PENDAHULUAN

Sebagai negara berkembang, sektor rumah tangga Indonesia sangat bergantung pada bahan bakar LPG. Bahkan permintaan terhadap LPG terus meningkat sejak dikeluarkannya program konversi minyak tanah ke LPG pada tahun 2008. *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia* mencatat konsumsi LPG meningkat hingga empat kali lipat pada tahun 2017. Akan tetapi, peningkatan konsumsi tersebut tidak disertai produksi LPG dalam negeri sehingga pemerintah harus melakukan impor untuk menutupi kebutuhan LPG domestik. Pada tahun 2015 tercatat Indonesia mengimpor 64% dari seluruh pasokan LPG (BPPT 2016). Mengingat harga LPG di pasaran masih disubsidi pemerintah, maka kenaikan kuota impor LPG telah membebani APBN. Untuk mengatasi permasalahan tersebut pemerintah kini menggalakkan penggunaan gas bumi sebagai energi alternatif pengganti LPG.

Secara karakteristik terdapat perbedaan antara gas bumi dan LPG dikarenakan senyawa gas yang dikandungnya. Gas bumi mengandung lebih dari 90% gas metana, sedangkan pada LPG komponen utamanya adalah gas propana dan butana. Perbedaan komponen yang terkandung menyebabkan perbedaan densitas energi. Densitas gas bumi lebih kecil daripada LPG, sehingga diperlukan tabung yang berukuran besar dan tekanan yang sangat tinggi seperti CNG (*Compressed Natural Gas*) yang bertekanan 200 bar (International Standard Organization 2013). Tekanan yang tinggi ini tentunya membuat tabung CNG tidak aman untuk diterapkan pada sektor rumah tangga. Oleh karena itu, saat ini telah dikembangkan teknologi yang dapat menyimpan gas bumi dalam tabung pada tekanan rendah. Teknologi penyimpanan

ini dikenal dengan tabung ANG (*Adsorbed Natural Gas*).

Teknologi ANG merupakan suatu sistem yang memungkinkan penyimpanan gas bumi dalam tabung pada temperatur kamar dan tekanan yang relatif rendah. Rendahnya tekanan tabung ANG disebabkan adanya bahan berpori yang dimasukkan ke dalam tabung sebagai media penyimpan gas bumi. Pada umumnya material berpori yang banyak dipakai untuk penyimpanan gas bumi adalah karbon aktif (Rahman 2011). Karbon aktif merupakan karbon atau arang yang telah diaktivasi sehingga memiliki luas permukaan yang besar (Badan Standardisasi Nasional 1995). Karbon aktif pada umumnya berbentuk butiran (*granular*) atau serbuk (*powder*).

Saat ini teknologi ANG lebih banyak diaplikasikan pada sektor transportasi dan menjadi teknologi yang lebih kompetitif dibandingkan CNG (California Energy Commission 2017). Namun, aplikasi teknologi ANG untuk sektor rumah tangga masih belum komersial. Hal ini disebabkan belum adanya spesifikasi teknis tabung ANG yang dapat menjadi acuan dalam pembuatan tabung. Spesifikasi teknis tabung ANG sangat diperlukan guna menjamin kualitas tabung agar faktor keselamatan pengguna tabung dapat terpenuhi. Oleh karena itu, studi ini bertujuan untuk menentukan desain dan spesifikasi teknis tabung ANG yang dapat diaplikasikan pada sektor rumah tangga melalui pembuatan dan pengujian tabung. Di dalam studi ini kegiatan dibatasi pada spesifikasi teknis tabung ANG saja dan tidak termasuk spesifikasi teknis dari karbon aktif yang tersimpan di dalam tabung.

Tinjauan Pustaka

Dalam sistem penyimpanan ANG, bahan bakar gas disimpan dalam tabung yang berisi adsorben. Sesuai dengan prinsip adsorpsi, bahan bakar gas sebagai adsorbat akan terperangkap dalam pori karbon aktif sebagai adsorben yang disebabkan oleh gaya tarik yang kuat pada bagian permukaan pori yang dikenal dengan gaya Van der Waals. Di dalam pori adsorben, molekul-molekul gas berada dalam jarak yang lebih dekat daripada saat berada di luar pori untuk kondisi tekanan dan temperatur yang sama, sehingga bahan bakar gas berubah menjadi *pseudo-liquid* atau hampir jenuh (Gambar 1). Melalui cara ini, gas bumi dapat disimpan dengan densitas energi yang lebih tinggi. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Zakaria dkk., tabung ANG dapat menyimpan gas dengan kapasitas yang sama dengan CNG pada tekanan 1/6 lebih rendah (Zakaria 2011).

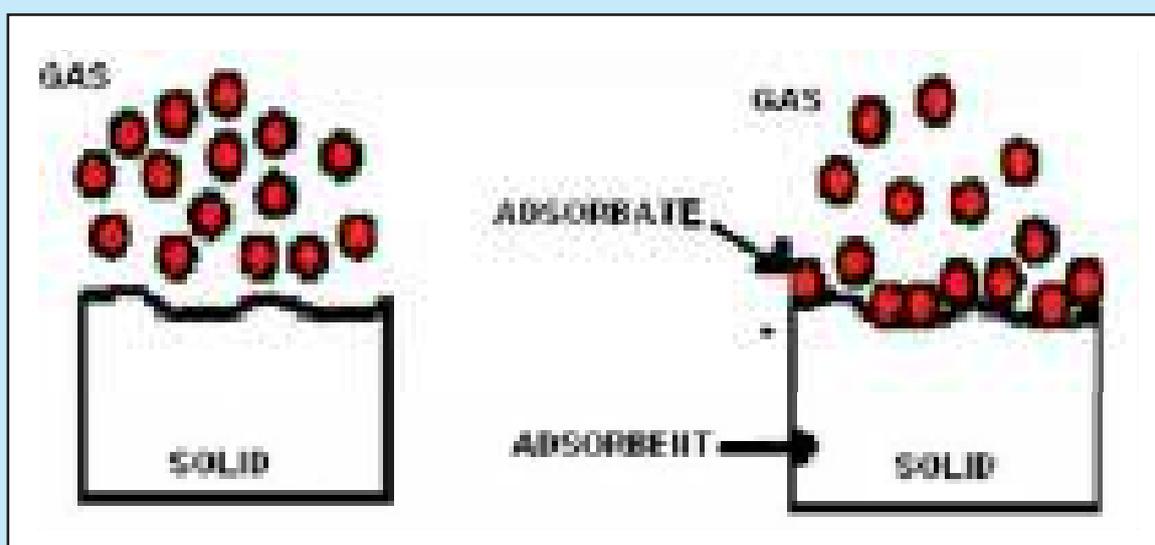
Kapasitas penyimpanan sistem ANG dinyatakan melalui perbandingan antara jumlah gas yang terserap dalam adsorben terhadap jumlah adsorben (v/v). Pada Gambar 2 terlihat secara jelas perbandingan kapasitas penyimpanan pada tabung ANG dan CNG. Pada tekanan yang sama tabung ANG dapat menyimpan gas lebih banyak daripada CNG dan sebaliknya pada kapasitas penyimpanan yang sama tekanan tabung ANG lebih rendah daripada CNG. Secara teori, jumlah gas yang dapat tersimpan dalam tabung ANG pada tekanan 35 bar dapat lebih dari 210v/v (Usama Mohamed Nour 2009). Akan tetapi, hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Departemen Energi USA

(DOE) diperoleh kapasitas penyimpanan hanya mencapai 150 v/v (Rogers 2000). Nilai tersebut masih di bawah densitas energi CNG, sehingga DOE menetapkan target kapasitas penyimpanan 263 v/v pada tekanan 35 bar guna mendapatkan kepadatan energi yang lebih besar dari CNG (Zhengwei NIE 2016).

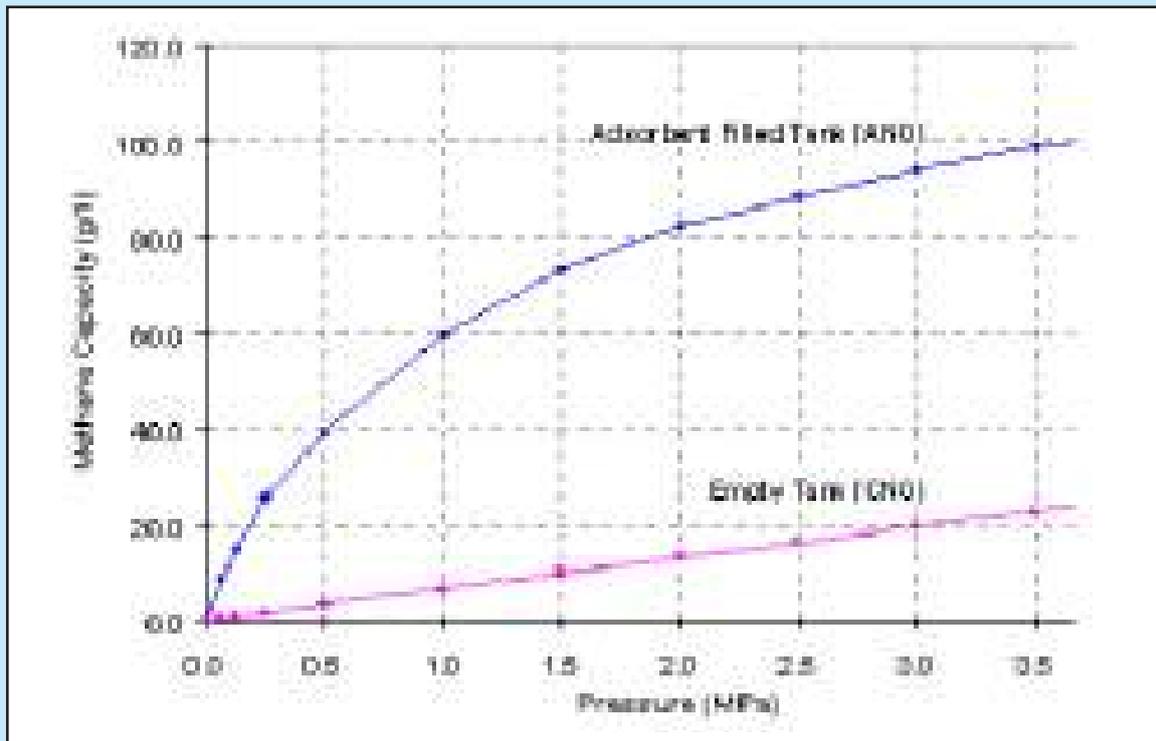
II. METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian diawali dengan melakukan kajian literatur guna mengumpulkan informasi dan data yang terkait dengan dimensi dan desain tabung. Kajian desain tabung dilakukan dengan mengacu kepada desain tabung yang sudah umum, yaitu LPG dan CNG. Disamping itu standar yang digunakan untuk pengujian tabung juga harus dikaji. Hal ini dibutuhkan untuk menentukan metode dan persyaratan lolos uji yang akan diterapkan dalam pengujian kualitas tabung ANG.

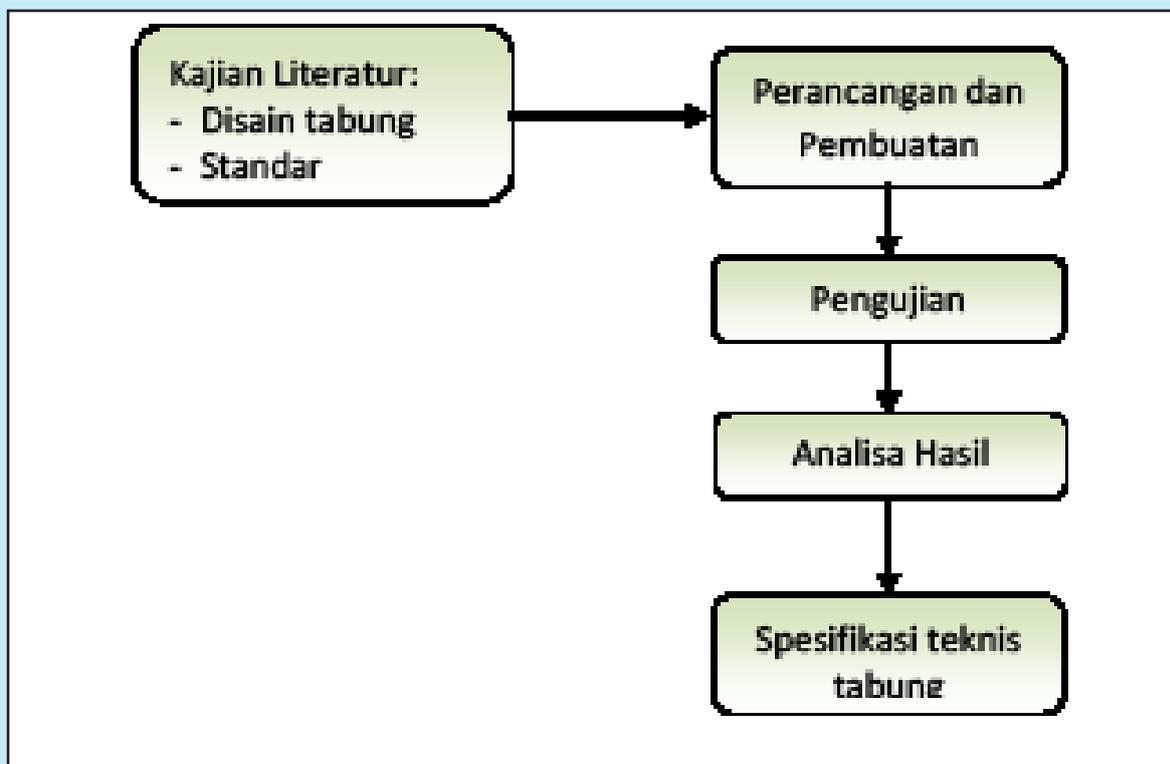
Tahap selanjutnya adalah perancangan dan pembuatan tabung berdasarkan hasil kajian literatur yang telah dilakukan sebelumnya. Jumlah tabung yang dibuat sebanyak 20 buah. Seluruh tabung digunakan untuk pengujian berdasarkan standar acuan yang telah dikaji sebelumnya. Hasil pengujian tabung kemudian dianalisa untuk menentukan tabung lulus uji atau tidak. Tabung yang telah lulus uji menjadi purwarupa dalam penyusunan spesifikasi teknis tabung ANG untuk sektor rumah tangga. Alur penelitian secara keseluruhan ditampilkan pada Gambar 3.



Gambar 1
Proses adsorpsi gas pada permukaan padatan (Solar et al.).



Gambar 2
Kapasitas penyimpanan tabung ANG dan CNG.



Gambar 3
Diagram alir penelitian.

III. HASIL DAN DISKUSI

Pada bagian ini dipaparkan secara detail tentang hasil kajian disain tabung, standar pengujian yang digunakan serta hasil pengujian tabung ANG.

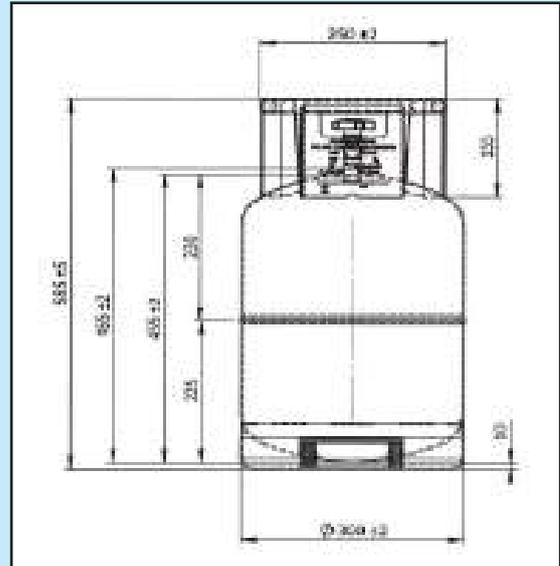
A. Disain Tabung

Disain dan dimensi tabung dibuat sedekat mungkin menyerupai tabung LPG eksisting sebab tabung ANG diperuntukkan untuk substitusi LPG. Hal ini bertujuan agar pada saat implementasi masyarakat tidak mengalami kesulitan untuk beradaptasi. Selain itu, tinggi tabung ANG pun menjadi pertimbangan dalam disain karena berkaitan dengan ruang penyimpanan di dapur dimana selama ini pengguna telah menyediakan ruangan untuk tabung LPG, sehingga tinggi tabung ANG perlu disesuaikan dengan keadaan dapur rumah tangga Indonesia pada umumnya.

Kandungan energi ANG yang lebih rendah daripada LPG juga menjadi faktor pertimbangan. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa ANG mengandung gas metana sedangkan LPG komponen terbesarnya propane dan butane. Oleh karena itu, untuk mendapatkan densitas energi yang lebih besar tabung ANG dibuat menyerupai tabung LPG ukuran 12kg dan tekanan operasi mencapai 40 bar (LEMIGAS-PGN, 2015). Tabel 1 memperlihatkan perbandingan karakteristik tabung LPG 3kg dan ANG. Tabel 1 memperlihatkan perbandingan karakteristik tabung LPG 3kg dan ANG.

Dikarenakan tekanannya yang relatif besar maka tabung ANG dilengkapi dengan katup (*valve*) yang berfungsi untuk mencegah isi tabung keluar tak terkendali akibat perbedaan tekanan. Dalam kondisi sedang tidak digunakan valve akan menutup aliran gas dan membuka ketika ditekan oleh regulator. Adapun dimensi dan disain tabung ANG secara detail ditampilkan pada Gambar 4.

Tidak hanya keamanan dan keselamatan pengguna, faktor kenyamanan juga menjadi



Gambar 4
Dimensi tabung ANG.



Gambar 5
Bagian tabung ANG.

Tabel 1
Perbandingan LPG dan ANG

| | LPG | ANG |
|-----------------|--------------------|----------------------|
| Kandungan gas | Propana dan butana | Metana |
| Fasa | Likuid | <i>Pseudo-liquid</i> |
| Tekanan operasi | 7-8 bar | 40 bar |

parameter yang menjadi perhatian. Dikarenakan adanya adsorben dalam tabung, maka massa tabung ANG menjadi lebih berat daripada tabung LPG yang sudah ada. Oleh karena itu, guna mengantisipasi permasalahan tersebut pada bagian bawah tabung ANG diberi roda bearing seperti yang terlihat pada Gambar 5. Dengan adanya roda bearing pada bagian bawah tabung maka pengguna menjadi lebih mudah saat memindahkannya yaitu dengan cara menarik maupun mendorongnya.

B. Standar Pengujian

Di dalam melakukan pengujian tabung dibutuhkan standar yang digunakan sebagai acuan agar faktor keselamatan dan jaminan mutu dapat terpenuhi.

Melihat karakteristik gas ANG, terutama dari sisi tekanan operasinya, tekanan tabung ANG berada di antara tabung LPG dan CNG. Untuk tabung baja LPG seluruh persyaratan teknis pada umumnya mengacu kepada SNI 1452:2011 (Badan Standardisasi Nasional, 2011), sedangkan tabung CNG secara internasional telah di atur dalam standar UN ECE R110. Dibandingkan dengan SNI 1452:2011, persyaratan yang diatur dalam UN ECE R110 lebih lengkap karena tidak hanya mencakup aspek teknis tabungnya saja tetapi juga termasuk komponen/aksesoris lain yang terhubung dengan tabung. Pada Tabel 2 berikut terlihat perbandingan kedua standar tersebut.

Tabel 2
Perbandingan standar SNI 1452:2011 dan UN ECE R110

| Required Item | SNI 1452:2011 | ISO 11439 |
|---|---------------|-----------|
| OPERATING CONDITION | | |
| - Design Pressure | √ | √ |
| - Temperature | | √ |
| - Capacity | √ | |
| SPECIFICATION | | |
| - Material | √ | √ |
| - Wall Thickness | √ | √ |
| MATERIAL DESIGN QUALIFICATION TEST | | |
| - Tensile Test | √ | √ |
| - Bend Test | √ | √ |
| - Impact Test | | √ |
| - Sulfide Stress Cracking | | √ |
| - Fracture Mechanic | | √ |
| CYLINDER INSPECTION AND TEST | | |
| - Visual | √ | √ |
| - Radiography | √ | |
| - Ultrasonic | | √ |
| - Tensile Test | | √ |
| - Coating Test | √ | √ |
| - Pressure Cycling Test | | √ |
| - Burst Test | | √ |
| - Hydrostatic Test | √ | √ |
| CYLINDER DESIGN QUALIFICATION TEST | | |
| - Hydrostatic pressure burst test | √ | √ |
| - Ambient temperature pressure cycling test | | √ |
| - Bonfire test | | √ |

Keterangan √ = diatur

Berdasarkan perbandingan di atas terlihat bahwa UN ECE R110 lebih banyak mencantumkan persyaratan dari sisi pengujian guna menjamin kekuatan dan reliabilitas (United Nations, 2011). Dengan demikian, standar UN ECE R110 dipilih sebagai acuan dalam melakukan pengujian terhadap tabung ANG dengan penyesuaian terhadap kondisi operasi.

C. Hasil uji tabung

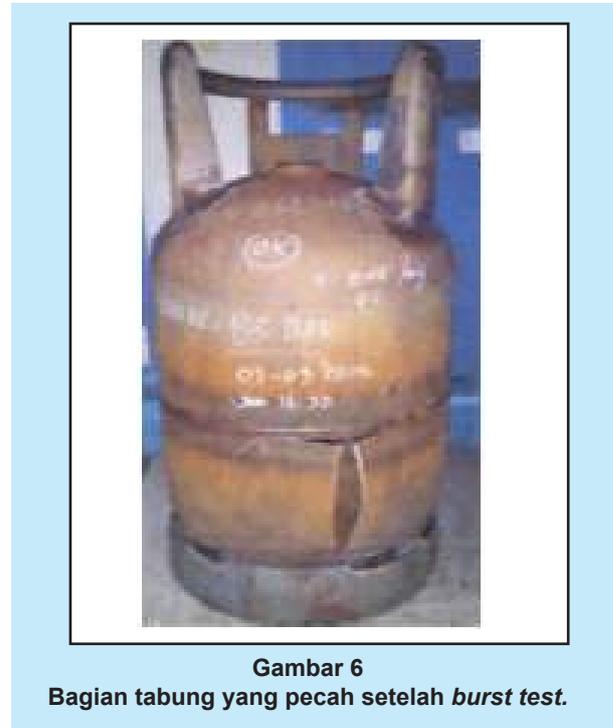
Dari berbagai persyaratan yang tercantum dalam UN ECE R110, tidak semua pengujian dapat dilakukan pada tabung ANG karena belum ada laboratorium di Indonesia yang mumpuni untuk pengujian tersebut seperti uji pecah (*burst test*), uji bakar (*bonfire test*), uji tembak (*penetration test*), dan uji siklus tekanan (*pressure cycling test*). Saat ini pengujian yang dilakukan untuk tabung ANG hanya pengujian dasar saja, yaitu uji tarik, hidrostatik, dan pecah. Hasil uji dari pengujian dasar tersebut adalah sebagai berikut:

- Uji tarik (*tensile test*)

Berdasarkan UN ECE R110 keberterimaan uji tarik (*tensile*) harus lebih besar atau sama dengan 41 kg/mm². Dari dua kali pengujian diperoleh hasil berturut-turut 59.21 kg/mm² dan 55.63 kg/mm². Dengan demikian, tabung ANG dinyatakan lulus uji

- Uji hidrostatik (*hydrostatic test*):

Persyaratan lulus uji pada pengujian hidrostatik adalah tabung ANG tahan pada tekanan 1,5xMAOP (*Maximum Allowable Operating Pressure*). Dikarenakan MAOP tabung ANG adalah 52 bar, maka tekanan uji hidrostatik



Gambar 6
Bagian tabung yang pecah setelah *burst test*.

Tabel 3
Hasil uji hidrostatik tabung ANG

| No | Material | Media Uji | Tekanan Lolos Uji | Hasil Uji |
|----|----------|---------------|-------------------|-----------|
| 1 | SG 295 | Air dan Angin | 117 | 154 |
| 2 | SG 295 | Air dan Angin | 117 | 158 |
| 3 | SG 295 | Air dan Angin | 117 | 155 |

Tabel 4
Spesifikasi teknis tabung ANG

| No | Parameter | Persyaratan |
|----|-----------------|--|
| 1 | Disain | - Dimensi sama dengan tabung LPG 12 kg - Tekanan operasi 40 barg - Maximum Allowable Operating Pressure (MAOP) 52 barg |
| 1 | Uji Tarik | lebih besar dari 41 kg/mm ² |
| 2 | Uji Hidrostatik | Tekanan 1,5 x MAOP Tidak terjadi ekspansi volume |
| 3 | Uji Pecah | Tekanan 2,25 x MAOP Tidak pecah pada sambungan |

sebesar 78 bar. Dari satu kali pengujian diperoleh tabung ANG tahan pada tekanan 90 bar selama 3 menit. Kondisi tabung ANG setelah diuji juga tidak mengalami perubahan bentuk, volume, dimensi dan tidak bocor ketika diuji ulang.

- Uji pecah (*burst test*)

Burst test adalah tekanan yang dapat dicapai untuk membuat tabung pecah. Pada Standar UN ECE R110 disyaratkan tekanan burst test tabung sebesar $2,25 \times \text{MAOP}$. Dikarenakan MAOP tabung ANG adalah 52 bar, maka tekanan burst test tabung ANG harus lebih dari 117 bar dan pecah tidak pada bagian sambungan agar dapat dinyatakan lulus uji.

Dari 3 kali pengujian diperoleh hasil bahwa tabung ANG pecah pada tekanan 156 bar (lihat Tabel-3). Hasil pemeriksaan secara visual juga memperlihatkan tabung tidak pecah pada bagian sambungan melainkan pada bagian vertical dinding tabung seperti yang terlihat pada Gambar 6. Hal ini berarti tekanan pecah tabung ANG sudah melebihi tekanan yang disyaratkan sehingga dinyatakan lolos uji.

Dari hasil kajian disain dan pengujian yang telah dipaparkan diatas dapat dirangkum spesifikasi teknis tabung ANG yang dipersyaratkan seperti yang terlihat dalam Tabel 4. Spesifikasi teknis ini nantinya digunakan sebagai acuan untuk mengkomersialkan tabung ANG di sektor rumah tangga.

IV. KESIMPULAN

Tabung ANG didisain mengikuti bentuk tabung LPG karena lebih mudah dalam penggunaan dan penanganannya. Namun, standar yang digunakan untuk pengujian tabung mengikuti standar pengujian tabung CNG, yaitu UNECE R110. Hal ini disebabkan standar UN ECE R110 lebih lengkap dan ketat. Dari hasil uji diperoleh bahwa tabung ANG telah memenuhi persyaratan yang tercantum di dalam standar UN ECE R110 dengan hasil sebagai berikut: uji tensile tabung sebesar $59,21 \text{ kg/mm}^2$, uji hidrostatis memperlihatkan tabung tahan pada tekanan 90 bar selama 3 menit, dan dari uji pecah terlihat tabung pecah pada tekanan 156 bar pada bagian bukan sambungan. Dengan demikian, spesifikasi teknis tabung ANG dapat mengacu standar UN ECE R110, yaitu uji tarik lebih besar dari 41 kg/mm^2 , uji hidrostatis harus tahan pada tekanan $1,5 \times \text{MAOP}$, dan tekanan uji pecah $2,25 \times \text{MAOP}$ dimana tabung tidak pecah pada bagian sambungan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam pelaksanaan kegiatan ini, kami telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak, manajemen PPPTMGB "LEMIGAS", teman sejawat yang telah bersama-sama melaksanakan penelitian, serta tim dari PT. PGN dan PT. WIKA yang turut serta di dalam pembuatan purwarupa tabung. Untuk itu kami menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam kegiatan penelitian ini sehingga mendapat kelancaran dalam pencapaiannya.

KEPUSTAKAAN

- Badan Standardisasi Nasional.** (1995). Arang Aktif Teknis. Jakarta: SNI 06-3730-1995.
- Badan Standardisasi Nasional.** (2011). Tabung Baja LPG. Jakarta.
- BPPT.** (2016). Outlook Energy Indonesia 2016. Jakarta: Perpustakaan Nasional RI: Katalog Dalam Terbitan (KDT).
- California Energy Commission.** (2017). Adsorbed Natural Gas On-Board Storage for Light-Duty Vehicles. California.
- International Standard Organization.** (2013). High pressure cylinders for the on-board storage of natural gas as a fuel for automotive vehicles.
- LEMIGAS-PGN.** (2015). Optimalisasi Sistem Tabung Adsorbed Natural Gas (ANG). Jakarta.
- Rahman, K. A.** (2011). Experimental and Theoretical Studies on Adsorbed Natural Gas Storage System Using Activated Carbons. Singapore: National University of Singapore.
- Rogers, T. B.** (2000). Low Pressure Storage of Natural Gas for Vehicular Applications. Washington: SAE Technical Paper Series.
- Solar et al, C.** (n.d.). Adsorption of methane in porous materials as the basis for the storage of natural gas. www.intechopen.com.
- United Nations.** (2011). Economic Commission for Europe of the United Nations. Official Journal of the European Union.
- Usama Mohamed Nour, A. M.** (2009). Enhanced Discharge of ANG Storage For Vehicle Use. International Journal of Engineering & Technology IJET-IJENS Vol:9 No:09, 6-10.
- Zakaria, T. G.** (2011). The Performance of Commercial Activated Carbon Adsorbent for Adsorbed Natural Gas Storage. IJRRAS 9, 225-230.
- Zhengwei NIE, Y. L.** (2016). Research on the theory and application of adsorbed natural gas used in new energy vehicles: A review. Frontiers of Mechanical Engineering, Volume 11, Issue 3, pp 258–274.