

Penggunaan Adsorben Penyimpanan Bahan Bakar Gas untuk Pengembangan Kota Gas di Indonesia

Oleh: **Yusep K Caryana**

Peneliti Muda pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230

Tromol Pos : 6022/KBYB-Jakarta 12120, Telepon : 62-21-7394422, Faksimile : 62-21-7246150

Teregistrasi I tanggal 28 Oktober 2009; Diterima setelah perbaikan tanggal 16 Nopember 2009

Disetujui terbit tanggal: 30 April 2010

S A R I

Pengembangan kota gas yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi melalui program pembangunan jaringan pipa gas bumi untuk rumah tangga hanya dapat dilaksanakan untuk kota-kota atau daerah yang dekat dengan sumber gas bumi. Sedangkan pengembangan kota gas di kota-kota yang tidak memiliki jaringan pipa transmisi dan distribusi gas bumi dapat dipertimbangkan dengan menggunakan tabung adsorben penyimpanan Bahan Bakar Gas sektor rumah tangga, dengan bahan karbon aktif yang optimal sekitar 18,5 kg (dengan massa jenis adsorben 2,5 g/cm³) akan mampu menyimpan Bahan Bakar Gas sekitar 4,15 m³ atau setara dengan 3,0 kg LPG (bersubsidi) pada tekanan kerja 15 Bar .

Kata kunci: adsorben gas bumi sektor rumah tangga, gas city development.

ABSTRACT

Gas city development which is being done by the Directorate General of Oil and Gas via residential gas distribution networks construction can only be properly implemented in various cities having existing gas transmission and/or distribution network. Whilst residential gas development in other cities can be considered to use adsorbent made of 18,5 kg carbon active based adsorbent (with 2,5 g/cm³ density) having about 4,15 m³ storage capacity or equivalent to 3,0 kg subsidized LPG for 15 Bar working pressure.

Key words: residential adsorbed natural gas, gas city development.

I. PENDAHULUAN

Upaya Pemerintah untuk mengurangi subsidi BBM secara bertahap merupakan langkah yang harus diambil, sehingga beban subsidi bisa dialihkan untuk memenuhi kebutuhan pokok masyarakat yang lain seperti untuk pendidikan dan kesehatan. Pengurangan subsidi dapat dilaksanakan melalui:

- Program konversi minyak tanah ke LPG yang sedang berjalan sejak tahun 2005.
- Program konversi minyak tanah ke gas bumi (sebagai program komplementer konversi minyak tanah ke LPG untuk percepatan pengurangan penggunaan minyak bumi).

Sebagaimana diketahui bahwa gas bumi, dengan kondisi cadangan saat ini, diperkirakan cukup untuk

dipergunakan selama 60 tahun ke depan (Pidato Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral dan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi pada Peresmian Kota Gas di Palembang). Sementara peluang gas bumi semakin baik, dan sejalan dengan amanat Undang-Undang Minyak dan Gas Bumi Nomor 22 tahun 2001 diupayakan untuk peningkatan pemanfaatan gas bumi dalam negeri seoptimal mungkin. Maka Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi menyelenggarakan Program Pembangunan Jaringan Gas Bumi Untuk Rumah Tangga.

Pembangunan Jaringan Gas Bumi Untuk Rumah Tangga merupakan salah satu program prioritas nasional melalui Peraturan Presiden Nomor 18 tahun 2007 tentang Rencana Kerja Pemerintah tahun 2008, yang diantaranya memuat upaya percepatan

pembangunan infrastruktur dan peningkatan pengelolaan energi yang dalam hal ini adalah pembangunan jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga yang harus dilaksanakan oleh Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral c.q. Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi (DJMIGAS) dengan sumber pembiayaan berasal dari Anggaran Pendapatan dan Belanja Negara (APBN).

Program Pembangunan Jaringan Gas Bumi Untuk Rumah Tangga ini dapat dilaksanakan untuk kota-kota atau daerah yang dekat dengan sumber gas bumi terutama diprioritaskan bagi yang telah ada jaringan pipa transmisi gas bumi, karena akan meringankan pembiayaan yang berasal dari APBN. Program ini bertujuan untuk :

- Diversifikasi Energi
- Pengurangan Ketergantungan Terhadap Minyak Bumi
- Pengurangan Subsidi
- Penyediaan Bahan Bakar Yang Murah, Bersih Dan Aman Bagi Masyarakat.

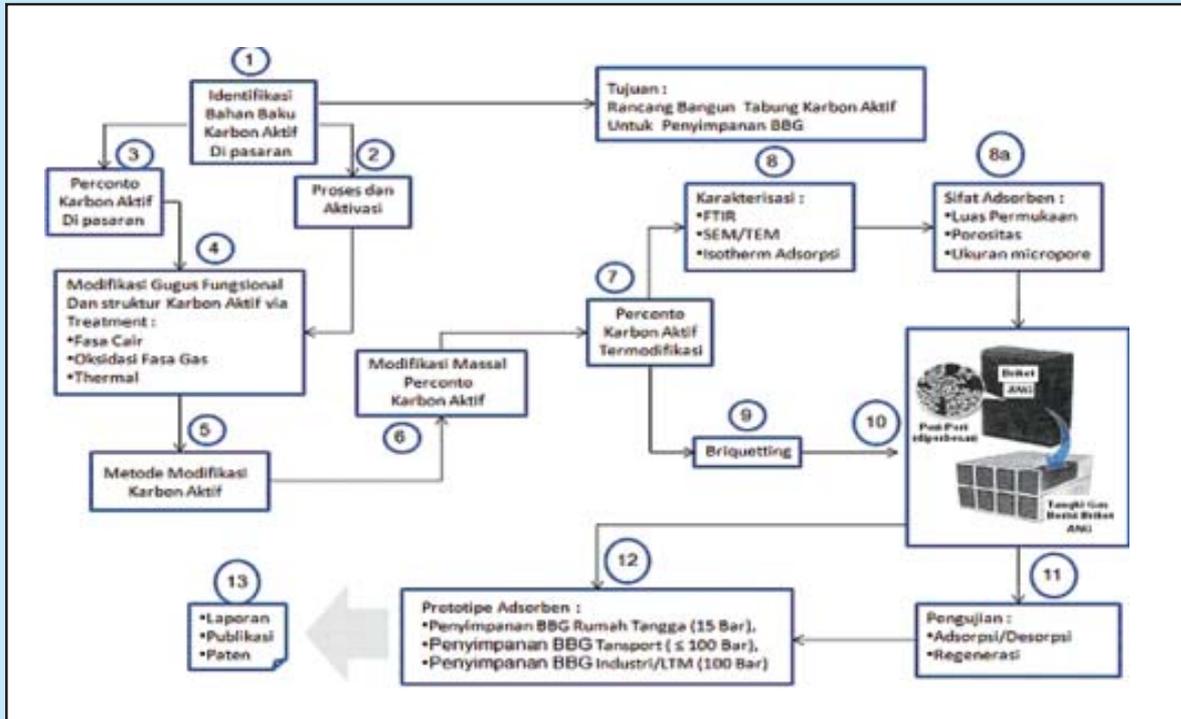
Pelaksanaan program pembangunan jaringan distribusi gas bumi ini juga memerlukan dukungan penuh dari Pemerintah Daerah dan instansi-instansi lain terkait untuk tetap berkoordinasi dan memberikan informasi se jelas-jelasnya khususnya bagi masyarakat setempat yang akan menggunakan energi gas bumi.

II. METODOLOGI PENGEMBANGAN TABUNG ADSORBEN PENYIMPANAN BAHAN BAKAR GAS DI PPPTMGB “LEMIGAS”

Metodologi pengembangan tabung adsorben penyimpanan Bahan Bakar Gas (BBG) di PPPTMGB “LEMIGAS” tercantum pada Gambar 1. Langkah pelaksanaan pengembangan tabung adsorben penyimpanan BBG adalah sebagai berikut:

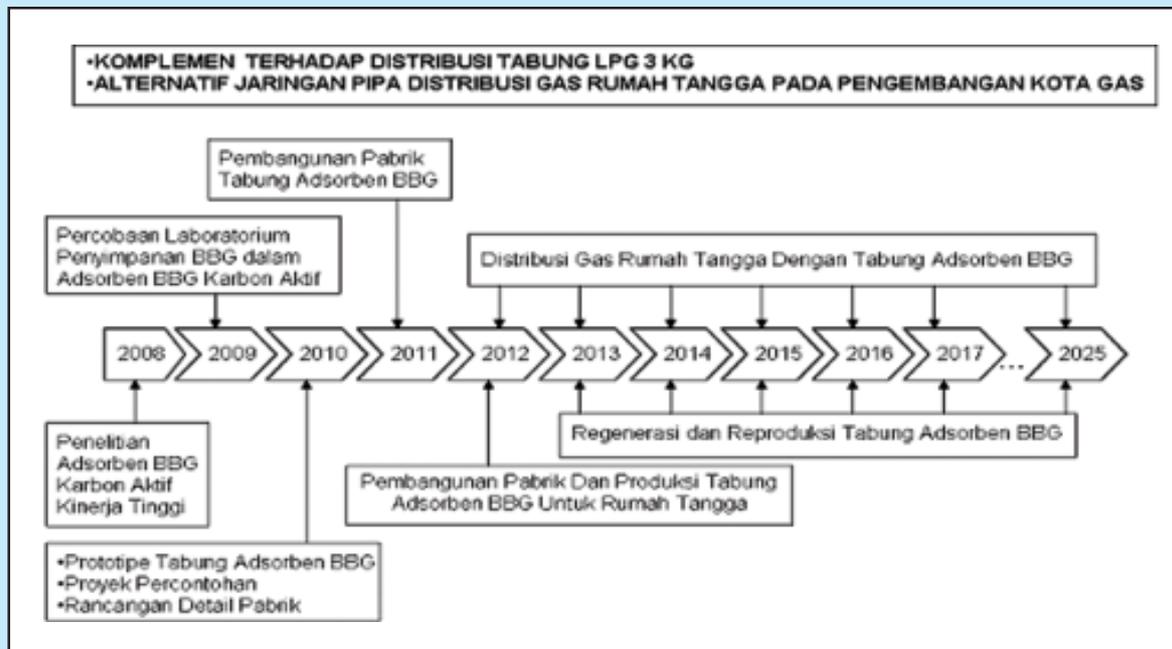
1. Identifikasi bahan baku karbon aktif di pasaran. Identifikasi ini difokuskan pada bahan dasar karbon aktif dari sabut kelapa karena berdasarkan data Departemen Pertanian menunjukkan bahwa Indonesia adalah negara penghasil karbon aktif sabut kelapa sekitar 3,3 juta ton per tahun. Dengan demikian, bahan dasar adsorben karbon aktif penyimpanan BBG sangat berlimpah di Indonesia dengan harga rata-rata di pasaran sekitar Rp. 6500 per Kg.

2. Untuk bahan baku karbon aktif di pasaran yang masih mentah maka perlu dilakukan pekerjaan pemrosesan dan aktivasi.
3. Jika bahan baku karbon aktif di pasaran sudah mengalami proses dan aktivasi maka langsung dilakukan penyiapan percontohan karbon aktif.
4. Modifikasi gugus fungsional dan struktur melalui *treatment* oksidasi fase gas, fase cair dan termal dilakukan terhadap percontohan karbon aktif.
5. Dari berbagai percobaan modifikasi karbon aktif, akan diketahui metode modifikasi karbon aktif yang tepat agar karbon aktif dapat memenuhi syarat untuk digunakan sebagai media penyimpanan BBG.
6. Selanjutnya dilakukan modifikasi percontohan karbon aktif secara massal.
7. Didapat percontohan karbon aktif yang sudah termodifikasi dengan jumlah yang cukup besar untuk berbagai percobaan selanjutnya.
8. Penelitian karakterisasi karbon aktif melalui pengujian FTIR, SEM dan Adsorpsi Isotermal dengan parameter meliputi luas permukaan, porositas dan struktur mikropori karbon aktif termodifikasi.
9. Dilakukan *briquetting*, yaitu proses cetak-tekan terhadap percontohan karbon aktif termodifikasi berdasarkan karakter percontohan karbon aktif yang telah diketahui melalui percobaan sebelumnya.
10. Didapat prototipe tabung adsorben penyimpanan BBG.
11. Dilakukan pengujian adsorpsi, desorpsi dan regenerasi terhadap prototipe tabung adsorben penyimpanan BBG.
12. Didapat prototipe tabung adsorben penyimpanan BBG :
 - Tabung adsorben penyimpanan BBG untuk rumah tangga dengan tekanan kerja diset maksimum 15 Bar.
 - Tabung adsorben penyimpanan BBG sektor Transportasi dengan tekanan kerja maksimum 100 Bar. Dengan penyesuaian dimensi dan ukurannya, untuk kendaraan roda empat, roda tiga dan sepeda motor.
 - Tabung adsorben Penyimpanan BBG Industri dengan tekanan kerja 100 Bar sesuai *ISO Standard* 11439-2000.



Gambar 1

Metodologi Pengembangan Tabung Adsorben Penyimpanan Bahan Bakar Gas Di PPPTMGB “LEMIGAS”



Gambar 2

Garis besar rencana penelitian dan pengembangan tabung adsorben penyimpanan BGG Sektor rumah tangga

III. GARIS BESAR RENCANA PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN TABUNG ADSORBEN PENYIMPANAN BAHAN BAKAR GAS DI PPPTMGB “LEMIGAS”

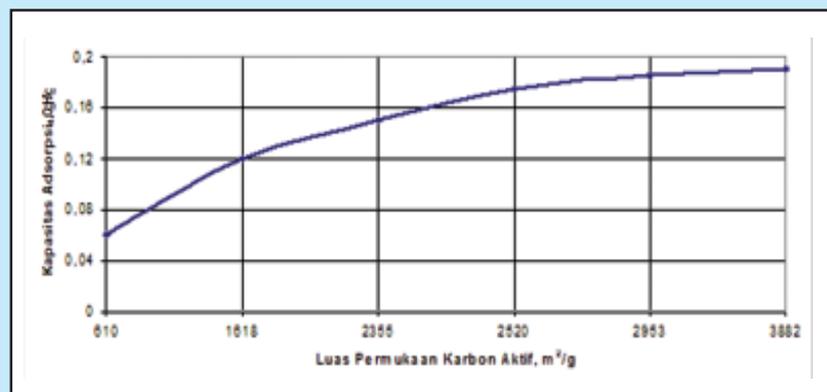
Tata waktu serta kegiatan penelitian dan pengembangan tabung adsorben penyimpanan BBG Di PPPTMGB “LEMIGAS” tercantum pada Gambar 2. Pada tahun 2008, dilakukan kajian literatur parameter dominan dari karbon aktif kinerja tinggi untuk penyimpanan BBG yang meliputi luas permukaan, struktur mikropori, massa jenis dan *compressive strength*. Pada tahun 2009, dilakukan modifikasi gugus fungsional dan struktur mikro karbon aktif di pasaran guna mendapatkan karakteristik karbon aktif untuk penyimpanan BBG. Pada tahun ini diperoleh percontoh karbon aktif hasil modifikasi beserta karakteristiknya dan pengujian adsorpsi/desorpsi serta regenerasi.

Pada tahun 2010 akan dilakukan perbaikan terhadap hasil penelitian di tahun 2009 yaitu memperbaiki karakteristik karbon aktif terutama luas permukaan supaya bisa optimal digunakan sebagai media penyimpanan dan distribusi BBG sektor rumah tangga dilengkapi dengan prototipe tabung adsorben BBG sektor rumah tangga sebagai keluaran dari produksi tabung adsorben penyimpanan BBG skala laboratorium.

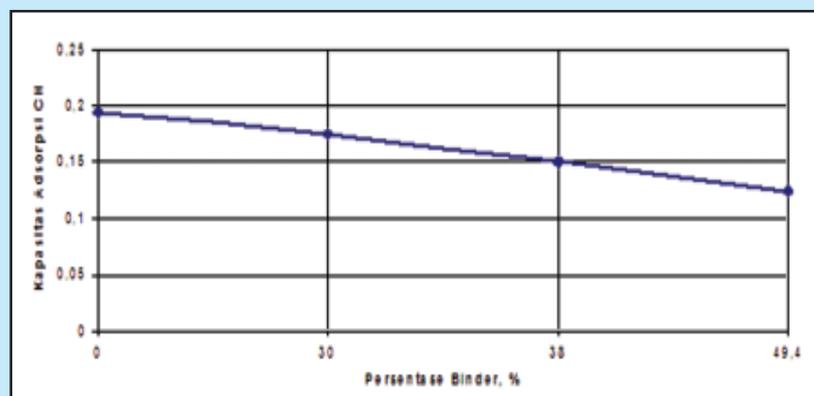
Pada tahun 2011 direncanakan untuk memproduksi dan mengimplementasikan tabung adsorben BBG sektor rumah tangga skala proyek percontohan. Sejalan dengan proyek ini, dilakukan juga penyusunan FEED dan DEDC dari pabrik adsorben penyimpanan BBG. Jika segala sesuatunya memungkinkan, pembangunan

Tabel 2
Hasil Sementara Modifikasi Karbon Aktif di Pasaran

No	Kode Karbon	Nitrogen Sorption		
		BET, m ² /g	Total volume pori, cm ³ /g	Volume Mikropori cm ³ /g
1	CKA -1	1014.77	0.659	0.437
2	CKA -2	1028.19	0.615	0.441
3	CKA -3	1141.24	0.681	0.452
4	CKA -4	1087.51	0.632	0.491
5	CKA -5	1215.08	0.741	0.478



Gambar 3
Hubungan kapasitas adsorpsi CH₄ dengan luas permukaan karbon aktif¹¹



Gambar 4
Penurunan kapasitas adsorpsi CH₄ akibat penambahan binder¹¹

pabrik, produksi dan implementasi penggunaan tabung adsorben penyimpanan BBG sektor rumah tangga dapat dilaksanakan mulai tahun 2012.

IV. ANALISIS HASIL MODIFIKASI KARBON AKTIF DI PASARAN

Modifikasi gugus fungsional dan struktur mikropori terhadap beberapa percontoh karbon aktif di pasaran telah dilakukan dengan hasil sebagaimana tercantum pada Tabel 2. Modifikasi dilakukan dengan metode *Heat Treatment* dan Oksidasi Parsial. Karbon aktif termodifikasi selanjutnya diuji dengan metode *Nitrogen Sorption*. Hasil modifikasi menunjukkan luas permukaan BET berkisar dari 1014 m²/g sampai dengan 1215 m²/g. Sedangkan volume mikropori berkisar dari 0,437 cm³/g sampai dengan 0,491 cm³/g.

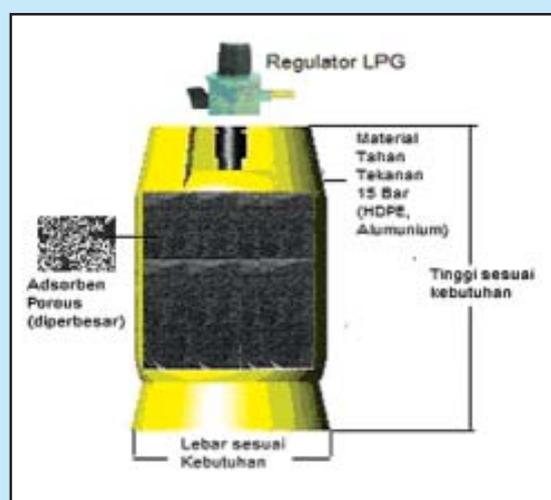
Kapasitas penyimpanan BBG dalam karbon aktif terutama tergantung dari tekanan kerja, porositas mikropori dan luas permukaan karbon aktif. Pada tekanan kerja 15 Bar, hasil riset berbagai lembaga penelitian di dunia untuk produk karbon aktif yang dibuat khusus untuk tujuan penyimpanan BBG terlihat pada Gambar 3.¹¹ Luas permukaan karbon aktif dunia berkisar dari 610 m²/g sampai dengan 3882 m²/g. Sedangkan kapasitas adsorpsi BBG (terutama CH₄) pada tekanan kerja 15 Bar berkisar antara 0,06 g/g sampai dengan 0,19 g/g. Berdasarkan Tabel 2, modifikasi beberapa percontoh karbon aktif yang beredar di pasaran di Indonesia, terutama DKI Jakarta, akan menghasilkan karbon aktif termodifikasi dengan luas permukaan sekitar 1015 m²/g sampai 1215 m²/g dengan kapasitas adsorpsi BBG berkisar antara 0,09 g/g – 0,10 g/g.

Untuk membuat tabung adsorben penyimpanan BBG, maka diperlukan semacam zat perekat (*binder*) supaya karbon aktif dapat dicetak- tekan membentuk kemasan adsorben penyimpanan BBG. Penambahan zat perekat ini akan menurunkan kapasitas penyimpanan BBG dari karbon aktif. Sebagaimana terlihat pada Gambar 4, penambahan zat perekat akan menurunkan kapasitas penyimpanan BBG sekitar 10 %. Dengan demikian, percontoh karbon aktif hasil modifikasi akan memiliki kapasitas penyimpanan BBG antara 0,08 – 0,09 g/g.

Kapasitas penyimpanan BBG 0,08 – 0,09 g/g pada tekanan kerja 15 Bar, kurang optimal untuk digunakan sebagai media penyimpanan dan distribusi BBG sektor rumah tangga karena akan membutuhkan jumlah karbon aktif sekitar 11 kg/m³ BBG.

Tabel 3
Adsorben BBG sebagai komplemen
LPG 3 Kg @ 15 Bar

Massa adsorben Karbon Aktif, Kg	Volume BBG Tersimpan, m3	Massa Jenis Adsorben, g/cm3	Kesetaraan LPG, Kg
5,75	1	0,6	0,725
18,5	4,15	2,5	3



Gambar 5
Contoh (Sementara) Tabung Adsorben BBG untuk rumah tangga

Berdasarkan Gambar 3, supaya adsorben karbon aktif optimal digunakan sebagai media penyimpanan dan distribusi BBG sektor rumah tangga maka diperlukan luas permukaan adsorben karbon aktif sekitar 3000 m²/g. Dengan demikian, akan diperlukan adsorben karbon aktif sekitar 5,75 kg/m³ BBG setelah mempertimbangkan sisa BBG sekitar 15 % - 20% dalam adsorben pada tekanan atmosferik saat penggunaan di rumah tangga pemakai gas bumi^{3,11}.

V. RANCANGAN TEKNIS TABUNG ADSORBEN BBG SEKTOR RUMAH TANGGA

Untuk menyimpan dan distribusi satu (1) m³ BBG (efektif setara dengan sekitar 0,725 kg LPG) sektor rumah tangga, tabung adsorben BBG yang optimal adalah tabung yang berisi karbon aktif sekitar

5,75 kg dengan masa jenis adsorben sekitar 0,6 g/cm³ pada tekanan kerja 15 Bar. Jika tabung adsorben BBG akan diimplementasikan sebagai komplemen terhadap penyediaan tabung LPG 3 kg, berdasarkan kesetaraan energi LPG dan BBG, akan diperlukan adsorben karbon aktif sekitar 18,5 kg dengan masa jenis adsorben sekitar 2,5 g/cm³ pada tekanan kerja 15 Bar untuk menyimpan sekitar 4,15 m³ BBG sebagaimana terlihat di Tabel 3 dan contoh (sementara) tabung adsorben BBG di Gambar 5.

Berdasarkan rancangan tabung adsorben BBG sektor rumah tangga sebagaimana tercantum di Gambar 5, maka dilakukan estimasi harga tabung adsorben BBG berdasarkan *rule of thumb*. Harga Patokan Sendiri (HPS) satu tabung kosong LPG 12 kg sekitar Rp 130.833 (2004).^{10,11} Dengan eskalasi kenaikan harga material rata-rata 5% per tahun maka HPS satu tabung kosong LPG 12 Kg menjadi sekitar Rp 166.980 pada tahun 2009.

Untuk estimasi harga tabung adsorben BBG, HPS satu tabung kosong LPG 12 kg harus ditambah harga 18,5 kg adsorben karbon aktif. Harga adsorben karbon aktif adalah Rp 19.000/kg yang terdiri dari Rp 6.500/Kg biaya produksi dan Rp 12.500/kg biaya modifikasi adsorben karbon aktif. Maka, estimasi HPS satu tabung adsorben BBG sektor rumah tangga adalah sekitar Rp 518.500.

VI. PERBANDINGAN PIPA DISTIBUSI GAS VERSUS TABUNG ADSORBEN BBG SEKTOR RUMAH TANGGA

Perbandingan antara jaringan pipa distribusi gas dengan tabung adsorben BBG sektor rumah tangga tercantum di Tabel 4. Pembangunan jaringan pipa distribusi gas memerlukan pemasangan alat ukur konsumsi gas di setiap rumah, hanya dapat dilaksanakan di kota-kota dengan jaringan pipa transmisi atau distribusi gas bumi terpasang serta memerlukan pembebasan lahan untuk jalur pipa, *metering* dan *pressure regulating station*. Sedangkan penggunaan tabung adsorben BBG dapat dilaksanakan di seluruh kota, tidak perlu pemasangan alat ukur

konsumsi gas di setiap rumah dan tidak perlu pembebasan lahan karena tidak memerlukan pembangunan *metering* dan *pressure regulating station*.

VII. KESIMPULAN

Beberapa hal penting yang perlu disimpulkan meliputi :

- Penggunaan tabung adsorben BBG sektor rumah tangga merupakan komplemen terhadap distribusi tabung LPG 3 kg bersubsidi atau alternatif jaringan pipa distribusi gas bumi untuk rumah tangga dalam pengembangan kota gas.
- Penggunaan tabung adsorben BBG sektor rumah tangga dalam pengembangan kota gas tidak memerlukan jaringan pipa transmisi atau distribusi gas bumi terpasang.
- Penggunaan tabung adsorben BBG tidak memerlukan pembebasan lahan/tanah seperti pada pembangunan jaringan pipa gas bumi untuk rumah tangga
- Kesetaraan tabung adsorben BBG sebagai Komplemen LPG 3 kg bersubsidi pada tekanan kerja 15 Bar adalah sebagai berikut :

Massa adsorben Karbon Aktif, kg	Volume BBG Tersimpan, m3	Massa Jenis Adsorben, g/cm3	Kesetaraan LPG, kg
5,75	1	0,6	0,725
18,5	4,15	2,5	3

Tabel 4
Perbandingan Pipa Distibusi Gas versus Tabung Adsorben BBG sektor Rumah Tangga

Parameter Perbandingan	Jaringan Pipa Distibusi Gas	Tabung Adsorben BBG
Alat Ukur Konsumsi Gas / rumah tangga	Harus dipasang	Tidak perlu
Tempat Pelaksanaan	Hanya di kota dengan jaringan pipa transmisi atau distribusi gas bumi terpasang	Di seluruh kota
Pembebasan Lahan atau Tanah	Untuk ROW Pipa Dan Pembangunan MRS/PRS	Tidak ada

KEPUSTAKAAN

1. Banks, M, et al., 2007, "Conversion Of Waste Corncob To Activated Carbon For Use Of Methane Storage", ALLCRAFT, Lincoln University, Columbia
2. Baker, F.S., U.S. Patent No. 5,710,092, Jan. 20, 1998.
3. Bandosz T J, et al. 2003, "Chemistry And Physics Of Carbon", Ed. L R Radovic (New York: Marcel Dekker)
4. Bansal R C, et al. , 1988, " Active Carbon", Marcel Dekker, New York:.
5. Burchell, Tim, 2000, "Carbon Fiber Composite Adsorbent Media for Low Pressure Natural Gas Storage", Carbon Materials Technology Group, Oak Ridge National Laboratory
6. Burchell, Tim & Rogers, Mike, 2000, "Low Pressure Storage of Natural Gas for Vehicular Applications", SAE Technical Paper Series 2000-01-2205
7. Chang, K. et al.,1996, 'Behavior And Performance Of Adsorptive Natural Gas Storage Cylinders During Discharge', Appl. Therm. Eng., 16 (1996), 359-374.
8. Chen Jinfu Qu, 2004, " Adsorbent of Storage Natural Gas & its Use In ANGV", Environmental Engineering Research & Development Center, University of Petroleum, Beijing.
9. Haiyan Liu, et al., 2005, "Adsorption Behavior Of Methane On High Surface Area Active Carbon", Institute of Coal Chemistry, Chinese Adademy of Siciences, Shanxi, China.
10. <http://www.pertamina.com/wartapertamina/2009/wpapril2009.pdf>
11. <http://www.matche.com/EquipCost/>