

Perbandingan Alternatif Distribusi Bahan Bakar Gas untuk Substitusi Minyak Tanah Sektor Rumah Tangga

Oleh:

Yusep K Caryana

S A R I

Dalam rangka menunjang program pemerintah untuk mengurangi subsidi dengan substitusi minyak tanah sektor rumah tangga oleh gas bumi dilakukan kajian perbandingan alternatif distribusi gas bumi yang layak untuk diterapkan. Kajian dilakukan melalui survei literatur dan penelusuran informasi perkembangan penelitian di bidang moda penyimpanan dan distribusi gas bumi skala kecil meliputi penyimpanan dan distribusi hidrat gas, adsorben gas bumi dan tabung gas SENJI serta LPG 3 kg.

Setelah dibandingkan berdasarkan parameter teknis operasional dan keekonomian, alternatif penyimpanan dan distribusi melalui tabung LPG 3 kg dan tabung gas SENJI memiliki keunggulan dibandingkan hidrat gas dan adsorben gas bumi di antaranya tekanan operasi yang lebih rendah, temperatur operasi yang sesuai dengan temperatur ambient daerah tropis, efisiensi pemanfaatan gas 100% pada tekanan atmosferik, bahan material tabung yang relatif lebih mudah serta kemudahan dalam pengembangan standar peralatan. Walaupun demikian, kapasitas penyimpanan dalam tabung gas SENJI relatif kecil dibanding kapasitas penyimpanan hidrat gas dan adsorben gas bumi.

Selain itu, berdasarkan rekomendasi standar *US Department of Transportation*, sebelum tabung gas SENJI diproduksi secara massal untuk digunakan secara luas oleh masyarakat perlu dilakukan analisis *confinement test* yaitu pengamatan dan pengujian unjuk kerja tabung gas SENJI di dalam ruangan tertutup yang terbakar.

Kata kunci: alternatif distribusi bahan bakar gas.

ABSTRACT

With the objective to support the government program to substitute residential kerosene, a comparative study on a feasible gas storage and distribution modes have been carried out. This study is conducted through a literature survey and an identification of research and development progress on small scale gas storage and distribution modes including gas hydrates, natural gas adsorbent and low pressure Compressed Natural Gas cylinder called SENJI.

The study found some advantages of implementing SENJI in residential sector such as lower operating pressure, proper operating temperature to tropical ambient temperature, cylinder material availability, 100 % natural gas recovery at atmospheric pressure and a convenient of standard equipment development. However, there are disadvantages of SENJI implementation in the residential sector including lower gas storage capacity and, in accordance to US Department of Transportation recommendation, the obligation to carry out confinement test for non metallic gas cylinder development.

Key words: feasible gas storage and distribution

I. LATAR BELAKANG

Sehubungan dengan rencana pemerintah untuk mengurangi subsidi melalui substitusi minyak tanah sektor rumah tangga oleh gas bumi, maka perlu dipertimbangkan untuk melakukan suatu kajian berbagai alternatif distribusi gas bumi yang layak untuk diterapkan. Hal ini diperlukan karena kondisi penyebaran konsumen minyak tanah (rumah tangga pra sejahtera) yang sangat luas dengan tingkat konsumsi bahan bakar yang sangat rendah sehingga sulit bahkan tidak mungkin dilaksanakan oleh pelaku usaha yang berorientasi *profit center* karena kurang atau tidak ekonomis.

Melalui suatu studi pustaka dan pencarian informasi perkembangan penelitian di bidang penyimpanan dan distribusi gas bumi maka dilakukan perbandingan alternatif-alternatif penyimpanan dan distribusi gas bumi skala kecil untuk diterapkan dalam program substitusi minyak tanah sektor rumah tangga oleh gas bumi, terutama rumah tangga keluarga pra sejahtera yang memiliki tingkat konsumsi bahan bakar sangat rendah.

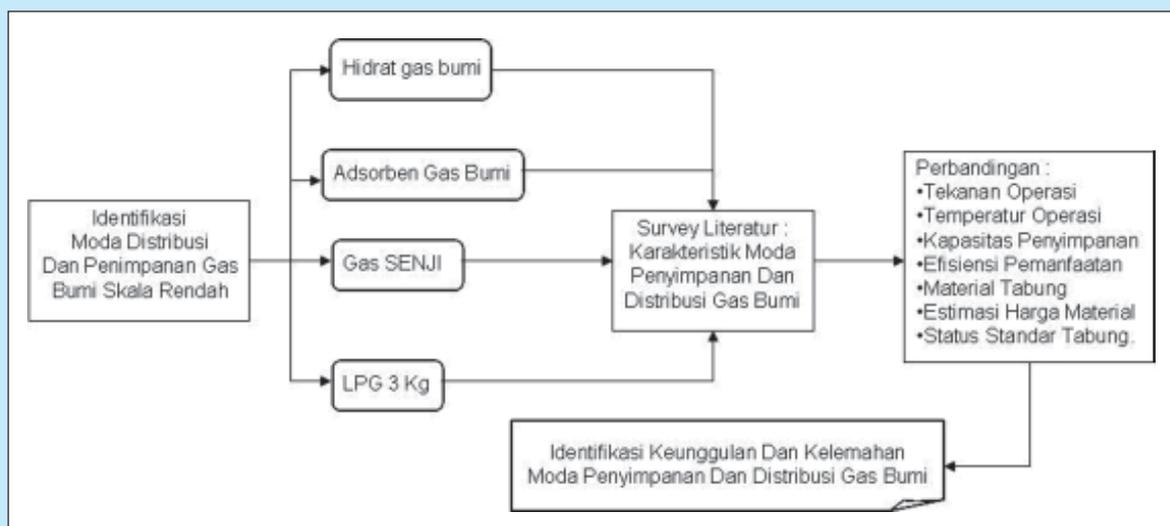
Alternatif penyimpanan dan distribusi gas bumi yang dibandingkan terdiri atas distribusi gas bumi melalui tangki hidrat gas, adsorben gas bumi, tabung gas SENJI dan tabung LPG 3 Kg. Perbandingan alternatif ini dilakukan melalui parameter-parameter

yang dapat mempengaruhi unjuk kerja program substitusi minyak tanah oleh gas bumi, di antaranya meliputi tekanan dan temperatur operasi, kapasitas penyimpanan gas bumi, efisiensi pemanfaatan, material tabung, estimasi harga material per tabung serta status pengembangan standar tabung.

II. METODOLOGI

Seperti tercantum pada Gambar 1, metode perbandingan alternatif distribusi gas bumi sektor rumah tangga dilakukan melalui tahapan-tahapan berikut :

1. Identifikasi moda penyimpanan dan distribusi gas bumi skala kecil yaitu tabung hidrat gas, adsorben gas bumi, tabung gas SENJI dan tabung LPG 3 Kg.
2. Survei literatur karakteristik moda penyimpanan dan distribusi gas bumi meliputi tekanan dan temperatur operasi, kapasitas penyimpanan gas bumi, efisiensi pemanfaatan, material tabung, estimasi harga material per tabung serta status pengembangan standar tabung.
3. Perbandingan alternatif moda penyimpanan dan distribusi gas bumi.
4. Identifikasi keunggulan dan kelemahan masing-masing moda penyimpanan dan distribusi gas bumi.



Gambar 1
Metodologi perbandingan alternatif distribusi gas bumi
untuk substitusi minyak sektor rumah tangga

III. DISTRIBUSI HIDRAT GAS BUMI

Hidrat gas bumi adalah campuran padat berbentuk kristal yang terjadi karena kontak langsung antara gas bumi dengan air pada tekanan dan suhu sekitar titik beku air^{10,12,17}. Dengan hadirnya air, hidrat gas akan terbentuk jika suhu sistem berada di bawah suhu pembentukan hidrat. Hidrat gas yang terkait dengan Bahan Bakar Gas terdiri dari air dan komponen-komponen gas bumi yang meliputi metana, etana, propana, isobutan, normal butan, nitrogen, karbondioksida dan hidrogen sulfida. Tetapi, karena gas bumi akan digunakan oleh pemakai maka zat-zat kontaminan yang terkandung dalam gas bumi harus dihilangkan sebelum hidrat gas dapat diproduksi. Beberapa contoh rumus molekul dari hidrat gas bumi adalah CH₄.7H₂O (hidrat Metana), C₂H₆.8H₂O (hidrat Etana), C₃H₈.18H₂O (hidrat Propana).

Kondisi yang dapat mengakibatkan terbentuknya hidrat gas antara lain^{11,16} :

- Gas bumi yang berada pada atau di bawah titik embun dan terjadi kontak langsung dengan air bebas.
- Gas bumi dengan komposisi dan tekanan tertentu memiliki suhu yang lebih kecil dari suhu pembentukan hidrat gas.
- Gas bumi yang berada pada tekanan operasi yang tinggi dan cenderung menaikkan suhu pembentukan hidrat gas.
- Laju alir gas yang sangat tinggi sehingga mengakibatkan agitasi melalui pipa atau peralatan terpasang.
- Kehadiran sejumlah kecil kristal hidrat atau partikel.
- Kehadiran H₂S atau CO₂ bersifat kondusif bagi pembentukan hidrat gas karena kelarutan H₂S atau CO₂ dalam air lebih tinggi dibanding komponen hidrokarbon.

Hidrat gas dapat dimanfaatkan untuk kepentingan

Tabel 1
Model matematika kondisi pembentukan hidrat gas bumi

Komponen Gas Bumi	Interval Temperatur, °C	Model Matematika Pembentukan Hidrat
CH ₄	0 sampai 11	$\log p + 5,6414 - \frac{1154,61}{T}$
	0 sampai +23	$\log p = 1,415 + 0,417 (t + 0,01t^2)$
	+24 sampai +47	$\log p = 1,602 + 0,0428 t$
C ₂ H ₆	0 sampai +10	$\log p = 6,9296 - \frac{1694,86}{T}$
	0 sampai +14,5	$\log p = 0,71 + 0,0547t$
C ₃ H ₈	0 sampai +12	$\log p = 5,4242 - \frac{1417,93}{T}$

Notasi : p = Tekanan, psi ; t = Temperatur, °C ;
T = Temperatur Absolute, °K

penyimpanan dan penyaluran gas bumi karena hidrat gas bumi bersifat stabil pada tekanan atmosferik ketika disimpan pada kondisi adiabatik pada temperatur di bawah titik beku air. Pada kondisi standar, hidrat gas menempati 1/150 sampai 1/170 volume gas yang berhubungan. Umumnya, hidrat gas bumi mengandung sekitar 15 % massa gas dan 85 % massa air^{5,6,7}.

A. Prediksi Kondisi Pembentukan dan Penguraian Hidrat Gas Bumi

Teknik-teknik untuk memprediksi kondisi pembentukan hidrat gas melibatkan metode koefisien distribusi atau metode konstanta kesetimbangan uap-padatan (K_v), metode *gravity* dan pendekatan termodinamik statistik²⁶. Metode aproksimasi pembentukan hidrat gas bumi yang terbaik adalah metode termodinamik statistik (metode analitik) yang dikembangkan oleh van der Waals dan Platteeuw. Model matematika^{10,12} kondisi pembentukan hidrat dari masing-masing komponen gas bumi tercantum pada Tabel 1.

B. Kapasitas Penyimpanan Gas Bumi Dalam Hidrat

Kapasitas penyimpanan gas bumi dalam hidrat didefinisikan sebagai jumlah volum gas yang terkandung per satuan volume hidrat^{7,10,12}. Kapasitas

Penyimpanan ini dinyatakan sebagai fungsi dari tekanan sebagaimana terlihat di Tabel 2. Kapasitas Penyimpanan Gas bumi dalam hidrat meningkat dengan naiknya tekanan sampai dicapai tekanan optimal. Tekanan optimal untuk penyimpanan gas dalam hidrat ini adalah sekitar 3.8 Mpa (550 psi)⁹.

C. Regasifikasi Hidrat

Penting untuk diketahui jumlah gas yang dapat dilepaskan dari hidrat untuk dapat menentukan volume tangki yang diperlukan. Tabel 3 menunjukkan contoh laju rata-rata regasifikasi hidrat yang diekspresikan dalam bentuk persen volume total dari gas yang tersimpan untuk gas bumi dengan komposisi tertentu. Sebagaimana dinyatakan pada persamaan (1)¹² :

$$v_g(t) = At^2 + Bt + C \quad (1)$$

$v_g(t)$ menunjukkan persen dari volume gas tersimpan dalam hidrat (tak berdimension), $A = -0.00164$, $B = 0.0769$ dan $C = 0.0829$.

D. Stabilisasi Hidrat Gas Bumi

Stabilitas hidrat gas bumi sangatlah penting untuk tujuan transportasi gas karena deposisi hidrat menyebabkan persoalan operasional dan masalah keamanan^{8,9}.

Salah satu cara untuk menyimpan hidrat gas bumi adalah dengan metode hidrat beku (*frozen hydrate*). Dengan metode ini, hidrat disimpan pada tekanan atmosferik dan temperatur sekitar $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada temperatur ini, hidrat gas bumi akan berada pada daerah temperatur/tekanan dekomposisi hidrat menjadi gas dan air karena kondisi ini berada di bawah kondisi kesetimbangan. Tetapi, hidrat gas bumi akan memerlukan sejumlah energi termal untuk meleleh. Jika hidrat gas bumi disimpan secara adiabatik dalam tangki dengan insulasi yang baik, hidrat tersebut tidak akan mengalami dekomposisi sampai terjadi pemanasan secara eksternal¹¹. Proses penyimpanan *refrigerated* berlangsung pada temperatur $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada kenyataannya, stabilisasi dapat dijaga dengan membentuk lapisan pelindung untuk tangki penyimpanan hidrat gas bumi¹¹.

Tabel 2
Kapasitas gas tersimpan dalam hidrat sebagai fungsi dari tekanan¹²

Tekanan Mpa	Temperatur °C	Volum Hidrat 106 m3	Kapasitas Penyimpanan, vol l/vol Capacity vol./vol.
3.1	4.44	1.933	142.557
3.8	3.60	19.798	156.931
4.5	3.60	21.722	157.941
4.2	3.60	20.196	158.816
5.9	4.44	20.396	159.442

Tabel 3
Contoh laju regasifikasi dari hidrat gas bumi¹²

Temperatur, ° C	-5	-10	-18
Regasifikasi Gas, % gas tersimpan	11.3	3.4	0.85

E. Tabung Hidrat Gas

Hidrat gas dapat langsung terbentuk dalam tangki jika tekanan dan temperatur dalam tangki berada pada kondisi pembentukan hidrat. Kondisi pembentukan hidrat dalam tangki dapat diciptakan melalui perancangan tangki sedemikian rupa supaya berada pada kondisi tersebut. Contoh rancangan tangki pembentukan hidrat gas tercantum pada Gambar 2.

Tangki hidrat sebagaimana tercantum di Gambar 2, dirancang sekaligus untuk pembentukan dan regasifikasi hidrat dengan mengalirkan fluida pemindah panas (refrigeran) melalui lempeng aluminium hampa (1). Refrigeran ini bersirkulasi melalui manifold antar lempeng aluminium (2A). Air disirkulasikan melalui outlet bawah resirkulasi air (3) menuju inlet atas (4A) yang dihubungkan dengan dinding perforasi (4B). Air dan gas bumi (masuk lewat inlet 6A) akan bercampur untuk membentuk hidrat. Hidrat akan mengalami dekomposisi jika refrigeran mengalami pemanasan dan gas bumi akan keluar melalui outlet 6B.

Tekanan optimal pembentukan hidrat gas bumi adalah sekitar 550 psi, maka tabung gas hidrat harus

terbuat dari bahan yang mampu menahan tekanan 550 psi. Jika harga tabung gas bertekanan (Tabung bahan bakar gas) di pasaran adalah sebesar Rp. 7.000.000 per 3000 psi, maka harga material tabung gas hidrat akan mencapai sekitar Rp. 1.285.000.

IV. DISTRIBUSI GAS SENJI

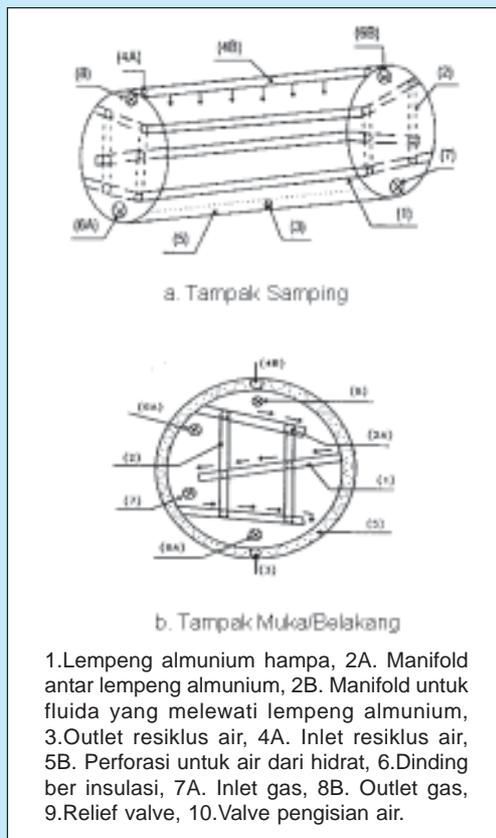
Distribusi gas SENJI sedang dikembangkan oleh PPPTMGB “LEMIGAS” untuk mensubstitusi konsumsi kerosin rumah tangga pra sejahtera. Gas ini akan disalurkan dengan menggunakan tabung Gas SENJI yang terbuat dari *Poly Ethylene* dengan volume tabung sebesar 22 liter kapasitas air dan tekanan 10 Bar. Volume gas dalam tabung SENJI adalah sekitar 0,76m³ dengan kandungan energi setara 2 Liter minyak tanah.

Sebagaimana terlihat di Gambar 3, melalui fasilitas pengisian, gas bumi dari sumber gas SENJI (tekanan tinggi atau tekanan rendah) dialirkan ke dalam tabung SENJI sampai tekanan tabung mencapai 10 Bar. Selanjutnya, tabung gas SENJI yang sudah berisi gas bumi disalurkan melalui jalur distribusi minyak tanah. Gas SENJI tidak memerlukan proses regasifikasi karena sudah berada pada fase gas. Gas bumi dalam tabung SENJI dapat dimanfaatkan 100 % untuk keperluan bahan bakar rumah tangga.

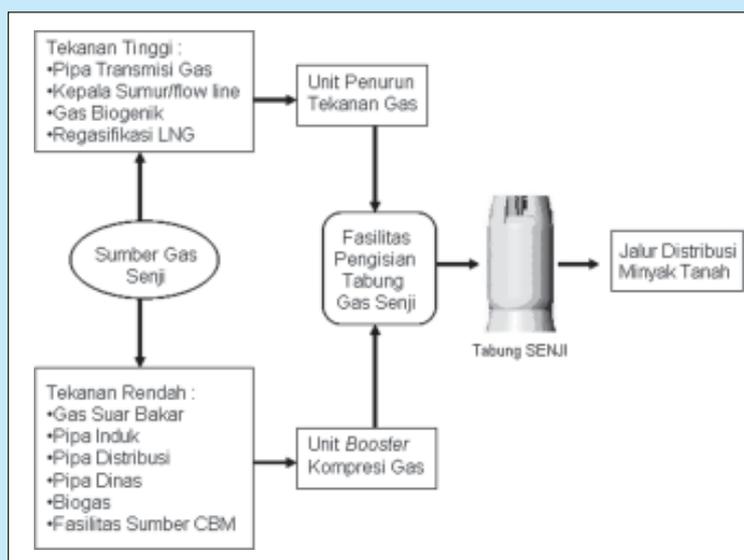
A. Rancangan dan Kapasitas Penyimpanan Tabung Gas SENJI

Tabung gas SENJI sebagaimana tercantum di Gambar 3 merupakan salah satu media penyimpanan dan distribusi gas bumi yang dirancang oleh LEMIGAS. Tabung ini terbuat dari bahan *High Density Poly Ethylene* (HDPE) dengan volume 22 Liter kapasitas air. Tekanan operasi tabung gas SENJI adalah 10 Bar dengan *burst pressure* mencapai 35 Bar. Standar tabung gas SENJI sedang dikembangkan bersama pemangku kepentingan terkait, tabung ini dirancang menggunakan *valve* dan regulator LPG yang beredar di pasaran yang telah memenuhi standar keamanan.

Melalui pengujian di LEMIGAS, pada tekanan 10 Bar dan temperatur ambien, volume gas bumi yang dapat



Gambar 2
Contoh rancangan tangki pembentukan hidrat gas bumi¹⁸



Gambar 3
Distribusi gas SENJI

tersimpan di dalam tabung gas SENJI adalah sekitar 0,76 m³. Kandungan energi dari gas bumi di dalam tabung gas SENJI setara dengan sekitar dua liter kerosin. Karena isi dari tabung gas SENJI merupakan fasa gas maka tidak diperlukan proses regasifikasi sehingga gas bumi dalam tabung SENJI dapat digunakan langsung oleh pemakai. Rencananya, setelah memenuhi semua persyaratan, tabung gas SENJI akan diproduksi secara massal dan diedarkan di pasaran dengan harga (tanpa regulator) sekitar Rp. 150.000.

V. DISTRIBUSI DENGAN ADSORBEN GAS BUMI

Distribusi gas bumi melalui adsorben merupakan teknik penyimpanan dan distribusi gas bumi terbaru yang masih dalam taraf penelitian, misalnya di Amerika Serikat atau China. Adsorben gas bumi dibuat dari selulosa/fiber tumbuhan yang diaktivasi oleh karbon menjadi media penyimpanan berupa karbon *monolith* atau karbon tabung nano (*carbon nanotubes*) yang mampu menyimpan gas bumi sampai tingkat 150 v/v pada tekanan 500 psia dan temperatur sekitar 24 °C. Artinya, pada tekanan 500 psia dan temperatur 24 °C, dalam satu liter karbon tabung nano dapat disimpan gas bumi sekitar 150 liter^{1,2,3}.

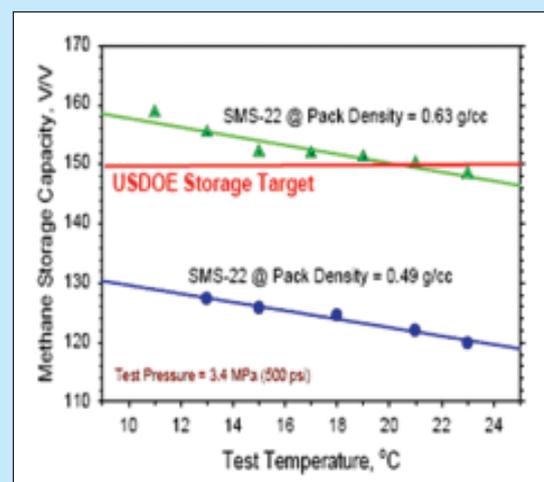
A. Rancangan Tabung Dan Kapasitas Penyimpanan Adsorben Gas Bumi

Sebagaimana terlihat di Gambar 4, tabung adsorben gas terbuat dari briket *monolith* yang telah diaktivasi kemudian dilapisi oleh bahan kedap gas bumi biasanya aluminium. Gas bumi dialirkan ke dalam briket ini dan tersimpan dalam briket karena adanya ikatan *Van Der Waals* antara gas bumi dengan briket *monolith*. Untuk mendapatkan unjuk kerja yang optimal, tabung adsorben gas bumi ini masih dalam taraf penelitian di antaranya di Missouri University Amerika Serikat, University of Petroleum China serta PPPTMGB "LEMIGAS".

Kapasitas penyimpanan gas bumi (Metana) dalam adsorben bervariasi tergantung dari material yang digunakan, massa jenis (porositas) adsorben, tekanan dan temperatur. Sebagai contoh di Gambar 5, material SMS-22 dengan massa jenis 0,63 gram/cm³ mampu menyimpan gas bumi (Metana) hampir 150 v/v pada temperatur 24 °C tetapi material yang sama dengan masa jenis yang lebih rendah 0,49 gram/cm³ hanya mampu menyimpan gas bumi (Metana) sekitar



Gambar 4
contoh adsorben gas bumi
(*carbon monolith*)¹⁵



Gambar 5
Pengaruh temperatur dan massa jenis adsorben terhadap kapasitas penyimpanan gas bumi.³

120 v/v. Selain itu, berdasarkan Gambar 6, pada tekanan yang sama 10 Bar, adsorben ANG1 memiliki kapasitas penyimpanan gas bumi (Metana) hampir 90 v/v sedangkan adsorben ANG2 hanya mampu menyimpan gas bumi (Metana) sekitar 50 v/v.

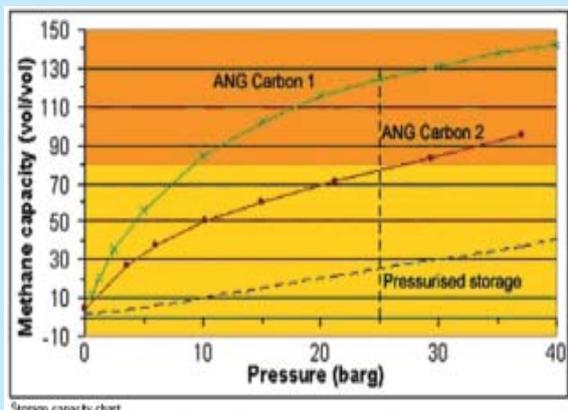
Jika menggunakan adsorben dengan kapasitas penyimpanan gas bumi 150 v/v pada tekanan 500 psia (30 Bar), misalnya SMS-22, maka untuk menyimpan gas setara dengan tabung gas SENJI (0,76 m³) diperlukan adsorben sekitar 5.000 cc (3,2

Kg). Dengan harga adsorben antara Rp. 180.000 – Rp. 1.080.000 (20 – 120 Dolar Amerika) per kilogram, maka biaya adsorben yang diperlukan untuk menyimpan gas bumi sebanyak 0,76 m³ berkisar antara Rp. 576. 000 sampai dengan Rp. 3.456.000.

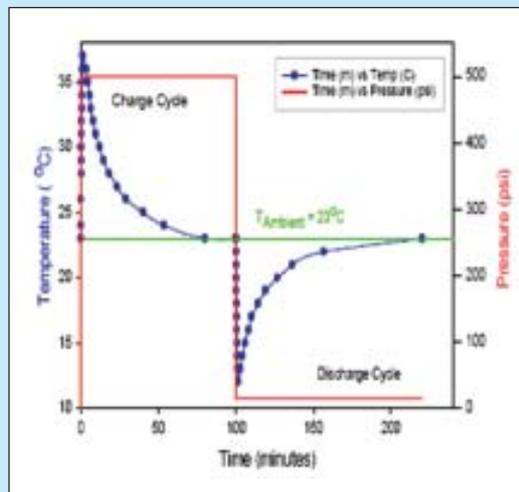
C. Regasifikasi Adsorben Gas Bumi

Karena gas bumi terjebak dalam media pori-pori material karbon monolith adsorben maka diperlukan suatu proses regasifikasi untuk mengeluarkan gas

bumi supaya dapat digunakan sebagai bahan bakar sektor rumah tangga. Proses regasifikasi dilakukan dengan cara pengaliran listrik ke dalam adsorben. Sebagai contoh di Gambar 7, gas bumi dialirkan ke dalam adsorben pada tekanan 500 psi dan temperatur sekitar 35 °C. Diperlukan waktu sekitar 100 menit untuk menyimpan gas bumi mencapai kapasitas penyimpanan maksimum dengan temperatur keseimbangan ambien sekitar 23 °C.



Gambar 6
Pengaruh tekanan dan jenis adsorben terhadap kapasitas penyimpanan gas bumi.¹¹



Gambar 7
Siklus adsorpsi dan regasifikasi adsorben gas bumi.²

Tabel 4
Perbandingan alternatif substitusi minyak tanah

Parameter	Alternatif Substitusi Minyak Tanah Sektor Rumah Tangga			
	Hidrat Gas	Adsorben	SENJI	LPG 3 Kg
Tekanan, psi	550	500	14,7	14,7
Temperatur, °C	-18	23	ambien	ambien
Estimasi Kapasitas Simpan Gas, m ³	3,52	3,3	0, 76	4
Efisiensi, %	85	80 - 90	100	100
Material Tabung	Baja	Karbon Monolith	HDPE	Baja
Harga Gas Per Tabung, Rp.	5.914*	5.544*	3.360*	12.750**
Estimasi Harga Material, Rp	1.285.000	576.000 s/d 3.456.000	150.000	120.000
Standar Tabung	Belum Ada	Dapat Dikembangkan Berdasarkan Standar Untuk Kendaraan	Sudah Tersusun Rancangan Standar Nasional Indonesia	Sudah Ada

* : Berdasarkan harga gas rumah tangga sederhana (Rp. 1.680/m³), belum termasuk biaya pengisian dan distribusi.
** : Harga Pertamina dengan subsidi.

Untuk mengeluarkan gas bumi dari adsorben diperlukan waktu hampir empat jam. Terjadi penurunan tekanan dari 500 psi sampai tekanan atmosfer 14,7 psi dan gas bumi berhenti mengalir dari adsorben. Berdasarkan laporan pengujian di Oak Ridge National Laboratory, Amerika Serikat, terdapat sisa gas bumi antara 10 – 20% yang tertinggal dalam adsorben pada tekanan atmosfer tersebut². Jadi efisiensi perolehan gas bumi dari adsorben hanya mencapai 80 – 90%.

V. PERBANDINGAN ALTERNATIF SUBSTITUSI MINYAK TANAH SEKTOR RUMAH TANGGA OLEH GAS BUMI/LPG

Berdasarkan pembahasan secara garis besar sifat dan karakteristik dari masing-masing alternatif distribusi gas bumi, selanjutnya dilakukan perbandingan distribusi gas bumi dalam bentuk hidrat gas, adsorben gas bumi dan gas SENJI untuk substitusi minyak tanah sektor rumah tangga. Perbandingan ini dilakukan dalam hal kapasitas penyimpanan, regasifikasi, media distribusi (tabung penyimpanan), harga gas dalam tabung atau ekivalennya, serta harga material sebagaimana tercantum di Tabel 4.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan uraian di atas, beberapa kesimpulan penting mengenai perbandingan alternatif distribusi gas bumi untuk substitusi minyak tanah sektor rumah tangga adalah sebagai berikut :

- Substitusi minyak tanah sektor rumah tangga oleh LPG 3 kg dan tangki gas SENJI merupakan alternatif terbaik karena memiliki keunggulan-keunggulan parameter teknis operasional yang lebih handal dibanding adsorben dan hidrat gas. Kapasitas LPG 3 kg relatif lebih tinggi dibanding SENJI namun harga gas (subsidi) per tabung LPG 3 kg lebih mahal dibandingkan harga gas per tabung SENJI.
- Temperatur operasi distribusi gas bumi dengan tabung SENJI cocok dengan temperatur ambien daerah tropis yaitu 30-33° C.
- Material tabung gas SENJI sudah diproduksi secara komersial sehingga mudah di dapat di pasaran serta relatif murah dibanding material tabung hidrat gas maupun adsorben gas bumi.

- Efisiensi pemanfaatan gas bumi melalui tabung LPG 3 kg dan tabung SENJI bisa mencapai 100% pada tekanan atmosferik karena LPG dan gas bumi bersifat fasa gas pada tekanan tersebut.
- Kapasitas penyimpanan gas dalam tabung SENJI relatif lebih rendah dibanding kapasitas penyimpanan gas dalam bentuk hidrat dan adsorben gas bumi.
- Berdasarkan rekomendasi standar *US Department of Transportation*, sebelum tabung gas SENJI diproduksi secara massal untuk digunakan secara luas oleh masyarakat perlu dilakukan analisis *confinement test* yaitu pengamatan dan pengujian unjuk kerja tabung gas SENJI di dalam ruangan tertutup yang terbakar.

VIII. SARAN

Minyak tanah sektor rumah tangga umumnya digunakan oleh masyarakat keluarga pra sejahtera yang memiliki daya beli sangat rendah. Ditinjau dari segi harga dan daya beli konsumen, disarankan kepada pemerintah untuk mempertimbangkan mensubstitusi minyak tanah oleh gas SENJI secara luas setelah analisis *confinement test* terhadap tabung gas SENJI yang dikembangkan PPPTMGB “LEMIGAS” dilaksanakan.

KEPUSTAKAAN

1. Chen Jinfu Qu Mei, 2004, “Adsorbent of Storage Natural Gas & its Use In ANGV”, Environmental Engineering Research & Development Center, University of Petroleum, Beijing.
2. Burchell, Tim, 2000, “Carbon Fiber Composite Adsorbent Media for Low Pressure Natural Gas Storage”, Carbon Materials Technology Group, Oak Ridge National Laboratory.
3. Burchell, T. & Rogers, M, 2000, “Low Pressure Storage of Natural Gas for Vehicular Applications”, SAE Technical Paper Series 2000-01-2205.
4. Ginzburg, Y., 2006, “ANG Storage As A Technological Solution For The Chicken-And-Egg Problem Of Ngv Refueling Infrastructure Development”, 23rd World Gas Conference, Amsterdam.
5. Gudmundsson J. S., “Method and Equipment for Production of Gas Hydrates”, Norwegian Patent No. 172080.

6. Gudmundsson, J.S. and Borrehaug, A., 1996, "Natural Gas Hydrate - an Alternative to Liquefied Natural Gas ?", Petroleum Review, May.
7. Gudmundsson, J.S. and Palaktuna, M., 1992, "Storage of Natural Gas Hydrate at Refrigerated Conditions", AIChE Spring National Meeting, New Orleans.
8. Gudmundsson, Palaktuna, J.S., et al., 1994, "Storing Natural Gas as Frozen Hydrate", SPE Production and Facilities, pp. 69-73.
9. Gudmundsson, J.S. and Borrehaug, A., 1996, "Frozen Hydrate for Transport of Natural Gas", 2nd International Conference on Natural Gas Hydrate, Toulouse, France, pp. 1 - 12.
10. Ikoku, Chi U., "Natural Gas Production Engineering", John Willey & Son Inc. Pennsylvania, 1984.
11. Lay Yen Lau and Judd, Robert, 2007, "Gas Network Storage", Gas International, Volume 47 Issue 4 May 2007.
12. Makogon, Y.F., 1981, "Hydrates of Natural Gas", PennWell Books, Tulsa, Oklahoma, USA.
13. Miller, B and Strong, E. R. Jr. , 1946, "Hydrate Storage of Natural Gas", American Gas Association Monthly, Feb.
14. Peebles, Malcolm W H., 1992, "Natural Gas Fundamentals", Shell International Gas Limited, Bath.
15. Pfeifer , Peter, 2006, ALL-CRAFT Technology for Low-Pressure Storage of Methane from Biomass, 34th Annual Missouri Waste Management Conference, Lake Ozark, Columbia.
16. Sloan Jr., E D., 1990, "Clathrate Hydrates of Natural Gases", Marcel Dekker Inc., New York.
17. Sloan Jr., E Dendy., 1991, "Natural Gases Hydrates", Journal of Petroleum Technology, Vol. 3 No. 12, pp. 1414-1417.
18. Yevi, G.Y. and Rogers, R.E., 1996, " Storage of Fuel in Hydrates For Natural Gas Vehicles (NGV)", Journal of Energy Resources Technology, Vol. 118/209, Missisipi.