

# Pemanfaatan Hidrogen Hasil Reaksi Water Replacement Berbahan Baku Kaleng Bekas Untuk Bahan Bakar Mesin Diesel Sistim Dual Fuel

Jajang Jaenudin<sup>1)</sup>, Agus Wijianto<sup>2)</sup>

- 1) Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28265, email: [jajang@pcr.ac.id](mailto:jajang@pcr.ac.id)  
2) Program Studi Teknik Mekatronika, Politeknik Caltex Riau, Pekanbaru 28265, email: [aguswiji@pcr.ac.id](mailto:aguswiji@pcr.ac.id)

**Abstrak** - Aluminium bereaksi dengan air melalui reaksi *water displacement* menggunakan pelarut alkalis soda api menghasilkan gas hidrogen. Hidrogen ini dimanfaatkan sebagai bahan bakar pada mesin diesel sistim dual fuel. Mesin diesel diberi variasi beban dan pengaturan suplai udara masuk menggunakan bukaan full, bukaan %, bukaan  $Y_2$  dan bukaan  $Y_4$ , sedangkan suplai gas hidrogen dijaga konstan pada tekanan 1,0 bar pada setiap variasi beban dan bukaan udara. Waktu produksi hidrogen tertinggi sebesar 5 detik dengan capaian tekanan maksimum 19 psi. Pemanfaatan hidrogen pada sistim dual fuel menunjukkan konsumsi bahan bakar *solar* berkurang maksimum hingga 52%. Pengurangan konsumsi solar paling tinggi didapat pada suplai udara bukaan penuh pada beban 1300 VA.

**Kata Kunci** : Hidrogen, Mesin Diesel, Dual Fuel, kaleng bekas, bukaan penuh

**Abstract** - Aluminum reacts with water via water displacement reaction using caustic alkalis solvents produce hydrogen gas. Hydrogen is used as fuel in diesel engine dual fuel system. The diesel engine was given a variety of loads and air supply arrangement makes use of the full aperture,  $Y_2$  openings,  $Y_4$  openings and  $Y_4$  openings, while the hydrogen gas supply pressure is kept constant at 1.0 bar on every variation of the load and the air openings. The fastest hydrogen production time is 5 seconds with a maximum pressure of 19 psi. Utilization of hydrogen in dual fuel system showed reduced diesel fuel consumption up to 52% maximum. Highest reduction in fuel consumption obtained in the full air supply openings at 1300 VA load.

**Keywords**: Hydrogen, Diesel Engine, Dual Fuel, Used Cane, Full Opening.

## 1. PENDAHULUAN

Total kebutuhan energi Indonesia saat ini sebesar 140 juta ton ekivalen minyak dipenuhi selain dari sumber energi fosil juga di penuhi dengan energi air 2,6 juta ton ekivalen minyak dan dari sumber terbarukan sebesar 2,1 juta ton ekivalen minyak .

Sumber energi lain yang belum mendapat perhatian yang cukup adalah sampah. Pemanfaatan sampah organik biasanya melalui pengomposan menghasilkan biogas dan menjadi pupuk, sementara sampah anorganik biasanya *direcycling* menjadi kerajinan dan pernik-pernik menarik lainnya.

Kementerian Lingkungan hidup mencatat rata-rata penduduk Indonesia menghasilkan sekitar 2,5 liter sampah per hari atau 625 juta liter dari jumlah total penduduk. Jumlah ini akan terus bertambah seiring pertambahan penduduk dan meningkatnya kebutuhan hidup. Diantara sampah-sampah tersebut, terdapat kaleng bekas dalam jumlah yang banyak. Kebanyakan kaleng bekas yang digunakan untuk kemasan air minum dibuat dari aluminium. Sampai saat ini belum ada data pasti besarnya jumlah sampah kaleng bekas di Indonesia. Akan tetapi mengingat kecenderungan masyarakat sekitar mengkonsumsi minuman bersoda dengan wadah kaleng yang semakin besar, maka dapat

dipastikan bahwa jumlah sampah jenis ini juga cukup besar.

Sebagai perbandingan, penduduk Amerika Serikat membuang sampah sebanyak 7 juta ton sepanjang tahun 90-an, atau setara dengan 31600 unit pesawat boeing 737. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini menjadi penting dalam memanfaatkan potensi kaleng bekas menjadi sumber energi yang menjanjikan.

## 2. LANDASAN TEORI

Hidrogen secara umum dianggap sebagai bahan bakar yang *renewable* dan tidak menghasilkan polusi [1], [2]. Perbedaan paling mendasar bahan bakar hidrogen dengan minyak bumi adalah ketiadaan unsur karbon. Hidrogen pada umumnya dihasilkan dari beberapa metode melalui proses biologic, elektrolisa atau dengan reaksi kimiawi.

### 2.1. Reaksi Pembentukan hidrogen.

Pembentukan hidrogen melalui proses biologic dengan jalan reformasi biomassa biasanya menghasilkan gas dengan kandungan hidrogen yang rendah dan tidak lepas dari kandungan unsur karbon. Melalui proses elektrolisa hidrogen yang dihasilkan terbebas dari CO<sub>2</sub> akan tetapi proses

produksinya membutuhkan energi yang besar sehingga proses ini menjadi sangat mahal.

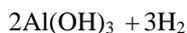
*Steam reformation* gas alam saat ini menjadi metode produksi hidrogen yang digunakan secara luas, akan tetapi pada proses produksinya masih menghasilkan polutan CO<sub>2</sub>. Secara kimiawi, penggunaan senyawa hidrida juga menghasilkan gas hidrogen, hanya saja senyawa ini tidak stabil, mudah menguap dan masih mahal.

Logam seperti Zinc, Magnesium dan Aluminium merupakan logam yang dapat digunakan pada reaksi water displacement untuk menghasilkan hidrogen. Karena ketersediaan yang mudah didapat dan murah, aluminium menjadi logam yang paling sering digunakan untuk reaksi water displacement. Reaksi ini membentuk hidrogen dengan jalan mereaksikan logam, misal aluminium dengan air. Berhubung permukaan aluminium selalu terlapis oleh alumium oksida, maka dibutuhkan pelarut alkalis untuk merusak lapisan ini sehingga aluminium bisa langsung kontak dengan air. Larutan alkalis yang paling banyak digunakan untuk keperluan ini adalah Soda Api (NaOH). Berbagai penelitian produksi hidrogen menggunakan aluminium telah dilakukan [2],[3],[4],[5],[6],[7]. Reaksi pembentukan hidrogen tersebut adalah sebagai berikut :

1. Aluminium bersifat sangat reaktif sehingga langsung bereaksi dengan oksigen di udara membentuk lapisan pelindung berbentuk lapisan tipis aluminium oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Lempeng, potongan-potongan, bubuk aluminium atau kaleng bekas minuman yang mengandung aluminium yang akan digunakan untuk reaksi pembentukan hidrogen pasti terlindung oleh lapisan ini. Lapisan ini kemudian dirusak oleh larutan alkali menurut reaksi sebagai berikut:



2. Permukaan aluminium yang sudah tidak tertutup oleh lapisan pelindung selanjutnya bereaksi dengan air membentuk hidrogen dan permukaan lapis pelindung aluminium hidroksida.



3. Lapisan aluminium hidroksida ini kemudian dilarutkan oleh sodium hidroksida (soda api) sehingga terbentuk kembali lapisan aluminium tanpa pelindung yang bisa beraksi dengan air.



4. Selanjutnya aluminium beraksi dengan air membentuk hidrogen. Reaksi soda api tersebut dapat diringkas reaksinya sebagai berikut:



Parameter penting yang mempengaruhi reaksi ini adalah konsentrasi, kemurnian aluminium, morfologi aluminium, temperatur dan larutan alkalis. Kecepatan reaksi pembentukan hidrogen ternyata secara signifikan dipengaruhi oleh temperatur awal larutan alkali [4]. Jumlah aluminium juga mempengaruhi kecepatan pembentukan hidrogen, dimana semakin banyak aluminium semakin cepat reaksi pembentukan hidrogen [7].

## 2.2. Hidrogen sebagai bahan bakar pada mesin pembakaran dalam (ICE)

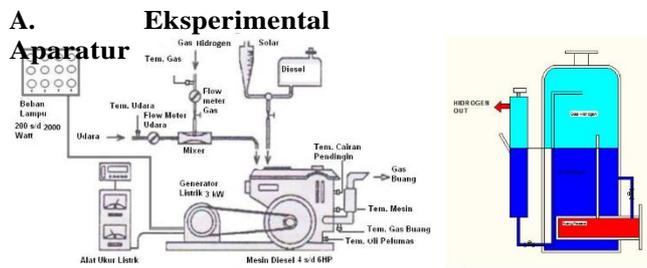
Karakteristik hidrogen sebagai bahan bakar yang mampu meningkatkan unjuk kerja mesin dan menurunkan emisi gas buang membuat hidrogen dianggap sebagai bahan bakar alternatif terbaik yang ada di alam [8]. Pemanfaatan hidrogen pada ICE (Internal Combustion Engine) dapat digunakan sebagai suplemen/ tambahan campuran bahan bakar konvensional untuk menaikkan unjuk kerja dan menurunkan emisi atau digunakan sebagai bahan bakar menggantikan 100 % bahan bakar konvensional. Hidrogen memiliki jangkauan perbandingan udara bahan bakar (AFR) untuk pembakaran yang sangat luas pada 4 hingga 75%, sangat jauh berbeda dibandingkan bahan bakar diesel 0,6-5,5%, bensin 1,4 - 7.6 % dan gas alam 5-15 % [9]. Energi untuk menyalakan hidrogen juga sangat kecil, 0,02 MJ dibanding bensin sebesar 0,24 MJ. Jangkauan perbandingan AFR yang lebar dan kebutuhan energi penyalaan yang kecil tersebut memberi keunggulan hidrogen dapat digunakan sebagai bahan bakar bahkan pada campuran bahan bakar yang sangat miskin hingga pada campuran bahan bakar yang sangat kaya [8], [9]. Penambahan hidrogen yang dihasilkan elektrolisa air telah dievaluasi menurunkan kadar HC, CO dan CO<sub>2</sub> pada gas buang mesin diesel [1],[10]. Penambahan campuran hidrogen/oksigen ekuivalen 6,1 % solar meningkatkan efisiensi thermal 2,6% pada 19 kw, 2,9% pada 22 kw diikuti peningkatan efisiensi konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 7,3% dan 8,1% pada beban diatas [10]. Chaisermtawan, dkk [11] pada percobaan penambahan hidrogen pada mesin diesel dual fuel menemukan bahwa peningkatan efisiensi pembakaran tergantung pada perbandingan AFR-nya. Pada spark ignition engine, penggunaan 100% hidrogen menghasilkan peningkatan daya sebesar 30% dibandingkan daya yang dihasilkan oleh bahan bakar bensin [11].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menghasilkan hidrogen dari reaksi aluminium yang berasal dari kaleng bekas minuman dengan air menggunakan pelarut soda api. Penelitian dipecah menjadi 2 yaitu kecepatan produksi hidrogen dan pemanfaatan gas hidrogen untuk engine diesel.

Beberapa asumsi digunakan dalam penelitian ini :

1. Aluminium diambil dari kaleng bekas minuman dan dicacah ukuran tidak seragam.
2. Air diambil dari air sumur bor tanpa penyaringan.
3. Soda api yang digunakan dalam wujud padat dan biasa dijual di toko-toko bangunan



Gambar 1. Eksperimental Aparatus pemanfaatan hidrogen kaleng bekas pada mesin diesel

Perlengkapan yang digunakan dalam riset ini sebagai berikut ;

1. Engine Diesel 6,5 PK
2. Generator 3 kW
3. Hidrogen reaktor
4. Beban lampu hingga 3 kW
5. Thermokopel dan display
6. Multimeter digital
7. Tachometer
8. Mixer fuel
9. Gelas ukur

#### B. kecepatan produksi hidrogen

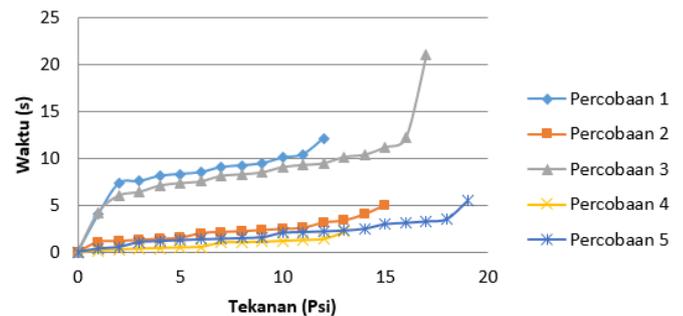
Kecepatan produksi hidrogen diperlukan untuk melihat pengaruh komponen pencampuran materi pembentuk hidrogen terhadap kecepatan memproduksi hidrogen generator hidrogen kaleng bekas. Skema pencampuran dapat dilihat pada tabel 1 berikut ini :

Tabel 1. Skematik Pencampuran Materi pembentukan hidrogen

No. Percb	Air (Lt)	Soda Api (gram)	Kaleng (btl)
1	0,25	100	3
2	0,5	100	3
3	0,75	100	3

4	0,25	100	4
5	0,5	100	4

Kecepatan produksi hidrogen dapat dilihat dari waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tekanan tertentu. Pencampuran tabel 1 menghasilkan karakteristik kecepatan hidrogen sebagaimana dapat dilihat pada grafik 1.

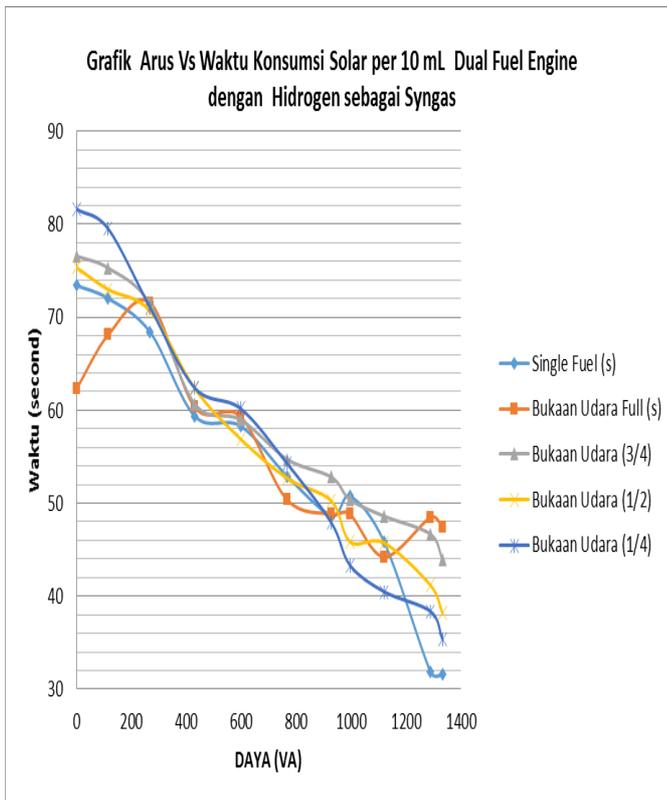


Gambar 2. Grafik Kecepatan Produksi Hidrogen

Grafik (1) menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tekanan gas hidrogen. Percobaan 1 dan 3 memberikan hasil yang lebih lama dalam mendapat tekanan gas. Hal ini berarti bahwa campuran komponen materi hidrogen kurang pas. Karakteristik produksi hidrogen yang diinginkan adalah cepat dan tidak melebihi tekanan maksimum peralatan. Percobaan 2,4 dan 5 memberikan kecepatan waktu capaian tekanan yang lebih cepat dan responsif. Capaian tercepat didapat dengan pencampuran 0,25 lt air, 100 gram soda api dan 4 botol kaleng bekas. Tekanan tertinggi didapat percobaan 5 dan 3. Dari analisa dapat dilihat bahwa jumlah hidrogen yang dihasilkan (dilihat dari capaian tekanan maksimumnya) dipengaruhi oleh volume air dalam larutan, dimana 0,75 liter bisa mencapai tekanan hingga 19 psi, sedangkan volume 0,25 liter hanya mampu mencapai 12 psi. Hal ini sesuai dengan teori pemecahan air menjadi hidrogen, sehingga semakin banyak air semakin banyak hidrogen yang bisa dihasilkan. Jumlah kaleng memberikan pengaruh terhadap kecepatan produksi hidrogen dan jumlah hidrogen yang bisa terbentuk. Percobaan 4 dan 5 memperlihatkan bahwa penambahan satu botol kaleng menjadi total 4 botol menghasilkan kecepatan produksi yang tinggi stabil. Campuran dengan kaleng aluminium yang lebih banyak menghasilkan efek kecepatan pembentukan hidrogen yang responsif sehingga pada percobaan 4 dan 5 dalam waktu 3 detik sudah terbentuk gas hidrogen dalam tekanan maksimum.

#### C. Pengaruh gas hidrogen terhadap konsumsi bahan bakar mesin diesel.

Pemberian gas hidrogen bertekanan 1,0 bar pada saluran udara masuk mesin diesel pada berbagai variasi suplai udara segar yang diatur menggunakan gate valve dengan bukaan full, 3/4 , 1/2 dan 1/4 bukaan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Grafik pengaruh pemberian Hidrogen bar pada mesin diesel.

Gambar 3 menunjukkan perubahan pola konsumsi bahan bakar solar yang besar. Pada beban yang semakin besar, selisih konsumsi bahan bakar single fuel dengan dual fuel semakin besar. Sedangkan pada beban yang kecil, terjadi anomali konsumsi pada kondisi bukaan udara penuh sedangkan pada suplai udara  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  dan  $\frac{1}{4}$  bukaan, sudah terjadi penurunan jumlah konsumsi solar. Selisih konsumsi pada kondisi single fuel (hanya solar) dengan dual fuel semakin meningkat dengan semakin besarnya beban yang diberikan. Pada beban 1300 VA, 10 mL solar habis digunakan dalam waktu 32 detik tanpa hidrogen, sedangkan pemberian hidrogen pada bukaan udara full menghasilkan konsumsi 18 detik lebih lama. Disini bisa dilihat juga, selisih waktu konsumsi solar per 10 mL semakin kecil pada suplai udara yang semakin kecil. Hal ini disebabkan dengan jumlah udara yang terbatas maka campuran menjadi semakin kaya sehingga jumlah solar juga semakin banyak. Pengurangan konsumsi solar semakin besar pada beban yang besar dengan tingkat pengiritan mencapai 52% pada bukaan udara penuh dan beban 1300 VA.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian berhasil memproduksi hidrogen dari reaksi kaleng bekas dengan air menggunakan soda api sebagai katalisator dengan waktu reaksi 5 detik dan tekanan 19 psi. Hidrogen juga berhasil dimanfaatkan sebagai supelment bahan bakar mesin diesel pada sistim dual fuel menghasilkan pengurangan konsumsi solar paling tinggi mencapai 52%.

#### DAFTAR REFERENSI

- [1] Hsin-Kai Wang, Chia-Yu Cheng, Yuan-Chung & Kang-Shin Chen, Emission reduction of Air Polutan from a Heavy-duty Diesel Engine Mixed with Various Amounts of H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, Aerosol and Air Quality Research, Volume : 12, 2012, pp : 133-140
- [2] Hong-Wen Wang, Hsing-Wei Chung, Hsin-Te Teng & Guozhong Cao, Generation of Hydrogen from Aluminium dan Water-Effect of Metal Oxide Nanocrystals and Water Quality, International Journal of Hydrogen Energy, Vol : 36, 2011, pp : 15136-15144
- [3] Omran. MP, Oskueyan Mousa & Sedighi Kurosh, Design of Hydrogen Generator for On-Board Hydrogen Generation from Waste Aluminium Chips, International Symposium on Transport Phenomena-22, Netherlands, 2011
- [4] Hiraki Takehito, Takeuchi Masato, Hisa Masaaki and Akiyama Tomohiro, Hydrogen Production from Waste Aluminum at Different Temperatures, with LCA, Materials Transactions, Vol. 46, No. 5, 2005, pp. 1052 – 1057
- [5] Wang. H.Z., Leung.D.Y.C., Leung. M.K.H. & Ni. M., A review on hydrogen production using aluminum and aluminum alloys, Journal of Renewable and Sustainable Energy Reviews 13, 2009, pp: 845–853
- [6] Petrovic John & Thomas George, Reaction of Aluminum with Water to Produce Hydrogen: A Study of Issues Related to the Use of Aluminum, U.S. Department of Energy, Version 2-2010
- [7] Skrovan. J., Alfantazi. A & Troczynski. T., Hydrogen Generation by Accelerating Aluminum Corrosion in Water with Alumina, Journal of World Academy of Science, Engineering and Technology Vol : 55, 2011, pp : 325-330
- [8] Ranjit. P.S & Saxena Mukesh, Prospects and Perspective of Hydrogen utilization in Compression Igniton Engines-A review, International journal of scientific and engineering research vol: 2, 2013, pp : 137-140
- [9] Ranjit P.S. & Saxena Mukesh, State of The Art of Storage and Handling issues to High Pressure Gaseous Hydrogen to make use in Internal Combustion Engines, International journal of scientific and engineering research vol: 3, 2012, pp : 1-17
- [10] Bari.s & Ismael Muhammad, Effect of H<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> addition in increasing the thermal efficiency of diesel engine, International Journal of Fuel, vol.89, 2010, pp: 378-383
- [11] Chairsermtawan Prateep, Jarungthammachote Sompoo, Chuepeng Sataporn & Kiatiwat Thanya, Gaseous Emissions and Combustion Efficiency Analysis of Hydrogen-Diesel Dual Fuel Engine under Fuel-Lean Condition, American Journal of Applied Sciences, Vol.9, 2012, pp: 1813-1827