

RAMLI SITANGGANG

R&D Review of Sustainable and Renewable Energy based on hydrogen as an energy carriers and Path Way for Transition to Hydrogen Energy in the world

DRIVING FORCES

TEKNOLOGI ENERGI

Masa Depan Basis Hidrogen



Pengantar

Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti Kusumayudha, M.Sc.
Rektor UPN "Veteran" Yogyakarta

Pengantar

Penerbitan buku ini akan menjelaskan suatu kemajuan teknologi energi berkelanjutan yang merupakan salah satu ukuran posisi tawar dalam persaingan energi global pada masa yang akan datang. Meskipun teknologi ini masih relatif baru di Indonesia, akan tetapi, sangat diperlukan penyebaran perkembangannya, baik pada institusi pendidikan, perusahaan swasta, perusahaan negara, *stacholder* industri maupun masyarakat pada umumnya. Dalam buku perdana ini mengenalkan *driving forces* teknologi energi masa depan berbasis hidrogen yang cukup terkenal dengan *zero* emisi dan sangat kuat pengaruhnya terhadap pembangunan energy berkelanjutan setiap negara di dunia. Ini terjadi setelah munculnya kesepakatan *Kyoto Protokol* yang mendorong semua negara termasuk Indonesia untuk berkomitmen menghindari emisi. Dalam buku ini juga diterangkan konsep *energy carrier* hidrogen sesuai dengan Indonesia yang terdiri dari ribuan pulau. Adapun manfaat yang dapat diambil dari buku ini adalah sebagai buku referensi tentang perkembangan teknologi penyediaan energi berbasis hidrogen *diseluruh dunia* yang mungkin diperlukan para penentu kebijakan energi Indonesia, dan sekaligus bermanfaat bagi peneliti agar inovasi teknologinya dapat bergerak menuju ke ekonomian yang berdaya saing dengan import teknologi sesuai program Menristekdikti.

Rektor

Dr.Ir.

UPN"Veteran" Yogyakarta

Biodata

Tenaga pengajar tetap bidang teknik kimia 26 pada Departemen Teknik Kimia UPN Yogyakarta, 16 tahun menekuni *training and Consulting* untuk bidang MIGAS, Industri Petrokimia. Pernah menjadi kepala production di industri timah (1986-1987), *Research Officer at Institute of Fuel Cell Technology*, UKM, Malaysia (2002- 2006). Pejabat bidang Proses dan Fellow (Tenaga Profesional), Institut Teknologi Fuel Cell UKM (2008), Jabatan Hubungan Internasional, Institut Fuel UKM (2008), Reviewer Hibah Bersaing bidang Rekayasa di Ditjen Dikti sejak 2010, Plant designer for LPG filling station and piping system (1987-1988), Plant designer for blending petroleum station (1995-1998), Plant designer for petroleum station (1995-1998), PT. Sigma Rancang Perdana. Research and Plant Design Experience on producing high performance MEA for PEM fuel cell focusing on manufacturing ink for gas diffusion



layer and electrode layer, manufacturing of gas diffusion layers for anode and cathode, manufacturing catalyst layers for anode and cathode, and membrane electrode assembly. Long term performance of MEA for PEM fuel cell is also studied. Internasional Journal: Fabrication PEM Fuel Cell based on X-Y robotic Spraying Technique, Innovative Membrane Electrode Assembly (MEA) Design for Proton Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC). Patent Engineering No. Patent : PI 20072279 (2007), Process for making catalyst by impregnation of platinum on activated carbon. No. Patent : PI 20071902 (2007), An Electrochemical Power Generator. No. Patent : PI

20072055 (2007), An Air-Cooled Electrochemical Power Generator. No. Patent : PI 20082673 (2008), Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stack with open Cathode. No. Patent : PI 20084371 (2008), A fuel cell System for vehicle Power Generation. No. Patent : PI 20092917 (2009), Water-Cooled Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stack. No. Patent : PI 20093256 (2009), A Method Of Formulating An Ink Composition. No. Patent : PI 20093256 (2009). List of Awards Perak (Award), Serindit-Zero Emission Vehicle International Invention, Innovation, Industrial Design & Technology (I.TEX) Event Organizer (2005). Perak (Award), Innovative Robotic Spraying Machine Formembrane Electrode Assembly In Pem Fuel Cell International Invention, Innovation, Industrial Design & Technology (I.TEX) Event organizer (2005). Perak (Award), 1 Kw Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Prototype Expo



Espacenet search results on 25-11-2013 08:45

3 results found in the Worldwide database for:
 (a) = rank and (b) = weighting using Smart search
 Displaying selected publications:

Publication	Title	Date
WO/2009/09283 (A1)	WATER-COOLED POLYMER ELECTROLYTE MEMB.	2009
WO/2009/09282 (A1)	PROCESS FOR MAKING CATALYST BY IMPREGN.	2009
WO/2009/09284 (A1)	AIR ELECTROCHEMICAL POWER GENERATOR	2009
WO/2007/1902 (A1)	INNOVATIVE MEMBRANE ELECTRODE ASSEMBLY	2007

Science, Technology & Innovation, PWTC, Kuala Lumpur Event organizer (2004). Perunggu (Award), Inovative Spraying Technique For Fabrication Of Gas Diffusion Electrode In Fuel Cell Expo Science, Technology & Innovation 2004, PWTC, Kuala Lumpur Event organizer (2004). Emas (Award), Serindit li - Fuel Vehicle (Submitted Project Title), Penelitian dan Pengembangan (R&D) IPTA, Pwtc Kuala Lumpur, Event Organizer (2005). Perunggu (Award), Membranc Electrode Assembly Design, Pameran Penyelidikan dan Pembangunan (R&D) IPTA, PWTC Kuala Lumpur, Event Organizer (2005). Emas (Award), Sel Bahan Bakar Membran Polimer Elektrolit Berkuasa 1 Kw-, Ekspo Penyelidikan dan Inovasi UKM Sektor Tenaga dan Mineral, Event Organizer (2004). Anugerah Istimewa & Emas (Award), Membrane Electrode Assembly Design, Ekspo Penyelidikan dan Inovasi UKM, Sektor Bahan Bakar, Tenaga dan Alam Sekitar, Event organizer (2005). Emas (Award), Bahan Bakar Serindit li Fuel Cell Vehicle, Ekspo Ekspo Penyelidikan dan Inovasi UKM, Sektor Bahan, Tenaga dan Alam Sekitar, Event Organizer (2005). Emas dan Anugerah Istimewa dari Croatia (Award), Serindit li - Zero Emission Vehicle, International Exhibition of Invention New Techniques And Products, Geneva 5-9 April 2006, Event Organizer (2006). Emas (Award), Portable Fuel Back -Up Power Generator, Keputusan Pameran I.TEX (19-21mei 2006) KLCC, Event organizer (2006). Emas (Award), Portable

Fuel Power Generator Generator LESTARI 1000 (Submitted Project Title), Keputusan Pameran I.TEX, KLCC, Event organizer (2006). Emas (Award), Innovative Open Cathode 500 W Polymer Electrolyte Membrane Air-cooled Fuel Stack, Keputusan Pameran I.TEX KLCC, Event organizer (2007). Emas (Award), Innovative 5 kW Polymer Electrolyte Membrane Water-Cooled Fuel Stack, Portable Fuel Cell Back -Up Power , Keputusan Pameran I.TEX, KLCC, Event organizer (2007). Emas (Award), Portable Fuel Power Generator, Portable Fuel Back -Up Power, LESTARI 5000, Keputusan Pameran I.TEX (19-21Mei 2006) KLCC, Event organizer (2006). Perak (Award), Portable Fuel Power Generator, Direct Methanol Fuel Cell MTE, Event Organizer (2008). Perak (Award), Design Advisor tool for Direct Methanol Fuel Cell (DMFC), Portable Fuel Cell Power Generator, Direct Methanol Fuel Cell MTE, Event organizer (2008). Emas dan Anugerah Istimewa (Award), Multi stack DMFC, Portable, Direct Methanol Fuel Cell MTE, Event Organizer USA(2008). Emas dan Anugerah Istimewa (Award), Fuel Cell Portable, International Exhibition of Inventions New Techniques And Products, ASEAN, Singapore, Direct Methanol Fuel Cell MTE, Event organizer USA(2008).

Untuk informasi lebih lanjut mengenai penulis, kunjungi laman jejaring sosial penulis dengan alamat e-mail: heru.sigit.purwanto@upn-yogyakarta.ac.id. Selama ini buku sesuai bidang kefarmasian penulis dengan bahasan hasil penelitian yang relevan ini ditulis dengan 6 chapter dan sekaligus memiliki ISBN sesuai format UNESCO. Buku diterbitkan oleh penerbit Badan Ilmiah Perguruan Tinggi UPN "Veteran" Yogyakarta. Isi buku mengembangk masalah yang memiliki nilai kebaruan, metodologi pemecahan masalah energi di Indonesia dengan dukungan data berbagai sumber, serta ada kesimpulan dan daftar pustaka. Buku ini merupakan produk LPPM dan Laboratorium Terpadu Kestelidika UPN "Veteran" Yogyakarta.

Mengetahui LPPM UPN "Veteran" Yogyakarta

Kesua

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT

Katagori Buku Referensi

Karya ilmiah edisi pertama ini berbentuk buku referensi dari hasil penelitian dan sekaligus pemikiran-pemikiran yang berkembang. Dalam buku referensi ini memiliki substansi yang fokus pembahasannya pada kerangka bidang energi yang berbasis teknologi hidrogen dimasa yang akan datang. Karya ilmiah ini diusulkan penulis menjadi komponen penelitian dengan angka kredit 6 x 20 sampai 40. Sedang, isi buku sesuai bidang keilmuan penulis dengan bahasan hasil pemikiran yang selama ini digeluti dengan 6 chapter dan sekaligus memiliki ISBN sesuai format UNESCO. Buku diterbitkan oleh penerbit Badan Ilmiah Perguruan Tinggi UPN"Veteran" Yogyakarta. Isi buku mengandung masalah yang memiliki nilai kebaruan, metodologi pemecahan masalah energi di Indoneaia dengan dukungan data berbagai sumber, serta ada kesimpulan dan daftar pustaka. Buku ini merupakan produk LPPM dan Laboratorium Terpadu Ristekdikti UPN "Veteran" Yogyakarta.

Mengetahui LPPM UPN"Veteran" Yogyakarta

Ketua

Dr.Ir. Heru Sigit Purwanto, MT

Daftar Singkatan

ASEAN	: Association of Southeast Asian Nations
BaU	: Business as Usual
BBG	: Bahan Bakar Gas
BBM	: Bahan Bakar Minyak
BBN	: Bahan Bakar Nabati
bcm	: Billion Cubic Metres
BOPD	: Barrels of Oil per Day
CO ₂	: Carbon Dioxide
EB	: Energi Berkelanjutan
EBT	: Energi Baru Terbarukan
GW	: Giga Watt
IDO	: Industrial Diesel Oil
IEA	: International Energy Agency
KEN	: Kebijakan Energi Nasional
KWh	: Kilo watt hour
LNG	: Liquefied Natural Gas
LH	: Liquefied Hydrogen
MW	: Mega Watt
Mb/d	: Million Barrel per Day
MMSCF	: Million Standard Cubic Feet
MMSCFD	: Million Standard Cubic Feet per Day
OEI	: Outlook Energi Indonesia
OE CD	: Organisation for Economic Co-operation and Development
OPEC	: Organisation of the Petroleum Exporting Countries
PDB	: Produk Domestik Bruto
PLTA	: Pembangkit Listrik Tenaga Air
PLTB	: Pembangkit Listrik Tenaga Bayu
PLTD	: Pembangkit Listrik Tenaga Diesel
PLTG	: Pembangkit Listrik Tenaga Gas
PLTGU	: Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap
PLTL	: Pembangkit Listrik Tenaga Laut
PLTMH	: Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro
PLTN	: Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir

PLTS	: Pembangkit Listrik Tenaga Surya
PLTP	: Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi
PLTU	: Pembangkit Listrik Tenaga Uap
RAN-GRK	: Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca
RON	: Research Octane Number
TOE	: Tonnes oil equivalent
TCM	: Trillion cubic meters
TWh	: Tera Watt Hour
TSCF	: Trillion Standard Cubic Feet

BAB 2.

LANDASAN DRIVING FORCES TEKNOLOGI

ENERGI

2.1	Proyeksi Kebutuhan Energi Jangka Panjang	9
2.1.1	Dunia	9
2.1.2	ASEAN	10
2.1.3	Indonesia	11
2.1	Sumber dan Ketersediaan Energi Indonesia	12
2.1.1	Sumber Energi	12
2.1.2	Kebutuhan Energi Final	14
2.2	Perkembangan Bahan Bakar	16
2.2.1	Bahan Bakar Reformulasi Gasolin (RFG)	17
2.2.2	Bahan bakar Gasohol	19
2.2.2.1	Amerika Serikat	19
2.2.2.2	Kanada	19
2.2.2.3	Uni Eropa	19
2.2.2.4	India	19
2.2.2.5	Cina	20
2.2.2.6	Jepang	20
2.2.2.7	Indonesia	21
2.2.3	Bahan Bakar Etanol	23
2.3	Permasalahan Gasolin menjadi Gasohol	24
2.4	Permasalahan Pengurangan Emisi	26
2.4.1	Dampak Ekstraksi Minyak Fosil	26
2.4.2	Emisi dan Pemutaran Global	28
2.4.3	Carbon Capture and storage CO ₂ (CCS)	30
2.4.4	CO ₂ Capture based on Micro Algae	34

Daftar Isi

Prakata

Daftar Singkatan

Daftar isi

BAB 1.

PENGENALAN DRIVING FORCES ENERGI

- 1.1. Energi Masa Depan 1
- 1.2. Maksud dan Tujuan 8

BAB 2.

LANDASAN DRIVING FORCES TEKNOLOGI ENERGI

- 2.1. Proyeksi Kebutuhan Energi Jangka Panjang..... 9
 - 2.1.1. Dunia 9
 - 2.1.2. ASEAN 10
 - 2.1.3. Indonesia 11
- 2.1. Sumber dan Kebutuhan Energi Indonesia 12
 - 2.1.1 Sumber Energi 12
 - 2.1.2 Kebutuhan Energi Final 14
- 2.2. Perkembangan Bahan Bakar 16
 - 2.2.1. Bahan Bakar Reformulasi Gasolin (RFG) 17
 - 2.2.2. Bahan bakar Gasohol 19
 - 2.2.2.1. Amerika Serikat 19
 - 2.2.2.2. Kanada 19
 - 2.2.2.3. Uni Eropa 19
 - 2.2.2.4. India 19
 - 2.2.2.5. Cina 20
 - 2.2.2.6. Jepang 20
 - 2.2.2.7. Indonesia 21
 - 2.2.3. Bahan Bakar Etanol 23
- 2.3. Permasalahan Gasolin menjadi Gasohol 24
- 2.4. Permasalahan Pengurangan Emisi 26
 - 2.4.1. Dampak Ekstraksi Minyak Fosil 26
 - 2.4.2. Emisi dan Pemanasan Global 29
 - 2.4.3. *Carbon Capture and storage* CO₂ (CCS) 30
 - 2.4.4. *CO₂ Capture based on Micro Algae* 36

2.4.5.	Pengurangan Emisi Basis Bahan Bakar Alternatifi ..	37
2.4.6.	<i>Zero Emission</i> Berbasis Hidrogen	40
2.4.7.	Perdebatan Hidrogen sebagai Sumber Energi	43
2.4.8.	Perkembangan Peralihan Bahan Bakar	46

BAB 3

METODOLOGI ENERGI BERBASIS HIDROGEN

3.1.	Hidrogen sebagai Basis Energi	51
3.2.	Analisis Driving forces Teknologi Hidrogen	54
3.2.1.	Islandia	54
3.2.2.	Komisi Eropa	58
3.2.3.	Amerika Serikat (AS)	64
3.2.4.	Kanada	68
3.2.5.	Jepang	71
3.2.6.	Indonesia	74
3.2.6.1.	Australia	77
3.2.6.2.	Brazil	78
3.2.6.3.	India	79
3.2.6.4.	Korea Selatan	80
3.2.6.5.	Selandia Baru	81

BAB 4.

MODEL AKSES ENERGI RIBUAN PULAU

4.1.	Perkembangan Teknologi	83
4.2.	Hidrogen sebagai BB <i>Fuel Cells</i>	85
4.3.	<i>Fuel cell</i> sebagai Generator listrik	90
4.3.1.	Jenis dan Bahan <i>Fuel Cell</i>	91
4.3.2.	<i>Commercialization Status and Trends</i>	94
4.4.	Status Potensi Energi Indonesia sampai 2050	97
4.5.	Alur eksekusi ketersediaan teknologi energi	102
4.6.	Konsep Akses Energi Ribuan Pulau Indonesia	104
4.6.1.	Status Pengembangan Energi Dengan Hidrogen ..	110
4.6.2.	Metode Transfer sumber energi berbasisi Pembawa energi	111
4.7.	Teknologi Produksi Hidrogen dari EBT	113
4.8.	Pencairan Hidrogen Analog dengan LNG	115
4.9.	Metode Penyimpanan Hidrogen	116
4.9.1.	Tangki Penyimpan Hidrogen Gas pada Tekanan Tinggi.	117
4.9.2.	Tangki Penyimpan Hidrogen Cair	118

4.9.3. Penyimpan Hidrogen Padat	118
4.10. Resiko Hidrogen	119
4.11. Stasiun Pengisian Hidrogen	120
4.12. Distribusi Hidrogen	122

BAB 5.

PENGURANGAN BIAYA TEKNOLOGI ENERGI

5.1. Tren Global Tahun 2050	127
5.2. Tren Global 2080	128
5.3. Masalah Teknologi	130
5.3.1. Pengangkutan Energi	130
5.3.1. Teknologi Hidrogen	131
5.3.3. Teknologi <i>Fuel Cell</i>	133
5.3.3.1. <i>Fuel Cell</i> biaya tinggi	134
5.3.3.2. Pengurangan Biaya Teknologi	134
5.3.3.3. Alih Teknologi	140
5.3.3.4. Roadmap Teknologi	141
5.4. Driving forces tahun 2030 untuk Masyarakat	143
5.4.1. Aplikasi Hidrogen	143
5.4.2. Proyek Demonstrasi Hidrogen	144
5.4.3. Inisiatif Transportasi Masa Depan Zero Emission ..	145
5.4.4. Inisiatif Power Generation Zero Emission	147

BAB 7.

KESIMPULAN	149
SARAN	151
DAFTAR PUSTAKA	152
LAMPIRAN	166

PRAKATA by Kefrenal

Penulisan ini salah satu bagian yang paling penting dalam pengembangan hidrogen sebagai pembawa energi dari berbagai sumber energi dan Teknologi fuel cell mengubah gas hidrogen menjadi listrik. Dalam tulisan ini ada dua bagian pemetaan, pertama adalah teknologi energi berbasis hidrogen diberbagai negara maju, kedua adalah kerangka penerapan konsep teknologi hidrogen sebagai pembawa energi dari sumber energi ke konsumen yang sangat sesuai di indonesia dan ketiga adalah driving forces untuk masyarakat. Dari hasil pemetaan dan analisis penulis menunjukkan, teknologi energi berbasis hidrogen dan fuel cell sangat menguat menuju kejayaan ekonomi hidrogen. Sedangkan pengembangannya sudah cenderung memasuki tahap infrastruktur. Selain itu, menjelaskan ringkasan berbagai pengembangan konfigurasi untuk menurunkan biaya teknologi. Semua hasil ulasan ini dapat digunakan sebagai salah satu informasi untuk mendukung pengembangan teknologi roadmap berbagai sektor yang berkaitan dengan energi berbasis hidrogen fuel cell yang akan dilakukan para peneliti selanjutnya.

Penyusun

Penyusun Buku Referensi

Dr. Ir. Ramli Sitanggang, MT
(Ph.D, Produk Teknologi Fuel Cell)

Alamat, Laboratorium Terpadu Ristekdikti UPN"Veteran"
Yogyakarta

Reviewer.

Ass. Prof. Edy Majlan

Prof. Wan Ramli Wan Daud

Chemical Engineering Department of Chemical & Process
Engineering, Faculty of Engineering, Universiti Kebangsaan
Malaysia, 43600 UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA

DRIVING FORCES TEKNOLOGI ENERGI Masa Depan Basis Hidrogen

Dalam buku ini dijelaskan mengenai *driving forces*, suatu teknologi energi masa depan berbasis hidrogen dengan *zero* emisi. *Driving forces* sangat kuat pengaruhnya terhadap pembangunan energi berkelanjutan setiap negara di dunia. Hal itu telah diungkap dalam nota kesepahaman *Kyoto Protokol*. Dalam *Kyoto Protokol* semua negara termasuk Indonesia dihimbau untuk memiliki komitmen menghindari adanya emisi energi. Selain hal itu dalam buku ini juga diterangkan mengenai konsep *energy carrier* hidrogen sesuai dengan kondisi Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) yang terdiri dari ribuan pulau terbentang dari Sabang hingga Merauke.

Prof. Dr. Ir. Sari Bahagiarti K., M.Sc.
Rektor Universitas Pembangunan
Nasional
(UPN) "Veteran" Yogyakarta

Buku ini adalah hasil penelitian dan sekaligus pemikiran-pemikiran yang berkembang. Buku ini memiliki substansi yang berfokus pada pembahasan bidang energi berbasis teknologi hidrogen dimasa yang akan datang. Materi bahasan dalam buku ini memiliki nilai kebaruan dan diulas menggunakan metodologi pemecahan masalah energi di Indonesia. Buku ini sangat layak untuk dijadikan sebagai *buku referensi* bagi peneliti bidang teknologi energi hidrogen (*driving forces*). Buku ini juga penting dibaca oleh para penentu kebijakan energi di Indonesia.

Dr. Ir. Heru Sigit Purwanto, MT.
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada
Masyarakat (LPPM) UPN "Veteran" Yogyakarta

Dengan diterbitkannya buku ini setidaknya kebutuhan akan buku referensi tentang perkembangan teknologi penyediaan energi berbasis hidrogen dapat dipenuhi. Buku ini penting dibaca oleh mahasiswa yang menggeluti bidang teknologi energi masa depan maupun siapa saja yang berminat mengetahui arti pentingnya *driving forces* dalam kehidupan demi kemajuan sebuah bangsa.

Ass. Prof. Edy Majlan
Prof. Wan Ramli Wan Daud
Chemical Engineering Department of Chemical & Process Engineering,
Faculty of Engineering, Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600
UKM Bangi, Selangor Darul Ehsan, MALAYSIA



Dosen Teknik Kimia. Telah menerima 20 penghargaan Internasional dan Patent Engineering No. Patent : PI 20072279, Process for making catalyst by impregnation of platinum on activated carbon. No. Patent : PI 20071902, An Electrochemical Power Generator, No. Patent : PI 20072055, An Air-Cooled Electrochemical Power Generator, . No. Patent : PI 20082673, Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stack with open Cathode. No. Patent : PI 20084371, A fuel cell System for vehicle Power Generation . No. Patent : PI 20092917 (2009), Water-Cooled Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell Stack. No. Patent : PI 20093256, A Method of Formulating an Ink Composition. No. Patent : PI 20093256.



Global Pustaka Utama
Jl. Wonosari Km.6,5, Kompleks Banguntapan Permai,
Kalangan Baru RT.19, Gang Abimanyu No.03,
Baturetno, Banguntapan, Yogyakarta
Telp. (0274) 443352, 0813 9213 6976;
Email : globalpustaka@yahoo.com

ISBN: 978-979-3146-64-5

