

**SISTEM KENDIRI PENGHASILAN HIDROGEN
HIBRID FOTOVOLTA-ANGIN**

MOHD ZAMRI BIN IBRAHIM

UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA

SISTEM KENDIRI PENGHASILAN HIDROGEN HIBRID
FOTOVOLTA-ANGIN

MOHD ZAMRI BIN IBRAHIM

TESIS YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMPEROLEH IJAZAH
DOKTOR FALSAFAH

FAKULTI KEJURUTERAAN
UNIVERSITI KEBANGSAAN MALAYSIA
BANGI

2007

PENAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang tiap-tiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

1 Ogos 2007

MOHD ZAMRI BIN IBRAHIM

P25257

PENGHARGAAN

Dengan nama Allah yang Maha Pemurah lagi Maha Mengasihani pertama-tamanya saya ingin memanjatkan setinggi-tinggi kesyukuran ke hadrat Allah S.W.T. kerana telah mengurniakan kekuatan, semangat serta kesabaran yang tinggi dalam menghadapi usaha yang murni ini. Setelah sekian lama bertungkus-lumus menghadapi segala rintangan dan cabaran akhirnya dengan izinNya jua maka usaha menyiapkan kerja-kerja sampai ke penghujungnya.

Diucapkan setinggi-tinggi ribuan terima kasih kepada penyelia utama penyelidikan ini, iaitu Profesor Dr. Kamaruzzaman Sopian, penyelia bersama Profesor Dr Ir Haji Wan Ramli Wan Daud, Profesor Dr. Yusof Othman dan Profesor Dr Baharuddin Mohd Yatim kerana sanggup meluangkan sedikit masa memberi tunjuk ajar dan nasihat yang berguna di sepanjang penyelidikan ini dilaksanakan.

Terima kasih juga saya ucapkan kepada Kolej Universiti Sains dan Teknologi Malaysia, KUSTEM dan Kementerian Sains, Teknologi dan Alam Sekitar, MOSTI kerana memberi peluang serta bantuan kewangan bagi saya mencapai setinggi-tinggi peringkat pengajian. Sekali lagi ucapan terima kasih kepada Profesor Dr. Kamaruzzaman Sopian kerana dapat memperuntukkan IRPA bagi melakukan penyelidikan ini. Ucapan terima kasih sekali lagi kepada pihak KUSTEM, kerana memberi kebenaran membangunkan sistem uji kaji di lokasi yang strategik bagi menjayakan kajian ini.

Di peringkat peribadi, terima kasih diucapkan kepada isteri saya, Nur Malia Alias, anak-anak, Muhammad Danial Hakim, Nur Dalilah Hikmah dan Muhammad Danial Harith Farhan, Emak, Ayah, Ummi dan Abah di kampung yang begitu bersabar dan memahami dengan segala masalah yang saya hadapi selama menyiapkan penyelidikan ini.

Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada En. Mohammad Awang (Chief), saudara Razman, saudara Rozimi, saudara Mahmud, Syarikat Intelligents Power Supply (En Shadzli, saudara Rida dan Ir Mejar(B) Bakar), kerana banyak memberi bantuan serta pertolongan yang tidak dapat saya balas dalam membangunkan sistem uji kaji hibrid fotovolta-angin ini. Ucapan terima kasih jua kepada sesiapa yang terlibat secara langsung dan tidak langsung yang pernah memberi pertolongan serta bantuan, tunjuk ajar serta memberi kata-kata nasihat dan semangat ketika saya sedang bergelut dalam menyiapkan tesis ini. Ucapan terima kasih khasnya saya tujukan kepada saudara Wan Masli, Baharuddin, Pak Ramli, Pak Tjukup dari Kumpulan Sel Bahan Api UKM dan saudara Arif, juruteknik serta En. Rahim dalam melaksanakan pembangunan sel tindanan elektroliser Polimer Pertukaran Proton (elektroliser PEM) sehingga berjaya.

Akhir kata, sebagai peringatan dan renungan; walau sekian banyak serta susah masalah yang dihadapi, daya usaha usah ditinggalkan, InsyaAllah dengan berkat usaha yang gigih, berdoa dan tawakal ke hadrat Illahi, kejayaan akan Allah kurniakan. InsyaAllah. Amin Ya Rabbaa'lamin.

ABSTRAK

Hidrogen merupakan satu sumber tenaga alternatif yang berpotensi pada masa hadapan. Hari ini hidrogen diperolehi dari industri bahan bakar fosil atau petroleum, yang sudah pasti sumbernya adalah terhad dan pembakarannya mencemarkan alam sekitar. Penjanaan hidrogen melalui elektrolisis air bersumberkan tenaga keterbaharuan adalah satu kaedah alternatif yang bersih lagi mapan. Namun, teknologi ini dikatakan mahal dan tidak kompetitif serta operasinya dipengaruhi oleh keadaan iklim setempat. Justeru, suatu penilaian, pembangunan dan reka bentuk Sistem Kendiri Hibrid PV-Angin untuk penjanaan hidrogen melalui kaedah elektrolisis air dilakukan. Sistem hibrid terdiri daripada satu unit turbin angin; 12 modul fotovolt; 24 V sistem bateri; pengawal cas; sistem perolehan data dan sebuah elektroliser jenis polimer pertukaran proton. Turbin angin 1 kW dengan bilah turbin bergaris pusat 2.5 meter beroperasi pada halaju angin permulaan dan halaju penjanaan ialah 3.0 dan 2.5 m/s. Modul fotovolt amorfus tiga simpang dipasang pada kecondongan 5° bagi memperolehi tenaga keluaran yang optimum. Spesifikasi teknikal modul dengan kadar kuasa 64 Watt; voltan operasi 16.5 V; arus operasi 3.88 A; arus litar pintas 4.8 A telah direkabentuk (2 siri dan 6 selari) bagi menjana kuasa fotovolt 1 kW. Dua belas unit bateri disambung sesiri bagi menghasilkan 24 V arus terus dan 1000 amp-jam. Sistem perolehan data telah digunakan bagi mengumpul dan memantau parameter penting seperti radasi suria, halaju angin, kuasa bateri, suhu sekitaran, kuasa elektroliser serta kadar penjanaan hidrogen. Satu kilowatt kadar kuasa elektroliser PEM yang terdiri daripada 10 sel tindanan disambung secara dwi kutub digunakan sebagai peranti untuk penghasilan hidrogen dan oksigen direkabentuk dan dioptimumkan. Membran nafion 115 dengan keluasan MEA adalah 10 cm x 10 cm (100 cm²) serta pemangkin di sebelah anod ialah IrRuOx dan PtB di sebelah katod dengan muatan 3.0 mg/cm² telah digunakan. Reka bentuk corak lurus dan selari medan aliran air dan gas telah dilakukan keatas kepingan grafit dwi kutub. Prestasi sistem telah dinilai dan dioptimumkan dalam suasana iklim tropikal iaitu di Pantai Timur Semenanjung Malaysia. Data meteorologi bagi tempoh setahun digunakan dengan perisian MATLAB bagi melihat keupayaan sumber tenaga keterbaharuan bagi penjanaan hidrogen. Bateri digunakan sebagai penimbal supaya meminimumkan nilai turun-naik bekalan arus ke elektroliser serta meningkatkan kadar penjanaan hidrogen. Pengeluaran hidrogen yang diperolehi ialah 167.5 Nm³/tahun dengan tempoh masa kumulatif operasi sistem selama 6,607 jam. Eksperimen pada tiga musim yang berbeza dilakukan untuk mengetahui kecekapan elektroliser dan sistem keseluruhannya. Seterusnya, kajian tekno-ekonomi dilaksanakan untuk mengetahui tahap kompetitif sistem berbanding sistem sedia ada. Kos tenaga yang murah untuk pengeluaran hidrogen adalah diperolehi dari hibrid fotovolt, turbin angin dan bateri dengan kos US\$ 0.5 /kWj, kedua adalah dari sistem fotovolt dengan kos US\$ 0.85 /kWj dan ketiga adalah dari turbin angin dengan kos US\$ 1.25 /kWj. Sementara, kos pengeluaran hidrogen secara hibrid ialah 140-144 (US\$/GJ), fotovolt ialah 237-240 (US\$/GJ) dan turbin angin ialah 348-351 (US\$/GJ). Kecekapan keseluruhan sistem ialah 6-7 %. Hasil kajian juga boleh dijadikan panduan terutamanya dari segi nilai ekonomi seperti kos tenaga dan kos pengeluaran hidrogen kepada pihak yang berhasrat membangunkan sistem penjanaan hidrogen berasaskan tenaga keterbaharuan khususnya dari tenaga angin dan suria.

STANDALONE HYBRID PHOTOVOLTAIC-WIND HYDROGEN PRODUCTION SYSTEM

ABSTRACT

Hydrogen has great potential as alternative energy carrier for the future. Most of hydrogen available today is extracted from the fossil fuel based. Fossil fuels are limited and their combustion products pollute the environment. Production of renewable hydrogen via water electrolysis is considered clean and sustainable alternative technology. Nevertheless, previous researchers have claimed that it is expensive, not competitive and its' operation is significantly depending on the local climate conditions. Hence, a standalone hybrid PV-Wind hydrogen production system via water electrolysis has been designed, constructed and evaluated. The hybrid hydrogen production system rig set-up consists of one unit wind energy converter; 12 modules of photovoltaic; 24 V battery systems; charge controller; data acquisition system and PEM electrolyser system. The 1 kW WEC unit included a rotor diameter 2.5 m. The start-up and cut-in wind speed for the turbine is 3.0 and 2.5 m/s respectively. A triple junction of amorphous modules photovoltaic has been installed at 5° inclination for getting the optimum energy production. The specification of each module used as followed: rated power 64 Watts; operating voltage 16.5 V; operating current 3.88 A; short circuit current 4.8 A per module, connected 2 in series and 6 in parallel in order to generate approximately 1 kW of solar power. Twelve units battery storage connected in series has been used to produce 24 V DC and 1000 Ah system. Data acquisition system has been applied for monitoring the important parameters such as solar radiation, wind speed, battery power, ambient temperature, electrolyser power and hydrogen production rate. The 1 kW rated power of PEM electrolyser as a device to break the molecules of water into hydrogen and oxygen has been designed to accommodate direct current supplied from battery systems. It consists of 10 cells stack connected in a bipolar configuration with main components included nafion 115 membrane with area of MEA about 10 cm x 10 cm (100 cm²) and a catalyst on the anode side was IrRuOx and PtB on the cathode side with loading 3.0 mg/cm² respectively. The parallel and straight flow field design has been constructed on both sides of the bipolar carbon plates. The performance of the renewable hydrogen production system has been evaluated as well as optimised for the tropical climate conditions such as East Coast of Malaysia. One year meteorology data has been used as input data into simulation with MATLAB software in order to see the feasibility of the renewable energy resources. Batteries were used as a buffer to minimise the fluctuation current, which supplied to electrolyser as well as to increase the hydrogen production rate. Hydrogen production capacity obtained was 167.5 Nm³/year with cumulative system operation time was 6,607 hours. Furthermore, an experimental work has been conducted for three differences season in order to obtain an efficiency of electrolyser and the whole system. Moreover, the techno-economics study has also been conducted to evaluate the competitiveness of the studied technology compared to existing technology. The results shown that, the lowest cost of energy in producing hydrogen was obtained from hybrid photovoltaic, wind turbine and battery, which was US\$ 0.5 /kWh, the second cheaper cost of energy was photovoltaic system with a cost of US\$ 0.85 /kWh, and the highest cost of energy was from wind turbine system at a cost US\$ 1.25 /kWh. While, the hydrogen production cost from hybrid system was

140-144 (US\$/GJ), from photovoltaic was 237-240 (US\$/GJ) and from wind turbine was 348-351(US\$/GJ).The overall efficiency of the whole system was 6-7 %. In addition, the results from this study can also be used as guidelines with regards of economic values such as cost of energy and cost of hydrogen production in developing of renewable hydrogen energy production system based.