

INTISARI

Peran hidrogen dalam berbagai sektor merupakan salah satu strategi yang digunakan untuk menunjang kebutuhan energi bersih dengan target *net zero emission* pada tahun 2060. Salah satu peran hidrogen yang dapat dieskalasi adalah melalui utilisasi hidrogen dengan menggunakan *proton exchange membrane fuel cell* (PEMFC). Proses *reverse engineering* perlu dilakukan untuk mengetahui sistem kendali yang dibutuhkan pada pengendalian operasi PEMFC, salah satunya berkaitan dengan proses *anode purging* yang terjadi secara khusus pada *dead-end anode* PEMFC. *Anode purging* merupakan salah satu cara untuk mengatasi kejenuhan hidrogen pada sisi anoda dari *dead-end anode* PEMFC. Parameter utama yang digunakan dalam strategi adalah periode *anode purging* dan lama waktu *anode purging*.

Penelitian ini menjelaskan secara komprehensif terkait proses *anode purging* yang terjadi pada PEMFC *stack* 1000W untuk dapat diketahui parameter kendali yang digunakan. Proses yang dilakukan adalah melalui pengujian pembebanan pada PEMFC *stack* dengan rentang beban 0 hingga 1000 Watt yang selanjutnya direkam beberapa parameter operasi seperti tegangan, arus, *flowrate*, dan tekanan pada PEMFC *stack*. Periode dan lama waktu *anode purging* menjadi parameter utama yang dicari dengan menggunakan analisis grafik terhadap parameter operasi tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, kendali *anode purging* menggunakan *feedforward* dengan parameter arus untuk menentukan periode dan lama waktu *anode purging* dengan beberapa titik transisi. Persamaan empiris $a + b(I - c)^d$ merupakan pendekatan terhadap nilai periode *anode purging* dengan koefisien yang berbeda untuk batas-batas tertentu. Sedangkan lama waktu *anode purging* membentuk fungsi tangga terhadap beban dengan nilai 0,25 detik, 0,30 detik, dan 0,40 detik. Berdasarkan logika *anode purging* tersebut dihasilkan utilisasi hidrogen di atas 92,00% dengan efisiensi total tertinggi sekitar 45,00% pada beban sedang dan 38,00% untuk beban tertinggi.

Kata Kunci: *proton-exchange membrane, reverse engineering, dead-end anode, anode purging, sistem kendali*

ABSTRACT

Hydrogen becomes one of the clean energy strategies to achieve net zero emission in 2060. Utilizing proton-exchange membrane fuel cell (PEMFC) in multiple sectors is one of the methods to escalate hydrogen utilization as part of this ecosystem. Several aspects of proton-exchange membrane fuel cell (PEMFC) are currently in technology developments phase. One of the aspects which is in development is about the control system. Dead-end anode proton-exchange membrane fuel cell (DEA PEMFC) has specific control of the anode purging process which used to rehydrate hydrogen in the anode of DEA PEMFC. The purging period and purging time is a critical parameter which used in anode purging strategy.

During this research, comprehensive experimental studies are performed to reverse engineering the anode purging control method of 1000W PEMFC stack. The PEMFC stack with the specified control method is loaded until 1000 Watt. The experiment records the voltage, current, flowrate and pressure of PEMFC stack on various loads. A further graphical analysis is performed through the parameter recorders to obtain the purging time and the purging period.

From the conducted research, the anode purging control system is using the load current as the feedback of the control system, with several transition points. The anode purging period is use the empirical equation $a + b(I - c)^d$ with various coefficient on specified boundaries. Whereas the anode purging time is mostly a step function of 0.25, 0.30 and 0.40 second. This control method has fuel utilization above 92% with overall peak efficiency around 45% and 38% efficiency on 1000 Watt.

Keywords: *proton-exchange membrane, reverse engineering, dead-end anode, anode purging, control system*