

ANALISIS PENGARUH KETINGGIAN *STEP* PADA *MESO SCALE COMBUSTOR* DENGAN *SUDDEN EXPANSION* TERHADAP KARAKTERISTIK NYALA API TERHADAP ROLLING RESISTANCE

Step High Analysis in Meso Scale Combustor with Sudden Expansion to Flammability Characteristic

Muhammad Rozak¹⁾, Ahmad Adib Rosyadi²⁾, Dedi Dwi Laksana³⁾

^{1,2,3)}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Email : ¹⁾ ahmadadib.teknik@unej.ac.id

ABSTRAK

Micro power generator (MPG) merupakan sebagian teknologi yang saat ini sedang dalam proses pengembangan. MPG merupakan teknologi dengan menggunakan peralatan pembakaran didalam sebuah *combustor* yang memiliki ukuran kecil (*micro / mesoscale combustor*) dengan menggunakan bahan bakar hidrokarbon. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan *combustor* dengan material tembaga dengan bahan bakar LPG yang memvariasikan ukuran diameter *outlet* dengan ukuran 5 mm, 5.5 mm, dan 6 mm, sedangkan untuk diameter inlet digunakan ukuran diameter yang konstan yaitu 4.5 mm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperoleh nyala api yang paling stabil ditunjukkan dengan grafik *flammability limit* dan visualisasi nyala api akibat dari proses pembakaran yang dilakukan didalam *meso scale combustor* dengan *sudden expansion*. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu pada *combustor* dengan ukuran diameter inlet yang konstan 4,5 mm dan dengan variasi diameter outlet dapat diketahui jika semakin besar rentang nilai kecepatan reaktan (v) dan nilai rasio equivalen (ϕ) maka nyala api yang dihasilkan akan lebih stabil. Pada penelitian ini *combustor* dengan variasi outlet 6 mm memiliki nilai rentang kecepatan reaktan (v) dan equivalen rasio (ϕ) yang lebih besar dibandingkan lainnya, pada variasi ukuran diameter outlet 5 mm kecepatan reaktan (v) = 15.46 - 47.74 cm/s dan rasio equivalen (ϕ) = 1.10 - 1.61, pada variasi ukuran diameter outlet 5,5 mm kecepatan reaktan (v) = 15.28 - 49.49 cm/s dan rasio equivalen (ϕ) = 1.08 - 1.63, dan pada variasi ukuran diameter outlet 6 mm kecepatan reaktan (v) = 15.18 - 52.04 cm/s dan rasio equivalen (ϕ) = 1.06 - 1.68.

Kata Kunci : *Micro power generator*, *Meso scale combustor*, *Sudden expansion*, *Step High*

ABSTRACT

Technology development was growing fast in any aspect make the researcher keep innovate. *Micro power generator* (MPG) are technology now in research. MPG is a technology that uses combustion equipment in a small size combustor (*micro / mesoscale combustor*) with hydrocarbon fuels. This research was conducted using combustor with copper material with LPG fuel and varied in size of outlet diameter with a size of 5 mm, 5.5 mm, and 6 mm, while for inlet diameter a constant diameter size of 4.5 mm was used. The purpose of this research is to obtain the most stable flame shown by the *flammability limit* graph and the visualization of the flame formed in the combustion process that occurs in *mesoscale combustor* with *sudden expansion*. This research was conducted at the Energy Conversion Laboratory, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember. The results obtained in this research are in combustors with a constant inlet diameter size of 4.5 mm and with variations in outlet diameter can be seen if the greater the range of reactant speed values (v) and the equivalent ratio value (ϕ), the resulting flame will be more stable. In this research combustor with 6 mm outlet variation has a reactant velocity range (v) and an equivalent ratio (ϕ) that is greater than the other, on variations in outlet diameter size of 5 mm reactant speed (v) = 15.46 - 47.74 cm / s and ratio equivalent (ϕ) = 1.10 - 1.61, in the variation in outlet diameter size of 5.5 mm reactant speed (v) = 15.28 - 49.49 cm / s and the equivalent ratio (ϕ) = 1.08 - 1.63, and in the variation in outlet diameter size of 6 mm reactant (v) = 15.18 - 52.04 cm / s and the equivalent ratio (ϕ) = 1.06 - 1.68.

Keywords: *Micro power generator*, *Mesoscale combustor*, *Sudden expansion*, *Step High*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam segala bidang ilmu menjadikan manusia untuk terus melakukan inovasi. Teknologi yang terus berkembang menjadikan manusia untuk menciptakan berbagai peralatan yang mampu membantu untuk memudahkan pekerjaan yang dilakukan. Peralatan dibuat untuk memiliki kemampuan mobilitas yang tinggi sehingga dapat digunakan kapan saja dan dimana saja. Pada peralatan portabel seperti ini baterai merupakan sumber energi yang banyak digunakan. Sebagai alternatif penggunaan energi baterai, penelitian tentang *meso scale combustor* banyak dilakukan untuk mendapatkan energi alternatif yang jauh lebih efisien dan memiliki daya tinggi.^[5]

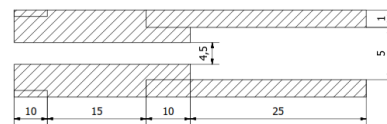
Micro power generator (MPG) merupakan salah satu teknologi tepat guna yang saat ini masi dalam proses pengembangan. MPG merupakan teknologi dengan peralatan pembakaran didalam sebuah *combustor* ukuran kecil (*micro / meso scale combustor*) yang menggunakan senyawa hidrokarbon sebagai bahan bakarnya.^[4] MPG terdiri dari dua komponen utama, meliputi *micro* atau *meso-scale combustor* dan modul pengkonversi energi panas menjadi energi listrik. Besar perbandingannya yaitu 40-45 MJ/kg untuk hidrokarbon dan 1,2MJ/kg untuk baterai (Li-ion) ^[1]. *Meso scale combustor* merupakan suatu alat pengubah energi kimia menjadi energi panas yang sangat penting dalam penggunaan MPG.^[6] Pada proses pembakaran dalam *meso scale combustor* nyala api harus dapat dijaga kestabilannya untuk memperoleh energi panas yang cukup agar dapat digunakan sebagai MPG. *Air fuel ratio* (AFR) menjadi acuan untuk terjadinya nyala api dalam proses pembakaran yang terjadi, AFR merupakan nilai campuran bahan bakar dengan oksidator^[3]. Nyala api pada *meso scale combustor* sangat dipengaruhi oleh *fuel residence time* atau lama waktu tinggal campuran bahan bakar dalam ruang bakar agar dapat terjadi reaksi pembakaran.^[7] Dikarenakan ruang bakar pada *meso scale combustor* memiliki volume yang relatif kecil maka terjadinya *heat loss* akan sangat besar sehingga mengakibatkan nyala api menjadi lebih sulit untuk menjadi stabil didalam *meso scale combustor*. Penambahan *wire mesh* didalam ruang bakar mampu menjadikan nyala api dapat bertahan pada *meso scale combustor*,^[2] *wire mesh* digunakan untuk meningkatkan waktu tinggal campuran bahan bakar (*fuel residence time*) yang menjadikan panas pada *meso scale combustor* menjadi lebih meningkat. Pengoptimalan juga dapat dilakukan dengan melakukan perubahan diameter inlet dengan memberikan *sudden expansion / backward facing step*^[8] untuk menekan laju kehilangan kalor, menambah waktu tinggal (*fuel residence time*), percampuran bahan bakar ulang (*recirculation fuel*).

Perbedaan ketinggian *step* (*backward facing step / sudden expansion*) pada suatu *meso scale combustor* akan dilakukan di penelitian ini guna mengetahui pengaruhnya terhadap karakteristik nyala api yang terbentuk pada penelitian yang berjudul Analisis Pengaruh Ketinggian *Step* pada *Meso Scale Combustor* dengan *Sudden Expansion* terhadap Karakteristik Nyala Api.

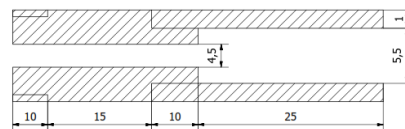
METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental, yaitu dengan mengamati pengaruh ketinggian *step* pada suatu *meso scale combustor* dengan *sudden expansion* menggunakan bahan bakar LPG (*liquefied petroleum gas*) dengan oksidator udara untuk mengetahui karakteristik nyala api yang terbentuk akibat adanya perubahan *step*. Karakteristik nyala api yang diamati pada penelitian ini yaitu grafik batas nyala api (*graph flammability limit*) serta warna nyala api akibat terjadinya proses pembakaran yang dilakukan didalam *meso scale combustor*.

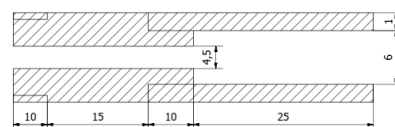
Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah kecepatan aliran didalam *meso scale combustor*, batas nilai *equivalence ratio* pada titik tertinggi mampu terjadi nyala api dan pada titik terendah yang terjadi di dalam *meso scale combustor*. Penelitian ini menggunakan *meso scale combustor* dengan *sudden expansion* berdiameter inlet konstan yaitu 4,5 mm dengan variasi perubahan diameter outlet ukuran 5 mm, 5,5 mm dan 6 mm yang ditunjukkan pada gambar berikut



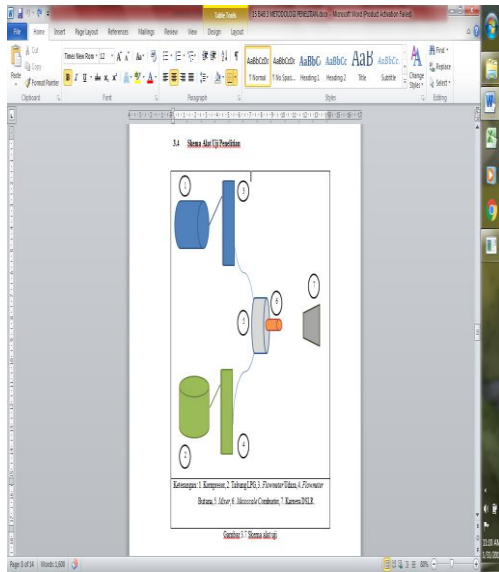
Gambar 1 variasi diameter outlet 5 mm



Gambar 2 variasi diameter 5,5 mm



Gambar 3 variasi diameter 6 mm

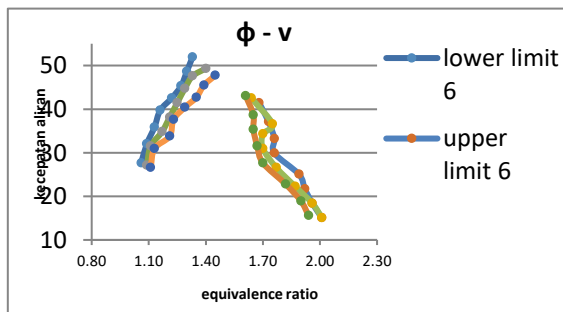


Gambar 4 skema alat uji

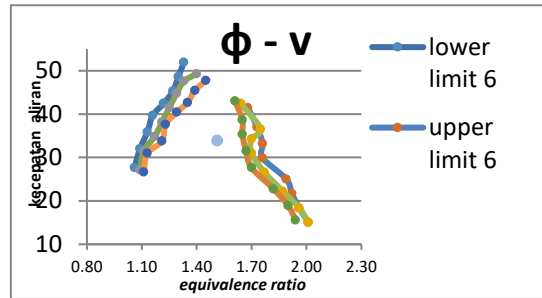
Pengujian dilakukan dengan melakukan percampuran bahan bakar LPG dengan oksidator udara yang dialirkan menuju masing – masing *flowmeter* yang dicampurkan di dalam *mixer*, kemudian dilakukan penyalaa api melalui ujung *combustor* dan jika terjadi nyala api maka dapat dilakukan pengambilan visualisasi nyala api dengan menggunakan kamera.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini ditunjukkan melalui tabel serta grafik *flammability limit* yang menunjukkan batas terendah serta batas tertinggi dari *equivalence ratio* dan kecepatan aliran yang terbentuk pada *meso scale combustor*, dari nilai batas nyala api yang telah diperoleh dapat dilihat bentuk grafik *flammability limit* yang terbentuk untuk menentukan nilai titik tengah pada garfik tersebut yang akan digunakan untuk mengambil data visualisasi nyala api pada masing – masing variasi diameter *outlet combustor*.



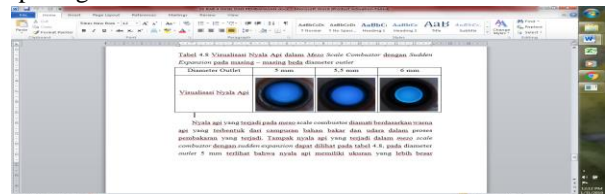
Gambar 5 Grafik equivalence ratio dengan kecepatan aliran



Gambar 6 titik tengah pada grafik *flammability limit*

Pada grafik diatas dapat diketahui bahwa batas nyala api terbesar terdapat pada *meso scale combustor* dengan variasi diameter *outlet* 6 mm, pada diameter *outlet* ini nyala api mampu mencapai batas nyala tertinggi dikarenakan ketinggian *step* sebagai *flame holder* memiliki kemampuan lebih baik. Kecepatan aliran pada diameter ini juga tinggi dikarenakan jumlah bahan bakar dan oksidator yang diperlukan semakin meningkat, dari campuran tersebut nilai *equivalence ratio* juga mengalami peningkatan yang nantinya akan mempengaruhi nyala warna api.

Nyala api yang digunakan untuk pengambilan visualisasi ditentukan dengan menggunakan nilai *equivalence ratio* dan kecepatan aliran titik tengah pada grafik *flammability limit*. Nyala api yang terbentuk dipengaruhi oleh jumlah bahan bakar dan oksidator yang terbakar selama proses pembakaran yang terjadi didalam *meso scale combustor*, semakin tinggi nilai *equivalence ratio* warna api yang terbentuk akan semakin cerah yang akan ditunjukkan pada gambar berikut.



Ukuran nyala api menunjukkan bahwa semakin kecil nyala api yang nampak maka semakin mendekati dengan *step*. Hal ini membuktikan bahwa *step* yang lebih tinggi memiliki kemampuan sebagai *flame holder* yang lebih baik, ketika nyala api lebih stabil maka kemungkinan api untuk padam menjadi lebih kecil sehingga panas yang dihasilkan menjadi lebih baik.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

- (1) Ketinggian *step* akan mempengaruhi nyala api yang terbentuk selama terjadinya proses pembakaran didalam *meso scale combustor* dengan *sudden expansion*, batas nyala api yang terbentuk pada grafik akan meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian diameter *outlet*.

- (2) Ketinggian *step* yang lebih besar menjadikan kemampuan api untuk bertahan dalam *combustor* menjadi lebih baik sehingga panas yang dihasilkan oleh *combustor* tersebut dapat meningkat.
- (3) Warna nyala api menjadi semakin cerah pada variasi diameter *outlet* yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fernandez-Pello, A. Carlos. 2002. *Micropower Generation Using Combustion Issues And Approaches*. Department of Mechanical Engineering University of California. Berkeley. USA. 29 (2002) 883-899.
- [2] Mikami, Maeda, Matsui, Seo, dan Yulianti. 2012. *Combustion of Gaseous and Liquid Fuels in Meso-Scale Tubes with Wire Mesh*. Department of Mechanical Engineering. Yamaguchi University. Japan. Department of Mechanical Engineering, Brawijaya University. Indonesia. 34 (2013) 3387– 3394.
- [3] Moran, Michael J. dan Shapiro, Howard N. 2004. *Termodinamika Teknik*. Edisi Ke-4. Jakarta: Erlangga.
- [4] Raditya, M. A., Wardana, I. N. G., dan Yulianti, L. 2013. *Pengaruh Variasi Jarak Antar Wire Mesh terhadap Karakteristik Pembakaran Pada Mesoscale Combustor*. Malang. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- [5] Rohadi, Ahmad Ifan. 2016. *Pengaruh Saluran Sudden Expansion Terhadap Karakteristik Pembakaran pada Meso Scale Combustor*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Jember. Jember.
- [6] Saptoadi, Harwin. 2010. *Bahan Bakar Padat dari Bumi Indonesia untuk Kemandirian dan Kesejahteraan Bangsa*. Yogyakarta. Universitas Gajah Mada.
- [7] Sari, Sullistiyah. 2015. *Pengaruh Diameter Combustor Terhadap Karakteristik Pembakaran pada Meso-scale Combustor dengan Backward Facing Step*. Jurusan Teknik Mesin. Fakultas Teknik. Universitas Brawijaya. Malang.
- [8] Yang, Wen Ming, *et al.* 2002. *Combustion in Micro-Cylindrical Combustors With and Without a Backward Facing Step*. Department of Mechanical Engineering, National University of Singapore. Singapore. Department of Mechanical Engineering, California State Polytechnic University. USA. 22 (2002) 1777–1787.