

PENGARUH MATERIAL SIRKULATOR KALOR TERHADAP KESTABILAN NYALA PEMBAKARAN BUTANA DI DALAM PEMBAKAR SKALA MESO

Achmad Fauzan Hery Soegiharto¹, Sudarman², Hery Supriyanto³

^{1,2,3} Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Kontak Person:

Achmad Fauzan Hery Soegiharto
Jalan Raya Tlogomas No.246, Malang. Telp Telp. (0341) 464318 Ext. 127
E-mail: achmadfauzan@umm.ac.id

Abstrak

Mewujudkan nyala stabil di dalamnya adalah sangat sulit disebabkan terbatasnya waktu treaksi pembakaran bahan bakar dan tingginya *heat loss*. Salah satu cara memperluas kestabilan nyala adalah dengan menggunakan sirkulator kalor, untuk mensirkulasikan kalaor dari nyala ke reaktan yang belum terbakar. Penelitian ini membuktikan bahwa konduktivitas kalor bahan sirkulator kalor berpengaruh terhadap kestabilan nyala. Penelitian menggunakan pembakar skala meso Dural-glass dan SS-glass dan bahan bakar butana. Nyala dapat distabilkan di dalam pembakar skala meso Dural –glass pada rentang rasio ekuivalen antara 0,8 hingga 2,6 sedangkan pada pembakar skala meso Dural –glass pada rentang rasio ekuivalen antara 1,3 hingga 2,2. Hal ini berarti dural-glass memberikan rentang kesabilan nyala yang lebih lebar.

Kata kunci: sirkulator kalor, kestabilan nyala, pembakar skala meso.

1. Pendahuluan

Pembakar skala meso (*meso scale combustor*) merupakan pembakar bahan bakar hidro karbon, dimana nyala terjadi di dalamnya, di dalam ruangan yang sangat sempit, berdiameter 1mm-1cm. Mewujudkan nyala stabil di dalamnya adalah sangat sulit disebabkan terbatasnya waktu treaksi pembakaran bahan bakar dan tingginya *heat loss*. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk memperbaiki kesetabilan nyala dalam pembakar skala meso, yaitu dengan meningkatkan waktu tinggal *fuel residence time* dan meningkatkan kecepatan reaksi pembakaran serta meminimalkan *heat loss* [1][2][3][4][5].

Telah dilakukan percobaan pembakaran bahan bakar gas dan juga bahan bakar cair di dalam tabung sempit dengan menggunakan sisipan mesh yang berfungsi sebagai pemegang nyala [6][7][8]. Pemegang nyala atau disebut dengan *flame holder* adalah komponen pembakar yang berperan dalam memperbaiki resirkulasi kalor dari nyala ke reaktan dan menjaga agar terjadi pembakaran secara kontinyu dan stabil. Di dalam pembakar skala meso tabung sempit, nyala menempel pada pemegang nyala. Pada kondisi dimana nyala stabil, sebgaiian kalor terbawa gas pembakaran, terbuang bersama gas buang yang bersuhu tinggi. Kestabilan nyala dipengaruhi kecepatan reaksi pembakaran. Kecepatan reaksi pembakaran dipengaruhi suhu reaksi, atau suhu reaktan [9][10]. Semakin tinggi suhu lingkungan atau suhu reaktan, semakin cepat . Pada kondisi kecepatan reaktan terlalu tinggi terjadi *blowoff*, yaitu terjadi nyala terbawa arus aliran menuju hilir dan keluar.

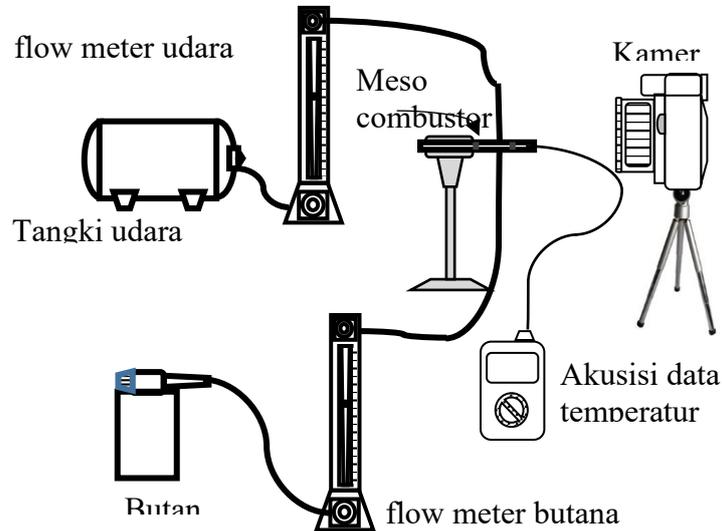
Pemanasan mula reaktan terjadi di dalam sirkulator kalor. Pemanasan mula raktan menyebabkan temperatur reaktan mendekati temperatur nyalanya. Pemanasan ula yang baik akan mempermudah terjadinya nyala atau memperbaiki kestabilan nyala. Penelitian ini merupakan penelitan pendahuluan dari suatu penelitian panjang, bertujuan membuktikan konduktivitas sirkulator kalao yang lebih tinggi dapat memperluas stabilitas nyalanya.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata dan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah malang. Metode penelitian disusun berdasarkan pada penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai pembakaran bahan bakar cair dalam pembakar skala meso [7][10]. Hasil yang telah dicapai oleh peneliti dalam penelitian sebelumnya, rencana penelitian yang akan dilakukan (diusulkan), serta hasil dan luaran yang diharapkan dari kegiatan penelitian yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 1.

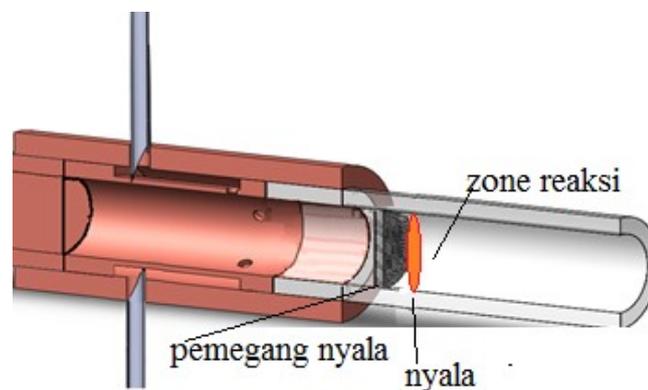
Variabel bebas: pembakar skala meso tanpa penghalang nyala, pembakar skala meso dengan penghalang nyala. Debit udara, Debit bahan bakar gas Butana, besarnya divariasikan pada setiap nilai debit udara yang konstan. Debit udara dan bahan bakar divariasikan dari nilai minimum sampai maksimum dimana pembakaran dengan nyala api yang stabil terjadi dalam pembakar skala meso.

Variabel terikat: *Flammability limit*.

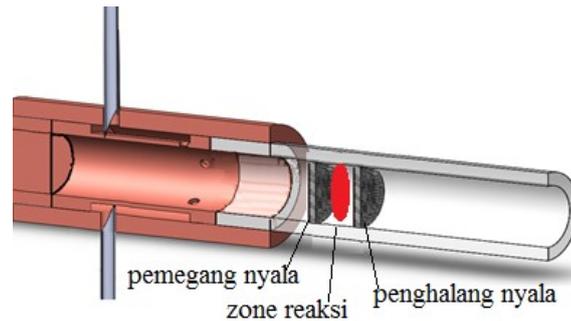


Gambar 1 Susunan instalasi penelitian untuk pembakar skala meso dengan bahan bakar cair

Pembakar skala meso pertama dibuat dari *SS-glass* yang tahan temperatur tinggi, *stainless steel mesh* resirkulator kalor. Pembakar skala meso kedua dibuat dari *Dural-glass* yang tahan temperatur tinggi, *stainless steel mesh* resirkulator kalor



Gambar 2 Pembakar skala meso tipe A



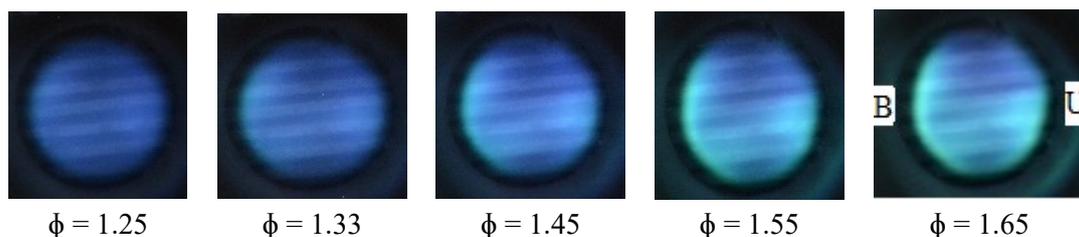
Gambar 3 Pembakar skala meso tipe B

Pada pembakar skala meso disiapkan *mesh* pada jarak 10 mm dari ujung pembakar skala meso. Sisipan *mesh* berfungsi untuk meningkatkan *heat recirculation* ke reaktan yang belum terbakar. Penelitian ini menggunakan bahan bakar butana. Pengukuran debit udara menggunakan *flow meter* tipe rotameter merk Koflock, Seri RK1250-25-SS-RC1/4-Air-0.5L/min-0.2MPa-0.1. Pengukuran bahan bakar gas menggunakan *flow meter* tipe rotameter merk Koflock seri RK1250-20-SS-RC1/4-Air-50ML/min-0.2MPa-0.1 Mpa. Pengukuran temperatur menggunakan termokopel tipe-K dengan diameter 0,1 mm terhubung ke data logger. Visualisasi nyala menggunakan kamera digital Nikon D5200 lensa makro, kedudukan kamera makro.

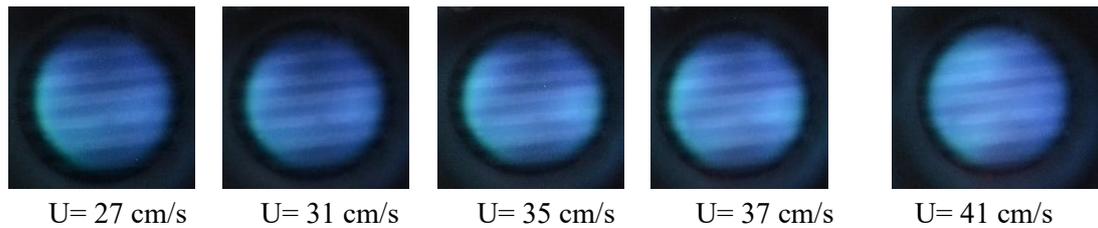
Percobaan dimulai dengan pengujian pembakar skala meso tipe 1. pembakar skala meso dinyalakan dari ujung dengan burner. Dimulai dengan kombinasi bahan bakar dan udara yang dapat menstabilkan nyala. Ditunggu hingga sekitar 10 menit agar panas pada badan pembakar skala meso merata, dan *steady*. Pengujian dengan udara konstan, bahan bakar bervariasi dilakukan dengan cara ditemukan lebih dulu debit udara dan debit bahan bakar dimana nyala dapat distabilkan di dalam pembakar skala meso. Debit udara di naikan tahap demi tahap hingga api padam atau terbawa keluar. Debit udara dimana nyala masih stabil dicatat. Percobaan dilanjutkan untuk mendapatkan debit udara terendah pada debit bahan bakar yang sama. Selanjutnya debit bahan bakar dinaikkan dan kembali diselidiki debit udara maksimal dan minimal yang mampu menghasilkan nyala stabil, hingga debit bahan bakar maksimal. Demikian pula, diselidiki hingga didapat debit bahan bakar terendah. Pengujian pembakar skala meso selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

Nyala butana berhasil distabilkan pada pembakara skala meso SS glass dan Dural glass. Gambar 4. adalah visualisasi pembakaran gas pseudo premix butana, yang dibakar di dalam pembakar skala meso tipe E. Butana diinjeksikan dari sisi B, sedangkan udara dari sisi U. Masih terlihat warna biru terang di dekat B, namun warna nyala biru terang dan biru gelap lebih samar dibandingkan pada visualisasi nyala pembakaran heksana. Celah tanpa nyala di sekeliling nyala butana, memiliki ketebalan yang relative sama. Namun begitu pada rasio ekuivalen tinggi warna biru terang butana di sisi B menjadi lebih nyata (Gambar 4), begitu juga celah tanpa nyala di di sisi B sedikit lebih tebal. Fenomena ini terjadi karena percampuran udara dengan butana yang berupa gas, lebih homogen dibandingkan percampuran udara dengan heksane yang cair.



Gambar 4 Nyala butana pada kecepatan aliran $U=35$ cm/s

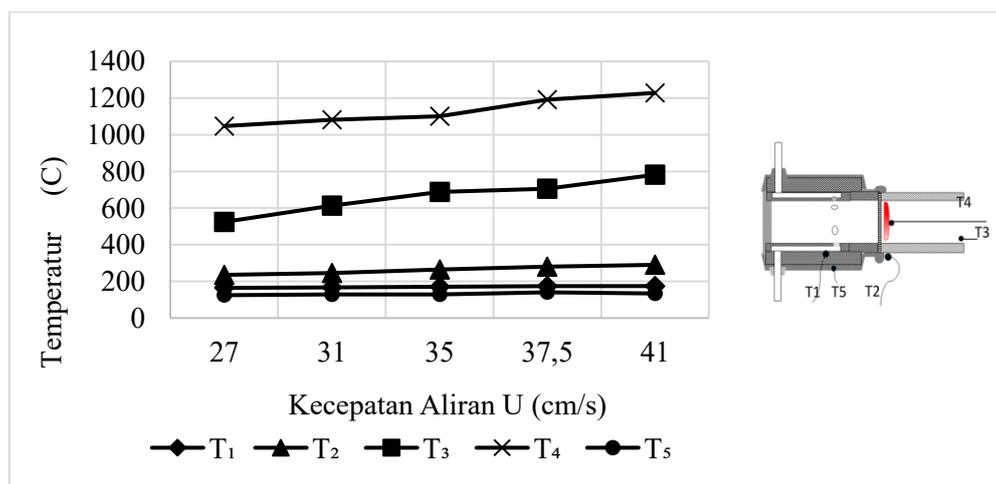


Gambar 5 Nyala butana pada rasio ekuivalen $\phi = 0,75$

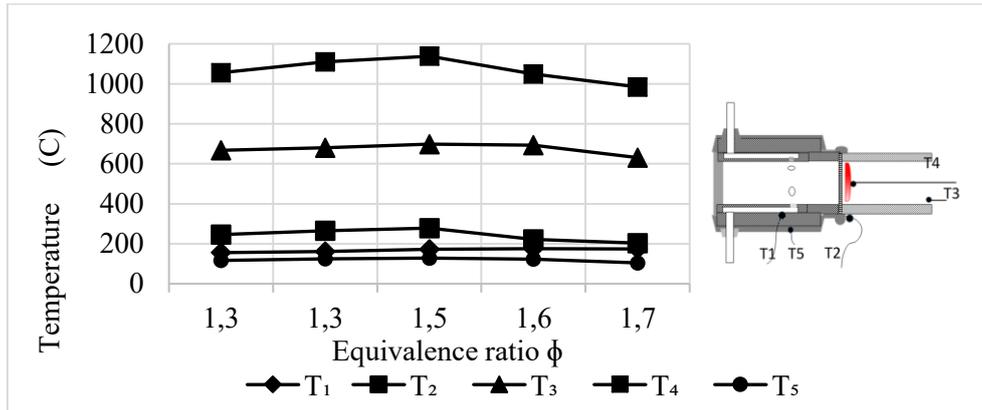
Gambar 4, juga menunjukkan terjadinya penebalan celah tanpa nyala disekeliling nyala yang terjadi pada rasio ekuivalen tinggi. Peningkatan rasio ekuivalen bermakna penambahan bahan bakar butana gas ke dalam pembakar skala meso. Penambahan butana ini menyebabkan pendinginan dinding. Pendinginan dinding menyebabkan pendinginan reaktan dekat dinding, yang menyebabkan sebagian reaktan dekat dinding tidak menyala, dan terbuang. Terbuangnya sebagian bahan bakar ini menyebabkan kalor pembakaran turun yang ditandai turunnya temperatur seperti ditunjukkan Gambar 7. Terbuangnya sebagian bahan bakar, terbaca sebagai tingginya konsumsi bahan bakar, atau semakin tingginya rasio ekuivalen.

Gambar 5, adalah visualisasi nyala pseudo premix butana, menggunakan pembakar skala meso tipe E, dimana butana dan udara diinjeksikan dari saluran yang berbeda. Nyala terlihat lebih terang pada kecepatan aliran tinggi. Diameter nyala tidak menunjukkan perubahan yang signifikan. Celah tanpa nyala juga tidak menunjukkan perubahan ketebalan. Pada rasio ekuivalen konstan, dan kecepatan aliran makin tinggi, maka penambahan butana juga disertai penambahan udara secara proporsional. Penambahan kecepatan aliran berarti penambahan reaktan, yang berarti penambahan kalor pembakaran. Oleh sebab itu temperatur semakin tinggi seiring dengan penambahan kecepatan aliran seperti ditunjukkan Gambar 6.

Butana yang dikemas dalam tabung bertekanan tinggi, ketika dialirkan keluar terjadi proses ekspansi yang disertai penurunan temperatur. Hal ini dicurigai sebagai penyebab turunnya suhu dan terjadi pendinginan dinding pembakar skala meso tipe E (Gambar 7), seiring dengan penambahan rasio ekuivalen. Faktor penurunan suhu akibat ekspansi ini perlu diantisipasi agar tidak mendinginkan nyala.

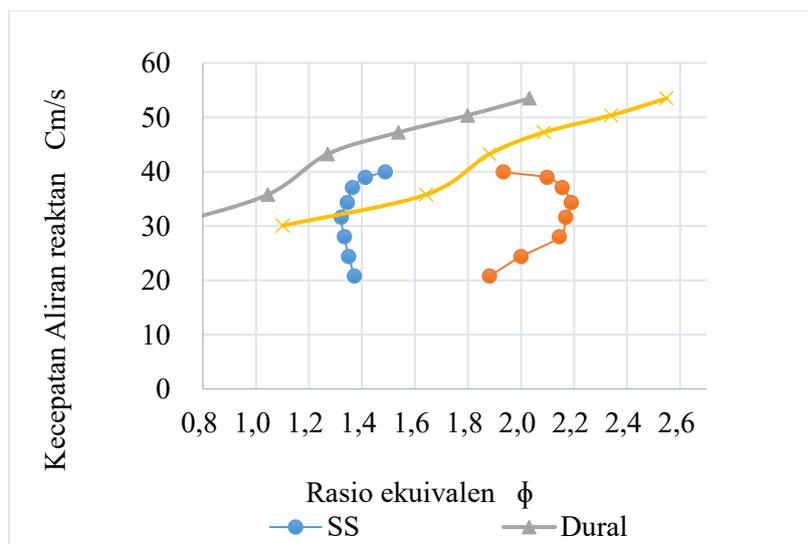


Gambar 6 Distribusi temperatur nyala butana pada $\phi=1.4$ pembakar skala meso SS.



Gambar 7 Distribusi temperatur nyala butana pada $U = 35$ cm/s pembakar skala meso ss

Kestabilan nyala disajikan dalam bentuk grafik *flammability limits* Gambar 8. Nyala dapat distabilkan di dalam pembakar skala meso Dural –glass pada rentang rasio ekuivalen antara 0,8 hingga 2,6. Nyala juga dapat disabilkan di dalam pembakar skala meso Dural –glass pada rentang rasio ekuivalen antara 1,3 hingga 2,2. Hal ini berarti dural-glass memberikan rentang kestabilan nyala yang lebih lebar.



Gambar 8 *Flammability limits*.

Dural memiliki kapasitas kalor lebih rendah daripada SS tetapi memiliki konduktivitas yang lebih tinggi daripada SS. Pada pemanasan awal, atau pemanasan badan pembakar skala meso, kalor yang dibutuhkan dural lebih sedikit dibandingkan jumlah kalor yang dibutuhkan oleh SS. Hal ini menyebabkan pembakar skala meso dural-glass tidak terlalu menyerap kalor nyala, sehingga nyala pembakaran lebih mudah terjadi. Konduktivitas dural yang tinggi menyebabkan sirkulasi kalor dari nyala ke reaktan lebih mudah terjadi atau lebih cepat, sehingga proses *preheating* terjadi lebih cepat. Proses *preheating* lebih baik inilah yang menyebabkan pembakar skala meso dural-glass dapat memberikan stabilitas nyala lebih luas.

4. Kesimpulan

Nyala dapat distabilkan di dalam pembakar skala meso dural-glass pada rentang rasio ekuivalen antara 0,8 hingga 2,6. Nyala juga dapat distabilkan di dalam pembakar skala meso dural-glass pada rentang rasio ekuivalen antara 1,3 hingga 2,2. Hal ini berarti dural-glass yang memiliki kapasitas kalor lebih rendah dan memiliki konduktivitas bahan lebih tinggi memberikan rentang kesabilan nyala yang lebih lebar.

Referensi

- [1] S. K. C. W.M. Yang, C. Shu, Z.W. Li, H. Xue "Combustion in micro cylindrical combustors with and without a backward facing step," 2002.
- [2] C. M. Miesse, R. I. Masel, C. D. Jensen, M. A. Shannon, and M. Short, "Submillimeter-scale combustion," *AIChE Journal*, vol. 50, pp. 3206-3214, 2004.
- [3] K. Maruta, "Micro and mesoscale combustion," *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 33, pp. 125-150, 2011.
- [4] D. G. Norton and D. G. Vlachos, "Combustion characteristics and flame stability at the microscale: a CFD study of premixed methane/air mixtures," *Chemical Engineering Science*, vol. 58, pp. 4871-4882, 2003.
- [5] N. Il Kim, S. Aizumi, T. Yokomori, S. Kato, T. Fujimori, and K. Maruta, "Development and scale effects of small Swiss-roll combustors," *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 31, pp. 3243-3250, 2007.
- [6] L. Yuliati, T. Seo, and M. Mikami, "Liquid-fuel combustion in a narrow tube using an electrospray technique," *Combustion and Flame*, vol. 159, pp. 462-464, 2012.
- [7] M. Mikami, Y. Maeda, K. Matsui, T. Seo, and L. Yuliati, "Combustion of gaseous and liquid fuels in meso-scale tubes with wire mesh," *Proceedings of the Combustion Institute*, vol. 34, pp. 3387-3394, 2013.
- [8] N. H. F.A.Munir, T. Seo and M.Mikami, "IMPROVEMENT OF COMBUSTION STABILITY IN NARROW TUBES WITH WIRE MESH," *ISTP_Fudhail_Rev4_ISTP final*, 2014.
- [9] A. F. Hery Soegiharto, I. N. G. Wardana, L. Yuliati, and M. Nursasongko, "The Role of Liquid Fuels Channel Configuration on the Combustion inside Cylindrical Mesoscale Combustor," *Journal of Combustion*, vol. 2017, pp. 1-9, 2017.
- [10] A. F. Hery Soegiharto, I. N. G. Wardana, L. Yuliati, and M. Nur Sasongko, "The use of heat circulator for flammability in mesoscale combustor," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 2, pp. 46-56, 2019.