

## KAEDAH PENGURANGAN EMISI DARI PEMBAKAR LAPISAN TETAP MENGGUNAKAN UDARA TAMBAHAN/BERPERINGKAT

Mohammad Nazri Mohd. Jaafar  
Farid Nasir Ani  
Azizi mustapa  
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal  
Universiti Teknologi Malaysia  
81310 Skudai  
JOHOR

### ABSTRAK

*Kertas kerja ini menerangkan kajian keberkesanan kaedah pembekalan udara berperingkat bagi mengurangkan pancaran (emisi) dari pembakar lapisan tetap. Penggunaan udara berperingkat dapat mengurangkan penghasilan gas emisi yang berbahaya dengan melengkapkan proses pembakaran bahan api iaitu berlaku proses pengoksidaan yang lengkap kepada unsur-unsur di dalam bahan bakar semasa tindakbalas kimia berlaku. Hasil ujikaji menunjukkan penambahan udara berperingkat semasa pembakaran dapat mengurangkan peratus pembentukan nitrogen oksida,  $NO_x$  sebanyak 50% dan karbon monoksida, CO sebanyak 25% berbanding pembakaran yang dilakukan tanpa kehadiran udara tambahan. Kadar pengurangan emisi semasa pembakaran bergantung kepada beberapa parameter iaitu kadar alir udara tambahan dan utama, kaedah suapan bahan bakar dan kadar suapan bahan bakar. Kesimpulannya udara berperingkat terbukti boleh mengurangkan kadar penghasilan emisi tetapi ia bergantung kepada beberapa parameter yang mesti dikawal bagi membolehkan ia dikawal pada tahap paling optimum.*

### 1.0 PENGENALAN

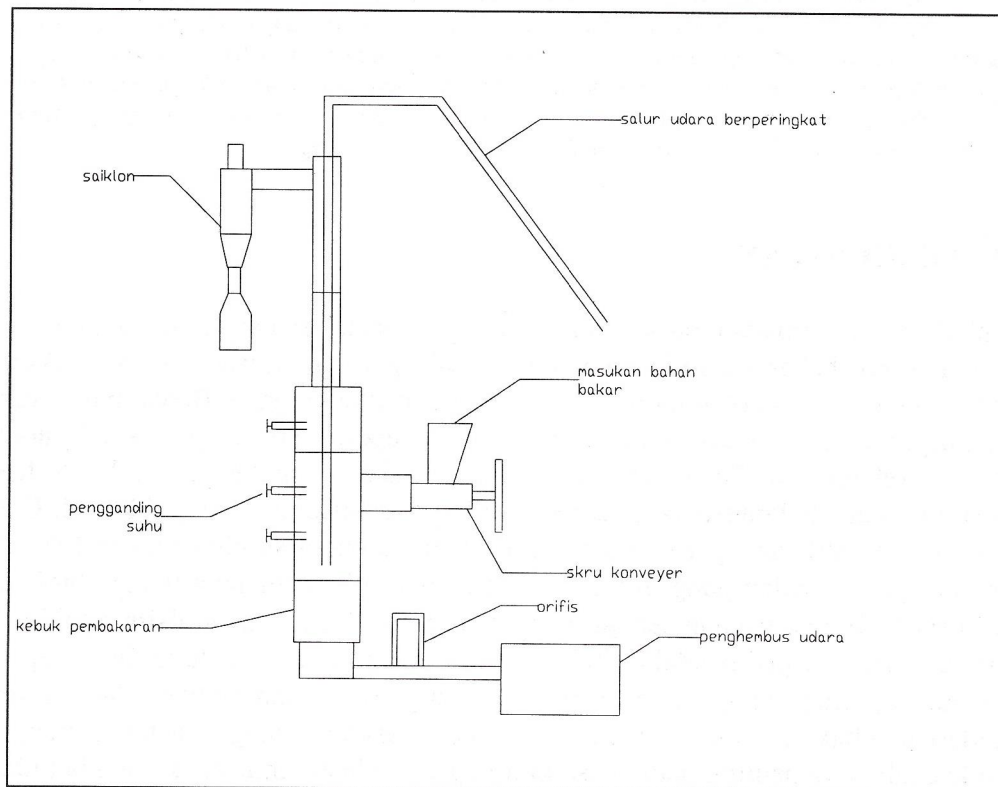
Pembakaran merupakan proses untuk menghasilkan tenaga secara kimia iaitu apabila bahan bakar bertindakbalas dengan oksigen dari udara [1]. Pembakaran telah lama digunakan oleh industri untuk menghasilkan tenaga. Bahan bakar yang biasa digunakan ialah dari sumber tenaga fosil seperti petroleum, gas asli, arang batu dan sebagainya. Bagaimanapun diketahui bahawa sumber ini adalah terhad, mahal dan lama kelamaan akan habis apabila penggunaannya tidak dikawal. Oleh itu satu alternatif baru perlu dicari untuk menggantikan sumber tenaga fosil ini dan salah satu kaedah yang didapati ialah dengan menggunakan tenaga biojisim [2]. Tenaga biojisim ialah tenaga yang dihasilkan oleh sisa biojisim apabila ia dibakar. Sisa biojisim adalah bahan buangan daripada sisa tumbuhan seperti kayu-kayan, arang batu, sekam padi, tempurung kelapa dan pelbagai lagi. Tanpa disedari pembakaran sisa biojisim untuk menghasilkan tenaga ini telah menjadi satu kaedah yang penting pada masa kini kepada industri-industri kerana ia bukan sahaja mudah untuk didapati malahan murah yang sekaligus dapat mengurangkan

kos pengeluaran sesebuah industri. Pembakaran sisa biojisim juga membantu mengurangkan sisa pertanian dan membantu dalam usaha pelupusannya.

Namun pembakaran sisa ini juga mendatangkan kesan buruk kepada alam sekitar kerana ianya mencemarkan udara akibat gas-gas yang dilepaskan semasa pembakaran. Kejadian-kejadian seperti hujan asid dan jerebu yang semakin kerap melanda negara amat membimbangkan. Ianya terjadi akibat kehadiran sulfur dioksida dan zarah-zarah halus dalam udara [3]. Oleh itu beberapa kajian telah dilakukan secara efektif dan segera serta undang-undang yang lebih tegas telah digubal semata-mata untuk mengatasi masalah yang semakin membimbangkan ini. Antara kaedah yang sedang giat dibangunkan sekarang ini ialah pembakaran secara berperingkat yang mana didapati boleh mengurangkan kadar pencemaran. Dalam kaedah ini, penghantaran sebahagian daripada jumlah udara pembakaran dibuat di atas permukaan plat pengagih selepas pembakaran utama dijalankan. Kerja-kerja awal kaedah ini ke atas pembakar lapisan terbendalir telah menunjukkan hasil yang agak memberangsangkan [4, 5].

## 2.0 PELANTAR PENGUJIAN

Pelantar terdiri daripada lima komponen utama iaitu reaktor pembakaran, sistem penyuaipan bahan bakar, saiklon, serombong dan penghembus udara (Rajah 1).



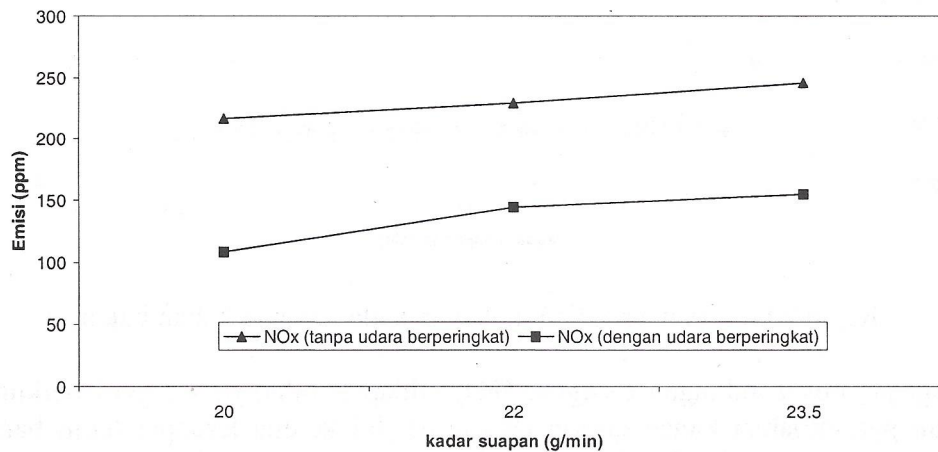
Rajah 1 Radas ujikaji

Reaktor pembakaran terdiri daripada empat bahagian boleh pisah yang membolehkan ia mudah untuk dikendalikan. Setiap bahagian disambungkan dengan menggunakan bolt dan nat M8 x 25. Pada bahagian atas adalah serombong yang bertindak untuk mengalirkan gas keluar dari kebuk. Pada bahagian bawah sekali ialah kedudukan kebuk di mana lapisan bagi tujuan pembakaran diletakkan. Lapisan tetap dibuat daripada jaring keluli tahan karat dengan lubang bersaiz 2 x 2 mm dan keluasan merangkumi 20 x 20 cm.

Bahan bakar yang digunakan di dalam ujikaji ini ialah tempurung kelapa sawit terhancur yang bersaiz di antara 1.18 mm hingga 4.25 mm. Operasi pembakaran dimulakan dengan api pada bahagian prapanas dihidupkan sehingga suhu pada pengganding haba mencapai 300°C. Pada keadaan ini, udara utama dihembus pada kadar alir yang rendah. Sedikit bahan bakar bercampur kerosin dibekalkan ke dalam kebuk dan dinyalakan. Suapan bahan bakar dibekalkan sedikit demi sedikit selepas itu yang bertujuan untuk meningkatkan suhu kebuk sekitar 500-600°C. Nyalaan api pada bahagian prapanas ditutup manakala udara dari penghembus ditingkatkan ke kadar alir yang dikehendaki setelah suhu kebuk mencapai 700°C. Kadar suapan yang dikehendaki mula dibekalkan apabila suhu di dalam kebuk mula stabil. Kadar pancaran gas diukur selepas itu menggunakan penganalisis gas ekzos *MSI Dragger*. Tujuh bacaan diambil sebelum aliran udara tambahan mula dibekalkan. Bacaan emisi dengan kehadiran udara tambahan dicatatkan dan nilai ini digunakan dalam perbandingan bagi menguji keberkesanan kaedah pemberian udara berperingkat.

### 3.0 KEPUTUSAN UJIKAJI DAN PERBINCANGAN

Rajah 2 menunjukkan perbandingan pancaran NO<sub>x</sub> yang terhasil bagi dua keadaan ujikaji iaitu dengan aliran berperingkat dan tanpa aliran berperingkat.

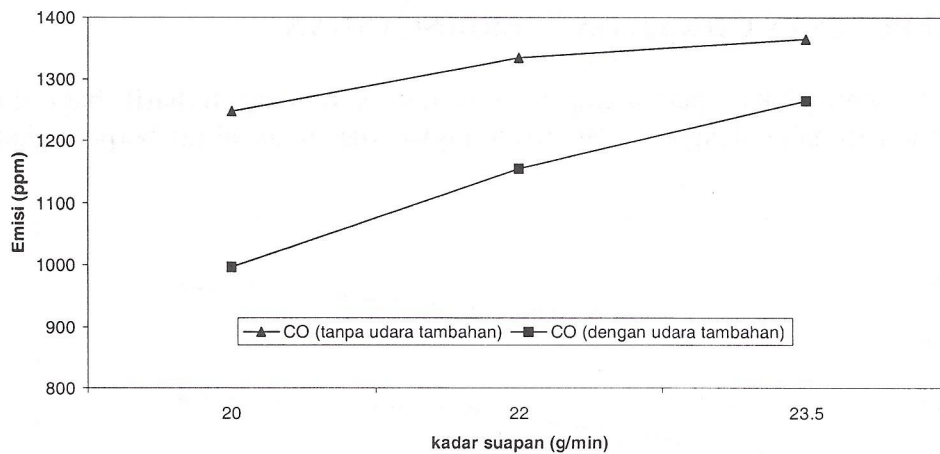


Rajah 2 Graf pancaran NO<sub>x</sub> melawan kadar suapan



Dari graf, didapati bahawa kadar penghasilan  $\text{NO}_x$  bagi kedua-dua ujikaji meningkat apabila kadar suapan bahan bakar ditingkatkan. Dapat juga diperhatikan, lengkung penghasilan  $\text{NO}_x$  adalah lebih rendah bagi pembakaran dengan udara berperingkat berbanding pembakaran tanpa udara berperingkat yang menunjukkan terdapat pengurangan penghasilan  $\text{NO}_x$  bila udara berperingkat dialirkan semasa proses pembakaran. Peratus pengurangan bila ditambah udara tambahan bagi kadar suapan 20 g/min adalah sebanyak 49.92% manakala bagi kadar suapan 23.5 g/min adalah sebanyak 37.04%. Pengurangan penghasilan  $\text{NO}_x$  ini berlaku kerana apabila udara tambahan dibekalkan semasa pembakaran, suhu kebuk menurun yang mengurangkan proses kimia penghasilan  $\text{NO}_x$  yang berlaku pada suhu yang tinggi [6].

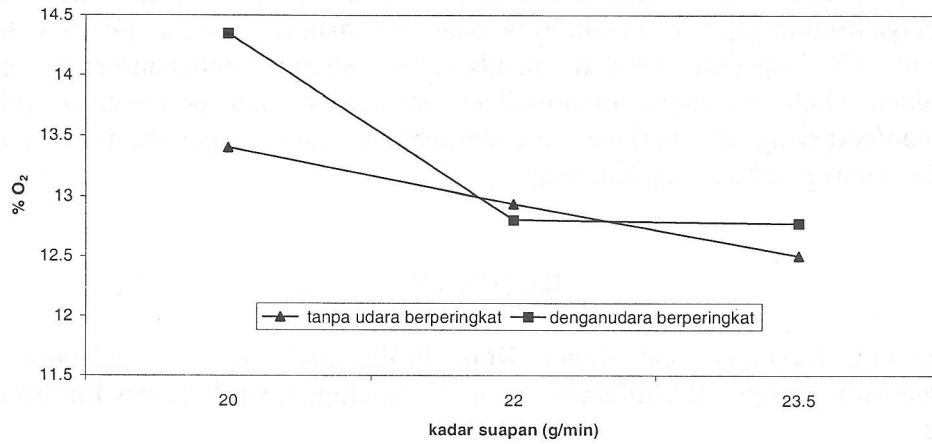
Rajah 3 menunjukkan kadar emisi karbon monoksida, CO melawan kadar suapan bahan bakar. Didapati kedua-dua lengkung iaitu pembakaran dengan dan tanpa kehadiran udara tambahan mencatatkan peningkatan dengan pertambahan kadar suapan, tetapi nilai penghasilan CO adalah lebih rendah bagi ujikaji dengan kehadiran udara tambahan. Keadaan sedemikian berlaku kerana apabila kadar suapan bahan bakar ditambah, lebih banyak unsur karbon terdapat semasa pembakaran yang menghasilkan samada CO ataupun  $\text{CO}_2$  bergantung kepada proses pengoksidaan samada lengkap ataupun tidak. Dengan kehadiran udara tambahan, memberikan lebih oksigen,  $\text{O}_2$  untuk CO ataupun karbon yang masih tidak dioksidakan sepenuhnya untuk bertindakbalas membentuk  $\text{CO}_2$ . Peratus pengurangan sebanyak 20.11 % dicatatkan bagi kadar suapan 20 g/min manakala bagi kadar suapan 23.5 g/min, pengurangan adalah sebanyak 7.35%.



Rajah 3 Graf pancaran CO melawan kadar suapan bahan bakar

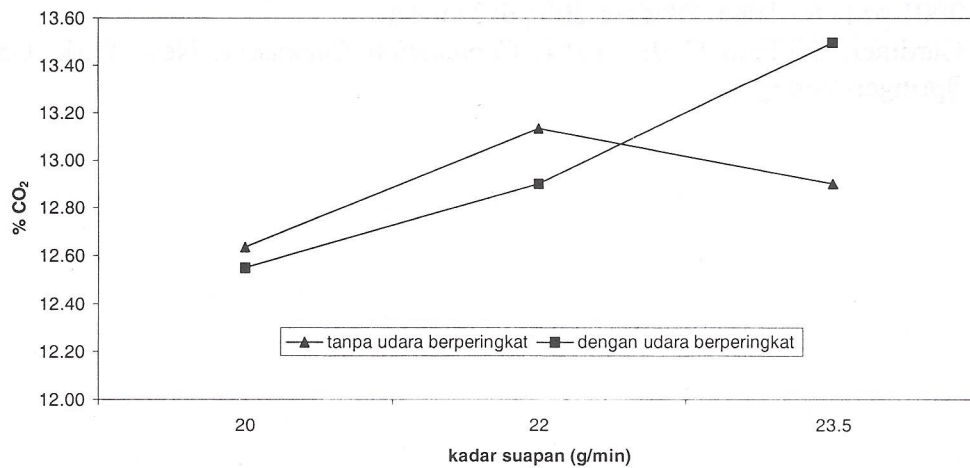
Bagi peratus kandungan oksigen,  $\% \text{O}_2$ , didapati nilainya semakin berkurang dengan pertambahan kadar suapan (Rajah 4). Ini kerana terdapat lebih banyak karbon yang bertindakbalas dengan oksigen yang mengurangkan kandungan  $\text{O}_2$ . Namun kandungan  $\% \text{O}_2$  bagi ujikaji dengan kehadiran udara tambahan secara puratanya lebih tinggi dari pembakaran tanpa udara tambahan. Ini menunjukkan

pembakaran masih tidak lengkap di mana masih terdapat peratus  $O_2$  yang tidak dioksidakan sepenuhnya yang menghasilkan CO semasa pembakaran.



Rajah 4 Graf %O<sub>2</sub> melawan kadar suapan bahan bakar

Penghasilan karbon dioksida, %CO<sub>2</sub> didapati nilainya semakin naik dengan pertambahan kadar suapan. Dari Rajah 5, dapat dilihat lengkung pada graf dengan ujikaji berserta udara tambahan meningkat secara mendadak pada kadar suapan 23.5 g/min. Ini kerana penambahan udara tambahan memberikan udara yang lebih untuk karbon dalam bahan bakar bertindakbalas untuk menghasilkan CO<sub>2</sub>.



Rajah 5 Graf %CO<sub>2</sub> melawan kadar suapan bahan bakar

#### 4.0 KESIMPULAN

Berdasarkan kepada ujikaji yang dilakukan, didapati nilai emisi  $\text{NO}_x$  dan CO bertambah dengan pertambahan kadar suapan bahan api. Nilai emisi yang tinggi ini berjaya dikurangkan sebanyak 50 % bagi  $\text{NO}_x$  manakala sebanyak 25 % bagi pancaran CO apabila kaedah pembekalan udara tambahan/berperingkat digunakan. Oleh itu dapat disimpulkan bahawa kaedah pembekalan udara tambahan/berperingkat berjaya mengurangkan kadar penghasilan emisi berbahaya dari pembakar lapisan tetap.

#### RUJUKAN

1. Clement, Raymond and Kagel, Ron, 1990, *Emissions from Combustion Processes: Origin, Measurement, Control*, Michigan, USA, Lewis Publishers, Inc.
2. De Nevers, Noel, 1995, *Air Pollution Control Engineering, 2<sup>nd</sup> ed.*, University of Utah, USA, McGraw-Hill.
3. Flagan, Richard C. and Seinfeld, John H., 1988. *Fundamentals of Air Pollution Engineering*, New Jersey, USA: Prentice-Hall Inc.
4. Mohammad Nazri Mohd. Jaafar, Farid Nasir Haji Ani, Ainul Hayati Yunus, *Aplikasi Udara Berperingkat Bagi Mengurangkan Pancaran Dalam Pembakar Lapisan Terbendalir*, Malaysian Science & Tecnology Congress 2000 pada 7 - 9hb. November 1999 di Awana Hotel, Genting Highlands.
5. Mohammad Nazri Mohd. Jaafar, Farid Nasir Haji Ani, Loh Kar Yee, *Pengurangan Emisi dari Pembakar Lapisan Terbendalir Melalui Pembakaran Udara Berperingkat*, Malaysian Science & Tecnology Congress 2001 pada 8 - 10hb. Oktober 2001 di Melaka.
6. Gardiner, William C. Jr., 1984, *Combustion Chemistry*, New York, USA: Springer-Verlag Inc.