

PRESTASI PEMBAKARAN MENGGUNAKAN PEMUSAR UDARA ALIRAN PAKSI DENGAN NOMBOR PUSAR YANG BERBEZA

Mohd Haris Ahmad¹, Mohammad Nazri Mohd Jaafar^{1*} dan Mohamad Shaiful Ashrul Ishak²

¹Jabatan Kejuruteraan Aeronautik, Automotif dan Samudera,
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal,
Universiti Teknologi Malaysia,
81310 UTM Johor Bahru, Johor

²Pusat Pengajian Kejuruteraan Pembuatan, Universiti Malaysia Perlis,
Kampus Pauh Indah, 02600 Arau, Perlis

* Penulis yang dihubungi: nazri@mail.fkm.utm.my

ABSTRAK

Pemusar udara, selain menstabilkan nyalaan merupakan kawalan pasif bagi mengurangkan emisi gas ekzos. Bahan cemar yang keluar bersama gas ekzos terdiri daripada gas nitrogen oksida (NO_x), sulfur dioksida (SO_2) dan karbon monoksida (CO). Pelbagai kaedah boleh diadaptasi bagi mengurangkan penghasilan gas emisi dari pembakaran, antaranya ialah penambahbaikan teknik pembakaran dalam usaha mengurangkan penghasilan gas emisi dari pembakaran tersebut. Kajian ini memfokuskan kepada penggunaan aliran berpusar. Dengan menggunakan pemusar udara aliran paksi, emisi gas NO_x dapat dikurangkan kerana pembakaran yang lebih lengkap dan kecekapan pembakaran yang lebih tinggi dapat dihasilkan. Kadar emisi ini bergantung kepada sudut pesongan bilah pemusar yang digunakan dan dibuktikan keberkesannya melalui penggunaan pemusar udara aliran paksi di dalam ujian pembakaran yang dijalankan.

Katakunci: Gas emisi, NO_x , SO_2 , CO , pemusar udara.

ABSTRACT

Swirler, besides stabilizing the flame is a passive control device to reduce exhaust gas emissions. Contaminants discharged along with the exhaust gas consist of nitrogen oxide (NO_x), sulfur dioxide (SO_2) and carbon monoxide (CO). Various methods can be adapted to reduce the production of gaseous emissions from combustion processes, among others is the improvement of combustion techniques in order to reduce the production of emissions from combustion. This study focuses on the use of swirling flow. By using axial flow swirler, NO_x emissions are reduced due to more complete combustion and higher combustion efficiency produced. Emission rates depend on the swirler blade deflection angle used and the effectiveness has been proven through the use of an axial flow swirler in combustion tests that were carried out.

Keywords: Emission gas, NO_x , SO_2 , CO , air swirler.

1.0 Pengenalan

Keperluan untuk melindungi alam sekitar daripada emisi NO_x yang dijana semasa pembakaran telah mencabar sebahagian besar pereka bentuk turbin gas untuk memperbaiki reka bentuk pembakar.

Perhatian khusus diberikan kepada turbin gas yang digunakan dalam enjin pesawat dan untuk penjanaan kuasa di dalam loji pegun. Penyelidikan untuk membangunkan turbin gas dengan emisi NO_x yang sangat rendah sedang giat dijalankan. Beberapa tahun kebelakangan ini perhatian telah diberikan khusus untuk mengurangkan NO_x daripada proses pembakaran. Walau bagaimanapun, untuk meminimumkan pelepasan emisi NO_x dari pembakar turbin gas adalah perlu untuk meningkatkan aliran udara zon utama dan untuk memperbaiki pencampuran udara dan bahan bakar. Dalam proses untuk merendahkan pelepasan gas emisi kebanyakan reka bentuk pembakar turbin cuba untuk menyalurkan seberapa banyak udara yang boleh melalui kemasukan pembakar dan menambah udara yang selebihnya jauh di hilir dalam zon pencairan yang tidak diperlukan untuk penyejukan filem [1]. Banyak kaedah yang digunakan untuk meminimumkan pelepasan NO_x daripada gas turbin boleh disesuaikan atau diadaptasikan untuk konfigurasi pembakar. Kajian ini adalah berdasarkan kerja-kerja terdahulu mengenai pembakar NO_x rendah oleh Al-Kabie [2], Escott [3] dan Kim [4].

Kesan tahap peningkatan NO_x di dalam atmosfera adalah sangat meruncing buat masa ini. Di dalam atmosfera NO pesat dioksidakan kepada NO_2 dan dalam bentuk ini memainkan peranan penting dalam pembentukan ozon troposferik dan asbut fotokimia, dan dioksidakan untuk membentuk asid nitrik yang kemudiannya boleh diturunkan sebagai hujan asid [5]. Di bumi, peningkatan kepekatan NO_2 (melebihi 0.06 ppm) boleh menyebabkan masalah pernafasan [6].

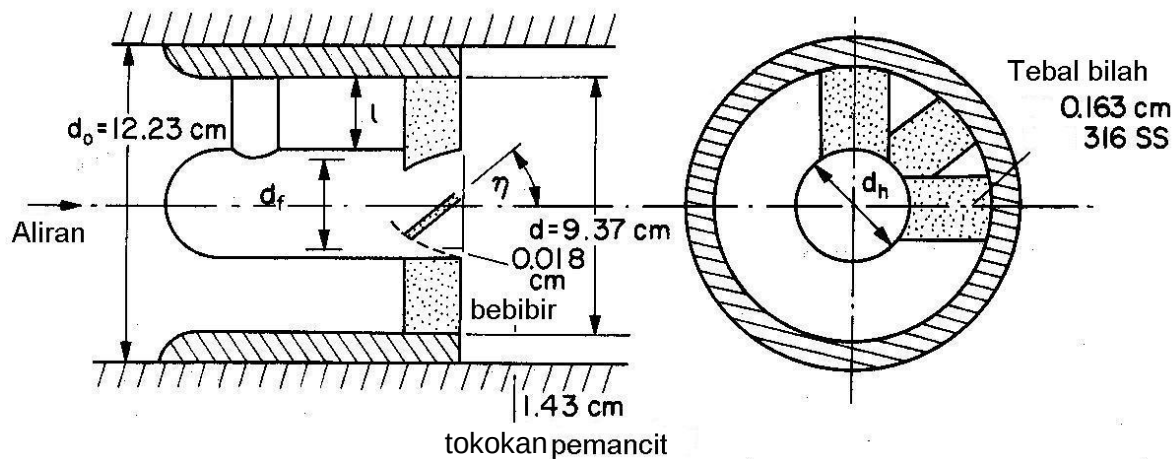
Undang-undang had pelepasan NO_x di kebanyakan negara memberikan cabaran yang kuat kepada pereka bentuk pembakar. Cubaan untuk menurunkan emisi NO_x dengan mengurangkan suhu nyalaan akan menyebabkan kestabilan nyalaan berkurangan atau meningkatkan emisi CO .

Pada dasarnya terdapat dua teknik mengawal NO_x : kaedah yang menghalang pembentukan nitrik oksida (NO) [7, 8] dan kaedah yang memusnahkan NO daripada hasil pembakaran [9-11]. Dalam kajian ini kaedah pertama yang diadaptasikan.

Kaedah yang menghalang pembentukan NO melibatkan pengubahsuaian kepada reka bentuk pembakar konvensional atau keadaan operasi, seperti zon utama lemah, zon utama yang kaya, atau mengurangkan masa mastautin kerana faktor-faktor utama yang mengawal pembentukan NO adalah haba dan ketersediaan oksigen. Dalam kajian ini, penggunaan pemusar aliran paksi untuk menjana aliran pusaran diterapkan sebagai langkah untuk mengelakkan pembentukan emisi NO_x .

1.1 Pemusar Udara Aliran Paksi

Dimensi pemusar udara aliran paksi yang dicadangkan oleh Chigier [12] ialah seperti di dalam Rajah 1.

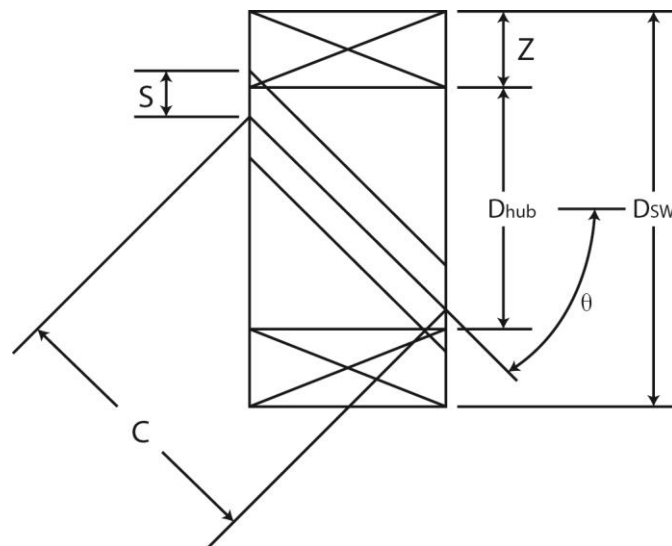


Tentuan Pemancit	m , nisbah halaju*	d_f (cm)	$Z = d_h/d$	l (cm)	S	η (dar)	Bil. bilah
I	20:1	6.314	0.677	1.499	0.3	28	18
					0.6	47	12
II	8:1	4.727	0.508	2.306	0.6	53	12
III	0.3:1	0.757	0.084	4.290	0.6	60	8

*Berdasarkan kepada gas asli dan $\Phi = 0.92$.

Rajah 1 Reka bentuk Pemusar Aliran Paksi [12]

Geometri pemusar adalah terhad pada diameter saluran masuk pembakar. Bilangan bilah yang digunakan adalah di antara 8 hingga 18. Nombor puser adalah antara 0.3 hingga 0.6. Saiz pemancit bahan api mempengaruhi kadar alir udara yang masuk oleh kerana diameter pemusar adalah malar. Rajah 2 menunjukkan kriteria pemusar udara aliran paksi dengan bilah rata [13].



Rajah 2 Ciri-ciri Pemusar Aliran Paksi [13]

dengan,

θ	= sudut alur keluaran ram
c	= perentas bilah
s	= jarak dua bilah bersebelahan
z	= tinggi bilah (diukur menegak dari permukaan luar hub)
D_{hub}	= diameter hub
D_{sw}	= diameter pemusar udara
z/c	= nisbah aspek
s/c	= nisbah jarak/perentas
N	= bilangan ram (bilah)
T	= tebal ram (bilah)

Konfigurasi yang ditunjukkan di atas merupakan reka bentuk asas bagi sesebuah pemusar udara aliran paksi dengan bilah ram rata. Reka bentuk ini menunjukkan penentuan nilai jarak mempengaruhi parameter lain sebagai contoh, nisbah aspek yang bergantung kepada parameter tinggi bilah dan perentas bilah. Ralat yang besar akan mempengaruhi hasil ujikaji yang dijalankan.

1.2 Parameter pemusar udara ujian

Sebanyak empat buah pemusar udara aliran paksi dibangunkan untuk kegunaan pembakar jenis kaleng [14]. Parameter pemusar udara yang telah difabrikasi ditunjukkan dalam Jadual 1.

Jadual 1 Parameter Pemusar Udara

Parameter	Simbol	Ukuran (mm)
Diameter luar anulus	D	85.0
Diameter luar hub	d	25.0
Perentas bilah	c	10.0
Tebal bilah	t	1.5
Jarak antara bilah pada anulus	s	28.8
Tinggi bilah	z	8.0
Nisbah Aspek	z/c	0.800
Nisbah jarak perentas	s/c	2.880
Bilangan bilah	N	8
Panjang anulus		8.0
Panjang hub		40.0
Tebal hub		6.0
Tebal anulus		1.5

1.3 Pengiraan nombor pusar, S_N .

Pemusar udara yang direka bentuk mestilah mempunyai nombor pusar melebihi 0.6. Pengiraan nombor pusar dari segi geometri seperti yang dicadangkan oleh Lefebvre [13] adalah seperti di bawah:

$$S_N = \frac{2}{3} \left[\frac{1 - \left(\frac{D_{hub}}{D_{sw}} \right)^3}{1 - \left(\frac{D_{hub}}{D_{sw}} \right)^2} \right] \tan \theta$$

i. Bagi pemusar 40° ,

$$S_N = \frac{2}{3} \left[\frac{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^3}{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^2} \right] \tan 40$$

$$S_N = 0.6010$$

ii. Bagi pemusar 50°

$$S_N = \frac{2}{3} \left[\frac{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^3}{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^2} \right] \tan 50$$

$$S_N = 0.8536$$

iii. Bagi pemusar 60°

$$S_N = \frac{2}{3} \left[\frac{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^3}{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^2} \right] \tan 60$$

$$S_N = 1.2406$$

iv. Bagi pemusar 70°

$$S_N = \frac{2}{3} \left[\frac{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^3}{1 - \left(\frac{25}{80} \right)^2} \right] \tan 70$$

$$S_N = 1.9679$$

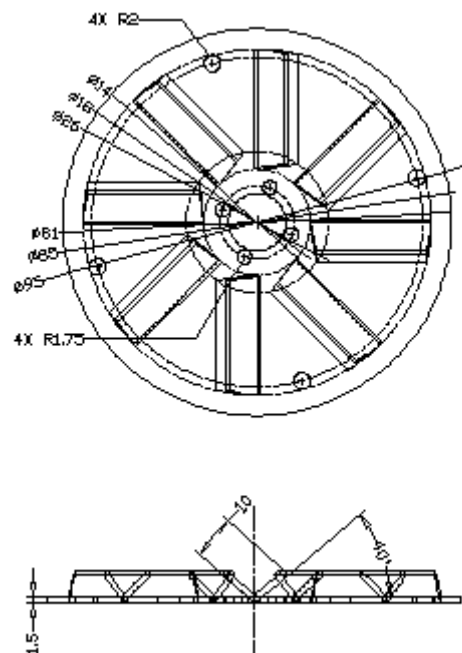
Kesemua pemusar mempunyai nombor pusar kuat ($S_N > 0.6$).

1.4 Reka bentuk pemusar udara

Reka bentuk pemusar udara aliran paksi yang telah dibangunkan untuk kajian ini ditunjukkan dalam Rajah 3 dan 4 seperti di bawah.



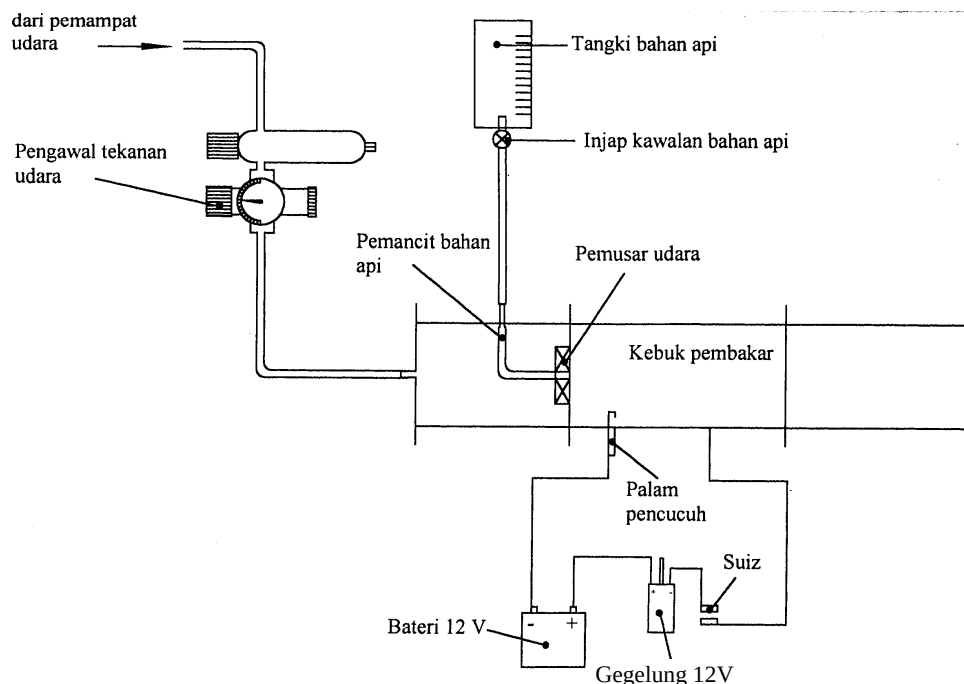
Rajah 3 Pandangan Isometri Pemusar Udara Aliran Paksi



Rajah 4 Dimensi Plat Pemusar Paksi dengan Sudut 50° (unit mm)

2.0 Kaedah Ujikaji

Rajah rig ujian pembakar jenis kaleng untuk ujian pembakaran yang dijalankan ditunjukkan dalam Rajah 5. Rig ujian tersebut dipasangkan ke atas troli boleh gerak pada kedudukan mendatar. Udara dimasukkan ke dalam kebuk melalui paip masukan dan mengalir secara memaksi sebelum masuk ke dalam kebuk pembakaran melalui pemusar udara aliran jejarian dengan garis pusat keluaran sebanyak 40 mm.



Rajah 5 Rig Ujikaji Pembakar Jenis Kaleng

Rig ujian dipasangkan dengan pemancit bahan api jenis memusat. Diameter dalaman kebuk pembakaran ialah 140 mm dan panjangnya ialah 280 mm. Pembakar ini disejukkan secara olakan oleh udara ambien di dalam makmal dan tidak memerlukan kaedah pendinginan yang lain. Udara yang memasuki kebuk pembakaran melalui kebuk plenum terlebih dahulu yang mempunyai garis pusat yang sama dengan kebuk pembakaran. Di dalam kebuk plenum ini dipasangkan dengan pemusar udara di satah keluarannya dan pemancit bahan api di mana bahan api cecair dipancitkan.

Kuar pensampelan gas ekzos dipasangkan di bahagian hujung kebuk pembakaran. Penganalisis gas yang digunakan di dalam ujian ini adalah jenis penganalisis gas mudah alih ROSEMOUNT SERIES 500 yang hanya boleh mengukur gas-gas oksida nitrogen, sulfur dioksida dan karbon monoksida. Dengan itu, hanya gas-gas ini sahaja yang akan dibincangkan di sini.

Dalam ujikaji ini, empat pemusar udara aliran paksi dengan sudut bilah 40° , 50° , 60° dan 70° digunakan untuk menunjukkan kesan atau pengaruh kekuatan pusaran atau nombor pusaran dalam mengurangkan emisi dari pembakar berbahan api cecair. Bahan api yang digunakan sepanjang kajian ini adalah diesel.

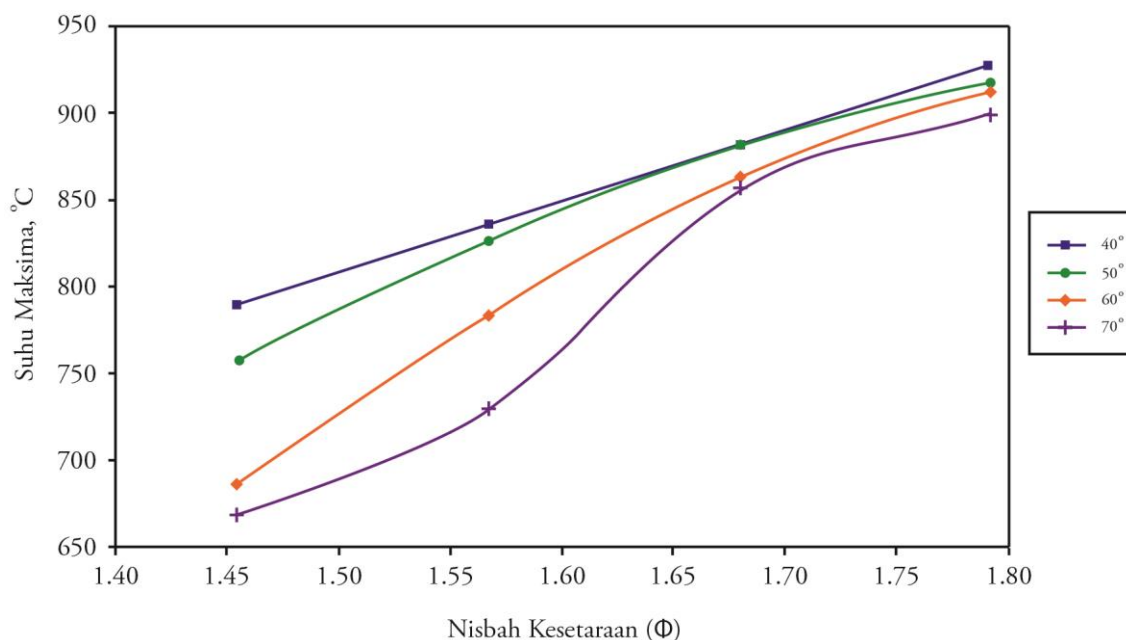
3.0 Keputusan dan Perbincangan

Hasil pembakaran menunjukkan bahawa pembakaran adalah stabil. Ini disebabkan penggunaan pemusar dengan nombor pemusar >0.6 menghasilkan zon edaran semula di kawasan tengah kebuk pembakaran [15, 16]. Zon edaran semula ini akan menghantar semula spesis-spesis panas ke bahagian zon pembakaran bagi meningkatkan kestabilan pembakaran. Kestabilan yang dimaksudkan di sini adalah nyalaan sempurna dan tidak putus-putus. Suhu keluaran juga akan menjadi mantap jika nyalaan stabil. Biasanya, apabila mengubah kadar alir bahan api, nyalaan akan stabil dalam masa 5 minit. Bagi pemusar 40° , nyalaan hanya betul-betul stabil pada kadar alir bahan api 130 ml/minit. Nilai ini diambil sebagai nilai paling rendah bagi kadar alir bahan api untuk semua

pemusar supaya mudah dilakukan perbandingan. Seterusnya, kadar alir bahan api diubah kepada 140, 150 dan 160 ml/minit.

Secara umumnya terdapat dua nyalaan yang wujud bagi ujikaji ini, iaitu nyalaan kuning ketika kestabilan nyalaan dan nyalaan berkilau. Ini disebabkan penggunaan bahan api diesel tidak mampu untuk mewujudkan nyalaan biru [17, 18].

Rajah 6 menunjukkan suhu pembakaran (suhu maksimum) melawan nisbah kesetaraan (Φ). Dari Rajah 6 dapat diperhatikan bahawa suhu maksimum meningkat dengan meningkatnya nisbah kesetaraan, Φ bagi semua pemusar yang dikaji. Bagaimanapun, pemusar udara bersudut 40° menghasilkan suhu pembakaran yang paling tinggi berbanding pemusar 50° , 60° dan 70° masing-masing. Perbezaan ini berlaku kerana bagi pemusar bersudut 40° , saiz zon edaran semula adalah kecil jika dibandingkan dengan sudut yang lain. Oleh itu, edaran semula spesis-spesis panas hasil pembakaran adalah kecil menyebabkan suhu pembakaran kekal tinggi hingga ke dinding pembakar [19, 20]. Pengurangan suhu bagi pemusar 40° adalah sebanyak 12%, 9% dan 8% jika di bandingkan dengan pemusar 50° , 60° dan 70° masing-masing pada nisbah kesetaraan 1.60 (pembakaran kaya bahan api).

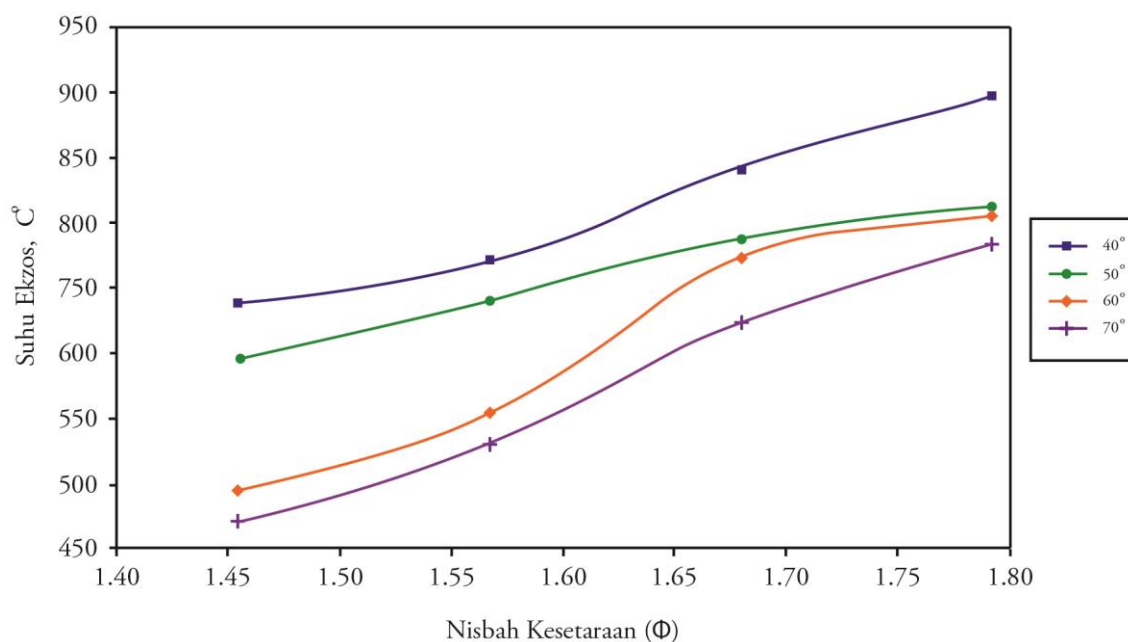


Rajah 6 Graf suhu dinding melawan nisbah kesetaraan bagi pelbagai sudut pemusar

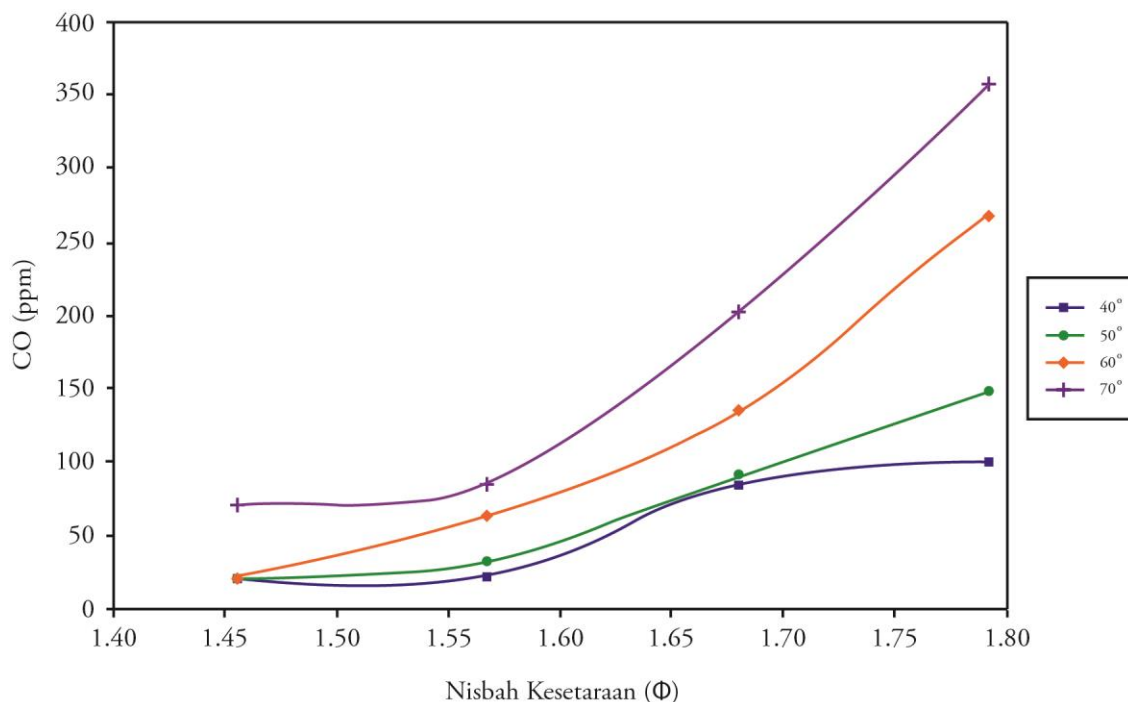
Rajah 7 pula menunjukkan suhu ekzos melawan nisbah kesetaraan (Φ). Di sini dapat diperhatikan bahawa suhu ekzos yang terhasil adalah meningkat dengan peningkatan nisbah kesetaraan, Φ bagi semua pemusar. Sekali lagi pemusar udara 40° menghasilkan suhu ekzos paling tinggi dan pemusar udara 70° menghasilkan gas ekzos paling rendah. Keadaan ini sama bagi kes suhu dinding di mana, sudut pemusar yang kecil menghasilkan zon edaran semula yang kecil dan seterusnya mengekalkan suhu nyalaan yang secara langsungnya meningkatkan suhu ekzos.

Rajah 8 menunjukkan graf emisi karbon monoksida (CO) melawan nisbah kesetaraan (Φ) bagi pelbagai pemusar. Dari rajah ini dapat diperhatikan nilai emisi meningkat dengan peningkatan nisbah kesetaraan (Φ). Bagaimanapun, kali ini pemusar udara 70° menghasilkan kepekatan emisi CO yang paling tinggi berbanding dengan pemusar lain. Pengurangan CO sebanyak 3%, 8% dan

10% diperolehi apabila menggunakan pemusar udara 40° berbanding apabila menggunakan pemusar udara 50°, 60° dan 70° masing-masing pada nisbah kesetaraan 1.60 (pembakaran kaya bahan api). Ini berlaku kerana suhu tinggi mempengaruhi pembentukan CO di mana, suhu tinggi mempengaruhi kadar perceraian CO₂ kepada CO serta O dan secara langsung meningkatkan pembentukan emisi CO.

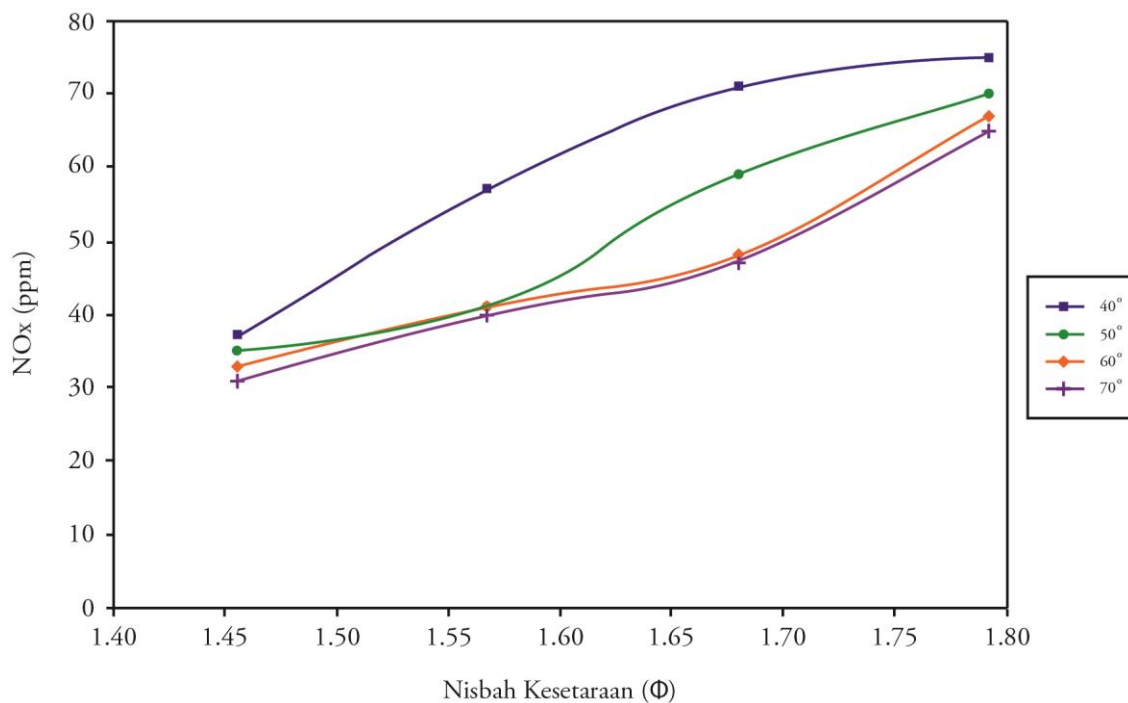


Rajah 7 Graf suhu ekzos melawan nisbah kesetaraan bagi pelbagai sudut pemusar

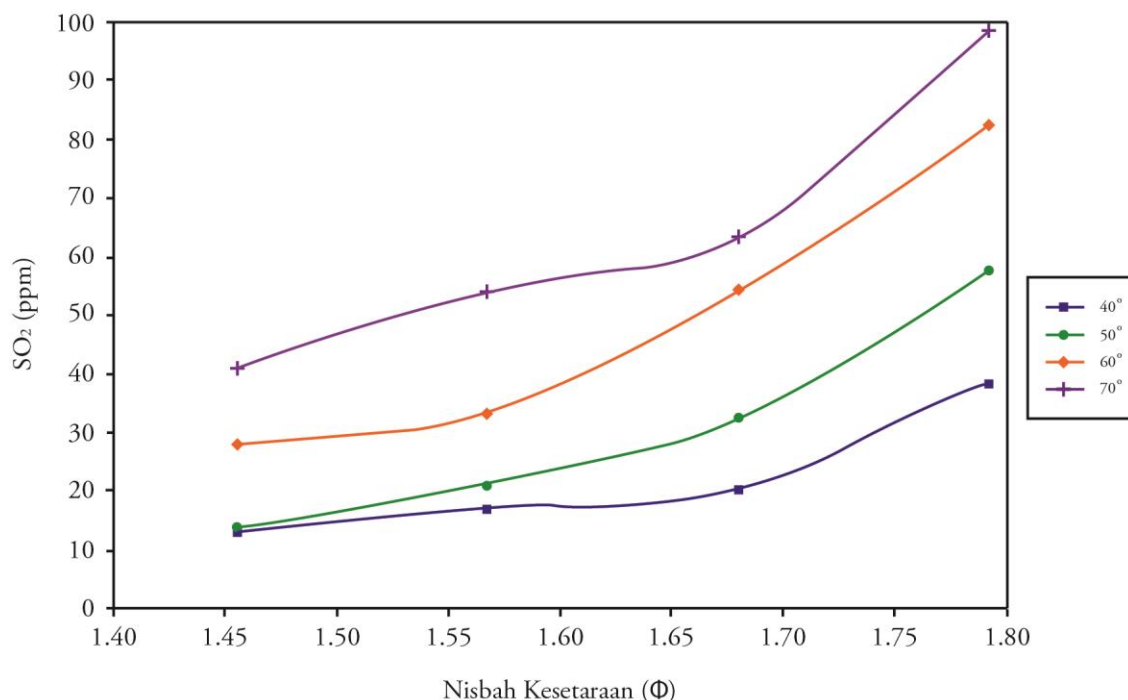


Rajah 8 Graf emisi CO melawan nisbah kesetaraan bagi pelbagai sudut pemusar

Rajah 9 menunjukkan graf emisi nitrogen oksida (NO_x) melawan nisbah kesetaraan (Φ). Rajah ini menunjukkan bahawa emisi NO_x akan meningkat dengan peningkatan nisbah kesetaraan (Φ). Bagaimanapun kali ini pemusar udara bersudut 40° menghasilkan kepekatan emisi NO_x paling tinggi manakala pemusar udara bersudut 70° menghasilkan emisi paling rendah. Pemusar dengan sudut lebih tinggi menghasilkan campuran udara dengan bahan api yang lebih baik disebabkan aliran berputar yang lebih tinggi mengekalkan nyalaan stabil. Di sini dapat dirumuskan bahawa untuk mendapatkan kepekatan emisi NO_x yang paling rendah, pemusar udara 70° adalah yang terbaik. Ini adalah selari dengan keputusan-keputusan yang didapati oleh penyelidik terdahulu.

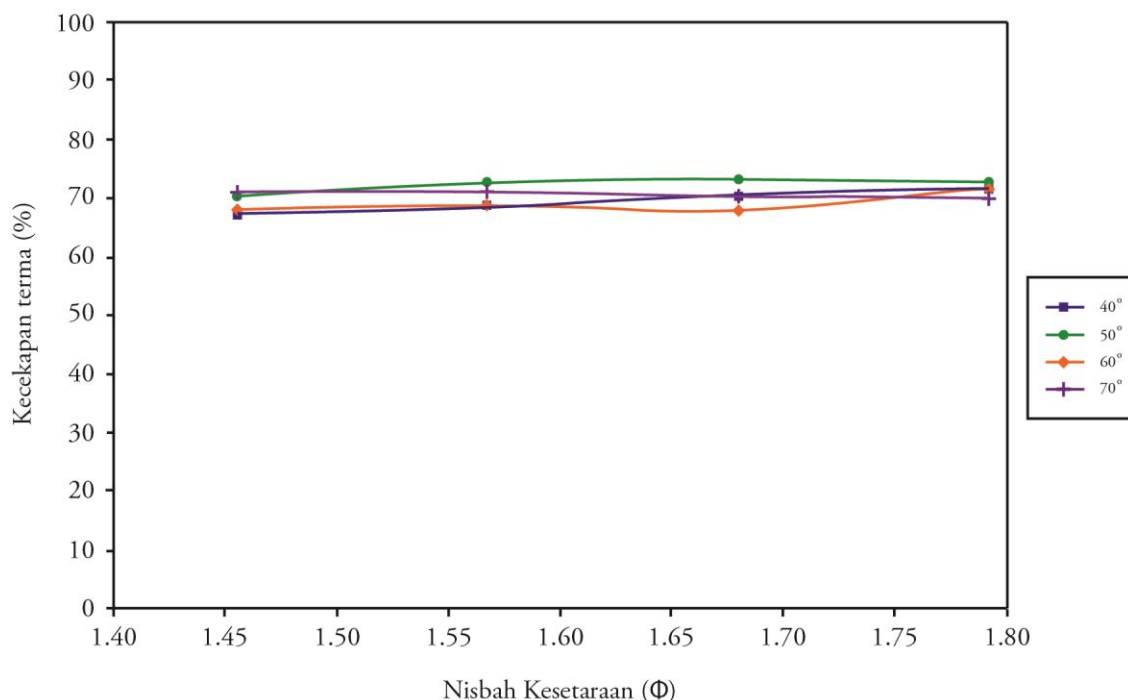


Rajah 9 Graf emisi NO_x melawan nisbah kesetaraan bagi pelbagai sudut pemusar



Rajah 10 Graf emisi SO₂ melawan nisbah kesetaraan bagi pelbagai sudut pemusar

Rajah 10 menunjukkan graf emisi sulfur dioksida (SO₂) melawan nisbah kesetaraan (Φ). Rajah ini menunjukkan kandungan emisi SO₂ meningkat dengan peningkatan nisbah kesetaraan (Φ). Pemusar udara 70° menghasilkan emisi yang tertinggi berbanding pemusar lain. Sementara ini pemusar udara 40° pula menghasilkan emisi yang rendah. Sementara itu, Rajah 11 pula menunjukkan graf kecekapan terma melawan nisbah kesetaraan (Φ). Dapat diperhatikan bahawa kesemua pemusar udara mempunyai kecekapan terma yang hampir sama iaitu di dalam lingkungan 65 hingga 70% yang membuktikan bahawa dengan penggunaan aliran berpusar dapat menstabilkan nyalaan serta menghasilkan pembakaran yang lebih lengkap. Ini meningkatkan kecekapan pembakaran serta mengurangkan penghasilan emisi yang berbahaya.



Rajah 11 Graf kecekapan terma melawan nisbah kesetaraan bagi pelbagai sudut pemusar

7.0 Kesimpulan

Didapati kesemua pemusar boleh menghasilkan nyalaan stabil pada semua keadaan operasi. Pembakaran menggunakan pemusar 40° menghasilkan suhu keluaran yang paling tinggi. Ini disebabkan rintangan udara yang rendah memudahkan pemindahan haba secara olakan. Pemusar 70° menghasilkan emisi NO_x yang paling rendah berbanding pemusar lain. Ini menepati andaian bahawa pemusar dengan nombor pusar yang lebih tinggi akan mengurangkan emisi NO_x . Faktor yang mempengaruhi keluaran emisi ini disebabkan suhu pembakaran yang rendah mengurangkan penghasilan NO_x haba [21]. Akan tetapi, emisi CO dan SO_2 adalah lebih tinggi untuk pemusar ini berbanding pemusar yang lain. Faktor kewujudan CO yang tinggi adalah disebabkan campuran bahan api kaya.

Rujukan

- [1]. Andrews, G. E., Alkabie, H. S., Abdul Aziz, M. M., Abdul Hussain, U. S., Al Dabbagh, N. A., Ahmad, N. A., Ali Al Shaikly, A. F., Kowkabi, M. dan Shahabadi, A. R. 1992. High Intensity Burners with Low NO_x Emissions. Proc. Instn. Mech. Engrs. 206: 3–17.
- [2]. Al-Kabie, H. S. 1989. Radial Swirlers for Low Emissions Gas Turbine Combustion. University of Leeds, Dept. of Fuel & Energy, PhD.
- [3]. Escott, N. H. 1994. Ultra Low NO_x Gas Turbine Combustion Chamber Design. University of Leeds, Department of Fuel and Energy, PhD.
- [4]. Kim, M. N. 1995. Design of Low NO_x Gas Turbine Combustion Chamber. University of Leeds, Dept. of Fuel & Energy, PhD.
- [5]. Harrison, R. M. 1990. Important Air Pollutants and Their Chemical Analysis. Pollution: Causes, Effects and Control. London: Royal Society of Chemistry. 156–175.

- [6]. World Health Organisation. 1987. Air Quality Guidelines for Europe. WHO Regional Publications, European Series No. 23, ISBN 92 890 1114 9. WHO Regional Office for Europe: Copenhagen.
- [7]. Eide, L. I. dan D. W. Bailey. 2005. Precombustion Decarbonisation Processes. Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP. 60(3): 475–484.
- [8]. FukuShima, S. dan Y. Suzukawa. 2002. Eco-friendly Regenerative Burner Heating System Technology Application and Its Future Prospects. NKK Technical Review. 87: 30–37.
- [9]. Abul Hossain, K., M. N. Mohd-Jaafar, A. Mustafa, K. B. Appalanidu dan F. N. Ani. 2004. Application of Selective Non-Catalytic Reduction of NO_x in Small-Scale Combustion Systems. Atmosphere Environment. 38: 6823–6828.
- [10]. Sanisah Saharin dan M. N. Mohd-Jaafar. 2008. Emissions Reduction of an Oil Burner by Air Staging. International Conference on Environment 2008, USM Malaysia, 15-17 December 2008.
- [11]. Rowlan, S. J. 2002. NO_x Control on Preheat and Radiant Furnaces at Nucor Steel Mills through Urea SNCR, SCR, and Hybrid Processes. ICAC Forum, Houston, Texas, USA, February 12–13.
- [12]. N.A Chigier (editor) (1978). “Progress in Energy and Combustion Science”. Volume 4. Oxford: Pergamon Press
- [13]. Lefebvre, A.H. (1997). “Pembakaran Turbin Gas (terjemahan)”. Johor Bahru: Penerbit Universiti Teknologi Malaysia.
- [14]. Romales Ramli (1998), “Merekabentuk, Membina dan Menguji Sebuah Unit Pembakar, ” Universiti Teknologi Malaysia, Tesis Sarjana Muda.
- [15]. Chong, C.T., Hochgreb, S. Spray flame study using a model gas turbine swirl burner. 2013. Applied Mechanics and Materials. 622: 1119-1124
- [16]. Chong C.T., Hochgreb S. Flow field of a model gas turbine swirl burner. 2013. Advanced Materials Research, 622, pp. 1119-1124.
- [17]. Ishak, M.S.A., Jaafar, M.N.M., Shafie, N.E.A., Ramli, Y. Design of palm envo-diesel gas turbine combustion test rig. 2012. International Review of Mechanical Engineering. 6(7): 1673-1680
- [18]. Eldrainy, Y.A., Jaafar, M.N.M., Lazim, T.M. 2011. Cold flow investigation of primary zone characteristics in combustor utilizing axial air swirler. World Academy of Science, Engineering and Technology. 74:977-983
- [19]. Effect of vane setting angle of swirler on flow field of a low-swirl burner. Yin, H. , Dai, R., Zhang, J.-H., Zhong, S.-L. 2011. Dongli Gongcheng Xuebao/Journal of Chinese Society of Power Engineering. 31(9): 664-671
- [20]. Jaafar, M.N.M., Nor, M.K.F.M., Ishak, M.S.A. 2011. Aerodynamic study of combustor using axial swirler. International Review of Mechanical Engineering 5(1):92-99
- [21]. Rahim, M.I.B., Asril, M.H.B., Mantari, R., Mohd Jaafar, M.N. 2010. Development of a small gas turbine combustor. AIP Conference Proceedings. 1225:881-887.