

MEMBANGUNKAN SEBUAH UNIT PEMBAKAR JENIS KALENG

Romales Ramli

Mohammad Nazri Mohd. Jaafar

Jabatan Aeronautik dan Automotif
Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia
81310 Skudai
JOHOR

ABSTRAK

Kebuk pembakaran merupakan salah satu komponen yang penting di dalam enjin turbin gas. Unit pembakar jenis kaleng yang dibangunkan ini adalah berkonsepkan kepada rekabentuk kebuk pembakaran turbin gas yang digunakan ke atas pesawat terbang. Melalui kajian literatur, didapati kebuk pembakaran enjin turbin gas merupakan komponen enjin yang kerap mengalami perubahan berdasarkan kepada keperluan semasa, seperti keperluan terhadap kuasa keluaran, saiz, keperluan prestasi, mengurangkan pancaran dan lain-lain lagi. Kertas kerja ini secara tidak langsung bertujuan untuk mengkaji kesan parameter pada komponen-komponen yang digunakan bersama pembakar seperti pemusar udara dan pemancit bahan api. Komponen-komponen ini secara teorinya mempengaruhi campuran bahan api dan udara di dalam kebuk pembakaran, campuran bahan api dan udara yang berlainan akan menghasilkan pembakaran yang berbeza kandungan gas ekzosnya. Ujikaji yang dijalankan adalah bertujuan untuk membuktikan bahawa kebuk pembakaran dan komponen-komponennya seperti pemusar udara

dan pemancit bahan api yang direkabentuk adalah praktikal dan menepati ramalan teori. Komponen-komponen seperti pemusar udara dan tiub nyalaan boleh dianggap berjaya sementara rekabentuk awal pemancit bahan api tidak dapat menyediakan saiz titisan yang diperlukan. Namun setelah dibuat pengubahsuaian ke atas rekabentuk pemancit bahan api, ia dapat digunakan dengan berkesan dan berupaya menyediakan saiz titisan yang bersesuaian.

1.0 PENGENALAN

Unit pembakar jenis kaleng yang dimaksudkan ialah pembakar yang dirujuk khusus kepada enjin turbin gas bagi kegunaan ke atas pesawat terbang. Unit pembakar jenis kaleng ini terdiri daripada beberapa komponen penting iaitu kebuk pembakaran ataupun tiub nyalaan, pemancit bahan api, pemusar udara dan pencucuh.

Rekabentuk yang telah dibuat adalah berdasarkan kepada kajian literatur dan analisis seperti yang dipersembahkan di dalam kertas kerja ini. Rekabentuk keseluruhan unit pembakar jenis kaleng ini yang merangkumi kebuk pembakaran, pemancit bahan api, pemusar dan pencucuh mengalami sedikit perubahan ketika proses pembinaan dijalankan. Hal ini disebabkan oleh beberapa masalah yang timbul seperti masalah mendapatkan bahan serta saiz bahan yang sesuai yang hendak digunakan tidak ada atau sukar didapati.

Ujikaji yang dijalankan adalah untuk membuktikan bahawa rekabentuk adalah praktikal dan seterusnya mendapatkan data seperti nisbah bahan api udara dan untuk mencari kaedah mengurangkan pancaran pada rekabentuk unit pembakar tersebut.

2.0 REKABENTUK KEBUK PEMBAKARAN DAN PEMANCIT BAHAN API

2.1 Objektif Rekabentuk Kebuk Pembakaran

Objektif rekabentuk kebuk pembakaran secara keseluruhannya ialah untuk:

1. Mencapai pencampuran bahan api dengan udara yang baik di dalam pelapik,
2. Mendapatkan corak aliran yang stabil melalui keseluruhan kebuk pembakaran,
3. Memastikan tiada kehilangan berparasit, dan
4. Memastikan panjang sebenar kebuk pembakaran dan menghadkan kehilangan tekanan kepada nilai minimum.

Sementara itu pula, rekabentuk aerodinamik yang dianggap berjaya harus mempunyai ciri-ciri berikut:

1. Aliran edaran semula,
2. Penusukan jet dan pencampuran, dan
3. Pekali keluaran semua jenis lubang kemasukan udara dan lubang alur penyejukan.

2.2 Menentukan Spesifikasi Kebuk Pembakaran

Terdapat dua kaedah untuk menentukan luas permukaan kebuk pembakaran iaitu kaedah halaju dan kaedah kehilangan tekanan. Rekabentuk yang dihasilkan adalah berdasarkan sepenuhnya kepada kaedah halaju kerana halaju rujukan yang didapati melalui kaedah ini memenuhi halaju rujukan yang dicadangkan oleh Taylor dan Sabla iaitu di antara 18 hingga 30 m/s [6].

2.2.1. Kaedah Halaju

Halaju yang tinggi seharusnya dipilih untuk mengurangkan diameter dan isipadu kebuk pembakaran pada rekabentuk yang memerlukan dimensi enjin yang kecil dan ringan. Manakala halaju yang rendah pula dipilih untuk disesuaikan pada rekabentuk yang mementingkan kecekapan dan kestabilan operasinya.

Persamaan asas untuk kaedah ini diberikan sebagai:

$$A_i = W_i / (\rho_3 \cdot V_i) \quad (1)$$

dengan,

A = luas permukaan kebuk pembakar, m^2

W_i = kadar alir jisim per saat, kg/s

ρ_3 = ketumpatan udara masuk kebuk pembakar, 12.4 kg/m^3

V_i = halaju udara dalam kebuk pembakar, m/s

2.3 Rekabentuk Pemancit Bahan Api

Pemancit bahan api yang direkabentuk adalah berdasarkan kepada konsep pemancit bahan api bagas udara jet rata yang diperkenalkan oleh Jasuja [6]. Pemancit bagas udara jet rata yang diperkenalkan oleh Jasuja menggunakan halaju dan tekanan udara untuk mengabus bahan api.

Rekabentuk pemancit bahan api yang dibina dan diuji pada pembakar gas adalah berdasarkan kepada kajian Olson [4]. Olson mencadangkan pengabusan untuk bahan api kerosin memerlukan halaju udara maksimum sehingga 130 m/s untuk menyepai bahan api kerosin kepada titisan kecil. Walaubagaimanapun, bahan api kerosin masih memerlukan tekanan yang tinggi ketika disembur keluar daripada pemancit untuk memastikan pengabusan yang berlaku adalah sempurna.

Kadar alir bahan api yang keluar daripada pemancit adalah penting untuk menentukan jenis percampuran yang berlaku. Jenis percampuran bahan api dan udara ditentukan melalui nisbah bahan api udara. Percampuran yang sempurna adalah percampuran yang mempunyai nisbah bahan api per udara yang hampir kepada nisbah bahan api per udara stoikiometri.

Olson [4] menjelaskan bahawa kadar alir bahan api yang masuk ke dalam kebuk pembakar adalah diberikan oleh persamaan berikut:

$$W_f = 9000 \cdot d^2 (\rho_f \cdot \Delta p)^{0.5}$$

dengan,

W_f = kadar bahan api, lb/jam

d = diameter lubang keluaran bahan api, inci.

Δp = kehilangan tekanan dalam lb/in²

ρ_f = ketumpatan bahan api, g/cm³

(Persamaan ini memerlukan ketumpatan bahan api dalam unit g/cm³)

3.0 PROSES PEMBUATAN DAN FABRIKASI

3.1 Proses Pembuatan

Peringkat kedua pula melibatkan proses pembuatan di mana beberapa proses pembuatan seperti melarik, mencanai, menggerudi dan kimpalan telah dijalankan seperti yang telah dirancang. Proses-proses ini dijalankan di dalam makmal pengeluaran dan mesin syop Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dengan dibantu oleh juruteknik-juruteknik yang bertanggungjawab. Beberapa bahagian penting rekabentuk yang mengalami proses pembuatan ialah kebuk pembakaran atau tiub nyalaan, pemusar udara dan pemancit bahan api.

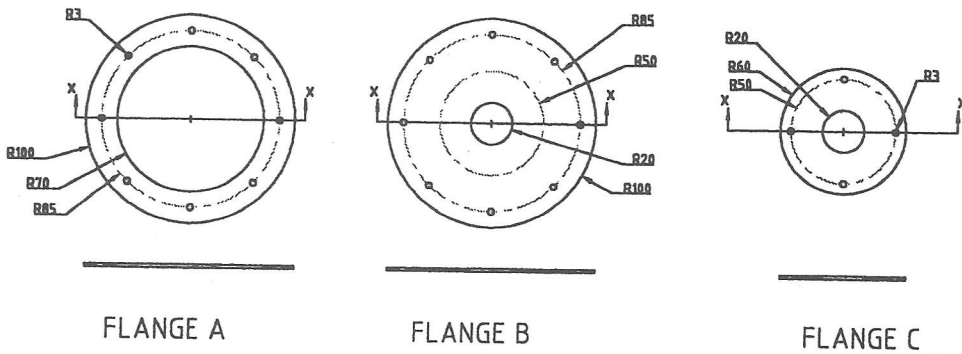
3.1.1 Kebuk Pembakaran

Proses pembuatan yang terlibat di dalam menghasilkan kebuk pembakar ialah mencanai, mengerudi dan kimpalan. Kebuk pembakaran yang direkabentuk mempunyai flange atau bibir yang berfungsi sebagai penyambung. Penggunaan flange sebagai penyambung adalah sebagai langkah untuk memudahkan proses pengubahsuaian rekabentuk atau menambahkan panjang tiub nyalaan sekiranya difikirkan perlu.

Flange dihasilkan daripada kepingan keluli lembut yang berketebalan 3 mm, kepingan keluli ini terlebih dahulu dipotong dalam bentuk segiempat sama sebelum menjalani proses mencanai untuk mendapatkan bentuk donut yang berdiameter luar 200 mm dan berdiameter dalam 140 mm untuk flange A, diameter luar 200 mm dan diameter dalam 40 mm untuk flange B, seterusnya diameter luar 126 mm dan diameter dalam 40 mm untuk flange C. Mesin canai dengan mata alat berdiameter 5 mm dan 7 mm telah digunakan dalam proses ini.

Setelah menjalani proses mencanai, kepingan keluli berbentuk donut tadi seterusnya digerudi untuk mendapatkan lubang-lubang bolt yang berdiameter 6 mm. Proses ini masih lagi menggunakan mesin yang sama cuma mata alatnya sahaja ditukarkan kepada mata gerudi berdiameter 6 mm. Flange A mempunyai 8 lubang yang ditebuk pada jarak 85 mm dari pusat, flange B mempunyai 8 lubang pada kedudukan 85 mm dari pusat dan 4 lubang lagi pada kedudukan 50 mm dari pusat, manakala flange C pula mempunyai lubang 8 lubang pada kedudukan 50 mm dari pusat. Untuk dimensi dan rekabentuk ketiga-tiga flange tersebut, sila lihat Rajah 1.

Proses pembuatan terakhir untuk kebuk pembakar ialah kimpalan, flange-flange yang dihasilkan tadi seterusnya akan dikimpal pada tiub-tiub keluli yang telah disediakan. Flange B dikimpalkan pada pangkal tiub pembakar utama yang berukuran 280 mm panjang, manakala flange A dikimpalkan pada hujung tiub utama dan setiap pangkal dan hujung tiub tambahan yang berukuran 250 mm panjang.



Rajah 1 Lukisan kejuruteraan flange A, B dan C

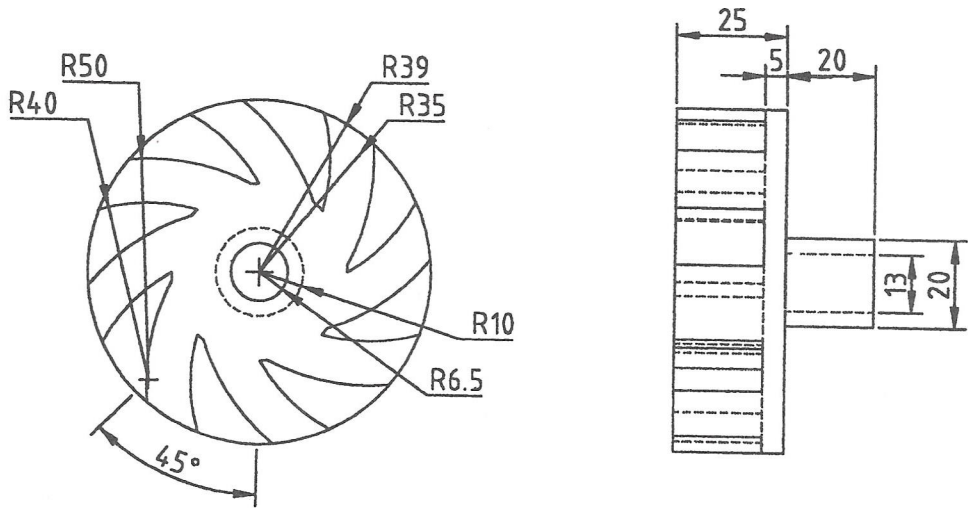
3.1.2 Pemusar Udara

Pemusar udara jenis jejarian merupakan salah satu komponen yang terdapat pada rekabentuk pembakar. Didapati komponen ini merupakan bahagian yang paling rumit untuk dihasilkan kerana ia melibatkan dimensi yang banyak dan bentuk yang kompleks. Proses-proses pembuatan yang terlibat di dalam menghasilkan komponen ini ialah mencanai, melarik dan mengimpal.

Mesin larik digunakan untuk mendapatkan saiz diameter luar yang tepat dan permukaan yang lebih baik. Melalui proses melarik ini beberapa milimeter permukaan luar telah dibuang untuk mendapatkan dimensi pemusar yang berdiameter 78 mm dan pemegang pemancit yang berdiameter 20 mm juga dihasilkan pada bahagian belakangnya. Lihat Rajah 2.

Proses mencanai menggunakan mesin MAHO MH 500E2 iaitu sejenis mesin canai yang beroperasi menggunakan kawalan berangka berkomputer (*Computer Numerical Control*). Mesin ini dipilih untuk proses ini adalah disebabkan ia berupaya menghasilkan bentuk-bentuk yang kompleks dengan mudah dan cepat berbanding

mesin canai yang beroperasi secara manual. Walaubagaimanapun, untuk menggunakan mesin ini satu aturcara berangka yang mempunyai arahan dan ukuran-ukuran yang dikehendaki perlu disediakan terlebih dahulu. Aturcara tersebut telah dihasilkan dalam jangkamasa yang agak lama disebabkan masalah untuk memahami arahan-arahan dan penggunaan kekunci arahannya. Melalui proses ini beberapa bentuk telah dihasilkan menggunakan kekunci-kekunci arahan G. Kekunci arahan G89 telah digunakan untuk menghasilkan satu lubang yang berdiameter 40 mm dan berkedalaman 20 mm, di mana lubang ini berfungsi sebagai tempat percampuran bahan api dan udara yang memasuki pemusar udara. Setelah menghasilkan bentuk ini, kekunci arahan G2 pula digunakan untuk membuat bentuk lengkung pada bilah pusat yang masing-masing berkedalaman 20 mm. Proses mencanai ini menggunakan mata alat canai berdiameter 10 mm. Akhir sekali kekunci arahan G83 digunakan untuk menggerudi lubang masuk pemancit bahan api yang berdiameter 13 mm.

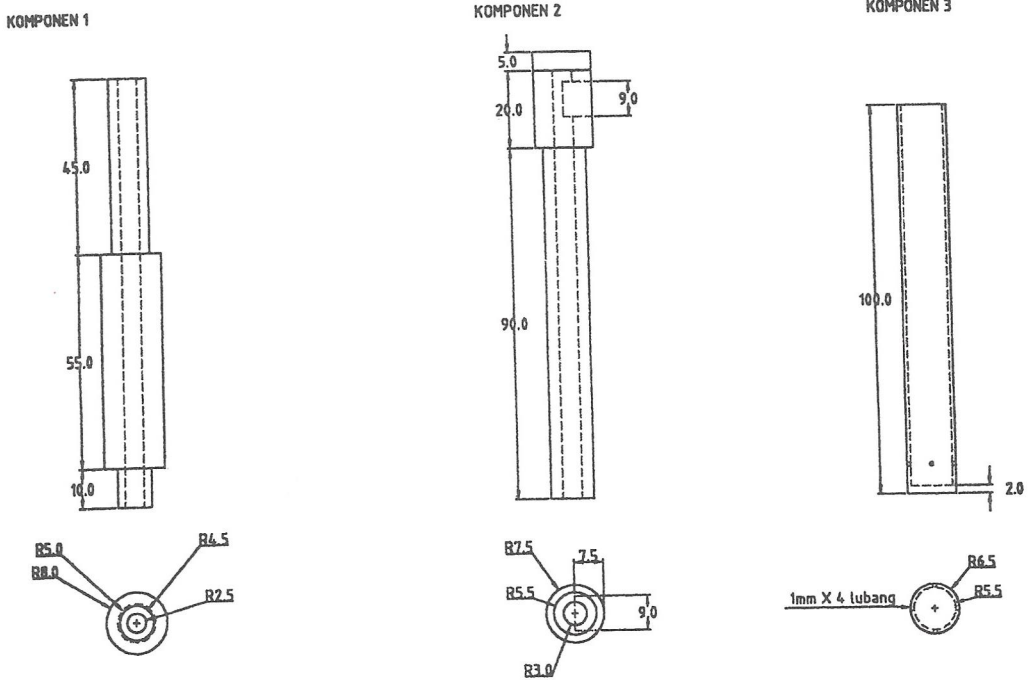


Rajah 2 Gambarajah skema pemusar udara dengan dimensi penting

Pemusar udara yang telah siap seterusnya dicantumkan pada flange C menggunakan kaedah kimpalan. Tujuan mencantumkan pemusar udara pada flange adalah untuk memudahkan kerja-kerja fabrikasi pemusar udara pada kebuk pembakar.

3.1.3 Pemancit Bahan Api

Pemancit bahan api merupakan komponen yang berfungsi untuk membekalkan bahan api ke dalam kebuk pembakaran atau tiub nyalaan ketika ujikaji dijalankan. Komponen ini terbahagi kepada tiga bahagian sebelum dicantumkan. Hal ini bertujuan untuk memudahkan proses pembuatan dan fabrikasi komponen. Proses pembuatan yang terlibat di dalam menghasilkan komponen ini ialah melarik, mengerudi dan mengimpal.



Rajah 3 Komponen-komponen pemancit bahan api

Mesin larik digunakan untuk mendapatkan diameter permukaan luar dan menggerudi lubang yang tepat mengikut dimensi rekabentuk yang dikehendaki. Komponen 1 (lihat Rajah 3) mempunyai diameter luar hujung yang berlainan iaitu 10 mm dan 9 mm, pada hujung yang berdiameter 10 mm kemudiannya dibenangkan untuk disesuaikan dengan nat M10 dengan tujuan memudahkan kerja pemasangan pada kebuk pembakaran. Hujung yang berdiameter 9 mm pula bertujuan untuk penyambungan kepada komponen 2. Komponen 2 mempunyai diameter luar 10 mm untuk 90 mm mula dan diameter luar 14 mm untuk panjang yang selebihnya. Bahagian ini dihasilkan untuk mengecilkan diameter dalam komponen 3, di mana komponen 2 ini seterusnya dimasukkan ke dalam komponen 3 yang berdiameter dalam 11 mm. Komponen 1 dan 2 mempunyai diameter dalam yang sama iaitu 6 mm. Lubang berdiameter 6 mm ini dihasilkan menggunakan mata alat gerudi berdiameter 6 mm.

Proses terakhir untuk komponen ini ialah kimpalan, melalui proses ini komponen 1, 2 dan 3 dicantumkan menjadi satu komponen. Proses ini harus dilakukan dengan teliti untuk mengelakan kebocoran pada kawasan kimpalan. Proses ini terpaksa dilakukan oleh juruteknik yang mahir untuk memastikan kesempurnaannya.

3.2 Proses Pemasangan Komponen

Peringkat ketiga merupakan peringkat terakhir di dalam penyediaan keseluruhan unit pembakar sebelum menjalankan ujikaji terhadap rekabentuk unit pembakar ini. Melalui proses ini semua komponen-komponen pembakar seperti kebuk pembakar, pemusar udara dan pemancit bahan api telah dipasang mengikut rekabentuk yang telah ditetapkan. Pembakar jenis kaleng ini kemudiannya dipasang pada rig ujikaji beroda yang dibina menggunakan kepingan besi 'slotted'. Pemasangan unit pembakar jenis kaleng pada rig ujikaji beroda ini adalah bertujuan untuk memudahkan pemindahan dan pemasangan alat bantuan ujikaji yang lain seperti tangki bahan api, sistem pencucuh, pengukur halaju udara, pengukur kadar pancaran dan lain lain lagi.

Tangki bahan api dipasang pada bahagian paling tinggi pada rig ujikaji. Ini adalah disebabkan bahawa tekanan yang dijanakan oleh tarikan graviti bahan api yang disalurkan dari tempat tinggi adalah diperlukan untuk tujuan memancitkan bahan api ketika menjalankan ujikaji. Oleh itu, ketinggian tangki bahan api ini juga secara tidak lansung mempengaruhi keputusan ujikaji yang dijalankan.

Bahan api dan udara termampat disalurkan menggunakan paip gas berketahanan tinggi. Bahan api daripada tangki bersengat dialirkan memasuki pemancit bahan dengan dikawal oleh injap yang dipasang di antaranya. Manakala, paip saluran udara termampat yang dibekalkan, disambungkan kepada pengubahsuai tekanan udara (*compressor adapter*) sebelum dialirkan ke dalam kebuk pembakaran. Pemasangan injap kawalan dan pengubahsuai tekanan udara pada setiap aliran bahan api dan udara adalah dengan tujuan untuk mengawal jumlah bahan api dan udara yang digunakan, bagi mendapatkan pembakaran stoikiometri.

4.0 UJIKAJI KEBUK PEMBAKARAN

4.1 Objektif Ujikaji

Objektif utama ujikaji ini dijalankan adalah untuk membuktikan bahawa kebuk pembakaran, pemusar udara dan pemancit bahan api yang telah direkabentuk dan dibina adalah praktikal dan menepati ramalan teori.

Ujikaji ini juga dijalankan untuk mengambil bacaan kadar alir bahan api dan kadar alir udara pembakaran. Data-data ini seterusnya akan digunakan untuk mengira nisbah bahan api per udara pembakaran. Nisbah bahan api-udara yang didapati daripada ujikaji ini akan dibandingkan dengan nisbah bahan api-udara stoikiometri untuk menentukan sama ada percampuran itu merupakan percampuran kaya bahan api, stoikiometri atau cair bahan api.

4.2 Teori

Campuran bahan api dan udara di dalam kebuk pembakar mempengaruhi pembakaran yang diperolehi ketika menjalankan ujikaji. Percampuran bahan api dan udara dikelaskan kepada tiga jenis berdasarkan kepada kandungan bahan api yang digunakan berbanding udara atau oksigen yang dibekalkan. Jenis campuran yang dimaksudkan ialah campuran kaya bahan api, stoikiometri dan cair bahan api atau bahan api lemah.

Tahap kandungan bahan api dengan udara ditunjukkan dalam bentuk nisbah bahan api per udara (dalam bentuk jisim), f/a dan nisbah bahan api udara sebenar kepada nisbah bahan api udara stoikiometri sebagai nisbah setara, ϕ . Nisbah bahan api per udara boleh didapati melalui pengiraan secara teori ataupun melalui ujikaji. Manakala nisbah kesetaraan pula merupakan perbandingan di antara nisbah bahan api per udara yang didapati melalui pengiraan teori dan ujikaji.

4.2.1 Nisbah Bahan Api Per Udara, f/a

Nisbah bahan api per udara yang didapati daripada pengiraan teori adalah berdasarkan kepada komposisi kimia dan jisim molekul tindak balasnya. Nilai yang didapati daripada pengiraan ini mewakili nisbah bahan api per udara untuk campuran stoikiometri.

Tindakbalas kimia untuk pembakaran bahan api kerosin diberikan seperti berikut:



Pengiraan untuk campuran stoikiometri adalah seperti berikut:

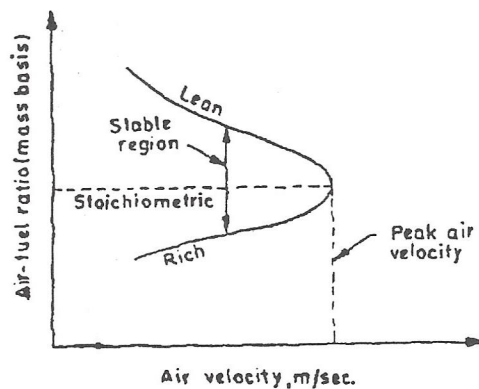
$$\text{Udara} : (18 \times 32) + (67.7 \times 28) = 2471.6 \text{ kg}$$

$$\text{Bahan api} : (12 \times 12) + (24 \times 1) = 168 \text{ kg}$$

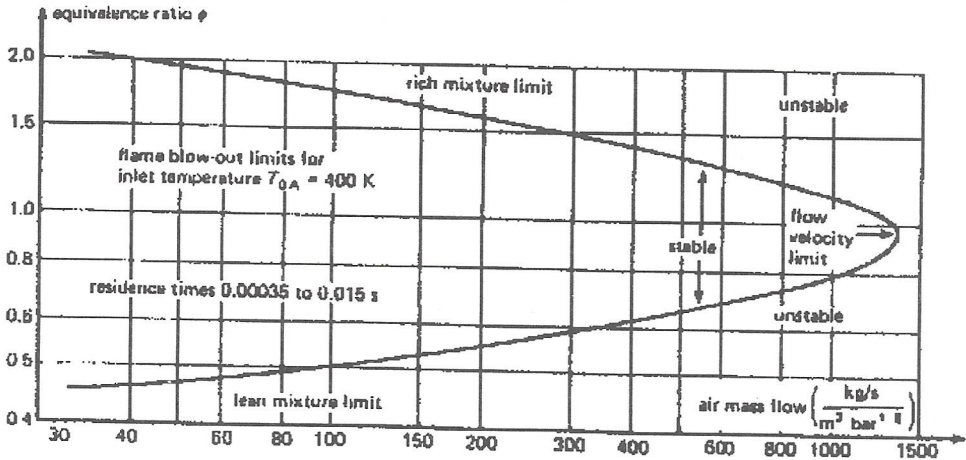
Oleh itu, nisbah bahan api per udara, $f/a = 168 / 2471.6 = 0.06795$

4.2.2 Nisbah Setara, ϕ

Nisbah setara, ϕ dapat memberi gambaran mengenai campuran yang terjadi di dalam kebuk pembakaran. Nisbah setara merupakan perbandingan antara nisbah bahan api per udara semasa ujikaji dengan nisbah bahan api per udara stoikiometri yang didapati melalui pengiraan. Apabila nisbah setara bersamaan dengan 1.0 pada puncak aliran jisim udara, campuran bahan api dengan udara adalah sempurna dan nilai nisbah bahan api per udara ujikaji adalah bersamaan dengan nilai nisbah bahan api per udara stoikiometri. Nisbah setara yang melebihi nilai 1.0 pada sebelah luar kawasan stabil pula menunjukkan campuran kaya bahan api. Manakala, nisbah setara yang kurang daripada 1.0 pada luar kawasan stabil pula menunjukkan campuran cair bahan api. Lihat Rajah 5.



Rajah 4 Nisbah udara per bahan api lawan halaju udara



Rajah 5 Nisbah setara lawan kadar alir jisim udara

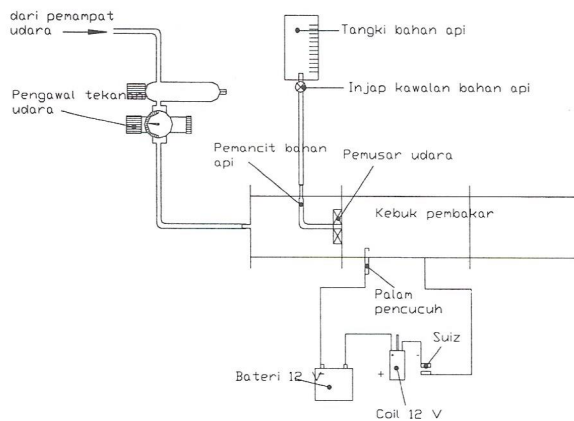
4.3 Keputusan dan Perbincangan Ujikaji

Ujikaji pembakar telah dijalankan untuk membuktikan bahawa komponen-komponen yang direkabentuk seperti kebuk pembakaran atau tiub nyalaan, pemancit bahan api dan pemusar udara berfungsi seperti mana yang dikehendaki. Rajah skema susunatur rig ujian adalah seperti dalam Rajah 6.

Melalui ujikaji pertama yang telah dijalankan terhadap kebuk pembakaran didapati terdapat beberapa kesulitan di dalam rekabentuk sistem pencucuh. Sistem pencucuh yang sedia ada didapati tidak dapat berfungsi dengan baik untuk memulakan nyalaan. Ini disebabkan oleh empat faktor yang telah dikenal pasti, iaitu:

1. Suhu dan jumlah percikan yang dihasilkan adalah lemah.

2. Bahan api yang dipancarkan oleh pemancit bahan api masih di dalam bentuk cecair kerana tekanan bahan api yang dijanakan oleh tarikan graviti tidak cukup untuk mengabuskan bahan api tersebut kepada titisan-titisan kecil.
3. Tekanan bahan api dan halaju udara yang berfungsi untuk menyepaikan bahan api tersebut juga tidak mencapai tahap 1000 lb/in^2 dan 130 m/s seperti yang di cadangkan oleh Olson (4).
4. Suhu udara yang dibekalkan untuk bercampur dengan bahan api adalah suhu ambien, sepatutnya udara tersebut harus dipanaskan terlebih dahulu.



Rajah 6 Susunatur Sistem Pembakaran

Walaupun sistem pencucuhan tidak berfungsi dengan baik, ujikaji masih diteruskan untuk melihat nyalaan pembakaran yang dihasilkan. Campuran udara dan bahan api dinyalakan secara biasa iaitu dengan menggunakan sumbu. Diperhatikan bahawa nyalaan pembakaran yang terhasil berwarna kuning dan berjelaga yang menandakan bahawa bahan api tidak terbakar sepenuhnya dengan udara. Bahan api

yang terbakar bukan dalam bentuk terkabus sebaliknya masih dalam bentuk cecair dan masih terdapat bahan api yang tidak bercampur dengan udara untuk dibakar.

Namun demikian, nyalaan yang dihasilkan mempunyai pusaran. Pusaran nyalaan tersebut menunjukkan bahawa rekabentuk pemusar udara yang dihasilkan berjaya. Pembakaran juga didapati stabil dan tidak terpadam setelah sumbu dialihkan. Nyalaan yang berterusan menunjukkan bahawa terdapatnya kawasan edaran semula yang dijana oleh pemusar udara tersebut di dalam kebuk pembakaran.

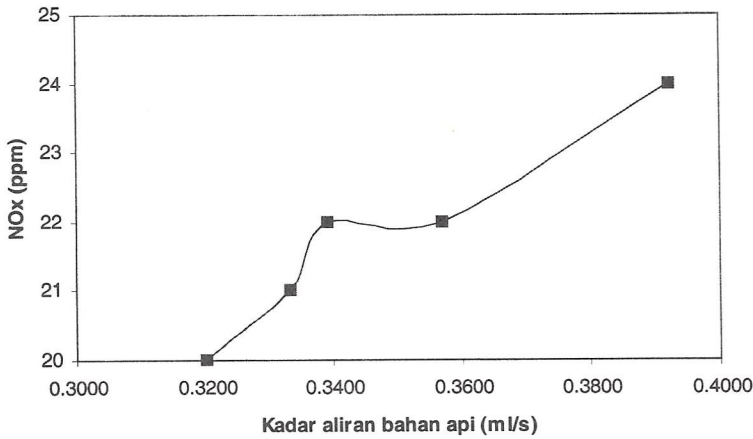
Masalah pemancit bahan api diatasi dengan merekabentuk pemancit baharu dengan lubang keluar bahan api sebesar 0.5 mm dan bukan lagi 1 mm seperti ujikaji sebelumnya. Seterusnya, untuk membantu pengabusan, sebahagian daripada udara bekalan dihantar ke talian bahan api untuk membekalkan tekanan kepada bahan api bagi membantu proses pengabusan.

Ujikaji seterusnya dijalankan dengan membekalkan tekanan udara kepada bahan api. Kali ini pengabusan bahan api didapati berjaya dihasilkan. Titisan bahan api bercampur dengan baik bersama dengan udara dan nyalaan dihasilkan. Namun demikian, nyalaan yang dihasilkan masih lagi berwarna kuning yang menandakan pembakaran tidak lengkap berlaku. Namun begitu, nyalaan dapat dikekalkan untuk beberapa jangka waktu yang mana menandakan bahawa rekabentuk komponen-komponen adalah berjaya.

Semasa ujikaji ini juga, gas ekzos telah diukur untuk empat kadar aliran bahan api yang berlainan. Gas yang diukur adalah nitrik oksida (NO) dan karbon monoksida (CO) dengan menggunakan alat penganalisis gas yang mudah alih. Graf-graf nitrik oksida dan karbon monoksida melawan kadar aliran bahan api ditunjukkan di dalam Rajah 7 dan 8 masing-masing.

Graf 7 menunjukkan lakaran nitrik oksida melawan kadar aliran bahan api. Di sini dapat dilihat bahawa NO bertambah dengan bertambahnya bahan api yang dibekalkan. Ini adalah benar kerana pancaran NO akan bertambah banyak apabila terdapat lebih banyak bahan api yang dibakar kerana semasa proses pembakaran, NO

dari udara akan bertindakbalas dengan bahan api hidrokarbon lalu membentuk NO, yang mana kadangkalanya akan dioksidakan kepada NO₂. Kedua-duanya dikumpulkan dan dinamakan sebagai oksida nitrogen ataupun NO_x.

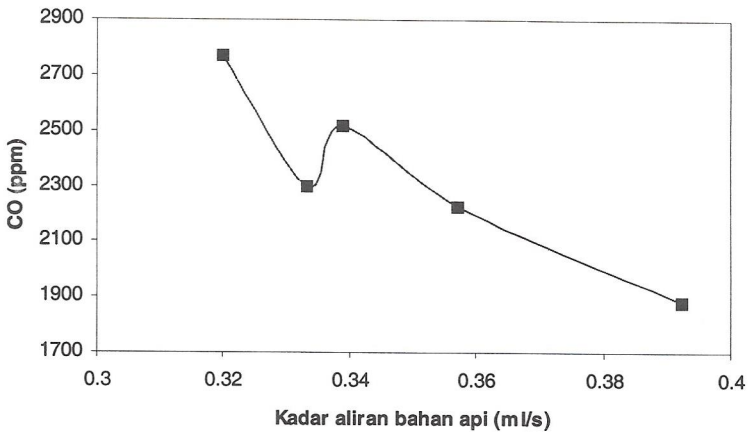


Rajah 7 Nitrik oksida melawan kadar aliran bahan api

Graf 8 menunjukkan pancaran karbon monoksida melawan kadar aliran bahan api. Di dalam graf ini dapat diperhatikan bahawa pancaran karbon monoksida berkurangan dengan bertambahnya bahan api yang dibekalkan. Ini adalah benar memandangkan secara teori, pancaran karbon monoksida adalah tinggi pada keadaan kuasa rendah dan rendah pada keadaan kuasa tinggi dan sebaliknya NO adalah tinggi pada keadaan kuasa tinggi dan rendah pada keadaan kuasa rendah. Kedua-duanya telah dibuktikan di dalam Rajah 7 dan 8 yang menunjukkan bahawa projek ini adalah berjaya dalam objektifnya untuk membangunkan sebuah pembakar jenis kaleng yang berupaya berfungsi sebagai sebuah pembakar yang menggunakan bahan api cecair, khususnya kerosin.

5.0 Kesimpulan

Keseluruhan rekabentuk pembakar jenis kaleng di dalam projek ini didapati berupaya berfungsi, cuma pada awalnya terdapat sedikit kesulitan pada sistem pencucuhan dan sistem bekalan bahan api kepada pemancit bahan api. Namun demikian, masalah ini telah dapat diatasi dengan sebaik mungkin. Diameter lubang pemancit melalui mana bahan api cecair keluar telah dikecilkan kepada 0.5 mm berbanding 1.0 mm yang digunakan sementara udara bertekanan telah dibekalkan kepada sistem suapan bahan api untuk membantu proses pengabusan. Secara umumnya, dapat disimpulkan bahawa rekabentuk sistem pembakar jenis kaleng yang disampaikan di dalam kertas kerja ini adalah berjaya kerana dapat menghasilkan nyalaan yang agak stabil untuk satu jangkamasa yang berpatutan.



Rajah 8 Karbon monoksida melawan kadar aliran bahan api

RUJUKAN

1. Afgan, N. H. & Beer, M. (Ed)., 1974. Heat Transfer in Flames. Washington: Scripta Book Company.
2. Bathie, W. B., 1996. Fundamentals of Gas Turbines. Canada: John Wiley and Son Inc.
3. Escott, N. H., 1993. Ultra Low NO_x Gas Turbine Combustion Chamber Design. Tesis Ph.D. , The University of Leeds.
4. Hawthorne, W. R. & Olson, W.T. (Ed)., 1960. Design and Performance of Gas Turbine Power Plants. New Jersey: Princeton.
5. Jain, J.K., 1972. Gas Turbine Theory and Jet Propulsion. New Delhi: Khana Publisher.
6. Lefebvre, A. H., 1997. Pembakaran Turbin Gas (terjemahan). Johor Bharu: Penerbit Universiti Teknologi Malaysia.
7. Mellor, A. M., 1990. Design of Modern Turbine Combustors. London: Academic Press Limited.
8. Pearson, J. D. & Fellingner, R. C., 1966. Thermodynamic Properties of Combustion Gases. Iowa: The Iowa State University Press.
9. Syahrul Anuar Abd. Wahab, 1998. Spray Combustion of Liquid Fuel. Tesis Sarjana Muda, Universiti Teknologi Malaysia.