

Perancangan Tungku Untuk Peleburan Aluminium Dengan Kapasitas 5 Kg

¹⁾Muchamad Romadon Dwi Arianto, ²⁾Ratna Dewi Anjani
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik
Universitas Singaperbangsa Karawang
email: 1610631150081@student.unsika.ac.id,
ratna.dewi@ft.unsika.ac.id

Abstrak

Pengecoran adalah proses pembuatan produk dengan melelehkan logam dalam tungku dan menuangkannya ke dalam cetakan. Tungku adalah komponen kunci dalam proses ini, dan banyak tungku peleburan yang tersedia di pasaran hanya digunakan untuk peleburan logam, dengan gas buang yang masih memiliki suhu tinggi. Artikel ini membahas perancangan dan simulasi sebuah tungku untuk mencairkan aluminium sebanyak 5 kg. Tungku ini dirancang dengan dua pintu sisi kiri dan kanan sebagai tempat logam cair, berbentuk bujur sangkar horizontal, dan menggunakan bahan bakar gas LPG. Beberapa masalah yang diidentifikasi meliputi keterbatasan tungku konvensional dalam fungsi mereka. Simulasi dilakukan menggunakan Ansys 19.R untuk menganalisis distribusi temperatur dan penggunaan energi dalam tungku. Hasil simulasi menunjukkan bahwa distribusi panas dalam tungku cukup merata, tetapi konsumsi bahan bakar gas yang tinggi. Artikel ini juga membahas pengaruh jarak inlet pembakaran dan laju aliran massa gas terhadap kinerja tungku. Kesimpulannya, tungku hasil modifikasi ini dapat mencapai temperatur yang dibutuhkan untuk melelehkan aluminium, tetapi membutuhkan jumlah bahan bakar gas yang besar.

Kata kunci: *Pengecoran, Tungku peleburan, Simulasi CFD*

1. PENDAHULUAN

Pengecoran adalah pembuatan produk dengan cara mencairkan logam dalam tungku kemudian menuangkannya ke dalam cetakan dan membiarkannya membeku. Teknik pengecoran sudah banyak digunakan dalam dunia industri secara luas terutama untuk logam non ferrous. Bagian terpenting dari pengecoran adalah tungku, dimana logam tersebut dipanaskan dan dicairkan. Pembangkitan energi panas pada tungku sangat tergantung dari sumber energi, konstruksi dan material yang akan dicairkan.

Umumnya tungku peleburan yang dipasaran berupa tungku peleburan standar dan berfungsi sebagai pelebur logam saja. Sehingga kemampuan lainnya dari tungku ini tidak ada. Gas yang keluar dari tungku

juga masih memiliki temperatur gas yang tinggi. Sebetulnya gas ini masih dapat digunakan sebagai pemanas lainnya seperti pemanas awal atau untuk perlakuan lainnya dari tungku [1].

Rancangan dan simulasi tungku ini dirancang untuk mencairkan logam Aluminium sebanyak 5 kg. Konstruksi tungku yang di rancang adalah tungku dengan menggunakan dua pintu sisi kiri dan kanannya sebagai tempat logam cair. Tungku yang dirancang berbentuk bujur sangkar posisi horizontal dan menggunakan bahan bakar gas dan udara. Dengan adanya rancangan tungku ini diharapkan akan membantu para pengguna dalam memanfaatkan gas panas yang terbuang [2].

Dari latar belakang di atas dapat diidentifikasi beberapa masalah yang ada: (1) Tungku hanya digunakan kebanyakan

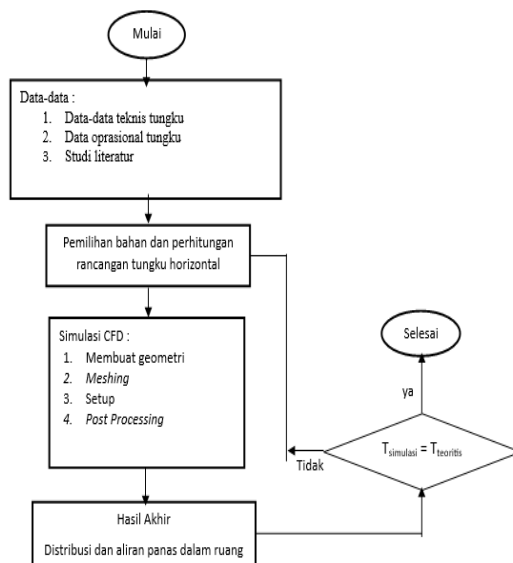
mempunyai kemampuan terbatas yaitu sebagai peleburan saja. (2) Gas pembakaran pada peleburan logam masih memiliki temperatur gas yang tinggi.

Proses pengecoran logam dilakukan untuk salah satu logam non ferrous yaitu aluminium sebanyak 5 kg. Tungku yang di dinalisis adalah tungku horizontal terdiri dari pasir silica dan bata tahan api yang dibentuk bujur sangkar horizontal [3]. Sumber panas dilakukan dari pembakaran gas LPG yang dialirkan ke dalam tungku. Temperatur peleburan aluminium dilakukan pada temperatur cair 900 °C. Sedangkan laju aliran masuk gas panas kedalam ruang bakar dipilih pembakaran bahan bakar gas dan udara melalui burner..

Dalam mengevaluasi hasil perhitungan digunakan aplikasi, penulis menggunakan CFD yang ada pada Ansys 19.R. Pemilihan ini berdasarkan pada materi yang sedang peneliti lakukan terutama pada aliran gas dan distribusi termal dalam tungku.

2. METODE PENELITIAN

Dalam metode penelitian ini adalah langkah dan prosedur yang akan dilakukan dalam pengumpulan data atau informasi. Dalam penelitian ini data atau informasi yang diperlukan dapat diperoleh melalui diagram alir dibawah ini:



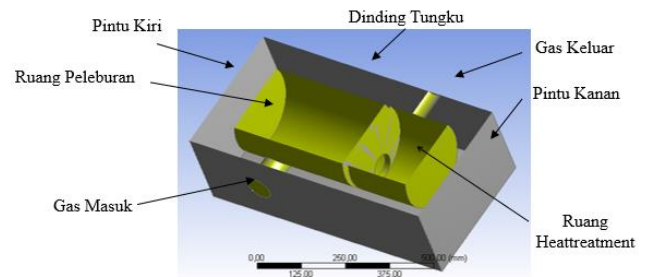
Gambar 1 Diagram alir perancangan tungku

2.1 Dimensi dan Oprasional Tungku

Tungku peleburan yang dirancang adalah tungku horizontal yang berfungsi untuk mencairkan Aluminium sebanyak 5 kg dan sekaligus pemanasan logam lainnya. Energi panas berasal dari bahan bakar gas LPG yang dibakar dalam ruang pembakaran dan memanaskan cawan tuang dan sekeliling ruang bakar. energi panas yang diberikan akan diserap oleh bahan yang ada dalam cawan tuang. Temperatur pencairan Aluminium dilakukan sampai temperatur cair 900°C [4].

Dalam konstruksi ditekankan pada ruang pembakaran, pembagian ruang peleburan dan pemanasan serta saluran gas gas panas. Pada dasarnya tungku horizontal terdiri dari :

- Bata tahan api
- Dinding pelat penguat
- Bahan pengikat



Gambar 2. Pandangan potongan tungku ruang bakar dan pemanas

2.2 Ruang pembakaran gas

Gas masuk ke dalam ruang pembakaran akan terbakar bersama-sama dengan udara yang mengalir lewat saluran masuk yang berada pada posisi samping bawah tungku. semburan gas pembakaran akan memanaskan bagian samping bawah rung peleburan [5]. Panas akan bergerak diseluruh permukaan luar mengikuti pola ruang peleburan. Semakin besar luas kontak perpindahan panas gas dengan kowi maka akan semakin besar energi panas yang berpindah. Pada gambar 2, sebagian permukaan kowi akan mengalami pemanasan seragam disekelilingnya. Panas gas pembakaran juga akan terjadi disekeliling dinding bata. Dengan konduktivitas termal yang berbeda antara kowi dan bata. Maka energi sebagian besar akan diserap oleh kowi.

Bentuk dan ukuran rongga pembakaran mengikuti bentuk silinder dari pelat penahan bata, sehingga aliran gas panas akan mengikuti pola geometri dinding tersebut. penurunan temperatur pada sekeliling kowi hanya akan berbeda sedikit (Culp, 1997).

2.3 Saluran gas buang

Saluran buang berfungsi sebagai saluran gas yang sudah mengalami penurunan temperatur akibat energinya diserap oleh kowi dan bata. Saluran gas buang berada dibagian atas mendekati leher kowi. Hal ini dimaksudkan untuk memudahkan terjadinya sirkulasi antara gas panas dan gas yang sudah dingin.

2.4 Pemilihan Bata Tahan Api

Pemilihan bata dan pasir yang akan digunakan untuk dapur pelebur tipe Crucible dengan bahan bakar gas LPG ini, ditentukan dengan memperhatikan sifat-sifat dapur tersebut seperti dapur yang bekerja sampai temperatur 978 0C serta perhitungan biaya dari banyaknya bata yang digunakan. Dalam modifikasi ini bata tahan api yang digunakan masih SK32 seperti semula .

Diharapkan pada suhu yang direncanakan tersebut bahan dari dapur tidak akan berubah sifatnya akibat pembebanan panas sehingga terjadi perubahan struktur dari bahan. Koefisien dari daya hantar panas juga tergantung dari suhu karena koefisien ini akan berkurang nilainya bila suhu dinaikkan.

2.5 Bahan Pengikat

Bahan pengikat berfungsi untuk mengikat bata serta untuk menutup celah yang terjadi dari penyusunan bata [6]. Bahan pengikat yang dipakai ini adalah semen tahan api yang juga dapat menambah ketahanan bata terhadap suhu tinggi. Untuk dapur peleburan ini dipakai bahan pengikat yaitu semen tahan api yang dijual dipasaran dengan komposisi kimia :

SiO₂ dengan kadar 96,33 %

Al₂O₃ dengan kadar 0,28 %

CaO dengan kadar 2,74 %

Fe₂O₃ dengan kadar 0,56 %

Na₂O dengan kadar 0,04 %

K₂O dengan kadar 0,04 %

TiO₂ dengan kadar 0,03 %

Sebagai bahan pengikat, semen ini dicampur dengan air dan pasir silica. Campuran semen dan pasir silica ini kemudian diaduk selama kurang lebih 2 menit dan kemudian ditambahkan air dan diaduk kurang lebih 3 menit. Kadar air harus dijaga sebaik mungkin karena bila kadar air berlebihan akan menyebabkan gelembung gas dan lubang-lubang kecil sedangkan bila air terlalu sedikit semen akan kehilangan sifat lekatnya sehingga tidak dapat mengikat bata dengan baik dan akibatnya bata dapat ambruk atau berlepasan. Selain kadar air yang berlebihan menyebabkan air berusaha melepaskan diri sehingga akibatnya permeabilitas permukaan yang besar. Pemakaian bahan pengikat juga memerlukan teknik yang baik karena tidak boleh terjadinya retak dan harus dipadatkan sepadat mungkin.

Kadar semen dan pasir silica juga menjadi faktor yang penting karena bila kadar semen yang terlalu sedikit selain menyebabkan kehilangan sifat lekatnya juga dapat membentuk gumpalan-gumpalan pasir serta menyebabkan konstruksi bata susah dibongkar (Holman, 1986).

Jadi karakteristik dari bahan bata dari dapur ini yaitu:

- a. Bahan Penyekat panas: Bata K32
Titik cair : 1400°C (1673°K)
Konduktivitas panas : 0,69 W/m°C
Berat Jenis : 2,1 g/cm³
- b. Bahan Penyekat panas: Semen Tahan Api
Titik cair : 1400°C atau 1673°K
Konduktivitas panas : 1,16 W/m°C
Berat Jenis : 1,75 g/cm³

2.6 Pelat Penahan

Pelat berbentuk lingkaran dengan ketinggian 75 cm dengan ketebalan tidak lebih dari 0,5 mm dan terbuat dari baja roll plat. Pelat penahan berfungsi untuk menahan konstruksi bata tahan api yang dipasang pada sekeliling pelat tersebut dan membentuk sebuah tungku.

pelat penahan diambil dari drum yang dipotong sesuai dengan desain modifikasi.

2.7 Cawan Pelebur

Cawan peleburan adalah tempat meleburkan logam aluminum. cawan peleburan terbuat dari tanah liat (kowi) yang sudah mengalami perlakuan khusus dalam pembuatan cawan tuang. kowi harus mempunyai konduktivitas yang tinggi dan mampu menahan beban dan perubahan temperatur yang besar.

2.8 Konstruksi Dapur Pelebur

Sesuai dengan judul perencanaan, maka berikut yang akan dijelaskan adalah dapur pelebur dengan bahan gas LPG. Konstruksi dapur pada dasarnya hanya merupakan sebuah cawan pelebur yang terletak ditengah-tengah sebuah silinder grafit yang dilapisi dengan penyekat panas, terdapat ruang bakar diantara cawan pelebur dan dinding penyekat panas. Di bagian bawah terdapat unit pembangkit untuk mencukupi kebutuhan energi panas. Untuk mengambil aluminum cair digunakan gayung pengaduk. Pada gambar 3.2.b di atas adalah tungku horizontal yang sudah dimodifikasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

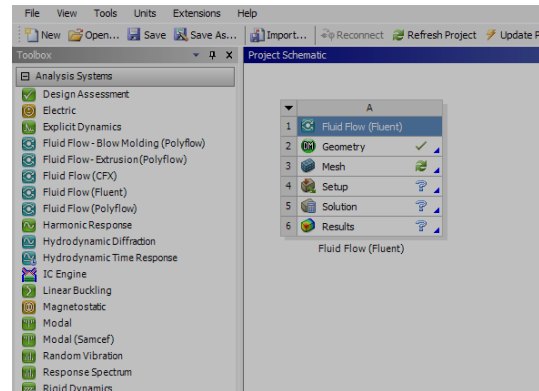
3.1 Penyusunan dan pembuatan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menggunakan aplikasi Ansys untuk penyelesaian kasus dilakukan secara bertahap dan simultan. Pemilihan dan strategi penyelesaian akan menentukan tindakan selanjutnya dalam model analisis. Berikut adalah urutan yang diambil dalam penyusunan penggunaan aplikasi:

a. Workbench

Adalah tampilan (*display*) yang disajikan untuk memlih tipe dan model yang akan dianalisis. Dalam analisis sistem disajikan beberapa pilihan, tapi dalam penelitian ini penulis memilih Fluid Flow (*Fluent*) karena sesuai dengan

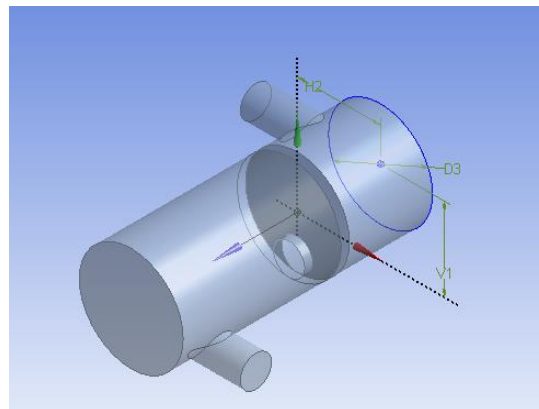
bidang yang sedang dikaji. Tampilan yang disajikan sebagai berikut:



Gambar.3. Workbench dengan CFD

b. Geometry

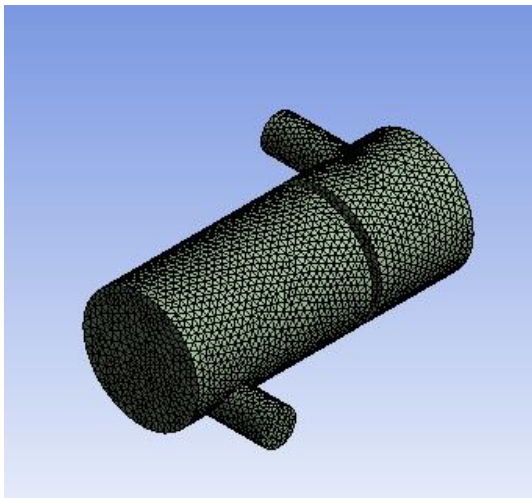
Berfungsi membuat geometri dari model yang akan dianalisis pada tahap berikutnya. Pembuatan geometri disesuaikan dengan kondisi tungku sebenarnya. Ukuran-ukuran yang diambil berdasarkan pada pengamatan dan pengukuran dilapangan. Material yang terlibat dalam penyusunan geomteri terdiri dari bata tahan api, gas pembakaran, kowi dan alumunium itu sendiri. Separuh geometri yang terbentuk terlihat sebagai berikut:



Gambar 4. Geometri dalam tungku

c. Mesh dan Insialisasi

Adalah membuat model matematik yang digunakan dalam analisis. Dilakukan dengan membagi material tersebut kedalam elemen-elemen yang lebih kecil. Elemen yang dibentuk adalah elemen volume *tetrahedron* seperti terlihat dalam gambar berikut:



Gambar 5. Hasil proses *Meshing*

Sedangkan insialisasi adalah pemberian nama-nama pada beberapa bagian yang dianggap penting dalam analisa seperti inlet gas, outlet gas, laju aliran masa, lapisan-lapisan batas dan permukaan (Wall). Inisialisasi sangat penting diberikan karena akan dibutuhkan pada saat input data.

d. Setup

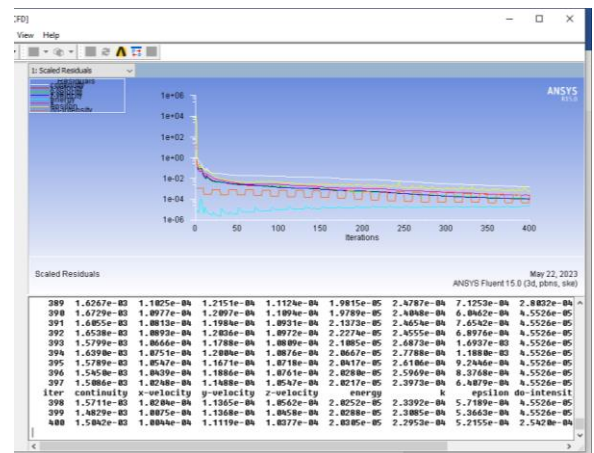
Adalah memberikan nilai dan batasan-batasan yang diambil dalam analisis. Dalam hal ini nilai yang diberikan material diambil dari spesifikasi yang ada dalam Ansys seperti bata tahan api, gas pembakaran, kowi dan alumunium. Sedangkan parameter beban (constraint) adalah temperature sbesar 760°C dan laju aliran massa gas sebesar 1,73 kg/s.

Tampilan yang diberikan dari setup berupa pilihan-pilihan mulai dari Material yang digunakan, kondisi batas, Temperatur inlet dan outlet gas, laju aliran massa gas serta temperature lainnya sekitar tungku. Selanjutnya adalah memlih model matematik yang digunakan untuk menyelesaikan dari analisis di atas. Berkutnya adalah memasukan step dan jumlah iterasi yang dipakai dalam perhitungan matematik tersebut. Pada penelitian ini jumlah iterasi yang digunakan sebanyak 1000 dengan *step* 1.

e. Solution

Solution adalah pemilihan persamaan

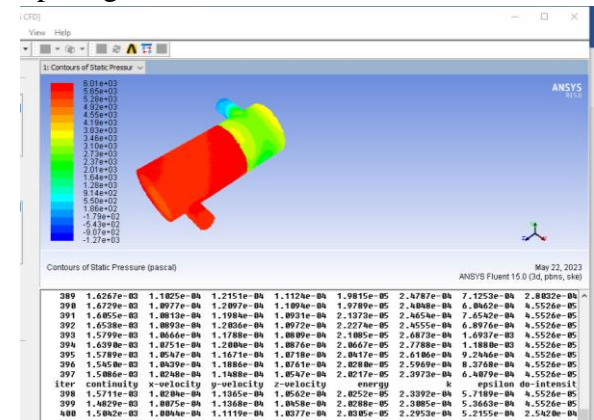
matematik yang diambil dalam analisis meliputi metoda yang dipakai, akurasi dan tingkat perhitungan yang akan digunakan. Disamping itu pemilihan meliputi persamaan persamaan yang sesuai dengan tingkat ketelitian dari setiap perhitungan. Penunjukan hasil perhitungan diberikan dengan nilai selisih awal dan akhir dari tiap perhitungan. Perhitungan dari tiap tiap persamaan disajikan dalam bentuk grafis dan angka-angka seperti berikut:



Gambar 6. Iterasi Perhitungan

f. Result

Hasil akhir yang diperoleh dari solution. Hasil ini berupa gambar sebaran panas, kerugian tekanan maupun lainnya yang diperlukan dalam analisis di atas. Hasil dari perhitungan untuk temperature total dari perhitungan disajikan dalam kontur temperature disetiap bagian tungku tersebut seperti gambar berikut:



Gambar 7. Kontur tungku dengan distribusi temperatur

3.2 Kebutuhan Kalor Tungku

Kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan dan mencairkan aluminium yang berada didalam tungku terdiri atas:

Kalor peleburan aluminium

Kalor untuk memanaskan dan mencairkan aluminium sebanyak $m_a = 5$ kg terdiri atas proses pemanasan, perubahan fasa dan pencairan. Perhitungan dapat digunakan persamaan 2.2 dan 2.4 sebagai berikut :

a. Pemanasan aluminium :

Pemanasan sensibel aluminium dimulai dari temperatur lingkungan $T_\infty = 32$ °C hingga temperatur $T_a = 660$ °C. Dari tabel 2.1, panas jenis aluminium $C_p = 0,2227$ cal/gr°C atau $964,7$ J/kg °C

$$Q_a = m_a C_p (T_a - T_\infty)$$

$$Q_a = 5 \text{ kg } 964,7 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} (660 - 32) ^\circ\text{C}$$

$$Q_a = 603.029.158 \text{ J}$$

b. Pemanasan laten

Pemanasan laten terjadi pada temperatur $T_a = 660$ °C. Aluminium akan mengalami perubahan warna dan akan mulai mencair. perhitungan pemanasan laten menggunakan persamaan 2.3 dengan nilai kalor laten aluminium $h_a = 98000$ kal/kg

$$Q_b = m_a (h_a)$$

$$Q_b = 5 \text{ kg } (98000) \text{ kal/kg } 4,2 \text{ J/kg}$$

$$Q_b = 2.058.000 \text{ J}$$

c. Pencairan

Proses pencairan (*melting*) aluminium terjadi mulai temperatur 660 °C sampai temperatur 720 °C . Dengan persamaan 2.4 maka diperoleh :

$$Q_c = m_a C_p (T_p - T_a)$$

$$Q_c = 5 \text{ kg } 961,7 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} (720 - 660) ^\circ\text{C}$$

$$Q_c = 288.510 \text{ J}$$

Sehingga kalor yang dibutuhkan oleh aluminium dihitung dengan persamaan 2.5 adalah :

$$Q_p = Q_a + Q_b + Q_c$$

$$Q_p = 603.029.158 \text{ J} + 2.058.000 \text{ J} + 288510 \text{ J}$$

$$Q_p = 605.375.668 \text{ J}$$

Kalor pada dinding cawan

Besarnya kalor yang diserap oleh cawan dengan berat 23 kg dihitung dengan persamaan 2.6.

$$Q_k = m_k C_{pk} (T_p - T_\infty)$$

$$Q_k = 23 \text{ kg } 1200 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} (720 - 32) ^\circ\text{C}$$

$$Q_k = 18988800 \text{ J}$$

Kalor pada dinding tungku

Dinding penguat terdiri dari lapisan susunan bata tahan api dan pelat baja sehingga perhitungannya dibagi menjadi dua bagian, yaitu :

a. Kalor pada bata tahan api

Kalor yang diserap oleh sekeliling bata tahan api besarnya dapat dihitung bila temperatur rata-rata dinding luar bata dan dinding bagian dalam bata diketahui. Dalam perhitungan ini diasumsikan bahwa temperatur dinding bata bagian dalam mempunyai temperatur rata-rata $T_{bd} = 650$ °C dan temperatur bagian luar bata $T_{bl} = 50$ °C. sehingga temperatur rata-rata bata adalah :

$$T_b = \frac{650-50}{2} ^\circ\text{C}$$

$$T_b = 350 ^\circ\text{C}$$

Massa bata yang dipakai dalam perancangan memiliki ketinggian $h_b = 0,51$ m, diameter bata bagian luar $D_{bl} = 0,57$ m dan diameter bata bagian dalam $D_{bd} = 0,33$ m. Maka massa bata yang dipakai adalah :

$$m_b = \rho_b \pi/4 (D_{bl} - D_{bd}) h_b$$

$$m_b = 1600 \text{ kg/m}^3 3,14/4 (0,57 - 0,33) \text{ m } 0,51 \text{ m}$$

$$m_b = 153,73 \text{ kg}$$

Sehingga kalor yang diserap adalah :

$$Q_d = 153,73 \text{ kg } 960 \text{ J/kg } ^\circ\text{C} (350 - 32) ^\circ\text{C}$$

$$Q_d = 46930694 \text{ J}$$

b. Kalor pada dinding pelat

Jumlah kalor yang diserap dinding pelat perhitungannya sama seperti dengan kalor yang diserap oleh dinding bata. Dengan ketebalan dinding pelat sebesar $t_p = 1$ mm dan tinggi pelat sama dengan tinggi dinding bata $h_p = 510$ mm, maka berat pelat adalah :

$$m_p = \rho_p \pi/4 t_p h_p$$

$$m_p = 7833 \text{ kg/m}^3 3,14/4 0,001 \text{ m } 0,51 \text{ m}$$

$$m_p = 3,14 \text{ kg}$$

Temperatur bagian luar dinding pelat diperkirakan 40°C dan temperatur bagian dalam pelat adalah 50°C , maka beda temperatur rata-rata dinding pelat antara bagian dalam dan luar adalah :

$$T_p = 90/2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_p = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

maka kalor yang diserap oleh dinding pelat Q_{dp} sebesar :

$$Q_{dp} = 3,14 \text{ kg } 465 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C} (45 - 32) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{dp} = 18981,3 \text{ J}$$

c. Kalor pada penutup cawan

Kalor yang diserap oleh penutup cawan tuang dihitung berdasarkan berat adukan pasir dan semen pengikat yang diletakan pada pelat penutup. Dimater pelat penutup sama dengan diameter dinding pelat yaitu $D_p = 57 \text{ cm}$ dengan ketebalan $t_p = 2,5 \text{ cm}$. Perbandingan adukan penutup, 2 kg pasir dengan 1 kg semen. Volume penutup cawan tuang adalah :

$$V_p = \pi/4 (D_p)^2 t_p$$

$$V_p = 3,14/4 (0,57)^2 \text{ m}^2 0,025 \text{ m}$$

$$V_p = 0,00638 \text{ m}^3$$

karena perbandingan pasir dan semen 2 : 1, maka berat penutup adalah :

$$m_p = 2/3 \text{ pasir } (2100 \text{ kg/m}^3) 0,00638 \text{ m}^3 + 1/3 \text{ semen } (1700 \text{ kg/m}^3) 0,00638 \text{ m}^3$$

$$m_p = 8,93 \text{ kg pasir} + 3,11 \text{ kg semen}$$

$$m_p = 12,55 \text{ kg adukan}$$

Karena dominasi pasir lebih besar dari semen tahan api maka panas jenis diambil dari pasir tahan api sebesar $C_{pp} = 320 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C}$. Temperatur bagian luar penutup diasumsikan sebesar 60°C dan temperatur penutup bagian dalam sebesar 650°C . sehingga beda temperatur penutup bagian luar dan dalam adalah :

$$T_{pp} = (650 + 60) \text{ }^{\circ}\text{C}/2$$

$$T_{pp} = 355^{\circ}\text{C}$$

maka kalor yang diserap penutup cawan tuang adalah :

$$Q_{pp} = 12,55 \text{ kg } 320 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C} (355 - 32) \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Q_{pp} = 1297168 \text{ J}$$

Kalor gas buang

Hasil pembakaran gas LPG dalam ruang pembakaran tidak seluruhnya dapat

digunakan untuk mencairkan aluminum, sebagian akan keluar melalui saluran gas buang. Dengan asumsi bahwa temperatur gas buang yang keluar lewat cerobong sebesar 600°C , maka panas gas buang melewati cerobong adalah :

$$Q_g = m_g c_{pg} (T_{go})$$

$$Q_g = 1 \text{ kg } 1200 \text{ J/kg }^{\circ}\text{C} 600^{\circ}\text{C}$$

$$Q_g = 720000 \text{ J}$$

Sehingga panas yang diperlukan untuk kebutuhan tungku *crusible* adalah :

$$Q_t = Q_p + Q_k + Q_d + Q_{dp} + Q_{pp} + Q_g$$

$$Q_t = 605831, 605.375.668 \text{ J} + 18988800 \text{ J} +$$

$$46930694 \text{ J} + 18981, 3 \text{ J} + 1297168 \text{ J} + 720000 \text{ J}$$

$$Q_t = 673.331.311,3 \text{ J}$$

3.3 Pemakaian Bahan Bakar

Bahan bakar gas yang dipakai untuk memanaskan dan mencairkan aluminum dalam tungku dihitung berdasarkan pada kesetimbangan energi. Dari perhitungan kalor di atas diperoleh kebutuhan panas $Q_t = 673.331.311,3 \text{ J}$, maka massa gas yang diperlukan adalah :

$$m_g = Q_t / LHV$$

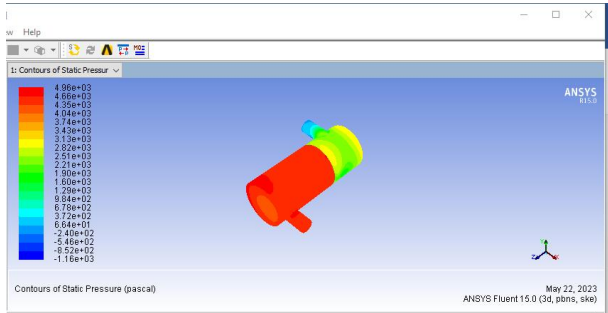
$$m_g = \frac{673.331.311,3 \text{ J}}{390.135.200 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}$$

$$m_g = 1.73 \text{ kg/s}$$

3.4 Pengaruh jarak inlet pembakaran

Jarak *inlet* gas masuk pada tungku dengan laju aliran massa gas $1,73 \text{ kg/s}$ dan temperature kerja sebesar 800°C memberikan distribusi temperature yang bseragam diseluruh bagian. Beberapa bagian permukaan luar tungku menunjukkan bahwa tungku masih memiliki temperature yang tinggi sebesar 70°C .

Pada saluran outlet gas, temperature gas keluar berkisar antara $300 - 400^{\circ}\text{C}$. tingginya temperatur gas akibat penyerapan panas yang rendah pada permukaan kowi.

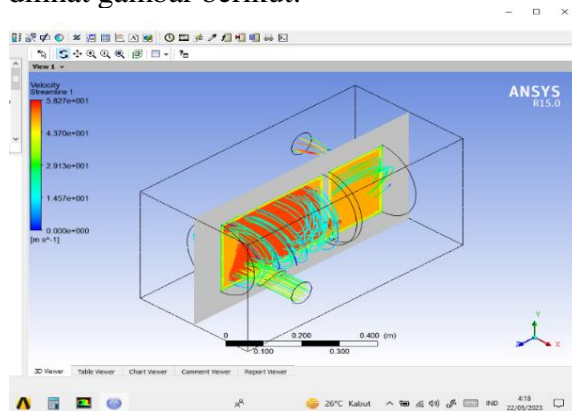


Gambar 8. Distribusi gas panas dalam ruang bakar hasil dari simulasi

Luas bidang panas kowi yang dipanaskan hanya sebagian saja karena permukaan lainnya ditutupi oleh bata tahan api. Sehingga aluminum yang berada dalam tungku tidak mencapai temperature cair yang diinginkan sebesar 720°C.

3.5 Pengaruh laju aliran massa gas

Laju aliran massa gas yang digunakan dalam simulasi menggunakan laju aliran massa gas pembakaran 1,73 kg/s. Hasil akhir dari simulasi dapat dilihat gambar berikut:



Gambar 9. Distribusi laju gas panas dalam ruang bakar hasil dari simulasi

4. KESIMPULAN

Tungku hasil modifikasi adalah tungku *crusibel* dengan kapasitas 5 kg Aluminum. temperatur kerja terdiri dari :

1. Proses pemanasan pada temperatur 660°C dan temperatur pencairan sebesar 720°C.
2. Proses pencairan Aluminum digunakan cawan tuang dari bahan

kowi yang dipasang pada bata tahan api yang disusun pada pelat drum.

3. Dimensi tungku mempunyai tinggi 51 cm dan diameter 57 cm. sedangkan untuk dimensi cawan tuang diameter 33 cm dan tinggi.
4. Perubahan dan modifikasi dilakukan pada ruang bakar gas, kapasitas bahan baku, bahan bakar yang dipakai dan saluran buang gas pembakaran.
5. Dari hasil simulasi, pembakaran berjalan sempurna dan temperatur cawan mampu memanaskan aluminum hingga akan mencair tetapi jumlah bahan bakar gas sangat besar. Pada laju aliran massa 1,73 kg/s permukaan kowi mengalami temperatur mencapai 760°C.

REFERENSI

- [1] F. M. White, *Fluid Mechanics*. WCB/McGraw-Hill, 1999.
- [2] W. C. Reynolds, *Termodinamika Teknik*, Ed.ke-2. Erlangga, 1996.
- [3] M. L. Begeman, B. H. Amstead, P. F. Ostwald, dan P. F. Ostwald, *Manufacturing Processes*, 7th Edition. John Wiley & Sons, 1979.
- [4] Y. Cengel dan M. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 8 ed. 2016.
- [5] A. W. Culp, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Erlangga, 1996.
- [6] J. P. Holman, *Perpindahan Kalor*, Ed. ke.6. Erlangga, 1984.
- [1] F. M. White, *Fluid Mechanics*. WCB/McGraw-Hill, 1999.
- [2] W. C. Reynolds, *Termodinamika Teknik*, Ed.ke-2. Erlangga, 1996.
- [3] M. L. Begeman, B. H. Amstead, P. F. Ostwald, dan P. F. Ostwald, *Manufacturing Processes*, 7th Edition. John Wiley & Sons, 1979.
- [4] Y. Cengel dan M. Boles, *Thermodynamics: An Engineering Approach*, 8 ed. 2016.
- [5] A. W. Culp, *Prinsip-Prinsip Konversi Energi*. Erlangga, 1996.
- [6] J. P. Holman, *Perpindahan Kalor*, Ed. ke.6. Erlangga, 1984

- [7] Shigley, J.E, and L.D. Mitchell, *Perancangan Teknik Mesin Edisi Keempat*, Jilid 2. Jakarta: Erlangga, 1993.
- [8] Kreit, Frank, *Perpindahan Panas, Thrid Edition*, Mc Graw-Hill, New York, 1994
- [9] Warkodim, Iko dkk, Laporan Proyek Akhir, *Perancangan dan Pengujian Tungku Crusible Kapasitas 10 kg*, Teknik Mesin Unsika, Karawang, 2012
- [10] B. T. Sofyan, *Pengantar Material Teknik Edisi Kedua*. 2021.
- [11] A. Leman, T. Tiwan, M. Mujiyono, *Tungku Krusibel Dengan Economizer Untuk Praktik Pengecoran Di Jurusan Pendidikan Teknik Mesin FT UNY*, *J. Din. Vokasional Tek. Mesin* vol. 2, no. 1, p. 21, 2017, doi: 10.21831/dinamika.v2il.13496.