

Perancangan Sistem Tungku Pelebur Kaca Dengan Kapasitas 5 Kg

Moh Ficky Nur Rahmat¹, Kuni Nadliroh²

Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri
fickynurrahmat.nr@gmail.com, kuninadliroh@unpkediri.ac.id

Abstrak - tujuan penelitian perancangan system tungku pelebur kaca dengan kapasitas 5 kg adalah untuk menangani masalah serius pada limbah kaca yang tidak terpakai seperti limbah kemasan berupa botol kaca karena banyak produk minuman praktis atau siap saji. Botol kaca termasuk dalam daftar limbah yang tidak dapat terurai secara hayati. Salah satu cara yang bisa diterapkan dalam upaya meminimalisir limbah kaca adalah dengan mengolah limbah kaca tersebut dengan mesin untuk dijadikan souvenir. Tungku pelebur kaca ini mempunyai kapasitas 5 kg sekali proses dan membutuhkan waktu 1 jam. Pembahasan dikhususkan pada tungku pembakaran dan konstruksi kekuatan rangka pada tungku pelebur kaca. Metode yang digunakan adalah metode sintering untuk pembentukan outputnya. Metode sintering adalah proses pembentukan material dengan memanaskannya tidak sampai titik leleh material tersebut, selanjutnya akan dipadatkan agar material pecahan kaca saling menyatu satu sama lain. Berdasarkan hasil pembahasan diperoleh kesimpulan tungku peleburan pada mesin pengolah limbah kaca mampu melelehkan kaca dalam waktu 60 menit untuk jenis kaca oval dan kaca kristal.

Kata Kunci : Limbah Kaca, Tungku Peleburan, Perpindahan Panas, Kekuatan Rangka Tungku

1. PENDAHULUAN

Kaca adalah salah satu produk industri kimia yang paling sering kita lihat dalam kehidupan sehari-hari. Dipandang dari segi fisika kaca adalah material padat yang merupakan zat cair yang sangat dingin, karena struktur partikel-partikel kaca tersusun seperti air namun kohesinya membuat bentuk struktur kaca menjadi stabil dan ini terjadi karena proses pendinginan (*cooling*) yang sangat cepat (Wijaya, 2015). Hal inilah yang membuat kaca menjadi transparan dan tembus pandang. Secara umum kaca juga memiliki fungsi tersendiri yaitu sebagai estetika atau keindahan benda pada bangunan, contohnya seperti bangunan rumah tinggal, pertokoan, gedung bertingkat tinggi maupun kaca juga bisa digunakan sebagai wadah tempat minuman dan makanan seperti botol, gelas, piring dan lain-lain. Namun disamping kelebihan kaca sebagai estetika, kaca juga memiliki kekurangan yaitu mudah pecah. Kaca yang pecah tidak bisa disatukan kembali melainkan harus dibuang dan lama-kelamaan akan menjadi limbah kaca yang tidak terpakai.

Sampah di Indonesia masih menjadi masalah serius yang dihadapi. Hasil riset terbaru Sustainable Waste Indonesia (SWI) pada tahun 2018 mengungkapkan sebanyak 24% sampah di Indonesia masih tidak terkelola. Ini artinya, dari sekitar 65 ton sampah yang diproduksi di Indonesia tiap hari, sekitar 15 juta ton mengotori ekosistem dan lingkungan karena tidak ditangani. Sedangkan 7% sampah didaur ulang dan 69% sampah berakhir di tempat pembuangan akhir (TPA). Dari laporan itu diketahui juga jenis sampah yang paling banyak dihasilkan adalah sampah organik sebanyak 60%,

sampah plastik 14%, sampah kertas 9%, metal 4,3% dan kaca sebanyak 12,7% (Dini, 2018). Hasil riset SWI pada tahun 2018, limbah kaca masih menjadi masalah karena 12,7% limbah kaca masih terbuang dengan sia-sia dan akan terus bertambah. Oleh itu perlu penanganan yang mendalam agar jumlah limbah di Indonesia tidak mengalami kenaikan. Limbah kaca adalah hasil dari sisa pembuangan suatu proses produksi seperti pembuatan kaca cendela, kaca pintu, kaca almari dan kaca meja. Limbah kaca tersebut biasanya dibuang ketempat pembuangan sampah sembarangan. Kaca memiliki sisi negatif yaitu jika hasil potongan yang disebut limbah kaca tidak dimanfaatkan atau diolah secara benar maka akan menyebabkan pencemaran lingkungan karena limbah kaca adalah salah satu limbah anorganik yang tidak dapat diuraikan secara biologi oleh tanah. Dibutuhkan penanganan khusus untuk mengolah limbah kaca yang tidak terpakai menjadi barang-barang yang memiliki nilai jual tinggi.

Salah satu langkah untuk mengolah limbah kaca tersebut adalah dengan mendaur ulang limbah kaca menjadi barang-barang yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Proses daur ulang limbah kaca memiliki beberapa macam metode salah satunya dengan sistem tempel yaitu kaca yang masih utuh dipotong kecil-kecil lalu disatukan dengan cara diberi perekat dan sistem peleburan dengan membentuk kaca menjadi barang yang indah seperti manik-manik. Limbah yang awalnya tidak memiliki nilai jual akan menjadi barang indah yang memiliki nilai jual yang cukup tinggi setelah melalui proses daur-ulang kaca. Salah satu contoh industri manik-manik yang sekarang mulai dikembangkan

dibeberapa daerah, salah satunya berada di alamat Jl. Raya Pojok Ds.Plumbon Gombang, Kec.Gudo, Kab.Jombang. Disana sebagian besar mata pencaharian penduduk adalah sebagai sentra pengrajin manik-manik dan untuk pemasarannya sudah diekspor ke daerah luar jawa.

Selanjutnya dalam proses daur ulang kaca membutuhkan bahan bakar yang efisien dan mampu meleburkan kaca dengan cepat hingga kaca meleleh. Oleh karena itu dalam proses pembakaran limbah kaca di sentra pengrajin manik – manik yang berada di alamat Jl. Raya Pojok Ds.Plumbon Gombang, Kec.Gudo, Kab.Jombang menggunakan bahan bakar gas LPJ dan kali ini kami akan membuat proses peleburan yang berbeda dari proses peleburan sebelumnya yaitu dengan menggunakan gas oksasi-asetelin atau karbit. Gas asetelin memiliki panas yang sangat tinggi sekitar 3.500 °C yang dapat melelehkan kaca hingga menjadi seperti gelali dengan sangat cepat.

Laporan Skripsi ini akan menjelaskan tentang Perancangan Sistem Tungku Pelebur Kaca Berkapasitas 5 KG menggunakan bahan bakar gas oksasi-asetelin. Diharapkan dengan dirancangnya Sistem Tungku Pelebur Kaca Berkapasitas 5 KG dengan menggunakan bahan bakar gas oksasi-asetelin atau karbit mampu menjadi cara alternative untuk melelehkan kaca dan akan menjadi bahan bakar alternatif untuk peleburan kaca. Untuk kedepannya diharap dalam proses peleburan kaca menggunakan bahan bakar oksasi-asetelin ini menjadi cara baru yang mampu meleburkan kaca dengan sangat cepat dan efisien. pengolah limbah kaca ini, dapat dijadikan sebagai industri baru yang baik dan mampu bersaing dalam pasar.

2. METODE PENELITIAN

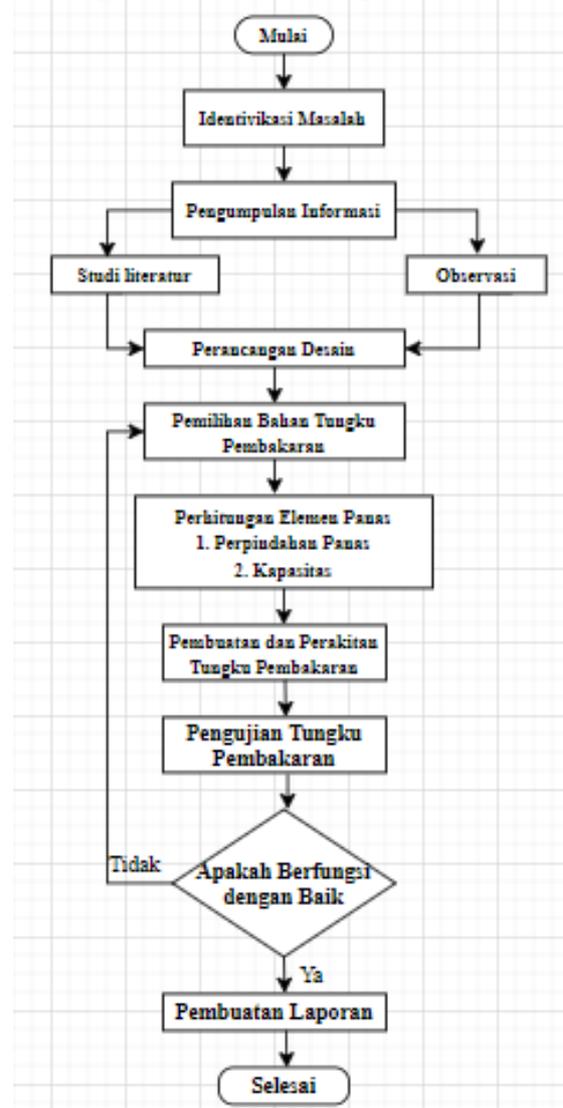
Melakukan pembuatan tungku pelebur kaca agar mendapatkan nilai panas yang efisiensi pada pembakaran menggunakan dua bahan bakar yaitu gas LPJ dan gas asetelin untuk pendorongnya diberi gas oksigen, yang nantinya untuk mempercepat proses peleburan kaca yang tujuannya akan di manfaatkan untuk menekan biaya penggunaan bahan bakar terhadap pelaku pengrajin kaca.

Pendekatan perancangan adalah gambaran awal tentang apa yang akan dilakukan pada perancangan ini. Pendekatan perancangan yang digunakan yaitu dengan membuat alat pelebur limbah kaca dimulai dari dasar. Dalam perancangan tungku pelebur limbah kaca ini mengarah dalam satu produk penelitian, dimana dalam perancangan tungku pelebur limbah kaca akan dibuat tungku dengan kapasitas 5 kg. Dengan tujuan untuk mendapatkan hasil peleburan limbah kaca yang maksimal.

2.1 Prosedur Perancangan

Prosedur perancangan ini merupakan langkah langkah prosedural yang di tempatkan oleh pengembang dalam membuat produksi yang lebih spesifik. Perancangan ini bertujuan untuk meneliti ulang pengembangan produksi dan juga kualitas produk yang di hasilkan. Kegiatan – kegiatan dalam proses perancangan berbeda dengan satu dengan yang lain. Fase fase proses perancangan tersebut dapat digambarkan diagram alir berikut ini :

2.2 Langkah Metode Perancangan



Gambar 1 Diagram Alir Perancangan

2.3 Tempat waktu dan Pengumpulan

Tempat untuk perancangan system tungku pelebur kaca beserta pengujiannya dilaksanakan di rumah saya, yang beralamat di Dsn pulorejo, Ds Kedungrejo Kec, Tanjunganom Kab, Nganjuk Berikut ini adalah penjadwalan perancangan system tungku pelebur kaca dan analisis laporan

perancangan sistem tungku pelebur kaca dengan waktu selama 5 bulan:

2.4 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan informasi penulis melakukan pengumpulan data dengan tujuan merangkum teori-teori dasar, acuan secara umum dan khusus, serta untuk memperoleh berbagai informasi mendukung lainnya yang berhubungan dengan judul tugas akhir. Proses pengumpulan data dilakukan melalui observasi secara langsung dan studi literatur untuk menunjang pembuatan laporan dan perancangan tungku pelebur kaca berkapasitas 5 kg. Proses Pengumpulan data dilakukan melalui, sebagai berikut:

- 1) Study literature Studi dilakukan dengan cara melakukan pencarian buku mengenai termodinamika yang nantinya akan digunakan sebagai acuan perhitungan untuk menentukan rasio pembakaran tungku.
- 2) Panas jenis spesifik campuran Observasi dilakukan dengan mensurvei alat-alat pengolah limbah kaca dan mengamati proses mekanisme pengolahan di sentra industri pengrajin kaca yang ada di desa Plumbon – Jombang. Data awal yang didapat disentra pengrajin limbah kaca adalah pengrajin manik - manik masih menggunakan cara tradisional saat pengolahan limbah kaca yaitu dengan menggunakan sebuah tungku berbahan bakar gas elpiji, dengan skill dan kemampuan khusus pada proses produksinya. Proses produksinya meliputi pemilihan bahan kaca, penghancuran kaca, penimbangan berat kaca, pembakaran kaca sekaligus membentuk batangan kaca yang nantinya diproses lagi untuk dibuat manik – manik yang memanjakan mata.

2.5 Teknik Pendekatan

Penelitian eksperimen dilakukan untuk mengetahui hubungan sebab-akibat antar variabel. Dalam penelitian sosial, riset eksperimental biasanya melibatkan lebih dari dua variabel karena permasalahan sosial yang selalu kompleks. Desain penelitian riset eksperimental dapat menerapkan pendekatan kualitatif atau pun kuantitatif. Namun pada umumnya, penelitian eksperimen menerapkan pendekatan kuantitatif karena memerlukan hipotesis. Dan eksperimen pembuatan alat pelebur tungku ini menggunakan media bahan bakar gas LPG dan oksigen serta alat ukur flow meter untuk mengatur volume oksigen dan gas LPG ketika proses pengolahan limbah kaca berlangsung.

2.6 Teknik Analisis Data

Analisa deskriptif menggunakan regresi dan menggunakan analisa perbandingan dari riset sebelumnya, yaitu penyempurnaan dalam pembuatan alat dan menganalisa perbandingan

pembakaran untuk mencari nilai ekonomis dalam pembuatan alat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Awal Perhitungan Tungku

Data awal yang akan diambil adalah spesifikasi dari batu tahan api sebagai dinding tungku. Data tersebut diperoleh dari suatu penelitian dan pengujian yang telah dilakukan. Selanjutnya pada bagian dinding tungku yaitu batu tahan api. Batu tahan api yang akan digunakan adalah SK/TN 36 dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi Sifat Batu Tahan Api

No.	Variasi sifat batu tahan api	
1.	Temperatur maksimal	1500 ⁰ C
2.	Apparent porosity	17-21%
3.	Bulk density	2,3-2,4 gr/cm ³
4.	Cold crushing strength	>450 kg/cm ³
5.	Permanent linear change	14000C ± 0,30%

Perhitungan kapasitas tungku pembakaran yang akan dihitung adalah volume ladel untuk wadah leburan kaca dengan ukuran diameter 16 cm, tinggi 5 cm. Jenis tungku yang digunakan adalah tungku dengan bahan bakar gas, sebagai bahan pertimbangan kaca yang akan dilebur tidak memiliki titik leleh yang terlalu besar. Selain itu tungku jenis ini sangat relatif mudah digunakan dan biaya operasional yang murah.

3.2 Perhitungan Kapasitas Peleburan

Pada perancangan system tungku pelebur kaca yang akan ditentukan terlebih dahulu adalah kapasitas ladel untuk leburan kaca. Kapasitas tersebut ditentukan dan dihitung untuk mengetahui nilai dan ukuran yang sesuai, perhitungan kapasitas leburan kaca pada perancangan system tungku pelebur kaca sebagai berikut:

Pada perancangan system tungku pelebur kaca terdapat sebuah ladel sebagai wadah leburan kaca dengan ukuran tinggi 5cm diameter luar sebesar 18cm dan diameter dalam sebesar 16 cm, sehingga kapasitas ladel dapat dihitung sebagai berikut:

Karena ladel atau wadah leburan kaca berbentuk seperti tabung, maka untuk rumus dapat dihitung seperti mencari volume tabung.

$$\begin{aligned}
 V_{\text{ladel}} &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3,14 \times 8^2 \times 5 \\
 &= 1004,8 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

Jadi kapasitas ladel atau wadah leburan kaca adalah sebesar 1004,8 cm³. Tahap selanjutnya menghitung kapasitas tungku dalam kilogram. Kapasitas bisa dihitung melalui rumus massa jenis kaca dikali

dengan volume tungku. Berdasarkan jurnal dari M. Irham (2015) diketahui bahwa massa jenis kaca sebesar 2700 kg/m^3 sedangkan volume tungku adalah $1004,8 \text{ cm}^3$ atau setara dengan $0,001 \text{ m}^3$. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m = \rho \times V$$

$$m = 2700 \times 0,001$$

$$m = 2,7 \text{ kg}$$

jadi kapasitas tungku adalah sebesar 2,7 kg

Dimana:

$$\rho = \text{massa jenis kaca} \quad (\text{kg/ m}^3)$$

$$m = \text{massa kaca} \quad (\text{kg})$$

$$V = \text{volume tungku} \quad (\text{m}^3)$$

3.3 Data Awal Perhitungan Rangka

Pembuatan rangka dalam perancangan system tungku pelebur kaca berkapasitas 5 kg didapat tungku sebesar 49 kg. Perancangan system tungku pelebur kaca menggunakan bahan rangka berupa besi siku dengan dimensi 40 mm x 40 mm dengan tebal 1,4 mm. System tungku pelebur kaca memiliki dimensi 400 mm x 400 mm dengan tinggi 310 mm. Berikut ini merupakan beberapa alasan yang mendasar dalam pemilihan profil rangka dalam pembuatan rangka system pelebur kaca.

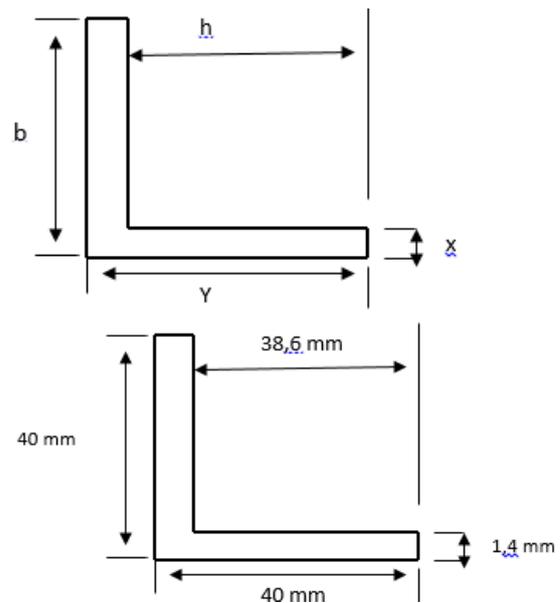
1. Baja siku mudah didapat kuat dan tidak terlalu berat.
2. Mudah dalam hal pemotongan dan penyambungan.
3. Besi siku sangat sederhana dan kuat karena memiliki sudut siku

Pembuatan rangka tungku pelebur kaca ada beberapa hal perhitungan yang akan dibahas antara lain :

- a) perhitungan pembebanan atau momen kesetimbangan.
- b) perhitungan sambungan las.

3.4 Pemilihan Karya Luas Penampang

Pembuatan rangka pada tungku pelebur kaca memiliki beban terberat terjadi pada rangka bagian tungku pembakaran. Pemilihan bahan rangka mesin menggunakan bahan rangka berupa besi siku sebagai berikut:



Gambar 2 Dimensi Besi Siku L Yang Digunakan

Mencari luas penampang sebagai berikut :

$$A = b^2 - h^2$$

$$A = 40^2 \text{ mm} - 38,6^2 \text{ mm}$$

$$A = 1600 \text{ mm} - 1489,9 \text{ mm}$$

$$A = 110,1 \text{ mm}$$

Menentukan momen

$$L_y = I_x = I = \frac{b^4 - h^4}{216,2}$$

$$I = \frac{40^4 - 37,2^4}{216,2}$$

$$I = \frac{2560000 - 1915013,15}{216,2}$$

$$I = \frac{644986,85}{216,2}$$

$$I = 2983 \text{ mm}$$

$$I = 298,3 \text{ cm}^3$$

Berdasarkan dari perhitungan diatas maka dapat disimpulkan bahwa rangka yang digunakan dalam pembuatan mesin pengolah limbah kaca yaitu besi hollow dengan dimensi 40 mm x 40 mm x 1,4 mm. Pembebanan tungku pembakaran sebesar 49 kg yang ditopang oleh rangka di kali dengan gaya gratifikasi. P adalah luas panjang penampang tungku pembakaran, dan L adalah lebar besi hollow.

$$\begin{aligned} A &= P \times L \\ &= 1200 \text{ mm} \times 40 \text{ mm} \\ &= 48000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi luas penampang besi hollow sebesar 48000 mm

Didapatkan bahwa luas penampang besi hollow sebesar 48000 mm, gaya normal pada tungku pembakaran sebesar 49 kg ($49 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s} = 480,2 \text{ N}$). Maka tegangan normal (σ) pada beban rangka tungku pembakaran adalah:

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{480,2 \text{ N}}{48000 \text{ mm}} \\ &= 99,9 \text{ kg/cm}^3 \end{aligned}$$

Jadi dapat disimpulkan untuk bahan yang digunakan pada rangka mesin pengolah limbah kaca sudah kuat untuk menopang beban terberat pada tungku pembakaran berat 49 kg karena hasil hari perhitungan 99.9 kg cukup kuat untuk menahan beban dari rangka.

3.5 Perhitungan Distribusi Pembebanan Pada Tungku

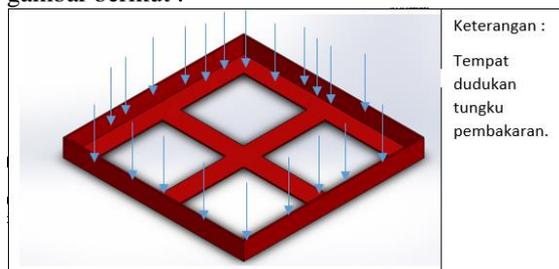
Beban yang dimiliki tungku sebesar 49 kg distribusikan merata ke bagian bawah dan bagian rangka yang memiliki 4 titik rangka penyangga, dimana beban yang akan ditentukan dengan nilai massa (m) = 49 kg dan dengan menggunakan gravitasi (g) sebesar 9,8 m/s. Panjang beban merata sebesar 40 cm Berikut ini merupakan penyelesaian data diatas sebagai berikut:

$$F = m \times g$$

$$F = 49 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s} = 480,2 \text{ N}$$

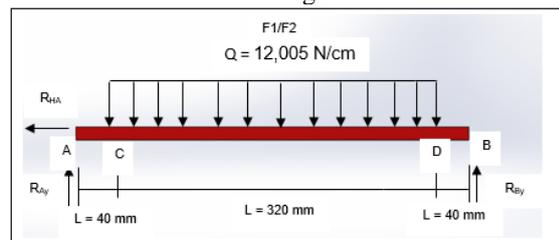
$$Q = 480,2 : 40 = 12,005 \text{ N/cm}$$

Sehingga diketahui beban yang terdapat pada tungku sebesar 480,2 N dan didistribusikan ke empat batang penumpu dengan merata, jadi diperoleh $Q = 12,005 \text{ N/cm}$. Maka dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 3. Penampang Pembebanan pada Tungku

Berikut ini gambar uraian gaya-gaya pembebanan dari tungku.



Gambar 4. Gaya yang Menopang Pembebanan Tungku

Dapat dilihat bahwa ada beberapa gaya yang bekerja pada batang yang menopang beban tungku, gaya-gaya yang terjadi pada batang yaitu gaya pada titik C atau F1 sebesar 12,005 N dan gaya pada titik D atau F2 sebesar 12,005 N. Berdasarkan gaya diatas dapat diketahui kesetimbangan gaya luar dan kesetimbangan gaya dalam yang terjadi pada batang yang menopang beban tungku.

3.6 Kesetimbangan Gaya Luar

Kesetimbangan gaya luar merupakan gaya yang diakibatkan beban yang berasal dari luar sistem. Kesetimbangan gaya luar dapat diuraikan sebagai berikut:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + F_1 + F_2 + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} - F_1 - F_2 + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} - 12,005 \text{ N} - 12,005 + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} = 24,01 \text{ N}$$

Diketahui bahwa jumlah dari R_{Ay} dan R_{By} adalah 24,01 N

Mencari besarnya gaya reaksi pada tumpuan B (R_{By}) dan gaya reaksi yang terjadi pada tumpuan A (R_{Ay}) dengan cara memasukan seluruh gaya yang terjadi pada batang beserta jarak yang ada.

$$\sum M_A = 0$$

$$F_1 \cdot L_{AC} + F_2 \cdot L_{AD} - R_{By} \cdot L_{AB} = 0$$

$$12,005 \text{ N} \cdot 40 \text{ mm} + 12,005 \text{ N} \cdot 360 \text{ mm} - R_{By} \cdot 280 \text{ mm} = 0$$

$$480,2 \text{ Nmm} + 4321,8 \text{ Nmm} = R_{By} \cdot 280 \text{ mm}$$

$$4802 \text{ Nmm} = R_{By} \cdot 280 \text{ mm}$$

$$R_{By} = \frac{4802 \text{ Nmm}}{280 \text{ mm}}$$

$$R_{By} = 17,15 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = 24,01 \text{ N} - R_{By}$$

$$R_{Ay} = 24,01 \text{ N} - 17,15 \text{ N}$$

$$R_{Ay} = 6,86 \text{ N}$$

Diketahui bahwa gaya reaksi yang terjadi pada titik A (R_{Ay}) sebesar 6,86 N dan pada titik B (R_{By}) sebesar 17,15 N.

3.7 Kesetimbangan Gaya Dalam

Kesetimbangan gaya dalam merupakan gaya yang terjadi didalam konstruksi batang yang terkena beban dari tungku. Kesetimbangan gaya dalam dapat diketahui dengan cara mencari momen pada setiap titik yang ada pada batang yang menahan beban dari tungku. Kesetimbangan gaya dalam dapat dilihat pada gambar 5.

Mencari momen yang terjadi pada batang pada gambar 5 telah ditentukan bahwa titik A yang menjadi acuan untuk perhitungan dan dibutuhkan jarak dan gaya yang terjadi untuk mencari momen.

- 1) Mencari momen yang terjadi pada A.

$$\sum M_A = 0$$

Tidak ada momen yang terjadi pada titik A.

- 2) Mencari momen yang terjadi pada titik C.

Pada titik C terdapat gaya yang bekerja yaitu F1 sebesar 12,005 N dan terdapat jarak pada titik A menuju titik C sepanjang 40 mm.

$$\begin{aligned} \sum M_C &= R_{Ay} \cdot L_{AC} \\ &= 6,86 \text{ N} \cdot 40 \text{ mm} \\ &= 274,4 \text{ Nmm} \end{aligned}$$

Jadi momen yang terjadi pada titik C adalah sebesar 274,4 Nmm.

- 3) Mencari momen yang terjadi pada titik D. Memasukan semua gaya yang terjadi mulai dari titik A sampai pada titik D dan memasukan jarak yang terjadi pada gaya.

$$\begin{aligned}\sum MD &= R_{Ay} \cdot LAC - F1 \cdot LCD \\ &= 12,005 \text{ N} \cdot 40 \text{ mm} - 12,005 \text{ N} \cdot 320 \text{ mm} \\ &= 480,2 \text{ Nmm} - 3841,6 \text{ Nmm} \\ &= -3361,4 \text{ Nmm}\end{aligned}$$

Jadi momen yang terjadi pada titik D adalah sebesar -3361,4 Nmm.

- 4) Mencari momen yang terjadi pada titik B. memasukan gaya yang terjadi mulai dari titik A sampai pada titik B dan memasukan gaya yang terjadi pada gaya.

$$\begin{aligned}\sum M_B &= R_{Ay} \cdot LAB - F1 \cdot LCB - F2 \cdot LDB \\ &= 12,005 \text{ N} \cdot 280 \text{ mm} - 12,005 \text{ N} \cdot 360 \text{ mm} \\ &\quad - 12,005 \text{ N} \cdot 40 \text{ mm} \\ &= 3361,4 \text{ Nmm} - 4321,8 \text{ Nmm} - 480,2 \text{ Nmm} \\ &= -1440,6\end{aligned}$$

Jadi momen yang terjadi pada titik B adalah -1440,6

3.8 Perhitungan Sambungan Las

Perhitungan kekuatan las ditinjau dari bagian pada rangka yang paling kritis menerima beban yaitu pada sambungan las dudukan tungku pelebur. Dalam pembuatan rangka menggunakan sambungan las rata-rata dengan jenis sambungan las *Fillet joint* dan sambungan las tipe *Butt Joint* dengan menggunakan elektroda las jenis E 6013. Besarnya kampuh yang dibuat dalam pengelasan sebesar 3 mm. Nilai kuat tarik elektroda las (σ_u) sebesar 420 N/mm². Pada rancang bangun mesin pengolah limbah kaca untuk dijadikan souvenir (MIGUNANI) beban terberat terjadi pada bagian dudukan tungku yang menahan beban sebesar p = 49 kg. Berdasarkan hasil perhitungan diatas beban terberat yang di ambil yaitu sebesar 480,2 N

Jenis Baja	Tegangan putus minimum, fu (MPa)	Tegangan leleh minimum, yf (MPa)	Peregangan minimum (%)
BJ 34	340	210	22
BJ 37	370	240	20
BJ 41	410	250	18
BJ 50	500	290	16
BJ 55	550	410	13

Gambar 5. Perhitungan Sambungan Las

Sambungan las terdapat 4 sisi besi hollow, jadi luas las dapat dihitung dengan rumus $A = 0,707 s = t \cdot (1 + b)$ karena sambungan las terdapat pada 4 sisi besi hollow, maka diasumsikan dimensi las sama dengan dimensi besi hollow, dimensi b adalah panjang besi hollow, l adalah lebar besi hollow, dan h adalah tebal besi hollow.

3.9 Penghitung Tebal Pengelasan

Diketahui b adalah dimendi besi hollow 40 mm dan l adalah dimensi dalam besi hollow 37,2 mm. e adalah panjang dari penampang beban terberat 134 mm dan p adalah beban dari tungku.

Data pengelasan :

$$b = 40 \text{ mm}$$

$$l = 37,2 \text{ mm}$$

$$e = 134 \text{ mm}$$

$$p = 480,2 \text{ N}$$

$$\sigma_x = 370 \text{ N/mm}^2 \text{ (Berdasarkan Tabel 4.1)}$$

$$\sigma_y = 240 \text{ N/mm}^2 \text{ (Berdasarkan Tabel 4.1)}$$

Faktor Of Safety (FOS) = 4 (karena jenis bahan)

σ ijin didapatkan dari pembagian antara σ_y dan

Faktor Of Safety (FOS)

$$\sigma \text{ ijin} = \frac{\sigma_y}{FOS} = \frac{240}{4} = 60 \text{ N/mm}^2$$

tegangan geser ijin dapat diperoleh dari pembagian

σ ijin dibagi dua.

$$\tau \text{ ijin} = \frac{\sigma \text{ ijin}}{2} = \frac{60 \text{ N/mm}}{2} = 30 \text{ N/mm}^2$$

- 1) Mencari X dan y pada titik G

$$X = \frac{(l)^2}{2 \cdot (l+b)} - \frac{(37,2)^2}{2 \cdot (37,2+40)} = \frac{1383,84}{2 \cdot (77,2)} = \frac{1383,84}{154,4} = 8,9$$

mm

Jadi x pada titik G sebesar 8,9 mm

$$y = \frac{(b)^2}{2 \cdot (l+b)} - \frac{(40)^2}{2 \cdot (37,2+40)} = \frac{1600}{2 \cdot (77,2)} = \frac{1600}{154,4} = 10,3 \text{ mm}$$

Jadi y pada titik G sebesar 10,3 mm

$$\cos 0 = \frac{y}{x} = \frac{10,3}{8,9} = 1,15 \text{ Nmm}^2$$

- 3) Menghitung momen inersia

$$J = t \frac{(b+1)^4 - 6 \cdot b^2 \cdot l^2}{12(1+b)}$$

$$12(1+b)$$

$$J = 0,707 \text{ s} \cdot \frac{(40 + 37,2)^4 - 6 \cdot 40^2 \cdot 37,2^2}{12(37,2 + 40)}$$

$$J = 0,707 \text{ s} \cdot \frac{35519692,8 - 13284864}{12(37,2 + 40)}$$

$$J = 0,707 \text{ s} \cdot \frac{35519692,8 - 13284864}{12(77,2)}$$

$$J = 0,707 \text{ s} \cdot \frac{22234828,8}{926,4}$$

$$J = 0,707 \text{ s} \cdot 24001,3$$

$$J = 16968,9 \text{ s mm}^4$$

- 4) Mencari throat area

$$A = t \cdot (1 + b)$$

$$= 0,707 \text{ s} \cdot (37,2 + 40)$$

$$= 0,707 \text{ s} \cdot (77,2)$$

$$= 54,58 \text{ s mm}$$

- 5) Tegangan geser

$$\tau = \frac{p}{A} = \frac{480,2 \text{ N}}{54,58 \text{ s}} = \frac{8,7}{s} \text{ N/mm}^2$$

6) Mencari r1 dan r2

$$r1 = \sqrt{r1^2 + x^2}$$

$$= \sqrt{26,86^2 + 8,9^2}$$

$$= \sqrt{721,4 + 79,21}$$

$$= \sqrt{800,61}$$

$$= 28,2 \text{ mm}$$

$$2\tau = \frac{p \cdot l \cdot r2}{j} = \frac{480,2 \cdot 134 \cdot 29,7}{16968,9 \text{ s}} = \frac{1911099,96}{16968,9 \text{ s}} = \frac{112,6}{s} \text{ N}$$

/ mm²

7) Resultan dari gaya maksimum

$$\tau = \sqrt{(1\tau)^2 + (2\tau)^2 + 2\tau}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{8,7}{s}\right)^2 + \left(\frac{112,6}{s}\right)^2 + 2 \cdot \frac{8,7}{s} \cdot \frac{112,6}{s} \cdot 1,15}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{75,69}{s}\right) + \left(\frac{12678,76}{s}\right) + \frac{1126,5}{s}}$$

$$= \sqrt{\frac{12754,45}{s} + \frac{1126,5}{s}}$$

$$= \sqrt{\frac{13880,95}{s}}$$

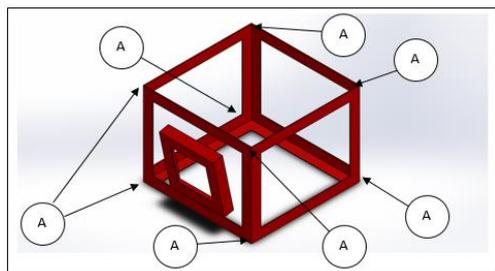
$$117 = \frac{139,43}{s}$$

$$s = \frac{117,81}{117}$$

$$s = 1,00 \text{ mm}$$

jadi nilai s tebal las yang didapat dari perhitungan pengelasan adalah 1.00 mm.

Pembuatan rangka dalam rancang bangun mesin pengolah limbah kaca untuk dijadikan souvenir "MIGUNANI"x, menggunakan dua jenis pengelasan yang berfungsi sebagai penyambung bahan rangka satu ke rangka yang lain sebagai berikut :



Gambar 5 Jenis Pengelasan Pada Rangka Mesin

a) A adalah pengelasan yang dilakukan pada 3 sisi yang dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$1/2T + L = 2 \tau \quad r2 = b - y$$

Dengan :
T = transversal = 40 mm – 10,3 mm

L = longitudinal = 29,7 mm

τ = gaya geser

Perhitunganya sebagai berikut :

$$1/2T + L = 2 \tau$$

$$0,707 + 1,414 = 2 \tau$$

$$2,121 = 2 \tau$$

$$\tau = \frac{2,121}{2}$$

$$\tau = 1,0605$$

Mengetahui luasan pengelasan dapat dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut : A = 0,707h (2b + d)

Dengan :

A = luasan lasan

h = kaki las semua lasan mempunyai ukuran yang sama (mm)

b = lebar besi hollow yang di las (mm)

d = panjang besi hollow yang di las (mm)

perhitunganya sebagai berikut :

$$A = 0,707h (2b + d)$$

$$A = 0,707 \cdot 3 (2 \cdot 40 + 40)$$

$$A = 2,121 (160)$$

$$A = 339,36 \text{ mm}$$

Jadi luas pengelasan sebesar 339,36 mm

3.10 Proses Pembuatan Rangka

Proses pembuatan rangka memiliki beberapa prosedur yaitu pemilihan alat bahan dan langkah pengerjaan.

1. Pemilihan Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan sistem rangka rancang bangun mesin pengolah limbah kaca untuk dijadikan souvenir (MIGUNANI) yaitu menggunakan besi hollow dengan dimensi 40 mm x 40mm dan tebal 1,4 mm.

2. Pemilihan Alat

Alat yang digunakan dalam pembuatan sistem rangka rancang bangun mesin pengolah limbah kaca untuk dijadikan souvenir sebagai berikut:

Tabel 2 Peralatan

1	Las SMAW
2	Gerinda
3	Mesin bor
4	Penggaris
5	Spidol
6	Mistar siku
7	Penggores
8	Penitik
9	Palu
10	Tang
11	Kaca mata las
12	Masker
13	Sarung tangan
14	ripet
15	Kompresor

3.11 Pengerjaan Sistem Tungku Pelebur Kaca

Langka-langkah pengerjaan sistem rangka rancang bangun mesin pengolah limbah kaca untuk dijadikan souvenir sebagai berikut:

a. Pembuatan Bingkai (kerangka)Tungku Pembakaran

Pembuatan kerangka tungku pembakaran, menggunakan bahan besi siku ukuran 4 x 4 kecil. Besi siku akan dipotong sesuai ukuran dimensi tungku, kemudian akan disatukan dengan sambungan las. Kerangka tungku yang sudah jadi akan masuk pada proses selanjutnya yaitu tahap penghalusan. Penghalusan bertujuan untuk merapikan hasil las-lasan yang kurang baik, agar terlihat lebih bagus.



Gambar 6 Proses pembuatan kerangka tungku

b. Pembuatan Dinding Pelat besi

Pembuatan dinding pelat besi akan menggunakan bahan berupa pelat lembaran dengan ketebalan 0,8 mm sebagai dinding terluar tungku pembakaran. Pelat besi akan dipotong persegi dengan ukuran 40 x 40 cm untuk bagian alas dan empat sisi samping tungku.

c. Pembuatan Dinding Isolator Keramik

Dinding isolator yang akan digunakan adalah material keramik. Keramik sangatlah cocok digunakan sebagai pelapis isolator dinding tungku, karena sifatnya mampu

menyerap panas dengan baik, sehingga panas tidak merambat ke dinding pelat bagian luar.

d. Pembuatan Dinding Batu Tahan Api

Bahan yang akan digunakan untuk dinding adalah batu tahan api dengan tipe SK/TN 36. Batu tahan api jenis tersebut mempunyai temperatur kerja maksimal yang lebih besar dari tipe yang lain, jadi untuk kemampuan kerja batu tahan api jenis ini lebih unggul dari pada batu tahan api yang lain. Pembuatan dinding batu tahan api sangatlah mudah, yaitu tinggal menumpuk satu dengan yang lain dan direkatkan dengan semen khusus untuk merekatkan batu tahan api.

e. Pembuatan Lubang Blader dan Lubang Udara

Lubang udara dan lubang blader mempunyai fungsi yang hampir sama yaitu untuk sirkulasi udara pada proses pembakaran. Lubang blader mempunyai ukuran yang lebih besar karena sebagai jalan untuk memasukkan nozel kedalam tungku saat proses peleburan kaca. Pembuatan lubang udara maupun lubang nozel cukup mudah yaitu tinggal melubangi tungku dengan bor drill sesuai desain yang telah ditentukan.

f. Pengecatan (Finishing)

Pengecatan merupakan tahap yang penting, karena fungsi pengecatan sendiri adalah untuk memperindah barang. Cat yang dipakai menggunakan dua jenis cat yaitu cat epoxy sebagai warna dasar tungku dan cat *hammertoon* sebagai pelapis catnya.

3.12 Tungku pelebur kaca

Setelah rangka sudah jadi selanjutnya perakitan komponen – komponen pada rangka seperti hopper, crusher, motor listrik dan tungku pelebur. Dan mesin siap digunakan.



Gambar 7 Tungku pelebur kaca

3. SIMPULAN

Bedasarkan hasil perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil dari tungku peleburan kaca yaitu mempunyai kapasitas 5 kg. Tungku peleburan kaca mampu melelehkan kaca dalam waktu 16,3 menit untuk jenis kaca oval dan kaca kristal.

4. SARAN

Dengan perancangan system tungku pelebur kaca ini diharapkan ada penyempurnaan mengenai alat tersebut sehingga dapat menunjukkan hasil yang lebih baik lagi dengan kapasitas yang lebih besar. Atau dapat dikembangkan lagi dengan menambahkan sistem kontrol PLC untuk mempermudah pekerjaan dan koefisien tenaga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ichinose, N.1987.*Introduction to Fine Cceramics: Application in Engineering*.Vol 22: 24 halaman.
- [2] Irham. M. (2015). *Mengenal Kaca Beserta Fungsinya*. Jakarta: Airlangga
- [3] Justin Joshua.(2015). *Eksplorasi Limbah Kaca*. E-Procending of Art & Design. Vol 2: 4 halaman.
- [4] Nursakti Prameswari. A.(2016). *Memfaatkan Sampah Botol Kaca Sebagai Bandul Aksesoris*. E-Procending of Art & Design.Vol 3: 12 halaman.
- [5] Khoirudin.(2018). *Optimasi Desain Pada Dinding Furnance Dengan temperatur Kerja 1000oC*. Kajian Teknik Mesin. Vol 3: 8 halaman.
- [6] Agra. S. W.(1988). *Perpindahan Panas Pada Tungku Pembakaran*. Semarang: Fakultas Teknik UGM.
- [7] O. V. Mazurin. (2007).*Glass Physics and Chemistry*. Engineering And Archyecture. Vol 33: 22 halaman.
- [8] Wadjadi Farid. (2014). *Mengenal Jenis-jenis Kaca dan Penggunaannya*. Surabaya: Airlangga.
- [9] Fishman O. S.(2002). *Direct Electric Heat Melting Furnance for Alumunium and Other nonm-Ferrous Metal*. Vol 2: 41 halaman.