

Alat Daur Ulang Limbah Akrilik Metode Pemanas

Dimas Prakoso ¹⁾, Noviyanti Nugraha ²⁾, Moh Haddad Ali Z ³⁾, Dzarrghifa ⁴⁾, & M. Fauzan ⁵⁾

^{1,3,4,5)} Prodi Sarjana Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional

²⁾ Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional

Jl. P.H.H. Mustofa No. 23. Bandung, 40124. Telp 022-7272215

Email : ²⁾ dimasprakoso077@gmail.com,
novianti@itenas.ac.id

Abstrak

Akrilik merupakan material yang saat ini banyak dimanfaatkan untuk produk-produk pengganti kaca karena sifatnya yang tidak mudah pecah dan transparan. Hasil produksi akrilik menghasilkan limbah akrilik yang cukup banyak. Pada penelitian ini dirancang dan dibuat alat yang dapat mendaur ulang limbah akrilik dengan metode pemanasan dan tekan. Perancangan alat daur ulang limbah akrilik ditujukan untuk skala industri kecil dengan massa akrilik yang akan dilelehkan 100gr. Perancangan dan pembuatan meliputi konstruksi, mekanisme penekanan, pemilihan bahan cetakan dan sistem pemanas yang digunakan, pembuatan meliputi rangka dan cetakan, selain itu dilakukan analisis menggunakan solidwork untuk menganalisa kekuatan konstruksinya. Hasil perancangan dan pembuatan didapatkan dimensi rangka sebesar 350x350x708 mm. Pembuatan cetakan terbagi menjadi dua bagian, terdiri dari cetakan atas dan bawah dengan dimensi sebesar 150x150 mm. Hasil penelitian alat daur ulang limbah akrilik ini mampu melelehkan akrilik 100gr dengan temperatur cetakan 288°C membutuhkan waktu selama 50 menit sehingga menghasilkan produk akrilik yang baik. Berdasarkan hasil perancangan menggunakan solidworks didapatkan tegangan maksimum tiang 16,3 (Mpa), Sf = 15,3 dan defleksi 0,337 mm, tegangan maksimum rangka kaki 6,67 (Mpa), Sf = 37,5 dan defleksi 0,00964mm dan didapatkan tegangan maksimum pegas 513 (Mpa), Sf = 1,03 dan defleksi 91,14 mm.

Kata kunci: daur ulang, akrilik, pemanasan, tekan

Abstract

Nonbreakable and transparent properties. Acrylic production results in a large amount of acrylic waste. In this research, a tool is designed and made that can recycle acrylic waste by heating and pressing methods. We intend the design of the acrylic waste recycling equipment for a small industrial scale with a mass of 100gr of acrylic to be melted. The design and manufacture include construction, pressing mechanisms, selection of mold materials and heating systems used, manufacture includes frames and molds, and we carried an analysis out using solid work to analyze the strength of its construction. The results of the design and manufacture got frame dimensions of 350x350x708 mm. We divided mold making into two parts: upper and lower molds with dimensions of 150x150 mm. The research results show that this acrylic waste recycling tool can melt 100gr acrylic with a mold temperature of 288°C takes 50 minutes to produce a good acrylic product. Three and the deflection is 0.337 mm, the maximum stress of the truss is 6.67 (Mpa), Sf = 37.5 and the deflection is 0.00964mm, and the maximum spring stress is 513 (Mpa), Sf = 1.03, and the deflection is 91.14 mm.

Keywords recycle, acrylic, heating, press

1 PENDAHULUAN

Akrilik merupakan material plastik yang memiliki bentuk seperti kaca dan mempunyai karakteristik yang transparan, akrilik memiliki

sifat kuat, lentur dan tahan lama serta mudah cair bila dipanaskan lalu memiliki densitas lebih rendah dibanding logam dan keramik, koefisien muai panas yang lebih tinggi, isolasi sifat listrik. Bahan akrilik dapat dibentuk dan didaur ulang,

dimana sisa-sisa potongan akrilik dapat kembali digunakan. Akrilik merupakan bahan polimer dengan nama ilmiah polimetil metakrilat (*Polymethyl Methacrylate*), polimer sintesis dari metal metakrilat yang memiliki kemampuan dalam bereaksi terhadap panas yang memiliki temperatur leleh sekitar 300°C [1].

Ketebalan akrilik bervariasi, tetapi yang umum digunakan adalah ketebalan dari 2-10 mm. Warna akrilik pun sangat bervariasi, seperti terlihat pada pada Gambar 1.



Gambar 1 Akrilik

Akrilik adalah bahan polimer *Polymethyl*, memiliki modulus elastisitas 2800 MPa serta kekuatan tarik 55 MPa, mempunyai temperatur beku akrilik sekitar 105°C untuk temperatur leleh sekitar 200°C [2].

Pada saat ini pembuatan produk berbahan akrilik di pasaran masih relatif mahal, sehingga banyak orang menggunakan cara konvensional sehingga mengakibatkan proses pembuatan menjadi kurang efisien, untuk menghasilkan akrilik yang baik harus dilem atau dibaut. Pembuatan alat bending mampu mempermudah pembuatan produk berbahan dasar akrilik [3].

Pada hasil produksi alat bending akan menghasilkan limbah akrilik, dimana limbah tersebut dapat dimanfaatkan kembali, disisi lain perkembangan industri kerajinan dibidang fesyen sedang marak. Maka limbah akrilik dapat dimanfaatkan menjadi kerajinan produk fesyen aksesoris [4].

Pada metode proses menggunakan *thermoforming* yaitu proses pembentukan lembar plastik yang telah mengalami pemanasan akan berubah strukturnya menjadi lebih lunak dan lentur lalu dikenai

dengan proses *pressure* atau *vacuum* yang sesuai dengan bentuk cetaknya [5].

Pada alat daur ulang yang dibuat ini tidak terlalu besar sehingga tidak banyak memakan tempat dan biaya pembuatan relatif murah, alat daur ulang limbah akrilik sudah ada di beberapa pabrik akrilik, akan tetapi perbedaan alat yang kita buat dengan yang sudah ada di pabrik adalah pabrik sudah menggunakan sistem kontrol lalu penekanan dan pemanas menggunakan hidrolik dan sumber panas dari listrik serta memiliki dimensi yang cukup besar sehingga banyak memakan tempat. Sedangkan alat yang dibuat memiliki dimensi yang tidak terlalu besar, dengan sistem penekanan dan pemanas manual menggunakan mekanisme poros ulir dan kompor gas, sehingga pada saat proses pemanasan tidak banyak memakan energi listrik.

Alat daur ulang limbah akrilik ini dibuat karena banyaknya akrilik sisa hasil produksi yang berlimpah, agar dapat mengurangi limbah akrilik maka dibuat alat daur ulang limbah akrilik. Tujuan dari pembuatan alat daur ulang limbah akrilik ini adalah untuk memanfaatkan limbah cacahan akrilik menjadi produk yang berguna dengan cara menyatukan setiap cacahan. Tahap pertama yang dilakukan adalah merancang alat daur ulang terlebih dahulu agar dapat menentukan parameter pembuatan. Pada proses perancangan ada beberapa parameter yang dirancang seperti rangka, dilihat dari kekuatannya menggunakan aplikasi *solidworks* meliputi ukuran rangka, *tegangan*, *displacement*, *safety factor* dan bentuk cetakan dibuat menggunakan CAD dan *solidworks* sehingga dapat menghasilkan data-data parameter pembuatan.

Setelah parameter didapat maka dilakukan pembuatan rangka alat seperti lengan atas, rangka kaki bawah, meja atas, dudukan kompor, mekanisme penekan, kubus penutup, dan pembuatan cetakan. Setelah parameter perancang dan pembuatan telah dilakukan masuk ke proses pengujian.

Untuk proses pengujian yang dilakukan yaitu menguji rangka dengan cara digunakan langsung pada proses pelelehan agar dapat melihat fungsi alat daur ulang tersebut sudah baik atau tidak dan pengujian waktu membutuhkan berapa lama untuk melelehkan akrilik menggunakan alat tersebut.

2 LANDASAN TEORI

Dalam perancangan dan pembuatan alat daur ulang akrilik dengan metoda pemanasan dan tekan ini ada beberapa kriteria yang diinginkan sebagai berikut pertama perancangan berdasarkan massa akrilik yang akan dilelehkan kurang lebih 100 gr. Alat mudah dioperasikan, konstruksi alat sederhana, tidak terlalu besar, mudah diangkat, mudah dalam perawatan.

Pada tahap awal dilakukan beberapa proses percobaan pra perancangan untuk mengetahui data data yang diperlukan dalam konsep perancangan alat. Percobaan pra perancangan pertama adalah dengan memanaskan akrilik menggunakan wadah teflon, dipanaskan diatas kompor. Dari percobaan pra perancangan pertama diperoleh hasil bahwa akrilik dapat meleleh setelah 60 menit dipanaskan dengan sumber panas api dari gas elpiji.

Produk akrilik yang dihasil dari percobaan pra perancangan yang pertama, bagian atas akrilik meleleh, tetapi bagian bawah yang menempel pada wadah teflon gosong, selain itu akrilik yang telah dipanaskan menempel pada material teflon sehingga sulit untuk dilepaskan. Percobaan pra perancangan yang pertama diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Percobaan pra perancangan pertama

Percobaan pra perancangan kedua menggunakan alat ekstrusi panas yang kebetulan ada, pada alat tersebut terdapat

tabung silinder yang terbuat dari aluminium yang sekelilingnya dililit heater, pada alat terdapat penutup untuk menekan fluida di dalam tabung silinder sehingga tertekan dan fluida keluar melalui sebuah lubang di pinggir tabung silinder.

Prinsip kerja percobaan pra perancangan kedua yaitu, akrilik dimasukkan kedalam lubang silinder, kemudian heater dinyalakan, setelah akrilik meleleh hingga menjadi seperti pasta, alat ekstrusi panas dan akrilik yang sedang dipanaskan pada alat tersebut diperlihatkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Percobaan pra perancangan kedua

Setelah akrilik meleleh kemudian penutup diturunkan untuk menekan akrilik sehingga akrilik yang sudah berbentuk pasta keluar dari sebuah lubang di pinggir silinder. Dari percobaan pra perancangan kedua diperoleh hasil bahwa lama pemanasan menggunakan alat ini yaitu dengan sistem pemanasan heater adalah 60 menit, waktu yang sama dengan menggunakan pemanasan api.

Akrilik dapat meleleh dan dapat dibentuk serta akrilik tidak menempel pada wadah aluminium. Kekurangan dari konsep ini, harga yang dibutuhkan untuk pemanas heater lebih mahal dibandingkan dengan pemanasan api dengan kompor. Produk yang dihasilkan hanya berupa silinder panjang seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil percobaan ekstrusi panas

3 METODE PRANCANGAN

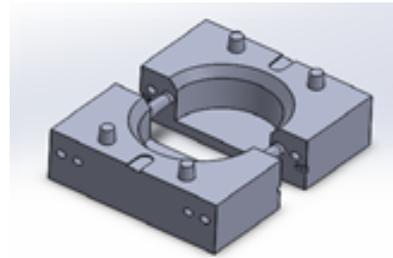
Dari kedua percobaan pra perancangan maka dipilih konsep alat daur ulang akrilik dengan pemanasan api menggunakan kompor dan ditambahkan mekanisme penekanan tetapi tidak di ekstruksi melainkan penekanan langsung pada cetakan. Data lama pemanasan 60 menit akan di uji coba kan pada alat yang akan dibuat. Tahap pertama dari pembuatan alat daur ulang limbah akrilik ini adalah perancangan yaitu merancang wadah cetakan tempat akrilik yang akan dilelehkan, yang dinamakan cetakan bawah, dimana ukuran cetakan bawah disesuaikan dengan volume akrilik yang akan dilelehkan, dengan massa akrilik yang akan dilelehkan sebesar 100gr dan massa jenis akrilik $0,4786 \text{ gram/cm}^3$, diperoleh volume cetakan bawah sebesar $208,9 \text{ cm}^3$ digunakan untuk menentukan dimensi cetakan.

Dimensi cetakan bawah, panjang 150 mm x lebar 150 mm x tinggi 57 mm, diameter luar 100 mm, diameter dalam 85 mm serta kedalaman tinggi lubang 35 mm.

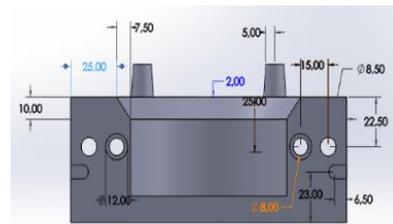
Berdasarkan literatur spesifikasi material akrilik temperatur leleh sekitar 200°C [5]. Literatur lainnya menyatakan temperatur leleh akrilik adalah 180°C dan temperatur bending akrilik berkisar antara $140\text{-}180^\circ\text{C}$ [2]. Pada perancangan ini diambil temperatur leleh akrilik yaitu 200°C , temperatur cetakan haruslah lebih tinggi dari 200°C , diasumsikan 300°C , maka diperlukan bahan yang mampu dipanaskan pada temperatur diatas 300°C .

Bahan cetakan adalah material yang mampu menahan temperatur lebur akrilik yaitu 300°C , dipilih bahan baja ST37 dimana bahan tersebut memiliki temperatur lebur 1500°C , konduktivitas termal 54 W/mK .

Cetakan bawah dibuat menjadi 2 bagian kanan dan kiri yang disatukan pada proses pemasangannya dengan tujuan agar pada saat proses pelepasan akrilik setelah selesai proses pelelehan mudah dilepas. Gambar konsep cetakan bawah diperlihatkan pada gambar 3, serta dimensi cetakan bawah diperlihatkan pada Gambar 4 [6].

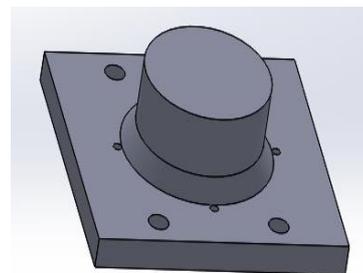


Gambar 5 Bentuk cetakan bawah



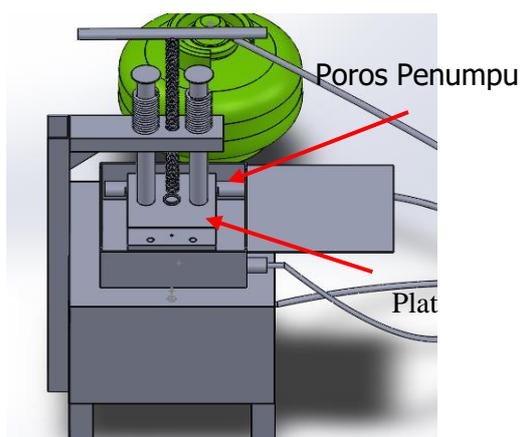
Gambar 6 Dimensi cetakan bawah

Dimensi cetakan bagian atas disesuaikan dengan cetakan bawah yaitu panjang 150 mm x lebar 150 mm x tinggi 15 mm, diameter luar 90 mm, diameter dalam 75 mm dan tinggi 30 mm. Cetakan atas juga berfungsi untuk penutup cetakan bawah, terdapat lubang ventilasi udara dan lubang pin dengan dimensi lubang udara 5 mm, lubang pin 12 mm. Bahan cetakan atas juga baja ST 37. Gambar 5. memperlihatkan bentuk dari cetakan atas.



Gambar 7 Bentuk cetakan atas

Dudukan meja menggunakan plat baja dikarenakan bahan tersebut mudah di pasaran, harga relatif murah dan mudah diproduksi serta mampu menahan beban yang besar. Dimensi dudukan meja disesuaikan dengan cetakan, dimensi $350 \times 350 \text{ mm}$ dengan tebal 8 mm terdapat lubang pada bagian tengah meja dengan ukuran diameter 120 mm .



Gambar 8 Dudukan meja dan poros penumpu

Gambar 6 memperlihatkan gambar dudukan meja dan posisi poros penumpu. Poros penumpu terbuat dari pipa baja dibeli dipasaran yang telah dipotong dengan ukuran 350x2mm, diameter 20 mm, proses pemasangan poros mekanisme menggunakan las busur.

Rangka menggunakan Baja UNP untuk bagian tiang dan bagian kaki menggunakan baja hollow. Dimensi rangka yang dibuat tidak membutuhkan banyak tempat, dengan panjang 350 mm x lebar 350 mm dan tinggi 708 mm.

Proses pemanasan menggunakan kompor yang tersedia di pasaran dengan bahan bakar gas. Kompor diletakan dibawah meja dengan sekeliling kompor diberi penutup agar api dapat memanaskan maksimal. Pada kompor diberi katup dan pipa api sebanyak 2 buah untuk mendistribusikan pemanasan. Pipa api dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 9 Pipa API

Alat ini dilengkapi dengan mekanisme penekanan yaitu berupa poros berulir dengan panjang 320mm dan diameter 20 mm yang dihubungkan dengan pelat penekan yang dapat dinaikkan dan diturunkan dengan cara memutar

poros berulir. Poros berulir dipasangkan dengan tuas pemutar berupa pipa silinder dengan panjang 370 mm.



Gambar 10 Proses kerja alat

Pada mekanisme penekanan juga dilengkapi dengan pegas yang berfungsi untuk menjaga kestabilan penekanan agar plat penekan turun dengan merata, poros mekanisme ini dilas pada plat, sedangkan pegas berfungsi untuk mengembalikan atau mengangkat poros mekanisme penekan beserta plat penekan yang menempel pada poros mekanisme.

Komponen-komponen alat daur ulang limbah akrilik secara lengkap terlihat pada Gambar 8 dibawah ini [7]:



Gambar 11 Komponen alat pelebur akrilik

Keterangan gambar tersebut A: regulator, B: gas elpiji, C: selang regulator, D: katup dan kompor, E: katup dan kompor atas, F: penutup kubus, G: kubus, H: cetakan, I: plat penekan, J: mekanisme penekan, K: poros ulir.

Regulator berfungsi untuk mengatur tekanan gas agar stabil. Gas LPJ 3kg berfungsi untuk menampung bahan bakar gas yang akan digunakan.

Selang gas berfungsi untuk mengalirkan gas menuju ke kompor. Katup dan kompor: bagian bawah berfungsi untuk memanaskan cetakan dari bagian bawah. Katup dan kompor: bagian atas berfungsi untuk memanaskan bagian kiri dan kanan cetakan.

Tutup kubus berfungsi untuk memudahkan penekan masuk sehingga menekan ke cetakan. Kubus berfungsi untuk menutup cetakan agar pada saat proses pemanasan panas yang dimasuk tidak banyak keluar atau meminimalisir panas yang keluar dan pada kubus ini terdapat dua pemanas yang terletak di dalam bagian sisi kiri dan sisi kanan kubus. Cetakan berfungsi untuk pelelehan akrilik dan mencetak akrilik hingga jadi. Plat penekan berfungsi untuk memperluas area penekanan yang sesuai dengan ukuran cetakan agar pada saat penekanan cetakan turun dengan merata. Poros ulir berfungsi untuk mengatur turun dan naik plat penekan.

Prinsip kerja alat daur ulang limbah akrilik ini memanfaatkan panas dari kompor dan proses penekanan secara manual dengan cara memutar tuas atas dimana tuas tersebut terdapat ulir pada poros pemutar sehingga tuas dapat naik dan turun menekan cetakan, agar pada saat proses penekanan tuas tersebut turun dengan merata maka disisi kiri dan kanan tuas diberi mekanisme penekan yang terdiri dari poros dan pegas agar proses penekanan merata, fungsi pegas sendiri untuk memudahkan proses menaikkan plat penekan cetakan.

Pengujian dilakukan untuk melihat fungsi alat daur ulang akrilik hasil perancangan dan pembuatan. Tahapan prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut; pertama menyalakan kompor dan dibiarkan sesaat hingga api yang keluar stabil.

Tahap berikutnya melapisi cetakan dengan alumunium foil seperti yang terlihat pada Gambar 8 tujuannya agar akrilik tidak menempel pada cetakan saat telah meleleh.



Gambar 12 Pemasangan alumunium foil

Proses berikutnya yaitu menimbang akrilik yang akan dimasukan ke cetakan seberat 100 gram, akrilik yang akan di proses telah mengalami proses pencacahan terlebih dahulu seperti diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 13 Limbah akrilik yang telah dicacah

Setelah akrilik dimasukan ke dalam cetakan, kemudian naikan cetakan keatas meja alat pelebur dan naikan kubus penutup keatas meja kemudian tutup kubus bagian atas seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 14 Menaikkan cetakan ke atas meja

Proses pelelehan akrilik berlangsung, tunggu hingga temperatur cetakan 500°C, catat waktunya. Setelah itu lakukan penekanan selama 30 menit. Setelah selesai angkat cetakan dan buka cetakan untuk melihat hasilnya.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian, limbah akrilik dapat meleleh dan tercetak, tetapi produk harus melakukan tahap *finishing* lainnya karena permukaan masih belum halus, produk hasil cetakan dari alat daur ulang limbah akrilik terlihat pada Gambar 13.



Gambar 15 Produk hasil cetakan

Dari hasil produksi akrilik yang dicetak harus di *finishing* karena pada bagian atas akrilik tidak rata dan ada sedikit aluminium foil.

Pada penelitian ini belum dilakukan pengujian untuk melihat kinerja alat, pengujian yang dilakukan adalah baru tahap awal yaitu untuk melihat apakah alat daur ulang limbah akrilik ini dapat berfungsi sesuai target yaitu dapat melelehkan dan mencetak akrilik.

Dilakukan tiga kali percobaan untuk mengetahui temperatur dan waktu pemanasan yang dibutuhkan dengan hasil akrilik yang sesuai target.

Percobaan pertama dengan melakukan waktu pemanasan akrilik selama 60 menit, ternyata akrilik menjadi abu sehingga tidak bisa dicetak, pada pengujian ini temperatur cetakan bagian bawah sebesar 320°C.

Percobaan berikutnya dilakukan dengan mengurangi waktu pemanasan. Hasil percobaan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil percobaan

Pengujian ke	Temp cetakan (°C)	Waktu pemanasan (menit)	Kualitas akrilik hasil pemanasan
1	320	60	Akrilik gosong menjadi abu dan tidak bisa dicetak.
2	245	30	Dapat dicetak tetapi bagian atas hancur karena belum meleleh merata.
3	288	50	Produk meleleh merata dan dapat tercetak

Dari hasil percobaan waktu yang cocok untuk menghasilkan produk akrilik yang dapat tercetak dari limbah akrilik ini adalah 50 menit, setelah diukur temperatur cetakan yang terjadi adalah 288°C

Dari hasil pengujian atau percobaan penambahan dua pipa burner di sisi kanan dan kiri kubus membuat waktu pemanasan jadi lebih cepat dan pelelehan jadi merata [7].

Berdasarkan hasil perhitungan, kalor yang dibutuhkan untuk melelehkan akrilik diperoleh menggunakan persamaan.

$$Q_{ma} = m \times c_p \times \Delta t \quad (1)$$

$$= 0,1 \text{ kg} \times 1465 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}} \times (200 - 27)^\circ\text{C}.$$

Diperoleh kalor sebesar $Q_{ma} = 0,025 \text{ MJ}$, dan kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan cetakan menggunakan persamaan.

$$Q_{mc} = m \times c \times \Delta t \quad (2)$$

$$= 12,3 \text{ kg} \times 450 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{C}} \times (288 - 27)^\circ\text{C}.$$

Diperoleh kalor sebesar $Q_{mc} = 1,4 \text{ MJ}$.

Mencari massa bahan bakar yang dibutuhkan menggunakan persamaan.

$$Q_{bb} = m_{bb} \times H_s \quad (3)$$

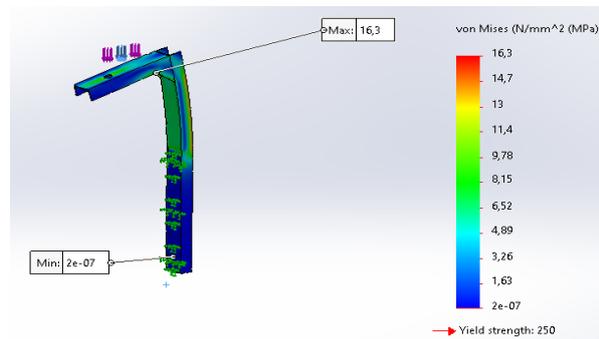
Berdasarkan hasil massa bahan bakar yang dibutuhkan untuk memanaskan cetakan adalah

$$m_{bb} = \frac{Q_{bb}}{H_s} = \frac{1,4 \text{ MJ}}{49,14 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}}$$

$$m_{bb} = 0,028 \text{ kg.}$$

Kelebihan alat yang telah dirancang adalah konstruksi alat sederhana dan mudah dioperasikan, material mudah didapat, biaya pembuatan murah karena menggunakan pemanas kompor gas yang lebih murah dibandingkan dengan menggunakan heater, material cetakan yaitu ST37 mampu menghantarkan panas dengan baik, mudah melepaskan akrilik yang telah dicetak karena cetakan dibagi dua dan dibaut sehingga mudah dilepas, mudah dalam perawatannya.

Pada penelitian ini juga dilakukan analisis tegangan pada tiang atau penumpu mekanisme penekanan untuk melihat kekuatan tiang penumpu. Hasil analisis tegangan *von mises* pada bagian tiang alat daur ulang akrilik diperlihatkan pada Gambar 12



Gambar 16 Simulasi stress analysis tiang

Pada tiang penumpu tegangan maksimum yang terjadi sebesar $16,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (MPa).

Dari nilai tegangan maksimum yang telah didapat, maka bisa didapatkan nilai *safety factor* dari bahan ASTM A360 steel. Dimana persamaan *safety factor* menggunakan persamaan

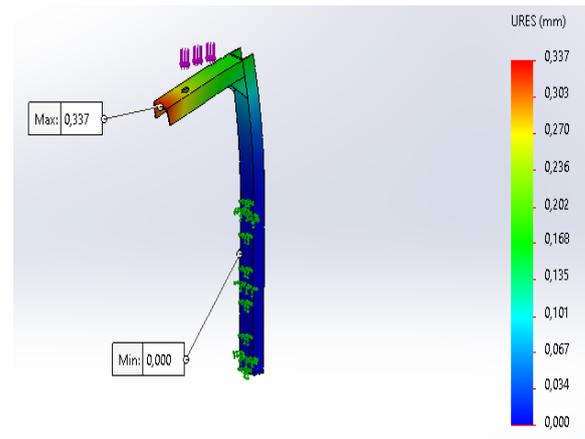
$$Sf = \frac{\sigma_{\text{Bahan}}}{\sigma_{\text{Terjadi}}}$$

Material yang digunakan memiliki nilai kekuatan tarik sebesar $250 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (MPa).

$$Sf = \frac{250 \text{ Mpa}}{16,3 \text{ Mpa}}, Sf = 15,3$$

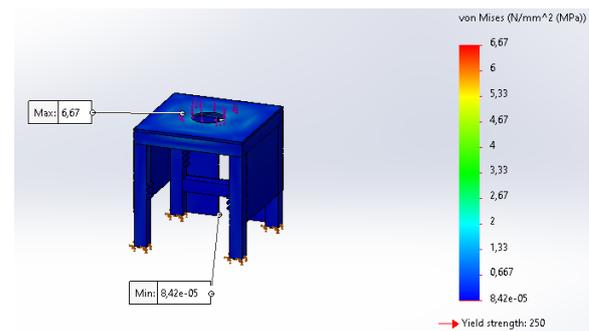
Menghitung *Displacement* pada bagian tiang penumpu dengan diberikan pembebanan dari poros ulir sebesar 7 kg atau 68,67 N.

Berdasarkan beban yang diberikan pada bagian tiang rangka diperoleh *displacement* maksimum sebesar 0,377 mm. maka pergeseran struktur yang terjadi cukup besar diakibatkan oleh gaya, tumpuan dan kekakuan material yang diberikan. Hasil simulasi *displacement* dapat dilihat pada gambar 17.



Gambar 17 Simulasi displacement tiang

Stress analysis untuk mengetahui tegangan yang diijinkan pada konstruksi alat daur ulang akrilik, Pada bagian rangka kaki diberikan pembebanan sebesar 7 kg dengan dihitung beban cetakan sebesar 12,3 kg atau sebesar 189,33 N, lalu ditumpu dengan 4 tumpuan jepit pada rangka kaki.



Gambar 18 Simulasi stress analysis rangka kaki

Hasil analisis tegangan *von mises* pada bagian rangka kaki alat daur ulang akrilik diperlihatkan pada Gambar 18.

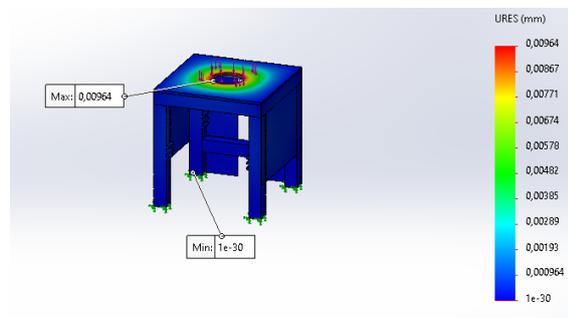
Tegangan maksimum yang terjadi pada bagian rangka kaki sebesar $6,67 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ (MPa). Dari nilai tegangan maksimum yang telah didapat, maka

bisa didapatkan nilai *safety factor* dari bahan *ASTM A360 steel*.

Material yang digunakan memiliki nilai kekuatan tarik σ_y sebesar $250 \frac{N}{mm^2}$ (MPa).

$$Sf = \frac{250 \text{ Mpa}}{6,67 \text{ Mpa}}, Sf = 37,5$$

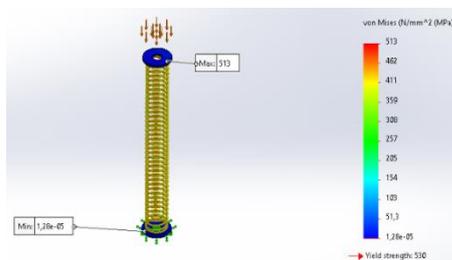
Hasil perhitungan nilai yang didapat dari *displacement* adalah sebesar 0,00964 mm. Selanjutnya *Safety factor* ditunjukkan untuk melihat model rangka kaki aman digunakan atau tidak, dari hasil simulasi menunjukkan besarnya *safety factor* pada bagian rangka kaki dan juga material yang digunakan. Hasil simulasi bagian rangka kaki dengan material *ASTM A360 steel* menunjukkan *safety factor* =37, 5 diperlihatkan pada gambar 19.



Gambar 19 Simulasi *displacement* rangka kaki

Perhitungan *stress analysis* dengan *software solidworks* untuk mengetahui tegangan yang diijinkan pada konstruksi alat daur ulang akrilik, pendekatan bahan material menggunakan *AISI 1045 Steel* dengan tegangan ijin $530 \frac{N}{mm^2}$ (MPa).

Hasil analisis tegangan *von mises* pada bagian pegas diperlihatkan pada gambar 20.



Gambar 20 Simulasi *stress analysis* pegas

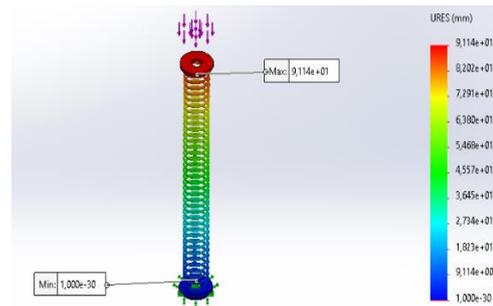
Tegangan maksimum yang terjadi pada bagian pegas sebesar $513 \frac{N}{mm^2}$ (MPa). Dari nilai

tegangan maksimum yang telah didapat, maka bisa didapatkan nilai *safety factor* dari bahan *AISI 1045 Steel*.

Material yang digunakan memiliki nilai kekuatan tarik σ_y sebesar $530 \frac{N}{mm^2}$ (MPa).

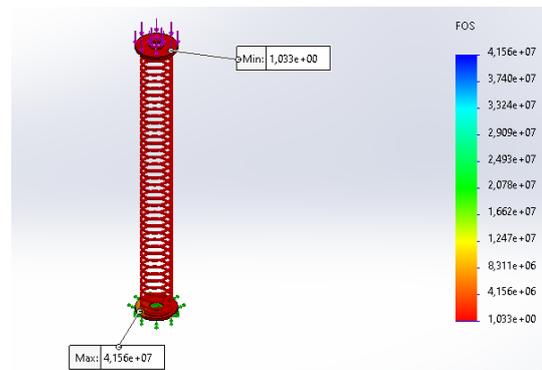
$$Sf = \frac{530 \text{ Mpa}}{513 \text{ Mpa}}, Sf = 1,03$$

Pada bagian pegas diberikan pembebanan sebesar 34,33 N, diperlihatkan pada gambar 21.



Gambar 21 Simulasi *displacement* pegas

Hasil perhitungan nilai yang didapat dari *displacement* adalah sebesar 91,14 mm. maka pergeseran struktur yang terjadi cukup besar diakibatkan oleh gaya, tumpuan dan kekakuan material yang diberikan pada pegas.



Gambar 22 *Safety factor* pegas

Safety factor ditunjukkan untuk melihat model pegas aman digunakan atau tidak, dari hasil simulasi menunjukkan besarnya *safety factor* pada bagian pegas dan juga material yang digunakan. Hasil simulasi bagian pegas didapatkan nilai *safety factor* = 1,03, dengan material *AISI 1045 Steel* ditunjukkan pada gambar 22 [6].

5 SIMPULAN

Perancangan dan pembuatan alat daur ulang limbah akrilik skala industri kecil dengan metode pemanas ini mampu melelehkan 100 gr bahan akrilik hingga tercetak dengan temperatur pemanasan 288 °C dalam waktu 50 menit. Berdasarkan hasil perhitungan untuk proses pemanasan kalor yang dibutuhkan untuk memanaskan cetakan sebesar 1,4 MJ dengan massa bahan bakar yang dibutuhkan sebesar 0,028 kg. Berdasarkan hasil perancangan, analisa pembebanan yang terjadi terhadap konstruksi rangka alat, didapatkan alat mampu menahan beban yang diberikan.

KEPUSTAKAAN

- [1]. Arsitag, “*Mengenal Lebih Dalam Tentang Akrilik Akrilik*”, 2017.
- [2]. Groover, P. Mikell, “*Fundamentals Of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems*, Fourth Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2010.
- [3]. Hermanda Commander Budiman. “*Perancangan dan pembuatan mesin penekuk akrilik*”, Universitas Islam Indonesia, 2016.
- [4]. Hayde Starizqy Dirgatama Girsang, Faza Wahmuda. “*Ekperimen produk fungsional limbah akrilik dengan teknik pemanas dalam penerapan desain fesyen aksesoris*”, Institut Adhi Tama., Surabaya., 2018.
- [5]. Crawford, RJ, “*Plastic Engineering*”. Third Edition. Amsterdam: Pergamon Press, 1987.
- [6]. Moh Haddad Ali Z. “*Perancangan alat daur ulang limbah akrilik skala industri kecil dengan metode pemanas*”, Tugas Akhir., Teknik Mesin., Institut Teknologi Nasional Bandung., Indonesia, 2020.
- [7]. Dimas Prakoso. “*Pembuatan alat daur ulang limbah akrilik skala industri kecil dengan metode pemanas*”, Tugas Akhir., Teknik Mesin., Institut Teknologi Nasional Bandung., Indonesia, 2020.