

**RANCANGAN TUNGKU PEMANAS UNTUK PROSES Pengerasan  
KOMPOSIT DENGAN METODE *WET LAY UP* DI PROGRAM STUDI  
TEKNIK PESAWAT UDARA SEKOLAH TINGGI PENERBANGAN  
INDONESIA**

**Muhammad Riezky Utama<sup>(1)</sup>, Ego Widoro<sup>(2)</sup>, Djoko Herwanto<sup>(3)</sup>**

Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang.

**Abstrak:** Tujuan akhir pada perancangan ini adalah mengoptimalkan proses pengerasan pada pembuatan dan perbaikan panel komposit untuk menggantikan proses pengerasan dengan menggunakan *heat gun*, karena dengan menggunakan *heat gun* maka proses pengerasan tidak optimal. Perancangan dibatasi pada pembuatan tungku pemanasnya saja sedangkan bagian yang lain dirancang pada perancangan lainnya Fokus dari rancangan ini berdasarkan teori perpindahan panas. Tujuan yang harus dicapai yaitu membuat penyebaran panas menjadi optimal di dalam tungku pemanas. Pengujian yang dilakukan mendapatkan bahwa seluruh komponen tidak ada yang mengalami perubahan bentuk selama proses pengerasan komposit berlangsung, komponen tidak mengalami perubahan bentuk akibat beban yang diterima, dan panjang pemuaian tatakan benda kerja masih di dalam rentang yang ditentukan. Akan tetapi ada satu kriteria yang belum tercapai yaitu permukaan atas dinding tungku pemanas menunjukkan angka 41,7 °C menyebabkan permukaan dinding atas melawati rentang yang telah ditentukan dikarenakan adanya gaya *buoyancy* yang menyebabkan kerapatan udara menjadi berkurang dan udara panas tersebut bergerak ke atas. Hal inilah yang menyebabkan laju perpindahan panas ke permukaan atas lebih tinggi daripada sisi-sisi dinding yang lainnya.

**Kata Kunci:** panel komposit, pengerasan komposit, tungku pemanas,

**Abstract:** *The final objective of this design is to optimize the curing process in the manufacture and repair of composite panel for interchanges curing process using a heat gun, because by using a heat gun the curing process is not optimal. The design focuses on making the furnace only on the other parts are designed on other designs. The goal that must be achieved is to make optimal heat distribution in the furnace. Tests carried out to get all the components that did not change the shape during the composite curing process that occurred, components that did not change from the shape received, and the length of expansion of the work-piece within the specified range. Will there be one criterion which has not yet been agreed upon, the top surface of the furnace wall is 41.7 °C causes the surface of the upper wall to pass through a predetermined range affecting the buoyancy force which causes the air density to decrease and hot air as it moves upward. This is what causes heat transfer to the surface which is higher than the other sides.*

**Keyword:** *composite panel, composite curing, furnace*

## Pendahuluan

Pada praktikum mata kuliah Ilmu Bahan Pesawat II di Program Studi Teknik Pesawat Udara Sekolah Tinggi Penerbangan Indonesia, taruna melakukan praktikum pembuatan komposit dengan menggunakan metode *wet lay up*. Pada proses perlakuan panas tersebut menggunakan sumber panas berupa sebuah *heat gun*. Proses perlakuan panasnya tidak konstan dan tidak merata ke setiap bagian dari benda kerja. Panas yang tidak konstan ini akan menyebabkan penyatuan antara serat dan matriks tidak optimal yang berakibat terjadinya *delaminasi* yang dapat membuat kekuatan dari komposit menjadi berkurang.

Dari permasalahan di atas dirancangnya tungku pemanas. Tungku pemanas harus mengakomodir sistem pemanas dan sistem vakum. Perancangan rangka atau tungku pemanas diperlukan untuk mengakomodir dua sistem tersebut.

Tujuan dari perancangan tungku pemanas alat pengerasan panel komposit metode *wet lay-up* ini adalah merancang ruang pemanas sebagai ruangan proses pengerasan komposit dan tempat untuk elemen pemanas; merancang isolator termal sebagai penghambat panas dari dalam tungku sehingga temperatur terluar tidak membahayakan pengguna rancangan; merancang kontainer sebagai tempat isolator termal dan pompa vakum serta untuk menahan beban yang diterima oleh tungku pemanas; panel sebagai tempat peletakan komponen indikator dan pengatur temperature dan pintu sebagai mekanisme sil untuk mencegah keluarnya udara panas dari dalam rancangan tungku pemanas.

## Metodologi Perancangan

Rancangan tungku pemanas ini dibagi menjadi lima blok fungsi, kriteria masing-masing blok fungsi adalah:

1. Ruang pemanas
  - Kurva temperatur proses pengerasan sesuai dengan EPOXY resin seri 828 dan agen pengerasan 3014.
  - Ukuran benda kerja 200mm×200mm.
  - Material yang mampu menahan panas minimal 100°C dan ketebalan plat antara 2 mm s.d 5 mm.
  - Dimensi ruang pemanas 300 mm × 300 mm s.d. 500 mm × 500 mm.
2. Isolator termal
  - Temperatur yang aman bagi pengguna rancangan 36°C s.d. 37°C.
  - isolator termal dengan konduktivitas dan ketebalan mengakomodir temperatur 37°C pada bagian luar rancangan tungku pemanas.
3. Kontainer
  - Material plat yang mampu menahan temperatur minimal 100°C dan ketebalan plat 2 mm sd. 5 mm.
  - Material baut yang mampu menahan temperatur minimal 100°C dan dapat menahan beban 50 kg.
  - Dimensi kontainer 600mm × 600mm sampai 800mm × 800mm.
4. Panel
  - Material plat yang mampu menahan temperatur minimal 100°C dan ketebalan plat 2 mm sd. 5 mm.
  - Material baut yang mampu menahan temperatur minimal 100°C dan dapat menahan beban 50 kg.
  - Dimensi panel minimal yaitu 150 mm × 150 mm.
5. Pintu
  - Material plat yang mampu menahan temperatur minimal 100°C dan ketebalan plat 2 mm.
  - Pemilihan sil yang dapat menahan temperatur min. 100°C.

## Proses dan Tahapan Perancangan

### Tahapan Perancangan

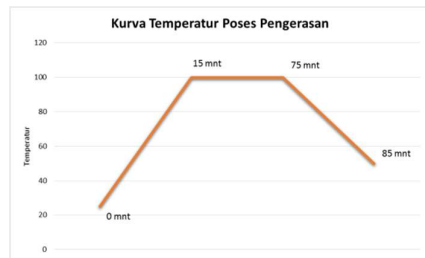
Tahapan perancangan tungku pemanas dibagi menjadi 5 tahapan, yaitu perancangan ruang pemanas, pemilihan isolator termal, perancangan

kontainer, perancangan panel, dan perancangan pintu.

### 1. Ruang pemanas

#### Kurva temperatur proses pengerasan

Temperatur proses pengerasan ditentukan berdasarkan jenis agen pengerasan pada matriksnya. Jenis agen pengerasan yang dipakai adalah EPOXY resin seri 3140. Proses pengerasannya bisa dilakukan pada temperatur ruangan selama 3 hari atau bisa dipercepat dengan menaikkan temperatur sampai 100°C. Gambar 1 adalah kurva pengerasan jenis resin tersebut.



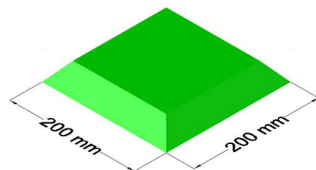
Gambar 1 Kurva temperatur pengerasan

#### Penentuan faktor keamanan

Nilai faktor keamanan untuk perancangan ini berdasarkan bahan yang diketahui, kondisi lingkungan beban dan tegangan yang tetap, dan dapat ditentukan dengan mudah. Nilai faktor keamanannya sebesar 1,5.

#### Ukuran benda kerja

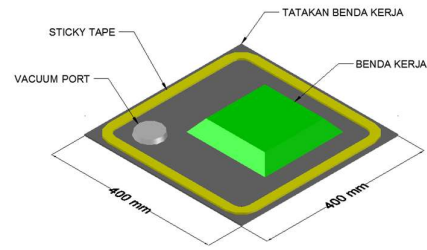
Ukuran benda kerja untuk proses pengerasan dengan metode *wet lay up* memiliki ukuran panjang 400 mm dan lebar 400 mm (lihat gambar 2).



Gambar 2 Benda kerja

#### Tatakan benda kerja

Material yang dipilih adalah paduan aluminium dengan kode 2291-O yang memiliki sifat-sifat: titik leleh 543-643°C, konduktivitas termal ( $k$ ) 171 W/m-K, dan modulus elastisitas ( $E$ ) 73100 N/mm<sup>2</sup>. Ukuran tatakan benda kerja adalah 400 mm x 400 mm (lihat gambar 3).



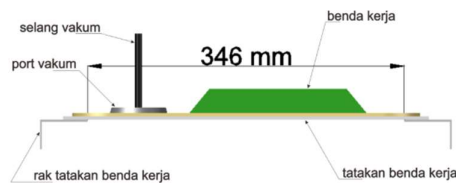
Gambar 3 Tatakan benda kerja

Massa ( $m$ ) benda kerja beserta peralatan proses pengerasan perancang asumsikan sebesar 5 kg, jadi beban ( $F$ ) yang diterima tatakan benda kerja bisa dituliskan dengan cara berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= W = m \times g \\
 &= 5 \times 9,81 \\
 &= 49,05 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Beban izin ( $P_{izin}$ ) dalam menentukan ketebalan plat dengan faktor keamanan ( $fs$ ) sebesar 1,5, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P_{izin} &= P \times fs \\
 &= 49,05 \times 1,5 \\
 &= 73,575 \text{ N}
 \end{aligned}$$



Gambar 4 Penentuan tebal plat tatakan benda kerja

Seperti pada gambar 4 tumpuan tatakan benda kerja terletak di sebelah kanan dan kiri tatakan benda kerja, jadi tebal plat yang dibutuhkan adalah:

$$y_b = \frac{P_{izin} \times l^3}{48 \times E \times I}$$

$$= \frac{P_{izin} \times l^3}{48 \times E \times \frac{l \times t^3}{12}}$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{P_{izin} \times l^2}{4 \times E \times y_b}} = \sqrt[3]{\frac{73,575 \times 346^2}{4 \times 73100 \times 1}}$$

$$= 3,1115 \text{ mm}$$

Dengan beban izin ( $P_{izin}$ ) sebesar 73,575 N dan defleksi ( $y$ ) sebesar 1 mm maka tebal plat adalah 3,5 mm.

Rak tatakan benda kerja

Material yang digunakan adalah baja tahan karat AISI 304 dengan titik leleh yang tinggi yaitu sebesar 1400-1455°C, konduktivitas termal ( $k$ ) yang rendah yaitu 16,2 W/(m°C) pada temperatur 0-100°C, ketahanan korosi yang baik, serta memiliki modulus elastisitas ( $E$ ) sebesar 193000 N/mm<sup>2</sup>.

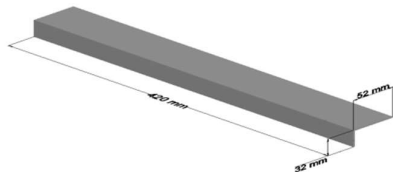
Dimensi rak tatakan benda kerja ditentukan berdasarkan muai panjang dari tatakan benda kerja. Koefisien muai ( $\alpha$ ) tatakan benda kerja adalah  $22,2 \times 10^{-6}$  m/(m/K) Muai panjang tatakan benda kerja adalah sebagai berikut:

$$L = L_0 (1 + \alpha \times \Delta t)$$

$$= 0,4 (1 + 2,22 \times 10^{-6} \times 125)$$

$$= 0,4011 \text{ m atau } 401,11 \text{ mm}$$

Jarak minimum antara tatakan benda kerja dengan pembatas rak tatakan benda kerja adalah 1,11 mm. Dimensi rak tatakan benda kerja bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5 Dimensi rak tatakan benda kerja

Berat tatakan benda kerja dengan kerapatan ( $\rho$ ) sebesar  $2,84 \times 10^{-6}$  kg/mm<sup>3</sup> dan volume ( $V$ ) sebesar  $400 \text{ mm} \times 400 \text{ mm} \times 3,5 \text{ mm}$  adalah:

$$m = \rho \times V$$

$$= 2,84 \times 10^{-6} \times 400 \times 400 \times 3,5$$

$$= 1,5904 \text{ kg}$$

Beban tatakan benda kerja ( $P_{tatakan \text{ benda kerja}}$ ) yaitu:

$$P_{tatakan \text{ benda kerja}} = m \times g$$

$$= 1,5904 \times 9,81$$

$$= 15,6018 \text{ N}$$

Maka beban total yang diterima kedua rak tatakan benda kerja ( $P_{total}$ ) adalah:

$$P_{total} = P_{benda \text{ kerja}} + P_{tatakan \text{ benda kerja}}$$

$$= 49,05 + 15,6018$$

$$= 64,6518 \text{ N}$$

Beban izin ( $P_{izin}$ ) dengan faktor keamanan ( $fs$ ) 1,5 adalah sebagai berikut:

$$P_{izin} = P_{total} \times fs$$

$$= 64,6518 \times 1,5$$

$$= 96,9777 \text{ N}$$

Beban yang diterima oleh masing-masing rak tatakan benda kerja ( $P'$ ) ditentukan sebagai berikut:

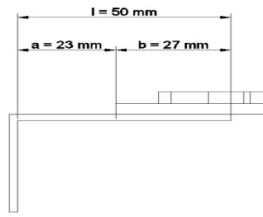
$$P' = \frac{P_{izin}}{2}$$

$$= \frac{96,9777}{2}$$

$$= 48,4888 \text{ N}$$

Kedua, perancang menentukan desain rak tatakan benda kerja yang bisa dilihat pada gambar 6.

Ketiga, perancang mengasumsikan defleksi yang diizinkan di titik B ( $y_b$ ) sebesar 1 mm. Oleh karena itu tebal plat ( $t$ ) dengan beban ( $P'$ ) sebesar 48,4888 N dan modulus elastisitas ( $E$ ) sebesar 193000 N/mm<sup>2</sup>.



Gambar 6 Penentuan tebal rak tatakan benda kerja

$$y_b = \frac{Pa^3}{3EI}$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{4 \times P \times a^3}{E \times l \times y_b}}$$

$$t = \sqrt[3]{\frac{4 \times 48,4888 \times 23^3}{193000 \times 50 \times 1}}$$

$$= 0,7879 \text{ mm}$$

Plat yang digunakan yaitu setebal 2 mm. Hal ini dikarenakan plat di bawah 2 mm sulit untuk dilas.

#### Dinding ruang pemanas

Terdapat 37 komponen penyusun ruang pemanas, yang terdiri dari 13 buah plat, 4 buah sil, 2 buah engsel, dan 18 buah baut (lihat gambar 9 dan 10)

Plat-plat penyusun dinding ruang pemanas yaitu plat 1, plat 5, dan plat 7 dibuat dari material baja tahan karat seri AISI 304. Tegangan luluh ( $S_{yt}$ ) material baja tahan karat AISI 304 sebesar 215 N/mm<sup>2</sup>. Tegangan luluh izin ( $\sigma_t$ ) dengan faktor keamanan ( $f_s$ ) sebesar 1,5 adalah sebagai berikut:

$$\sigma_t = \frac{S_{yt}}{f_s}$$

$$= \frac{215}{1,5}$$

$$= 143,33 \text{ N/mm}^2$$

Tebal plat ( $l$ ) dengan luas permukaan persegi ( $A = p \times l$ ) ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma_t = \frac{P}{A}$$

$$\sigma_t = \frac{P}{p \times l}$$

$$l = \frac{P}{p \times \sigma_t} = \frac{4905}{532 \times 14333}$$

$$= 0,0064 \text{ mm}$$

Plat-plat tersebut selanjutnya disambung dengan teknik pengelasan logam *Tungsten Inert Gas* (TIG).

#### 2. Isolator termal

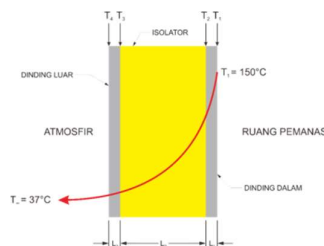
Temperatur yang aman bagi pengguna Temperatur terluar rancangan tungku pemanas ditetapkan sebesar 37°C dan masih dikategorikan aman bagi pengguna.

#### Pemilihan isolator termal

Material isolator termal yang digunakan adalah wol batu dikarenakan material ini tersedia dalam bentuk lembaran, sehingga mudah pengaplikasiannya dalam perancangan tungku pemanas ini. Gambar 7 menunjukkan gambaran aliran panas yang terjadi pada rancangan tungku pemanas. Pada bagian terluar kontainer rancangan tungku, temperatur yang diinginkan sebesar 37°C. Temperatur fluida pada bagian terluar rancangan tungku pemanas adalah sebagai berikut:

$$T_f = \frac{1}{2}(T_w + T_\infty) = \frac{1}{2}(37 + 25)$$

$$= 31 \text{ }^\circ\text{C} \text{ atau } 304 \text{ }^\circ\text{C}$$



Gambar 7 Aliran panas pada tungku pemanas

Dengan konduktivitas termal udara ( $k$ ) sebesar 0,02654 W/(m × °C),

viskositas kinematika ( $\nu$ ) sebesar  $17,1536 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , dan bilangan Prandtl (Pr) sebesar 0,7071.

Besar bilangan Biot pada temperatur fluida ( $T_f$ ) 304 K ditentukan sebagai berikut:

$$\beta = \frac{1}{T_f} = \frac{1}{304} = 0,003289 \text{ K}^{-1}$$

Selanjutnya menentukan bilangan Grashof ( $Gr$ ) dengan tebal dinding ( $L$ ) 2 mm adalah sebagai berikut:

$$Gr_{L=0,002} = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)L^3}{\nu^2} = \frac{9,81 \times 0,003289 \times (37 - 25) \times 0,002^3}{(17,1536 \times 10^{-6})^2} = 10,5282$$

Besar bilangan Reynolds (Ra) dengan  $Gr_{L=0,002}$  sebesar 10,5282 dan Pr sebesar 0,70712 adalah sebagai berikut:

$$Ra = Gr_{L=0,002} \times Pr = 10,5282 \times 0,70712 = 7,4447$$

Dikarenakan nilai bilangan Rayleigh  $> 10^{-1}$  maka nilai bilangan Nusselt rata-rata ( $Nu_m$ ) adalah sebagai berikut:

$$Nu_m = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \times Ra_L^{1/6}}{\left[ 1 + (0,492/Pr)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 = \left\{ 0,825 + \frac{0,387 \times (7,4447)^{1/6}}{\left[ 1 + (0,492/0,70712)^{9/16} \right]^{8/27}} \right\}^2 = 1,6338$$

Maka nilai koefisien perpindahan panas rata-rata ( $h_m$ ) sebagai berikut:

$$Nu_m = \frac{h_m L}{k} \quad h_m = \frac{Nu_m k}{L}$$

$$= \frac{1,6338 \times 0,0265432}{0,002} = 21,6829 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Fluks panas ( $q$ ) atau juga disebut dengan kerugian panas adalah sebagai berikut:

$$q = h_m(T_w - T_\infty) = 21,6829 \times (37 - 25) = 260,1944 \text{ W/m}^2$$

Ketebalan isolator dengan konduktivitas termal ( $k$ ) sebesar  $0,067 \text{ W/(m}\cdot\text{C)}$  pada temperatur  $150^\circ\text{C}$  adalah sebagai berikut:

$$Q = \frac{T_1 - T_4}{R_T} \quad q = \frac{T_1 - T_4}{L_1/k_1 + L_2/k_2 + L_3/k_3} \quad L_2 = \left( \frac{T_1 - T_4}{q} - \frac{L_1}{k_1} - \frac{L_3}{k_3} \right) \times k_2 = \left( \frac{150 - 37}{260,1944} - \frac{0,002}{16,2} - \frac{0,002}{16,2} \right) \times 0,067 = 0,0291 \text{ m atau } 29,0809 \text{ mm}$$

Jadi tebal isolator termal yang dipilih adalah 30 mm.

### 3. Kontainer

Pemilihan plat penyusun kontainer

Material yang digunakan sebagai plat dinding kontainer adalah baja tahan karat austenitik AISI 304, material ini memiliki sifat penghantar panas yang buruk dan titik leleh lebih dari  $150^\circ\text{C}$

Di dalam perancangan ini beban terbesar diterima oleh plat 8, yaitu ketika tungku pemanas diangkat ke atas maka seluruh beban akan menarik plat 8, pada saat ini plat 8 menerima beban tarik dari beban keseluruhan tungku pemanas ( $P$ ) yaitu sebesar 490,5 N. Luas permukaan plat yang menerima beban dinyatakan dengan  $A$ . Karena permukaan dari plat merupakan persegi maka  $A = \text{panjang} \times \text{lebar}$ . Di sini lebar

plat ( $l$ ) merupakan tebal plat. Tegangan tarik izin ( $\sigma_t$ ) dengan faktor keamanan ( $f_s$ ) 1,5 dan tegangan luluh ( $S_{yt}$ ) sebesar 215 N/mm<sup>2</sup> sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{S_{yt}}{f_s} \\ &= \frac{215}{1,5} \\ &= 143,33 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Tebal plat ( $l$ ) dengan beban ( $P$ ) sebesar 490,5 N dan panjang ( $p$ ) sebesar 1574 mm adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\sigma_t &= \frac{P}{A} \\ \sigma_t &= \frac{P}{p \times l} \\ l &= \frac{P}{p \times \sigma_t} = \frac{490,5}{1574 \times 143,33} \\ &= 0,002174 \text{ mm}\end{aligned}$$

Plat yang digunakan untuk rancangan kontainer yaitu setebal 2 mm, hal ini dikarenakan plat baja tahan karat dengan tebal di bawah 2 mm sulit untuk dilas.

#### Pemilihan baut

Sambungan antara plat-plat penyusun kontainer disambung menggunakan baut dan mur yang ditap pada dinding kontainer plat 8.

Jumlah baut yang digunakan untuk sambungan ruang pemanas dan kontainer berjumlah 18 buah dengan material baut terbuat dari baja tahan karat austenitik dengan seri AISI 304.

Diameter baut tergantung dari kekuatan luluh gunting ( $S_{ys}$ ) material baja tahan karat austenitik dengan seri AISI 304 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}S_{ys} &= 0,5 S_{yt} \\ &= 0,5 \times 215 \\ &= 107,5 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Tegangan gunting izin ( $\tau$ ) yang diterima oleh baut dengan faktor

keselamatan ( $f_s$ ) sebesar 1,5 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{S_{sy}}{f_s} \\ &= \frac{107,5}{1,5} \\ &= 71,66 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

Diameter minor baut ( $d_c$ ) dengan beban gunting ( $P$ ) yang diterima tiap satu baut sebesar 27,25 N (beban yang diterima 18 buah baut = 490,5 N) dan tegangan gunting izin ( $\tau$ ) sebesar 71,6667 N/mm<sup>2</sup> adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\tau &= \frac{P}{A} = \frac{P}{\left(\frac{\pi}{4} d_c^2\right)} \\ d_c &= \sqrt{\frac{4 \times P}{\pi \times \tau}} = \sqrt{\frac{4 \times 27,25}{\pi \times 71,6667}} \\ &= 0,6956 \text{ mm}\end{aligned}$$

Ukuran diameter baut yang dipilih adalah 4 mm dengan kode M4, dengan kedalaman ulir yang ditap:

$$\begin{aligned}h &= 0,8d \\ &= 0,8 \times 4 \\ &= 3,2 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### Pegangan kontainer

Pegangan kontainer berbentuk kuping dan disambung dengan menggunakan teknik pengelasan logam menggunakan kawat las E308.

#### Kaki-kaki tungku pemanas

Kaki-kaki tungku pemanas berjumlah empat buah dan terbuat dari material *teflon*. Kaki-kaki tungku pemanas disambung ke tungku pemanas dengan menggunakan baut ukuran 4 mm dan panjang 24 mm.

#### Tempat pompa vakum

Material yang digunakan sebagai plat tempat pompa vakum adalah baja tahan karat AISI 304. Tebal plat

rancangan tempat pompa vakum memakai baja siku dengan tebal 5 mm. dan dilas *tungsten inert gas* dengan material las isi E308.

#### 4. Panel

Material yang digunakan sebagai plat panel dan baut adalah baja tahan karat austenitik AISI 304. Diameter baut yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{\left(\frac{\pi}{4} d_c^2\right)}$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \times P}{\pi \times \tau}} = \sqrt{\frac{4 \times 19,62}{\pi \times 71,6667}}$$

$$= 0,2087 \text{ mm}$$

Baut yang dipilih yaitu berdiameter 4 mm dengan kode M4.

Panjang dan lebar plat panel disesuaikan dengan dimensi pengatur temperatur dan instrumentasi yang akan diletakkan.

#### 5. Pintu

Material yang digunakan sebagai plat pintu adalah baja tahan karat austenitik AISI 304 dengan ketebalan plat penyusun rancangan pintu yaitu sebesar 2 mm, demikian juga pegangan pintu menggunakan tebal dan jenis material yang sama.

Karet pintu yang dipilih terbuat dari material silikon dan mampu menahan panas sampai 250°C.

Material untuk engsel pintu adalah baja tahan karat dan pegangan pintu yang digunakan terbuat dari material baja tahan karat dan dilas pada bagian depan pintu dan mekanisme pengunci pintu yang digunakan terbuat dari material baja tahan karat dan dilas pada bagian depan pintu seperti pada gambar 8.

#### Diskusi

Uji coba rancangan dilakukan untuk mengetahui dan memastikan

bahwa setiap blok fungsi memenuhi kriteria perancangan yang telah ditentukan. Adapun hasil uji coba adalah sebagai berikut:

Pada uji coba rancangan dilakukan dengan cara membuat sebuah panel komposit dengan menggunakan metode *wet lay up*. Material yang digunakan sebagai serat untuk benda kerja adalah material serat kaca dan untuk bagian intinya memakai inti *honeycomb* yang terbuat dari material plastik. Resin yang dipakai adalah resin EPON® seri 3140.

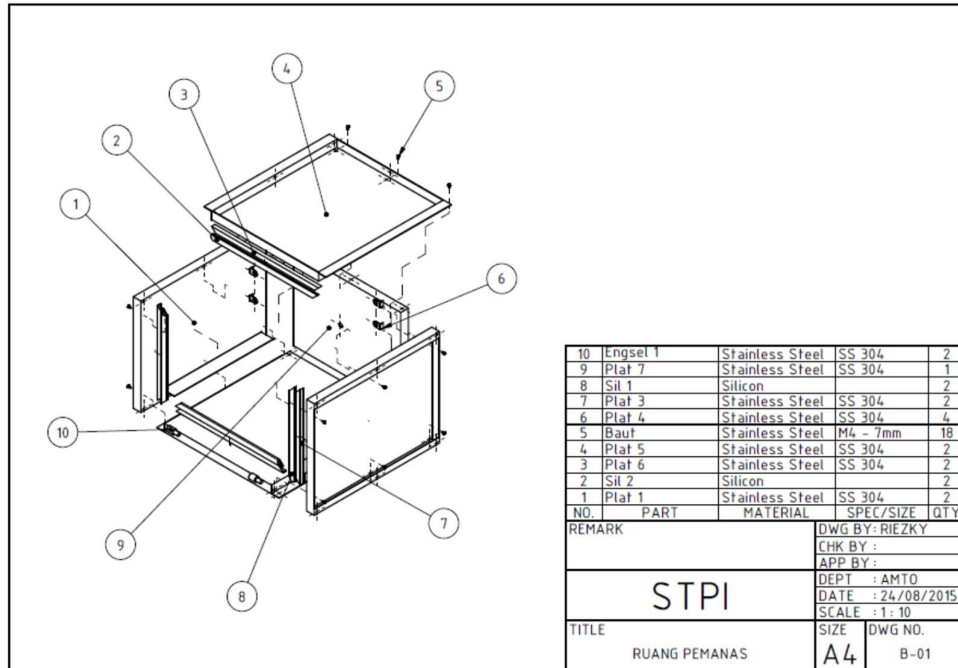


Gambar 8 Pengunci pintu

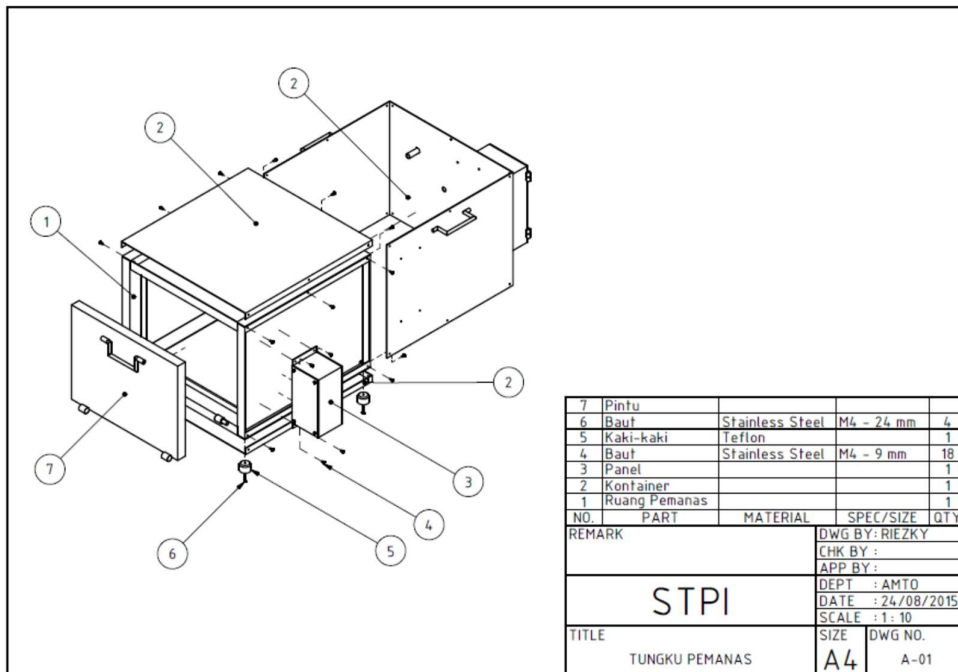
Ketika melakukan uji coba temperatur ruangan yang terukur oleh termometer digital yaitu 27°C, temperatur ini dijadikan sebagai temperatur ruangan. Untuk mencapai temperatur 100°C dari temperatur ruangan diperlukan waktu 21 menit. Jadi kenaikan temperatur yang terjadi sebesar 3,48°C/menit. Pada saat temperatur tungku pemanas mencapai 100C, penulis melakukan pengukuran temperatur terhadap bagian terluar tungku pemanas. Pengukuran temperatur ini dilakukan kepada kelima sisi dari tungku pemanas, yaitu sisi depan dan belakang, sisi kanan dan kiri, dan sisi atas. Dari pengukuran tersebut di dapat hasil pengukuran yang bisa dilihat pada tabel 1.

Setelah proses pengerasan komposit telah dilakukan, perancang melakukan pengukuran terhadap panjang akhir tatakan benda kerja setelah menerima temperatur proses pengerasan, hasil pengukuran bisa dilihat pada tabel 2.





Gambar 9 Ruang Pemanas



Gambar 10 Tungku Pemanas

Tabel 1 Temperatur terluar rancangan tungku pemanas

Bagian Tungku Pemanas	Temperatur Awal (°C)	Temperatur Akhir (°C) Pengujian				
		Ke-1 (°C)	Ke-2 (°C)	Ke-3 (°C)	Ke-4 (°C)	Ke-5 (°C)
Kanan	28,4	33,2	34,2	36,2	33,1	31,2
Kiri	28,5	36,9	35,1	34,2	34,6	36,8
Depan	28,5	38,0	34,8	35,4	35,2	35,3
Belakang	28,5	34,2	35,9	35,4	36,5	34,9
Atas	28,7	41,7	35,9	36	36,6	35,9

Tabel 2 Pemuaian tatakan benda kerja

PEMUAIAN TATAKAN BENDA KERJA		
Pengujian Ke ...	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)
1	400	400,6
2	400	400,7
3	400	400,6
4	400	400,6
5	400	400,6

**Kesimpulan**

Berdasarkan hasil tahapan perancangan, maka diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Ruang pemanas dibuat dari material plat baja tahan karat AISI 304 dengan ketebalan 2 mm dan memiliki dimensi ruang pemanas panjang 454 mm, lebar 532 mm, dan tinggi 350 mm.
2. Isolator termal menggunakan material wol batu dengan dengan tebal 30 mm.
3. Kontainer berbahan baja tahan karat AISI 304 dengan ketebalan 2 mm dan panjang plat 1574 mm serta baut terbuat dari baja tahan karat AISI 304 juga dengan diameter 4 mm, dengan panjang baut yang berbeda yaitu 7 mm, 9 mm, dan 22 mm berdasarkan tebal komponen yang disatukan. Dimensi kontainer adaah panjang 522 mm, lebar 534 mm, dan tinggi 414 mm.
4. Panel menggunakan material plat baja tahan karat AISI 304 dengan ketebalan 2 mm dan baut terbuat dari baja tahan karat AISI 304 dan diameter 4 mm dengan panjang 7 mm.

5. Pintu terbuat dari plat baja tahan karat AISI 304 dengan ketebalan 2 mm dan material sil adalah silikon.

**Daftar Pustaka**

Achmad, Z. (1999). *Elemen Mesin I*. Bandung : Rafika Aditama.

Bayazıtıođlu, Y., & Özişik, M., N. (1988). *Elements of Heat Transfer*. United States : McGraw-Hill.

Bhandari, V., B. (2007). *Design of Machine Element*. New Delhi : McGraw-Hill.

EPON® (2001) Resin Structural Reference Manual, EPON®, Federal Aviation Administration. (2012). *Aviation Maintenance Technician Handbook – Airframe, Volume I*. United States: U. S. Department of Transportation.

Foreman, C. (2002). *Advanced Composites*. United States of America: Jeppesen Sanderson Inc.

Kaw, A., K. (2006). *Mechanic of Composite Material*. United States of America : Taylor & Francis Group.

Rines. et al. (2009). *Machine Elements in Mechanical Design (Robert L. Mott. Terjemahan)*. New Jersey : Pearson Education, Inc. Buku asli diterbitkan tahun 2004.

Sunari. (2007). *Teknik Pengelasan Logam*. Jakarta : Ganeca Exact.

Surdia, T., & Saito, S. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta : PT. Pradnya Paramita.

Torres, J., A., N. et al. (2009). “Implementation and Analysis of Linear Thermal Expansion Measurement”. *Revista Venezolana De Tecnologia Y Sociedad Instituto Universatario De Tecnologia De Maracaibo* Vol. 2 No. 1 Enero-Junio. Hlm. 29-38.