



Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

Rancang Bangun Mesin Pemanas Akrilik Tipe Turbular Skala Industri Kecil

Noviyanti Nugraha¹, M. Khenbakti², Rakha², Teguh Siswanto², Muraz², Rizkia Munajat²

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124 Indonesia

²Prodi Sarjana, Departemen Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124 Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 01 Februari 2021

Revisi Akhir: 29 Maret 2021

Diterbitkan Online: 28 April 2021

KATA KUNCI

Mesin Pemanas

Akrilik

Temperatur

Bending

KORESPONDENSI

E-mail: novianti@itenas.ac.id

A B S T R A C T

Acrylic is a material that is often used as a substitute for glass because it has the advantage that it is not easily broken and is lighter than glass. One of the processes of making objects made from acrylic is heating. The heating process that has been carried out by small industries is usually acrylic material heated manually by spraying fire from a gas-tube or using a small heater so that the size of acrylic that can be heated is limited, both in terms of length and thickness. The purpose of this research is to design and manufacture an acrylic heating machine that can be used up to a dimension of 600 mm wide and unlimited in length, and can heat up to a thickness of 10 mm with a continuous heating process and is relatively short. The design and manufacture includes the design of the heating system, the selection of the heater to be used, the design and manufacture of the acrylic table, the drive system and the frame. The test parameters include the maximum heating temperature, the acrylic bending temperature and the heating time. The result of the research is an acrylic heating machine that uses three straight turbular heaters with a 300 Watt heater each, capable of heating acrylic with a thickness of up to 10 mm as the initial process for the bending stage, at a heating dimension of 60 cm wide and unlimited in length. The suitable heating temperature for the bending process is 150°C. The average heating time for the thickness 3mm is 91.5 seconds (1.5 minutes), 5mm (2.9 minutes) is 174.2 seconds and 10 mm is 451.3 seconds (7.5 minutes).

1. PENDAHULUAN

Akrilik merupakan material yang secara fisik menyerupai kaca namun memiliki keunggulan tidak mudah pecah serta lebih ringan jika dibandingkan dengan kaca. Berdasarkan sifatnya ini akrilik banyak digunakan sebagai pengganti kaca serta untuk benda benda yang membutuhkan akses visual lainnya seperti jendela kapal selam, aquarium, windshield, dll. Bahan akrilik juga mudah untuk dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan,

dicat, dan juga dapat dibentuk menjadi berbagai macam bentuk yang cukup kompleks.

Proses pengolahan akrilik untuk skala UKM yang dilakukan saat ini meliputi proses pemotongan menggunakan mesin laser/router, jika akrilik membutuhkan proses pembentukan, akrilik yang sudah di potong kemudian akan dipanaskan secara manual agar akrilik dapat dibentuk, pemanasan manual yang dilakukan biasanya

dengan menyemprotkan api dari tabung gas kecil ke permukaan akrilik. Setelah dipanaskan kemudian akrilik dibentuk.

Kendala pemanasan manual seperti ini adalah tidak meratanya temperatur pemanasan untuk seluruh permukaan akrilik, selain itu waktu yang dibutuhkan untuk proses pemanasan dinilai lama jika dibandingkan dengan dipanaskan dengan menggunakan mesin pemanas.

Mesin pemanas yang sudah ada dipasaran memiliki ukuran yang kecil sehingga ukuran akrilik yang dapat dipanaskan terbatas baik dari segi panjang maupun dari segi ketebalan, untuk proses pembuatan produk akrilik dengan dimensi yang cukup besar, contohnya pembuatan windshield, aquarium dan lainnya cukup kesulitan karena alat pemanas manual dan pemanas yang tersedia dipasaran tidak dapat menjangkau pemanasan untuk seluruh permukaan akrilik berdimensi besar dan tidak dapat dilakukan secara kontinyu sehingga proses pemanasan memakan waktu sangat lama sehingga dinilai tidak efisien.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat mesin pemanas akrilik yang dapat digunakan hingga dimensi lebar 600 mm dan panjang tak terbatas, serta dapat memanaskan hingga ketebalan 10 mm dengan proses pemanasan yang kontinyu serta relatif lebih singkat jika dibandingkan dengan pemanasan manual.

2. METODOLOGI

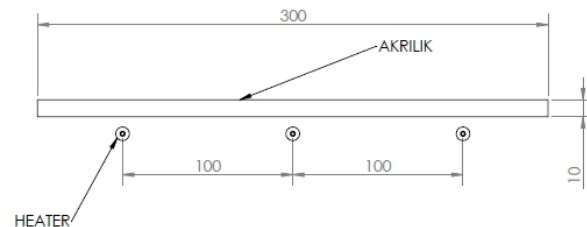
Akrilik merupakan bahan polimer dengan nama *Polymethyl methacrylate* ($C_5H_8O_2$)_n memiliki modulus elastisitas 2800 MPa serta kekuatan tarik 55 MPa. Temperatur beku akrilik sekitar 105°C sedangkan temperatur leleh sekitar 200°C [1].

Pada proses pembentukan akrilik, dibutuhkan proses pemanasan terlebih dahulu. Proses pemanasan akan mengubah struktur akrilik menjadi lebih lunak dan lentur sehingga mudah dibentuk, atau dikenal dengan proses *Thermoforming* [2].

Tahap pertama proses perancangan yaitu menentukan temperatur pembentukan/bending dan temperatur leleh akrilik secara aktual. Berdasarkan literatur spesifikasi material akrilik temperatur leleh sekitar 200°C [1]. Literatur lainnya menyatakan temperatur leleh akrilik adalah 180 °C dan temperatur bending akrilik berkisar antara 140-180°C [2][4]. Data ini digunakan untuk mengetahui temperatur maksimal pemanasan proses pembentukan akrilik sehingga dapat mencari temperatur maksimum *heater* yang akan digunakan.

Tahap berikutnya menentukan temperatur bagian bawah akrilik, menentukan temperatur *heater*, dan dimensi elemen pemanas/*heater* yang akan digunakan, menghitung perpindahan panas dan waktu proses pemanasan, merancang konsep pemanasan, tipe *conveyor* dan dudukan akrilik serta merancang sistem kelistrikan dan dimensi rangka.

Skema rancangan penempatan akrilik dan *heater* diperlihatkan pada Gambar 1. dimana terdapat 3 buah *heater* dengan akrilik diatas nya.



Gambar 1. Skema Penempatan *Heater* Dan Spesimen Akrilik

Dari gambar skema diatas kita bisa menghitung temperatur bagian bawah akrilik dan menentukan temperatur pemanas yang dibutuhkan dengan target temperatur bending akrilik ditentukan 155°C.

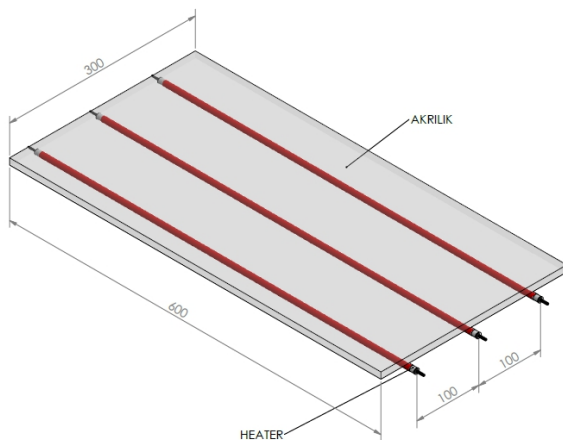
Dengan mengasumsikan jarak *heater* sangat dekat dengan akrilik yang akan dipanaskan, dan kerugian panas sementara diabaikan, disimulasikan daya *heater* yang dibutuhkan menggunakan persamaan

perpindahan panas konduksi seperti pada persamaan 1 [3].

$$Q = k.A \frac{T_1 - T_2}{L} \quad (1)$$

Berdasarkan simulasi hasil perhitungan untuk luas spesimen $A=(0,1 \text{ m} \times 0,6 \text{ m})$ pada berbagai tebal material $L;1-10 \text{ mm}$, dengan $T_1 =$ adalah temperatur akrilik bagian bawah dan $T_2 =$ adalah temperatur akrilik bagian atas dan konduktivitas termal akrilik (k) pada temperatur $150 \text{ }^\circ\text{C}$ adalah $2,5 \frac{\text{W}}{\text{mk}}$, maka ditentukan daya heater yang akan digunakan (Q) adalah 300 Watt, yang sudah disesuaikan dengan ketersediaan daya heater di pasaran.

Pada mesin pemanas digunakan 3 buah heater, jarak antara masing masing pemanas dapat diatur dan disesuaikan, sebagai contoh pada Gambar 2. memperlihatkan 3 buah heater dengan jarak antar heater masing-masing 100 mm.



Gambar 2. Penempatan 3 Heater Yang Dapat Diatur Jaraknya

Berdasarkan hasil survey di pasaran, pemanas yang sesuai dengan spesifikasi temperatur yang diinginkan yaitu dipilih pemanas jenis *turbular* lurus dengan daya 300 Watt yang memiliki temperatur maksimum pemanasan hingga $299 \text{ }^\circ\text{C}$. Dimensi heater diameter 8 mm dan panjang 600 mm sesuai dengan target lebar akrilik yang akan dipanaskan. Gambar 3. memperlihatkan jenis heater yang akan digunakan.



Gambar 3. Turbular Heater [5]

Untuk pengembangan perancangan agar spesimen dapat diproses secara kontinyu, meja dudukan akrilik pada saat pemanasan dipilih menggunakan conveyor [4]. Untuk menentukan jenis konveyor harus memenuhi beberapa kriteria berikut; material harus tahan panas $\geq 200 \text{ }^\circ\text{C}$ karena panas heater adalah $300 \text{ }^\circ\text{C}$, bisa menahan beban akrilik, memiliki harga yang ekonomis, daya tahan yang lebih lama, berdasarkan kriteria-kriteria tersebut maka dipilih jenis *roller conveyor* yang dinilai memenuhi semua kriteria tersebut.

Spesifikasi perhitungan *roller conveyor* sebagai berikut; maksimal beban yang bisa digerakkan conveyor adalah 13 kg, berat 1 buah roller = $0,000172491 \text{ m}^3 \times 7870 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,4 \text{ kg}$, berat akrilik yang ditumpu oleh 1 buah roller adalah 1 kg, berat total 1 buah roller dan menumpu beban akrilik adalah $2,4 \text{ kg} = 23,5 \text{ N}$, diameter roller adalah 0.0337 m. Jumlah roller yang berputar 13 buah. Berdasarkan persamaan 2 [6].

$$T = F \times R \quad (2)$$

Maka torsi (T) yang dibutuhkan untuk memutar conveyor harus $\geq 5,2 \text{ Nm}$. sehingga dapat ditentukan spesifikasi motor listrik, gearbox dan speed control yang digunakan adalah Motor listrik AC 25 watt dengan putaran 1600 Rpm. Gearbox dengan perbandingan rasio 1 : 50. Speed control untuk mengatur putaran motor listrik.

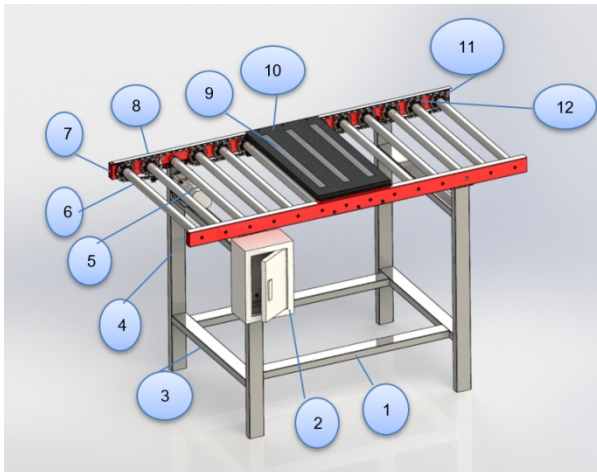
Kecepatan maksimal conveyor untuk menggerakkan akrilik diperlihatkan pada persamaan 3 [7].

$$v = 2 \pi x \left(\pi x \frac{n}{60} \right) \times R \quad (3)$$

$v = 34 \text{ mm/s}$

kecepatan bisa di atur dengan speed control dari 0 – 34 mm/s, sehingga torsi motor listrik AC yang akan dihasilkan $T = 12,2 \text{ Nm}$.

Gambar perancangan mesin pemanas akrilik beserta komponen-komponen yang akan dibuat dapat dilihat pada Gambar 4. dibawah ini.



Gambar 4. Komponen Mesin Pemanas Akrilik

Keterangan dari gambar 4 diatas adalah: 1. Bentangan besi *hollow* 80 cm, 2. *Control box*, 3. Bentangan besi *hollow* 62 cm, 4. Rangka kaki *conveyor*, 5. Motor listrik AC 25 watt, 6. *Roller conveyor*, 7. *Body conveyor*, 8. Penutup rantai, 9. Elemen pemanas, 10. Penutup elemen pemanas, 11. Rantai, 12. *Sprocket*

Conveyor yang digunakan adalah berjenis *roller conveyor* yaitu sistem *conveyor* yang menggunakan *roller* sebagai pemindah barang yang berada diatasnya. Dimensi *Body Conveyor* panjang x lebar x tinggi nya 140x68x90 cm, memiliki 14 buah *roller* dengan jarak antar *roller*-nya 10 cm. *Roller conveyor* terbuat dari pipa galvanis yang memiliki diameter dalam sebesar 27,7 mm dan diameter luar sebesar 33,7 mm dengan panjang 60 cm. Pada bagian dalam pipa diberi *bearing* untuk menumpu poros pejal yang berdiameter 8 mm, *bearing* yang digunakan bertipe 638 yang memiliki diameter luar 28 mm

Pada salah satu ujung pipa diberi *sprocket* sebagai lintasan rantai yang akan menggerakkan *roller*

conveyor. Pada bagian dalam *Roller conveyor* terdapat poros pejal terbuat dari baja ST37 berdiameter 8mm dan panjang 62cm. Pada salah satu ujung pipa diberi *sprocket* yang berfungsi sebagai lintasan gerakanya rantai yang akan menggerakkan *roller conveyor*. *Sprocket* ini seperti yang diperlihatkan pada Gambar 5. memiliki 18 buah gigi dengan diameter dalam sebesar 34,5 mm dan diameter luar sebesar 75 mm.



Gambar 5. *Sprocket* Pada *Roller Conveyor*

Untuk dapat menghubungkan antara *sprocket* dengan ujung pipa dibutuhkan pipa tambahan karena pipa yang digunakan sebagai *roller conveyor* hanya memiliki diameter luar 33,7 mm sedangkan diameter dalam *sprocket* sebesar 34,5. Pipa yang digunakan adalah pipa galvanis yang memiliki diameter dalam sebesar 32 mm dan diameter luar sebesar 35 mm. Pada bagian dalam pipa galvanis yang digunakan sebagai tambahan dibubut setebal 0,75 mm agar pipa galvanis tambahan dan pipa *roller conveyor* dapat terhubung dengan suaian paksa.

Roller conveyor digerakkan oleh motor listrik AC 25 watt yang dayanya ditransmisikan melalui rantai dan *sprocket*, Motor listrik ini dikombinasikan dengan *gearbox* 1:50 sehingga *output* yang dihasilkan oleh motor listrik ini pada *gearbox* sebesar 32 rpm. Putaran motor dapat diatur menggunakan *speed control* yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

Pemanas menggunakan jenis *tubular heater* berbentuk silinder lurus sepanjang 62 cm dengan daya 300 watt, menghasilkan temperatur

maksimum 299°C pada satu batangnya, digunakan tiga buah *tubular heater*.

Rangka terbuat dari besi galvanis berpenampang *hollow* persegi panjang dengan dimensi 60x30mm dan memiliki ketebalan sebesar 1.8 mm yang terdiri dari 4 kaki dengan tinggi 84 cm dan dudukan konveyor dengan dimensi 62x140 cm [5].

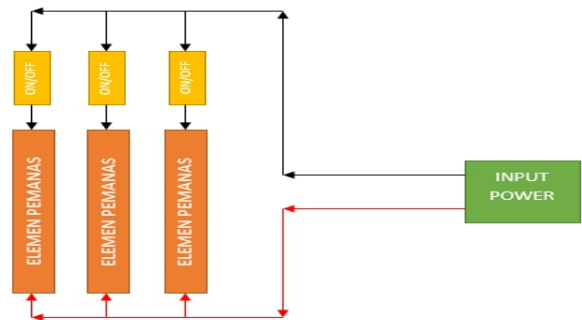
Rangka dan *roller conveyor* pemanas akrilik dapat dilihat pada Gambar 6. dibawah ini.



Gambar 6. Rangka Dan *Roller Conveyor* Mesin Pemanas Akrilik

Sistem kelistrikan pada perancangan awal, rangkaian listrik yang disambungkan pada *heater* berjenis sambungan arus seri dimana apabila arus listrik disambungkan maka ketiga *heater* yang terdapat pada alat pemanas akrilik tersebut menyala secara bersamaan dan menghasilkan panas yang sama pula, dalam upaya untuk mengoptimalkan fungsi dari *heater* tersebut maka pada pengembangan dari perancangan awal, arus yang digunakan diubah menjadi rangkaian arus paralel selain bertujuan untuk memanaskan akrilik dengan dimensi yang besar alat pemanas akrilik juga dapat digunakan untuk proses pemanasan akrilik pada proses *bending* atau penekukan dengan dimensi kecil sehingga operator dapat menggunakan hanya salah satu *heater* saja yang dapat menghemat penggunaan daya listrik dan meminimalisir penggunaan panas *heater* yang terbuang [8].

Skema kelistrikan pada *heater/pemanas* diperlihatkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skema Rangkaian Kelistrikan *Heater* Arus Paralel

Jenis kabel yang digunakan pada mesin pemanas akrilik dengan ketebalan 1,5mm dan arus listrik sebesar 6 *ampere* dan juga memiliki kelebihan tahan panas dan tidak mudah terkelupas, sehingga sistem kelistrikan yang terpasang dengan aman, efektif dan sederhana [8].

Pada mesin pemanas ini ditambahkan alat pengatur arus listrik dalam bentuk alat *dimmer* yang akan mampu mengontrol arus listrik yang digunakan, dimana arus listrik yang digunakan berbanding lurus juga dengan panas yang akan dihasilkan oleh *heater* sehingga panas yang dihasilkan untuk proses pemanasan akrilik dari ketebalan 2mm hingga 5mm dapat lebih terkontrol [8].

Untuk mengontrol panas yang dihasilkan *heater* agar lebih terpantau ditambahkan pula *thermo control* sebagai alat pengontrol juga alat pembaca temperatur yang dapat memudahkan operator untuk melihat dan mengontrol panas yang dihasilkan oleh *heater* seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.



(a)

(b)

Gambar 8. *Thermo Control* (a) dan *Emergency Button* (b)

Pada mesin pemanas ini juga ditambahkan *emergency button* sebagai alat keselamatan dimana dapat memperkecil resiko kerugian atau sebagai langkah awal untuk mencegah terjadinya kecelakaan yang dapat merugikan operator atau kerusakan alat yang sedang digunakan seperti yang diperlihatkan pada Gambar 8.

Mesin pemanas akrilik yang telah dilengkapi dengan *dimmer*, *emergency button*, *thermo contro* dan sistem kelistrikan diperlihatkan pada Gambar 9 dibawah ini.



Gambar 9. Mesin Pemanas Akrilik

Untuk meminimalisir *heat losses* pada saat proses pemanasan, dibuat alat penutup yang memiliki panjang 32 cm, lebar 62 cm dan tinggi 9 cm seperti terlihat pada Gambar 10. Pada bagian atas tutup, diberi view point dari bahan transparan untuk melihat proses pemanasan [9].



Gambar 10. *Cover Pemanas Akrilik*

Bagian dalam cover diberi isolator panas yaitu *polyelefin polyethylene insulation foam* dengan aluminium foil agar dapat menahan kalor keluar untuk meminimalisir *heat losses*. Bahan tersebut dipilih karena tahan pada temperatur di atas temperatur bending akrilik yaitu 155 °C, memiliki ketebalan yang tipis, dapat dibentuk/ditekuk, memiliki harga ekonomis [9].

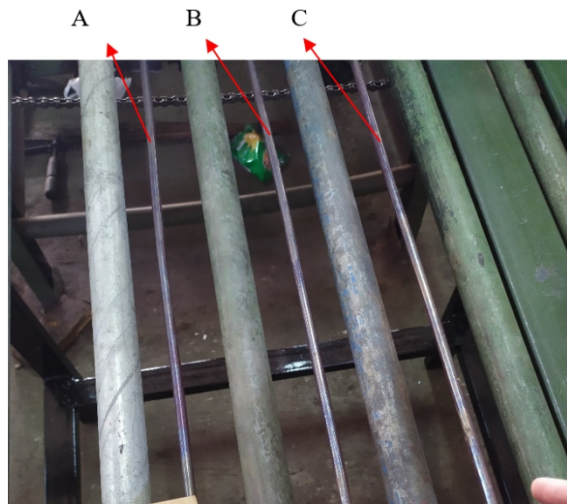


Gambar 11. Pemasangan Cover Dan Isolator Panas Pada Bagian Bawah Mesin Pemanas

Proses Pemasangan Isolator panas berbahan *polyelefin polyethylene insulation foam* dengan aluminium foil pada alat pemanas akrilik yaitu pada bagian bawah, samping kiri dan kanan, seperti pada Gambar 11.

Setelah proses pembuatan mesin pemanas selesai, dilakukan proses pengujian. Pengujian tahap pertama adalah mengukur temperatur maksimal elemen pemanas. Prosedur pengujian yaitu dengan menempatkan termometer pada *heater* setelah mesin dinyalakan. Pengukuran temperatur

dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing masing *heater* yang terdiri dari 3 *heater* yaitu *heater* A, *heater* B, dan *heater* C, seperti pada Gambar 12.



Gambar 12. *Heater* A, B dan C

Setelah itu dilakukan pengujian untuk mengetahui temperatur pemanasan akrilik yang sesuai hingga dapat dibentuk dan lama proses pemanasan nya.

Pada saat proses pemanasan, akrilik diletakan diatas heater seperti pada Gambar 13. Pengujian dilakukan untuk spesimen yang kecil berukuran 15x10 cm karena pada pengujian ini hanya akan mengetahui temperatur pemanasan yang sesuai sehingga tidak dilakukan pengujian untuk dimensi akrilik yang besar.



Gambar 13. Penempatan Akrilik Diatas *Heater*

Pengujian dilakukan pada akrilik dengan ketebalan pada variasi 3 mm, 5 mm dan 10 mm. Temperatur

bagian bawah akrilik ditentukan pada variasi temperatur 140°C, 150 °C dan 160 °C. Prosedur pengujian untuk temperatur 140°C adalah sebagai berikut:

1. Aktifkan *heater* dengan cara menghubungkan kabel power dengan sumber listrik.
2. Tunggu hingga *heater* mencapai temperatur maksimum yaitu sekitar 299 °C.
3. Letakan spesimen pengujian diatas *conveyor*, lalu jalankan *conveyor* hingga spesimen tepat diatas *heater*.
4. Ukur temperatur permukaan bawah hingga mencapai 140 °C.
5. Lakukan proses pembentukan pada spesimen.
6. Foto spesimen tersebut lalu analisa.
7. Lakukan langkah 4 sampai 6 dengan variasi temperatur 150 °C dan 160 °C

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian temperatur maksimum ketiga *heater* tertera pada tabel 1. Dari hasil pengujian *heater* terlihat bahwa temperatur pemanasan maksimum ketiga *heater* tersebut hampir sama. Rata rata temperatur pemanas yaitu 291,5 °C.

Tabel 1. Temperatur *Heater*

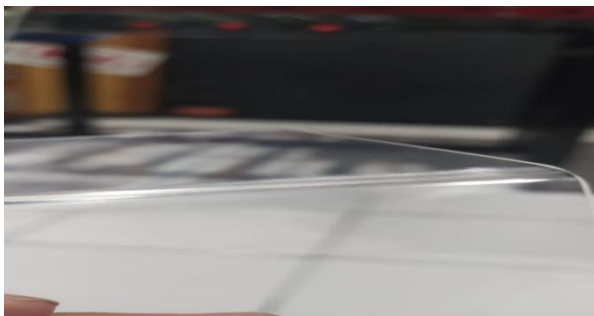
Pengujian ke	1	2	3
<i>heater</i>	Temperatur (°C)		
A	297	295	294
B	292	289	292
C	287	290	288

Gambar 14. Gambar 15. dan Gambar 16. memperlihatkan hasil pengujian pemanasan pada akrilik ketika proses *bending*/pembentukan akrilik untuk temperatur bagian bawah 140 °C, 150 °C dan 160 °C.



Gambar 14. Hasil *Bending* Spesimen Temperatur Akrilik 140 °C

Pada Gambar 14. merupakan gambar spesimen hasil pengujian pada akrilik tebal 10 mm dengan temperatur bagian bawah permukaan spesimen sebesar 140 °C dan temperatur permukaan bagian atas spesimen sebesar 125 °C. Hasil pengujian pada temperatur bagian bawah akrilik 140 °C akrilik berhasil di *bending* namun hasilnya tidak sempurna, terdapat keretakan pada permukaan bending seperti yang terlihat pada gambar yang diberi kotak merah [5].



Gambar 15. Hasil *Bending* Spesimen Temperatur Akrilik 150 °C

Hasil pengujian pada temperatur permukaan bagian bawah spesimen sebesar 150 °C dan temperatur permukaan bagian atas sebesar 133 °C, spesimen akrilik dapat dibentuk dengan sempurna tanpa adanya cacat. Seperti dapat dilihat pada Gambar 15. yang diberi tanda dengan menggunakan garis berwarna kuning.



Gambar 16. Hasil *Bending* Spesimen Temperatur Akrilik 160 °C

Hasil pengujian bending akrilik pada temperatur permukaan bagian bawah spesimen sebesar 160 °C dan temperatur permukaan bagian atas sebesar 143 °C terdapat cacat pada spesimen pengujian seperti yang terlihat pada Gambar 16. yang diberi tanda garis berwarna hijau. Cacat pada spesimen tersebut menyerupai porositas yaitu adanya gas yang terperangkap pada spesimen. Cacat pada spesimen tersebut disebabkan karena temperatur terlalu tinggi sehingga hampir mencapai temperatur leleh akrilik. [5].

Tabel 2 memperlihatkan data hasil pengujian, selisih temperatur adalah perbedaan antara temperatur permukaan bawah akrilik yang diletakan berdekatan dengan pemanas dan temperatur permukaan akrilik. Waktu pada Tabel 2. menunjukkan waktu pemanasan akrilik hingga mencapai temperatur bending yaitu 150 °C.

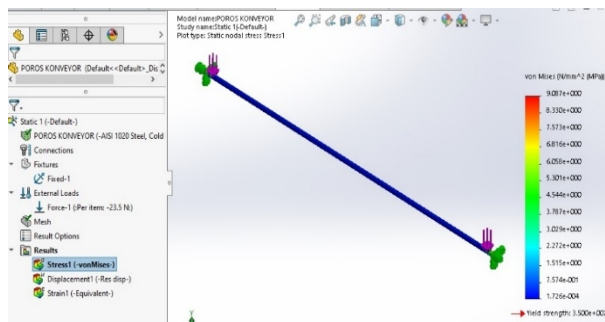
Tabel 2. Data Hasil Pengujian

Titik Uji	Tebal Spesi men (mm)	Pengujian 1		Pengujian 2		Pengujian 3	
		ΔT °C	Waktu (s)	ΔT °C	Waktu (s)	ΔT °C	Waktu (s)
A	3	6	85	7	88	9	91
	5	9	160	10	171	10	173
	10	13	412	15	422	12	490
B	3	9	90	9	93	8	93
	5	12	175	11	178	10	173
	10	16	430	15	425	13	500
C	3	10	97	9	92	9	95
	5	12	182	12	176	12	180
	10	17	445	14	433	14	505

Lama pemanasan rata-rata untuk akrilik tebal 3 mm adalah 91,5 detik (1,5 menit), 5 mm (2,9 menit) adalah 174,2 detik dan 10 mm adalah 451,3 detik (7,5 menit).

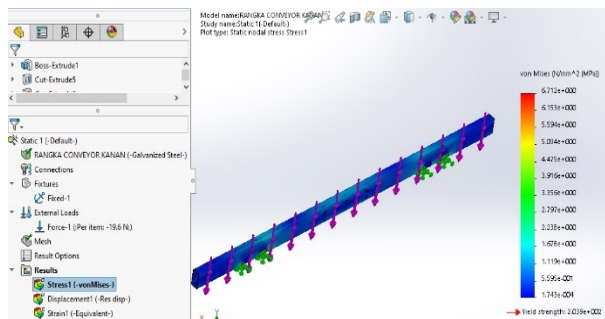
Dilakukan analisa pembebanan pada *roller conveyor* menggunakan solidwork dengan tumpuan pada kedua ujung pipa roller yang ditumpu oleh bearing bagian kiri dan kanan material poros pipa hollow galvanis. Pembebanan diasumsikan merata, warna merah menunjukkan mendekati batas elastis material 200 N/mm^2 .

Hasil analisa pembebanan maksimum pada *roller conveyor* sebesar $23,5 \text{ N}$, Tegangan maksimum yang terjadi pada *roller conveyor* adalah $0,7 \text{ N/mm}^2$ ditunjukkan warna merah pada permukaan roller, sedangkan pembebanan rata-rata ditunjukkan oleh warna biru yaitu $0,2 \text{ N/mm}^2$ seperti yang terlihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Pembebanan Pada Poros Roller Conveyor

Analisis pembebanan pada rangka *conveyor* kiri dan kanan dengan beban dari kedua ujung roller sebesar $23,5 \text{ N}$, dan tumpuan pada rangka conveyor kiri dan ini ditumpu oleh rangka bagian bawah material galvanis. Hasil analisa pembebanan maksimum pada rangka $6,7 \text{ Mpa}$ seperti terlihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Pembebanan Maksimum Pada Roller Conveyor

Temperatur permukaan bawah spesimen yang diambil sebagai acuan pengujian adalah sebesar 150°C karena berdasarkan hasil pengujian, temperatur 150°C merupakan temperatur yang cocok untuk melakukan proses pembentukan pada akrilik tanpa menghasilkan cacat pada kedua permukaannya. Pada temperatur 140°C akrilik dapat dibentuk namun pada permukaan bagian atasnya menghasilkan retak, sedangkan pada temperatur 160°C terjadi gelembung gelembung udara, sehingga temperatur tersebut dinilai tidak tepat untuk melakukan proses pembentukan pada material akrilik [4]

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Perancangan dan pembuatan mesin pemanas menggunakan tiga buah *heater turbular* lurus dengan daya masing masing heater 300 Watt , mampu memanaskan akrilik dengan ketebalan hingga 10 mm sebagai proses pemanasan agar dapat dilakukan dilakukan pembentukan. Mesin pemanas ini dapat memanaskan akrilik secara kontinu pada dimensi pemanasan lebar 60 cm dan panjang tak terbatas.

Temperatur pemanasan yang cocok untuk proses pembentukan akrilik adalah 150°C . Lama pemanasan rata-rata untuk akrilik tebal 3 mm adalah $91,5 \text{ detik}$ ($1,5 \text{ menit}$), 5 mm ($2,9 \text{ menit}$) adalah $174,2 \text{ detik}$ dan 10 mm adalah $451,3 \text{ detik}$ ($7,5 \text{ menit}$). Berdasarkan analisa pembebanan, pembebanan yang terjadi masih dibawah pembebanan maksimum yang diijinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. P. M. Groover, “Fundamentals Of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems”, Fourth Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2010, pp. 169-180.
- [2]. R.J. Crawford, “Plastic Engineering”. Third Edition. Amsterdam”, Pergamon Press, 1987.
- [3]. P.F. Incropera, “Fundamentals of Heat and Mass Transfer”, Seventh edition. United States: John Wiley & Sons, Inc, 2007.
- [4]. T. Siswanto, “Pengembangan Perancangan Mesin Pemanas Akrilik Ketebalan Hingga 10mm”, Tugas Akhir., Teknik Mesin., Institut Teknologi Nasional Bandung., Indonesia, 2020.
- [5]. M. Muraz, “Pembuatan Mesin Pemanas Akrilik Ketebalan Hingga 10 mm”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut Teknologi Nasional., Bandung., Indonesia, 2020.
- [6]. Sularso, K. Suga, “Dasar Perencanaan Dan Pemilihan Elemen Mesin”, Jakarta: Pradnya Paramita, 2013.
- [7]. Conveyor Equipment Manufacturers Association, “Belt Konveyor for Bulk Material”, 1979.
- [8]. R. Pratama, “Pengembangan Mesin Pemanas Akrilik Untk Proses Prabending Ketebalan 2-5mm”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut teknologi Nasional., Bandung, Indonesia, 2020.
- [9]. R. Munajat, “Pengembangan dan pengujian mesin pemanas akrilik pra bending tipe turbular”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut teknologi Nasional., Bandung.,Indonesia, 2021.