

## Pengujian *Bending* Akrilik Pada Mesin Pemanas Akrilik Tubular

Noviyanti Nugraha, M.P.N Sirodz, M.Dzaki.F.A, Dzarrghifa R.M, Gamal S.S.W  
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Bandung  
e-mail : [novianti@itenas.ac.id](mailto:novianti@itenas.ac.id)

*Received 24 Juni 2024 | Revised 29 Juli 2024 | Accepted 28 Agustus 2024*

### ABSTRAK

Pada penelitian sebelumnya telah dirancang dan dibuat mesin pemanas dan *bending* akrilik skala UMKM (Usaha mikro kecil dan Menengah) yang dapat digunakan hingga dimensi lebar 600 mm dan panjang tak terbatas, serta dapat memanaskan berbagai ketebalan akrilik hingga ketebalan 10 mm dengan proses pemanasan yang kontinyu. Mesin pemanas ini merupakan solusi dari pemanasan secara manual dengan menyemprotkan api dari tabung gas yang memiliki kendala temperatur pemanasan yang tidak merata untuk seluruh permukaan akrilik, kualitas hasil pemanasan dan *bending* kurang bagus, sering terjadi cacat, serta waktu pemanasan cukup lama. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji mesin pemanas dan *bending* akrilik yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya serta menganalisa hasil *bending* akrilik. Metoda pengujian dilakukan dengan eksperimen langsung, memanaskan akrilik pada mesin pemanas kemudian dilakukan proses *bending* akrilik. Parameter Pengujian meliputi; mencari temperatur *bending*, menghitung waktu pemanasan dan waktu *bending*, mengukur penyimpangan sudut hasil *bending*, menganalisis kualitas akrilik hasil *bending*. Pengujian dilakukan untuk 3 variasi ketebalan yang berbeda yaitu 2,3 dan 5mm. Variasi sudut *bending* 0°,45° dan 90°. Hasil pengujian diperoleh temperatur pemanasan akrilik antara 150-155°C, Waktu pemanasan akrilik untuk ketebalan 2-5mm adalah 1-3menit, Waktu *bending* 30-120detik, Nilai bend allowance maks 44 mm untuk sudut 0° dan minimum 16 mm untuk sudut 90°. Semakin kecil sudut *bending*, nilai bend allowance semakin besar. Nilai springback rata-rata adalah 0, tidak terjadi penyimpangan terhadap garis *bending*. Kapasitas maksimum mesin adalah 90 akrilik perjam untuk ketebalan 2mm

**Kata kunci:** *Bending*, Akrilik, Mesin Pemanas

### ABSTRACT

*In previous research, an MSME (Micro, Small and Medium Enterprises) scale acrylic heating and bending machine has been designed and made which can be used up to dimensions of 600 mm wide and unlimited length, and can heat acrylic up to 10 mm thick with a continuous heating process. This heating machine is a solution to manual heating by spraying fire from a gas cylinder which has uneven heating temperature constraints for the entire acrylic surface, the quality of heating and bending results is not good, defects often occur, and the heating time is quite long. The purpose of this research is to test the acrylic heating and bending machine that has been made in previous studies and analyze the results of acrylic bending. The test method was carried out by direct experimentation, heating acrylic on a heating machine and then bending acrylic. Testing parameters include; looking for bending temperature, calculating heating time and bending time, measuring angular deviation of bending results, analyzing the quality of acrylic bending results. Tests were carried out for 3 different thickness variations of 2, 3 and 5mm. Bending angle variations 0o, 45o and 90o. The test results obtained acrylic heating temperature*

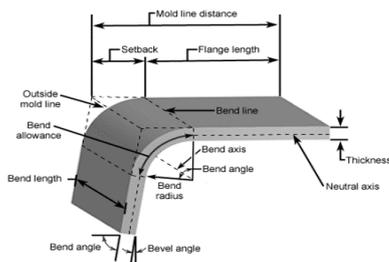
*between 150-155oC, acrylic heating time for thickness 2-5mm is 1-3 minutes, bending time 30-120 seconds, bend allowance value max 44 mm for 0o angle and minimum 16 mm for 90o angle. The smaller the bending angle, the greater the bend allowance value. The average springback value is 0, no deviation to the bending line occurs. The maximum capacity of the machine is 90 acrylics per hour for 2mm thickness.*

**Key words:** *Bending, Acrylic, Heating Machine*

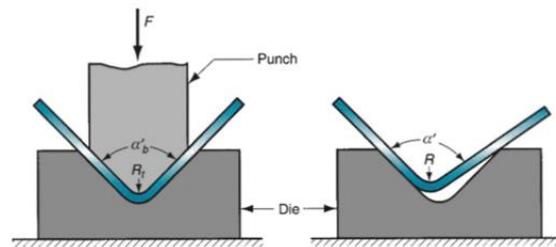
## 1. Pendahuluan

Pengusaha skala UMKM (Usaha Mikro Kecil dan Menengah) di Indonesia merupakan usaha yang paling banyak dilakukan yaitu sekitar 99.99% dari total usaha yang ada di Indonesia [1],[2]. Jasa produksi berbahan material akrilik mulai bermunculan pada bidang usaha skala kecil, akrilik lebih disukai dikarenakan akrilik merupakan material yang secara fisik menyerupai kaca namun memiliki keunggulan tidak mudah pecah serta lebih ringan jika dibandingkan dengan kaca [3],[4]. Akrilik merupakan bahan polimer dengan nama *polymethyl methacrylate* ( $C_5H_8O_2$ )<sub>n</sub> memiliki modulus elastisitas 2800 MPa serta kekuatan tarik 55 MPa. Temperatur leleh akrilik sekitar 200°C. 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* [3],[4],[5],[6].

Parameter penting pada proses pembentukan atau bending yaitu *bend allowance*, merupakan panjang material minimum yang diizinkan untuk bagian yang akan dibending. *Radius of bend* secara umum proporsional terhadap ketebalan serta jenis dari material yang digunakan, artinya radius pembengkokan bisa dibuat tajam atau tumpul sesuai kondisi bahan. Apabila kategori material yang digunakan termasuk lunak maka radius pembengkokan bisa lebih kecil atau tajam, dan apabila kategori material yang digunakan termasuk keras, maka radius pembengkokan harus lebih besar (tumpul), dan *bend allowance* akan lebih besar [6],[7],[8]. Skema *bend allowance* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema *Bend Allowance* [8]



Gambar 2. Springback [8]

Parameter lainnya yaitu *Springback*, merupakan gaya balik yang ditimbulkan akibat pengaruh elastisitas bahan pelat yang mengalami proses pembentukan. Besarnya gaya balik ini ditentukan oleh harga Modulus elastisitas bahan. Biasanya akibat *Springback* terjadi penyimpangan terhadap sudut pembengkokan yang dibentuk. Contoh sederhana apabila diinginkan *bending* dengan sudut 90° maka besarnya sudut tekan pada alat bending harus diperkecil dari 90° (<90°). Sehingga pada saat dilepas akan menghasilkan sudut bending 90° [6]. Keterangan mengenai *SpringBack* diperlihatkan pada Gambar 2.

Pada proses pembentukan pada pembuatan produk akrilik skala usaha kecil yang biasanya dilakukan adalah sebagai berikut; akrilik yang sudah di potong sesuai desain akan dipanaskan secara manual agar akrilik dapat dapat dibentuk, pemanasan manual yang dilakukan biasanya dengan menyemprotkan api dari tabung gas kecil ke permukaan akrilik. Kendala pemanasan manual mengakibatkan temperatur pemanasan tidak merata untuk seluruh permukaan akrilik, sehingga berpengaruh terhadap kualitas hasil bending, temperatur yang terlalu tinggi mengakibatkan akrilik meleleh dan sudut bending tidak sesuai, sedangkan temperatur pemanasan terlalu rendah mengakibatkan retak pada sudut bending. Kendala lainnya adalah waktu yang dibutuhkan untuk proses pemanasan akrilik secara manual dinilai cukup lama jika dibandingkan dengan dipanaskan dengan menggunakan mesin pemanas. Mesin pemanas dan *bending* yang sudah ada dipasaran biasanya diperuntukan bagi industri besar atau juga ada yang memiliki ukuran dibawah 1m sehingga dimensi akrilik yang dapat dipanaskan terbatas.

Pada penelitian sebelumnya telah dirancang dan dibuat mesin pemanas dan *bending* akrilik skala UMKM (Usaha Mikro kecil dan Menengah) yang dapat digunakan hingga dimensi lebar 600 mm dan panjang tak terbatas, serta dapat memanaskan hingga ketebalan 10 mm dengan proses pemanasan yang kontinu [9],[10],[11],[12],[13].

Tujuan dari penelitian ini adalah menguji mesin pemanas dan *bending* serta menganalisa hasil *bending* akrilik pada mesin pemanas yang telah dibuat sebelumnya.

## 2. Metodologi

Mesin pemanas dan *bending* akrilik yang telah dibuat pada penelitian sebelumnya, diperlihatkan pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Mesin Pemanas Dan *Bending* Akrilik

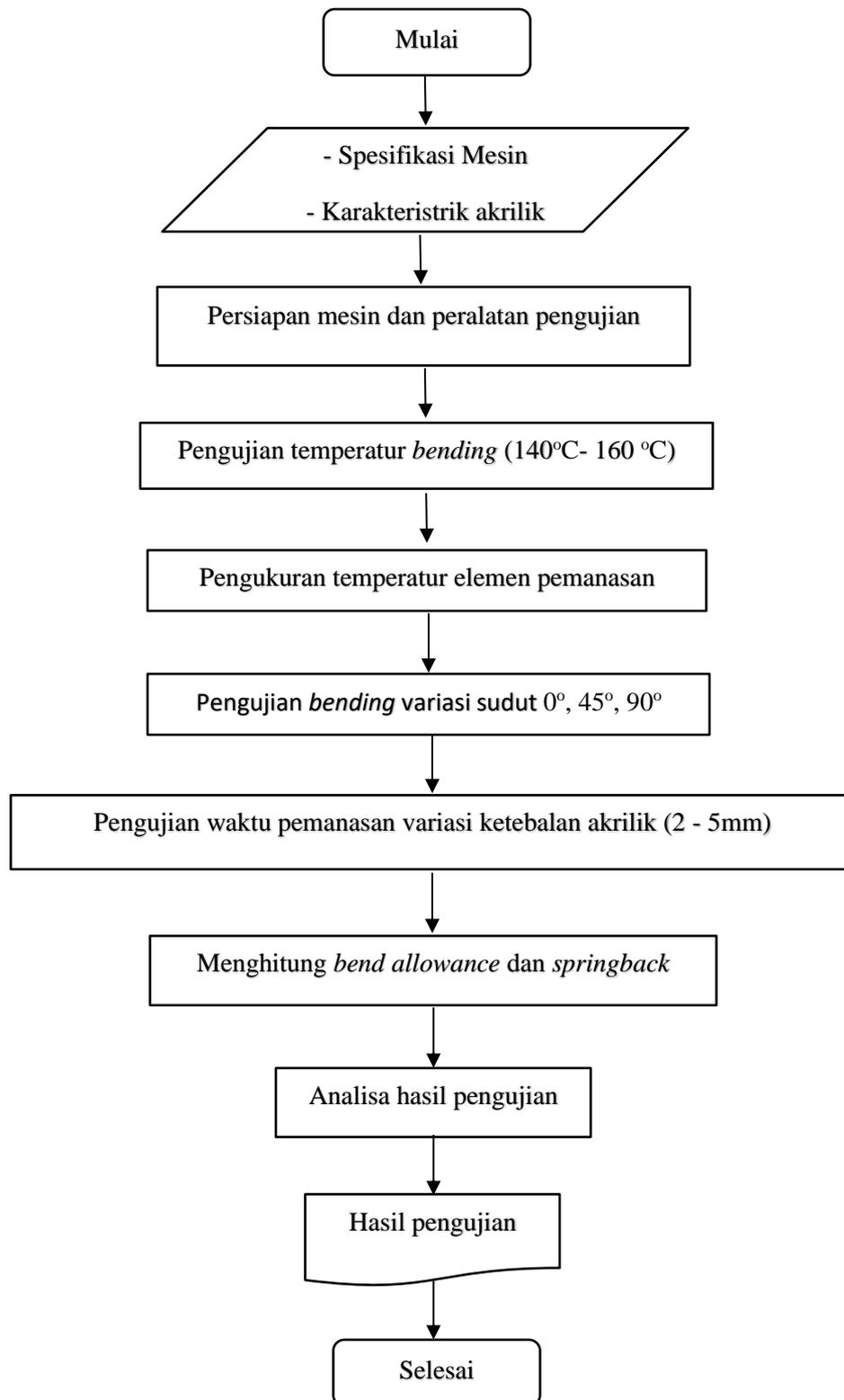
Komponen mesin pemanas dan *bending* akrilik adalah: 1.Dudukan Akrilik, 2.Panel Box, 3.Bentangan Besi *Hollow*, 4.Rangka Kaki *Conveyor*, 5.Motor Listrik Dengan *Speed Control*, 6.*Roller Conveyor*, 7.*Body Conveyor*, 8.Penutup Rantai, 9.Elemen Pemanas/*Heater*, 10.Rantai, *Sprocket*, 11.Penutup Elemen Pemanas, 12.Dimmer, 13.Pengatur Temperatur, 14.Saklar *Tubular*, 15.Tombol *Emergency*.

Spesifikasi Mesin Pemanas dan *bending* [5],[6],[7],[8],[9] diperlihatkan pada Tabel 1

**Tabel 1.** Spesifikasi Mesin Pemanas Akrilik

Spesifikasi Mesin Pemanas Akrilik	
Berat total mesin	120 kg
Motor listrik	25 Watt
Daya Heater Tubular	300 watt
Panjang <i>conveyor</i>	2 m
Tinggi meja	1 m
Temperatur Maksimal	400 °C
Luas penampang mesin	2 m <sup>2</sup>
Torsi pulley <i>conveyor</i>	0,018 Nm
Kecepatan <i>conveyor</i>	0,26 m/s
Penutup ruang pemanas akrilik	30 cm x 60 cm
Luas penampang ruang pemanas akrilik	120 cm x 60 cm

Proses pengujian diperlihatkan pada diagram alir penelitian pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Diagram Alir Pengujian

Ada beberapa parameter pada pengujian ini yaitu :

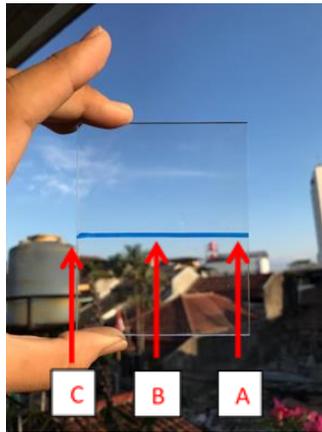
1. Mengukur temperatur elemen pemanas
2. Menentukan temperatur bending
3. Menghitung waktu pemanasan dan waktu *bending*
4. Mengukur penyimpangan sudut hasil *bending*.
5. Menganalisis kualitas akrilik hasil *bending*

Variasi ketebalan akrilik : 2mm, 3mm dan 5mm

Variasi sudut bending: 0°, 45° dan 90°

Proses bending dilakukan pada akrilik berwarna bening dengan variasi ketebalan yang berbeda yaitu 2 mm, 3 mm dan 5 mm. Terdapat 3 sudut yang akan diaplikasikan pada proses *bending* akrilik pada penelitian ini yaitu 0°, 45°, dan 90°.

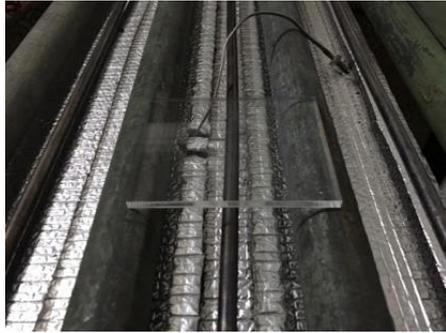
Titik yang diukur, pada 3 titik *bending* pada garis lurus atau garis bending yaitu titik A, B, dan C seperti diperlihatkan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Titik Yang Diukur

Prosedur pengujian yang dilakukan:

1. Menyiapkan dan menyalakan mesin pemanas
2. Mengukur temperatur elemen pemanas hingga temperatur konstan dan memperoleh data temperatur elemen pemanas
3. Menyiapkan dan meletakkan akrilik diatas mesin pemanas
4. Memanaskan akrilik dan melakukan pengujian pemanasan dan bending akrilik dengan variasi temperatur konstan 140 °C hingga 160 °C
5. Memperoleh data temperatur pemanasan akrilik
6. Menyiapkan akrilik dengan dimensi yang telah ditentukan, dimensi yang digunakan 10cm x 8cm, variasi ketebalan akrilik untuk pengujian adalah 2, 3 dan 5 mm.
7. Memberi tanda pada spesimen berupa garis bending dan titik pengujian
8. Meletakkan dan memanaskan akrilik diatas mesin pemanas
9. Men-*setting* temperatur yang diinginkan menggunakan termostat hingga temperatur heater 155°C
10. Melakukan pemanasan akrilik untuk masing masing ketebalan
11. Melakukan proses *bending*, dengan menahan papan *bending* hingga akrilik mengeras dan papan *bending* dapat dilepas kembali. Variasi sudut bending adalah 0°, 45°, dan 90°.
12. Memperoleh data waktu pemanasan
13. Mengukur sudut bending
14. Menhitung bend allowance dan springback
15. Menganalisis hasil pengujian bending dan memperoleh data hasil pengujian



**Gambar 6.** Proses Pemanasan Akrilik



**Gambar 7.** Proses *Bending*

Gambar 6. Memperlihatkan proses pemanasan akrilik, setelah akrilik dipanaskan akrilik dikeluarkan dari elemen heater tubular dan dipindahkan ke papan *bending*. Proses *bending* akrilik yang dilakukan, menggunakan papan bending yang dilakukan secara manual seperti pada Gambar 7.

Setelah dilakukan proses bending, kemudian dicari nilai bend allowance. Persamaan yang digunakan untuk mencari bend allowance [6] diperlihatkan pada persamaan 1.

$$Ab = 2\pi \frac{\alpha}{360} (R + Kba.t) \quad (1)$$

Dimana  $Ab$  = Panjang *bend allowance* (mm),  $\alpha$  = Sudut *bending*, ( $^{\circ}$ ),  $R$  = Radius *bending*, (mm),  $t$  = Ketebalan (mm),  $Kba$  = 0,33 (jika  $R < 2t$ ) dan 0,5 (jika  $R \geq 2t$ )

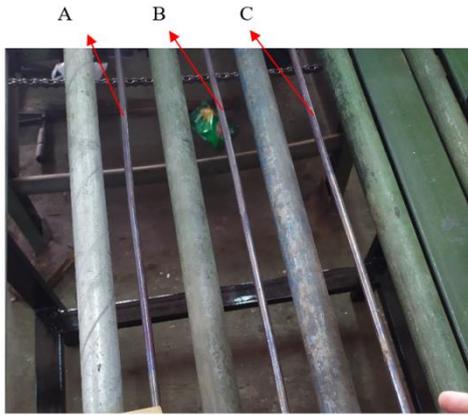
Selain itu dicari juga nilai springback, persamaan yang digunakan untuk mencari springback diperlihatkan pada persamaan 2 [6-8].

$$SB = \frac{\alpha' - \alpha'_b}{\alpha'} \quad (2)$$

Dimana:  $SB$  = *Springback*,  $\alpha'$  = Sudut akrilik setelah deformasi ( $^{\circ}$ ),  $\alpha'_b$  = Sudut akrilik saat deformasi ( $^{\circ}$ )

### 3. Hasil Dan Pembahasan

Ada 3 buah elemen pemanas yang diletakan secara pararel, yaitu elemen pemanas A, elemen pemanas B dan elemen pemanas C seperti yang diperlihatkan pada **Gambar 8**. Berdasarkan perancangan, target temperatur heater maksimum adalah  $300^{\circ}\text{C}$ , berdasarkan pengujian, temperatur heater maksimum  $297^{\circ}\text{C}$  mendekati target dari perancangan.



**Gambar 8.** Elemen Pemanas

**Tabel 2.** Temperatur Elemen Pemanas

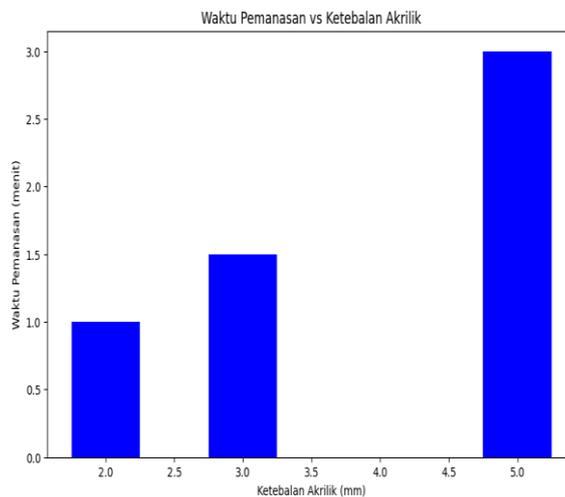
Pengujian ke	1	2	3
Elemen Pemanas	Temperatur (°C)		
A	297	295	294
B	292	289	292
C	287	290	288

Proses pengujian bending dilakukan pada temperatur bending yaitu saat temperatur permukaan akrilik mencapai 155°C. Temperatur pemanasan diperoleh berdasarkan hasil pengujian yang diperlihatkan pada Tabel 3 pada daya maksimum sebesar 300 Watt [14].

**Tabel 3.** Temperatur Pemanasan Akrilik

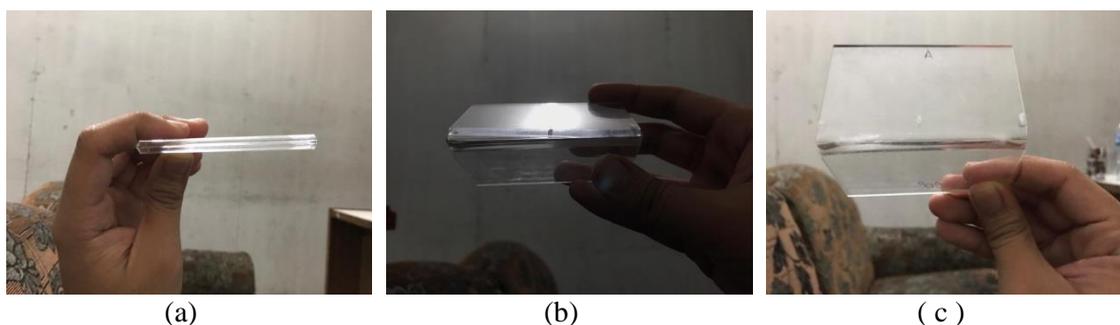
Temperatur	Hasil Bending
< 150	Retak
150-155	Tanpa cacat
>155	Terjadi gelembung

Berdasarkan beberapa kali pengujian, diperoleh waktu pemanasan rata-rata untuk akrilik mencapai temperatur *bending* yaitu untuk ketebalan akrilik yang diuji adalah 2mm waktu pemanasan 1 menit, 3mm adalah 1,5menit dan 5mm adalah 3 menit seperti grafik waktu pemanasan berdasarkan ketebalan pada Gambar 9. [14]



**Gambar 9.** Grafik Waktu Pemanasan Akrilik

Kemudian dianalisis apakah terdapat penyimpangan terhadap garis *bending* dengan menghitung besar bend allowance menggunakan persamaan, dan menganalisis kualitas akrilik hasil *bending*. Contoh hasil pengujian bending untuk ketebalan akrilik 2mm diperlihatkan pada Gambar 10 serta data hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 5.

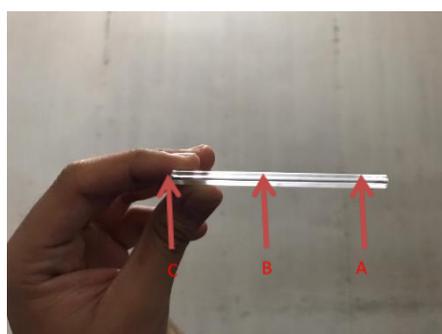


**Gambar 10.** Hasil Pengujian *Bending* Akrilik 2 Mm (a) Sudut 0° (b) Sudut 45° (c) Sudut 90°

**Tabel 5.** Hasil Pengujian *Bending* Akrilik Tebal 2mm

Target Sudut <i>Bending</i>	Waktu <i>bending</i> (detik)	Titik yang diukur	Pengukuran sudut hasil pengujian	Penyimpangan Terhadap garis <i>bending</i> (mm)	Kualitas akrilik hasil <i>bending</i>
0°	31	A (kanan)	0°	0	Hasil Sudut sudah sesuai dengan target, tidak terdapat penyimpangan
		B (tengah)	0°	0	
		C (kiri)	0°	0	
45°	30	A (kanan)	45°	0	Hasil Sudut sudah sesuai dengan target, tidak terdapat penyimpangan
		B (tengah)	45°	0	
		C (kiri)	45°	0	
90°	30	A (kanan)	90°	0	Hasil sudut sudah mendekati target, tidak mengalami penyimpangan garis
		B (tengah)	90°	0	
		C (kiri)	90°	0	

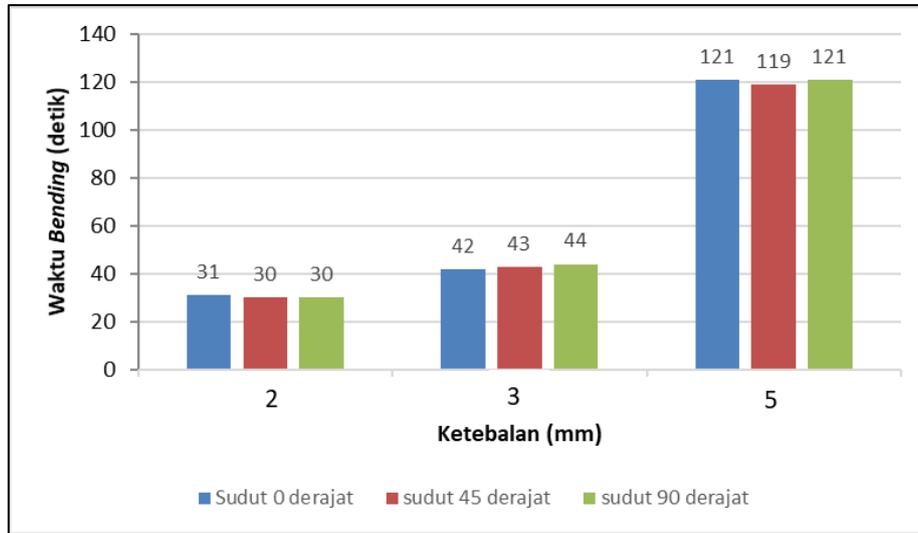
Pada hasil pengujian *bending* untuk akrilik 2 mm tidak terjadi penyimpangan terhadap garis *bending* atau nilai penyimpangan nya nol, artinya sudut yang ditargetkan sudah sesuai. Gambar 11 memperlihatkan tidak terjadi penyimpangan terhadap garis *bending* pada berbagai titik pengujian.



**Gambar 11.** Tidak Terjadi Penyimpangan Terhadap Garis *Bending*

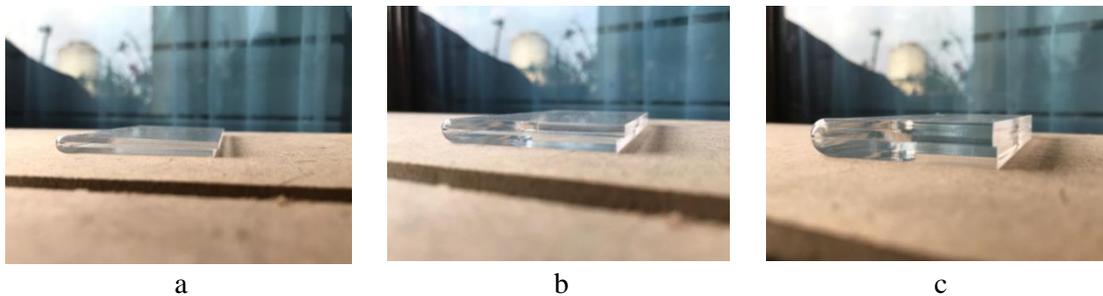
Hasil pengujian untuk ketebalan lainnya yaitu 3mm dan 5 mm diperlihatkan pada grafik pada Gambar 12. Rata-rata waktu yang diperlukan untuk proses *bending* akrilik 2mm adalah 30 detik, untuk tebal 3mm dan 5 mm masing-masing 43 dan 120 detik. Dari grafik waktu *bending* terhadap ketebalan, memperlihatkan untuk ketebalan akrilik yang semakin besar, waktu yang diperlukan untuk proses *bending* juga lebih banyak, namun untuk perbedaan akrilik yang tidak terlalu besar

seperti 2mm dengan 3mm, perbedaan waktu bending tidak signifikan hanya berbeda beberapa detik saja.



**Gambar 12.** Grafik Waktu Bending Terhadap Ketebalan

Kualitas hasil bending tertekuk sempurna, tidak ada patah maupun retakan baik pada berbagai ketebalan pada sudut bending yang sama, maupun untuk berbagai sudut *bending*. Hasil *bending* pada sudut 0° diperlihatkan pada Gambar 13 dan Gambar 14 memperlihatkan hasil *bending* untuk berbagai sudut.

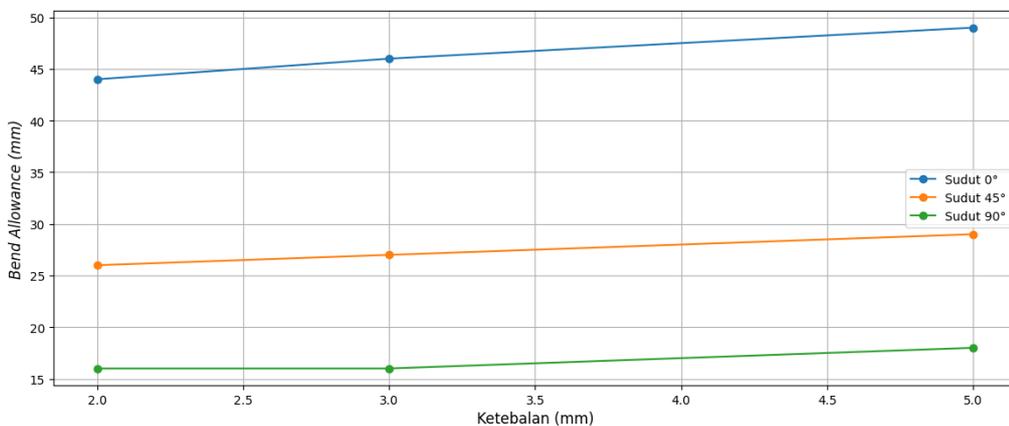


**Gambar 13.** Hasil *Bending* Untuk Sudut 0° Pada Ketebalan 2mm (a), 3mm (b) Dan 5mm (c)



**Gambar 14.** Hasil *Bending* Untuk Sudut 0° ,45° Dan 90° Pada Ketebalan 5mm

Parameter lain yang di cari adalah nilai *bend allowance* menggunakan persamaan 1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *bend allowance* divantumkan pada Tabel 6 dan Gambar 15. Bend allowance yang dibutuhkan untuk membending sudut 0 lebih tinggi dari sudut 90 dengan kata lain, panjang material minimum yang dibutuhkan untuk menekuk sudut 0 lebih panjang dibandingkan dengan membending sudut 90, semakin kecil sudut, nilai *bend allowance* semakin besar.



**Gambar 15.** grafik *Bend allowance* vs Ketebalan berdasarkan sudut

Nilai *springback* dihitung menggunakan persamaan 2, Data hasil perhitungan diperlihatkan pada **Tabel 6**. Nilai *springback* rata-rata adalah 0, pada sudut 90 nilai *springback* lebih dari nol, namun tidak signifikan sehingga dapat dianggap nol. Tidak terjadi penyimpanan terhadap garis *bending*.

**Tabel 6.** Hasil Perhitungan *bend allowance* dan *springback*

Ketebalan (mm)	Sudut (°)	<i>Bend Allowance</i> (mm)	<i>Springback</i>
2 mm	0°	44	0
	45°	26	0
	90°	16	0,021
3 mm	0°	46	0
	45°	27	0
	90°	16	0,011
5 mm	0°	49	0
	45°	29	0,021
	90°	18	0

Berdasarkan proses pengujian *bending*, waktu yang diperlukan untuk membending akrilik dengan ketebalan 2 mm adalah 30 detik. Jika diasumsikan *holding time* antara satu produk dengan produk yang lainnya adalah 10 detik maka kemampuan alat *bending* untuk melakukan proses *bending* akrilik per jam adalah sekitar 90 akrilik per jam. Pada ketebalan akrilik lainnya yaitu 3 mm dan 5 mm diperlihatkan pada Tabel 7.

**Tabel 7.** Kemampuan *Bending* Akrilik Per Jam

Ketebalan (mm)	Waktu <i>Bending</i> rata-rata (s)	Kemampuan <i>Bending</i> Akrilik Per jam
2 mm	30 detik	90 akrilik
3 mm	43 detik	68 akrilik
5 mm	120 detik	28 akrilik

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pengujian bending memperlihatkan bahwa kualitas hasil *bending* sudah baik karena tidak terdapat retak maupun patah, tidak terdapat penyimpangan garis bending terhadap garis acuan, sudut yang dihasilkan sudah sesuai target. Temperatur pemanasan sebesar 155 °C pada mesin pemanas ini menghasilkan kualitas bending yang baik atau sesuai target. Waktu bending rata-rata untuk tebal 2mm adalah 30 detik, untuk 3mm adalah 43 detik, perbedaannya tidak signifikan. Waktu bending rata-rata untuk 5 mm adalah 120 detik. Ketebalan yang lebih besar membutuhkan waktu bending yang lebih lama, jumlah akrilik yang dihasilkan per 1 jam lebih sedikit dibandingkan ketebalan akrilik yang lebih tipis. Semakin kecil sudut *bending*, nilai *bend allowance* semakin besar. Nilai *springback* 0 tidak terjadi penyimpangan terhadap garis bending. Kapasitas mesin dalam membending akrilik 2mm dapat mencapai 90 akrilik perjam.

#### 5. Notasi

Ab	Panjang <i>bend allowance</i>	[mm]
$\alpha$	Sudut <i>bending</i>	[°]
R	Radius <i>bending</i>	[mm]
t	Ketebalan	[mm]
SB	<i>Springback</i>	
$\alpha'$	Sudut akrilik setelah deformasi	[°]
$\alpha'_b$	Sudut akrilik saat deformasi	[°]
F	Gaya <i>bending</i>	[N]
TS	Kekuatan tarik	[Mpa]
w	Lebar material	[mm]
t	Ketebalan material	[mm]
D	Dimensi yang terbuka pada <i>die</i>	[mm]

#### 6. Daftar Pustaka

- [1] Hanim. Lathifah, dkk. *UMKM (Usaha Mikro Kecil & Menengah) Dan Bentuk Bentuk Usaha*. Unisula Press. Universitas Islam Sultan Agung. ISBN: 978-602-0754-50-5, 2018.
- [2] Hudiyono. Risca. F, Analisis program Pengembangan Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) oleh PT Lima Pondasi Bersama. “*Jurnal Administrasi Bisnis Terapan*”. Vol 4 no 2. E-ISSN: 2621-5993. 2022
- [3] Girsang. H.S.D, Wahmuda. F, “*Ekperimen Produk Fungsional limbah Akrilik Dengan Teknik Pemanasan Dalam Penerapan Desain Fesyen Aksesoris*”, Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VI, 2018.
- [4] Crawford, RJ, “*Plastic Engineering*”. Third Edition. Amsterdam: Pergamon Press, 1987.
- [5] Incropera, P Frank. “*Fundamentals of Heat and Mass Transfer*”. Seventh edition. United States: John Wiley & Sons, Inc, 2007.

- [6] Alghtani. Abdulaziz Hosain. Analysis and Optimization of Springback in Sheet Metal Forming. The University of Leeds School of Mechanical Engineering. 2015.
- [7] Suyuti. M. Arsyad. Springback Hasil Proses Tekuk Bentuk “V” Pelat Baja Karbon St. 60 Ketebalan 4 mm. Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M). 30-34. 978-602-60766-4-9. 2018.
- [8] Groover, P. Mikell, “Fundamentals Of Modern Manufacturing Materials, Processes, and Systems, Fourth Edition. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 2010, pp. 169-180.
- [9] Nugraha, N. M. dkk. Rancang Bangun Mesin Pemanas Akrilik Tipe Turbular Skala Industri Kecil. Jurnal METAL: Jurnal Sistem mekanik dan Termal. Vol 5 no 1.23-32. 2021.
- [10] Siswanto. Teguh, “Pengembangan Perancangan Mesin Pemanas Akrilik Ketebalan Hingga 10mm”, Tugas Akhir., Teknik Mesin., Institut Teknologi Nasional Bandung., Indonesia, 2020.
- [11] Muraz. M. Fariz Syahdatul, “Pembuatan Mesin Pemanas Akrilik Ketebalan Hingga 10mm”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut Teknologi Nasional., Bandung., Indonesia, 2020.
- [12] Pratama. Rakha, “Pengembangan Mesin Pemanas Akrilik Untk Proses Prabending Ketebalan 2-5mm”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut teknologi Nasional., Bandung, Indonesia, 2020.
- [13] Munajat. Rizkia, “Pengembangan dan pengujian mesin pemanas akrilik pra bending tipe turbular”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut teknologi Nasional., Bandung.,Indonesia, 2021.
- [14] Mustianda. R. Dzarfghifa, “Pengujian Hasil Bending Akrilik Pada Mesin Pemanas Akrilik Tipe Turbular”, Tugas Akhir, Teknik Mesin., Institut teknologi Nasional., Bandung.,Indonesia, 2021.