



Penentuan Suhu Optimal Proses Pembentukan Profil pada Mesin Vakum Akrilik

Edilla¹, Jupri Yanda Zaira²

¹Politeknik Caltex Riau, email: edilla@pcr.ac.id

²Politeknik Caltex Riau, email: jupri@pcr.ac.id

Abstrak

Profil akrilik banyak digunakan pada papan nama dan tanda logo produk. Pada awalnya profil akrilik tersebut dibuat secara manual dengan cara memotong dan menyambung bagian-bagian akrilik tersebut. Untuk mempermudah proses tersebut maka dibuatlah mesin vakum akrilik. Pembuatan profil akrilik pada mesin tersebut dilakukan dengan cara memanaskan lembaran akrilik sampai lunak dan kemudian lembaran ini divakum sehingga membentuk profil seperti pada cetakan atau mal yang sudah diletakkan dibawahnya. Pada penelitian ini memfokuskan pada pencarian nilai suhu yang optimal pada proses pembentukan profil di mesin vakum akrilik tersebut. Parameter lain seperti lama pemanasan dan lama pemvakuman ditetapkan pada durasi 30 menit untuk lama pemanasan dan 3 menit untuk durasi pemvakuman. Ketebalan akrilik yang digunakan pada penelitian ini adalah 1,5 mm. Jenis pemanas yang digunakan adalah pemanas tipe pelat berdaya 1000 Watt yang kemudian dilapisi dengan pelat aluminium untuk mendukung kerataan penyebaran panas. Dari hasil pengujian pada parameter-parameter tersebut diketahui bahwa waktu rata-rata untuk mencapai 95% nilai suhu setpoint adalah 10,8 menit. Error rata-rata suhu ruang pemanas pada menit ke-24 adalah 2,14 % dan suhu optimal untuk proses pembentukan profil akrilik pada mesin ini adalah 170 °C.

Kata kunci: profil akrilik, suhu, pemvakuman

Abstract

Nowdays, embossed acrylic is commonly used for name plate and product's sign or logo. At beginning this embossed profile created manually by connect parts of that embossed profile. This Acrylic vacuum machine is made for simplify that process. For make a embossed profile in this machine, the first process is heat up the acrylic at certain temperatur. Next step, that acrylic is sucked during a certain time and certain pressure. inhe goal of this research is to find an ideal temperature for heat up the acrylic in process for vacuum forming. Another parameters will be set to fixed value such as : heat up duration is 30 minutes, suction duration is 3 minutes and acrylic thickness is 1.5 mm. This machine using 1000 Watt plated heater. The result of this research, average duration to reach 95% setpoint value is 10.8 minutes. Average errors in heat up chamber in the 24th minutes is 2.14 %. Ideal temperature for vacuum forming in this machine is 170 Celcius.

Keywords: embossed acrylic profile, temperature, vacuum forming

1. Pendahuluan

Pada saat ini sudah sangat lazim bagi sebuah instansi menggunakan papan nama atau tanda untuk menunjukkan letak bangunan, sebagai penanda ataupun salah satu cara untuk mensosialisasikan diri. Hal yang sama juga berlaku bahkan lebih masif bagi sebuah merek produk dalam penggunaan papan nama, ataupun papan penanda dalam kegiatan promosinya. Perkembangan lebih lanjut dari papan nama, papan penanda ataupun media promosi adalah menggunakan profil huruf timbul. Hal ini berkembang dan disukai karena dengan menggunakan huruf timbul tersebut papan nama maupun logo perusahaan ataupun merek produk tersebut berbentuk tiga dimensi dan seolah-olah nyata. Papan nama atau logo yang seperti ini tentu saja lebih menarik perhatian dari pada tulisan biasa yang dicat ataupun profil huruf yang berbentuk 2 dimensi saja.



Gambar 1. Contoh papan nama atau logo produk dengan huruf timbul

Adapun bahan-bahan yang sering digunakan pada aplikasi profil huruf timbul ini antara lain adalah : galvanis, stainless steel, mika dan akrilik. Selain bahan-bahan yang sudah disebutkan tersebut adapula yang menggunakan bahan kayu meskipun kurang populer. Hal tersebut dikarenakan tampilan yang kurang menarik dari bahan-bahan seperti galvanis, stainless steel, mika dan akrilik, alasan lainnya adalah daya tahan dan butuh perawatan yang cukup intensif. Bahan stainless steel memiliki sifat anti karat, tahan lama dan tidak membutuhkan proses pengecatan namun memiliki kekurangan pada sisi berat material. Bahan yang paling banyak atau populer digunakan pada pembentukan profil akrilik ini adalah akrilik, hal ini didasarkan pada kemudahan pembentukan, daya tahan serta tampilan yang menarik. Pada tahapan berikutnya profil huruf timbul akrilik ini dikombinasikan dengan cahaya lampu sehingga makin menarik.

Huruf timbul akrilik mempunyai ketebalan yang beraneka ragam. Semakin tebal profil timbul yang digunakan maka semakin mahal harga profil timbul. Cara menghitung harga dari sebuah papan nama atau logo biasanya menggunakan acuan sebagai berikut : harga papan nama adalah tinggi huruf (cm) x harga huruf x jumlah huruf, harga tinggi per cm huruf untuk bahan akrilik biasanya dipatok Rp.10.000,00 – Rp 15.000,00[1]. Proses pembuatan profil timbul ini menggunakan tenaga manusia mulai dari pemotongan bahan profil serta perakitan bahan menggunakan lem akrilik hingga menjadi satu kesatuan profil yang utuh. Oleh karena dari itu tujuan penulisan penelitian ini yaitu rancang bangun mesin vakum akrilik sebagai pembentuk profil timbul dengan proses vacuum forming yang dapat membuat profil timbul dengan harga yang lebih terjangkau dan proses pembuatan yang lebih cepat.

2. Landasan teori

2.1 Penelitian terdahulu

Ada beberapa penelitian terdahulu yang bersinggungan dengan topik penelitian yang dilakukan kali ini, hal ini mungkin dikarenakan penggunaan plastik terutama akrilik banyak digunakan baik sebagai wadah maupun pembungkus sesuatu. Pada tahun 2013 Robith Urwatal Wusko melakukan penelitian dengan membuat alat penekuk akrilik dengan sudut yang dapat ditentukan. Alat ini ditujukan untuk dapat membantu proses pembentukan berbahan akrilik dengan lebih mudah. Pada penelitian ini diketahui bahan akrilik dapat dengan mudah ditebuk pada suhu berkisar 80-100 derajat Celcius. Alat ini dapat menekuk akrilik mulai sudut 0 derajat sampai dengan 180 derajat. Untuk proses penekanan ini menggunakan motor DC sebagai penggerak. Ketebalan akrilik yang dapat diproses dengan alat ini adalah maksimum 3mm dan dengan rata-rata persentase kesalahan sebesar 1,55% [2].

Pada penelitian lain yang dilaksanakan pada tahun 2014 oleh Abdul Ghani mengambil kesimpulan bahwa ada beberapa metode yang digunakan dalam pembentukan plastic dan salah satu yang cukup populer adalah thermo forming. Salah satu metode sederhana yang menggunakan metode ini adalah vacuum forming. Kualitas hasil cetakan menggunakan vacuum forming sangat ditentukan oleh beberapa factor seperti jenis plastic, ketebalan plastic, suhu pemanasan serta tekanan yang digunakan saat pemvakuman. Pada penelitian ini dilakukan pengujian nilai tekanan pemvakuman dengan nilai suhu yang dijaga konstan pada nilai 200 derajat Celsius. Hasilnya, pada bahan jenis polyethylene terephate (PET) dengan ketebalan 0,35 mm hasil terbaik didapat pada tekanan sebesar 0,9 bar [3].

2.2 Akrilik

Akrilik secara visual mirip seperti kaca, namun akrilik ternyata memiliki beberapa sifat yang membuatnya terlihat lebih unggul dari kaca dan yang paling utama adalah kelenturannya jika dibandingkan dengan kaca. Akrilik juga tidak mudah pecah, ringan, mudah untuk dipotong, dikikir, dibor, dihaluskan maupun dicat. Akrilik juga dapat dibentuk menjadi berbagai macam bentuk yang cukup kompleks dan salah satu metode yang paling sering digunakan adalah pembentukan secara thermal. Sifat tahan pecah akrilik menjadikannya material yang ideal untuk tempat-tempat yang pecahnya material bias berakibat fatal namun disisi lain tetap menginginkan akses visual seperti pada jendela kapal selam [4].



Gambar 2. Contoh akrilik

2.3 Mikrokontroler ATmega 8535

Mikrokontroler adalah computer mikro dalam satu chip tunggal dimana didalamnya memadukan CPU, ROM, RWM, I/O parallel, I/O seri, counter-timer dan rangkaian clock didalamnya sebagai satu kesatuan. Dengan kata lain mikrokontroler adalah sebuah alat elektronika digital yang memiliki masukan, keluaran serta kendali dengan program yang bias ditulis ataupun dihapus dengan cara khusus. Mikrokontroler secara umum digunakan untuk mengontrol peralatan elektronika yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya, secara umum dapat dikatakan sebagai pengendali kecil. Jika sebelumnya sebuah sistem elektronik memerlukan komponen-komponen pendukung seperti IC TTL dan CMOS dapat diperingskas dan akhirnya terpusat dan dikendalikan oleh mikrokontroler. ATmega 8535 merupakan salah satu mikrokontroler 8 bit buatan Atmel untuk keluarga AVR yang diproduksi secara massal sejak tahun 2006. Karena diperuntukkan untuk keluarga AVR maka ATmega 8535 menggunakan arsitektur RISC [5].

2.4 Thermokopel

Thermokopel bermula dengan penelitian yang dilakukan oleh Thomas Johan Seeback pada tahun 1821 yang secara garis besar menyampaikan bahwa energi panas dapat menghasilkan listrik. Secara teknis ketika dua buah logam penghantar yang berbeda materialnya dihubungkan pada salah satu ujungnya dan dibiarkan koneksinya pada ujung yang lainnya serta kedua ujung tersebut terpapar pada kondisi dua temperature yang berbeda maka akan menghasilkan emf. Dimana besar nilai energi listrik tersebut akan sangat bergantung pada perbedaan suhu antar kedua sisi tersebut serta jenis material yang digunakan. Fenomena terbentuknya emf pada kondisi tersebut faktanya disebabkan oleh kombinasi efek Peltier dan efek Thomson. Thermokopel menjadi sangat populer pada aplikasi industri dikarenakan pembacaannya yang konsisten, kemampuan mengukur suhu pada range yang luas, sifat linear dan akurasi yang tinggi [6].



Gambar 3. Thermokopel

3. Metodologi penelitian

3.1 Tempat dan Waktu

Proses penelitian dilakukan di Kampus Politeknik Caltex Riau. Waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan penelitian ini dimulai dari bulan Januari 2017 sampai dengan September 2017.

3.2 Obyek Penelitian

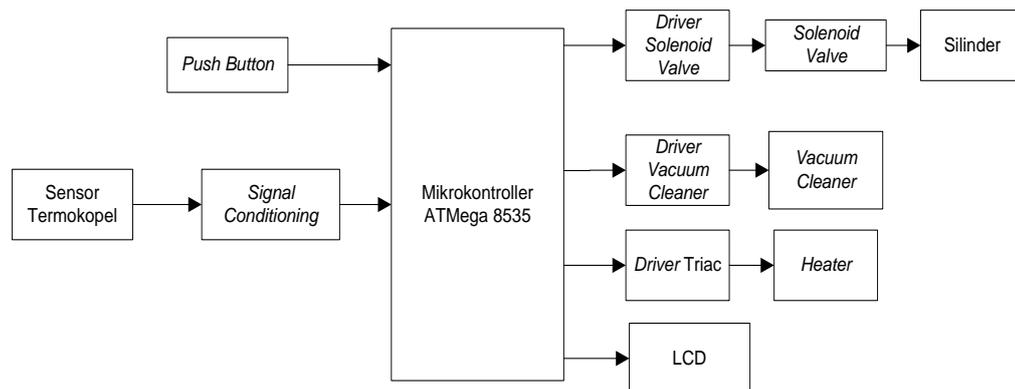
Dalam penelitian kali ini, yang menjadi objek penelitian adalah pembentukan profil akrilik dengan proses pelunakan dengan variabel suhu sedangkan parameter lain seperti waktu dan besar tekanan pemvakuman diatur pada nilai tertentu demi tercapainya fokus data hasil penelitian. Profil akrilik yang terbentuk berdasarkan mal profil yang digunakan.

3.3 Desain Penelitian

Desain awal penelitian merupakan salah satu tahapan penting pada setiap penelitian, pada penelitian ini ada beberapa perancangan yang dilakukan dimulai pada perancangan sistem secara keseluruhan, perancangan mekanik yang meliputi perancangan alat dan detail tempat pemvakuman dan tempat pemanas. Berikutnya terdapat juga perancangan rangkaian elektronika pendukung sistem.

3.3.1 Perancangan Sistem

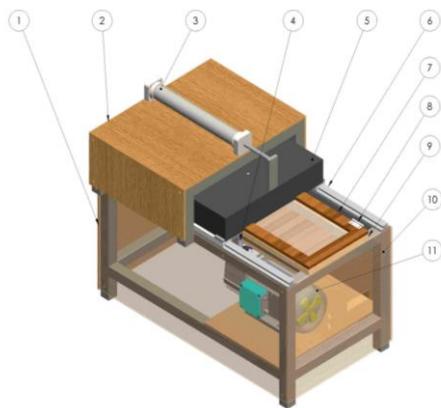
Diagram blok pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4 berikut. Disini dapat dilihat bagian-bagian sistem secara menyeluruh dan menggambarkan secara umum bagaimana sistem ini bekerja. Diagram blok ini menjadi panduan awal tahap selanjutnya untuk merealisasikan alat ini.



Gambar 4. Diagram blok sistem

3.3.2 Perancangan Mekanik Mesin Vakum Profil Akrilik

Perancangan selanjutnya adalah desain mekanik mesin vakum profil akrilik yang dapat dilihat pada gambar 5. Pada perancangan ini selain memperhatikan dimensi dan peletakan bagian-bagian alat juga memperhatikan jenis material yang digunakan pada alat. Hasil perancangan mekanik mesin vakum profil akrilik ini dapat dilihat seperti pada Gambar 5 berikut.



Keterangan :

1. Penutup rangka
2. Pelindung wadah pemanas
3. *Silinder pneumatik double acting*
4. Selang
5. Wadah pemanas
6. *Slider*
7. Penekan akrilik
8. Engsel
9. Wadah pencetak
10. Rangka
11. Alat Vakum

Gambar 5. Desain mekanik Mesin Vakum Akrilik

3.3.4 Perancangan dan pembuatan wadah pencetakan

Perancangan mekanik lain yang tidak kalah krusial adalah perancangan wadah pencetakan. Hal ini menjadi sangat penting karena bagian ini sangat mempengaruhi kualitas hasil pembentukan profil. Material dipilih pada bagian ini adalah kayu dengan pertimbangan material kayu tidak menyebabkan melekatnya material akrilik yang lunak yang berasal dari proses pemanasan untuk proses pencetakan profil berlangsung. Ukuran kayu berongga dari wadah pemanas ini berukuran 18cm x 25cm.



Gambar 6. Pembuatan wadah pencetak

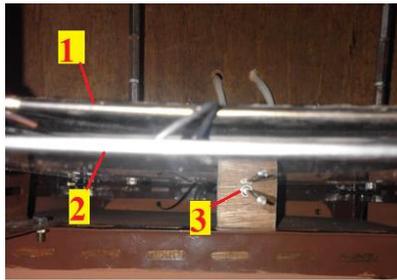
3.3.5 Perancangan dan pembuatan wadah pemanasan akrilik

Wadah pemanasan adalah tempat dimana akrilik dipanaskan dengan suhu tertentu sampai kondisinya lunak dan siap untuk dibentuk. Pada wadah pemanas ini terdapat pemanas berupa pemanas jenis pelat yang ditunjukkan oleh angka 1 pada gambar 7. Berikutnya terdapat juga pelat aluminium yang berfungsi untuk membuat penyebaran panas yang lebih merata ditunjukkan oleh angka 2 dan yang terakhir terdapat sensor termokopel yang ditunjukkan oleh angka 3 pada Gambar 7.

3.4 Data dan cara pengumpulan data

Pengumpulan data pengujian dan analisis dilakukan dengan cara mengatur parameter pada box control dari mesin vakum akrilik. Adapun data yang akan diambil pada pengujian mesin vakum akrilik adalah:

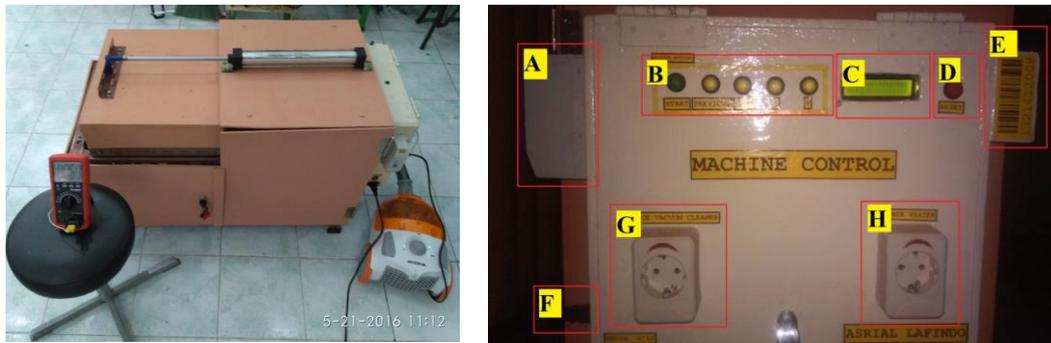
1. Pengujian sistem pengaturan suhu.
2. Pengujian proses pelunakan akrilik terhadap suhu.



Gambar 7. Wadah pemanasan akrilik

4. Hasil dan Pembahasan

Untuk mengetahui hasil performa mesin vakum akrilik dalam menghasilkan profil akrilik yang diinginkan dan dalam mencapai tujuan penelitian untuk mengetahui nilai suhu ideal pada proses pembentukan profil maka dilakukan beberapa pengujian diantaranya adalah pengujian pengaturan suhu dan pengujian pembentukan profil berdasar beberapa nilai suhu yang sudah diatur.



Gambar 8. Mesin Vakum Akrilik dan panelnya

4.1 Pengujian Sistem Pengaturan Suhu

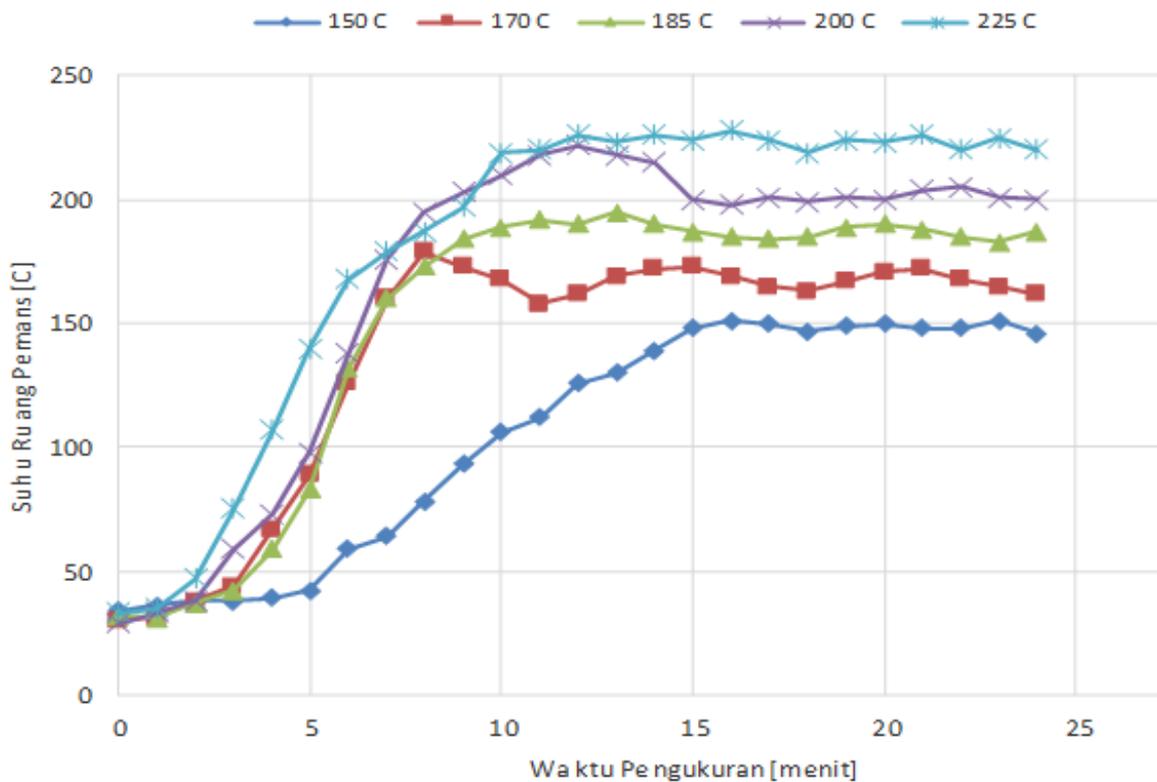
Pada pengujian sistem pengaturan suhu dilakukan dengan cara menentukan nilai setpoint suhu yang diinginkan kemudian dilakukan pengukuran dan pemantauan secara berkala. Adapun nilai setpoint suhu yang akan diujikan adalah 150 C, 170 C, 185 C, 200 C dan 225 C. Nilai-nilai tersebut dipilih berdasar pengujian awal bahwa rentang suhu yang memungkinkan untuk vacuum forming pada alat ini berada pada rentang 160-200 C sedangkan interval waktu pengukuran suhu adalah setiap 1 menit dan masing-masing setpoint suhu akan diambil sebanyak 25 buah data. Nilai parameter controller suhu PI masing-masing sebesar 1,4 untuk KP dan 0,6 untuk KI. Nilai parameter tersebut digunakan karena dianggap nilai parameter pengontrolan terbaik berdasar percobaan-percobaan yang sudah dilakukan sebelumnya yang dilakukan secara terpisah pada rentang suhu yang ingin dilakukan pada percobaan pengaturan suhu yang diinginkan. Hal tersebut dirujuk berdasar respon waktu yang lebih cepat dan error rata-rata yang lebih kecil. Hasil pengukuran suhu ruang pemanas tersebut dapat dilihat pada Gambar 9.

Berdasar pada hasil pengujian suhu pemanas dengan parameter-parameternya tersebut dapat diketahui bahwa waktu pertama kali untuk mencapai 95% dari nilai setpoint 150 C adalah selama 15 menit, sedangkan untuk nilai setpoint 170 C membutuhkan waktu selama 12 menit. Pada nilai set point 185 C, 200 C dan 225 C waktu pertama kali untuk mencapai 95% dari nilai setpointnya secara berturut turut dengan urutan sebagai berikut : 9 menit, 8 menit dan 10 menit. Mengacu pada kebutuhan waktu kerja dan lama waktu pemanasan yang sudah ditetapkan sebelumnya maka dapat disimpulkan kinerja pemanas dan pengontrolnya memberikan unjuk

kerja yang baik. Hal ini juga diperkuat jika merujuk pada data hasil pengukuran suhu pada menit ke-24, rata-rata nilai persentase error terhadap nilai set point pada waktu tersebut adalah sebesar 2,14% saja. Pemilihan menit ke-24 mengacu pada kondisi akhir pengukuran data dan juga kecendrungan hasil pengukuran yang sudah stabil.

4.2 Pengujian pembentukan profil

Setelah menguji performa pemanas dan kinerja kontrollernya maka pengujian berikutnya yang dilakukan adalah pengujian hasil pembentukan profil akrilik yang dipanaskan selama 30 menit pada suhu-suhu set point yang sudah diuji sebelumnya. Lembaran akrilik yang sudah dipanaskan selama waktu tersebut kemudian akan divakum selama 3 menit dengan besar tekanan yang sama untuk setiap nilai suhu. Pada pengujian ini ketebalan lembaran akrilik yang dipergunakan adalah 1,5 mm. Penentuan kualitas baik apa tidaknya hasil pembentukan profil akrilik ditentukan berdasarkan penilaian visual dengan kriteria ada tidaknya cacat pada profil seperti robek, lobang ataupun terbentuknya gelembung-gelembung akibat pemuaian yang berlebihan atau suhu yang terlalu panas. Kriteria berikutnya adalah seberapa akurat profil yang terbentuk mengikuti bentuk cetakan atau master yang digunakan. Hasil pengujian hasil pembentukan profil tersebut selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 9. Grafik pengujian suhu ruang pemanas

Tabel 1. Hasil pengujian pembentukan profil

No.	Suhu	Hasil	Keterangan
1	150		Pada pengujian pembentukan pada suhu 150 C ini profil tidak terbentuk secara sempurna. Tidak ada tanda-tanda munculnya gelembung, lobang ataupun koyak pada akrilik akibat pemanasan berlebih
2	170		Pada pengujian pembentukan profil dengan suhu setpoint sebesar 170 C, profil terbentuk secara sempurna, tidak ada muncul gelembung, lobang ataupun koyak akibat pemanasan berlebih
3	185		Pada pengujian pembentukan profil dengan suhu setpoint sebesar 185 C, profil terbentuk secara sempurna, mulai muncul gelembung sedang lobang ataupun koyak akibat pemanasan berlebih tidak ditemui pada hasil pembentukan profil
4	200		Pada pengujian pembentukan profil dengan suhu setpoint sebesar 200 C, profil terbentuk kurang sempurna, ada perubahan bentuk pada bagian tepi-tepi profil, muncul gelembung semakin banyak dari percobaan pada suhu 185 C sedang lobang ataupun koyak akibat pemanasan berlebih tidak ditemui pada hasil pembentukan profil
5	225		Pada pengujian pembentukan profil dengan suhu setpoint sebesar 225 C, profil terbentuk kurang sempurna, perubahan bentuk pada bagian tepi-tepi profil semakin parah, muncul gelembung semakin banyak dari percobaan pada suhu 200 C sedang lobang ataupun koyak akibat pemanasan berlebih ditemui pada bagian tepi profil hasil pembentukan.

5. Kesimpulan

Setelah melakukan beberapa serangkaian pengujian, analisa dan observasi terhadap hasil pengujian, maka pada penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal yaitu:

1. Pemanas beserta kontrollernya yang digunakan pada mesin ini unjuk kerjanya bisa diandalkan dimana hal tersebut tercermin pada rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk mencapai nilai 95% dari tiap-tiap nilai setpointnya adalah sebesar 10,8 menit.
2. Waktu yang pencapaian 95% nilai setpoint tercepat terjadi pada nilai setpoint sebesar 200 C selama 8 menit dan terlama pada nilai set point sebesar 150 C dengan durasi 15 menit.
3. Nilai rata-rata error suhu terhadap nilai setpoint pada menit ke-24 untuk seluruh nilai setpoint yang diujikan adalah sebesar 2,14 %.
4. Berdasarkan pengujian dan observasi visual hasil pembentukan profil pada mesin ini dengan nilai setpoint suhu 150 C, 170 C, 185 C, 200 C, 225 C dan lama pemanasan yang sama untuk tiap nilai setpoint (30 menit) serta tekanan dan waktu pemvakuman yang seragam didapati bahwa hasil terbaik untuk ketebalan akrilik 1,5 mm terjadi pada suhu 170 C.

Adapun beberapa hal yang dapat disarankan untuk pengembangan mesin vakum akrilik ini diantaranya adalah pengaplikasian konveksi paksa pada sistem pemanasnya sehingga suhu pada ruang pemanas diharapkan lebih merata. Berikutnya adalah penggunaan jenis pemanas yang lebih efektif seperti finned heater dan pengaplikasian sistem pendorong cetakan atau mal demi mendapatkan hasil pembentukan yang lebih baik.

Daftar Pustaka

- [1] Majesticva, 2014, *Huruf Timbul Akrilik/ KEEN-151*, available <http://www.majesticva.com/2014/11/harga-pembuatan-huruf-timbul-acrylic.html>
- [2] Widianoro, Eko Ari. . “Desain Mesin Tekuk Acrylic Dengan Pengujian Suhu dan Waktu Pemanasan Pada Penekukan Acrylic”. Tesis Teknik Mesin S-1 Universitas Muhammadiyah Semarang, 2010
- [3] K, Abdul Ghani., Elfita Yohana & Dwi Basuki Wibowo, “*Mampu Bentuk Plastik Pada Proses Vacuum Forming Dengan Variasi Tekanan*”, Jurusan Teknik Mesin S-1 Universitas Diponegoro. Volume 2, No.2. 2014
- [4] *SPI Plastics Engineering Handbook of the Society of the Plastics Industry Inc.*, 5th ed, Society of the Plastics Industry, Michigan, Amerika Serikat, 2000
- [5] Microchip. 2009. ATmega 8535. Available: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATMEGA8535>
- [6] Sinclair I R, *Sensor and Tranducers* 3th ed, Butterworth-Heinemann, London, 2001