

## PENENTUAN PARAMETER *EMBOSSING* KULIT SINTETIS PVC DENGAN MENGGUNAKAN *HIGH FREQUENCY WELDING* SHENZEN HIPOWER

Hanky Fransiscus, Cyntiarani Karyoko dan Bagus Made Arthaya

Program Studi Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan

e-mail: hanky.fransiscus@unpar.ac.id

### ABSTRAK

Industri kreatif memiliki kontribusi yang besar bagi perekonomian Indonesia, membuka lapangan kerja baru, serta memperkuat citra dan identitas bangsa. Salah satu bagian dari industri kreatif adalah pengrajin kulit. Produk yang dihasilkan oleh pengrajin cukup bervariasi, seperti dompet, sepatu, tas, dll. Material kulit yang digunakan berupa kulit asli atau kulit sintetis. Salah satu proses dalam menghasilkan produk-produk tersebut adalah *embossing* untuk membentuk pola hias atau merk. *Embossing* dapat dilakukan dengan menggunakan *high frequency welding*. *High frequency welding* merupakan penyatuan material dengan menggunakan energi elektromagnetik frekuensi tinggi untuk menghasilkan panas pada material polar sehingga meleleh dan menghasilkan bentuk seperti yang diinginkan setelah proses pendinginan. Laboratorium Proses Produksi Program Studi Teknik Industri memiliki mesin *high frequency welding* yang dapat digunakan sebagai materi praktikum serta membantu pengrajin kulit kota Bandung, khususnya pengrajin kulit Cibaduyut untuk menghasilkan *emboss* yang baik. *Embossing* kulit sintetis dan kulit asli memerlukan parameter proses yang berbeda, hal ini disebabkan sifat fisik setiap jenis kulit. Oleh karena itu diteliti parameter yang tepat untuk menghasilkan *emboss* kulit sintetis. Penelitian ini menggunakan kulit sintetis yang terbuat dari PVC (Polivinil Klorida). Cetakan yang digunakan merupakan cetakan sederhana berbentuk 2 lingkaran, yaitu lingkaran dalam dan lingkaran luar. Parameter yang diteliti terdiri dari 2 parameter, yaitu suhu dan waktu pengelasan. Eksperimen dilakukan dengan 3 level suhu, yaitu 140°C, 160°C, dan 170°C sedangkan waktu pengelasan dilakukan dengan 3 level yaitu 3 detik, 7 detik, dan 10 detik. Response dari eksperimen ini adalah jari-jari dalam dan jari-jari luar *emboss*. Hasil proses *embossing* dipindai dengan menggunakan 3D Scanner dan kemudian dilakukan pengukuran dengan menggunakan perangkat lunak *reverse engineering*. Pengaruh dari kedua faktor dan interaksinya diketahui dengan menggunakan ANOVA. *Pairwise comparison* dilakukan dengan menggunakan *Tukey's method*. Hasil yang diperoleh adalah suhu mempengaruhi response. Berdasarkan percobaan yang dilakukan hasil *embossing* dengan suhu sebesar 170°C lebih baik daripada 140°C atau 160°C.

**Kata kunci:** *high frequency welding*, *design of experiment*, kulit sintetis, pvc

### ABSTRACT

Creative industry has lots of contributions to Indonesia's economy, open job fields and strengthen the image and identity of our nation. Leather craft is one part of the creative industry. The final product of this industry can be variety such as wallet, shoes, bag and so on. The material can be genuine leather or faux leather. One of the process to produce those products is *embossing* for creating pattern or brand. *Embossing* can be done with *high frequency welding*. *High frequency welding* is the process of material unification by using high frequency of electromagnetic energy for generate heat to polar material, hence melt and yield the shape as what it expected after cooling process. Production Process Laboratory of Industrial Engineering Department has *high frequency welding* machine that can be use as practical material and also support the leather craftsmen in Bandung, especially Cibaduyut leather craft to yield a good *emboss*. *Embossing* the genuine and faux leather both require different process parameter due to the differences in each leather's physical characteristics. Therefore, this research is aim to study the precise parameter in order to yield the *emboss* for faux leather. This research uses faux leather that made from PVC (Polyvinyl Chloride). The mold that being used is a modest mold and in form of two circles which are inner circle and outer circle. There are 2 parameters that studied specifically temperature and welding time. The experiment has been done in 3 levels of temperature which are 140°C, 160°C, and 170°C while the welding time also been done in 3 levels which are 3 seconds, 7 seconds and 10 seconds. The response from this experiment are the inner and outer radius of *emboss*. The output from *emboss* process was scanned with 3D scanner and then measured with *reverse engineering* software. The effect from these two factors and its interaction will be known by using ANOVA. *Pairwise comparison* was done using *Tukey's method*. The result shown that temperature affects the response. According to the result of experiment, 170°C gives better output comparing to others.

**Key words:** *high frequency welding*, *design of experiment*, faux leather, pvc

## PENDAHULUAN

Industri kreatif merupakan kegiatan usaha yang fokus pada kreasi dan inovasi. Industri kreatif masih potensial untuk digarap dan Indonesia kaya akan budaya serta tradisi yang menjadi sumber kreativitas [1]. Industri kreatif memiliki kontribusi yang cukup signifikan bagi perekonomian Indonesia. Selain itu, Industri kreatif juga mendukung membuka lapangan kerja baru, serta mampu memperkuat citra dan identitas bangsa Indonesia. Industri kreatif berkontribusi sebesar 6,3% dari Pendapatan Domestik Bruto dalam perekonomian Indonesia atau setara dengan 152,5 triliun Rupiah pada tahun 2002-2006 [2]. Pada rentang waktu yang sama, industri kreatif menyerap tenaga kerja rata-rata sebesar 5,4 juta atau setara dengan 5,79% total pekerja yang ada di Indonesia. Selain kedua hal tersebut, industri kreatif juga berperan pada bidang ekspor. Menurut Departemen Perdagangan Republik Indonesia, diestimasi rata-rata total ekspor dari industri kreatif adalah 10,6% [2].

Saat ini Indonesia merupakan salah satu dari 33 negara yang termasuk dalam jaringan Negara kreatif menurut UNESCO (*United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization*). Kota di Indonesia yang masuk dalam jaringan kota kreatif dunia UNESCO atau sering disebut dengan UNESCO *Creative Cities Network* (UCCN) adalah kota Bandung [3]. Kota Bandung menjadi kota kedua di Indonesia yang masuk dalam jaringan kota kreatif dunia UCCN.

Salah satu industri kreatif di kota Bandung adalah industri kreatif sepatu. Setra Industri Sepatu Cibaduyut merupakan penghasil sepatu-sepatu dengan berbagai jenis seperti *boots, desert boots, oxford, loafers, sneakers*, dan lain-lain. Selain sepatu, Setra Industri Sepatu Cibaduyut juga menghasilkan dompet dan tas. Sebagian besar material yang digunakan di setra industri ini adalah kulit, baik kulit asli atau pun kulit sintetis. Dari kedua material ini, pengrajin cenderung menggunakan kulit sintetis karena harganya yang lebih murah dari kulit asli, akan tetapi memiliki kualitas yang baik. Terdapat 2 jenis kulit sintetis yang umumnya digunakan, yaitu polivinil klorida (PVC) dan poliuretana (PU).

Salah satu fitur pada sepatu, dompet, dan tas berbahan kulit adalah berupa merk berupa tulisan atau logo yang di-*emboss*. Proses pembuatan produk kulit di Cibaduyut masih dilakukan dengan cara yang sederhana. Proses *embossing* dilakukan dengan cara *hot press*. *Hot press* dilakukan dengan cara memanaskan cetakan dan menekan cetakan ke kulit yang hendak dicetak.

Berdasarkan wawancara dengan pengrajin tradisional di daerah Cibaduyut, persentase kegagalan pada proses *embossing* pada kulit sintetis lebih besar dibandingkan dengan *embossing* kulit asli. Hal ini disebabkan kulit sintetis lebih mudah terbakar, sedangkan kulit asli memiliki permukaan yang tidak mudah terbakar. Kulit sintetis mengandung bahan plastik sehingga sangat mudah terbakar ketika terkena panas saat proses *pressing*. Hal ini menyebabkan proses *embossing* pada kulit sintetis lebih sulit dilakukan dibandingkan kulit asli.

Teknik *embossing* lainnya yang dapat dilakukan adalah dengan menggunakan mesin *high frequency welding*. Salah satu keunggulan dari penggunaan *high frequency welding* adalah kecepatan yang tinggi dengan energi tinggi yang efisien [4]. Proses *embossing* dengan mesin *high frequency welding* dilakukan dengan cara meletakkan kulit sintetis (material dielektrik) di antara dua buah konduktor yang disebut dengan elektroda. Ketika kekuatan frekuensi tinggi lewat di antara kedua elektroda, medan listrik akan terbentuk melewati material dielektrik. Medan listrik yang saling berpindah merangsang molekul dari material dielektrik dan menyebabkan material memanas. Teknik ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan teknik *pressing* karena dapat memanaskan material dari dalam sehingga dapat menghasilkan hasil yang baik dengan kemungkinan kerusakan permukaan kulit lebih kecil.

Laboratorium Proses Produksi, Program Studi Teknik Industri Universitas Katolik Parahyangan memiliki mesin *high frequency welding* buatan Shenzhen Hipower Ltd yang dapat dilihat pada Gambar 1. Mesin ini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan praktikum di Program Studi dan membantu pengrajin kulit

Cibaduyut di kota Bandung. Tindakan awal untuk menghasilkan *embossing* yang baik adalah perlu dilakukan pengidentifikasian parameter proses. Penelitian ini difokuskan pada proses *embossing* pada kulit sintetis, khususnya pada material PVC. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi parameter proses yang mempengaruhi hasil *embossing* pada kulit sintetis PVC dengan menggunakan *high frequency welding*.



Gambar 1. Mesin High Frequency Welding di Laboratorium Proses Produksi UNPAR

Pendekatan pemecahan masalah dilakukan dengan melakukan *design of experiment* [5]. Penelitian dimulai dengan menentukan *output* dari penelitian. Penentuan *output* yang dimaksud adalah menentukan apa yang diukur, bagaimana cara melakukan pengukuran, dan bagaimana hasil pengukurannya. Langkah kedua adalah menentukan faktor yang diteliti. Menurut *The Federation of High Frequency Welders* [6], terdapat beberapa kontrol mesin yang perlu diperhatikan, yaitu:

### 1. Tool Pressure

*Tool pressure* merupakan gaya untuk mendorong atau menekan *tool* ke benda kerja.

Penyetelan ini seringkali diabaikan karena proses pengelasan cukup toleran terhadap gaya tekan *tools*. Proses pengelasan yang lebih cepat dapat diperoleh dengan menggunakan tekanan yang lebih besar. Tekanan yang diberikan harus cukup bagi *tools* untuk mempenetrasi benda kerja dalam keadaan panas. Perhatian yang lebih harus diberikan untuk menghindari tekanan yang terlalu besar terutama pada *cut-and-weld tools*.

### 2. Press Stroke Adjustment

*Press stroke* merupakan jarak vertikal yang akan dilalui oleh plat bagian atas atau *toolholder*, dimana penyetelannya tergantung pada tipe pengelasan. Dalam proses dimana jarak penglihatan dari benda kerja adalah penting, plat bagian atas harus menempuh jarak yang dapat dilihat secara jelas oleh operator. Dalam proses otomatis atau proses yang menghasilkan jumlah *output* yang tinggi, jarak yang ditempuh harus dibatasi untuk memperpendek waktu siklus setiap proses.

### 3. Depth of Sink Control

Penyetelan ini sangat penting ketika tidak digunakan *tear seal tool*. Kontrol *sink* membatasi seberapa jauh *tool* akan masuk ke dalam material. Pengaturan pada kontrol ini akan membantu dalam mendapatkan kekuatan las yang optimum.

### 4. High Frequency (HF) Power Output

Tenaga yang disuplai dari generator *HF* bergantung pada penyetelan dari rangkaian listrik. Penyetelan dari rangkaian listrik tersebut dapat dilakukan melalui kapasitor variabel. Meskipun penyetelan ini mengontrol *power output*, tidak dimungkinkan untuk dikalibrasi secara langsung karena terdapat variabel lainnya. Perhatian yang tinggi perlu dilakukan untuk mencegah agar tenaga yang digunakan tidak terlalu besar karena dapat merusak benda kerja dan *tools*. Cara yang paling baik adalah mengatur tenaga mulai dari nol kemudian dengan konstan ditingkatkan hingga besar tenaga yang diinginkan tercapai. Akan lebih baik bila menggunakan tenaga yang lebih kecil dengan waktu yang lebih lama daripada sebaliknya.

### 5. Welding Time

Waktu pengelasan adalah rentang waktu dimana *HF power* diaplikasikan dan menimbulkan panas pada benda kerja. Ketika meteran mengindikasikan temperatur dalam benda kerja tidak meningkat lagi, *HF power* harus segera dimatikan. Hal ini sangat penting karena *overheating* dapat menyebabkan kerusakan benda kerja baik pada bagian yang dilas, maupun pada area di sekitar area pengelasan.

### 6. Cooling Time

Waktu pendinginan merupakan rentang waktu di antara akhir dari *welding time* dan pengangkatan *welding tool* dari benda kerja. Ketika *HF power* dimatikan, proses pendinginan akan berjalan dengan cepat selama *tools* masih kontak dengan benda kerja. dalam proses pengelasan dan pendinginan yang berulang-ulang, *tools* dan lingkungan sekitar menjadi panas sehingga material selanjutnya yang akan dilas memiliki tingkat pendinginan yang lebih rendah. Oleh karena itu, waktu pendinginan harus ditingkatkan untuk penyesuaian.

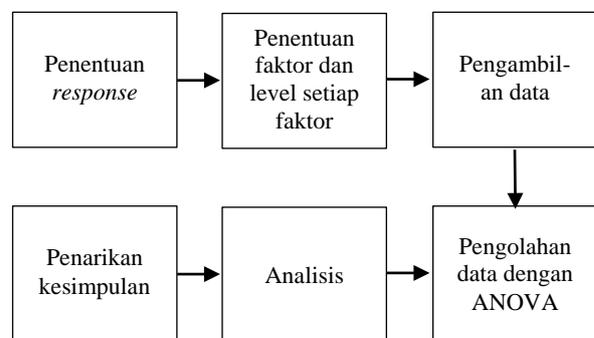
### 7. Platen Temperature

Dalam mesin *welding*, untuk mengelas material tebal seperti PVC diperlukan plat yang telah dipanaskan. Dengan menggunakan plat yang telah dipanaskan, panas yang hilang dari material benda kerja akan berkurang sehingga memungkinkan area yang lebih luas untuk dilas dengan *HF power* yang tersedia. Dan juga dikarenakan suhu plat relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu lingkungan dan terkontrol secara termostat, fluktuasi dari suhu lingkungan dapat diabaikan.

### METODE PENELITIAN

Berdasarkan tinjauan pustaka yang telah dilakukan, High Frequency Welding umumnya terdiri dari 7 kontrol mesin yang harus diperhatikan. Akan tetapi *High Frequency Welding* Shenzhen Hipower hanya memiliki beberapa bagian yang dapat diatur dengan mudah, yaitu *welding time* dan suhu. Setelah faktor eksperimen diketahui, dilakukan penentuan level pada setiap faktor. Penentuan

level dilakukan dengan melakukan percobaan pendahuluan, yaitu dengan mencoba beberapa level yang mungkin untuk dilakukan. Berdasarkan penelitian pendahuluan dipilihlah 3 buah level pada setiap faktor, yaitu level yang rendah, sedang, dan tinggi. Langkah ketiga adalah melakukan pengambilan data dengan kombinasi level secara acak. Hasil percobaan kemudian diukur dan dianalisa dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Kesimpulan yang dapat diperoleh dari ANOVA kemudian dianalisa sehingga dapat diketahui kombinasi level yang menghasilkan hasil atau *response* terbaik dari percobaan yang dilakukan. Metodologi ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Metodologi Penelitian

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menggunakan sebuah cetakan yang berbentuk 2 buah lingkaran sepusat. Cetakan tersebut terbuat dari material aluminium. Pengukuran dilakukan untuk mengetahui jari-jari kedua lingkaran tersebut (lingkaran dalam dan lingkaran luar). Pengukuran dilakukan dengan jangka sorong digital dan cetakan diletakkan di atas meja rata. Sebelum dilakukan pengukuran, benda diletakkan selama kurang lebih sepuluh menit dan tidak disentuh agar tidak terjadi pemuaiian cetakan akibat suhu tubuh manusia. Pengukuran dilakukan pada suhu kamar. Pengukuran dilakukan berkali-kali agar diperoleh hasil yang akurat. Pada penelitian ini dilakukan pengukuran sebanyak 10 kali. Berdasarkan hasil pengukuran diperoleh jari-jari lingkaran dalam dan lingkaran luar secara berturut-turut sebesar 14,388 mm dan 25,192 mm. Cetakan ini kemudian digunakan untuk menghasilkan kulit PVC dengan fitur *emboss*.

Kualitas *emboss* dapat diukur dengan 2 cara, yaitu secara kualitatif dan secara kuantitatif. Pengukuran secara kualitatif berarti dilakukan penilai oleh *expert*, sedangkan pengukuran secara kuantitatif dilakukan dengan menggunakan alat ukur. Pengukuran pada penelitian ini dilakukan secara kuantitatif karena bentuk cetakan yang sangat sederhana. *Response* pada penelitian ini adalah jari-jari lingkaran hasil proses *embossing*. Setelah diketahui berapa jari-jari dari hasil *embossing*, maka dapat diketahui seberapa dekat jari-jari hasil *embossing* dengan jari-jari cetakan. Semakin dekat ukuran hasil proses *embossing* dengan ukuran cetakan artinya hasil yang diperoleh dapat dikatakan semakin baik.

Setelah diketahui *response* dari eksperimen langkah selanjutnya adalah menentukan faktor dan level dari eksperimen. Seperti telah dijelaskan pada metodologi penelitian, faktor dari penelitian ini adalah *welding time* dan *temperature*. Pengoperasian mesin ini sangat sederhana. Dengan menekan pedal pada mesin, maka cetakan akan turun dan menekan material selama waktu yang ditentukan. Setelah mencapai waktu yang ditentukan maka lampu penanda akan menyala dan operator harus melepaskan pedal. Oleh karena itu operator harus memperhatikan dengan baik dan dalam kondisi terjaga yang baik. Karena keterbatasan operator melihat perubahan lampu penanda, maka waktu pengelasan minimum adalah 3 detik. Waktu pengelasan maksimum pada mesin ini adalah 10 detik, oleh karena itu waktu pengelasan maksimum adalah 10 detik. Sementara waktu pengelasan sedang adalah 7 detik.

Berdasarkan penelitian pendahuluan pula, hasil pengelasan mulai terlihat secara samar pada suhu 130°C dan kulit terkelupas ketika suhu pengelasan sebesar 180°C. Apabila suhu pengelasan sebesar 170°C secara kasat mata terlihat hasil yang baik. Oleh karena itu, level suhu tinggi pada penelitian ini adalah 170°C, level sedang adalah 160°C, dan level rendah adalah 140°C. Hasil proses *embossing* pada kulit PVC dengan menggunakan *high frequency welding machine* dapat dilihat pada Gambar 3.

Berdasarkan kedua faktor dengan 3 level pada setiap faktor, maka terdapat 9 kombinasi

level yang diteliti. Pengambilan data dilakukan dengan kombinasi level acak. Setiap kombinasi dilakukan pengulangan (replikasi) sebanyak 5 kali. Jari-jari hasil *embossing* diukur dengan menggunakan 3D Scanner *Creaform HandySCAN 300* (Gambar 4(a)). Hasil dari pemindaian dengan menggunakan 3D Scanner ini sangat akurat. Akurasi dari 3D Scanner ini adalah 0,040 mm [7]. Hasil pemindaian (Gambar 4(b)) kemudian diukur dengan menggunakan perangkat lunak *reverse engineering*.



Gambar 3. Contoh *Emboss* dengan Menggunakan *High Frequency Welding Machine*

Pengujian statistik dilakukan untuk mengetahui kepresisian dari alat ukur. Dilakukan pengukuran terhadap 5 hasil *embossing* dengan *treatment* yang sama. Setiap *emboss* diukur sebanyak 8 kali. Berdasarkan pengujian secara statistik dengan menggunakan ANOVA, tidak terdapat perbedaan antara pengukuran pertama sampai dengan pengukuran kedelapan. Hal ini menunjukkan 3D Scanner dapat melakukan pemindaian secara presisi.

Setelah diketahui pengukuran dilakukan dengan akurat dan presisi, dilakukan pengambilan dan pengolahan data untuk mengetahui apakah suhu dan waktu pengelasan mempengaruhi ukuran hasil *embossing*. Hasil pengujian ANOVA untuk lingkaran dalam ditunjukkan pada Tabel 1. Sedangkan hasil pengujian ANOVA untuk lingkaran luar ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan kedua pengujian di atas dapat diperoleh kesimpulan bahwa faktor suhu mempengaruhi jari-jari lingkaran dalam maupun luar dari hasil *embossing*. Sedangkan

waktu pengelasan dan suhu tidak mempengaruhi *response*. Dengan demikian perlu dilakukan perbandingan berpasangan antar level pada faktor suhu pengelasan. Salah satu metode perbandingan berpasangan adalah *Tukey Pairwise Comparisons* [8].

Tabel 1. Selisih Jari-jari *Emboss* dengan Cetakan dengan Memperhatikan\ Suhu

	Suhu (°C)	Jari-jari Emboss (mm)	Jari-jari Cetakan (mm)	Selisih (mm)
		(1)	(2)	(1) – (2)
Lingkaran Dalam	170	14.613	14.388	0.225 *
	150	14.746	14.388	0.358
	140	14.835	14.388	0.447
Lingkaran Luar	170	24.915	25.192	-0.277 *
	150	24.801	25.192	-0.391
	140	24.719	25.192	-0.473

\*) Selisih terdekat antara jari-jari *emboss* dengan jari-jari cetakan

Tabel 2. Selisih Jari-jari *Emboss* dengan Cetakan dengan Suhu 170°C

	Waktu (detik)	Jari-jari Emboss (mm)	Selisih dengan Cetakan (mm)
Lingkaran Dalam	10	14.5456	0.1576 *
	7	14.6671	0.2791
	3	14.6265	0.2385
Lingkaran Luar	10	24.9541	-0.2379 *
	7	24.9052	-0.2868
	3	24.8865	-0.3055

\*) Selisih terdekat antara jari-jari *emboss* dengan jari-jari cetakan

Tabel 3. Hasil Pengujian ANOVA untuk Lingkaran Dalam

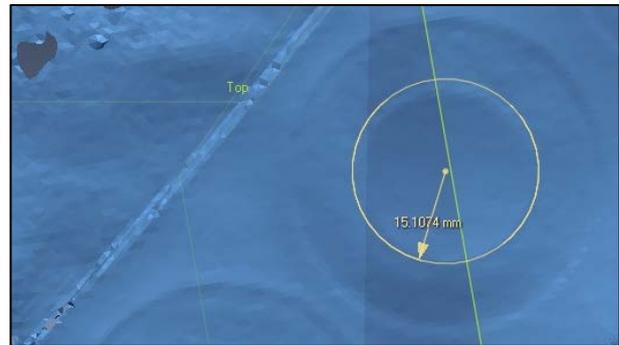
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Suhu	2	0,37407	0,187035	6,11	0,005
Waktu	2	0,00118	0,000589	0,02	0,981
Suhu*Waktu	4	0,07725	0,019314	0,63	0,644
Error	36	1,10202	0,030612		
Total	44	1,55452			

Tabel 4. Hasil Pengujian ANOVA untuk Lingkaran Luar

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Suhu	2	0,29217	0,146085	9,98	0,000
Waktu	2	0,07018	0,035088	2,40	0,105
Suhu*Waktu	4	0,03251	0,008127	0,56	0,696
Error	36	0,52686	0,014635		
Total	44	0,92172			



(a)



(b)

Gambar 4. (a) 3D Scanner Creaform Handy SCAN 300 (b) Hasil Pemindaian

*Tukey Pairwise Comparisons:*

*Response = R dalam, Term = Suhu*

*Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence*

Suhu	N	Mean	Grouping
140°C	15	14,8349	A
150°C	15	14,7464	A B
170°C	15	14,6130	B

*Means that do not share a letter are significantly different.*

*Tukey Pairwise Comparisons:*

*Response = R Luar, Term = Suhu*

*Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence*

Suhu	N	Mean	Grouping
140°C	15	14,8349	A
150°C	15	14,7464	A B
170°C	15	14,6130	B

*Means that do not share a letter are significantly different.*

Berdasarkan pengujian perbandingan berpasangan di atas, diketahui bahwa ada perbedaan jari-jari dalam dan jari-jari luar yang signifikan apabila menggunakan suhu pengelasan 140°C dan 170°C. Hasil yang

dianggap baik adalah apabila jari-jari *emboss* mendekati jari-jari cetakan. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa apabila suhu pengelasan sebesar 170°C digunakan, maka ukuran *emboss* mendekati ukuran cetakannya. Sebaliknya apabila suhu yang lebih rendah digunakan, maka selisih antara jari-jari *emboss* dengan jari-jari cetakan semakin besar.

*High frequency welding* menggunakan tegangan yang tinggi untuk menggetarkan molekul-molekul pada benda kerja (kulit sintetis) sehingga menimbulkan panas secara internal dan meningkatkan pergerakan rantai polimer. Oleh karena bentuk cetakan yang memiliki fitur lingkaran dalam dan lingkaran luar, maka ketika cetakan menekan kulit sintetis, molekul kulit bergerak ke dalam dan ke luar lingkaran. Kulit kemudian mengalami perubahan bentuk yang permanen sesuai dengan bentuk cetakan. Suhu yang tinggi menghasilkan energi yang lebih besar untuk mendorong molekul, sehingga molekul membentuk ukuran yang sesuai dengan ukuran cetakan.

Walaupun pengujian ANOVA menunjukkan tidak terjadi perbedaan hasil yang signifikan apabila dilakukan pengaturan waktu pengelasan, akan tetapi apabila dipetakan dengan menggunakan statistika deskriptif, maka pada suhu 170°C, waktu pengelasan yang jari-jari *emboss* paling mendekati jari-jari cetakan adalah 10 detik.

## KESIMPULAN

Berdasarkan pengolahan data di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa faktor yang mempengaruhi ukuran *emboss* adalah suhu. Suhu yang direkomendasikan agar dapat menghasilkan *emboss* yang ukurannya mendekati ukuran cetakan adalah 170°C.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Saedah, E., "Industri Kreatif Masih Potensial", <http://www.kemenperin.go.id/artikel/4060/Industri-Kreatif-Masih-Potensial>, diakses 15 Agustus 2016.
- [2] Departemen Perdagangan Republik Indonesia, 2008, *Pengembangan Ekonomi Kreatif Indonesia 2025: Rencana Pengembangan Ekonomi Kreatif Indonesia 2009-2015*, Departemen Perdagangan RI, Indonesia.
- [3] UNESCO, "Creative Cities Network", <http://en.unesco.org/creative-cities/creative-cities-map>, diakses 15 Agustus 2016.
- [4] American Welding Society, 2007, *Welding Handbook*, Ninth edition, American Welding Society, United States of America.
- [5] Shankar, R., 2009, *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*. ASQ Quality Press, United States of America.
- [6] Federation of High Frequency Welders, 2001, *High Frequency Welding Handbook*, The Federation of High Frequency Welders, United Kingdom.
- [7] Creaform, "Metrology: Creaform", <https://www.creaform3d.com/en/metrology-solutions/portable-3d-scanner-handyscan-3d>, diakses 14 Februari 2017.
- [8] Montgomery, D. C., 2009, *Introduction to Statistical Quality Control*. Sixth edition, John Wiley & Sons, Inc., United States of America.