

Analisa *Bubble Welding* pada Proses Pengelasan Material Termoplastik SAN AS Menggunakan Mesin *Ultrasonic Welding*

Fogot Endro Wibowo^{1,*}, Evyta Wismiana², Fauzhia Rahmasari¹ dan Dimas Adi Prasetyo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Jayabaya, Jakarta

² Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor

*) *Corresponding author*: fogotendro71@gmail.com

Abstract

The main problem that occurs in most ultrasonic welding processes on thermoplastic SAN (AS) materials that use ultrasonic welding machines is the selection of inappropriate parameters. This will cause various defects in the product, one of which is bubble welding. One of the most influential parameters on the welding results is the frequency and current parameters. This is because this parameter has a fairly high level of sensitivity to the welding results. Therefore, the purpose of this study was to examine the effect of frequency and current on the product produced by welding on 5 different parameters using 10 available samples. To determine the effect of the parameters of the magnitude of the frequency and current, the inspection method is used. This method aims to visually test the quality of the welding results. Based on the test, the results were obtained that by using the parameters of the frequency magnitude of 8 - 14 Hz and current of 15 - 18 amperes can produce the best welding results.

Abstrak

Masalah utama yang terjadi pada kebanyakan proses pengelasan ultrasonik pada material termoplastik SAN (AS) yang menggunakan mesin ultrasonic welding adalah pemilihan parameter yang tidak tepat. Hal ini akan menyebabkan berbagai macam kecacatan pada produk, salah satunya adalah *bubble welding*. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh pada hasil pengelasan ialah parameter frekuensi dan arus. Hal ini dapat terjadi akibat parameter ini memiliki tingkat sensitivitas yang cukup tinggi terhadap hasil pengelasan. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh besarnya frekuensi dan arus terhadap produk yang dihasilkan dengan cara melakukan pengelasan pada 5 parameter berbeda dengan menggunakan 10 sampel yang telah tersedia. Untuk mengetahui pengaruh parameter besarnya frekuensi dan arus maka digunakan metode inspeksi. Metode ini bertujuan untuk melakukan pengujian secara visual terhadap kualitas hasil pengelasan. Berdasarkan pengujian didapatkan hasil bahwa dengan penggunaan parameter besaran frekuensi sebesar 8 - 14 Hz dan arus sebesar 15 - 18 A dapat menghasilkan hasil pengelasan yang terbaik.

Keywords: *Arus, Bubble Welding, Frekuensi, Thin welding, Ultrasonic*

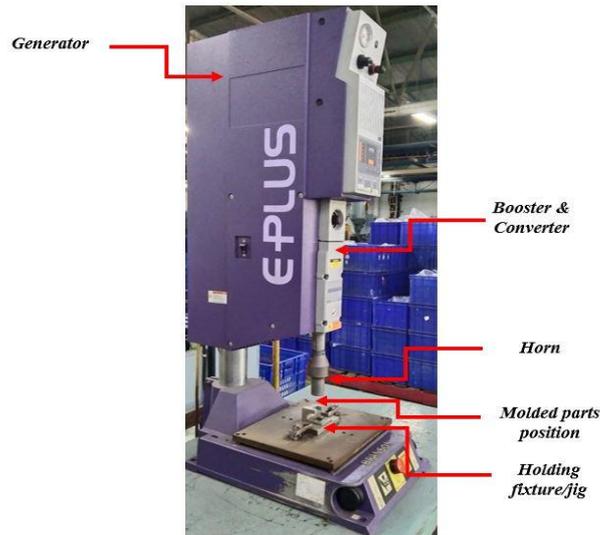
PENDAHULUAN

Pengelasan ultrasonik pada material termoplastik adalah penggabungan atau pembentukan kembali material termoplastik menggunakan panas yang dihasilkan dari gerakan mekanis berfrekuensi tinggi. Gerakan mekanis ini dapat dicapai dengan cara mengubah energi listrik frekuensi tinggi menjadi gerakan mekanis frekuensi tinggi. Gerakan mekanis yang diterapkan akan menghasilkan gesekan sehingga memunculkan panas pada permukaan komponen plastik tersebut (area sambungan) yang menyebabkan material menjadi leleh, kemudian membentuk ikatan molekul antara bagian-bagian tersebut.

Keuntungan dari menggunakan metode ini adalah dapat menghasilkan kekuatan ikatan yang tinggi, kedap air, serta pengikatan tanpa sekrup, lem, benang, solder, maupun jenis bahan ikatan lainnya dalam hitungan detik [1]. Pengelasan ultrasonik merupakan proses yang ramah lingkungan dan konsumsi energi sedikit serta menghasilkan pengelasan yang permanen, hemat biaya, dan bersih. Kemampuannya tersebut membuat banyak perusahaan manufaktur yang memanfaatkan penggunaan mesin ini. Aplikasi pengelasan ultrasonik pada material termoplastik sendiri sangat luas dan dapat ditemukan dalam banyak industri manufaktur seperti pada produksi komponen listrik, komputer, medis, dan lain-lain.

Namun kemampuan pengelasan ultrasonik hanya berlaku pada material yang memiliki tingkat ketebalan yang relatif rendah. Suatu material yang memiliki tingkat ketebalan relatif rendah, maka titik lelehnya juga relatif akan cepat. Sebaliknya apabila tingkat ketebalan suatu material tinggi maka akan sulit untuk memperoleh hasil pengelasan yang lebih maksimal. Jika melihat dari sisi material yang akan di las, maka kemampuan dan hasil pengelasan sangat dipengaruhi oleh jenis material. Termoplastik merupakan jenis plastik yang paling mudah di las menggunakan mesin *ultrasonic welding* karena sifatnya yang akan menjadi lunak jika dipanaskan dan akan mengeras jika didinginkan [2].

Material yang digunakan dalam pembuatan komponen yang akan dilakukan proses pengelasan menggunakan *Ultrasonic Welding*, dalam hal ini yaitu *Tank Body* dan *Valve Assy*, adalah *Styrene Acrylonitrile* (SAN). SAN adalah plastik kopolimer tahan panas yang terdiri dari stirena dan akrilonitril, komposisinya antara 70 - 80% stirena dan 20 - 30% akrilonitril. Sifat fisik dari plastik jenis ini adalah kaku, transparan/tembus pandang, keras, tahan terhadap minyak, tidak mudah pecah dan baret (*scratch*), sehingga material tersebut cocok untuk pengelasan ultrasonik. Selain itu material ini mudah diolah, tahan terhadap noda makanan atau mudah dibersihkan, memiliki tampilan yang menarik terutama ketika diberi warna [3]. Proses *ultrasonic welding* sendiri menggunakan sebuah unit perangkat mesin seperti terlihat pada Gambar 1. Berikut ini merupakan bagian-bagian dari mesin *ultrasonic welding*.



Gambar 1. Bagian-bagian mesin *ultrasonic welding*[4][5]

Keterangan:

- *Generator* : perangkat untuk mengubah daya listrik ke dalam bentuk lain. Alat ini digunakan juga untuk mengubah frekuensi, tegangan, atau fase daya. Selain itu, generator dapat digunakan juga untuk mengisolasi beban listrik dari saluran catu daya listrik.
- *Converter* : perangkat yang berfungsi untuk mengubah energi listrik menjadi getaran mekanis.
- *Booster* : penguat besarnya getaran mekanis dari converter serta memberikan getaran ke horn.
- *Horn* : mentransmisikan getaran ultrasonik ke bagian plastik itu sendiri. Bagian komponen ini merupakan salah satu elemen paling penting dari sistem pengelasan ultrasonik.
- *Molded parts* (komponen) : plastik hasil dari proses mold yang akan dilas menggunakan mesin *ultrasonic welding*.
- *Holding fixture* (Jig) : penahan atau pemegang part yang akan dilas.

Pada Gambar 2 memperlihatkan beberapa tombol dan *display* yang ada di dalam perangkat mesin *ultrasonic welding*, yang digunakan untuk melakukan *setting* parameter, adapun contohnya adalah seperti di bawah ini :



Gambar 2. Perangkat Pengatur Parameter

Masalah utama yang terjadi pada proses pengelasan ultrasonik adalah pemilihan parameter yang tidak tepat. Ketidaktepatan dalam pemilihan parameter tersebut dapat menyebabkan kualitas dan kekuatan pengelasan kurang baik. Untuk menentukan parameter yang tepat dalam proses pengelasan akan mengalami kesulitan dikarenakan banyaknya kombinasi parameter. Dalam hal ini, apabila menggunakan metode tradisional untuk memperoleh kombinasi parameter yang tepat maka dibutuhkan sampel produk yang banyak agar diperoleh parameter terbaik[6]. Salah satu parameter yang sangat berpengaruh pada hasil pengelasan adalah parameter besaran frekuensi dan arus. Dimana frekuensi gelombang suara, waktu, dan tekanan diterapkan secara bersama-sama saat memegang bahan atau komponen. Dalam hal plastik, getaran dari mesin las ultrasonik adalah tegak lurus terhadap bidang material dan panas gesekan akan meningkatkan suhu yang cukup untuk melelehkan plastik. Molekul plastik bercampur dan membentuk ikatan. Setelah pendinginan, permukaan plastik dilakukan pengelasan secara bersamaan. Waktu pengelasan dapat bervariasi, tetapi hasil las dapat terbentuk hanya dalam waktu 0,25 detik.

Jenis cacat yang dipengaruhi dari hasil pengujian parameter frekuensi tersebut adalah :

1. *Thin welding* (*welding tipis*)

Thin welding (*welding tipis*) seperti yang terlihat pada Gambar 3 merupakan jenis cacat, dimana hasil lelehan pengelasan tidak merata sempurna (atau di bawah 10%) di area pertemuan dua komponen saat pengelasan.



Gambar 3. Cacat Produk *Thin Welding*

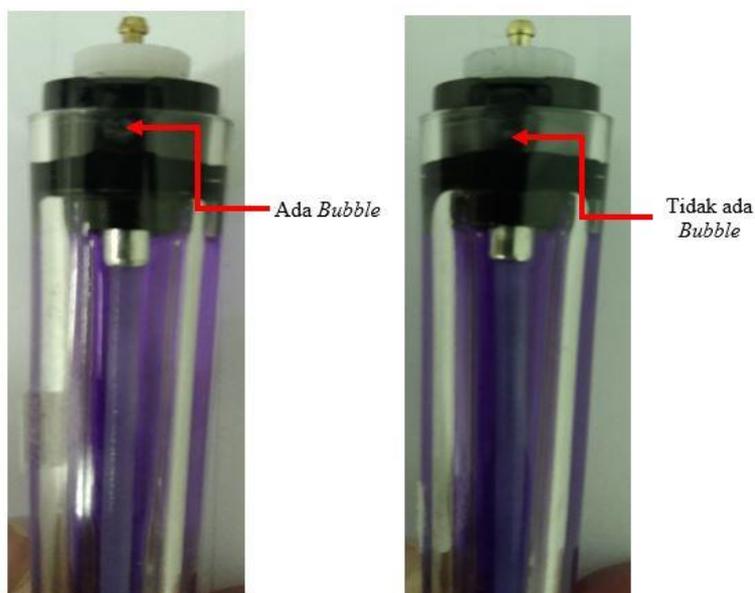
Pada Gambar 4 menunjukkan dengan tidak sempurnanya hasil pengelasan tersebut akan menyebabkan terlepasnya salah satu komponen pada saat pemakaian korek api gas tersebut.



Gambar 4. Contoh Komponen Korek Api Gas yang Terlepas

2. *Bubble welding*

Bubble welding merupakan jenis cacat yang ditandai dengan adanya bentuk menyerupai gumpalan udara yang terjebak pada area pertemuan dua komponen saat pengelasan. *Bubble welding* ini bisa dilihat contohnya pada Gambar 5, sebagai akibatnya adalah menyebabkan *crack* pada produk yang hal ini tidak sesuai dengan standar. Karena dari *crack* tersebut bisa menimbulkan kebocoran gas (*gas leakage*) dan dapat membuat pecah akibat ledakan (*explosion*) dari produk korek api gas tersebut.



Gambar 5. Cacat Produk *Bubble Welding*

Posisi *crack* akibat ledakan (*explosion*) tersebut tidak selamanya berada di sekitar pertemuan dua komponen tersebut. Seperti terlihat pada Gambar 6 posisi *crack* bisa juga terjadi pada posisi lainnya di korek api gas tersebut.



Gambar 6. Korek Api Gas Pecah

Adapun komponen yang dilakukan pengelasan adalah :

1. *Valve Assy*

Valve assy seperti terlihat pada Gambar 7 adalah salah satu komponen dalam produk korek api gas (*lighter gas*). Komponen ini adalah hasil *assembly* (perakitan) beberapa sub komponen, yaitu *tank for valve*, *wick core*, *core holder*, *metal fixer*, dan *nozzle screw assy*. Dari beberapa sub komponen tersebut, *tank for valve* mempunyai pengaruh yang sangat besar dalam proses pengelasan. Hal ini disebabkan karena *tank for valve* terbuat dari bahan *SAN AS* yang akan disatukan dengan *tank body*. Fungsi *valve assy* adalah sebagai pengatur aliran gas dari korek api gas (*lighter gas*).



Gambar 7. Komponen *Valve Assy*

2. *Tank Body*

Tank body adalah wadah penampung gas cair yang terdapat pada korek api gas (*lighter gas*). Pada Gambar 8 ditunjukkan contoh *Tank body* yang dihasilkan dari proses mesin *injection* plastik.



Gambar 8. Komponen *Tank Body*

Teknik pengelasan ultrasonik yang dijelaskan sejauh ini sangat baik untuk dua komponen dengan jenis material (logam, plastik) yang serupa. Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh besaran frekuensi dan arus terhadap kecacatan pada produk setelah proses pengelasan. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui parameter frekuensi dan arus yang tepat untuk produk yang ada di perusahaan sehingga dapat membantu perusahaan mengurangi persentase kerugian akibat *reject* yang dihasilkan karena kesalahan pemilihan parameter.[7][8]

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di perusahaan manufaktur berskala internasional dengan produknya adalah korek api gas. Waktu penelitian adalah dilakukan dalam beberapa tahap selama 3 bulan, yaitu pada bulan Juli - September 2022.

Alat dan Bahan Yang Digunakan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin berupa mesin *Generator Ultrasonic* dan *Horn*. Sementara itu bahan yang digunakan adalah *Tank Body* dan *Valve Assy*. Sedangkan untuk mengetahui hasil pengukuran frekuensi digunakan alat ukur berupa *Osiloskop*, seperti terlihat pada Gambar 9 bisa dilihat grafik hasil pengukuran frekuensi menggunakan alat ukur tersebut.



Gambar 9. Alat Ukur Osiloskop

Obyek Penelitian

Dilakukan dengan variasi parameter setting untuk besaran frekuensi dan arus. Dimana pada setiap variasi parameter tersebut akan didapatkan sampel produksi yang akan diamati dengan jumlah sampel 10 produk untuk 3 macam variasi parameter.

a. Setting Parameter Frekuensi

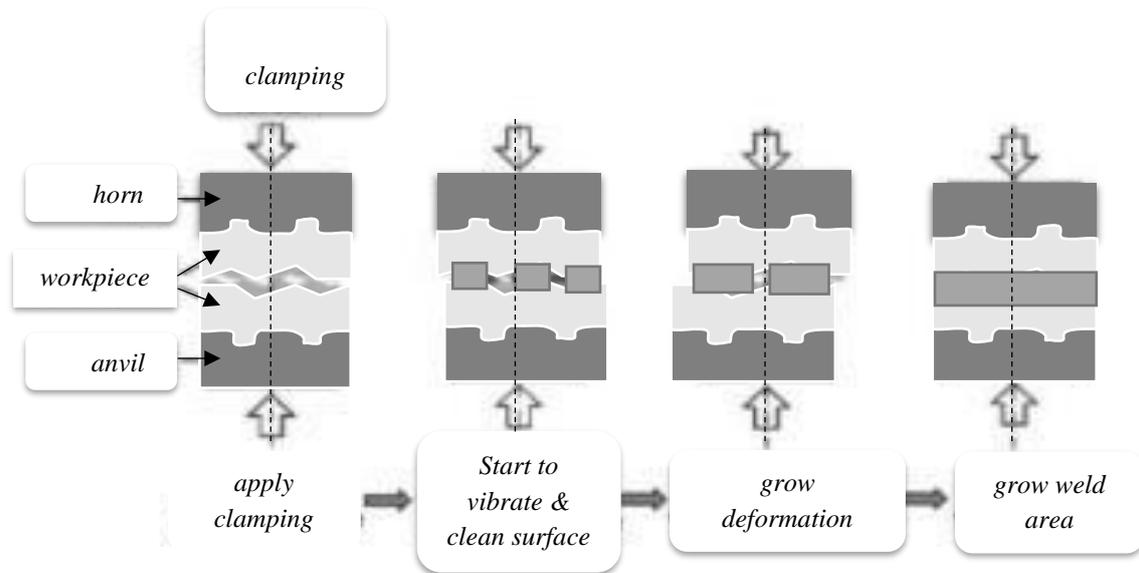
Seperti yang sudah dijelaskan pada bagian pendahuluan, bahwa salah satu parameter yang paling menentukan hasil pengelasan material termoplastik *SAN AS* menggunakan mesin *ultrasonic welding* adalah parameter frekuensi dan arus. Hal tersebut dikarenakan parameter ini memiliki tingkat sensitifitas yang tinggi, akibatnya apabila terjadi ketidaktepatan parameter frekuensi dan arus ini akan menyebabkan kecacatan yang berkelanjutan pada output yang dihasilkan.

Di perusahaan tempat dilakukan penelitian, standar besaran parameter frekuensi sudah ditentukan, yaitu sebesar 12 ± 1 Hz serta besaran arusnya telah ditentukan sebesar 16 ± 1 A. Selanjutnya metode yang akan dilakukan untuk melihat pengaruh perubahan frekuensi dan arus terhadap kecacatan pada produk adalah dengan melakukan pengelasan menggunakan variasi parameter frekuensi dan arus yang berbeda-beda di setiap pengujianya.

b. Proses Pengelasan Mesin *Ultrasonic*

Dari bagian-bagian mesin pengelasan yang sudah dijelaskan sebelumnya pada Gambar 1, dapat dijelaskan bahwa proses pengelasan dari mesin *ultrasonic welding* bermula dari energi listrik yang diperoleh dari generator. Energi listrik tersebut kemudian diterima oleh *converter*. Setelah itu diubah menjadi getaran mekanis. Namun, getaran ini masih kurang kuat untuk melelehkan material termoplastik. Oleh karena itu, dibutuhkan *booster* untuk menguatkan besarnya getaran mekanis dari *converter*. Selanjutnya, getaran mekanis tersebut diteruskan menuju *horn* yang akan mengirimkan getaran tersebut pada material termoplastik yang ditahan oleh *anvil* (jig).

Gambaran lain proses pengelasan ialah benda kerja yang akan dilakukan pengelasan, diapit oleh *horn* dan *anvil* (jig), kemudian *horn* mulai bergetar menghasilkan panas pada area material yang bergesekan dan secara otomatis menghasilkan deformasi, yang pada akhirnya area sambungan pengelasan terbentuk [9]. Proses pengelasan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini.



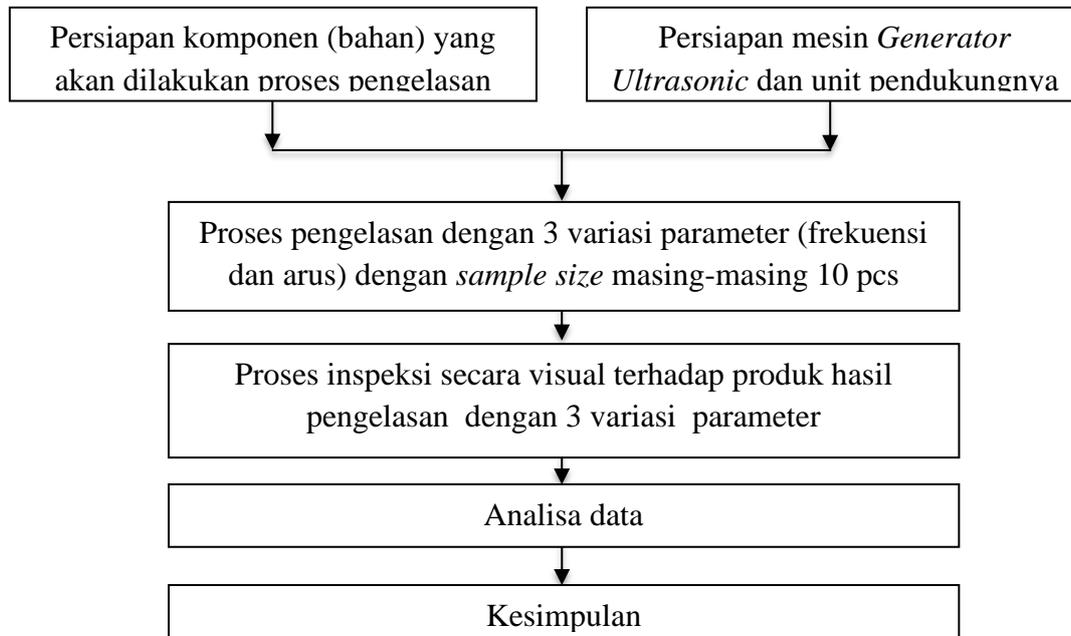
Gambar 10. Skema Proses Pengelasan Ultrasonik [5]

c. Pemeriksaan hasil pengelasan

Sesuai dengan *Quality Control Process Chart* (QCPC) pada perusahaan tempat penelitian, bahwa pemeriksaan atau pengecekan hasil pengelasan adalah dengan melakukan inspeksi secara visual. Dimana produk hasil pengelasan tidak diperbolehkan adanya *bubble welding*.

Diagram Alir Analisa Hasil Pengelasan *Welding Ultrasonic*

Seperti terlihat pada Gambar 11 bahwa untuk diagram alir dari analisa hasil pengelasan *welding ultrasonic*, adalah sebagai berikut.



Gambar 11. Diagram Alir Analisa Hasil Pengelasan *Welding Ultrasonic*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan pada mesin *ultrasonic welding* tentang pengaruh parameter frekuensi dan arus terhadap kecacatan produk, diperoleh data sebagai berikut:

1. Variasi parameter ke 1

Pengujian dengan variasi parameter ke 1 didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Pengujian Parameter ke 1

Frekuensi (Hz)	Arus (A)	No. Sampel	<i>Thin Welding</i>	<i>Bubble Welding</i>
8 - 14	15 - 18	1	Tidak ada	Tidak ada
		2	Tidak ada	Tidak ada
		3	Tidak ada	Tidak ada
		4	Tidak ada	Tidak ada
		5	Tidak ada	Tidak ada
		6	Tidak ada	Tidak ada
		7	Tidak ada	Tidak ada
		8	Tidak ada	Tidak ada
		9	Tidak ada	Tidak ada
		10	Tidak ada	Tidak ada

Dari tabel 1 di atas didapatkan data bahwa dengan frekuensi berkisar antara 8 -14 Hz serta arus berkisar antara 15 - 18 A didapatkan kualitas produk yang memenuhi standard produk. Dalam hal ini tidak ditemukan *thin welding* ataupun *bubble welding*.

2. Variasi parameter ke 2

Pada pengujian dengan variasi parameter ke 2 didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 2. Hasil Pengujian Parameter ke 2

Frekuensi (Hz)	Arus (A)	No. Sampel	<i>Thin Welding</i>	<i>Bubble welding</i>
9 - 17	20 - 25	1	Tidak ada	Ada
		2	Tidak ada	Ada
		3	Tidak ada	Ada
		4	Tidak ada	Ada
		5	Tidak ada	Ada
		6	Tidak ada	Ada
		7	Tidak ada	Ada
		8	Tidak ada	Ada
		9	Tidak ada	Ada
		10	Tidak ada	Ada

Dari tabel 2 di atas didapatkan bahwa dengan frekuensi berkisar antara 9 - 17 Hz serta arus berkisar antara 20 – 25 A didapatkan kualitas produk yang masih belum memenuhi standard produk. Dalam hal ini dari semua sampel ditemukan *thin welding* tetapi tidak ditemukan *bubble welding* sama sekali.

3. Variasi parameter ke 3

Pada pengujian variasi parameter ke 3 didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter ke 3

Frekuensi (Hz)	Arus (A)	No. Sampel	<i>Thin Welding</i>	<i>Bubble welding</i>
10 - 12	12 - 13	1	Ada	Ada
		2	Ada	Ada
		3	Ada	Ada
		4	Ada	Ada
		5	Ada	Ada
		6	Ada	Ada
		7	Ada	Ada
		8	Ada	Ada
		9	Ada	Ada
		10	Ada	Ada

Dari tabel 3 di atas didapatkan bahwa dengan frekuensi berkisar antara 10 - 12 Hz serta arus berkisar antara 12 – 13 A didapatkan kualitas produk yang tidak memenuhi standard produk. Karena dari semua sampel masih ditemukan *thin welding* dan *bubble welding*.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dengan beberapa variasi parameter, dalam hal ini adalah kombinasi besaran frekuensi dan arus. Dimana dalam proses pengelasan menggunakan *ultrasonic welding* ini memakai dua jenis komponen atau bahan baku termoplastik yang sama. Dimana dari hasil pengujian serta setelah dilakukan inspeksi atau pemeriksaan secara visual terhadap produk serta merujuk pada standard produk yang ada di perusahaan, maka didapatkan variasi parameter yang terbaik adalah variasi parameter ke 1 dimana besar frekuensi berkisar antara 8 - 14 Hz serta besar arus berkisar antara 15 – 18 A. Dari hasil pengujian dengan menggunakan variasi parameter tersebut tidak ada produk cacat atau *reject*, baik itu *thin welding* ataupun *bubble welding*. Sehingga variasi parameter tersebut telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh perusahaan, dan dapat dijadikan acuan atau referensi untuk produksi massal berikutnya. Hal tersebut supaya tidak terjadi kesalahan dalam penggunaan parameter setting untuk proses *welding ultrasonic*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima penulis ucapkan kepada :

1. PT. Tokai Dharma Indonesia tempat melakukan penelitian.
2. Laboratorium Teknik Elektro Universitas Jayabaya atas bantuan peralatan ukurnya.
3. Program Studi Teknik Mesin Universitas Jayabaya Jakarta atas dukungan motivasinya dalam penulisan artikel jurnal ini.
4. Program Studi Teknik Elektro Universitas Pakuan Bogor atas dukungan motivasinya dalam penulisan artikel jurnal ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Crafter Industries, Inc., “An introduction to the ultrasonic welding of plastics,” Crafter Industries, Inc ., 2018. [Online]. Available: <https://www.crafterind.com/an-introduction-to-the-ultrasonic-welding-of-plastics/> . [Diakses 05 September 2022].
- [2] Anixter, “Thermoplastic vs. Thermoset,” Anixter, 2008. [Online]. Available: [http://www.anixter.com/AXECOM/AXEDocLib.nsf/0/F11EK5NE/\\$file/thermosetvsthermoplasticJune2010.pdf/](http://www.anixter.com/AXECOM/AXEDocLib.nsf/0/F11EK5NE/$file/thermosetvsthermoplasticJune2010.pdf/) . [Diakses 30 Agustus 2022].
- [3] bpf, “Plastipedia,” bpf, [Online]. Available: <https://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/SAN.aspx>. [Diakses 17 September 2022].
- [4] Branson Ultrasonic Corporation, Branson 2000X time Power Supply Instruction Manual. EDP 100-214-274 Rev. 12, USA: Branson Corporation, 2016.
- [5] S. K. VP., M. N dan M. Jayaraj, “Design and Analysis of Ultrasonic Welding Horn using Finite Element Analysis,” *International Journal of Engineering Science Technology And Research (IJESTR)*, vol. 2, no. 3, pp. 74 - 87, 2017.
- [6] B. H. Iriawan, F. P. Riyadi dan W. Rosbandrio, “Pengaruh Weld Time Terhadap Kecacatan Produk Pada Pengelasan Material Termoplastik ABS(Akilonitril Butadiena Stieren) Menggunakan Mesin Ultrasonic Welding,” *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan JATRA*, vol. 2, no. 2, 2020.
- [7] Shimada Rika Industry, Instruction Manual for Ultrasonic Transducer Unit Model : UTU-501P-8A, Shimada Rika Industry, 1990.
- [8] Shimada Rika Industry, Instruction Manual for Ultrasonic Generator Model : ET-50S-5B, Shimada Rika Industry, 1990.
- [9] T. H. Kim, J. Yum, S. J. Hu, J. P. Spicer dan J. A. Abell, “Process Robustness of Single Lap Ultrasonic Welding of Thin, Dissimilar Materials,” *“Thesis title one”, PhD Thesis, The Australian National University, Canberra, Australia, 2009.*