

Disain dan Pembuatan Alat *Preheat* Induksi pada Pengelasan Gesek Logam *Dissimilar*

(*Design and Manufacture of Induction Preheat Tools in Dissimilar Metal Friction Welding*)

Reza Taufikur Rahman^a, Aris Widyo Nugroho^b, Totok Suwanda^c

^a PT. Coginta Daya Bersama
 Bau Bau, Sulawesi Tenggara, Indonesia
 e-mail: rachmanreza97@gmail.com

^{b,c} Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jalan Lingkar Selatan Taman Tirta, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183
 e-mail: ariswidyo.nugroho@umy.ac.id, t_suwanda@yahoo.com

Abstrak

Pengelasan gesek diketahui memiliki keunggulan mampu menyambung dua logam yang berbeda (*dissimilar*). Meskipun demikian, pengelasan ini masih mengalami kesulitan dalam proses penyambungan karena perbedaan titik lebur dari kedua logam yang disambung. Agar perbedaan suhu pada daerah yang bergesekan tidak terlalu besar, perlu dilakukan pemanasan awal /*preheat* pada logam dengan titik lebur yang lebih tinggi. Tulisan ini membahas disain dan pembuatan mesin *preheat* induksi pada las gesek logam *dissimilar*. Pemanas induksi yang digunakan adalah prinsip-prinsip arus *eddy* dengan frekuensi tinggi. Mesin *preheat induksi ini* terdiri atas komponen utama yaitu transformator, diode, transistor mosfet, kapasitor, kumparan kerja, induktor, dan resistor. Kumparan kerja terbuat dari pipa pejal tembaga berdiameter 5 mm, jumlah lilitan, $n = 6$ lilit dengan tinggi kumparan 35 mm dan diameter lilitan 40 mm. Setelah terangkai, dilakukan pengujian pada silinder pejal *stainless steel* berdiameter 14 mm dan panjang daerah pemanasan 30 mm. Pemanasan dilakukan sehingga silinder mencapai temperatur >600 °C. Termokopel tipe K digunakan untuk mengukur temperatur silinder. Hasil pengujian menunjukkan bahwa mesin memiliki spesifikasi berupa tegangan kerja rangkaian 20 Volt dan arus maksimal 44 ampere. Temperatur naik dengan cepat hingga 600 °C setelah 70 detik pertama kemudian naik sedikit dan stabil sampai dengan maksimum temperatur 683 °C dengan waktu pengujian sampai dengan 300 detik. Daya listrik berkisar antara 320-674 watt. Hasil ini menunjukkan bahwa mesin *preheater* telah berhasil dibuat dan berpotensi dapat digunakan sebagai preheater pada proses las gesek *dissimilar*.

Kata kunci: *Preheat*; Mesin *Preheat*, Pemanas Induksi, Pengelasan Gesek, *Stainless Steel*

Abstract

Friction welding is known to have the advantage of being able to connect two different metals (dissimilar). However, this welding is still experiencing difficulties in the joining process because of the different melting points of the two metals being joined. In order the temperatur difference in the rubbing area is not too large, it is necessary to do preheat the metal with a higher melting point. This paper discusses the design and manufacture of induction preheat machines in dissimilar metal friction welding. Induction heaters are applied using the principle of eddy current with high frequency. This induction preheat machine consists of main components namely transformer, diode, mosfet transistor, capacitor, working coil, inductor and resistor. The working coil was made of solid copper pipe with a diameter of 5 mm, number of turns, $n = 6$ turns with coil height of 35 mm and diameter of coil of 40 mm. After being assembled, testing was carried out on a solid stainless steel cylinder with a diameter of 14 mm and a length of 30 mm heating area. The heating process was conducted to achieve temperatur of the higher than 600 °C. A K type thermocouple was used to measure the temperatur. The test results showed that the machine had specifications as follows: a 20 Volt circuit working voltage, with a maximum current of 44 amperes.

Temperatur rose rapidly up to 600 °C after the first 70 seconds then increased slightly and was stable up to a maximum temperatur of 683 °C during 300 seconds. Electrical power ranged from 320-674 watts. These results indicated that the preheater machine was successfully fabricated and was potentially be used as a preheater equipment in the dissimilar friction welding process.

Keywords: Preheat, Preheat Machine, Induction Heating, Friction Welding, Stainless Steel

1. PENDAHULUAN

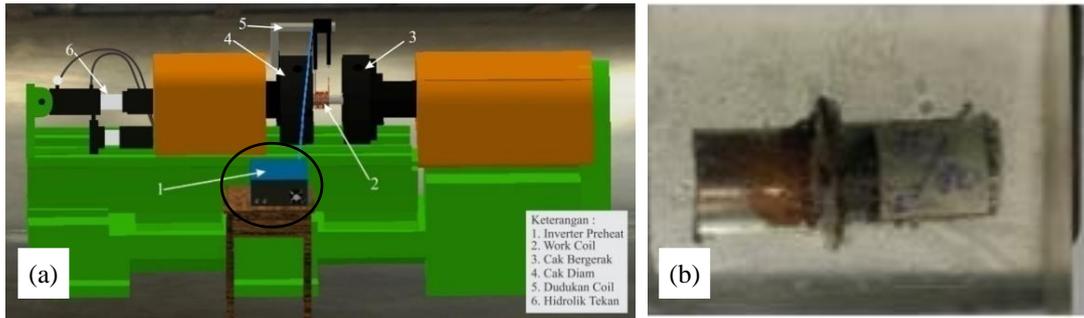
Metode las gesek (*friction welding metode*) adalah salah satu metode penyambungan dua buah material logam baik yang sejenis maupun berbeda jenis dalam keadaan solid [1, 2]. Pengelasan gesek *dissimilar* telah banyak dilakukan namun masih terdapat kesulitan akibat adanya perbedaan temperatur lebur dari dua logam yang akan disambung [3]. Biasanya preheat dilakukan untuk mempersempit perbedaan temperatur logam pada saat terjadi gesekan. Purnomo [4] meneliti sambungan *friction welding* antara bahan paduan tembaga dan paduan aluminium dengan tambahan proses preheat sebelum dilakukan pengelasan. *Preheating* pada las gesek terutama pada jenis *friction stir welding* (FSW) biasanya menggunakan *Oxy-Acetylene*. Penelitian yang telah dilakukan oleh Denarsito [5] mengatakan bahwa *preheating* berpengaruh terhadap struktur mikro dan distribusi kekerasan pada QT steel. Semakin tinggi temperatur *preheating* pada pengelasan MIG, struktur mikro butiran QT steel semakin besar. Tingginya temperatur *preheat* mengakibatkan menurunnya laju pendinginan yang dapat menurunkan nilai kekerasan. Saifudin dan Ilman [6] menyatakan bahwa *preheat* berpengaruh terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik las logam tak sejenis baja tahan karat austenitik AISI 304 dan baja karbon A36. *Preheat* akan menurunkan nilai kekerasan pada HAZ baja karbon dan akan menaikkan nilai kekerasan pada HAZ baja tahan karat, menaikkan kekuatan tarik dan kekuatan luluh. Namun, pemanasan yang digunakan biasanya menggunakan metode nyala api (*flame*) sehingga memungkinkan terjadinya perubahan komposisi kimia dari logam yang akan disambung akibat nyala api yang berasal dari gas hidrokarbon.

Perancangan dan pembuatan alat *preheating* yang tidak mempengaruhi komposisi kimia dari logam yang disambung perlu dilakukan untuk mengatasi hasil tersebut. Sebuah mesin pemanas induksi untuk perlakuan permukaan telah dirancang dan diuji oleh Aung dkk. [7]. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bentuk dan ukuran koil sangat berpengaruh terhadap kinerja keseluruhan, termasuk di antaranya frekuensi resonansi, Q factor, efisiensi, dan faktor daya. Pemanas induksi dengan frekuensi di atas 40 kHz menunjukkan kenaikan temperatur yang lebih cepat [8]. Namun, pada kedua penelitian tersebut performance secara thermal belum disajikan secara lengkap. Oleh karena itu, pemanas model koil induksi pada las gesek jenis *Rotary Friction Welding* dipilih. Mesin *preheat* induksi menggunakan prinsip arus bolak-balik dengan frekuensi tinggi, dibangkitkan dari sebuah modul rangkaian power. Frekuensi tinggi tersebut kemudian disalurkan pada kumparan koil untuk menimbulkan fluks. Besar kecilnya fluks tergantung pada luasan bidang kumparan induksi yang digunakan. Arus *Eddy* memiliki peran yang dominan dalam prinsip kerja *preheat* tersebut [9]. Proses disain, pemilihan komponen, dan perakitan dari alat pemanas disampaikan dalam artikel ini. Selain itu, juga dilakukan pengujian alat ini dengan memanaskan baja yang akan disambung dengan las gesek.

2. METODE

2.1 Gambaran umum mesin *preheat*

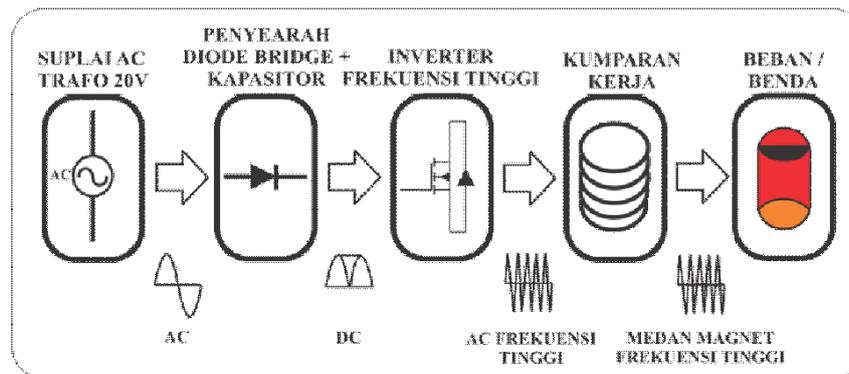
Disain awal alat yang dirancang menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2016. Mesin dirancang untuk dapat memanaskan logam sampai dengan 700 °C dan dapat dipasang pada mesin bubut yang dimodifikasi menjadi mesin las gesek dengan posisi, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1 (lingkaran).



Gambar 2.1. (a) Posisi mesin preheat pada mesin las gesek, (b) sambungan las gesek dissimilar

2.2 Power supply dan penyearah

Gambar rangkaian mesin *preheat* secara keseluruhan dirancang dalam diagram blok dengan komponen utama meliputi *power supply*, penyearah, inverter, dan kumparan kerja. Skema diagram blok digambar dengan menggunakan *software Express PCB* ditunjukkan oleh Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram blok mesin preheat

Komponen *power supply* dan penyearah berfungsi menyalurkan tegangan dari sumber tegangan AC atau tegangan jala-jala PLN. Rangkaian ini berfungsi mengubah arus AC menjadi DC. Pada *power supply*, terdapat trafo yang berfungsi menurunkan tegangan dari jala-jala PLN sebesar 220 V menjadi 12 V, 15 V, dan 18 V sesuai spesifikasi dari transformator. Selain transformator, rangkaian ini dilengkapi dengan kapasitor sebagai filter dan dioda sebagai penyearah tegangan. Tegangan dari rangkaian ini yang akan dipakai untuk mencatu komponen pada rangkaian driver dan rangkaian inverter.

2.3 Inverter frekuensi tinggi

Inverter merupakan perangkat elektronika yang mempunyai fungsi utama untuk mengubah AC menjadi DC. Inverter pada mesin ini akan mengatur frekuensi dan amplitudo dari *sinusoidal waves*. Tujuan dari pengontrolan frekuensi adalah untuk mengatur panas yang dibangkitkan pada kumparan kerja. Print Circuit Board (PCB) untuk rangkaian inverter frekuensi tinggi model *Osilator Ryer* berhasil disimulasikan, gambar dicetak pada PCB dan dicelupkan dalam larutan feri clorid untuk mendapatkan jalur konduksinya. Rangkaian inverter ini terdiri dari transistor mosfet, induktor, kapasitor, dioda zener, resistor. Transistor MOSFET berfungsi sebagai saklar elektronik karena tidak memungkinkan menggunakan saklar mekanik. Untuk mendapatkan arus dan tegangan yang *smooth*, dapat ditambahkan induktor dan capacitor. Sebuah induktor merupakan komponen elektronika pasif dengan fungsi dapat menyimpan energi pada medan magnet yang ditimbulkan oleh arus listrik. Induktor memiliki kemampuan untuk menyimpan energi magnet yang ditentukan oleh induktansinya, dalam satuan Hendry. Induktor biasanya berbentuk sebuah kawat

penghantar yang dibentuk menjadi sebuah kumparan, kawat konduktif yang lurus menjadi lilitan-lilitan kawat yang disebut kumparan. Bentuk ini menghasilkan medan magnet yang lebih kuat daripada magnet yang dihasilkan oleh kawat yang lurus. Dalam pembuatan alat ini, digunakan induktor dengan inti ferit jenis toroid. Kapasitor resonansi berfungsi meredam tegangan kejut yang dihasilkan oleh kumparan kerja dengan cara menyerap tegangan tersebut untuk mengisi kapasitor. Kapasitor ini umumnya mempunyai tegangan kerja 0,630 KV.

2.4 Kumparan kerja

Arus berfrekuensi tinggi yang mengalir pada kumparan akan menghasilkan panas dengan prinsip arus Eddy. Dalam kondisi ini, akan dipilih kawat logam tembaga diameter 5 mm dengan tinggi lilitan dan diameter lilitan tertentu.

2.5 Pengujian

Pengujian alat dilakukan menggunakan spesimen SS AISI 420 dengan dimensi panjang 30 mm dan diameter 14 mm, yaitu bagian yang akan bergesekan dengan aluminium. Spesimen *stainless steel* ditempatkan di tengah kumparan kerja. Tombol *power* diaktifkan bersamaan dengan *stopwatch*, kemudian hasil pengukuran yang terbaca oleh tang meter, multimeter, dan termokopel dicatat. Pengambilan data dilakukan tiap sepuluh detik selama pengujian hingga mencapai temperatur mendekati 700 °C, yaitu *range* suhu proses *preheat* pada pengelasan lebur. Apabila temperatur telah mencapai tombol *power* dinonaktifkan bersamaan dengan *stopwatch* (Gambar 2.3).



Gambar 2.3. Pengukuran temperatur dan arus pada pengujian mesin *preheat*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Power supply* dan penyearah

Rangkaian *power supply* dan penyearah ini terdiri atas trafo, dioda, dan kapasitor. Transformator yang digunakan dipilih dari mesin *microwave* yang memiliki arus 20 A dengan tegangan 24 V (Gambar 2.3.a). *Microwave* diketahui memiliki transformator yang berkapasitas besar. Daya yang dihasilkan dari transformator ini mencapai 1 KW sehingga mampu digunakan pada alat *preheat* yang menggunakan prinsip induksi dengan kebutuhan daya yang besar. Selain transformator yang besar, dibutuhkan juga transistor yang lebih kuat untuk dapat menghasilkan daya besar.

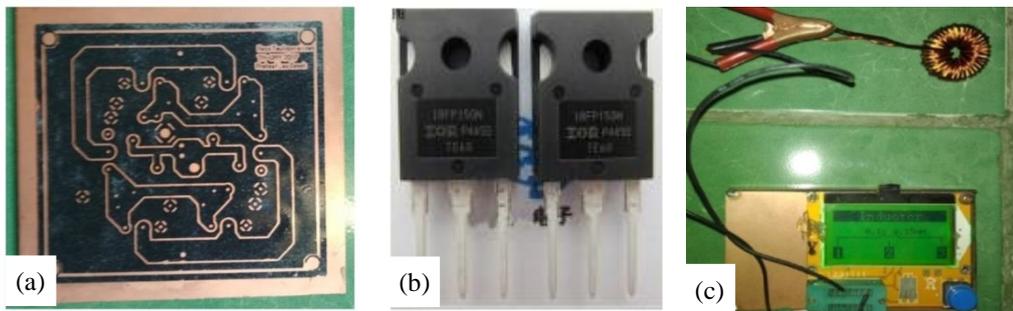
Transformator *microwave* dimodifikasi dengan cara melepas lilitan sekunder pada trafo dan menggantinya dengan menggunakan kabel yang berukuran 2,5 mm sehingga arus yang dihasilkan lebih besar. Untuk memperoleh tegangan yang ideal, trafo dililit sekali dan diukur voltase dari satu kali lilitan tersebut. Hasil pengukuran satu lilitan kabel 2,5 mm yaitu 1,76V, sebagai nilai G_{pv} hasil pengukuran dengan multimeter, $V_s = 20$ volt maka jumlah lilitan sekunder $N_s = G_{pv} \times V_s = 35,2$ lilitan = 35 lilitan. Penyearah dari trafo menuju inverter menggunakan diode bridge 35 ampere sebanyak 2 buah yang dipasang secara paralel. Hal ini disesuaikan dengan kebutuhan arus yang digunakan yaitu 44 ampere. *Power supply* ini dilengkapi dengan 2 buah kapasitor 50 V 10000 uF sebagai filter dan *diode bridge* sebagai penyearah (Gambar 3.1 b dan c).



Gambar 3.1. (a) Transformator (b) Kapasitor, (c) diode bridge yang digunakan pada power supply

3.2 Inverter frekuensi tinggi

Rangkaian daya *inverter* frekuensi tinggi yang digunakan dalam alat ini yaitu rangkaian inverter model *osilator royer*. Inverter berfungsi mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) frekuensi tinggi. *Inverter* dirancang bekerja pada tegangan 50 V/50 Hz, frekuensi resonansi 100 KHz dengan daya maksimal 800 watt. Disain jalur rangkain inverter ditunjukkan pada Gambar 3.2.a.

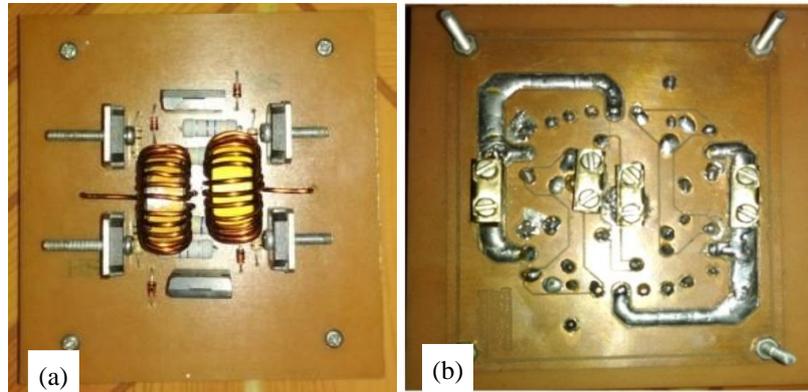


Gambar 3.2. (a) disain jalur rangkain inverter, pada PCB (b) transistor mosfet dan (c) pembuatan induktor

Dalam pembuatan induktor, hal yang penting adalah ukuran *core*, diameter kawat, dan nilai induktansinya. Induktor yang sudah dibuat menggunakan *core* dengan diameter dalam 13 mm, diameter luar 22 mm, dan tebal *core* 9 mm. Pada inverter ini, digunakan 2 buah induktor. Induktor dirancang mempunyai nilai induktansi tinggi dengan menggunakan inti *ferit* jenis *toroid* yang memiliki nilai induktansi kisaran 0,05-0,2 mH. *Toroid* yang digunakan memiliki diameter luar 28mm, dililitkan kawat K10 dengan diameter 1mm dan jumlah lilitan 20 lilit. Pembuatan induktor diukur menggunakan alat LCR meter hingga mencapai nilai yang diinginkan seperti Gambar 3.1(c). Inti *ferit* yang digunakan adalah jenis *toroid*. Kurniawan (2012) mengatakan bahwa *toroid* memiliki tingkat efisiensi magnet yang tinggi yang disebabkan oleh tidak adanya air-gap dan bentuk penampang melintang yang simetris. Nilai frekuensi yang besar banyak dihasilkan dari beberapa jenis *toroid*.

Kapasitor yang digunakan mempunyai spesifikasi seperti kapasitor yang digunakan pada sebuah inverter DC/AC dan *battery charger* (Gambar 3.3.a). Rangkaian ini menggunakan kapasitor KCF25A20 berjumlah 2 buah. *Mosfet* dirancang bekerja pada tegangan keluaran penyearah gelombang penuh sebesar 50 volt DC. Arus maksimal dalam perancangan ini adalah 40 ampere, arus inilah yang mampu ditahan oleh *mosfet* dan *power supply*. Dengan pertimbangan tersebut, *mosfet* yang dipilih adalah *mosfet* IRFP150 dengan kapasitas arus 44 A (Gambar 3.1.b). *Mosfet* yang digunakan pada alat ini berjumlah 4 buah dan dipasang secara paralel. Konfigurasi transistor paralel bertujuan menguatkan kapasitas arus transistor. Pada konfigurasi transistor secara paralel ini, kaki basis dihubungkan dengan basis, emitor dengan emitor, dan kolektor dengan kolektor. Pada konfigurasi 4 buah transistor paralel, besar kapasitas atau kemampuan mengalirkan arus listrik transistor akan naik 4 kali lipat.

Rangkaian *inverter* terdiri dari transistor *mosfet*, kapasitor resonansi, diode *Zener*, resistor, dan induktor dengan spesifikasi dan jumlah seperti tertulis pada Tabel 3.1. Komponen tersebut kemudian dipasang pada PCB sesuai dengan letaknya dan disolder (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Rangkaian inverter frekuensi tinggi (a) tampak atas, (b) tampak bawah

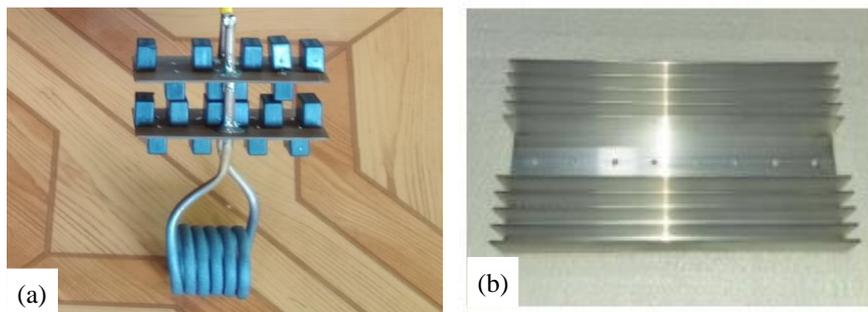
Tabel 3.1. Komponen rangkaian inverter

Komponen	Spesifikasi	Jumlah
IRFP	44 Ampere 100 Volt	4
KCF25A20	25 Ampere 200 Volt	2
Dioda Zener	1 Watt 12 Volt	4
Resistor	R10k 2 Watt	4
	R470 Ohm 2 Watt	4
Induktor	0,1 Ohm 0,15 mH	2

3.3 Kumputan kerja

Dalam proses perancangan, kapasitas arus yang akan digunakan pada kumparan kerja atau kumparan pemanas ini harus diperhatikan. Perancangan mesin ini menggunakan kawat berbentuk pipa pejal tembaga dengan diameter 5 mm. Jumlah lilitan pada kumparan kerja adalah $n = 6$ lilit dengan panjang 35 mm dan diameter lilitan 40 mm (Gambar 3.4.a). Lilitan diukur dengan menggunakan LCR meter. Pada kumparan kerja ini terdapat kapasitor MKP sebanyak 18 buah yang dipasang secara paralel. Kapasitor MKP akan berguna untuk menyimpan arus atau tegangan listrik sehingga semakin banyak kapasitor MKP yang digunakan, arus yang tersimpan semakin besar. Jika arus yang tersimpan semakin besar, kerja medan magnet arus *Eddy* yang ada pada kumparan kerja semakin tinggi.

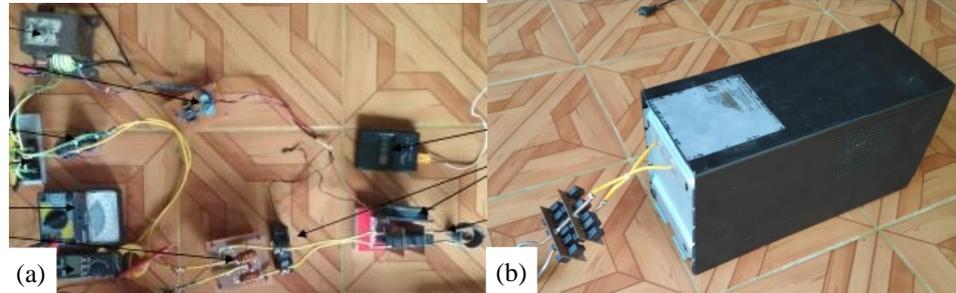
Setiap komponen elektronik transistor jika dialiri arus akan terjadi peningkatan suhu. Untuk itu, diperlukan proses pendinginan sehingga transistor dapat bekerja dengan baik. Pendingin yang digunakan adalah pendingin yang memiliki sirip dan terbuat dari bahan aluminium. Permukaan yang besar dan memiliki sirip ini berguna untuk pengalirakan panas. Bentuk pendingin yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.4.b.



Gambar 3.4. (a) Kumputan kerja dan (b) pendingin

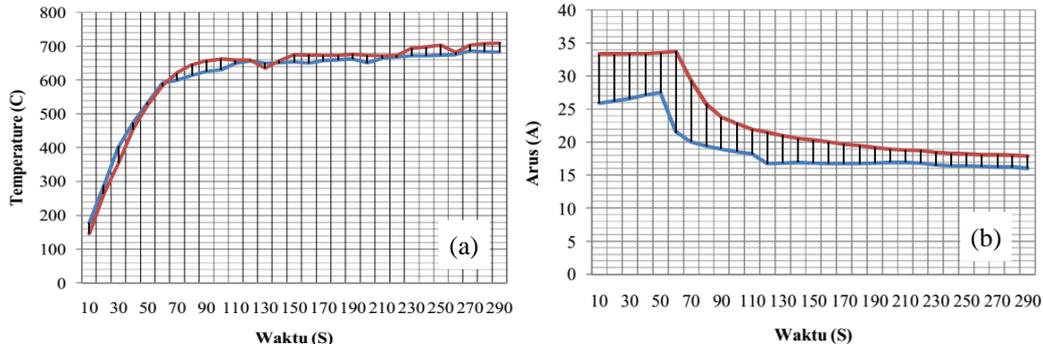
3.4 Pengujian

Komponen utama pendingin kemudian dirangkai sesuai dengan urutan, seperti ditampilkan pada Gambar 3.3(a) dan kemudian diletakkan dalam box aluminum agar lebih aman bagi operator dan lebih kompak sehingga mudah untuk dipindah-pindah atau diletakkan di mesin las gesek (Gambar 3.5.b).



Gambar 3.5. (a) Rangkaian mesin preheat, (b) mesin preheat las gesek

Mesin *preheat* las gesek diuji dengan spesimen atau benda kerja yang terbuat dari *stainless steel*. Pengujian dilakukan hingga benda kerja tersebut mencapai suhu >600 °C. Hasil pengujian tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.6. Hasil pengujian pada penelitian ini mendekati hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Raharjo dan Kusharjanto [10] yang dapat mencapai temperatur maksimum 743 °C. Grafik tersebut menunjukkan kondisi perubahan suhu terhadap waktu selama pengujian spesimen berlangsung. Temperatur naik dengan cepat pada awal pemanasan sampai dengan temperatur 600 °C selama 60 detik. Setelah itu, temperatur meningkat sedikit dan mencapai kestabilan pada temperatur kurang lebih 680 °C pada 300 detik.



Gambar 3.6. Grafik nilai temperatur (a) dan arus (b) pada spesimen selama waktu pengujian

Gambar 3.6.b menunjukkan kondisi perubahan arus terhadap waktu yang dibutuhkan selama pengujian spesimen berlangsung. Pada fase pemanasan awal, 60 detik pertama, penggunaan arus listrik mencapai sekitar 34 ampere. Setelah temperatur tercapai, kebutuhan arus menurun hingga 18 ampere karena arus hanya digunakan untuk menjaga kestabilan temperatur. Hasil tersebut dapat terlihat pada grafik 9.a. Nilai temperatur yang telah tercapai pada pengujian ini menunjukkan bahwa mesin ini telah memenuhi kebutuhan untuk proses *preheat* pada proses pengelasan las gesek.

4. KESIMPULAN

Mesin *preheat* untuk membantu proses las gesek logam *dissimilar* telah berhasil dibuat dan dapat bekerja sesuai harapan. Mesin memiliki spesifikasi sebagai berikut: tegangan kerja rangkaian 20 Volt, arus maksimal 44 ampere. Kumparan kerja terbuat dari kawat berbentuk pipa pejal tembaga dengan diameter 5 mm. Jumlah lilitan pada kumparan kerja adalah $n=6$ lilit dengan panjang 35 mm dan diameter lilitan 40 mm. Temperatur tertinggi

yang dapat dicapai sebesar 683 °C . Temperatur stabil berkisar 650-680 °C tercapai setelah 90 detik yang membutuhkan daya tertinggi sebesar 674 watt, daya menurun hingga 320 watt seiring dengan bertambahnya waktu dan stabilnya temperatur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Husodo, "Penerapan teknologi las gesek (friction welding) dalam rangka penyambungan dua buah logam baja karbon St41 pada produk back spring pin," *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 6, no. 1, pp. 43-52, 2013.
- [2] B. L. Sanyoto, N. Husodo, S. B. Setyawati, dan M. Mursid , "Penerapan teknologi las gesek (friction welding) dalam proses penyambungan dua buah pipa logam baja karbon rendah," *Jurnal Energi Dan Manufaktur*, vol. 5, no. 1, pp. 51-60, 2012.
- [3] Z. Barlas dan M. Çolak, "Evaluation of the influence of upset stage on joint properties of friction welded dissimilar Aluminum-Copper cast alloys," *Strojniški vestnik-Journal of Mechanical Engineering*, vol. 60, no. 12, pp. 832-837, 2014.
- [4] A. Purnomo, "Struktur mikro sambungan friction welding antara bahan paduan tembaga dan paduan aluminium akibat waktu tekanan berbeda," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 95-102, 2016.
- [5] A. Denarsito, "Pengaruh preheating pada pengelasan MIG terhadap struktur mikro dan distribusi kekerasan pada QT steel," PhD Thesis, Malang: Universitas Brawijaya, 2014.
- [6] Saifudin dan M. N. Ilman, "Pengaruh preheat terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik las logam tak sejenis baja tahan karat austenitik AISI 304 dan baja karbon A36," *Electronic Theses and Dissertation, 1501-H-2011*, 2011.
- [7] S. S. Aung, H. P. Wai, and N.N. Soe, Nyein Nyein, "Design calculation and performance testing of heating coil in induction surface hardening machine," *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 2, no. 6, pp. 1134-1138, 2008.
- [8] Y. Zhulkarnaen, "Perancangan dan pembuatan pemanas induksi dengan metode pancake coil berbasis mikrokontroler Atmega 8535," *Jurnal Mahasiswa TEUB*, vol. 2, no. 2, pp. 1-6, 2014.
- [9] R. Noviansyah, "Perancangan pemanas induksi berkapasitas 200W," *Prosiding Semnas Ilmu Rekayasa Universitas Gunadharma*, Jakarta, 2006.
- [10] W. P. Raharjo and B. Kusharjanta, "Rancang bangun pemanas induksi berkapasitas 600 W untuk proses perlakuan panas dan perlakuan permukaan," *Prosiding SNST Fakultas Teknik*, vol. 1, no. 1, pp. 119-124, 2013.