

## Waktu Pengeringan Dengan Pendekatan Simulasi Numerik

Shanti Kumbarasari<sup>1\*</sup>, Gregorius Nanda Cristianto<sup>1</sup>, Gregorius Susetyo Dwi Anggoro<sup>1</sup>,  
Yohanes T. Wibowo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Mesin Industri, Politeknik Industri ATMI,

Jl. Kampus Hijau No.3 Jababeka Education Park, Cikarang Baru-Bekasi 17520

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin Industri, Politeknik Astra, Indonesia

Jl. Gaharu Blok F3 No.1 –Lippo Cikarang, Cikarang Selatan-Bekasi 17530

\*Email Corresponding Author: shanti\_kumbarasari@polinatmi.ac.id

### ABSTRAK

Elektroplating merupakan salah satu metode pelapisan logam yang sederhana untuk dilakukan namun mampu menjaga kinerja logam tetap baik. Proses sederhana ini memerlukan pengeringan untuk menjamin kualitas pelapisan listrik. Dalam industri saat ini, proses pengeringan menggunakan metode tradisional dan teknologi pengeringan penting yang bergantung pada cuaca sehingga tidak dapat mempertahankan waktu pemrosesan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menjawab kebutuhan akan alat pengering yang mampu mempersingkat waktu, dan mampu menampung 200 kg baut M10 tipe CIV YHB 0814. Dengan bantuan studi eksperimen dan simulasi numerik menggunakan software Solidworks 2016, waktu pengeringan 15 menit diperoleh dengan menggunakan daya heater 110 watt. Dengan penelitian ini efektivitas metode pemanasan mencapai 89,42%.

**Kata kunci:** Baut CIV YHB 0814 M10, pengering, pemanas, simulasi, pelapisan listrik

*Electroplating is a metal coating method that is simple to do but is able to maintain good metal performance. This simple process requires drying to ensure the quality of the electroplating. In today's industry, the drying process uses traditional methods and important drying technologies that depend on the weather and therefore cannot maintain processing time. The aim of this research is to answer the need for a drying device that can shorten time, and can accommodate 200 kg of M10 bolts type CIV YHB 0814. With the help of experimental studies and numerical simulations using Solidworks 2016 software, a drying time of 15 minutes was obtained using a heater power of 110 watt. With this research, the effectiveness of the heating method reached 89.42%.*

**Keywords:** CIV YHB 0814 M10 bolts, drying, heating, simulation, electroplating

### PENDAHULUAN

Selain tembaga dan seng, besi merupakan logam yang mudah terkorosi jika terkena air dan oksigen secara langsung. Korosi akan berdampak pada berkurangnya kekuatan dan ketahanan mekanis material. Secara sederhana akan menurunkan performa setrika dalam pengaplikasiannya. Oleh karena itu, korosi pada besi merupakan suatu kondisi yang perlu dihindari. Pelapisan besi merupakan salah satu metode *finishing* yang paling sering digunakan oleh industri untuk mencegah besi dari korosi.

Dengan pelapisan, dampak negatif korosi pada besi akan bisa diminimalisir. Karakter produk yang menggunakan material besi tetap terjaga fungsinya. Begitu pula mengenai kemampuan mekanik, tampilan, potensi kerugian finansial akibat biaya pemeliharaan atau penggantian, serta dampak lingkungan yang timbul akibat korosi. Menjaga kualitas permukaan produk dari korosi sangatlah penting. Menjaga kualitas plating merupakan implikasi lain dari

menjaga kualitas permukaan dari korosi. Secara umum, produk pelapisan listrik memiliki keunggulan ketahanan terhadap korosi, ketahanan terhadap panas dan dingin yang ekstrem, pengurangan gesekan, peningkatan konduktivitas listrik, dan permukaan produk yang lebih keras. Plating atau pelapisan listrik menjaga kualitas permukaan logam dari korosi. Dalam penelitian ini, benda uji adalah tembaga yang dilapisi dengan kromium hitam. Dengan pengujian pada temperatur rendah yaitu 30 °C dan durasi 5 menit diperoleh laju korosi sebesar 0,2004 mm/tahun, sedangkan pengujian tertinggi pada temperatur 50 °C dan durasi 9 menit diperoleh laju korosi sebesar 0,2004 mm/tahun. sebesar 0,0108 mm/tahun. Uraian tersebut secara meyakinkan menunjukkan adanya hubungan antara suhu, durasi dan laju korosi [1].

Kelemahan proses elektroplating adalah pada saat proses pelapisan berlangsung memerlukan arus listrik dan untuk produk yang mempunyai desain ukurannya terbatas [1]. Untuk perendaman larutan elektrolit menggunakan HCl

memberikan efek kehilangan massa yang lebih besar dibandingkan menggunakan larutan NaCl. [2]. Pemilihan deposisi lapisan logam atau elektro deposit seng dan paduan seng merupakan salah satu alternatif dalam meningkatkan kualitas kinerja di bidang teknologi transportasi, kelautan, otomotif, dan dirgantara karena sifatnya yang tahan korosi dan pertimbangan ekonomis [3]. Material baja karbon SGD400 dengan lapisan *zinc plating* bila diuji dengan metode *Salt Spray Test* menampilkan angka 72 Jam tidak ada karat putih dan 168 jam tidak ada karat merah. [4].

Rangkaian proses pelapisan diakhiri dengan proses pengeringan. Langkah-langkah baik pada proses sebelumnya tidak akan ada gunanya jika proses pengeringan tidak sempurna. Setelah proses *elektroplating*, produk dikeringkan dengan berbagai cara. Dua cara sederhananya adalah dengan memanfaatkan sinar matahari secara alami dan menggunakan alat berteknologi tepat guna seperti kipas angin. Pemilihan metode pengeringan berdampak pada waktu yang dibutuhkan untuk proses pengeringan. Waktu penjemuran dengan menggunakan sinar matahari tidak dapat diprediksi tergantung cuaca dan intensitas cahaya matahari di tempat penjemuran. Pengeringan dengan menggunakan kipas angin juga memerlukan tempat yang luas dan waktu pengeringan yang berbeda-beda pada setiap produk. Berdasarkan pengamatan terhadap baut CIV YHB 0814 terdapat beberapa cara beserta penjelasannya yaitu

- Metode pengeringan alami dengan sinar matahari dengan suhu sekitar 35 °C memerlukan waktu 6 jam 30 menit
- Metode pengeringan menggunakan kipas angin membutuhkan waktu 55 menit
- Metode pengeringan menggunakan air dryer memerlukan waktu 18 menit

Mengingat metodenya, waktu memainkan peran utama. Berkisar antara 18 menit hingga 6 jam 30 menit. Waktu pengeringan memegang peranan utama dan berkontribusi terhadap biaya yang lebih tinggi. Waktu pengeringan merupakan suatu permasalahan yang harus diperhatikan dan ditangani secara serius dalam proses pelapisan listrik ini. Inilah kesenjangan yang ditemukan dari gabungan penelitian sebelumnya dengan temuan lapangan.

Mengurangi waktu pengeringan merupakan masalah utama yang mendesak dan perlu segera diatasi. Penggunaan alat bantu pengeringan yang dapat mempersingkat waktu pengeringan dengan tetap menjaga tingkat kekeringan sangat diperlukan pada kondisi ini.

Saat ini salah satu alat pengering yang sudah ada adalah yang didesain dengan motor penggerak 1 HP yang dapat memutar produk

dalam drum berkapasitas 20 kg. Produk yang digunakan adalah sekrup CIV KG 0741 dengan spesifikasi diameter 10 mm dan panjang 20 mm. Dapat dikeringkan dengan waktu yang ditentukan 1 jam 15 menit [5]. Berdasarkan penelitian terdahulu yang mempunyai efisiensi sebesar 8 – 33% dengan kapasitas 20 kg maka diperlukan alat pengering yang mempunyai kapasitas lebih besar yaitu 200 kilogram dengan waktu dan suhu yang terukur sehingga berpengaruh terhadap peningkatan nilai efektivitas produktivitas yang ada.

Alat yang diusulkan untuk mempersingkat waktu proses pengeringan adalah dengan menggunakan media panas pada proses pengeringan. Detail parameter desain alat yang diusulkan adalah sebagai berikut:

- Suhu panas yang stabil dan kapasitas produk yang terukur selama proses pengeringan
- Skor untuk efektivitas penggunaan metode pemanasan inovatif pengering
- Keamanan selama proses penggunaan alat inovatif

Berdasarkan kajian empiris tersebut, kebutuhan untuk mengurangi waktu pengeringan akan terjawab pada akhir penelitian ini. Alat baru yang diusulkan dengan parameter yang dijelaskan memberikan solusi untuk kesenjangan yang dibahas.

## METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada perancangan alat pengering metode pemanasan ini menggunakan produk berupa sekrup berukuran M10 tipe CIV YHB 0814 pada Gambar 1.



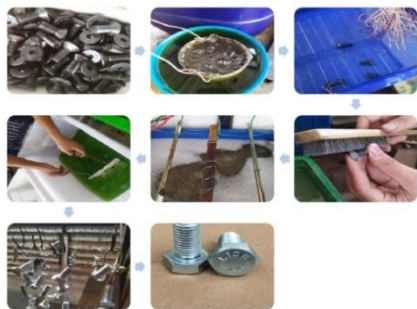
**Gambar 1** Produk Baut CIV YHB 0814

Dimana baut atau *skrup spare part* merupakan tabung yang permukaannya beralur heliks dimana baut berfungsi sebagai penghubung antar part/komponen agar kokoh namun tidak permanen [6].

### Langkah-Langkah Proses

Berdasarkan data observasi pada UKM yang bergerak di bidang *electroplating*, terdapat beberapa langkah proses yang dilakukan sebagai berikut pada Gambar 2:

1. Periksa performa dan kualitas baut M10 tipe CIV YHB 0814
2. Rendam baut dalam larutan HCl agar karat atau korosi lama kelamaan menyusut atau hilang.  
Larutan HCl (Asam *Hidroklorid*) termasuk larutan asam kuat yang digunakan sebagai media pencelup dan aktivator benda kerja logam yang akan dilapisi.
3. Hilangkan larutan HCl yang terdapat pada baut dengan cara membilas baut M10 dengan air bersih.
4. Bersihkan noda hitam dengan cara disikat.
5. Masukkan ke dalam pemanas elektrolit selama waktu yang diperlukan untuk mencapai bagian bawah lapisan pelapisan.
6. Masukkan baut ke dalam larutan pelapis seng selama beberapa detik. Penggunaan logam seng sebagai pelapis membuat benda kerja tahan korosi pada suhu ruangan.
7. Keringkan baut dengan cara menjemurnya di bawah sinar matahari atau menggunakan mesin pengering
8. Periksa kualitas bautnya.



**Gambar 2** Proses pelapisan pada baut M10

Proses elektroplating untuk baut CIV YHB 0814 berdimensi M10, proses pelarutan menggunakan pelarut Zinc dengan waktu pelarutan 10 menit. Untuk proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari dengan suhu 35°C dengan alokasi waktu 6 jam 30 menit (390 menit), metode pengeringan menggunakan kipas angin memerlukan waktu pengeringan selama 65 menit jika di skrup pengeringan udara, waktu pengeringan adalah 18 menit. Langkah-langkahnya mengikuti prosedur sehingga menghasilkan produk yang baik. Sebaliknya, tidak akan menghasilkan hasil yang baik seperti digambarkan pada Gambar 3.

Perancangan mesin pemanas ini menggunakan Solidworks 2016 sehingga mendapatkan desain produk, simulasi dan analisa yang sesuai dengan kebutuhan dan fungsi yang diharapkan.

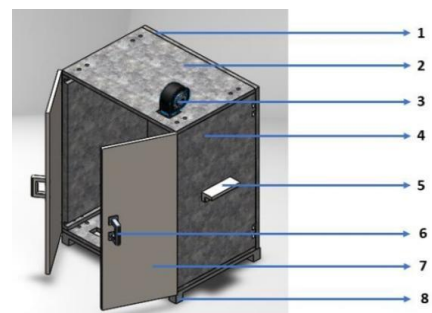


**Gambar 3** Produk M10 tidak bagus

### Desain yang Diusulkan

Alat pemanas ini menggunakan sumber panas listrik berkapasitas 10.000. Jenis *heater* yang digunakan adalah jenis *finned heater* untuk mencapai temperatur yang diharapkan yaitu 110 Watt dengan tegangan 220 V AC. Untuk meratakan panas pada *heater* maka diperlukan sebuah *blower*, pada penelitian ini menggunakan jenis *blower mini centrifugal fan* dengan daya 45 Watt, 220 V AC dengan kecepatan 2800 RPM, arus listrik sebesar 0,12 A dan dapat menghasilkan tekanan 105 Pa. Dalam upaya mendeteksi dan mengontrol suhu alat pemanas digunakan alat termostat digital sederhana dengan spesifikasi daya beban 120 Watt, kuat arus 10 Ampere, tegangan 120 V AC dan rentang suhu 50 – 120°C. Jika terjadi kelebihan arus listrik, gunakan MCB yang kuat arus 6 Ampere sebagai sistem pengaman.

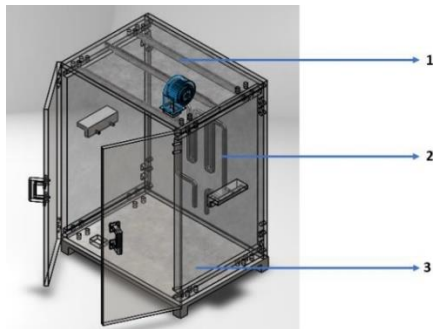
Pada gambar 4 menunjukkan desain alat pemanas secara keseluruhan dimana terdapat 8 komponen utama



**Gambar 4** Desain Mesin Pemanas Tanpa Piring

1. Penutup belakang : berfungsi untuk menempatkan heater dan melindungi udara panas yang dihasilkan oleh *heater*
2. Penutup atas : menutupi bagian atas *heater* agar sirkulasi udara dapat merata

3. Blower : menggerakkan udara panas yang dihasilkan heater agar merata ke seluruh permukaan alat pemanas.
4. Penutup Samping : menutupi sisi kanan dan kiri agar sirkulasi udara dapat merata ke seluruh ruangan dan juga berfungsi sebagai tempat membuka dan menutup pegangan alat pemanas
5. Pegangan pemanas: pegangan untuk mengangkat dan memindahkan pemanas dengan mudah.
6. Gagang pintu alat pemanas : dudukan untuk memudahkan membuka dan menutup pintu alat pemanas
7. Pintu mesin pemanas : bagian yang berfungsi untuk membuka dan menutup alat pemanas sehingga dapat menjaga suhu panas pada alat pemanas tetap konstan.
8. Meja dasar: tempat meletakkan bahan yang akan dipanaskan



**Gambar 5** Komponen-komponen di dalam Mesin Pemanas

Pada Gambar 5 menunjukkan bagian dalam heater yang terdiri dari 3 komponen yaitu sebagai berikut :

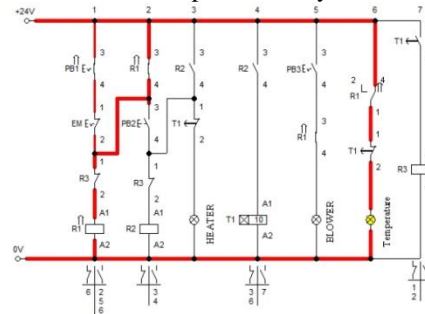
1. *Hanger*: tempat/peralatan untuk menggantungkan bahan pada saat alat panas sedang beroperasi
2. *Heater* : alat yang menghasilkan udara panas
3. Penutup bawah: menutupi dan mengedarkan udara panas di bagian bawah pemanas



**Gambar 6** Mesin Pemanas Dilengkapi Plat Berlubang

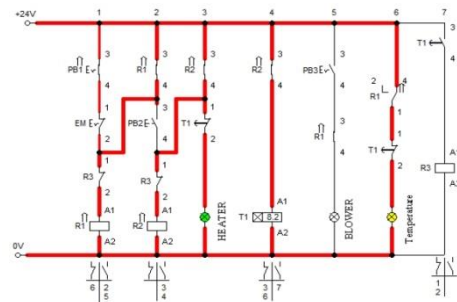
Mesin pemanas dilengkapi dengan pelat berlubang yang digunakan untuk meletakkan benda kerja yang akan dipanaskan.

Pengering dengan metode pemanasan ini menggunakan sumber tenaga listrik satu fasa dari PLN dengan tegangan 220 Volt. Pengering metode pemanasan dilengkapi dengan 3 buah saklar berdiameter 22 mm tipe normal terbuka pada rangkaian kelistrikan. Saklar pertama merupakan saklar utama untuk menghidupkan dan mematikan heater serta dilengkapi dengan miniatur pemutus arus 10 A yang berfungsi untuk melindungi jika terjadi kelebihan arus yang mengalir pada rangkaian seperti disajikan pada Gambar 7. Saklar pertama mengarahkan arus listrik menuju kumparan relay 220 VAC dengan 4 buah soket dimana kumparan ini digunakan untuk menyalurkan arus ke komponen lainnya.

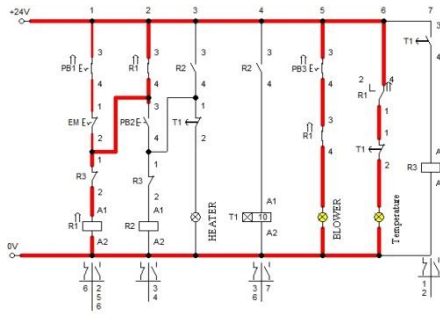


**Gambar 7** Saklar Utama diaktifkan

Saklar kedua digunakan untuk menghidupkan dan mematikan heater berkapasitas 1000 watt yang dilengkapi dengan timer durasi pengeringan dan diletakkan sebelum heater seperti disajikan pada Gambar 8. Jenis timer yang digunakan adalah Omron Time Delay Relay (timer) dengan spesifikasi 100 - 240 VAC, kuat arus 5 Ampere.

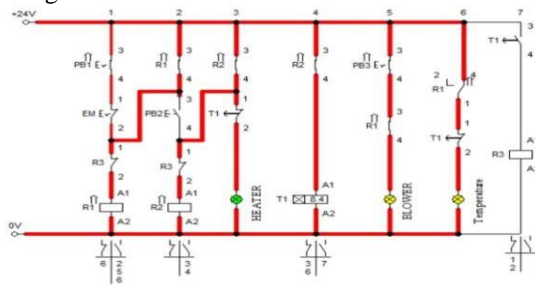


**Gambar 8** Sakelar pemanas diaktifkan



Gambar 9 Timer menonaktifkan pemanas

Timer ditempatkan sebelum heater yang berfungsi mengatur waktu pengeringan. Alokasi waktu untuk menyalakan heater sesuai dengan setting timer seperti disajikan pada Gambar 9. Pada perancangan ini penggunaan alokasi waktu pada timer 15 menit. Saklar yang ketiga merupakan saklar untuk menghidupkan atau mematikan blower seperti digambarkan pada Gambar 10. Uap panas yang dihasilkan heater dikeluarkan secara merata oleh blower ke seluruh ruangan heater.



Gambar 10 Saklar blower diaktifkan

Arus listrik yang mengalir pada temperatur kendali dimana temperatur kendali ini mengidentifikasi perlunya pengaturan temperatur yang digunakan untuk mengeringkan baut.

Dimana dengan suhu permukaan (K) sebesar  $323^{\circ}\text{K}$ , suhu fluida sebesar  $348^{\circ}\text{K}$  dengan laju perpindahan panas permukaan sebesar  $21,36 \text{ m}^2$ , diperoleh perpindahan suhu sebesar  $335,5^{\circ}\text{K}$  dengan kecepatan fluida dalam oven sebesar  $0,047 \text{ m/s}$ . Koefisien konveksi pada oven sebesar  $1,458 \text{ W/m}^2\text{K}$  sehingga diperoleh laju perpindahan konveksi sebesar  $778,894$  pada suhu permukaan  $323^{\circ}\text{K}$ , kalor yang dibutuhkan sebesar  $64600 \text{ kJ}$ , kalor yang terdapat dalam oven sebesar  $86580 \text{ J}$  dan kalor yang diperlukan untuk mengeringkan bahan sebesar  $7560008 \text{ J}$ . Berdasarkan kebutuhan alokasi pengeringan 15 menit, maka daya pemanas yang diperlukan adalah  $110 \text{ Watt}$ . Waktu yang dibutuhkan pada proses pengeringan manual adalah 2 jam dan bila menggunakan mesin pemanas  $14,19 \approx 15$  menit sehingga efektifitas penggunaan mesin pemanas

sebesar  $89,42\%$  dan pengeringan manual sebesar  $10,58\%$ .

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Simulasi Numerik

Pemilihan sumber energi yang digunakan untuk tenaga pemanas adalah Pembangkit Listrik Negara dan berdasarkan simulasi kelistrikan yang telah dibuat pada Fluid SIM, saklar utama dapat menghidupkan seluruh sistem pemanas. Penggunaan PLN dalam perancangannya mempunyai beberapa kemungkinan hal yang perlu diperhatikan yaitu apabila dalam pendistribusian tenaga listrik ke alat pemanas dapat terjadi pemadaman/gangguan listrik secara tiba-tiba sehingga diperlukan *Automatic Transfer Switch* (ATS) yaitu saklar yang bekerja secara otomatis. Sistem Saklar Pemindah Otomatis merupakan rangkaian pengontrol saklar power inverter yang sepenuhnya otomatis dengan PLN dimana ketika PLN padam maka ATS akan secara otomatis menghubungkan power inverter ke beban. Jika PLN menyala maka ATS akan mengalihkan sumber daya beban dari *power inverter* ke PLN [7].

Inverter merupakan suatu peralatan berbahan dasar listrik yang digunakan untuk mengubah tegangan DC (*Direct Current*) menjadi tegangan AC (*Alternating Current*). Output dari inverter berupa tegangan AC berupa gelombang sinus, *square wave* dan *sine wave* [8].

Dalam perancangan alat pemanas ini menggunakan saklar pemindah otomatis dengan jenis *Miniature Circuit Breaker* (MCB) dan *Time Delay Relay* (Timer). MCB merupakan proteksi rangkaian listrik yang terdiri dari bimetal (proteksi termis) untuk mengamankan beban lebih dan dilengkapi *relay* elektromagnetik untuk proteksi hubung singkat. Secara umum MCB digunakan pada rangkaian 1 fasa dan 3 fasa [9]. *Time Delay Relay* (*timer*) merupakan pengatur waktu untuk mematikan atau menghidupkan dari sumber tegangan yang digunakan. Kumputan *timer* akan bekerja jika mendapat sumber arus listrik, jika mencapai batas waktu yang ditentukan maka timer akan otomatis mengunci dan mematikan sistem kerja [10]. Perancangan heater mekanik, setelah saklar dihidupkan maka heater berfungsi sebagai pengubah energi listrik menjadi energi panas dengan suhu yang telah ditentukan yaitu  $50^{\circ}\text{C} - 75^{\circ}\text{C}$ .

Jenis pemanas bersirip dipilih sebagai pemanas dalam desain mesin pemanas. Melalui saluran udara yang dibentuk oleh sirip-sirip bergelombang dengan posisi melintang, terletak



pada permukaan pelat penyerap pada sisi bawah, letak bagian bawah diisolasi secara termal dan permukaan atas berperan sebagai penyerap sehingga terjadi fluks panas yang homogen . diperoleh [11].

Untuk mendapatkan aliran udara panas yang merata pada ruang mesin pemanas, diperlukan alat blower tipe siput kipas sentrifugal. Blower yang bergerak secara sentrifugal dengan kecepatan tinggi mengedarkan udara atau gas untuk mendapatkan tekanan temperatur akhir. Di dalam blower terdapat sudu-sudu impeller yang menyalurkan udara bertekanan rendah ke bertekanan tinggi [12].

Berdasarkan simulasi numerik pemodelan turbulensi dengan Fluent dan percobaan yang telah dilakukan, dimungkinkan untuk mengoptimalkan kinerja kipas sentrifugal akibat adanya pusaran aliran sekunder, lidah volute, jet bangun dan sudut serang sehingga kehilangan energi dapat dikurangi. sehingga memaksimalkan efisiensi yang ditinjau dari fungsi, jumlah sudu, sudut keluar sudu sebagai besaran variabel dan parameter impeler kipas dengan menggunakan metode kuadrat terkecil [13]. Perancangan mesin ini menggunakan keong kipas sentrifugal.

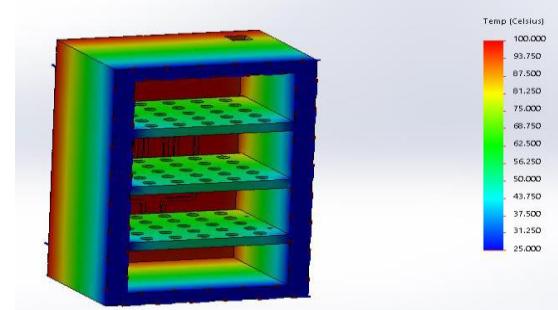
Di dalam mesin pemanas terdapat susunan pelat berlubang yang berfungsi sebagai tempat pengeringan baut. Plat berlubang ini merupakan plat dengan material *Structural Steel* (SS) 400. SS 400 merupakan salah satu jenis baja karbon rendah (*mild steel*) yang dihasilkan dengan cara *hot rolling*, bahan penyusunnya adalah karbon, mangan, fosfor, silikon dan sulfur serta bersifat ulet dan tidak tahan karat [14].

Untuk mengatur dan mengontrol suhu ruangan *heater* agar diperoleh keseragaman suhu dengan waktu yang konstan digunakan termostat. Termostat digital jenis ini digunakan pada alat pemanas ini karena termostat digital jenis ini berbasis mikrokontroler dapat diprogram, memiliki konsumsi daya yang rendah, memiliki algoritma perancangan untuk mengukur kalibrasi suhu dan kelembaban. Thermostat dilengkapi dengan rangkaian catu daya, rangkaian kendali berbasis MCU, rangkaian pembagi tegangan, dan rangkaian layar LCD untuk menunjukkan suhu dalam ruangan [15].

### Aliran Panas Pada Peralatan Pemanasan

Penempatan *heater* pada bagian belakang bagian dalam heater agar panas dapat terserap ke seluruh permukaan *heater*. Pengujian thermal menggunakan Software Solidworks 2016 ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12 yang merupakan simulasi aliran panas dimana *heater* menghasilkan data suhu maksimal 100°C

dengan indikasi berwarna merah. Aliran kalor yang mengarah ke segala arah pada bagian dalam heater, untuk sisi tengah *heater* menunjukkan suhu 50°C - 75°C dan suhu 25°C pada bagian luar pelat lubang seperti disajikan pada Gambar 11.



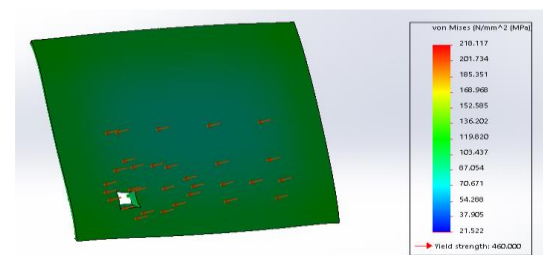
Gambar 11 Simulasi Aliran Panas

Penggunaan *heater* 110 Watt mempunyai kapasitas kalor sebesar 94,14 KJ dengan kecepatan fluida dalam *heater* 0,047m/s. Suhu *heater* sebesar 323°K dengan koefisien konveksi sebesar 1,458 w/m<sup>2</sup>°K sehingga diperoleh laju perpindahan konveksi sebesar 778,884 w/m<sup>2</sup>°K

Berdasarkan analisa dan perhitungan menggunakan software yang telah dilakukan, waktu pengeringan baut CIV YHB 0814 M10 untuk 1 kg baut adalah 14,19 menit dan untuk mengontrol aliran temperatur agar tidak berlebihan pada heater digunakan MCB sebesar 2 Ampere .

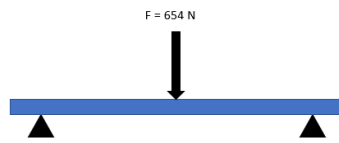
### Sifat Mekanik Perangkat Pemanasan

Pada permukaan atas yang berbahan SS 400 pada heater menunjukkan kekuatan luluh sebesar 460 MPa. Batas kekuatan luluh terendah ditunjukkan dengan warna biru sebesar 21.550 MPa dan warna merah 218.117 MPa batas tertinggi (*break point*) kekuatan luluh.



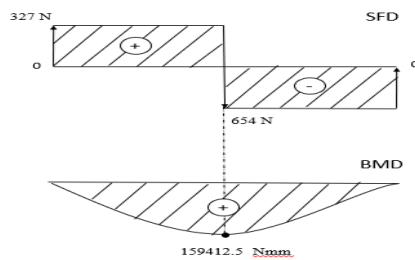
Gambar 12 Simulasi Permukaan Atas

Penampang pelat berlubang dengan material SS 400 yang merupakan tempat pengeringan baut mampu menampung beban material sebesar 67 kg atau 515,72 MPa. Untuk mengetahui titik kritis pada pelat berlubang, perlu dilakukan perhitungan SFD dan BMD.



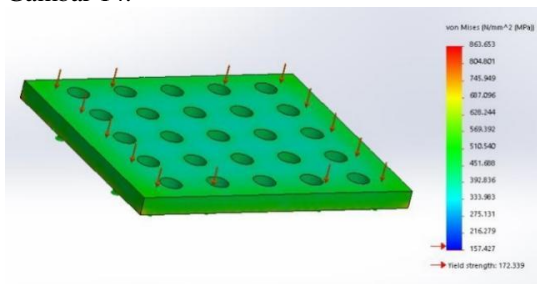
**Gambar 13** Tegangan Momen Bending pada 1 pelat berlubang

Gambar 13 menggambarkan tegangan momen lentur pada pelat berlubang sebesar 975 mm, kuat tarik 515 MPa dengan tegangan lentur ( $\sigma_b$ ) 321 N/mm<sup>2</sup>.



**Gambar 14** SFD dan BMD pada 1 Pelat Berlubang

Pelat berlubang dengan massa 1 (satu) pelat 66,67 kg tidak mengalami titik kritis akibat kelebihan momen dengan tebal pelat ( $h$ ) 1,74  $\approx$  2 mm. Untuk mengetahui nilai kekuatan luluh optimal pada pelat perforasi ditunjukkan pada Gambar 14.



**Gambar 15** Simulasi Pelat Tekanan Berlubang

Pada simulasi solidwork tahun 2016, permukaan pelat berlubang menunjukkan warna hijau yang menunjukkan batas kuat leleh rata-rata sebesar 172,339 MPa untuk setiap pelat berlubang. Untuk grafik berwarna biru tua merupakan batas kuat leleh terendah sebesar 157,427MPa dan warna merah menunjukkan batas tertinggi (*break point*) kuat leleh sebesar 863,653 MPa seperti terlihat pada Gambar 15.

## KESIMPULAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui waktu pengeringan yang lebih singkat pada proses elektroplating pada baut M10 tipe CIV YHB 0814. Alat pengering usulan ini

menyajikan waktu kinerja pengeringan sebesar 14,19 menit untuk produk baut 200 kg, dengan efektivitas yang lebih baik yaitu 89,42% bila dibandingkan dengan penyinaran menggunakan sinar matahari yang mempunyai efektivitas sebesar 10,58% . Ini adalah hasil gabungan perbandingan dari eksperimen dan simulasi numerik. Hasil penelitian ini menunjukkan secara meyakinkan adanya pengurangan waktu dan homogenitas tingkat pengeringan sebagai standar kualitas produk dengan menggunakan perangkat lunak simulasi numerik. Beberapa kendala juga ditemukan dalam penelitian ini untuk beberapa kasus seperti waktu pengeringan hingga suhu maksimum proses. Penelitian ini memerlukan pengujian lebih lanjut agar lebih banyak kasus dapat memiliki pengaturan suhu dan waktu yang tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Purwanto Syamsul Huda Teknologi Industri Elektroplating [Book]. - Semarang Jawa Tengah: Badan Penerbit Universitas Diponegoro Semarang, 2005. - Vols. 1- ISBN – 979-704-360-6.
- [2] Ferry Budhi Susetyo Siska Titik Dwiwati, Muhammad Teguh Pangestu Kehilangan Massa Pada Larutan HCl Dan NaCl Baja Karbon Rendah Hasil Elektroplating Tembaga-Nikel [Journal]. - Jakarta: Jurnal Kajian, 2019. - 1: Vol. 4.
- [3] Kranthi Kumar Maniam Shiladitya Paul Corrosion Performance of Electrodeposited Zinc and Zinc-Alloy Coatings in Marine Environment [Journal]. - Basel, Switzerland : <https://www.mdpi.com/2624-5558/2/2/10>, 2021. - 2 : Vol. 2.
- [4] Aris Setiawan Novi Laura Indrayani, Budi Herawan Pengaruh Arus Dan Waktu Terhadap Lapisan Zinc Plating Pada Material SGD400-D Dengan Menggunakan Proses Elektroplating [Journal]. - Bekasi-Jawa Barat: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin, <http://ejournal.unismabekasi.ac.id>, 2019. - 1: Vol. 7.
- [5] Antonius Galang D.K Arya Sena Wikantya, Johannes Christian Bagaskara, Shanti Kumbarasari, Yohanes T. Wibowo Electroplating Drying Time Minimization Through Bolt [Journal]. - Bekasi Jawa Barat: AUSTENIT Politeknik Negeri Sriwijaya, 2022. - 2, OKTOBER 2022: Vol. VOL. 14. - ISSN: 2085-1286 E-ISSN: 2622-7649
- [6] Pranata Yosafat Aji and Suryoatmono, Bambang and Tjondro, Johannes Adhijoso Penelitian Eksperimental Kuat Leleh Lentur

- (Fyb) Baut [Journal]. - Yogyakarta: Jurnal Teknik Sipil, 2013. - 2: Vol. 12.
- [7] Susanto Eko Automatic Transfer Switch [Journal]. - Semarang Jawa Tengah: Jurnal Teknik Elektro, 2013. - 1: Vol. 5.
- [8] Suriansyah Bambang Catu Daya Cadangan Berkapasitas 100 Ah / 12 V Untuk Labotatorium Otomasi Industri Poliban [Journal]. - Banjarmasin, Kalimantan Selatan: Jurnal INTEKNA Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (P3M), 2014. - 2: Vol. 14.
- [9] Pefrianus Bunga Ir. Martinus Pakiding MT, Sartje Silimang ST. MT Perancangan Sistem Pengendalian Beban Dari Jarak Jauh Menggunakan Smart Relay [Journal]. - Manado, Sulawesi Utara: E-Journal Teknik Elektro dan Komputer, 2015. - 5: Vol. 4.
- [10] Udaryana I Gede Siden Pemanfaatan Relai Tunda Waktu Dan Kontaktor Pada Panel Hubung Bagi (PHB) Untuk Praktek Penghasutan Starting Motor Star Delta [Journal]. - Singaraja, Bali: Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Universitas Ganesha, 2015. - 2: Vol. 12.
- [11] Abhishek Priyam Prabha Chand Thermal and Thermohydraulic Performance of Wavy Finned Absorber Solar Air Heater [Journal]. - India: Solar Energy, ScienceDirect, 2016. - Vol. 130.
- [12] Irpansyah Siregar Sudirman Lubis Analisa Pengaruh Sudut Sudu Impeller Pada Unjuk Kerja Blower Sentrifugal [Journal]. - Deli Serdang Sumatera Utara: Jurnal Mesil (Mesin Elektro Sipil), 2020. - 1: Vol. 1.
- [13] Songling Wang Lei Zhang, Zhengren Wu, Hongwei Qian Optimization Research of Centrifugal Fan with Different Blade Number and Outlet Blade Angle [Conference] // Asia Pasific Power and Energy Engineering Conference. - Wuhan, China: IEEE Advancing Technology for Humanity, 2009. - Vol. 10662456.
- [14] Suryadi Ramadhan Syukran, Nawawi Juhan Analisis Pengaruh Proses Normalizing Pada Sambungan Las SMAW Baja Plat SS 400 Terhadap Nilai Impact dan Haedness [Journal]. - Lhoksumawe Banda Aceh: Jurnal Mesin Sains Terapan, 2021. - 2: Vol. 5.
- [15] Wang Dong Dai Xunjiang New Digital Thermostat Development [Conference] // International Symposium on Distributed Computing and Applications for Business Engineering and Science (DCABES). - Guiyang China: IEEE Conference Publication, 2015. - Vol. 14th.