

RANCANG BANGUN HEATER PADA AUTOCLAVE DENGAN KAPASITAS 3000 WATTAchmad Farizal^{1*}, Gatot Eka Pramono¹⁾, Roy Waluyo¹⁾¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: achmadfarizal44@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penelitian ini, perancangan *heater oven autoclave* dengan model pemanas jenis *finned heater* dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah pembuatan produk dari material berbahan Kevlar terutama bagi mahasiswa teknik mesin UIKA. Rancang bangun yang dilakukan pada spesifikasi: diameter pipa sebesar 12 mm, diameter sirip 24 mm, dengan *Temperature Contoller Autonic TC4S* untuk mengatur temperatur yang diinginkan serta penambahan fungsi *vacuum* dan diberi tekanan sebesar 3 bar. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kecepatan kenaikan temperatur terhadap waktu yang dilihat pada layar *lcd digital temperatur control* per satu menit sampai mencapai temperatur 200°C. Dari data pengujian didapatkan daya sebesar 3000-Watt dengan arus sebesar 13,59 A. Pada saat temperatur 200 °C dan waktu pengoperasian tungku 6, konsumsi energi listrik adalah sebesar 0,3 kwh dengan nilai efisiensi termal sebesar 91%. Disimpulkan bahwa kerapatan dan ketebalan dinding oven *autoclave* sangat berpengaruh terhadap rugi panas yang terjadi pada alat.

Kata kunci : *oven autoclave; pemanas; temperatur.***ABSTRACT**

In this study, the design of an autoclave oven heater with a finned heater-type heater model aims to facilitate the manufacture of products from Kevlar materials, especially for UIKA mechanical engineering students. The design is carried out on the specifications: pipe diameter of 12 mm, fin diameter of 24 mm, with Temperature Controller Autonic TC4S to set the desired temperature and add a vacuum function and a pressure of 3 bar. The test was conducted to determine the speed of temperature increase with time, as seen on the temperature control digital LCD screen per minute until it reached a temperature of 200°C. The test data showed the power is 3000-Watt with a current of 13.59 A. At the temperature of 200 C and the operating time of furnace 6, the electrical energy consumption is 0.3 kWh with a thermal efficiency value of 91%. It is concluded that the density and wall thickness of the autoclave oven significantly affect the heat loss that occurs in the tool.

Keywords : *autoclave oven; heater; temperature.***PENDAHULUAN**

Komposit merupakan kombinasi makroskopik dari dua atau lebih material dengan sifat yang berbeda dari material penyusunnya (Bakir dkk., 2013). Pada pembuatan komposit serat, susunannya disatukan dengan menggunakan pengikat serat yang disebut resin. Berdasarkan sifatnya, resin dapat bersifat termoseting dan termoplastik. Jenis resin yang termasuk kedalam termoseting diantaranya adalah *epoxy* dan *polyester*. Kebanyakan komposit yang diproduksi untuk keperluan komersial menggunakan matriks polimer dengan penguat serat tekstil seperti *glass*, *aramid*, dan *karbon* (Goren dkk., 2008). Komposit yang banyak digunakan dalam struktur pesawat, kapal laut, otomotif dan lainnya merupakan komposit dengan resin termoseting

berpenguat serat kontinyu (Yeung dkk., 2014). Ada beberapa metode yang digunakan dalam pembuatan komposit seperti *manual hand lay-up*, *vacuum bagging*, *vacuum infusion*, *resin transfer moulding*, *prepreg autoclave* dan sebagainya.

Kevlar adalah sebuah merk dagang terdaftar untuk serat fiber sintesis aramid. Nama kimianya adalah *Poly-paraphenylene terephthalamide*. Kevlar diciptakan oleh Stephanie Kwolek pada tahun 1965 yang kemudian dikembangkan oleh DuPont. Bahan yang kuat ini pertama kali digunakan secara komersial pada tahun 1970an sebagai pengganti baja pada produk ban untuk keperluan balap mobil. Bahan ini banyak dipakai pada ban, layar kapal, dan rompi anti peluru. Hal ini disebabkan oleh kekuatan, elastisitas bahan dan beratnya yang ringan. Kevlar merupakan material modern yang menyuguhkan

kekuatan luar biasa namun dengan bobot yang ringan tetapi kekuatannya lima kali lebih kuat dari pada baja dengan bobot yang sama, sehingga Kevlar pun menjadi bahan yang digunakan secara luas di bidang industri militer dan merambah ke industri otomotif termasuk dirgantara (Utomo, 2020).

Bhavnani (1990) dalam penelitiannya membuat desain dan pabrikasi ringan *body* komposit untuk kendaraan listrik tenaga surya dengan menggunakan material kevlar yang di buat dengan proses menggunakan *autoclave* yang divakum dan diberi tekanan sebesar 0,25 MPa. Tekanan ini ditahan selama 6 ½ Jam lalu dilakukan proses pemanasan pada suhu 175 °C selama 1 jam setelah itu dilakukan proses pendinginan selama 2 ½ jam (Bhavnani, 1990)

Oven *autoclave* adalah salah satu media untuk membentuk panas sekaligus menekan serat karbon dan komposit matriks resin (Polimida, bismaleimide, epoxy resin dan matriks resin termoplastik, dll). Bahkan, kualitas produk yang diperoleh dalam *autoclave* mencapai peningkatan fitur mekanik hingga 20-30% dibandingkan dengan metode lain seperti polimerisasi (Olymspan, 2019). Namun dengan semua keunggulan *autoclave* dan oven yang dimilikinya, terdapat satu kelemahan yaitu biaya investasi dari *autoclave* itu sendiri yang begitu besar. Karena *autoclave* biasanya digunakan untuk produksi massal atau produk yang benar-benar membutuhkan *performance* fitur mekanik tinggi dari dua komposit. Contohnya seperti *body* mobil F1 atau sayap sebuah pesawat yang membutuhkan material yang kuat namun juga ringan (Azmi, 2019).

Berdasarkan latar belakang di atas penelitian ini bermaksud untuk merancang kontruksi oven *autoclave* jenis pemanas/*heater* untuk mempermudah mahasiswa teknik mesin UIKA dalam melakukan praktek membuat produk dari material berbahan Kevlar. Oven *autoclave* yang dirancang menggunakan model pemanas jenis *finned heater* berdiameter pipa dalam 12 mm, diameter sirip 24 mm, *Temperature Contoller Autonic TC4S* untuk mengatur temperatur yang diinginkan dan penambahan fungsi vakum serta diberi tekanan sebesar 3 bar.

METODE PENELITIAN

Alur penelitian yang akan dilakukan pada rancang bangun sistem *heater* kapasitas 3000-Watt pada oven *autoclave* dimulai dengan studi literatur yaitu mencari referensi yang terkait. Referensi yang dimaksud berupa jurnal, buku dan website. Tahap

berikutnya adalah melakukan rancangan desain dan kelistrikan untuk perancangan *heater* kapasitas 3000-Watt pada oven *autoclave* apakah berfungsi atau tidak.

Cara Pengujian

Pengujian pada rancang bangun *heater* pada oven *autoclave* untuk mengetahui kecepatan kenaikan temperatur terhadap waktu dilihat pada layar lcd *digital temperature control* per satu menit sampai temperatur mencapai set point yaitu 200 °C. Waktu diatur menggunakan *stopwath*.

Proses pengambilan data temperatur dinding luar tungku menggunakan *thermometers digital* yang langsung diarahkan ke dinding bagian luar tungku. Pengambilan data setiap satu menit disamakan dengan pengambilan data temperatur dalam yang terlihat pada layar *Temperature Control* agar dapat diketahui perbandingan temperatur dalam dan luar tungku. Pengujian menggunakan *power analyzer* dilakukan untuk mengetahui kinerja dari tungku pemanas listrik. *Power analyzer* adalah suatu peralatan ukur yang digunakan untuk mengetahui kualitas daya dari tenaga listrik.



Gambar 1. Cara Pengujian

Pengolahan Data

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan mencoba sistem secara keseluruhan. Pengujian ini dilakukan dengan batas pengukuran per menit sampai 200°C. Hasil pengukuran alat keseluruh ini akan dilihat sebagai hasil *setpoint* dengan temperatur sesuai perintah *setpoint*. Validasi hasil simulasi yang akan digunakan akan menentukan kekuatan tutup oven *autoclave*, yaitu defleksi, tegangan, dan *safety factor*. Dari ketiga simulasi tersebut akan didapatkan hasil desain tutup oven *autoclave* sesuai material yang digunakan dalam perancangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun Heater Pada Oven Autoclave

Hasil realisasi dari rancangan heater pada oven autoclave yang dibuat pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil rancang bangun heater pada oven autoclave

Pengukuran Kecepatan Kenaikan Temperatur

Dari pengujian dan pengamatan rancang bangun heater pada oven autoclave, maka didapat hasil pengukuran kecepatan kenaikan temperatur pada setpoint 200°C. Tabel 1 menunjukkan data kecepatan kenaikan temperatur.

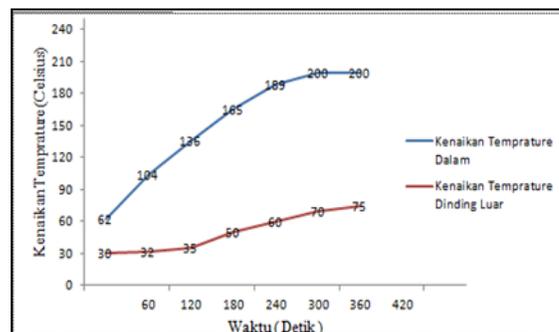
Tabel 1. Data kecepatan kenaikan temperatur

No	Waktu (s)	Temperatur Tercapai (°C)	Suhu Temperatur Dinding (°C)	Arus (Ampere)	Temperatur Udara Luar (°C)
1	60	62	32	12,75	32
2	120	104	35	13,17	32
3	180	136	50	13,25	32
4	240	165	60	13,36	32
5	300	189	70	13,49	32
6	360	200	75	13,59	32

Dari hasil pengukuran didapatkan hasil kecepatan kenaikan suhu pemanasan memerlukan waktu sekitar 360 detik atau 6 menit untuk mencapai temperatur setpoint yang diinginkan yaitu 200°C dan pada area luar oven autoclave, temperatur mencapai 75°C.



Gambar 3. Hasil pencapaian suhu



Gambar 4. Grafik kenaikan temperatur dalam oven dinding luar oven

Dari grafik kenaikan temperatur yang disajikan dalam Gambar 4, terlihat bahwa kecepatan kenaikan temperatur lebih cepat saat awal disebabkan temperatur yang melintasi dinding masih rendah dan panas yang terbuang masih sedikit. Semakin banyak panas yang terbuang disebabkan oleh temperatur yang melintas di dinding semakin tinggi menyebabkan kenaikan temperatur semakin tinggi.

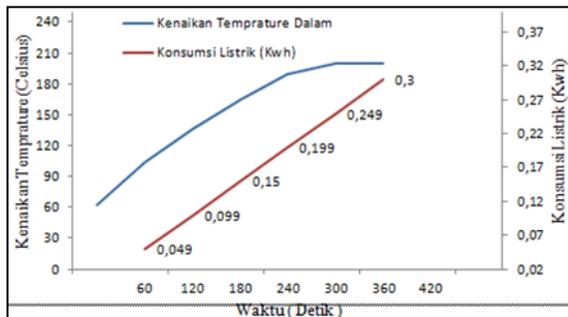
Pengukuran Konsumsi Listrik

Dari hasil pengukuran yang didapat pada pengujian oven autoclave maka didapatkan hasil nilai konsumsi listrik oven autoclave mulai temperatur awal hingga mencapai setpoint yang diinginkan yaitu 200°C. Konsumsi listrik semakin meningkat seiring dengan temperatur yang semakin meningkat. Pada temperatur 200°C, oven autoclave membutuhkan waktu selama 6 menit dan konsumsi listrik adalah 0,3 Kwh seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Data konsumsi listrik

No	Waktu (s)	Temperatur Tercapai (°C)	Konsumsi Listrik (KWh)	Arus (Ampere)
1	60	62	0,049	12,75
2	120	104	0,099	13,17
3	180	136	0,15	13,25
4	240	165	0,199	13,36
5	300	189	0,249	13,49
6	360	200	0,3	13,59

Dari hasil pengukuran menggunakan *power analyzer* didapat nilai konsumsi oven *autoclave* dari temperatur awal hingga mencapai temperatur 200°C. Konsumsi listrik semakin meningkat seiring dengan temperatur yang semakin meningkat. Pada temperatur 200°C dan tungku sudah bekerja selama 6 menit konsumsi listrik mencapai 0,3 kw.

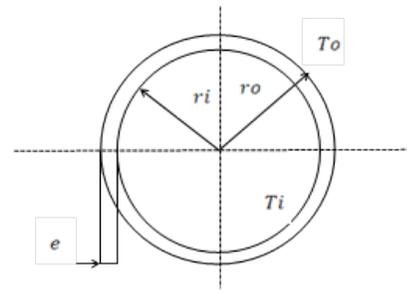


Gambar 5. Grafik konsumsi listrik

Energi listrik merupakan daya listrik yang terpakai selama waktu tertentu. Besarnya energi listrik yang digunakan untuk suatu peralatan listrik sebanding dengan tegangan listrik, kuat arus listrik, dan waktu. Sehingga, untuk dapat mengurangi pemborosan, salah satu caranya adalah dengan mematikan peralatan listrik jika tidak diperlukan atau digunakan. Grafik pada Gambar 5 menjelaskan bahwa semakin lama tungku beroperasi, maka konsumsi listrik yang dibutuhkan akan semakin tinggi. Pada temperatur 200°C dan waktu mencapai 6 menit maka konsumsi listrik mencapai 0,3 Kwh.

Panas Yang Terbuang Melalui Dinding Oven Autoclave

Dari hasil pengukuran temperatur dalam dan temperatur luar dinding tungku maka dapat diketahui temperatur yang melintasi dinding tungku dan kalor yang terbuang melalui dinding tungku.



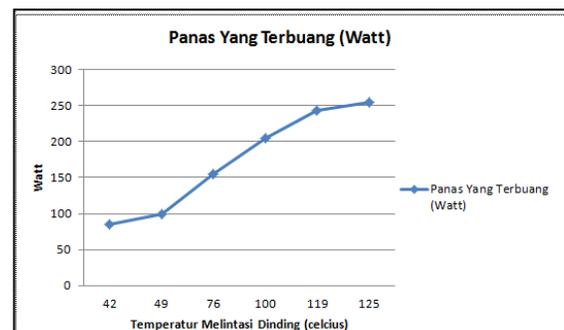
Gambar 6. Rangkaian termal

Pada saat temperatur oven *autoclave* sudah mencapai *setpoint* 200°C dan temperatur dinding luar oven *autoclave* 75°C maka didapatkan besar temperatur yang melintasi dinding oven *autoclave* sebesar 125°C dan nilai kalor yang terbuang pada oven *autoclave* sebesar 255,30 Watt.

Tabel 3 menunjukkan jumlah kalor yang terbuang melalui dinding berdasarkan temperatur yang melintasi dinding. Penyajian jumlah panas terbuang dalam bentuk grafik disajikan pada Gambar 7.

Tabel 3. Panas yang terbuang melalui dinding

Temperatur Dalam Autoclave (°C) T1	Temperatur Luar Autoclave (°C) T0	Temperatur Melintasi Dinding (°C) (T1-T0)	Panas Yang Terbuang (Watt)	Qef (Watt)	Efisiensi Termal (%)
62	20	42	85,78	2.914,22	97
104	55	49	100,08	2.899,92	96
136	60	76	155,22	2.844,78	94
165	65	100	204,24	2.795,76	93
189	70	119	243,05	2.756,95	92
200	75	125	255,30	2.744,7	91



Gambar 7. Grafik panas yang terbuang

Berdasarkan gambar diatas dimana nilai panas yang terbuang pada saat temperatur melintasi dinding pada nilai 125°C, nilai yang diperoleh merupakan nilai yang tertinggi begitupun sebaliknya ketika temperatur yang melintasi dinding pada nilai 42°C merupakan nilai terendah. Berdasarkan hasil yang

diperoleh dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi nilai yang melintasi dinding semakin besar nilai panas yang terbuang. Begitupun sebaliknya, semakin rendah nilai yang melintasi dinding maka nilai panas yang terbuang juga semakin rendah.

Panas Efektif

Perhitungan panas efektif yang dihasilkan oleh rancang bangun *heater* pada oven *autoclave* yaitu:

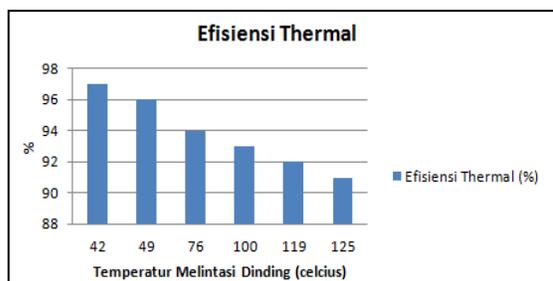
$$\begin{aligned} Q_{ef} &= q_{input} - q_{output} \\ &= 3000 \text{ W} - 255,30 \text{ W} \\ &= 2744,70 \text{ Wat} \end{aligned}$$

Efisiensi Termal

Nilai efisiensi termal pada sistem yang dirancang dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

$$\eta = \frac{2744,70}{3000} \times 100 = 91\%$$

Nilai yang didapatkan dari perhitungan efisiensi termal ini adalah sebesar 91 %, dimana hasil ini didapatkan dengan pengujian dengan temperatur rendah hanya sampai 200°C, dimana panas yang terbuang hanya 255 Watt sedangkan kapasitas mencapai 3000 Watt. Nilai efisiensi termal pada beberapa temperatur disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik efisiensi termal

Berdasarkan gambar grafik diatas dimana hasil efisiensi termal dengan persentase tertinggi yaitu 97 % adalah pada saat temperatur yang melintasi dinding pada nilai 42°C dan efisiensi terendah yaitu 91% pada saat temperatur yang melintasi dinding pada nilai 125°C. Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai yang melintasi dinding maka efisiensi termal akan semakin bagus dengan persentase 97% begitupun sebaliknya dengan nilai yang melintasi dinding semakin besar atau tinggi mempengaruhi terhadap efisiensi termal yang terbukti dengan hasil ini menurun menjadi 91%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Rancang bangun *heater* pada oven *autoclave* yang dihasilkan memiliki spesifikasi berikut: tebal material plat 4 mm dan volume ruang pemanas sebesar 0,199 m³, posisi *heater* pada bagian bawah dengan menggunakan dua buah *finned heater* dengan diameter pipa 12 mm dan diameter sirip 12 mm serta panjang *finned heater* 350 mm. Dari data pengujian didapatkan daya sebesar 3000-Watt dengan arus sebesar 13,59 A. Pada saat temperatur 200°C dan waktu pengoperasian tungku 6, konsumsi listrik sebesar 0,3 kwh. Diperoleh nilai efisiensi termal sebesar 91%, dimana kerapatan dan ketebalan dinding oven *autoclave* sangat berpengaruh terhadap rugi panas yang terjadi pada oven *autoclave*.

Saran

Dalam pembuatan rancang bangun *heater* pada oven *autoclave* kapasitas 3000-Watt ini masih terdapat banyak kekurangan yang dapat di sempurnakan oleh perancang selanjutnya. Untuk meningkatkan efisiensi termal dapat dilakukan dengan cara, salah satunya menambah *glasswool* pada lapisan dinding luar oven *autoclave*. Serta perlu adanya variasi durasi waktu untuk mengetahui keakuratan oven *autoclave* yang dihasilkan.

REFERENSI

- Amsier, M. (2017). Rancang Bangun Pengatur Suhu Untuk Ruang Budidaya Jamur Tiram Berbasis PLC. *Diss. Universitas Muhammadiyah Semarang*, 2017.
- Ariffudin, S. D. (2014). Perancangan Sistem Pemanas Pada Rancang Bangun Mesin Pengaduk Bahan Baku Sabun Mandi Cair. *JRM*. Volume 01 Nomor 02 Tahun 2014, 52-57.
- Azmi, H. (2019, 11 20). Kekuatan Tarik Komposit Serat Karbon Dibuat Menggunakan Proses No Oven No Autoclavemetode Ultraviolet Curing. Retrieved from <https://dspace.uui.ac.id/handle/123456789/17237>.
- Bhavnnani, S. H. (1990). *Design And Fabrication Of A Lightweight Composite Body for a Solar-Electric Vehicle*. , 13-16.

- Setiawan, H. (2020). Rancang Bangun Tungku Pemanas Listrik Kapasitas 2800 Watt. *Jurnal Almikanika* Vol. 2 Juli 2020, 130-137.
- Setyawan, B. A. (2022). Perancangan Awal Lambung Kapal Kepresidenan Dari Komposit Woven Kevlar-Rami-Polyester. *Jurnal Teknologi* Volume 14 No. 2 Juli 2022, 174-182
- Utomo, S. W. (2020). Analisis Pengaruh Tekanan Vacuum Pada Proses Pembuatan Komposit Carbon Fiber Menggunakan Metode Vacuum Infusion Machine; *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 6 No. 2, Oktober 2020, 16, 6-11.