

ANALISIS HASIL PENAMBALAN BAN PADA ALAT PENAMBAL BAN DENGAN PENGONTROL SUHU OTOMATIS

(ANALYSIS OF TIRE FILLING RESULTS ON TIRE PATCH WITH AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROLLER)

I Made Arsana, Ainul Gufron, dan Sudirman Rizki Ariyanto

Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya

Jl. Ketintang Baru XII No. 34, Ketintang, Gayungan, Surabaya

e-mail: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa alat penambal ban dalam menghasilkan kualitas tambalan yang baik dengan waktu yang relatif singkat. Peralatan dan instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah *display thermocontrol*, *thermocouple*, *voltmeter*, dan *amperemeter*. Hasil penambalan terbaik dalam penelitian ini terdapat pada suhu 70°C dengan kategori sempurna. Besaran suhu T_1 sebesar 134°C, T_2 sebesar 70°C, dan T_3 sebesar 65,9°C; sedangkan laju perpindahan panas pada Q_{plat} sebesar 36.500 watt dan Q_{ban} sebesar 0,0691875 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 47 detik (107 detik). Besaran daya yang digunakan alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis ini yaitu 352 watt.

Kata kunci: *alat penambal ban, perpindahan panas konduksi, suhu, display thermocontrol, dan thermocouple*

Abstract

This study was aimed to determine the performance of tire patch tool in producing good quality patches in minimum time. The equipment and the instruments used in this research were *display thermocontrol*, *thermocouple*, *voltmeter*, and *amperemeter*. The data obtained were analyzed descriptively. The best patch results in this study were found in perfect category at 70°C with temperature T_1 ; T_2 ; and T_3 : 134; 70; and 65,9°C; while the heat transfer rate at Q_{plat} 36.500 watts and Q_{ban} 0,0691875 watts for 1 minute 47 seconds (107 seconds). The magnitude of power used using an automatic temperature control tire patch is 352 watts.

Keywords: *tire patch, conduction heat transfer, temperature, thermocontrol display, and thermocouple*

PENDAHULUAN

Kendaraan bermotor merupakan salah satu kebutuhan tersier yang tidak kalah penting untuk dipenuhi oleh semua masyarakat Indonesia. Kendaraan roda dua

(sepeda motor) menjadi kendaraan yang banyak diminati oleh pemuda dan pemudi mulai dari remaja hingga dewasa. Penggunaan sepeda motor pada era seperti saat ini banyak dijadikan pilihan utama, apalagi

tempat tujuan tidak jauh dan jika terjadi kemacetan sepeda motor dapat menempuhnya dengan mudah (Zaputra, 2016).

Sepeda motor mempunyai daya tahan dalam beroperasi atau tidak dapat digunakan secara terus menerus. Oleh karena itu, perlu perawatan mesin sangat diperlukan agar tidak mengalami penurunan performa dan kondisi tetap stabil. Setiap komponen yang ada pada sepeda motor memiliki daya tahan yang berbeda tergantung dari bahan komponen tersebut. Contohnya seperti ban dalam, daya tahan ban dalam menyesuaikan masa pemakaian ban luar. Sehingga semakin tipis ban luar maka semakin mudahnya terjadi kebocoran pada ban dalam, baik terkena paku ataupun benda lainnya (Andrizal, 2003).

Ketika terjadi kebocoran ban dalam sepeda motor, tidak semua pengendara langsung mengganti dengan ban yang baru. Alasannya adalah ban dalam motor mereka masih layak untuk digunakan. Selain itu, jika dilihat dari segi ekonomi, biaya yang harus dikeluarkan pengendara untuk menambal ban lebih murah jika dibandingkan dengan harga membeli ban dalam baru (Satrio, 2012).

Pada umumnya bengkel-bengkel di pinggiran jalan masih menggunakan peralatan tambal ban manual. Alat tambal ban manual masih menggunakan minyak tanah atau spiritus sebagai media pemanas

tungku, dimana tingkat panas dan tekanan pres yang dihasilkan alat tambal ban tidak stabil. Selain itu, waktu yang dibutuhkan dalam proses penambalan relatif lebih lama. Hal ini menyebabkan karet ban yang telah diberi lem tidak dapat menyatu dengan kuat, sehingga tambalan akan mudah lepas dan akibatnya ban akan bocor kembali (Ashari, Mufarida, & Efan, 2016).

Pada proses penambalan ban konsentrasi sangat dibutuhkan agar menghasilkan tambalan yang bagus dan kuat. Akan tetapi dalam prosesnya pekerja tambal ban pasti melakukan kelalaian dalam bekerja, contohnya ketika dalam proses penambalan pekerja asyik mengobrol dengan temannya ataupun bermain *handphone*. Akibat yang dapat ditimbulkan dari kelalaian tersebut adalah hasil penambalan tidak dapat maksimal bahkan cenderung merusak ban dalam sepeda motor. Dampaknya pelanggan merasa tidak puas dan tidak akan mengulangi lagi menambal di tempat yang sama.

Alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis ini dilengkapi dengan *thermocouple* dan *display thermocontrol*. *Thermocouple* digunakan sebagai sensor suhu dan *display thermocontrol* sebagai media yang dapat digunakan untuk mengatur dan menentukan suhu ban (Permadi, Sumardi, & Setiawan, 2012). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui performa alat penambal ban dalam menghasilkan kualitas

tambahan yang baik dengan waktu yang relatif singkat.

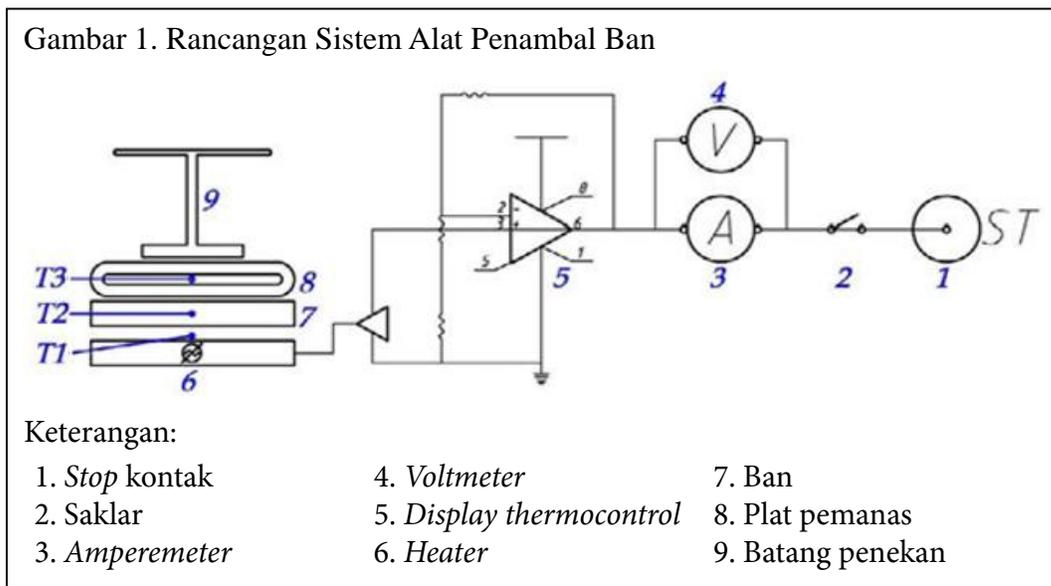
METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di Laboratorium Perpindahan Panas Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, UNESA. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem pemanas setrika Maspion model HA-110 dengan material utama yaitu *iron* (besi). Alas terbuat dari lapisan *non-stick* sehingga tidak mudah lengket ketika bersentuhan dengan kain maupun karet. Pada setrika Maspion ini daya yang masuk ke dalam sistem sebesar 350 watt dan tegangannya sebesar 220 Volt ~ 50 Hz.

Rancangan sistem pemanas alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis dapat dilihat pada Gambar 1 (Gufron & Arsana, 2017).

Rancangan sistem pemanas alat penambal ban terdiri dari beberapa komponen utama dan komponen pendukung. Komponen utama terdiri dari *voltmeter* (4) yang berfungsi untuk mengetahui besar tegangan yang digunakan dalam proses penambalan (Kay & Harmon, 1969).

Amperemeter (3) digunakan untuk mengetahui kuat arus yang ada dalam rangkaian alat penambal ban (Wulandari & Wildian, 2014). *Thermocouple* merupakan sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu melalui dua jenis logam konduktor berbeda yang digabung pada ujungnya sehingga menimbulkan efek “*Thermo-electric*” (Bull, 2008). T_1 adalah *thermocouple* yang digunakan untuk mengukur suhu pada *heater*, sedangkan T_2 digunakan untuk mengukur suhu pada permukaan plat dan T_3 digunakan



untuk mengukur suhu pada permukaan ban.

Display thermocontrol (5) alat ini berfungsi untuk mengukur suhu permukaan plat melalui media perantara *thermocouple* (Zhengyu, Xiaoyang, Guanghui, & Guangyu, 2014). *Heater* (6) merupakan komponen yang berfungsi sebagai media pemanas utama. Plat pemanas (7) merupakan bagian dari sistem panas yang bersentuhan langsung dengan ban. Plat ini digunakan sebagai media penghantar panas dari *heater* menuju ban (8) untuk proses penambalan.

Komponen pendukung pada rancangan penelitian ini di antaranya adalah *stop* kontak (1) yang berfungsi sebagai sumber arus utama dan saklar (2) yang berfungsi sebagai penghubung dan pemutus arus listrik.

Rancangan kerangka alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis dapat dilihat pada Gambar 2. Instrumen dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.

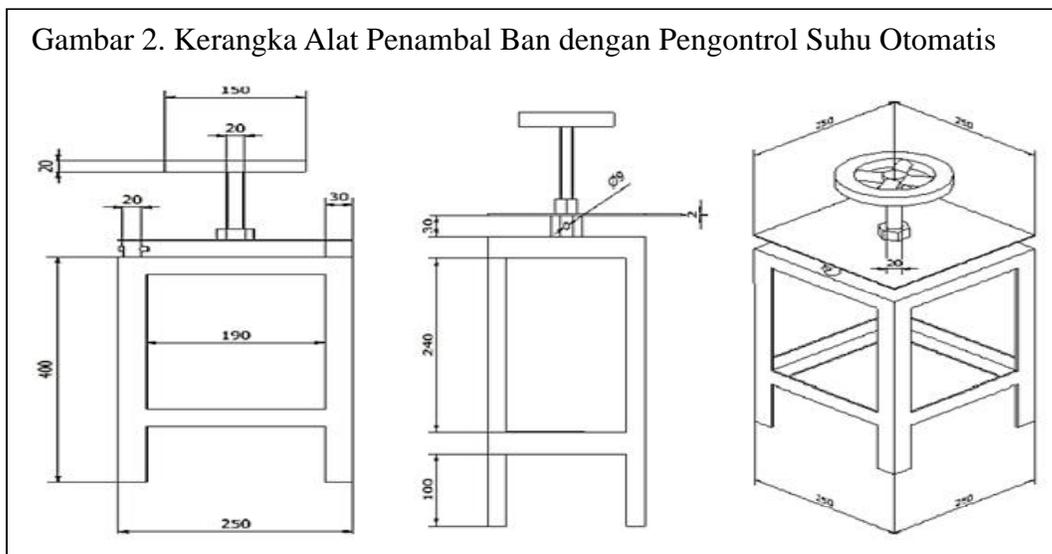
Teknik analisis data menggunakan metode deskriptif. Metode deskriptif digunakan untuk menganalisa data dengan cara menggambarkan data (Sugiyono, 2006). Dari hasil pengujian diperoleh sebuah data yang dapat digunakan untuk mengetahui laju perpindahan panas pada plat pemanas dan ban berdasarkan rumus perpindahan panas konduksi (Cengel, 2003).

Data laju perpindahan panas (Q) pada plat pemanas didapatkan dari K plat pemanas yang berbahan besi, A dan L dari plat pemanas dan perbedaan suhu antara T_1 dan T_2 . Sehingga dalam penghitungan Q pada plat pemanas berlaku rumus (1) (Ortuño, Márquez, Gallego, Neipp, & Beléndez, 2011) berikut.

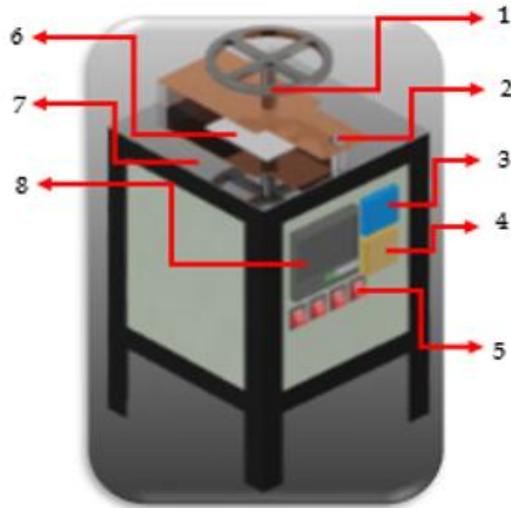
$$Q = k.A.\frac{T_1 - T_2}{L} \quad (1)$$

Keterangan:

Q = Laju perpindahan panas (watt)



Gambar 3. Instrumen Penelitian



Keterangan:

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Batang Penekan | 5. Saklar |
| 2. Baut Pengunci | 6. Plat Pemanas |
| 3. Voltmeter | 7. Plat Penampang |
| 4. Ampere Meter | 8. Thermocontrol |

k = Konduktivitas panas besi ($W/m \cdot ^\circ C$)

A = Luas penampang plat pemanas (m^2)

T_1 = Suhu heater ($^\circ C$)

T_2 = Suhu plat pemanas ($^\circ C$)

L = Tebal plat pemanas (m)

Perolehan data Q pada ban merupakan lanjutan perhitungan dari perhitungan Q pada plat pemanas. Perbedaan dalam perhitungan Q pada ban berdasarkan K dan

T . Dimana K yang digunakan merupakan K dari ban dan T berasal dari perbedaan suhu antara T_2 dan T_3 . Sehingga dalam penghitungan Q pada ban berlaku rumus (2) (Holman, 2010) berikut.

$$Q = k.A \cdot \frac{T_2 - T_3}{L} \quad (2)$$

Keterangan:

Q = Laju perpindahan panas (watt)

k = Konduktivitas panas karet ($W/m \cdot ^\circ C$)

A = Luas penampang plat pemanas (m^2)

T_2 = Suhu plat pemanas ($^\circ C$)

T_1 = Suhu ban ($^\circ C$)

L = Tebal ban (m)

Data daya (Q) diperoleh dari besaran tegangan dan kuat arus yang masuk ke dalam sistem. Dalam hal ini tegangan (V) listrik yang masuk ke dalam sistem sebesar

220 volt, sesuai daya yang disediakan oleh PLN. Untuk kuat arus (I) diperoleh dari kemampuan *heater* dalam menyalurkan besaran arus listrik. Sehingga dalam penghitungan Q berdasarkan tegangan dan arus berlaku rumus (3) (Cengel, 2003) berikut.

$$Q = V \cdot I \quad (3)$$

Keterangan:

Q = Daya (watt)

V = Tegangan (V)

I = Kuat arus (A)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian laju perpindahan panas plat pemanas (Q_{plat}), pengujian laju perpindahan panas ban (Q_{ban}), dan pengujian daya berdasarkan tegangan dan arus (Q_{daya}) dilakukan di Laboratorium Perpindahan Panas Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya. Pengujian dilakukan dengan memvariasikan suhu T_2 (suhu plat pemanas) untuk mengetahui seberapa besar

suhu T_1 (suhu *heater*) dan T_3 (suhu ban).

Berdasarkan pengujian alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis, diperoleh data besaran suhu T_1 dan T_2 yang dapat dilihat pada *display thermocontrol*. Data besaran suhu dari hasil pengujian tersebut kemudian dikonversikan ke dalam rumus perpindahan panas konduksi untuk mengetahui Q_{plat} . Data besaran suhu tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 untuk total suhu dan Tabel 2 untuk data hasil pengujian pada plat pemanas, serta data hasil perhitungan Q_{plat} dapat dilihat pada Tabel 3.

Secara umum dapat diketahui jika suhu T_2 semakin meningkat, suhu T_1 akan jauh lebih besar melebihi T_2 . Lebih besarnya T_1 daripada T_2 menimbulkan perbedaan suhu di antara kedua titik pengujian. Dari perbedaan suhu tersebut kita dapat mengetahui seberapa besar selisih suhu (T) antara T_1 dan T_2 . Dengan diketahuinya T maka kita dapat melakukan perhitungan pada Q_{plat} . Semakin tinggi T maka akan berdampak

Tabel 1

Data Hasil Pengujian Alat Penambal Ban dengan Pengontrol Suhu Otomatis

Suhu Plat (T_2) (°C)	Suhu Heater (T_1) (°C)	Suhu Ban (T_3) (°C)	Waktu
40	134	30,6	1 Menit, 12 Detik
50	146	43,3	1 Menit, 25 Detik
60	158	54,5	1 Menit, 32 Detik
70	170	65,9	1 Menit, 47 Detik
80	183	76,7	1 Menit, 56 Detik

Tabel 2
Data Hasil Pengujian pada Plat Pemanas

Suhu Plat (T_2) ($^{\circ}\text{C}$)	Suhu Heater (T_1) ($^{\circ}\text{C}$)	T ($^{\circ}\text{C}$)	Persentase
40	134	94	70%
50	146	96	66%
60	158	98	62%
70	170	100	59%
80	183	103	56%
Persentase selisih rata-rata			63%

Tabel 3
Hasil Perhitungan Laju Perpindahan Panas pada Plat Pemanas (Q_{plat})

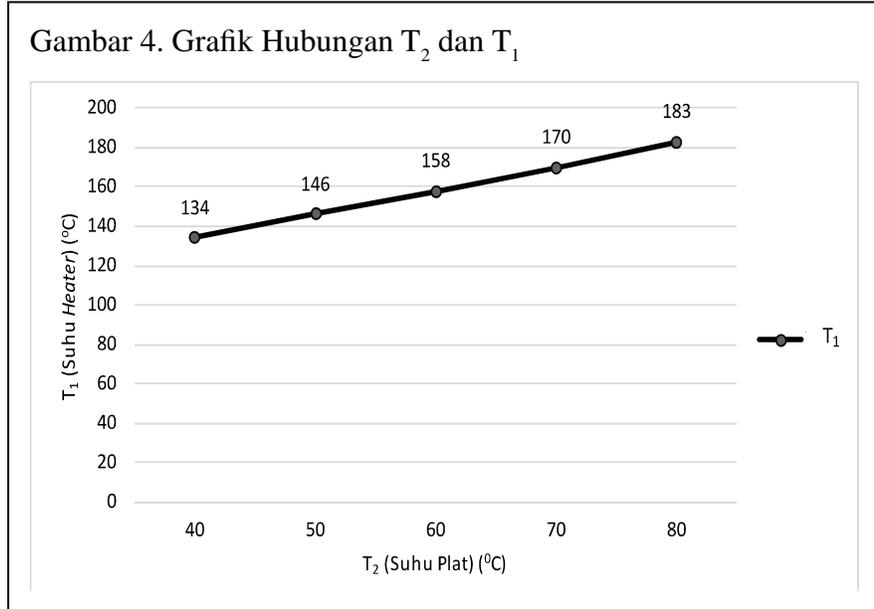
No	K ($\text{W/m}\cdot^{\circ}\text{C}$)	A (m^2)	T ($^{\circ}\text{C}$)	L (m)	Q_{plat} (w)	Persentase
1	73	0,01	94	0,002	34310	
2	73	0,01	96	0,002	35040	2%
3	73	0,01	98	0,002	35770	4%
4	73	0,01	100	0,002	36500	6%
5	73	0,01	103	0,002	37595	9%
Persentase Peningkatan Rata-rata						5%

pada tingginya hasil perhitungan pada Q_{plat} . Hal ini sesuai dengan Tabel 3, semakin besar jumlah T di setiap variasi suhu menyebabkan semakin besar pula hasil perhitungan pada Q_{plat} . Persentase peningkatan pada keseluruhan variasi suhu T_2 rata-rata sebesar 5%, apabila dibandingkan dengan $T_2 = 40^{\circ}\text{C}$. Peningkatan terbesar dari pengujian ini ada pada suhu 80°C dengan persentase peningkatan sebesar 9% dan selisih Q_{plat} sebesar 3285 watt.

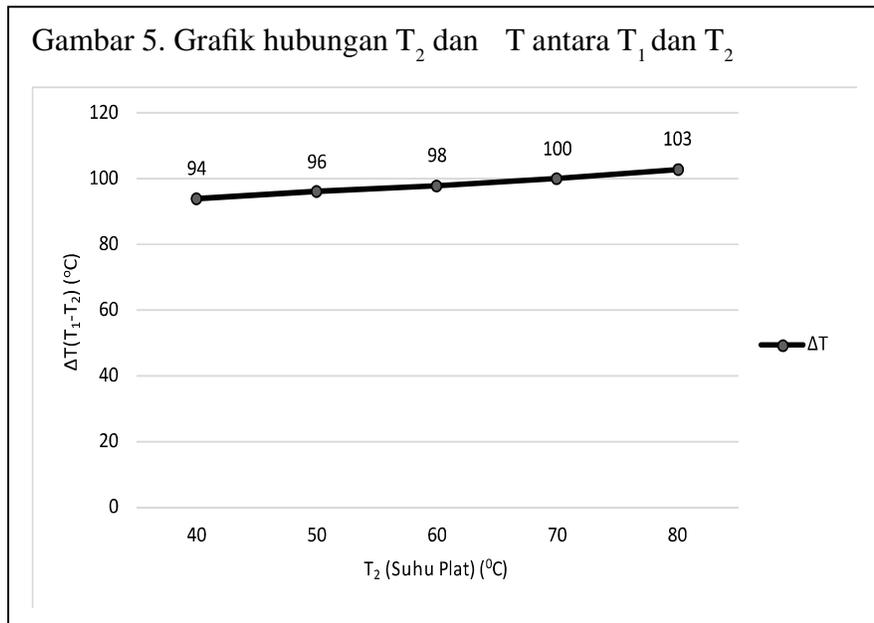
Berdasarkan data pada Tabel 2 dan 3, jika ditampilkan dalam bentuk grafik terlihat seperti pada Gambar 4, 5, dan 6. Berdasarkan

Gambar 4, 5, 6, Tabel 2, dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa pada T_1 , T, dan Q_{plat} mengalami peningkatan di setiap variasi suhu. Persentase selisih rata-rata pengujian pada plat pemanas antara suhu T_1 dan T_2 sebesar 63%. Persentase terbesar terjadi pada variasi suhu 40°C yaitu sebesar 70%. Persentase 70% tersebut diperoleh dari perhitungan selisih suhu (T) dari $T_1 = 134^{\circ}\text{C}$ dan $T_2 = 40^{\circ}\text{C}$ sebesar 94°C . Jadi dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam pengujian plat pemanas ini T_1 dipastikan lebih tinggi dari pada T_2 , mengingat T_1 merupakan temperatur dari sumber panas. Sehingga

Gambar 4. Grafik Hubungan T_2 dan T_1



Gambar 5. Grafik hubungan T_2 dan ΔT antara T_1 dan T_2

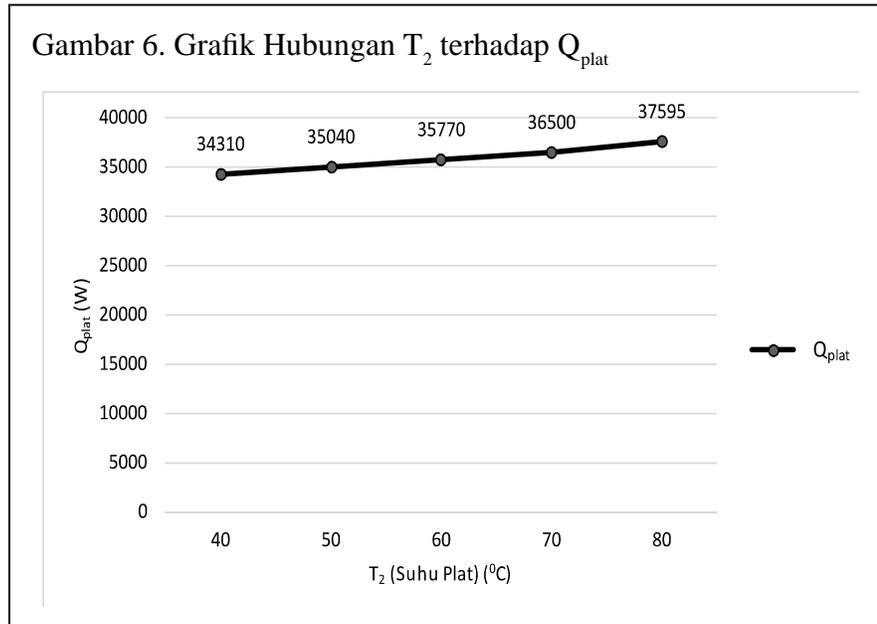


pada saat dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus konduksi besaran Q_{plat} juga meningkat di setiap variasi suhu yang telah ditentukan.

Data hasil pengujian dengan mengguna-

kan ban merek IRC ukuran 70/90-17 dapat dilihat pada Tabel 4 dan perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5. Dari data pada Tabel 4 dan 5 jika ditampilkan dalam bentuk grafik terlihat seperti pada Gambar 7, 8, dan 9.

Secara umum pada hasil pengujian ban,



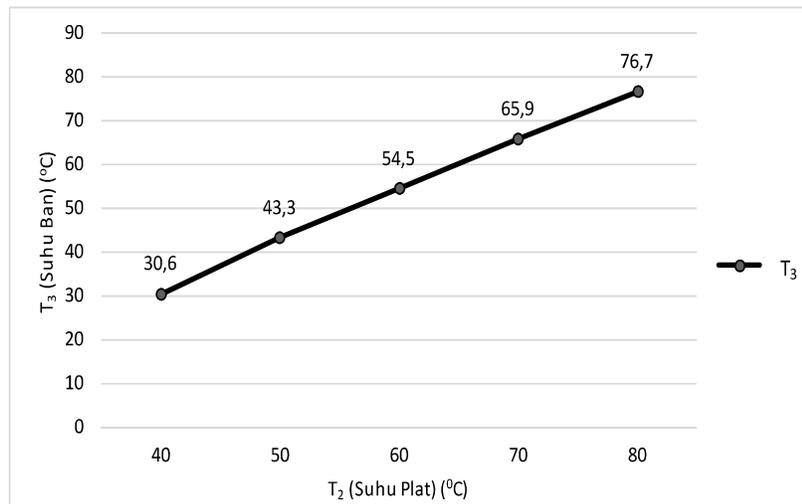
Tabel 4
Data Hasil Pengujian pada Ban

Suhu Plat (T_2) (°C)	Suhu Ban (T_3) (°C)	T (°C)	Persentase
40	30,6	9,4	24%
50	43,3	6,7	13%
60	54,5	5,5	9%
70	65,9	4,1	6%
80	76,7	3,3	4%
Persentase selisih rata-rata			11%

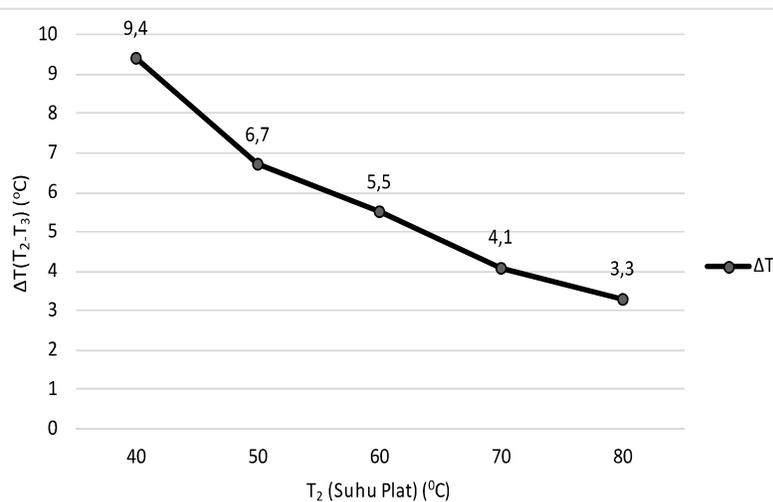
Tabel 5
Hasil Perhitungan Laju Perpindahan Panas pada Ban (Q_{ban})

No	K (W/m.°C)	A (m ²)	T (°C)	L (m)	Q_{ban} (W)	Persentase
1	0,15	0,000225	9,4	0,002	0,1586250	
2	0,15	0,000225	6,7	0,002	0,1130625	29%
3	0,15	0,000225	5,5	0,002	0,0928125	41%
4	0,15	0,000225	4,1	0,002	0,0691875	56%
5	0,15	0,000225	3,3	0,002	0,0556875	65%
Persentase Peningkatan Rata-rata						48%

Gambar 7. Grafik hubungan T_2 dan T_3



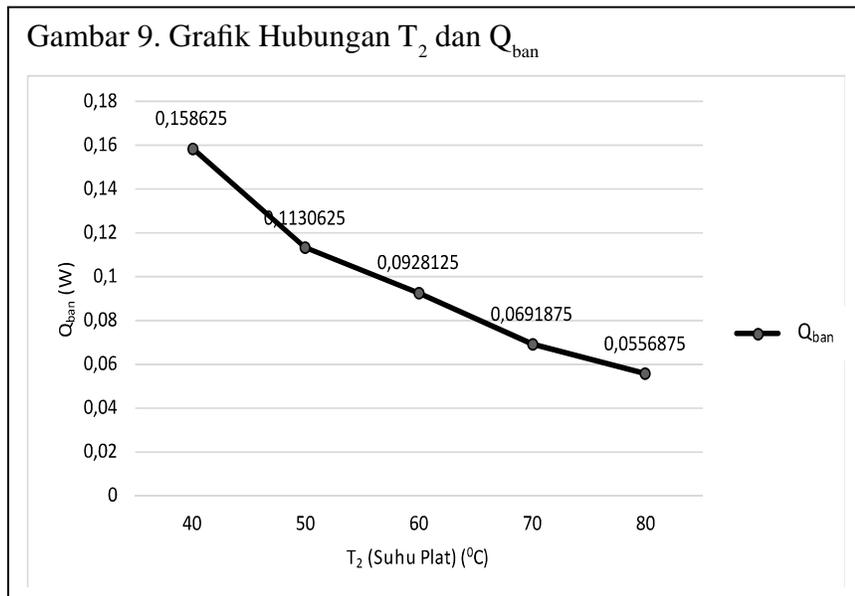
Gambar 8. Grafik hubungan T_2 dan ΔT antara T_2 dan T_3



besaran suhu T_3 selalu lebih rendah dari T_2 . Hal ini disebabkan distribusi suhu dari T_1 ke T_3 terlebih dahulu harus melewati T_2 . Sesuai Tabel 4 dan Gambar 8, di setiap variasi suhu terdapat perbedaan suhu (ΔT) di antara T_2 dan T_3 . Persentase selisih suhu rata-rata antara T_2 dan T_3 sebesar 11%, selisih terbesar ada di

variasi suhu 40°C pada $\Delta T = 9,4^\circ\text{C}$ hasil dari $T_2 = 40^\circ\text{C}$ dan $T_3 = 30,6^\circ\text{C}$.

Di setiap variasi terjadi peningkatan suhu pada T_3 , hal ini dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 7. Akan tetapi, jika dilihat dari tren grafik hasil perhitungan Q_{ban} pada Gambar 9, justru terjadi penurunan di setiap



variasi suhu. Hasil perhitungan Q_{ban} , rata-rata menurun dengan persentase 48% dan penurunan terbesar terjadi pada suhu T_2 80 $^{\circ}\text{C}$ apabila dibandingkan dengan suhu T_2 sebesar 40 $^{\circ}\text{C}$. Selisih antara Q_{ban} pada suhu T_2 40 $^{\circ}\text{C}$ dan 80 $^{\circ}\text{C}$ sebesar 0,1029375 watt.

Untuk lebih jelas, pengujian ban di setiap variasi suhu dapat dilihat pada analisis berikut. Pada suhu 40 $^{\circ}\text{C}$ dihasilkan T_3 sebesar 30,6 $^{\circ}\text{C}$, T sebesar 9,4 $^{\circ}\text{C}$ dengan persentase sebesar 24%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan Q_{ban} sebesar 0,158625 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 12 detik (72 detik). Bukti fisik atau bukti dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 10.

Berdasarkan hasil pengujian, dapat dinyatakan bahwa suhu 40 $^{\circ}\text{C}$ bukan suhu yang tepat untuk proses penambalan. Hal tersebut terbukti dari hasil penambalan yang

menunjukkan bahwa antara ban dan bahan penambal terlihat belum menyatu.



Pada suhu 50 $^{\circ}\text{C}$ dihasilkan T_3 sebesar 43,3 $^{\circ}\text{C}$, T sebesar 6,7 $^{\circ}\text{C}$ dengan persentase sebesar 13%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan Q_{ban} sebesar 0,1130625 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 25 detik (85 detik), Q_{ban} tersebut turun 29% apabila dibandingkan dengan Q_{ban} 40 $^{\circ}\text{C}$.

Bukti fisik atau bukti berupa hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.



Sesuai hasil pengujian pada Gambar 11, menunjukkan bahwa suhu 50 °C belum termasuk suhu yang tepat dalam proses penambalan. Bahan penambalan telah terlihat menempel dengan ban, akan tetapi bahan masih belum menempel dengan kuat.

Pada suhu 60°C dihasilkan T_3 sebesar 54,5°C, T sebesar 5,5°C dengan persentase sebesar 9%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan Q_{ban} sebesar 0,0928125 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 32 detik (92 detik), Q_{ban} tersebut turun 18% apabila dibandingkan dengan Q_{ban} 50°C. Bukti fisik atau bukti dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 12.

Secara umum hasil pengujian menunjukkan suhu 60°C telah masuk kategori baik. Namun, jika dilihat dengan seksama terlihat bahwa pada bagian samping dari hasil

Gambar 12. Hasil Pengujian Ban pada Suhu 60°C



penambalan masih terlihat kurang menyatu dengan ban.

Pada suhu 70°C dihasilkan T_3 sebesar 65,9°C, T sebesar 4,1°C dengan persentase sebesar 6%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan Q_{ban} sebesar 0,0691875 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 47 detik (107 detik), Q_{ban} tersebut turun 25% jika dibandingkan dengan Q_{ban} 60°C. Bukti fisik atau bukti dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 13.

Berdasarkan bukti hasil pengujian pada suhu 70°C pada Gambar 13, dapat dilihat

Gambar 13. Hasil Pengujian Ban pada Suhu 70°C



bahwa hasil penambalan masuk dalam kategori sempurna. Hal tersebut terbukti dari menyatunya bahan penambalan ban dengan ban baik pada sisi atas maupun pada sisi samping ban.

Pada suhu 80°C dihasilkan T_3 sebesar 76,7°C, T sebesar 3,3°C dengan persentase sebesar 4%. Dari hasil pengujian tersebut didapatkan Q_{ban} sebesar 0,0556875 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 56 detik (116 detik), Q_{ban} tersebut turun 20% apabila dibandingkan dengan Q_{ban} 70°C. Bukti fisik atau bukti dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 14.

Gambar 14. Hasil Pengujian Ban Suhu 80°C



Berdasarkan bukti hasil pengujian pada suhu 80°C dapat dinyatakan bahwa hasil penambalan termasuk dalam kategori tidak baik. Hal disebabkan hasil penambalan ban terlalu matang (melepuh).

Data hasil pengujian daya menunjukkan bahwa listrik yang masuk ke dalam sistem

memiliki besaran arus dan tegangan. Arus yang masuk menyesuaikan ampere yang digunakan pada sistem pemanas (dari *heater*), sedangkan tegangan yang masuk menyesuaikan tegangan yang disediakan oleh pihak PLN.

Gambar 15. Proses Pengujian Ban Suhu 70°C



Gambar 15 menunjukkan besaran tegangan dan arus yang diambil ketika proses pengujian berlangsung. Dari Gambar 15 diperoleh data bahwa arus yang masuk ke dalam sistem sebesar 1,6 A dan tegangan yang masuk sebesar 220 V, sehingga apabila dilakukan perhitungan untuk mengetahui daya (Q_{daya}) yang masuk ke dalam sistem berlaku rumus (3). Sesuai dengan perhitungan dengan rumus (3), daya yang masuk ke dalam sistem pada alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis yaitu sebesar 352 watt.

SIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian dan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan

hasil penambalan terbaik dalam penelitian ini terdapat pada suhu 70°C dengan kategori sempurna. Besaran suhu T_1 sebesar 134°C; T_2 sebesar 70°C; dan T_3 sebesar 65,9°C. Sedangkan laju perpindahan panas pada Q_{plat} sebesar 36500 watt dan Q_{ban} sebesar 0,0691875 watt dengan waktu penambalan selama 1 menit 47 detik (107 detik).

DAFTAR PUSTAKA

- Andrizal. (2003). *Pembuatan alat tambal ban dalam (Benen) kendaraan semi otomatis* (Laporan penelitian tidak diterbitkan). Universitas Negeri Padang, Padang.
- Ashari, A., Mufarida, A., & Efan, A. (2016). Analisis perpindahan panas pada alat tambal ban elektrik. *J-Proteksion, Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 1(1), 37-42.
- Bull, K. (2008). Thermocouples: Basic function and sources of error thermistors and thermocouples: Matching the tool to the task in thermal validation. *The Journal of Validation Technology*, 14(2), 73-76.
- Cengel, Y. A. (2003). *Heat transfer: A practical approach* (2nd ed.). Boston: *Mc Graw-Hill*. Diunduh dari: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC341276/pdf/nar00305-0003.pdf>.
- Gufron, A., & Arsana, I. M. (2017). Rancang bangun alat penambal ban dengan pengontrol suhu otomatis. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 4(2), 39-46.
- Holman, J. (2010). *Heat transfer* (10th ed.) (B. Stenquist Ed.). Boston: *Mc Graw Hill*.
- Kay, B. B., & Harmon, J. L. (1969). Twelve functions in a new digital meter. *Hewlett-Packard Journal*, 20(7), 2-13.
- Ortuño, M., Márquez, A., Gallego, S., Neipp, C., & Beléndez, A. (2011). An experiment in heat conduction using hollow cylinders. *European Journal of Physics*, 32(4), 1065-1075.
- Permadi, I., Sumardi, & Setiawan, I. (2012). *Pengendalian temperature pada plant electric furnace menggunakan sensor thermocouple dengan metode fuzzy* (Disertasi tidak diterbitkan). Universitas Diponegoro, Semarang.
- Satrio, A. W. (2012). *Alat tambal ban elektrik dengan pendekatan value engineering* (Skripsi tidak diterbitkan). Fakultas Teknik Industri Universitas Wijaya Putra, Surabaya.
- Sugiyono. (2006). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wulandari, D. C., & Wildian. (2014). Rancang bangun ammeter DC tipe non-destructive berbasis mikrokontroler ATmega8535 dengan sensor efek hall ACS712. *Jurnal Fisika Unand*, 3(2), 121-127.
- Zaputra, A. O. (2016). *Tambal ban dengan metode logika fuzzy menggunakan mikrokontroler atmega 8535* (Disertasi tidak diterbitkan). Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang.
- Zhengyu, W., Xiaoyang, Y., Guanghui, L., & Guangyu, T. (2014). Online cutting temperature measurement system based thermocouple. *International Journal of Control and Automation*, 7(10), 355-364.