

Perancangan Automatic Tissue Processor Pada Tahap Infiltrasi Paraffin Jaringan Untuk Pembuatan Sediaan Preparat Histologi

Sunardi¹, Irawadi Buyung², Latifah Listyalina³

^{1,2} Program Studi Teknik Elektro, Universitas Respati Yogyakarta

³ Program Studi Teknologi Karet dan Plastik, Politeknik ATK Yogyakarta,

Corresponding Author : Latifah Listyalina (latifah.listyalina@atk.ac.id)

Abstract — The Automatic Tissue Processor is one of the tools used for tissue processing in automatic histology specimen preparation. The Tissue Processor consists of several stages, namely Dehydration, Clearing, and Paraffin Infiltration. Paraffin infiltration is a stage where tissue cavities are filled with melted paraffin. The purpose of creating this tool is to assist in the automatic tissue processing during the paraffin infiltration stage and to make it easier for operators to use. To achieve this goal, an LM35 temperature sensor is used to monitor the temperature in the chamber, and a heater (heating element) is used to melt the paraffin. In the design of the automatic tissue processor using the Arduino Mega 2560 microcontroller, the device can process tissues automatically by moving the specimen basket from one chamber to the next according to the programmed sequence. The time used for paraffin infiltration can proceed continuously with the calculated time set by the operator. The temperature sensor monitors the temperature during paraffin heating and infiltration processes. However, there are still some shortcomings, such as the need for a temperature of 96°C to melt all the paraffin in chambers 1 and 2. The cooling process takes a long time because the temperature during paraffin melting is quite high, and the cooling fan is small, resulting in a longer time for paraffin melting and cooling until the temperature reaches the operator-set value. The functional test results involve comparing the temperature values measured by the temperature sensor and thermometer, as well as comparing the time values obtained from the microcontroller and a stopwatch. The results of both parameters are displayed on the 20x4 LCD screen on the device. The functional test results show that the device in chamber 1 has a percentage error at a temperature of 59°C of 3.49% and at 60°C of 3.56%. The errors for 1 hour and 2 hours are 0.78% and 0.80%, respectively. For chamber 2, the percentage error at 59°C is 3.66%, at 60°C is 3.53%, and for 1 hour and 2 hours, the errors are 0.79% and 0.81%, respectively.

Keyword — Infiltration, Heater, Paraffin, LM35, LCD

Abstrak — Automatic Tissue Processor salah satu alat yang digunakan untuk proses jaringan dalam pembuatan sediaan histologi secara otomatis. Automatic Tissue Processor terdiri dari beberapa tahap yaitu dehidrasi, clearing, infiltrasi paraffin. Infiltrasi paraffin bagian dari tahap pengisian rongga jaringan oleh paraffin yang telah dicairkan. Tujuan dibuatnya alat ini yaitu untuk membantu pemrosesan

jaringan pada tahap infiltrasi paraffin secara otomatis dan agar lebih memudahkan penggunaan oleh operator. Agar tujuan dari pembuatan alat ini terpenuhi maka digunakan sensor suhu LM35 untuk memonitoring suhu pada tabung, kemudian memakai heater (elemen pemanas) yang berfungsi untuk mencairkan paraffin. Pada perancangan alat automatic tissue processor tahap infiltrasi paraffin dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 alat dapat memproses jaringan secara otomatis yaitu dengan memindahkan keranjang preparat dari tabung satu berikutnya sesuai dengan program yang dibuat. Waktu yang digunakan untuk infiltrasi paraffin dapat berjalan secara berkelanjutan dengan perhitungan waktu sesuai dengan yang telah diatur oleh operator. Sensor suhu dapat memonitoring suhu yang ada pada tabung pada saat pemanasan paraffin dan proses infiltrasi paraffin. Namun masih terdapat kekurangan seperti alat ini membutuhkan suhu 96°C dalam mencairkan seluruh paraffin yang ada di dalam tabung 1 dan 2. Proses pendinginan yang lama karena suhu saat proses pencairan paraffin cukup tinggi dan kipas pendingin yang ukurannya kecil sehingga waktu yang dibutuhkan dalam pencairan paraffin dan pendinginan sampai suhu sama dengan yang diatur oleh operator. Hasil uji fungsi alat adalah dengan cara membandingkan nilai suhu yang terukur oleh sensor suhu dan thermometer, dan membandingkan nilai waktu hasil pembacaan mikrokontroler dan stopwatch. Hasil dari kedua parameter tersebut akan ditampilkan pada LCD 20x4 pada alat. Hasil dari uji fungsi alat menunjukkan bahwa alat pada tabung 1 mempunyai nilai persen error pada suhu 59°C sebesar 3,49% dan suhu 60°C sebesar 3,56%, waktu 1 jam sebesar 0,78%, waktu 2 jam sebesar 0,80%. Kemudian persen error pada tabung 2 pada suhu 59°C sebesar 3,66% dan suhu 60°C sebesar 3,53%, waktu 1 jam sebesar 0,79%, waktu 2 jam sebesar 0,81%.

Kata kunci — Automatic Tissue Processor, Infiltrasi, Heater, Paraffin, LM35, LCD

I. PENDAHULUAN

Histologi merupakan cabang ilmu biologi yang mempelajari tentang struktur jaringan secara detail menggunakan mikroskop pada sediaan jaringan dengan irisan tipis. Irisan tersebut nantinya akan memperlihatkan bentuk, ukuran dan lapisan yang beragam yang terdiri dari struktur seluler, fibrosa dan tubuler [1][2][3].

Automatic Tissue Processor adalah alat yang berguna untuk proses pengolahan jaringan pada kegiatan histoteknik

(proses untuk membuat sajian histologi) yang telah dipotong dan telah melalui tahap proses kimiawi yaitu Fiksasi (*Fixation*), Pemeriksaan Kotor (*Gross Examination*), dan kemudian dilakukan Pengolahan Jaringan (*Tissue Processing*). *Tissue Processor* atau Pengolahan jaringan bertujuan untuk mengolah jaringan agar proses mikrotom bisa dilakukan secara sempurna. *Tissue Processor* terdiri dari beberapa tahap yaitu Dehidrasi, *Clearing*, Infiltrasi parafin. [4]. Pada saat proses infiltrasi yaitu dengan menggunakan parafin cair yang dipanaskan berfungsi untuk mengisi rongga-rongga atau pori-pori yang ada pada jaringan setelah ditinggalkan oleh cairan sebelumnya (*xylol*) [5].

Berdasarkan penelitian [6], di dalam penelitian ini, digunakan sensor suhu DS18B20 mengukur suhu pada saat pemanasan parafin dan hasil pengukuran ditampilkan pada LCD 2x16. Sebuah *heater* kering digunakan untuk memanaskan wadah yang berisi parafin agar parafin berubah menjadi cair dan kemudian didinginkan menggunakan sebuah kipas AC. Pada penelitian ini faktor kesalahan pada pengujian suhu pada alat dibandingkan dengan suhu pada termometer sebesar 0,6%. Indikasi kedua yaitu mampu menstabilkan suhu antara 51°C hingga 54°C yang masih di dalam batas aman untuk kulit.

Berdasarkan penelitian [7], di dalam penelitian ini, digunakan sebuah motor DC *shunt* untuk menggerakkan tabung pengisian baglog jamur secara otomatis dengan kontrol dari sebuah mikrokontroler Arduino uno dan menggunakan sebuah sensor *proximity* untuk mengukur jarak penyimpangan pada posisi tabung baglog. Dari hasil percobaan yang telah dibuat diperoleh rata-rata jarak penyimpangan antara sensor *proximity* terhadap posisi tabung ketika berhenti yaitu sebesar 0,118° dan jarak maksimal sebesar 0,414° ke kanan dan 0,414° ke kiri dari titik tengah sensor *proximity*.

Pada alat penelitian [8] terdapat kekurangan tidak meratanya suhu karena menggunakan heater yang terlalu kecil dari ukuran *chamber* dan hal ini juga membuat pemanasan atau proses pencairan parafin menjadi lambat. Adapun kelebihanannya yaitu dalam penggunaan simulasi alat paraffin bath tidak dilakukan pengaturan oleh user dengan kata lain pemanasan pada alat *paraffin bath* dilakukan secara otomatis.

Pada alat *automatic tissue processor* pada tahap infiltrasi parafin ini akan menggunakan perhitungan waktu *countdown* pada mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sambungan pada motor DC ke besi ulir yang akan menggerakkan alat akan menggunakan sebuah sambungan langsung pada motor DC ke besi ulir yaitu sebuah *coupler flexible* sebagai penggerak mekanik agar lebih presisi saat motor berhenti [9][10]. Pada alat *automatic tissue processor* untuk tahap infiltrasi parafin ini menggunakan sensor suhu LM35 untuk mengontrol dan memonitoring panas pada tabung berisi parafin, menggunakan *heater* kering yang ukurannya disesuaikan dengan besar tabung parafin. Untuk driver motor DC alat ini

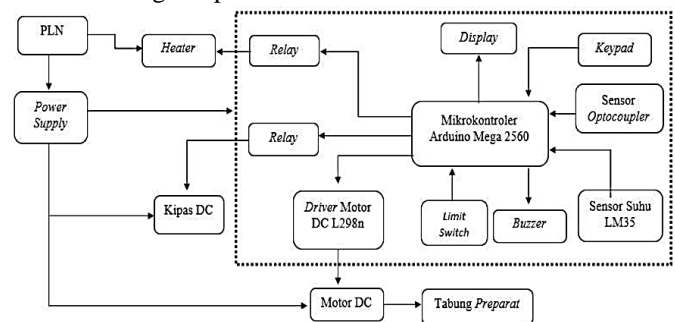
akan menggunakan sebuah driver motor L298n untuk gerakan mekanik dan mengatur arah putaran pada alat.

II. METODE

Spesifikasi dari alat *automatic tissue processor* pada tahap infiltrasi paraffin jaringan untuk pembuatan preparat histologi sebagai berikut:

1. Nama Alat: Automatic Tissue Processor
2. Power Supply: 5 VDC, 7,5 VDC dan 15 VDC
3. Pengaturan waktu pada alat: 0 - 3 jam tetapi pada umumnya menggunakan waktu 1 jam – 2 jam.
4. Pengaturan suhu pada alat: 0°C - 99°C tetapi pada umumnya menggunakan suhu 59°C-60°C
5. Mikrokontroler: Arduino Mega 2560
6. Display: LCD (*Liquid Crystal Display*) 20x4
7. Tombol: keypad 4x4.

Perancangan alat *automatic tissue processor* pada tahap infiltrasi paraffin jaringan untuk pembuatan preparat histologi memiliki prinsip kerja sebagaimana ditunjukkan oleh blok diagram pada Gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram *automatic tissue processor* pada tahap infiltrasi paraffin

Alat ini terdiri dari beberapa bagian yaitu saklar ON/OFF, Power supply, relay module, mikrokontroler Arduino Mega 2560, sensor *optocoupler*, *keypad*, *heater*, *limit switch*, *driver motor*, motor DC, LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C 20x4, sensor suhu, *buzzer*, kipas dan tabung preparat. Garis putus-putus pada Gambar 1 adalah bagian yang menjadi satu atau yang dikontrol oleh mikrokontroler. Fungsi dari bagian – bagian alat adalah sebagai berikut:

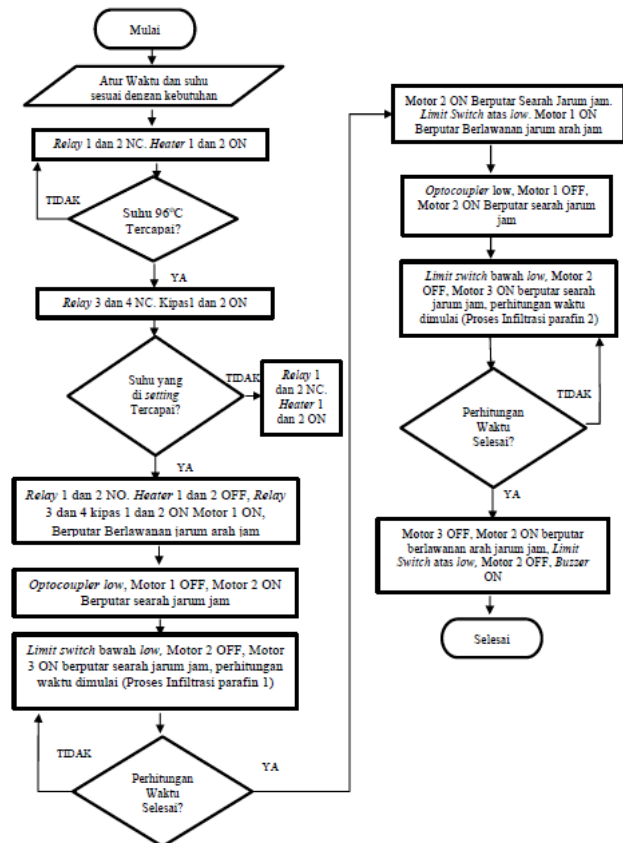
1. Sumber PLN digunakan sebagai suplai tegangan listrik untuk *power supply* dan *heater* kemudian saklar ON/OFF berfungsi sebagai pemutus dan penyambung sumber tegangan pada alat.
2. *Power supply* digunakan untuk penyuplai sumber tegangan listrik pada motor DC, kipas dan mikrokontroler.
3. *Keypad* berfungsi sebagai pengatur suhu, jam, dan menit pada alat sesuai dengan kebutuhan.
4. *Display* berfungsi untuk menampilkan pengaturan dan *monitoring* suhu, jam, dan menit pada alat.
5. *Relay Module* berfungsi sebagai pemutus dan penyambung tegangan pada *heater* dan kipas DC sesuai dengan suhu yang telah diatur.

6. Heater berfungsi sebagai pemanas pada tabung untuk mencairkan paraffin pada tabung.
7. Kipas berfungsi untuk mendinginkan dan menstabilkan suhu sesuai dengan pengaturan pada tabung
8. Sensor suhu LM35 berfungsi untuk mengukur dan memonitoring suhu pada tabung yang berisi parafin saat proses infiltrasi parafin.
9. Driver motor L298n berfungsi sebagai penggerak dan pengatur arah putaran pada motor agar arah putaran sesuai dengan arah yang sudah diatur dengan program.
10. Tabung preparat berfungsi sebagai wadah pembawa preparat yang akan dilakukan proses infiltrasi parafin.
11. Limit switch berfungsi sebagai pengontrol dan pembatas gerak pada alat.
12. Sensor *optocoupler* ini berfungsi untuk menentukan posisi tabung preparate sejajar dengan tabung yang berisi parafin.
13. *Buzzer* ini berfungsi untuk memberikan alarm atau tanda ketika proses infiltrasi parafin telah selesai.
14. Mikrokontroler Arduino Mega 2560 berfungsi untuk memproses nilai input dan output dari sensor suhu, sensor *optocoupler*, *limit switch*, *driver motor*, *relay*, *buzzer*, dan *keypad* yang sudah diatur dengan menggunakan *software* Arduino IDE dan kemudian ditampilkan pada display LCD (*Liquid Crystal Display*) I2C 20x4

Pada proses mulai alat dalam keadaan *standby* kemudian pengguna mengatur waktu dan sesuai dengan kebutuhan pada proses infiltrasi parafin. Setelah waktu dan suhu diatur relay 1 dan 2 akan NC (normally closed) sehingga heater ON dan alat melakukan pemanasan parafin dengan suhu 96°C agar parafin menjadi cair saat suhu tercapai relay kipas akan NC dan kipas berputar untuk menurunkan suhu sampai dengan suhu yang telah diatur. Ketika suhu sesuai dengan yang diatur motor 1 akan bergerak dengan berputar berlawanan arah jarum jam yang mana nilai IN1 pada driver motor mendapat logika *high* dari mikrokontroler sehingga preparat bergerak ke arah kanan. Diagram alir alat ini ditampilkan pada Gambar 2 dijelaskan sebagai berikut.

Sensor *optocoupler* akan mendeteksi halangan yang sudah diatur pada tabung ketika sensor sudah sampai pada tabung 1 sensor *optocoupler* akan mengirimkan sinyal *low* pada mikrokontroler sehingga motor 1 OFF dan motor 2 berputar searah jarum jam yang mana mendapatkan input logika *high* dari mikrokontroler ke IN3 pada *driver*. Setelah lengan pembawa tabung preparat bergerak ke bawah akan menyentuh *limit switch* bawah dan motor 2 akan OFF dan motor 3 akan ON bersamaan dengan itu perhitungan waktu yang telah diatur diawal dimulai untuk proses pertama infiltrasi parafin. Setelah perhitungan waktu selesai kemudian motor 3 OFF dan motor 2 ON berputar berlawanan arah jarum jam dan lengan bergerak ke arah atas ketika lengan menyentuh *limit switch* atas motor 2 OFF dan motor 1 ON dan preparat bergerak ke arah kanan untuk proses

infiltrasi parafin kedua yang mana proses infiltrasi parafin yang pertama. Akan tetapi pada saat lengan pembawa preparat telah menyentuh *limit switch* atas *buzzer* akan ON dan semua motor, *relay*, kipas dan heater OFF menandakan proses telah selesai.



Gambar 2. Diagram alir proses infiltrasi paraffin pada Automatic Tissue Processor

III. PENGUJIAN DAN ANALISIS DATA

Pengujian pada alat ini antara lain adalah pengujian pada sensor suhu dalam pembacaan suhu yang digunakan untuk memonitoring suhu pada tabung satu dan tabung dua yang dipanaskan oleh sebuah heater serta perhitungan waktu pemrosesan infiltrasi paraffin yang ditampilkan pada LCD. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk analisis data.

$$\text{Galat} = \left| \frac{x - A}{A} \right|$$

$$\text{Persentase Galat} = \frac{\bar{X} - A}{A} \times 100\%$$

$$\text{Persen Akurasi} = 100\% - \left| \frac{x - A}{A} \right| \times 100\%$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

$$\text{Presisi} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

$$\text{Error} = x - A$$

Keterangan:

x = Nilai terukur atau rata-rata nilai terukur

A = Nilai sebenarnya atau nilai yang diinginkan

SD = Standar deviasi

X_i = Nilai pengukuran ke i

\bar{X} = Rerata nilai pengukuran

N = Jumlah pengukuran

Dari hasil pengujian pembacaan sensor suhu pada suhu 57°C, 58°C, 59°C, dan 60°C yang ditampilkan LCD pada pengukuran pada tabung 1 nilai rata-rata pengukuran dengan menggunakan termometer sebesar 57,6°C, 58,8°C, 59,6°C, dan 60,6°C. Kemudian pada pengukuran tabung 2 nilai rata-ratanya sebesar 57,8°C, 58,6°C, 59,8°C, dan 60,8°C. Hasil dari pengujian suhu pada tabung 1 dan 2 cukup baik hasilnya karena pada pengujian ini suhu pengukuran dan suhu pembacaan sensor suhu kurang dari 1°C. Kemudian Hasil perhitungan waktu pemrosesan *infiltrasi paraffin* pada tabung 1 dan 2 dengan waktu 3600 detik (1 jam) pada perhitungan dengan menggunakan sebuah timer memiliki nilai rata-rata 3628,2 detik pada tabung 1 dan 3628,6 detik pada tabung 2. Pada hasil perhitungan timer pada pengujian dengan waktu 7200 detik (2 jam) perhitungan waktu rata-rata pada tabung 1 sebesar 7258,8 detik dan waktu perhitungan rata-rata pada tabung 2 sebesar 7258,2 detik. Hasil dari perhitungan waktu pada alat lebih lambat dibanding dengan perhitungan waktu pada timer. Untuk hasil analisa data perhitungan akurasi kesalahan, persen akurasi, SD (Standar Deviasi), dan presisi pada alat adalah sebagai berikut.

$$\text{Akurasi kesalahan} = \left| \frac{x-A}{A} \right|$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 1:

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,6}{57} \right| = 0,0105$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,6}{58} \right| = 0,0105$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,6}{59} \right| = 0,0105$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,6}{60} \right| = 0,0105$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Waktu } 3600 \text{ detik} = \left| \frac{28,2}{3600} \right| = 0,007$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Waktu } 7200 \text{ detik} = \left| \frac{58,2}{7200} \right| = 0,008$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 2:

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,8}{57} \right| = 0,014$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,6}{58} \right| = 0,010$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,8}{59} \right| = 0,013$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \left| \frac{0,8}{60} \right| = 0,013$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Waktu } 3600 \text{ detik} = \left| \frac{28,6}{3600} \right| = 0,007$$

$$\text{Akurasi Kesalahan Waktu } 7200 \text{ detik} = \left| \frac{58,8}{7200} \right| = 0,008$$

$$\text{Persen Error} = \frac{\bar{X}-A}{A} \times 100\%$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 1:

$$\text{Persen Error Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \frac{57,6-57}{57} \times 100\% = 1,05\%$$

$$\text{Persen Error Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \frac{58,6-58}{58} \times 100\% = 1,03\%$$

$$\text{Persen Error Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \frac{59,6-59}{59} \times 100\% = 1,01\%$$

$$\text{Persen Error Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \frac{60,6-60}{60} \times 100\% = 1\%$$

$$\text{Persen Error Waktu } 3600 \text{ detik} = \frac{3628,2-3600}{3600} \times 100\% = 0,78\%$$

$$\text{Persen Error Waktu } 7200 \text{ detik} = \frac{7258,2-7200}{7200} \times 100\% = 0,80\%$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 1:

$$\text{Persen Error Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \frac{57,8-57}{57} \times 100\% = 1,40\%$$

$$\text{Persen Error Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \frac{58,6-58}{58} \times 100\% = 1,03\%$$

$$\text{Persen Error Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \frac{59,8-59}{59} \times 100\% = 1,35\%$$

$$\text{Persen Error Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \frac{60,8-60}{60} \times 100\% = 1,33\%$$

$$\text{Persen Error Waktu } 3600 \text{ detik} = \frac{3628,6-3600}{3600} \times 100\% = 0,79\%$$

$$\text{Persen Error Waktu } 7200 \text{ detik} = \frac{7258,8-7200}{7200} \times 100\% = 0,81\%$$

$$\text{Persen Akurasi} = 100\% - \left| \frac{x-A}{A} \right| \times 100\%$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 1:

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 57^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,6}{57} \right| \times 100\% = 98,95\%$$

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 58^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,6}{58} \right| \times 100\% = 98,96\%$$

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 59^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,6}{59} \right| \times 100\% = 98,98\%$$

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 60^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,6}{60} \right| \times 100\% = 99\%$$

$$\text{Persen Akurasi Waktu 3600 detik} = 100\% - \left| \frac{28,2}{3600} \right| \times 100\% = 99,21\%$$

$$\text{Persen Akurasi Waktu 7200 detik} = 100\% - \left| \frac{58,2}{7200} \right| \times 100\% = 99,19\%$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 2:

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 57^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,8}{57} \right| \times 100\% = 98,59\%$$

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 58^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,6}{58} \right| \times 100\% = 98,96\%$$

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 59^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,8}{59} \right| \times 100\% = 98,64\%$$

$$\text{Persen Akurasi Suhu } 60^{\circ}\text{C} = 100\% - \left| \frac{0,8}{60} \right| \times 100\% = 98,66\%$$

$$\text{Persen Akurasi Waktu 3600 detik} = 100\% - \left| \frac{28,6}{3600} \right| \times 100\% = 99,20\%$$

$$\text{Persen Akurasi Waktu 7200 detik} = 100\% - \left| \frac{58,8}{7200} \right| \times 100\% = 99,18\%$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 1:

$$SD \text{ Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (0)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (0)^2}{4}} = 0,86$$

$$SD \text{ Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (0)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (1)^2}{4}} = 1$$

$$SD \text{ Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (1)^2 + (0)^2 + (0)^2 + (1)^2}{4}} = 0,86$$

$$SD \text{ Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(0)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (0)^2 + (1)^2}{4}} = 0,86$$

$$SD \text{ Waktu 3600 detik} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(28)^2 + (29)^2 + (27)^2 + (29)^2 + (28)^2}{4}} = 31,54$$

$$SD \text{ Waktu 7200 detik} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(57)^2 + (60)^2 + (57)^2 + (59)^2 + (58)^2}{4}} = 65,08$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 2:

$$SD \text{ Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (0)^2}{4}} = 1$$

$$SD \text{ Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (1)^2 + (0)^2 + (0)^2 + (1)^2}{4}} = 0,86$$

$$SD \text{ Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (1)^2 + (1)^2 + (0)^2 + (1)^2}{4}} = 1$$

$$SD \text{ Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(1)^2 + (1)^2 + (0)^2 + (1)^2 + (1)^2}{4}} = 1$$

$$SD \text{ Waktu 3600 detik} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(29)^2 + (28)^2 + (29)^2 + (28)^2 + (29)^2}{4}} = 31,98$$

$$SD \text{ Waktu 7200 detik} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{(58)^2 + (59)^2 + (58)^2 + (60)^2 + (59)^2}{4}} = 65,74$$

$$\text{Presisi} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\%$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 1

$$\text{Presisi Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,86}{57,6} \times 100\% = 1,49\%$$

$$\text{Presisi Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1}{58,8} \times 100\% = 1,70\%$$

$$\text{Presisi Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,86}{59,6} \times 100\% = 1,44\%$$

$$\text{Presisi Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,86}{60,6} \times 100\% = 1,42\%$$

$$\text{Presisi Waktu 3600 detik} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{31,54}{3628,2} \times 100\% = 0,87\%$$

$$\text{Presisi Waktu 7200 detik} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{65,08}{7258,2} \times 100\% = 0,89\%$$

Berikut ini adalah hasil perhitungan dari suhu dan waktu pada tabung 2

$$\text{Presisi Suhu } 57^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1}{57,8} \times 100\% = 1,73\%$$

$$\text{Presisi Suhu } 58^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{0,86}{58,6} \times 100\% = 1,46\%$$

$$\text{Presisi Suhu } 59^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1}{59,8} \times 100\% = 1,67\%$$

$$\text{Presisi Suhu } 60^{\circ}\text{C} = \frac{SD}{\bar{X}} \times 100\% = \frac{1}{60,8} \times 100\% = 1,64\%$$

$$\text{Presisi Waktu 3600 detik} = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{31,98}{3628,6} \times 100\% = 0,88\%$$

$$\text{Presisi Waktu 7200 detik} = \frac{SD}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{65,74}{7258,8} \times 100\% = 0,90\%$$

Dari hasil perhitungan rata-rata di atas untuk pengujian alat *automatic tissue processor* tahap *infiltrasi paraffin* pada suhu 57°C, 58°C, 59°C, dan 60°C dengan waktu 3600 detik (1 jam) dan 7200 detik (2 jam) pada tabung 1 dan 2 hasilnya alat dapat bekerja cukup baik karena tidak melewati nilai toleransi yang sudah ditetapkan. Berikut ini adalah alat dari hasil perancangan alat *automatic tissue processor* tahap infiltrasi parafin yang telah selesai dibuat.



Gambar 3. Realisasi Alat

IV. KESIMPULAN

Alat *automatic tissue processor* pada tahap infiltrasi parafin jaringan untuk pembuatan sediaan preparat histologi ini dapat memindahkan secara otomatis jaringan dari tabung satu ke tabung berikutnya. Nilai Persen *error* alat *automatic tissue processor* tahap infiltrasi parafin pada suhu, 59°C, dan 60°C dengan waktu 3600 detik (1 jam) dan 7200 detik (2 jam) pada tabung 1 dan 2. Nilai persen *error* pada tabung 1 dengan suhu 59°C sebesar 3,49% pada suhu 60°C sebesar 3,55% dan pada waktu 1 jam (3600 detik) sebesar 0,78% pada waktu 2 jam (7200 detik) sebesar 0,80%. kemudian nilai persen *error* pada tabung 2 dengan suhu 59°C sebesar 3,66% pada suhu 60°C sebesar 3,53% dan pada waktu 1 jam (3600 detik)

persen *error* sebesar 0,79% pada waktu 2 jam (7200 detik) sebesar 0,81%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Jurnal Elektroda yang telah memfasilitasi dalam publikasi artikel ilmiah ini.

DAFTAR ACUAN

- [1] Baskoro, H. 2015. Tinjauan Pustaka. Semarang. Universitas Diponegoro. http://eprints.undip.ac.id/45487/4/BAB_II.pdf. Diakses pada tanggal 9 September 2019.
- [2] Dickson Cho. 2019. Pengertian Motor DC dan Prinsip Kerjanya. <https://teknikelektronika.com/pengertian-motor-dc-prinsipkerja-dc-motor/>. Diakses pada tanggal 9 September 2019.
- [3] Elektronika Dasar. 2012. Pengertian Dan Kelebihan Mikrokontroler. <https://www.scribd.com/presentation/442107622/2-PROSESSING-JARINGAN>. Diakses pada tanggal 9 September 2019.
- [4] Faudin, Agus. 2017. Tutorial Arduino Mengakses Sensor Hujan. <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-Arduino-mengakses-sensor-hujan/>. Diakses pada tanggal 15 September 2019.
- [5] Hastuti, M.U. 2016. Perancangan Alat Paraffin Bath Dengan Kontrol Suhu Secara Otomatis Berbasis Arduino Uno. Universitas Respati Yogyakarta. Yogyakarta.
- [6] Ilearningmedia. 2020. Pengertian Arduino UNO. Tangerang. <https://ilearning.me/sample-page-162/Arduino/pengertian-Arduino-uno/>. Diakses pada tanggal 15 September 2019.
- [7] Indrawati, Ari. 2017. Teknik Pembuatan Dan Evaluasi Preparat Histologi Dengan Pewarnaan Hematoksilin Eosin Di Laboratorium Histologi Dan Biologi Sel Fakultas Kedokteran UGM Dan National Laboratory Animal Center (NLAC) Mahidol University. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada. <https://www.slideshare.net/ariindrawati2/teknik-pembuatan-preparat-histologi-dengan-pewarnaan-hematoksilin-eosin>. Diakses pada tanggal 9 September 2019.
- [8] Putri, Umajari Sihmentari. Processing Jaringan. <https://www.scribd.com/presentation/442107622/2-PROSESSING-JARINGAN>. Diakses pada tanggal 2 Desember 2019.
- [9] Listyalina, Latifah dkk. 2023. Analisis Perancangan Digital Nutrition Scale Berbasis Sensor Load. Jurnal Aviation Electronics, Information Technology, Telecommunications, Electricals, Controls (AVITEC). Jilid 5, Terbitan 2, Halaman 137-146
- [10] Listyalina, Latifah dkk. 2021. Pengaruh Tegangan dan Arus di Pengambilan Data Waktu Cahaya Matahari pada Perancangan Kontrol Intensitas Lampu Jalan Otomatis Tenaga Surya. Jurnal Respati. Jilid 16 Terbitan 3 Halaman 76-79