

Analisis Hasil Elektrofesis DNA dengan Image Processing Menggunakan Metode Gaussian Filter

Khairul Anam^{*1}, Widya Cahyadi², Ihsanul Azmi³, Kartika Senjarini⁴, Rike Oktarianti⁵

^{1,2,3}Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jember; Indonesia

^{4,5}Program Studi Biologi, FMIPA, Universitas Jember, Jember; Indonesia

e-mail: ^{*1}khairul@unej.ac.id, ²cahyadi@unej.ac.id, ³ihsanulazmi13@gmail.com,

⁴senjarini@unej.ac.id, ⁵rike.fmipa@unej.ac.id

Abstrak

Elektrofesis DNA gel sangat penting dalam perkembangan ilmu pengetahuan. Namun, proses untuk menganalisis ukuran DNA masih tergolong susah, membutuhkan waktu yang lama, dan kemungkinan error yang besar bisa terjadi apabila dilakukan secara manual. Penelitian ini mengusulkan proses elektrofesis menggunakan pengolahan citra dengan metode Gaussian Filter. Gaussian Filter ini digunakan untuk memperbaiki kualitas pada gambar yang akan diuji sehingga kualitas gambar lebih jelas. Metode ini dibuat menggunakan promrograman python yang diterapkan pada modul raspberry pi 3. Modul ini akan memproses gambar yang telah diambil menggunakan kamera raspberry pi V1. Untuk merealisasikan gambar yang diambil oleh kamera, penelitian ini menggunakan tracking mouse pada gambar. Hasil dari pemrosesan gambar akan ditampilkan pada LCD touchscreen berukuran 5 inch. Hasil keseluruhan dari penelitian dengan metode Gaussian Filter ini menunjukkan hasil yang memuaskan. Hal ini dibuktikan dengan nilai error terkecil yang mencapai 0.20%. Selain itu, apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya nilai error terbesarnya masih relatif lebih kecil yaitu 12,411%.

Kata kunci— Elektrofesis, pengolahan citra, Gaussian Filter

Abstract

DNA gel electrophoresis plays an important role in the development of science. However, the process of manually analyzing DNA size is still relatively difficult, time-consuming, and often results an error. This study proposed electrophoresis process using image processing with Gaussian Filter method. Gaussian Filter is used to improve the quality of the image which makes the image clearer. The method was applied using python programming and then embedded into Raspberry pi 3 module. This modul processed images taken by Raspberry pi V1 camera. To realize these taken images, tracking mouse was used. All the images which had been processed were displayed on LCD touchscreen 5 inch. The result shows that the study using Gaussian Filter indicates good performance. This is proved by the lowest error percentage of 0,20% . In addition, compared to previous studies, the largest error percentage is still relatively smaller at 12.41%.

Keywords— Electrophoresis, image processing, Gaussian filter

1. PENDAHULUAN

Elektroforesis DNA gel merupakan sebuah metode untuk memisahkan molekul DNA berdasarkan ukurannya [1], [2]. Proses interpretasi gambar DNA sendiri secara manual untuk mendapatkan hasil yang akurat sangat susah, membutuhkan waktu, dan kemungkinan *error* cukup besar [1] [3]. Hal ini bisa disebabkan kompleksitas pergerakan molekul DNA itu sendiri. Molekul yang bergerak dalam DNA akan berhenti pada jarak migrasi tertentu tergantung pada muatan, bentuk, dan ukurannya [4], [5]. Sehingga, kecocokan suatu DNA dapat dianalisa berdasarkan hasil elektroforesis DNA tersebut. Salah satu standar bahan yang digunakan dalam elektroforesis DNA yaitu gel agarosa [6]. Pada DNA hasil elektroforesis gel agarosa, molekul DNA dianalisa berdasarkan letaknya setelah mengalami migrasi pada proses elektroforesis tersebut. DNA yang akan dianalisa dibandingkan dengan DNA *marker* atau DNA yang telah diketahui.

Salah satu studi yang banyak bermunculan saat ini terkait DNA yaitu Metode isolasi DNA yang optimum digunakan untuk identifikasi khamir dari sarang lebah madu *Apis mellifera* yaitu yang menghasilkan produk isolasi DNA dengan nilai kemurnian yang berada direntang 1,8-2,0 dan nilai konsentrasi yang cukup tinggi yaitu 10,32-20,06 sehingga dapat digunakan sebagai DNA template pada amplifikasi DNA [7]. Protokol PCR (Polymerase Chain Reaction) yang optimum digunakan untuk identifikasi khamir dari sarang lebah madu *Apis mellifera* yaitu protokol PCR (Polymerase Chain Reaction) yang menghasilkan visualisasi fragmen DNA yang utuh, jelas, tebal dengan ukuran panjang berturut-turut sebesar 504, 504, 588, dan 444 bp.

Studi lainnya yang terkait DNA hasil elektroforesis yaitu menggunakan metode *image processing*. Metode ini merupakan mengolah gambar DNA hasil elektroforesis secara otomatis untuk dibandingkan dengan DNA *marker* untuk mengetahui ukurannya. *Image procesing* sendiri saat ini sering dilakukan untuk melakukan pengolahan citra, pengenalan pola, deteksi tepi dari suatu objek, pengenalan bentuk, dan lain sebagainya [8]. Sehingga, *image processing* juga banyak dilakukan untuk mengolah DNA hasil elektroforesis dalam mengenali atau mendeteksi adanya molekul DNA pada suatu gambar.

Penelitian DNA ELEktroforesisi ini sudah sangat banyak diteliti oleh ilmuan, contoh penelitian mengenai hal tersebut yaitu Elektroforesis melalui gel agarosa atau poliakrilamida digunakan untuk memisahkan, menganalisis, mengidentifikasi, dan memurnikan fragmen DNA. Teknik ini sederhana, cepat dilakukan, dan mampu menyelesaikan fragmen DNA yang tidak dapat dipisahkan secara memadai oleh prosedur lain [9].

Penelitian tentang DNA hasil elektroforesis sudah cukup berkembang. Penelitian terkait sudah dilakukan untuk menganalisis kerusakan DNA dengan menggunakan uji komet [10]. Studi ini terdiri dari dua step utama yaitu identifikasi komet menggunakan *Gaussian pre-filtering* dan operator morfologi, dan segmentasi komet menggunakan fuzzy. Hasilnya menunjukkan bahwa segmentasi menggunakan fuzzy dapat meningkatkan sensitifitas sehingga hal ini dapat memberikan keuntungan dalam *bio-monitoring*. Studi lain tentang kerusakan DNA juga telah dilakukan dengan uji komet [11]. Penelitian kali ini menggunakan *OpenComet* untuk menganalisis kerusakan DNA berdasarkan bentuk geometri dan kemudian dilakukan segmentasi kepala komet melalui analisis intensitas gambar. Hasilnya cukup memuaskan dengan dibuktikannya tingkat akurasi yang lebih tinggi dan waktu yang lebih cepat. Tetapi, studi-studi ini masih perlu pengembangan lebih lanjut dengan mencoba metode lain.

Penelitian lain mengusulkan skema untuk gel analisis gambar yang mencakup segmentasi yang efisien dengan metode Enhanced-FCM, memanfaatkan jalur deteksi fungsi

Gaussian dan deteksi pita dengan melacak masing-masing jalur, memperbarui *band* yang hilang, dan menghilangkan *band* yang berulang [3]. Di artikel ini, Enhanced-FCM yang merupakan pengembangan fuzzy c-means tradisional, digunakan untuk memisahkan latar belakang dan latar depan dari gambar gel. Kemudian, deteksi jalur digunakan untuk mendeteksi setiap jalur A, T, C, dan G pada gambar gel. Profil penjumlahan intensitas gambar dapat diperoleh dengan proyeksi-Y dari gambar asal, dan fungsi *Gaussian* dapat digunakan untuk memodelkan profil ini dan mendeteksi setiap jalur darinya. Selanjutnya, untuk mengidentifikasi setiap *band* milik masing-masing jalur dapat lebih akurat. Namun, penelitian ini masih menghasilkan *error* tertinggi yaitu 20.7%.

Penelitian lain juga telah mengusulkan suatu algoritma untuk mendeteksi molekul DNA pada gambar elektroforesis gel [12]. Metode yang diusulkan adalah jaringan saraf tiruan *backpropagation* berdasarkan algoritma deteksi *Canny edge*. Selanjutnya, algoritma yang diusulkan dibandingkan dengan 5 algoritma deteksi tepi yang berbeda. Tepi cerdas algoritma deteksi bekerja lebih baik dan lebih akurat daripada algoritma deteksi tepi lainnya pada gel gambar elektroforesis. Tetapi, metode yang diusulkan masih belum sukses sepenuhnya karena nilai intensitas beberapa molekul DNA hampir sama dengan nilai ambang gambar.

Studi lain juga telah mengusulkan implemendasi elektroforesis DNA dengan metode logika fuzzy [2]. Pada penelitian tersebut, gambar DNA diperoleh dengan menggunakan kamera CMUcam4 yang melakukan pendeteksian objek dan letak *pixel* DNA menggunakan *image processing* dengan logika fuzzy mamdani. Hasil pengukuran DNA yang dianalisa pada penelitian tersebut diperoleh dengan membandingkan antara DNA yang akan dianalisa dengan DNA *marker*. Namun, pada saat nilai *confidence* kecil dengan nilai 40 dan nilai *marker* DNA 1000 Bp menghasilkan *error* 17.76% sehingga masih memiliki *error* yang cukup besar. Studi yang dilakukan oleh [13] menunjukkan bahwa sebuah sistem yang di desain untuk menganalisis band DNA menggunakan teknik *image* dan *signal processing* telah cukup bagus. Metode yang di desain ini melalui 4 step yaitu *preprocessing*, pendeteksian garis dan *band*, identifikasi panjang *band*, dan klasterisasi. Meskipun penelitian ini sudah mampu untuk menghilangkan cacat karena *noise* dan *double band*, tingkat *error* masih ada yang tinggi yaitu 17%.

Berdasarkan beberapa studi terkait diatas, penelitian kali ini akan merancang alat untuk mempermudah dalam mengetahui hasil analisis elektroforesis DNA, memperbaiki kualitas gambar yang dihasilkan, mengurangi *error* yang besar, dan menghitung berat *marker* elektroforesis DNA tersebut. Penelitian ini akan menggunakan *image processing* dengan metode *Gaussian Filter*. Metode ini terbukti sangat efektif untuk perbaikan kualitas citra [8]. Hal ini ditunjukkan dengan nilai standard deviasi yang rendah. Seperti yang sudah diketahui pada umumnya, semakin tinggi nilai standart deviasi pada citra maka citra tersebut semakin kabur dan semakin rendah nilai standart deviasi maka citra semakin terang atau kualitas semakin baik. *Image processing* dilakukan untuk melakukan pengolahan citra, pengenalan pola, deteksi tepi dari suatu objek, pengenalan bentuk molekul DNA yang mengalami migrasi. *Gaussian Filter* ini digunakan untuk memperbaiki kualitas pada citra yang akan diuji dikarenakan sering terjadinya citra yang dihasilkan tidak bagus atau tidak akurat pada saat menentukan nilai molekul DNA tersebut. Selain itu, metode tersebut juga digunakan sebagai mengetahui jarak antar titik pada suatu citra. Sehingga, metode *Gaussian Filter* diharapkan dapat mengurangi *error* yang dihasilkan. Alat yang dirancang ini sudah menggunakan program terbaru dan program yang paling sering digunakan oleh perusahaan didunia yang bekerja dibidang teknologi yaitu python, dan juga menggunakan Raspberry Pi 3 model B+ untuk pemrosesan citra digital dan kamera Raspberry Pi V1 untuk mengambil gambar. Hasil gambar

dan perhitungan yang telah dilakukan pengolahan citra akan ditampilkan pada RaspPi *touchscreen* 3.5 inch.

2. METODE PENELITIAN

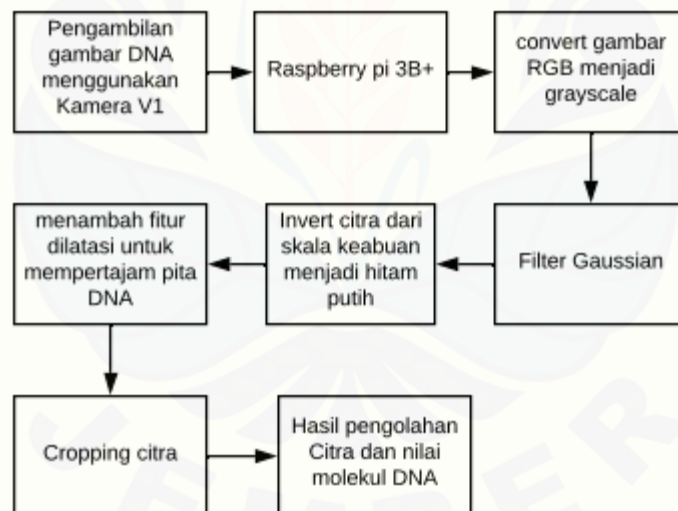
Pada metode penelitian yang dilakukan terdiri dari analisis sistem, perancangan system, dan diagram alir dari perancangan sistem yang diteliti.

2.1 Analisis Sistem

Penelitian ini membahas tentang analisis hasil elektroforesis DNA yang bertujuan untuk menentukan ukuran dari suatu DNA gel yang telah dielektroforesis sebelumnya menggunakan pengolahan citra dengan metode *Gaussian filter*. Kemudian, hasil elektroforesis tersebut diproses dengan menggunakan minikomputer Raspberry pi 3B+ dan modul kamera V1 untuk pengambilan gambar DNA gel. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa python 3.6.

2.1.1 Perancangan sistem

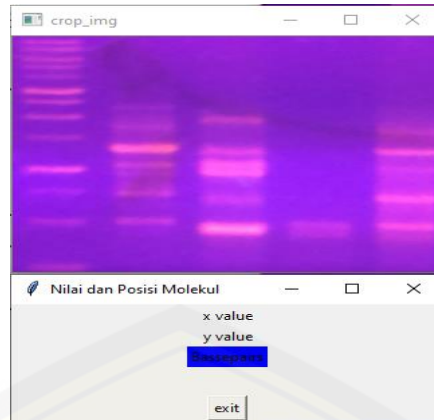
Gambar 1 merupakan diagram blok pada alur sistem yang dilakukan dalam penelitian. Perancangan dibuat dengan merangkai sebuah kotak dengan dimensi 20x20x15 cm³ untuk bagian bawah dan berbentuk kubus untuk bagian atas dengan ukuran 11x7x5 cm³ yang terdapat Raspberry Pi 3 Model B+ dengan *Raspberry Pi camera V1* serta LCD *touchscreen 5"* pada kotak tersebut. Pemrograman python dilakukan untuk menjalankan alat yang telah dirancang.



Gambar 1 Perancangan Perangkat Keras

2.2 Image Processing

Gambar 2 merupakan hasil *image processing* yang telah diproses. Dalam penelitian ini, sebuah gambar berformat jpg diambil menggunakan kamera raspberry pi V1 dengan ukuran citra 2592 x 1944 *pixel*. Setelah raspberry pi berhasil mengambil gambar, citra tersebut akan dirubah menjadi skala keabuan yang kemudian akan diolah menggunakan *Gaussian Filter* untuk menghaluskan citra dan menghilangkan *noise* pada citra tersebut. Setelah citra diolah menggunakan *Gaussian Filter*, maka akan dihasilkan citra baru yang nantinya akan didapatkan gambar DNA yang lebih baik sehingga lebih mudah untuk menganalisa DNA tersebut. Kemudian, penghitungan jarak dilakukan antara titik awal DNA hasil elektroforesis sebelum dan setelah bermigrasi.



Gambar 2 Hasil Image Processing

2.3 Gaussian Filter

Proses *Gaussian Filter* yang terdapat pada **gambar 3** merupakan alur dari sistem *Gaussian Filter*.

2.3.1 Proses windowing

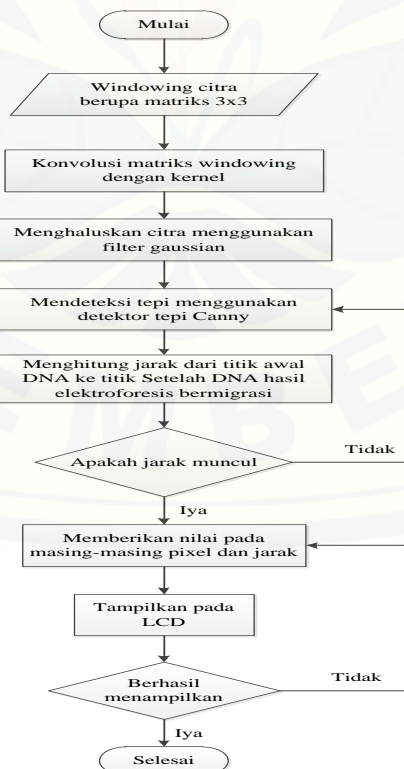
Proses *windowing* ini merupakan proses untuk perubahan *pixel* pada citra yang akan dijadikan matriks 3x3 agar memudahkan untuk mencari jarak antar titik.

2.3.2 Proses konvolusi

Hasil *windowing* tersebut akan di proses lagi dengan proses konvolusi. Proses ini merupakan pembuatan matriks pada *pixel* untuk mendapatkan nilai yang baru.

2.3.3 Gaussian filter

Setelah mendapatkan matriks 3x3 pada tiap *pixel*, citra yang diproses akan dihaluskan melalui *Gaussian Filter* agar citra yang dihasilkan bagus. Selain itu, proses ini juga bertujuan untuk mendapatkan nilai jarak dari titik awal dengan mudah.



Gambar 3 Alur Gaussian Filter

Pengujian metode *Gaussian Filter* ini berfungsi untuk menjadikan gambar lebih halus. Ketika sebuah gambar diproses dengan menggunakan *Gaussian Filter* maka akan menghasilkan gambar yang lebih halus dan jelas dengan beberapa uji coba. *Gaussian Filter* atau biasa dikenal sebagai filter blur pada gambar bertujuan untuk menerapkan transformasi di setiap *pixel* gambar. Pada sebuah gambar, *Gaussian Filter* biasanya menggunakan filter dalam dua dimensi. **Gambar 4** merupakan hasil pengujian dari *Gaussian Filter*.



Gambar 4 Hasil *Gaussian Filter*

2. 4 Persamaan *Gaussian Filter*

Persamaan (1) berikut ini adalah rumus matematika dari *Gaussian filter* dengan menggunakan filter dua dimensi dalam sebuah gambar:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Berdasarkan persamaan di atas dapat diketahui bahwa x adalah jarak dari asal sumbu horizontal, y adalah jarak dari asal sumbu vertikal, dan σ adalah standar deviasi dari distribusi *Gaussian* [7]. Ketika diterapkan dalam dua dimensi, persamaan diatas menghasilkan permukaan yang konturnya berbentuk lingkaran konsentris dengan distribusi *Gaussian* dari titik pusat. Nilai dari distribusi digunakan untuk membangun matriks konvolusi yang diterapkan pada gambar asli. Nilai baru pada setiap *pixel* diatur ke rata-rata dari pada ke lingkungan *pixel* itu. Nilai *pixel* asli menerima bobot terberat (memiliki nilai *Gaussian* tertinggi) dan *pixel* yang lain menerima bobot lebih kecil karena jaraknya ke *pixel* asli meningkat. Hal ini menyebabkan blur pada gambar yang batas tepi lebih baik dari filter blur lainnya.

2. 5 Realisasi Perangkat Keras

Realisasi *hardware* yang terdapat pada **gambar 5** menggunakan mikrokomputer Raspberry pi 3 model B+ sebagai inti dari *hardware*, modul kamera V1 untuk menangkap gambar DNA hasil elektroforesis, dan LCD 5 inch untuk menampilkan proses pengolahan citra. Terdapat dua jenis kotak dalam menunjang pembuatan *hardware* yang dicetak menggunakan mesin *CNC laser cutting* yaitu satu kotak bawah berukuran 26x20x20 cm³ yang berfungsi sebagai kotak untuk tempat kamera mengambil gambar dan satu kotak atas berukuran 11x7x5 cm³ yang berfungsi sebagai tempat raspberry pi 3 dan LCD.



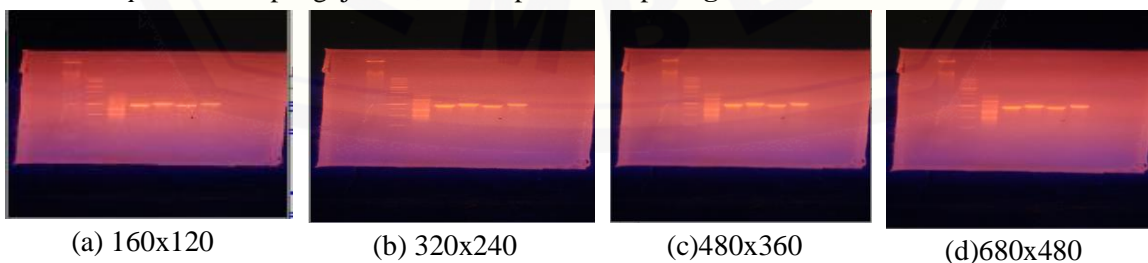
Gambar 5 Alat tampak depan dengan dimensi $26 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan gambar yang dilakukan di Lab Bioteknologi ini menggunakan modul kamera V1 dengan resolusi $2592 \times 1944 \text{ pixel}$. Pengambilan gambar dilakukan setelah proses elektroforesis DNA selama kurang lebih 45 menit. Setelah dielektroforesis, gambar akan di letakkan pada *UV Transluminator* yang berfungsi untuk memberi sinar UV agar terlihat DNA yang lebih jelas per *band*-nya. Kemudian, gambar tersebut akan diproses pada program python dan akan diolah menggunakan *image processing* agar bisa menampilkan gambar yang diinginkan. Gambar yang sebelumnya dengan resolusi $2595 \times 1944 \text{ pixel}$ akan dirubah menjadi $640 \times 480 \text{ pixel}$ sehingga proses pengolahan citra menggunakan *OpenCV* dan python tidak terlalu lama karena resolusi yang besar.

3.1 Pengujian Kamera

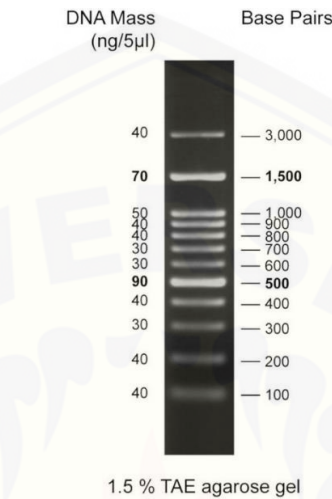
Pengujian kali ini diambil beberapa sampel dengan resolusi dan ukuran yang berbeda. Pengujian yang pertama diperoleh dengan resolusi $2592 \times 1944 \text{ pixel}$, ukuran tersebut merupakan ukuran awal saat pertama mengambil gambar menggunakan modul kamera raspberry pi V1. Selanjutnya pengujian kedua dilakukan dengan resolusi $160 \times 120 \text{ pixel}$, pengujian ketiga dengan menggunakan resolusi $320 \times 240 \text{ pixel}$, dan kemudian pengujian dengan resolusi $480 \times 260 \text{ pixel}$, serta pengujian yang terakhir dengan menggunakan resolusi $640 \times 480 \text{ pixel}$. Hasil pengujian kamera dapat dilihat pada **gambar 6** di bawah ini:



Gambar 6 Pengujian kamera dengan berbagai *pixel* gambar

3.2 Perhitungan Manual

Pengukuran manual dilakukan untuk menunjang pembuatan program. Citra DNA yang telah di elektroforesis tersebut memiliki ukuran tertentu pada setiap barisnya, sehingga diperlukan pengukuran manual untuk menunjang pembuatan program. Pengukuran manual ini menggunakan DNA *marker* sebagai acuan untuk mengetahui nilai yang akan dianalisa. DNA *marker* ini memiliki nilai beberapa macam. Penelitian ini menggunakan DNA *marker* dengan maksimal nilai 10000 bp, seperti yang terlihat pada **gambar 7** berikut ini:

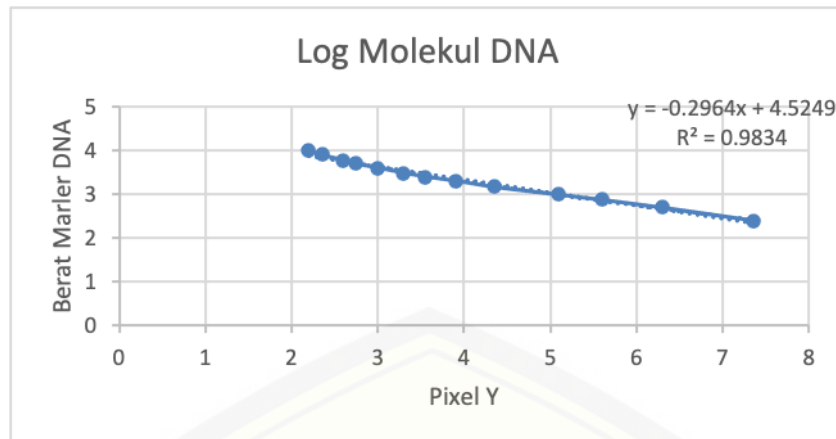


Gambar 7 DNA *marker*

DNA *marker* yang telah diketahui nilainya kemudian digunakan untuk mengukur DNA hasil elektroforesis. Nilai yang digunakan tersebut yang pertama yaitu pengukuran manual. Pengukuran manual yang telah dilakukan tersebut bertujuan agar pengukuran dengan program mendapat nilai yang sama. **Tabel 1** dibawah ini merupakan perhitungan manual sampel DNA sedangkan grafik regresi DNA *marker* dapat dilihat pada **gambar 8**.

Tabel 1 Pengukuran manual DNA

Jarak Migrasi (cm)	Nilai Molekul DNA	Log Molekul DNA
2,2	10000	4
2,35	8000	3,903089987
2,6	6000	3,77815125
2,75	5000	3,698970004
3	4000	3,602059991
3,3	3000	3,477121255
3,55	2500	3,397940009
3,9	2000	3,301029996
4,35	1500	3,176091259
5,1	1000	3
5,6	750	2,875061263
6,3	500	2,698970004
7,35	250	2,397940009



Gambar 8 Grafik regresi DNA marker

3.3 Program Python

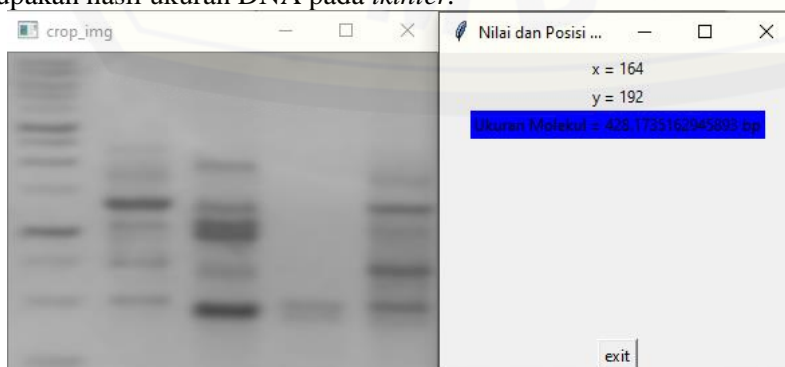
Program python digunakan untuk memproses hasil gambar yang telah diambil menggunakan kamera. Program python dijalankan pada raspberry pi 3 B+ yang berguna untuk mengidentifikasi gambar yang telah diproses. Apabila program telah diproses akan muncul nilai *basepairs* (bp). Nilai tersebut merupakan nilai dari satuan berat DNA yang diuji. Sebelum pembuatan program dilakukan *import* suatu fungsi untuk merealisasikan hasil keluran ukuran DNA pada *graphical user interface* (GUI) *listing* program seperti pada **gambar 9** dibawah ini.

```
import numpy as np
import cv2
import matplotlib.pyplot as plt
import argparse
import tkinter as tk
import threading
from tkinter import Tk, Button, Label
```

Gambar 9 Listing program untuk *import* pada python

3.4 OpenCV

Pada citra yang telah diproses menggunakan *OpenCV*, terdapat modul lainnya untuk mendapatkan hasil yang lebih bagus yaitu menggunakan modul *set Mouse Callback* pada python yang digunakan untuk menentukan besar molekul DNA sesuai posisi DNA. Selanjutnya modul *mouse tracking* akan digunakan juga untuk menandai sebuah gambar. Kemudian, untuk menandainya adalah berupa kotak melalui klik kiri. Selain itu, juga terdapat *tkinter* sebagai *interface* yang digunakan untuk menampilkan hasil ukuran DNA yang telah diproses. **Gambar 10** merupakan hasil ukuran DNA pada *tkinter*.

Gambar 10 Hasil ukuran DNA pada *tkinter*

3.5 Pengujian Keseluruhan

Setelah dilakukan beberapa pengujian antara perangkat keras maupun perangkat lunak, pengujian keseluruhan dari sistem yang telah dibuat dilakukan. Pengujian keseluruhan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil yang telah didapatkan selama proses penelitian yaitu berupa ukuran molekul DNA. Pada data yang diambil ini terdapat 4 sampel DNA yang terdapat 17 data. Proses pengambilan data dilakukan 2 kali melalui kamera yang digunakan. Kemudian pengolahan citra dari gambar DNA yang telah di program diuji secara keseluruhan. **Tabel 2** merupakan hasil pengujian data *image peocessing*.

Tabel 2 Hasil pengujian data *image processing*

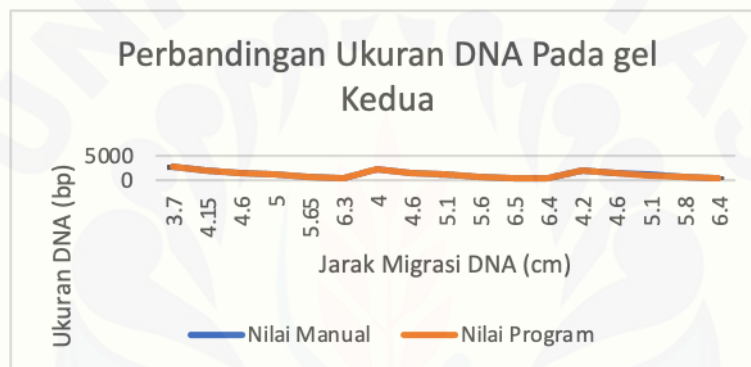
No	Nama Sampel	Jarak Migrasi		Nilai molekul DNA (bp)		Selisih (bp)	Error Program (%)
		Manual (cm)	Nilai Y (pixel)	Manual	Program		
1	Genome	3,7	71	2680,53	2629,45	51,08	1,91%
		4,15	90	1971,7	1977,38	5,68	0,29%
		4,6	112	1450,31	1421,59	28,72	1,98%
		5	129	1103,82	1101,61	2,21	0,20%
		5,65	156	708,34	734,75	26,41	3,73%
		6,3	186	454,55	468,5	13,95	3,07%
2	Ecoli Wildtype	4	84	2184,24	2163,6	20,64	0,94%
		4,6	116	1450,31	1338,8	111,51	7,69%
		5,1	133	1031	1037,46	6,46	0,63%
		5,6	165	732,93	641,96	90,96	12,41%
		6,5	194	396,55	415,52	18,97	4,78%
3	Bakteri	6,4	190	424,56	441,21	16,65	3,92%
4	Ecoli wildtype	4,2	94	1905,55	1862,23	43,32	2,27%
		4,6	116	1450,31	1338,8	111,51	7,69%
		5,1	135	1031	1006,8	24,2	2,35%
		5,8	163	639,41	661,51	22,1	3,46%
		6,4	192	424,56	428,17	3,61	0,85%
Rata-Rata				1178,804	1157,02		
Standar Deviasi				692,762	674,7314		

Berdasarkan tabel 2 hasil pengujian data *image peocessing* pada penelitian di atas, dapat kita ketahui bahwa nilai molekul DNA dilakukan secara program akan dibandingkan dengan perhitungan manual untuk melihat *error* persen atau kesalahannya. Pengukuran nilai manual ini dihitung dari tiap gel elektroforesis yang diperoleh berdasarkan rumus. Hal ini berbeda dengan perhitungan menggunakan program yang langsung dapat dilakukan tanpa harus melakukan perhitungan berkali-kali untuk gel DNA dan sampel yang berbeda dengan syarat nilai DNA *marker* harus sama. Pada keseluruhan hasil pengujian DNA gel hasil elektroforesis ini dilakukan dengan mencari jarak migrasi dari DNA *marker* yang telah diketahui dan akan

mencari rumus regresi dari DNA tersebut dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Semakin jauh jarak migrasi maka nilai molekul DNA akan semakin kecil dan semakin dekat jarak migrasi DNA maka nilai molekul akan semakin banyak [9] [14]. Pada tabel 2 hasil pengujian data *image processing* terdapat perbandingan ukuran molekul DNA yang dihitung secara manual dan program sehingga didapatkan selisih dan *error* antara perhitungan manual dan program. Nilai *error* persen didapatkan berdasarkan persamaan (2) berikut [15]:

$$Error (\%) = \left| \frac{H_t - H_p}{H_t} \right| \times 100\% \quad (2)$$

Berdasarkan persamaan diatas, H_t merupakan nilai manual dan H_p merupakan nilai program. *Error* persen terkecil dari 17 data pada program yaitu 0,20% dengan nilai molekul DNA secara manual 1103,82 bp dan molekul DNA secara program 1101,61 bp. Adapun nilai *error* persen terbesar yaitu 12,411% dengan nilai molekul DNA secara manual 732,926 bp dan nilai molekul DNA secara program 641,962. **Gambar 11** merupakan perbandingan nilai DNA secara manual dan program.



Gambar 11 Perbandingan nilai DNA secara manual dan program

4. KESIMPULAN

Analisis hasil elektroforesis DNA menggunakan *image processing* dengan metode *Gaussian Filter* menunjukkan hasil yang memuaskan. Hal ini dibuktikan dengan nilai *error* terkecil yang mencapai 0.20%. Selain itu, apabila dibandingkan dengan penelitian sebelumnya nilai *error* terbesarnya masih relatif lebih kecil yaitu 12,411%. Nilai *error* ini diperoleh dari perbandingan antara DNA *marker* dan perhitungan manual.

5. SARAN

Penelitian lebih lanjut bias menggunakan kamera dengan resolusi yang lebih baik sehingga gambar yang dihasilkan akan lebih jelas. Selain itu, kombinasi dari beberapa metode untuk mendapatkan hasil citra yang lebih baik juga perlu dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Intarapanich, S. Kaewkamnerd, P. J. Shaw, K. Ukosakit, S. Tragoonrung, and S. Tongshima, "Automatic DNA Diagnosis for 1D Gel Electrophoresis Images using Bio-image Processing Technique," *BMC Genomics*, 2015.
- [2] N. Firdausi, "Implementasi Elektroforesis DNA (Deoxyribonucleic-Acid) Menggunakan Image Processing dengan Logika Fuzzy Result Analysis of DNA (Deoxyribonucleic-Acid) Electrophoresis by Using Image Processing with Fuzzy Logic,"

- 2016.
- [3] J.-D. Lee, C.-H. Huang, N.-W. Wang, and C.-S. Lu, "Automatic DNA sequencing for electrophoresis gels using image processing algorithms," *J. Biomed. Sci. Eng.*, 2011.
- [4] H. . Kusumaningrum, W. . Budi, M. Azam, and A. Bawono, "DESIGN OF ELECTROPHORESIS DEVICE FOR OPTIMATION OF DNA VISUALIZATION AND DNA CONCENTRATION USING SOFTWARE," *J. Pendidik. Fis. Indones.*, 2014.
- [5] R. Pratiwi, "Mengenal metode elektroforesis," *Oseana*, 2001.
- [6] J. H. Zhang, F. Wang, and T. Y. Wang, "A simple and effective SuperBuffer for DNA agarose electrophoresis," *Gene*, 2011.
- [7] A. F. Arifa, "OPTIMASI ISOLASI DNA DAN PROTOKOL PCR (Polymerase Chain Reaction) UNTUK IDENTIFIKASI KHAMIR DARI SARANG LEBAH MADU Apis mellifera," 2020.
- [8] H. Sunandar, "Perbaikan kualitas Citra Menggunakan Metode Gaussian Filter," *MEANS (Media Inf. Anal. dan Sist.*, 2017.
- [9] M. R. Green and J. Sambrook, "Analysis of DNA by agarose gel electrophoresis," *Cold Spring Harb. Protoc.*, vol. 2019, no. 1, pp. 6–15, 2019.
- [10] M. Sansone, O. Zeni, and G. Esposito, "Automated segmentation of comet assay images using Gaussian filtering and fuzzy clustering," *Med. Biol. Eng. Comput.*, 2012.
- [11] B. M. Gyori, G. Venkatachalam, P. S. Thiagarajan, D. Hsu, and M. V. Clement, "OpenComet: An automated tool for comet assay image analysis," *Redox Biol.*, 2014.
- [12] A. Elen, "Analysis of DNA Gel Electrophoresis Images with Backpropagation Neural Network Based Canny Edge Detection Algorithm," *Int. J. Sci. Technol. Res.*, no. April, 2016.
- [13] A. M. K. W. K. Abeykoon, M. P. C. S. Dhanapala, R. D. Yapa, and S. D. S. S. Sooriyapathirana, "An automated system for analyzing agarose and polyacrylamide gel images," *Ceylon J. Sci. (Biological Sci.)*, 2015.
- [14] C. M. R. Caridade, A. R. S. Marçal, T. Mendonça, A. M. Pessoa, and S. Pereira, "An automatic method to identify and extract information of DNA bands in gel electrophoresis images," in *Proceedings of the 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society: Engineering the Future of Biomedicine, EMBC 2009*, 2009.
- [15] T. P. Silaban and F. . Ahyaningsih, "PENGARUH PERUBAHAN NILAI PARAMETER TERHADAP NILAI ERROR PADA METODE RUNGE-KUTTA ORDE 3," *KARISMATIKA Kumpul. Artik. Ilmiah, Inform. Stat. Mat. dan Apl.*, vol. 3, no. 2, pp. 151–165, Aug. 2017.