
UJI KINERJA SISTEM KONTROL UNTUK PENGENDALIAN KECEPATAN MOTOR DC PADA INSTRUMEN SCANNER 2D PREPARAT DAHAK

Rudi Tjahyono

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri
Universitas Dian Nuswantoro

Email: rudi.tjahyono@dsn.dinus.ac.id

Sari Ayu Wulandari

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Dian Nuswantoro

Email: sari.wulandari@dsn.dinus.ac.id

Menik Dwi kurniatie

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Biomedis
Universitas Dian Nuswantoro

Email: nik.dwika@dsn.dinus.ac.id

Dita Ayu Mayasari

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Biomedis
Universitas Dian Nuswantoro

Email: dita.mayasari@dsn.dinus.ac.id

ABSTRAK

Preparat dahak sangat menular untuk dilakukan proses pengambilan hingga analisis. Uji preparat dahak selain digunakan untuk analisis bakteri TB (*Tuberculosis*) pada teknik BTA (Bakteri Tahan Asam), juga digunakan untuk swab test covid 19. Pada teknik BTA, terjadi proses perhitungan bakteri dalam beberapa layang pandang pada preparat. Permasalahan yang terjadi adalah, proses perhitungan bakteri masih sebuah perkiraan. Padahal terdapat 4 klasifikasi dari preparat dahak, yaitu negatif, positif 1, positif 2 dan positif 3. Jika terjadi kesalahan diagnosis, maka akan terjadi kesalahan pengobatan yang berakibat pada resistansi bakteri sehingga TB makin sulit untuk disembuhkan. Melalui artikel ini, dibahas mengenali sebuah perancangan scanner 2D dari preparat dahak, yang digunakan untuk mengambil citra dahak setiap 1 layang pandang. Kendalanya adalah pada step langkah yang sangat pendek, yaitu 1 mm, maka motor harus disetting sedemikian rupa, agar mempunyai kesalahan perhitungan sekecil mungkin, karena perbedaan 1mm saja, artinya sudah kehilangan 1 layang pandang dari sample preparat dahak yang di scan. Produk tersebut kemudian diuji kinerjanya untuk melihat dari sisi stabilitas, keterkontrolan dan keteramatan. tidak stabil namun terkontrol dan teramati.

Kata kunci: preparat dahak, keteramatan, keterkontrolan, scanner 2D, stabilitas

ABSTRACT

Sputum preparations are highly contagious for the process of taking up to analysis. The sputum preparation test is not only used for the analysis of TB (Tuberculosis) bacteria in the BTA (Acid-Resistant Bacteria) technique, it is also used for the covid 19 swab test. In the BTA technique, the bacteria counting process occurs in several glances of the preparations. The problem that occurs is, the process of calculating bacteria is still an approximate estimate. Even though there are 4 classifications of sputum preparations, namely negative, positive 1, positive 2 and positive 3. If there is a misdiagnosis, there will be medication errors which result in bacterial resistance so that TB is increasingly difficult to cure. Through this article, the concept of a 2D scanner design from sputum preparation, which is used to take an image of sputum every 1 glance.

The problem is that the steps are very short, which is 1 mm, then the motor has to determine the appearance, so that the calculation error is as small as possible, because there is only 1mm difference, meaning that it has lost 1 fly in view of the scanned sputum preparations. The product is then tested for its performance in terms of stability, controllability and observability. unstable but controlled and observed.

Keywords: *sputum preparations, observability, controllability, 2D scanner, stability*

1. PENDAHULUAN

Praktikum kultur jaringan merupakan praktikum salah satu yang berbahaya, karena mengamati bakteri dari kultur dahak yang didapat dari sample penderita TBC (Tuberculosis) dan Covid 19. TBC dan Covid 19 merupakan penyakit infeksius yang disebabkan oleh bakteri dan penularannya melalui drop dan udara. Pengamatan dari kultur dahak dinamakan dengan uji BTA (Bakteri Tahan Asam), yang diawali dengan mengambil dahak pada calon pasien, kemudian dioleskan ke kaca preparat, lalu dilakukan fiksasi, dicelupkan ke asam sulfat 1% selama 1-2 detik, lalu dikeringkan dengan kertas saring, dibilas dengan air suling, ditetaskan menggunakan 2-3 tetes metilena biru 3 menit lalu dibilas dengan air suling. Setelah itu baru dilakukan proses pewarnaan bakteri untuk mendapatkan hasil dari citra gram positif.

Setelah itu dilakukan proses pewarnaan berikutnya dilakukan proses scanning menggunakan mikroskop. Scanning dilakukan untuk menghitung jumlah bakteri pada setiap lapang pandang. Scanning dilakukan pada perbesaran mikroskop 10x, sehingga didapatkan 100 kali lapang pandang. Artinya, laboran harus menggeser posisi kamera dan melakukan capture kamera sebanyak 100 kali. Hal ini yang menyebabkan lamanya proses pengujian sample. Test ini juga dinamakan dengan test swab pada virus corona (COVID 19). Test ini membutuhkan waktu pengerjaan 3-5 hari. Hal ini sangat tidak ergonomis, mengingat pengamatan manusia hanya bertahan pada 18.55 menit, artinya dalam waktu 3-5 hari 1 preparat membutuhkan waktu 30 jam konsentrasi. Kelemahan metode kultur dahak ini diperlihatkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Keterangan pada tabel di tulis dengan bold style

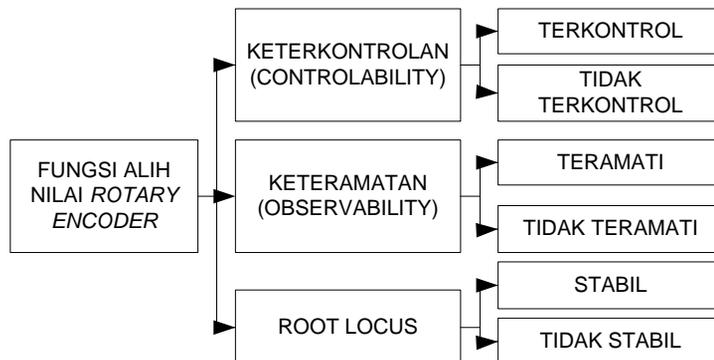
Permasalahan	Dampak masalah
<i>Waktu pengerjaannya yang lama</i>	<i>Pasien semakin parah, karena infeksi setiap jam semakin menyebar</i>
<i>Sample termasuk sample yang infeksius sehingga rawan tertular</i>	<i>Berbahaya bagi laboran dan petugas medis.</i>
<i>Adanya kemungkinan human error yang besar</i>	<i>Adanya kesalahan menyebabkan diagnosis salah dan dosis obat yang salah menyebabkan resistan bahkan kerusakan jaringan permanen</i>
<i>Masih perkiraan sehingga antara satu pengamat dengan pengamat yang lain yang lain mempunyai hasil yang berbeda</i>	<i>Akurasinya rendah</i>
<i>Tidak akurat</i>	<i>Kesalahan diagnosis, sehingga beberapa kali pemeriksaan menunjukan hasil yang berbeda</i>
<i>Membutuhkan orang dengan keahlian khusus (expert)</i>	<i>Tidak setiap orang dapat melakukan, sehingga, harus menyesuaikan dengan waktu dari orang yang expert ini.</i>

Lamanya proses dari pelaksanaan test ini, mempunyai dampak yang sangat besar, terutama ketika kultur dahak ini digunakan untuk test covid 19. Karena ada hubungannya dengan waktu inkubasi yang relative cepat, hanya 14 hari, dan kebutuhan pemberian obat dan tindakan selanjutnya yang bekerjaraan dengan waktu. Sebuah harapan baru bagi test kultur dahak adalah dengan alat rapit test culture dahak. Instrument ini telah dilakukan pada artikel sebelumnya, yaitu dengan melakukan test kultur dahak menggunakan image processing. Beberapa artikel telah melakukan proses identifikasi bakteri tuberculosis pada sampel dahak [1][2][3][4][5][6][7], namun ada juga yang mengidentifikasi Squamous Epithelial

[8][9]. Gambar citra yang digunakan untuk identifikasi bakteri yaitu menggunakan sampel dahak [1][9][7][2][6]. Kamera yang digunakan pada artikel sebelumnya sebagian besar menggunakan kamera microscope digital [1][4][6]. Data yang digunakan pada artikel tersebut adalah data berukuran 300 x 400 pixels [7], 70 x 70 pixels [5], ada juga yang berukuran 448 x 336 pixels [2]. Metode pre-processing yang digunakan oleh beberapa artikel sebelumnya beraneka ragam, diantaranya adalah menggunakan konversi citra HSV (Hue, Saturation, Value) [1][8][9] dan greyscale [7][2][3][5]. Untuk penggunaan hardware pada mikroskop, masih sedikit artikel yang membahas tentang inovasi. Belum banyak artikel yang membahas masalah proses screening atau scanning atau pemayaran menggunakan mikroskop. Artikel kebanyakan hanya menambahkan kamera pada mikroskop dan membuat sebuah alur saja. Proses scanning adalah suatu pergerakan empat arah yang berbeda yaitu ke kiri, ke kanan, ke depan dan ke belakang. [10] Sistem gerak motor dc dengan kartesian koordinat XY banyak di aplikasikan pada mesin industri untuk memposisikan suatu alat dengan ketelitian yang tinggi. [11][12] Pengendalian pada sistem pergerakan arah pada artikel terdahulu menggunakan metode close loop untuk memberikan umpan balik jika terjadi kesalahan dalam pergerakan. [13] Kebutuhan mitra untuk mengidentifikasi bakteri TB pada sampel dahak dapat dilakukan dengan waktu yang cepat, maka dibuat sistem pergerakan arah XY yang hasilnya diharapkan akan lebih baik daripada menggunakan proses manual scanning [14][15][16][17]. Diharapkan dengan adanya sistem pergerakan arah dengan metode close loop dapat mempercepat waktu yang dibutuhkan dalam mengidentifikasi bakteri TB pada sampel dahak agar dapat mengurangi kontak langsung dengan sampel. Dari ulasan-ulasan diatas metode yang dilakukan oleh artikel sebelumnya, scanning 2D dapat berperan penting dalam proses scanning preparat kultur dahak. Sehingga pada artikel ini, menggunakan metode tersebut untuk mengambil keseluruhan citra dari 100 kali citra layang pandang yang dihasilkan oleh mikroskop digital.

2. UJI KINERJA SISTEM KENDALI

Pada artikel ini dilakukan analisa dengan multivariable merupakan hasil nilai rotary yang di buat fungsi transfer estimation dengan menggunakan Matlab untuk mengetahui model dari sistem scanner 2D.



Gambar 1. Model Analisa Multivariable

2.1. Fungsi Alih Nilai Rotary Encoder

Pertama-tama dilakukan proses pengambilan data rotary encoder terlebih dahulu, ketika dilakukan proses scan kesamping kanan. Pengambilan data dilakukan selama 5 menit awal, dari kondisi diam ke kondisi bergerak. Data ADC tersebut kemudian dimasukan kedalam program matlab untuk dilakukan perhitungan estimasi fungsi transfer. Fungsi transfer digunakan untuk menentukan pole dan zero untuk perhitungan stabilitas dari sistem. Berikutnya fungsi transfer tersebut ditransformasi kedalam koordinat ruang keadaan untuk menentukan keterkontrolan dan keteramatan dari sistem.

2.2 Keterkontrolan

Keterkontrolan (*Controllability*) merupakan sebuah kemampuan sistem kendali, untuk melakukan pengontrolan dalam konteks pengontrolan masukan eksternal untuk memindahkan keadaan internal dari keadaan awal, pada waktu yang terbatas [6]. Keterkontrolan hanya mengetahui kondisi pada jangka waktu tertentu pada saat kondisi transien, dan kemudian dapat digunakan sebagai prediksi kondisi keterkontrolan dari keseluruhan sistem. Untuk mengetahui apakah sistem terkontrol, maka dapat diawali dengan melakukan konversi bentuk dari fungsi transfer (fungsi alih) ke bentuk koordinat ruang keadaan (state space). Konversi tersebut menggunakan program sebagai berikut:

```
[A, B, C, D] = tf2ss(num, den);  
sys=ss(A,B,C,D);  
Wc = gram(sys, 'c');  
IWc=det(Wc);
```

Sehingga dihasilkan keterkontrolan sebagaimana persamaan 1.

$$\mu c = \det [B \ AB] \quad (1)$$

Dimana: μc = adalah nilai keterkontrolan

Det = determinan

A, B = matriks ruang keadaan

2.2. Keteramatan

Keteramatan (*Observability*) merupakan sebuah kemampuan sistem kendali, untuk melakukan pengamatan dalam konteks pengontrolan masukan eksternal untuk memindahkan keadaan internal dari keadaan awal, pada waktu yang terbatas [6]. Keteramatan hanya mengetahui kondisi pada jangka waktu tertentu pada saat kondisi transien, dan kemudian dapat digunakan sebagai prediksi kondisi keteramatan dari keseluruhan sistem. Untuk mengetahui apakah sistem teramati, maka dapat diawali dengan melakukan konversi bentuk dari fungsi transfer (fungsi alih) ke bentuk koordinat ruang keadaan (state space). Konversi tersebut menggunakan program sebagai berikut:

```
[A, B, C, D] = tf2ss(num, den);  
sys=ss(A, B, C, D);  
Wo = gram(sys, 'o');  
IWo=det(Wo);
```

Sehingga dihasilkan keterkontrolan sebagai berikut:

$$\mu o = \det \begin{bmatrix} C \\ CA \end{bmatrix}$$

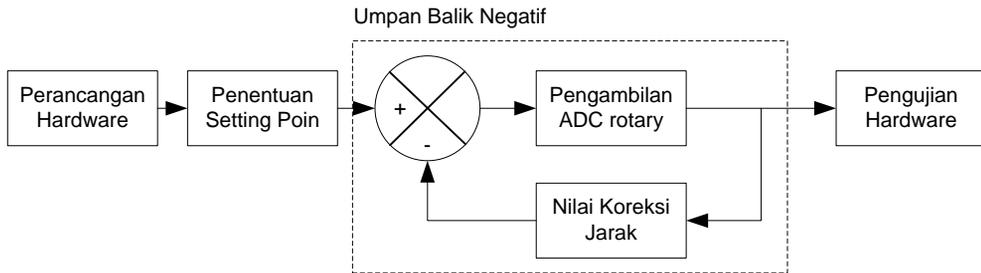
Dimana: μo = adalah nilai keterkontrolan

Det = determinan

A, C = matriks ruang keadaan

3. METODE

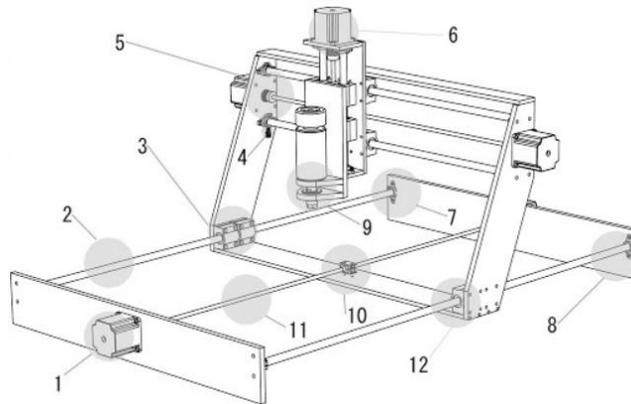
Pada artikel ini terdapat beberapa langkah penelitian yang digunakan untuk menyusun hardware dari alat scanning Bakteri Tahan Asam yang diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kontrol

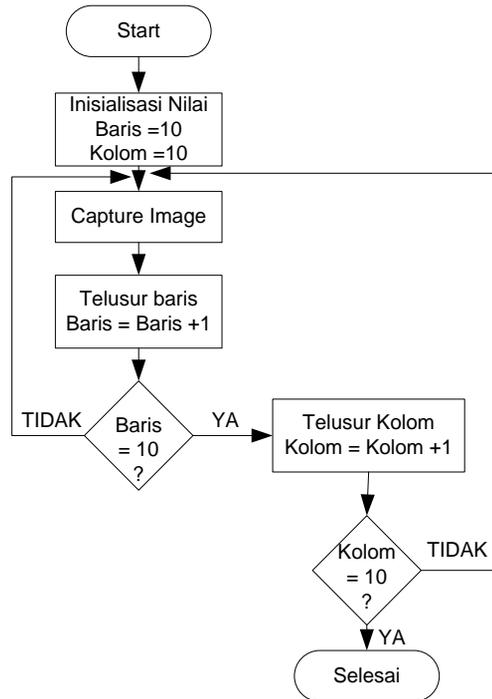
3.1. Perancangan Hardware

Pada perancangan hardware, dilakukan 2 proses yaitu design mekanik dan design elektronik. Pada design mekanik, pada dasarnya system scanning yang digunakan pada scanning BTA ini menggunakan konsep yang sama dengan scanning pada printer 2D. Hanya saja perbedaannya adalah pada skala atau ukuran. Pada printer 2D, ukurannya masih cm sedangkan pada scanning BTA ukurannya sudah mm.



Gambar 3. Design Mekanik Gerak Pada Scanning BTA

Mekanik scanning BTA terdiri dari 3 bagian, yaitu bagian dasar, bagian alat gerak dan bagian Menara. Bagian dasar digunakan sebagai landasan scanner BTA yang panjang dan lebarnya disesuaikan dengan ukuran dari preparat dan lebar dari mini motor dc. Pada bagian ini bagian dinding dalamnya digunakan untuk menempatkan alur dari motor dc, baik untuk pergerakan horizontal maupun vertical. Algoritma pemrograman untuk pergerakan scanning BTA diperlihatkan pada Gambar 4. Bagian alat gerak terdiri dari 2 buah motor dc, dimana motor dc yang satu digunakan untuk pergerakan mikroskop kamera, sedangkan motor dc yang lain yang membawa motor dc untuk pergerakan kamera, berpindah secara vertical.



Gambar 4. Flowchart Pergerakan Scanning BTA

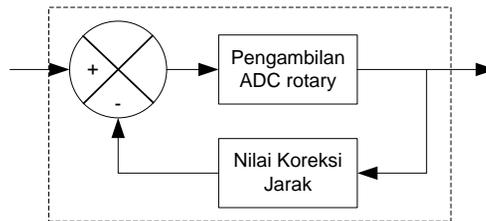
Pergerakan horizontal disebut dengan scanning baris, sedangkan pergerakan vertical disebut dengan telusur kolom. Pergerakannya diawali dengan telusur baris sebanyak 10 step, jika sudah sampai pada baris terakhir, maka kemudian dilanjutkan dengan menggeser ke bagian vertical 1 step. Hal ini berlanjut hingga telusur vertical sudah mencapai 10 step.

3.2. Penentuan Setting Poin

Proses penentuan setting poin jarak pergerakan kamera, didasarkan pada proses manual dari analisis laboratorium. Jarak antar citra pada satu kali capture, disebut dengan 1 layang pandang. Karena pembesaran yang dilakukan adalah 100x, maka terdapat 100 capture image layang pandang yang dihasilkan. Luasan yang dihasilkan preparat adalah 10x10 mm. Satu layang pandang akan berada pada 1 mm, sehingga pergeseran yang dilakukan adalah pada setiap 1 mm, baik pergerakan baris ataupun kolom.

3.3. Umpan Balik

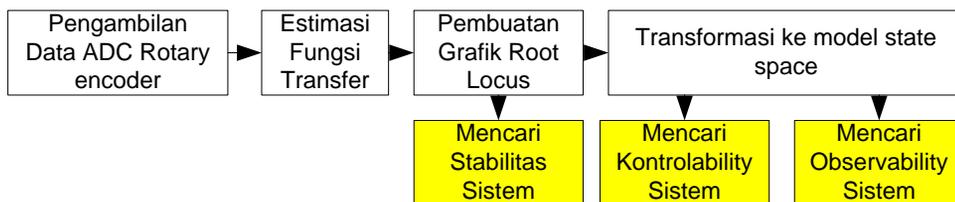
Umpan balik digunakan sebagai control jarak, dimana perhitungan jarak motor dc dilakukan oleh rotary encoder. Jika jarak yang dihasilkan tidak sesuai dengan setting poin, maka akan terdapat selisih antara nilai jarak rotary dengan setting poin, nilai selisih inilah yang digunakan sebagai koreksi dari nilai input berikutnya. Dengan menggunakan metode umpan balik ini diharapkan dapat mengurangi error yang terjadi pada scanner BTA. Model umpan balik diperlihatkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Model Umpan Balik

3.4. Pengujian Hardware

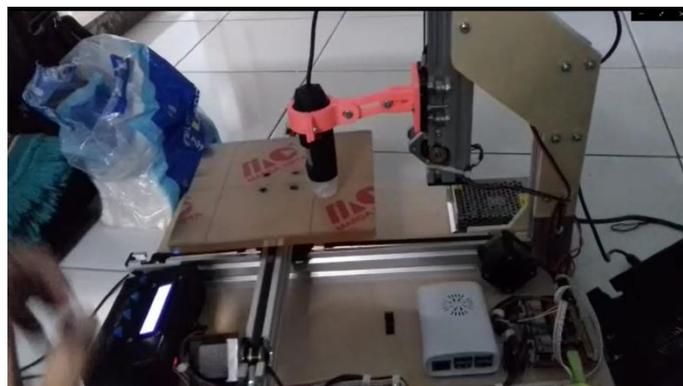
Pengujian hardware dilakukan dengan menggunakan pengujian system control, dimana awalnya data rotary encoder akan digunakan sebagai dasar dari perhitungan. Data ADC dari rotary encoder, dimodelkan menggunakan model transfer function estimation untuk mendapatkan persamaan system control pada mesin scanner BTA tersebut. Hasil dari fungsi transfer tersebut digunakan sebagai acuan untuk menggambar grafik root locus yang digunakan sebagai dasar penentuan stabilitas system. Kemudian, fungsi transfer tersebut diubah kedalam bentuk state space (ruang keadaan), sebagai dasar dalam menentukan nilai controllability (keterkontrolan) dan observability (keteramatan) dari system.



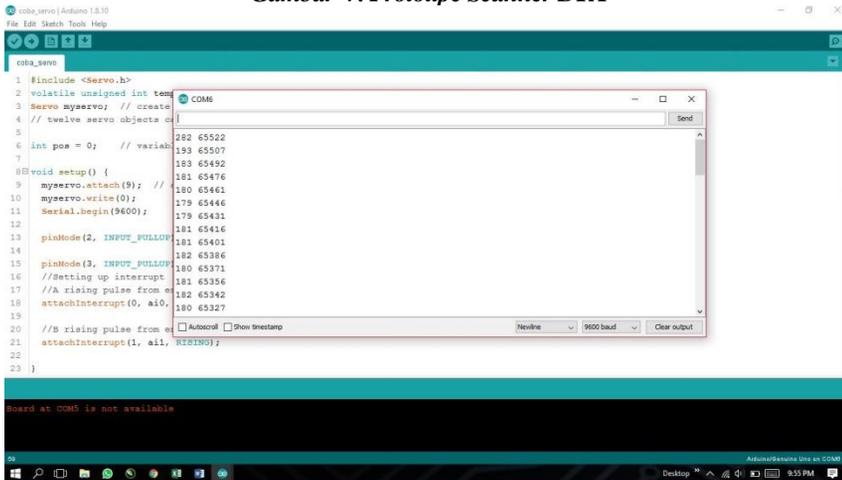
Gambar 6. Model Umpan Balik

4. HASIL DAN ANALISIS

Secara keseluruhan instrument scanner BTA diperlihatkan pada Gambar 7. Permasalahan berikutnya dari prototype adalah pada bagian kamera dan mikroskop yang digunakan. Bagian berikutnya setelah perakitan alat adalah bagian testing. Testing dilakukan untuk mengetahui apakah motor dc yang digunakan stabil, terkontrol dan teramat. Software dari proses pengambilan data ADC diperlihatkan pada Gambar 8. Data ADC diambil dari output sensor rotary.

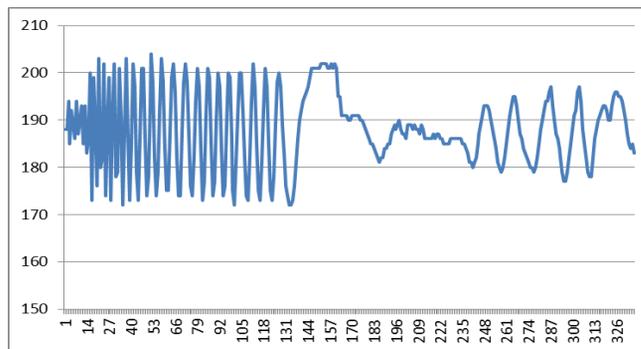


Gambar 7. Prototipe Scanner BTA



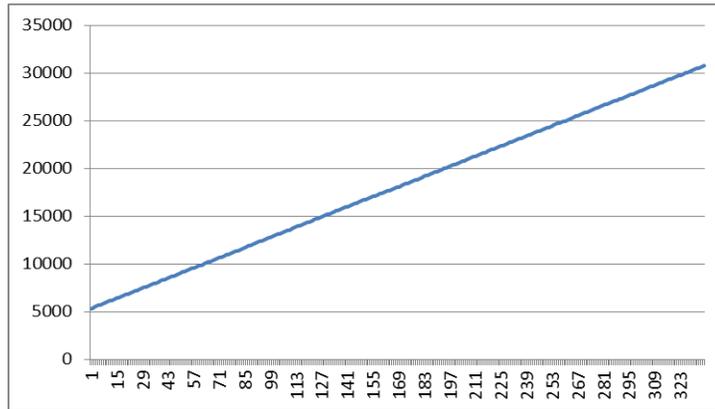
Gambar 8. Pengambilan Data ADC dari Servo dengan Rotary Encoder

Untuk mendapatkan hasil testing tersebut, terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan, diantaranya adalah pengambilan data ADC, kemudian dari data ADC tersebut dilakukan proses estimasi fungsi transfer. Estimasi fungsi transfer digunakan untuk mendapatkan persamaan fungsi transfer yang berikutnya dapat digunakan untuk mengukur stabilitas, terkontrolan dan teramatan dari instrument yang dirancang. Hasil pengambilan data ADC diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil Pengambilan Data ADC

Sedangkan hasil pengambilan data ADC dari sensor rotary encoder kemudian diperlihatkan pada Gambar 10.



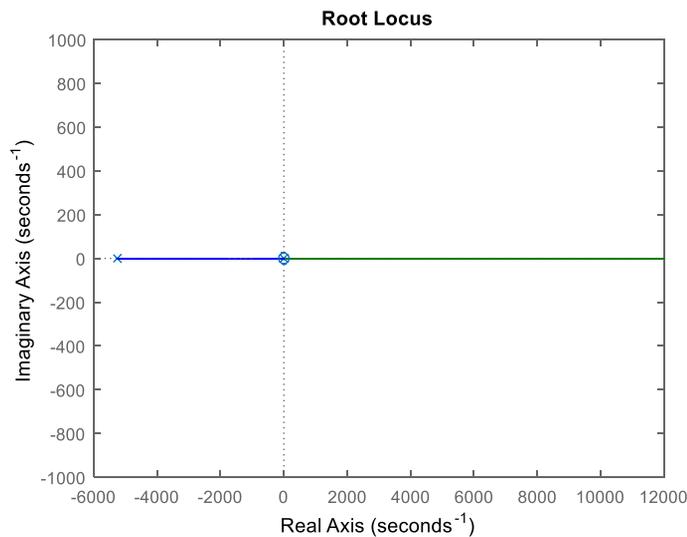
Gambar 10. Grafik Kestabilan System

Pada setting pertama, motor seharusnya bergerak dari 0° ke 2° . Namun hanya berhenti pada derajat $1,75^\circ$, artinya error dari system adalah $0,75^\circ$. Artinya error system masih kecil. Persamaan fungsi transfer dari grafik data ADC yang sudah dirubah menjadi sudut dilakukan dengan menggunakan transfer function estimation (tfest). Persamaan fungsi transfer dari grafik fungsi adalah sebagai berikut :

$$G(s) = \frac{-0,9133 s - 0,02228}{s^2 + 5260 s + 0,001101}$$

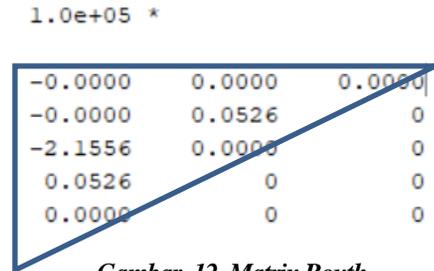
4.1. Analisa Stability

Kestabilan ditunjukkan pada grafik root locus, menyatakan bahwa, jika nilai pole dan zero berada pada bagian kiri dari sumbu x nya, maka stabil. Nilai pole adalah $p=-5260$ sedangkan nilai zero adalah $z=0$. Nilai zero yang berada pada titik 0 menyebabkan system menjadi tidak stabil. Gambar 11 menunjukkan grafik kestabilan dari system.



Gambar 11. Grafik Root Locus

Selain root locus, kestabilan yang lain bisa menggunakan kestabilan routh herwith. Dimana pada matriks routh, bagian segitiga kiri atas, tidak boleh ada yang bernilai negative, karena salah satu dari matriks saja bernilai negative menyebabkan system tidak stabil. Gambar 12 adalah hasil perhitungan matrix routh.



Gambar 12. Matrix Routh

Pada matriks yang dihasilkan, dapat dilihat bahwa pada matriks segitiga kiri atas terdapat 3 nilai yang bernilai negative, artinya system tidak stabil. Dari ke-2 kriteria kestabilan tersebut, baik analisis kestabilan menggunakan root locus maupun menggunakan routh herwith keduanya menghasilkan kesimpulan bahwa **system tidak stabil**.

4.2. Analisa Keterkontrolan

Sistem menunjukkan keterkontrolan jika nilai determinan dari matriks keterkontrolan adalah tidak sama dengan nol.

$$\text{Keterkontrolan} = \begin{bmatrix} 0.0001 & -0.0000 \\ -0.0000 & 0.0863 \end{bmatrix}$$

Determinan Matriks Keterkontrolan = $8,2059 \times 10^{-6}$

Determinan dari Matriks Keterkontrolan tidak sama nol, atau tidak tergantung linier, sehingga dapat dikatakan bahwa **system terkontrol**.

4.3. Analisa Keteramatan

Sistem menunjukkan keteramatan jika nilai determinan dari matriks keteramatan adalah tidak sama dengan nol.

$$\text{keteramatan} = 1000 \times \begin{bmatrix} 0.0000 & 0.0002 \\ 0.0002 & 1.1856 \end{bmatrix}$$

Determinan Matriks keteramatan = 0,0940

Determinan dari Matriks keteramatan tidak sama nol, atau tidak tergantung linier, sehingga dapat dikatakan bahwa **system teramati**.

5. HASIL DAN ANALISIS

Kesimpulan dari sebuah rancang bangun alat scanner 2D preparasi dahak adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan prototipe alat pengambil citra BTA dilakukan dengan menggunakan kamera yang dibagian bawahnya dipasang motor dc pada sumbu x yang bisa diatur dengan program putaran persudutnya. Sehingga dapat meng-capture hingga 1 milimeter.
2. Pada pengujian prototipe alat pengambil citra BTA dinyatakan bahwa system ini tidak stabil namun terkontrol dan teramati. Sistem ini mempunyai tingkat error yang kecil yaitu hanya 0,75o, dari sudut yang harus ditempuh adalah 2o.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih kami berikan kepada LPPM Universitas Dian Nuswantoro, sebagai bentuk apresiasi dari dana penelitian pada penelitian internal Universitas Dian Nuswantoro.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Adi, R. Gernowo, A. Sugiharto, A. Pamungkas, A. B. Putranto, and N. Mirnasari, "Autothresholding Segmentation For Tuberculosis Bacteria Identification In The Ziehl-Neelsen Sputum Sample," in *Proceedings The 7th International Conference on Information & Communication Technology and Systems (ICTS)*, 2013, pp. 9–13.
- [2] D. E. Juliando and A. Setiarini, "Identifikasi Bakteri pada Citra Dahak Penderita Tuberculosis (TBC) Menggunakan Metode Watershed," *JEECAE (Journal Electr. Electron. Control. Automot. Eng., vol. 2, no. 1, pp. 83–88, 2017.*
- [3] N. Mirnasari and K. Adi, "Aplikasi Metode Otsu Untuk Identifikasi Bakteri Tuberculosis Secara Otomatis," *Youngster Phys. J., vol. 2, no. 2, pp. 13–20, 2013.*
- [4] I. Siena, K. Adi, R. Gernowo, and N. Mirnasari, "Development of algorithm tuberculosis bacteria identification using color segmentation and neural networks," *Int. J. Video Image Process. Netw. Secur., vol. 12, no. 4, pp. 9–13, 2012.*
- [5] F. Arisgraha, P. Widiyanti, and R. Apsari, "Digital Detection System Design Of Mycobacterium Tuberculosis Through Extraction Of Sputum Image Using Neural Network Method," *Indones. J. Trop. Infect. Dis., vol. 3, no. 1, pp. 35–38, 2015.*
- [6] M. El-Melegy, D. Mohamed, T. ElMelegy, and M. Abdelrahman, "Identification of Tuberculosis Bacilli in ZN-Stained Sputum Smear Images: A Deep Learning Approach," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 2019, p. 0.
- [7] M. A. Adiguna, "Identifikasi Penyakit Tuberculosis Dengan Deteksi Pola Sputum Smear Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan," *Konf. Nas. Ilmu Pengetah. dan Teknol., vol. 1, no. 1, pp. 117–122, 2016.*
- [8] F. I. Azman, K. H. Ghazali, R. Hamid, and N. A. S. M. Salleh, "Detection Technique of Squamous Epithelial Cells in Sputum Slide Images using Image Processing Analysis," *Proceeding Electr. Eng. Comput. Sci. Informatics, vol. 1, no. 1, pp. 400–404, 2014.*
- [9] F. I. Azman, K. H. Ghazali, Z. Mohamed, and R. Hamid, "Detection Of Sputum Smear Cell Based On Image Processing Analysis," 2006.
- [10] G. Matua, T. W. Widodo, and M. Mitrayana, "Penerapan Sistem Kendali XY-Stage dan Modulasi Laser Pada Tomografi Fotoakustik Menggunakan Arduino," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst., vol. 7, no. 2, pp. 149–160.*

- [11] D. Widya Utama, S. Darmawan, and R. Putra Wijaya, "Desain dan aplikasi sistem gerak paralel, h frame, pemosisian gerak sumbu xy pada printer tiga dimensi," *J. Muara Sains, Teknol. Kedokt. dan Ilmu Kesehat.*, vol. 1, no. 1, pp. 328–337, 2017.
- [12] M. Mansur, I. Yusuf, and M. Marzuki, "Rancang Bangun Mesin Cnc Drilling Menggunakan Sistem Kontrol GRBL Untuk Pembuatan Lubang PCB," *J. Mesin Sains Terap.*, vol. 3, no. 2, pp. 58–63, 2019.
- [13] A. W. Nugroho, "Rancang Bangun Mesin PC Based CNC Milling Tiga Sumbu (Sistem Kontroler dan Analisa Torsi Motor Stepper)," 2015.
- [14] B. Santoso, A. Zaini, and I. K. E. Purnama, "Penentuan Otomatis Posisi Fokus Citra Mikroskopis Bakteri Tuberkulosis Berbasis Nilai Entropi dan Fuzzy Logic," *JAVA J. Electr. Electron. Eng.*, vol. 12, no. 1, 2014.
- [15] Lilik Hari Santoso, A. Anwari, D. Permadi, and M. Nugroho, "Rancang Bangun CNC PCB Cyclone Berbasis Mikrokontroler Arduino Mega," *Pros. KITT (Konferensi Ilm. Teknol. Texmaco) |*, Vol. 1, Pp. 1–8, 2018.
- [16] A. Latif, "Kendali Pergerakan Motor Stepper Sumbu X-Y Pada Prototipe Mesin Cutter Untuk Membuat Pola Garis Tegak Lurus Dan Persegi," Universitas Muria Kudus, 2016.
- [17] Mukhofidhoh and N. Kholis, "Rancang Bangun Mesin Pengebor PCB Mini Otomatis Berbasis Arduino UNO," *J. Tek. Elektro*, vol. 7, no. 1, pp. 9–16, 2018.