

# Penentuan Lama Waktu Optimal pada Pengukuran Glukosa Darah Noninvasif

Anwar Fitrianto<sup>1\*</sup>, Erfiani<sup>2</sup>, Rahmatun Nisa<sup>3</sup> 

<sup>1,2,3</sup>Departemen Statistika, IPB Universiti, Bogor, Indonesia

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received January 04, 2022

Revised January 09, 2022

Accepted April 05, 2022

Available online April 25, 2022

### Kata Kunci:

Penentuan Lama Waktu, Pengukuran Glukosa

### Keywords:

Determination of Length of Time, Measurement of Glucose



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

## ABSTRAK

Pengukuran kadar glukosa darah menggunakan metode invasif, yaitu melukai bagian tubuh, seperti jari, merupakan metode yang kurang disukai oleh sebagian besar masyarakat. Tujuan penelitian ini untuk mengembangkan teknologi berupa alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif. Alat ini menggunakan prinsip kerja spektroskopi inframerah. Oleh karena itu, lama waktu pengukuran menjadi hal yang harus dipertimbangkan. Keoptimalan lama waktu pengukuran diperlukan agar proses pemeriksaan kadar glukosa darah efisien dan bisa merekam seluruh informasi. Tujuan penelitian ini adalah menentukan lama waktu optimal pada alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif. Data yang digunakan merupakan data primer hasil pengukuran kadar glukosa darah dari tiga responden. Data tersebut dianalisis menggunakan metode eksplorasi dan regresi linier. Hasil pemodelan dengan persamaan  $\hat{y} = 3076 - 334.5 \ln(x)$ , lama waktu optimal tersebut berada pada waktu perlakuan sebesar 1700 ms dengan menggunakan metode gradien pada kurva. Maka, lama waktu tersebut secara umum dikatakan sebagai waktu yang sangat singkat dalam melakukan pengukuran glukosa dalam darah secara noninvasif.

## ABSTRACT

Measurement of blood glucose levels using invasive methods, namely injuring body parts, such as fingers, is a method that is less favored by most people. The purpose of this study was to develop technology in the form of a non-invasive blood glucose level measuring device. This tool uses the working principle of infrared spectroscopy. Therefore, the length of the measurement time is something that must be considered. Optimal length of measurement time is needed so that the process of checking blood glucose levels is efficient and can record all information. The purpose of this study was to determine the optimal length of time on a non-invasive blood glucose level measuring device. The data used are primary data from the results of measuring blood glucose levels from three respondents. The data were analyzed using exploratory and linear regression methods. The results of the modeling with the equation  $y = 3076 - 334.5 \ln(x)$ , the optimal length of time is at the treatment time of 1700 ms using the gradient method on the curve. Thus, the length of time is generally said to be a very short time in measuring blood glucose non-invasively.

## 1. PENDAHULUAN

Diabetes melitus merupakan penyakit yang mengganggu kegiatan metabolik dalam tubuh manusia (Mandal et al., 2021; Piero et al., 2015; Zafar et al., 2018). Penyakit tersebut terjadi karena pankreas tidak mampu mencukupi kebutuhan hormon insulin yang bertugas mengatur keseimbangan kadar glukosa darah (Agbaje et al., 2007; Ahmad, 2014; Dias et al., 2020; Güemes et al., 2016; Lunze et al., 2013). Kekurangan hormon insulin mengakibatkan adanya peningkatan kadar glukosa darah yang mengganggu metabolisme karbohidrat, lipid, dan protein (Ali & Irasanti, 2021; Bharath et al., 2017; Farhood et al., 2014; Ginter & Simko, 2013; Ngo et al., 2018). Hal ini terjadi sebagai salah satu akibat dari pola makan yang kurang baik dan pola hidup yang cenderung kurang bergerak. Faktor yang memengaruhi penyandang diabetes melitus ditemukan dengan beberapa gejala seperti poliuria (banyak berkemih), polydipsia (banyak minum), polifagia (banyak makan) yang disertai dengan penurunan berat badan (Begum et al., 2014). Gejala-gejala tersebut memberikan beberapa dampak buruk salah satunya gangguan tidur (Azrimaidaliza, 2011; Green et al., 2017; Jain et al., 2012; Knutson et al., 2011; Narisawa et al., 2017; Zhang et al., 2019).

Saat ini jumlah penderita diabetes melitus semakin banyak dan menyebar di seluruh dunia termasuk Indonesia (Fitriani et al., 2019; Pratiwi et al., 2016). Jumlah penderita diabetes melitus selalu meningkat dari tahun ke tahun (Dinh et al., 2012; Nentwich & Ulbig, 2015). Diabetes melitus menjadi penyakit berbahaya yang menyebabkan banyak kematian (Cavender et al., 2015). Diabetes melitus menduduki peringkat ke-7 sebagai penyebab utama kematian (Villena, 2015). Pengendalian penyakit ini sangat diperlukan untuk mencegah peningkatan jumlah penderita. Diperkirakan pada tahun 2030 lebih dari

\*Corresponding author.

E-mail addresses: [anwarstat@gmail.com](mailto:anwarstat@gmail.com) (Anwar Fitrianto)

346 juta orang diseluruh dunia akan mengalami diabetes melitus. Jumlah kasus diabetes melitus terbanyak di dunia yaitu di India yang mencapai lebih dari 32 juta jiwa serta diperkirakan terjadi peningkatan di tahun 2030 sebesar 79,4 juta jiwa (Pratiwi et al., 2016). Berdasarkan data International Diabetes Federation tahun 2019, ada 463 juta orang dewasa (usia 20-79 tahun) yang mengalami DM di dunia pada tahun 2019 dan pada tahun 2045. angkanya diperkirakan akan meningkat menjadi 700 juta (Farhood et al., 2014).

Upaya pencegahan sejak dini sangat diperlukan oleh penderita dan keturunan penderita agar mampu mengurangi jumlah penderita dan kematian. Selain dilakukan dengan melakukan kontrol kadar glukosa darah secara rutin, pencegahan dan pengendalian dapat dilakukan dengan berbagai cara, misalnya dengan mengkonsumsi jamur (de Silva et al., 2012). Sayangnya, alat pengukur kadar glukosa darah yang beredar di pasaran masih menggunakan metode invasif (melukai tubuh), sehingga menimbulkan ketidaknyamanan pada pengguna. Penelitian-penelitian tentang pengembangan alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif sudah banyak dilakukan (Abd Salam et al., 2016; Ciudin et al., 2012; Sutrisno, Laksono & Hidayat, 2017; Tankasala & Linnes, 2019; Yadav et al., 2014). Alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif menggunakan prinsip spektroskopi inframerah sebagai sumber elektromagnetik (Chen et al., 2012; Uwadaira et al., 2015). Spektroskopi inframerah adalah teknik yang didasarkan pada getaran atom dari sebuah molekul yang pada umumnya diperoleh dengan melewatkan inframerah radiasi melalui sampel. Cahaya inframerah yang dilewatkan selanjutnya ditangkap oleh sensor yang dipasang pada alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif dalam bentuk tegangan analog. Tegangan analog yang dihasilkan tidak bisa dibaca oleh server penerima output sehingga nilai tegangan tersebut ditransformasi menjadi nilai tegangan digital melalui komponen Analog Digital Converter (ADC) dan ditransformasi ke dalam spektrum fungsi frekuensi melalui algoritma Fast Fourier Transform (FFT) untuk mendapatkan tegangan digital (Gupta et al., 2021). Hasil dari proses transformasi tersebut berupa frekuensi terhadap spektrum time domain yang ditampilkan.

Alat pengukur kadar glukosa darah sebagian besar masih dilakukan secara invasif yaitu dengan cara melukai tubuh dengan menggunakan alat glukometer atau melakukan tes laboratorium. Prinsip kerja alat ini menggunakan enzim glukosa dan teknologi biosensor yang spesifik untuk pengukuran kadar glukosa (Sabu et al., 2019). Pengukuran kadar glukosa darah menggunakan metode ini memberikan ketidaknyamanan kepada pengguna sehingga dibutuhkan alat pengukur kadar glukosa darah yang tidak melukai tubuh yaitu dengan menggunakan metode noninvasif. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan lama waktu optimal dalam proses perancangan alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif.

## 2. METODE

Pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan pengukuran noninvasif. Pengukuran noninvasif pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif. Subjek atau responden pengukuran adalah orang dewasa yang dan setiap responden dilakukan pengukuran sebanyak lima kali ulangan. Beberapa skenario dilakukan pada pengukuran tersebut, yaitu ketika lampu inframerah 1550 nm dan lampu inframerah 1600 nm mati, lampu inframerah 1550 nm hidup, lampu inframerah 1600 nm hidup, dan lampu inframerah 1550 nm dan lampu inframerah 1600 nm hidup bersamaan. Pengukuran kadar glukosa darah yang dilakukan secara noninvasif menghasilkan data spektrum residu intensitas pada dua kondisi yaitu saat lampu mati tetapi sensor hidup dan kondisi saat lampu dan sensor hidup secara bersamaan. Pada kondisi lampu dan sensor hidup, spektrum yang dihasilkan membentuk dua puncak pada setiap modulasi. Data tersebut diperoleh dari dua lampu inframerah yaitu 1600 nm dan 1550 nm dengan empat variasi lampu inframerah. Perlakuan pada alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif menggunakan lima waktu perlakuan yang berbeda yaitu 188 ms, 375 ms, 750 ms, 1500 ms, 3000 ms, dan 6000 ms. Pada kondisi ini variasi lampu inframerah yang digunakan yaitu ketika 1600 nm hidup karena lampu inframerah tersebut lebih peka terhadap cairan darah.

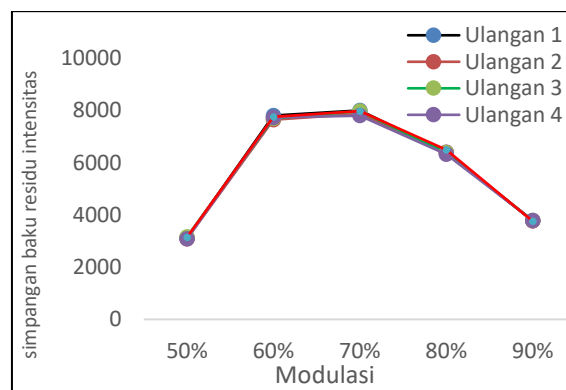
Prosedur analisis data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Pertama adalah melakukan pra-proses data pada hasil pengukuran kadar glukosa noninvasif. Hal ini dilakukan dengan beberapa tahap. Yang pertama adalah pemangkasan data (*Data screening*). Data yang digunakan merupakan data dengan kondisi lampu inframerah 1600 nm menyala karena lampu inframerah dengan panjang gelombang ini lebih peka terhadap darah daripada lampu inframerah 1550 nm. Yang kedua adalah pemilihan modulasi terbaik. Modulasi 50% merupakan modulasi yang terbaik. Syarat modulasi terbaik adalah memiliki residu intensitas yang konsisten yang berarti memiliki ragam residu intensitas yang lebih rendah dibanding dengan modulasi lainnya (Dermawan et al., 2018). Berikutnya adalah pemilihan data. Data yang digunakan merupakan data puncak pada puncak residu intensitas. Tahap kedua pada prosedur analisis data adalah penghitungan ragam pada data modulasi terpilih. Setelah itu dilanjutkan dengan tahap eksplorasi data. Hal ini dilakukan dengan cara membuat diagram pencar dari simpangan baku residu

intensitas dengan enam waktu perlakuan yaitu 188 ms, 375 ms, 750 ms, 1500 ms, 3000 ms, dan 6000 ms. Tahap berikutnya adalah pegujian kesamaan pola dari ketiga responden. Pengujian ini menggunakan metode analisis ragam dua faktor yaitu responden dan waktu perlakuan. Tujuan dilakukan pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah pola dari tiga responden tersebut sama. Kemudian ketika hasil uji tersebut menunjukkan kesamaan. Hal ini berarti bahwa interaksi antara responden dan waktu perlakuan tidak berinteraksi. Bila kondisi ini terjadi, maka data tiga responden dapat digabung pada analisis selanjutnya. Tahap terakhir dari analisis data adalah menentukan model yang tepat menggunakan regresi linier dan menentukan lama waktu optimal dengan menggunakan kurva persamaan.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

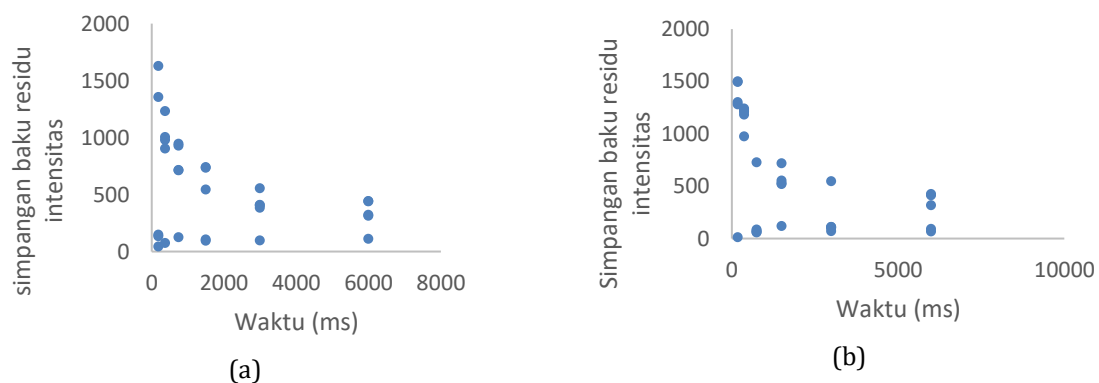
#### Hasil

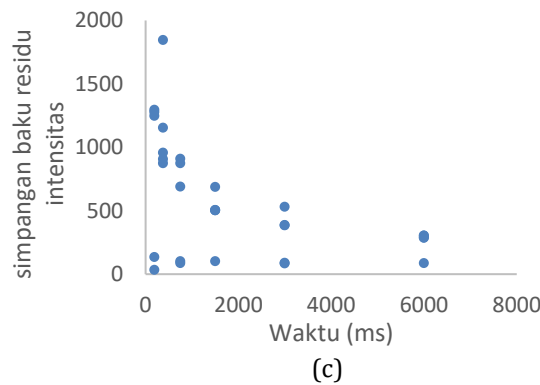
Berdasarkan hasil eksplorasi data intensitas residu. Pada kondisi lampu dan sensor hidup, spektrum yang dihasilkan membentuk dua puncak pada setiap modulasi. Ada sepuluh modulasi yang dirancang pada alat ini yaitu 0%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, dan 90%. Pemilihan modulasi terbaik sangat dibutuhkan untuk membantu dalam merekam informasi pada alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif. Modulasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 50%, 60%, 70%, 80% dan 90% karena pada modulasi 0%, 20%, 30%, dan 40% tidak mampu merekam informasi dengan tepat dan lengkap. Modulasi-modulasi tersebut diulang sebanyak lima kali yang diatur secara otomatis pada alat ini. Berikut plot rata-rata residu intensitas dengan modulasi untuk mendapatkan nilai modulasi terbaik pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot Interaksi Antara Rata-Rata Residu Intensitas dengan Modulasi

Gambar 1 menunjukkan bahwa modulasi 50% merupakan modulasi yang memiliki rata-rata residu intensitas terendah dari pada modulasi lainnya. Peningkatan rata-rata residu intensitas semakin meningkatnya mulai dari modulasi 50% sampai dengan 70%. Tetapi modulasi 70% sampai 90% rata-rata residu intensitas menurun. Modulasi 50% merupakan modulasi yang paling stabil dengan rata-rata residu intensitas yang paling rendah. Modulasi 50% juga memberikan nilai ragam yang paling rendah dibanding dengan modulasi lainnya yaitu sebesar 25.90527. Berdasarkan hasil yang telah didapatkan, data dengan modulasi 50% digunakan untuk analisis selanjutnya karena telah memenuhi syarat modulasi terbaik pada Gambar 2.





**Gambar 2.** Plot Simpangan Baku Residu Intensitas dan Waktu (Lamanya) Perlakuan untuk Setiap Responden: a) Responden 1, b) Responden 2, c) Responden 3

Gambar 2 merupakan plot simpangan baku residu intensitas dengan enam perlakuan waktu pada responden dua. Hasil plot tersebut menunjukkan bahwa pada waktu perlakuan 188 ms, rentang simpangan baku antar ulangan sangat berbeda. Hal ini juga terjadi pada waktu perlakuan 375 ms meskipun memiliki nilai simpangan baku yang lebih kecil. Pada lama waktu 750 ms terjadi sedikit peningkatan pada hasil simpangan baku. Kondisi ini terjadi karena pada lama waktu 375 ms memiliki nilai simpangan baku yang paling kecil dari pada waktu perlakuan yang lain, sehingga pada waktu perlakuan ini informasi yang didapatkan masih belum stabil karena pada waktu perlakuan setelahnya simpangan baku meningkat pada waktu 750 ms dan menurun terus sampai 6000 ms. Pada hasil plot ini dengan memperhatikan kesingkatan waktu dan kestabilan lama waktu optimal berada pada rentang waktu 1500 ms sampai 3000 ms. Hasil plot pada Panel (c) Gambar 2 menunjukkan bahwa lama waktu optimal terjadi pada selang waktu 1500 ms sampai 3000 ms. Pada selang waktu tersebut waktu yang diperlukan tidak terlalu lama, sedangkan pada waktu perlakuan yang lain seperti 188 ms, 375 ms, dan 750 ms belum cukup stabil tetapi waktu yang digunakan singkat. Pada waktu 3000 ms dan 6000 ms sudah stabil tetapi waktu yang digunakan terlalu lama.

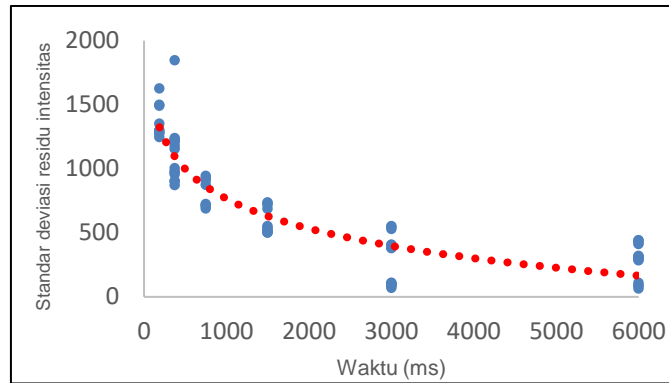
Uji kesamaan antarresponden menunjukkan kesamaan pola pada ketiga responden tersebut. Hal tersebut dapat diuji dengan menggunakan analisis ragam dua faktor. Pengujian tersebut dibutuhkan untuk menentukan data yang digunakan pada analisis selanjutnya. Bila ketiga responden tersebut sama, data yang digunakan untuk analisis merupakan data gabungan. Jika ketiga responden tersebut tidak sama maka analisis yang digunakan adalah analisis untuk masing-masing responden. Berikut hasil sidik ragam data residu intensitas ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Sidik Ragam Dua Faktor Antara Responden dan Perlakuan

Sumber Keragaman	Derajat Bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	<i>p-value</i>
Responden	2	12052	6026	0.958
Perlakuan	5	7516718	1503344	0.000
Interaksi	10	1596318	159632	0.341
Galat	72	10030494	139312	
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>19155582</b>		

Hasil sidik ragam pada Tabel 1 tersebut menunjukkan bahwa faktor responden tidak memiliki pengaruh atau tidak berbeda nyata. Hal ini didukung dengan *p-value* lebih dari 0.05 yaitu 0.958 yang berarti terima hipotesis nol. Faktor perlakuan dengan *p-value* kurang dari 0.05 yaitu sebesar 0.00. Artinya, faktor perlakuan tersebut memiliki pengaruh yang nyata atau berbeda nyata. Hasil interaksi antara faktor responden dan faktor perlakuan yang tidak berbeda nyata yang didukung dengan *p-value* lebih kecil dari 0.05 yaitu sebesar 0.341. Hal tersebut menunjukkan bahwa pola ketiga responden tersebut sama. Faktor responden tidak berbeda nyata sehingga faktor ini tidak mempengaruhi pola setiap responden yang memberikan informasi bahwa pola yang dihasilkan sama dengan responden yang berbeda. Dampak faktor responden tidak berbeda nyata memengaruhi hasil interaksi antara faktor responden dan faktor waktu perlakuan tidak berpengaruh nyata. Hasil interaksi kedua faktor tersebut menunjukkan pola yang sama. Pemodelan residu intensitas yang sesuai dari proses pengepasan kurva dengan pendekatan regresi adalah menggunakan regresi linier yaitu  $\hat{y} = 3076 - 334,5 \ln(x)$ . Hal ini berarti bahwa setiap penambahan nilai logaritma lama waktu pada alat pengukur glukosa darah noninvasif, simpangan baku akan menurun

sebesar 334.5. Ketika lama waktu yang digunakan sama dengan satu, maka simpangan baku yang didapatkan sebesar 3076.



**Gambar 3.** Diagram Pencar yang Disertai dengan Pengepasan Kurva

Persamaan tersebut mempunyai nilai  $R^2$  sebesar 0.8306 yang berarti bahwa model tersebut bisa menjelaskan keragaman dari residu intensitas sebesar 83.06%. Penentuan lama waktu optimal dapat ditentukan dengan menentukan titik belok, namun pada persamaan ini titik belok tidak bisa digunakan karena turunan pertama persamaan ini sama dengan nol. Salah satu metode pengganti titik belok dalam menentukan lama waktu optimal yaitu menentukan titik belok pada kurva persamaan tersebut pada Gambar 3 secara eksploratif. Hal ini dilakukan dengan cara menghitung selisih gradien antara dua periode waktu yang berurutan. Jika penurunan gradien (kemiringan) kurva sudah relative Kecil (semakin stabil), maka pada titik itulah perkiraan waktu optimal tercapai. Tabel 2 menunjukkan selisih gradien setiap waktu dengan kelipatan 100 dimulai dari waktu 800 ms sampai 3000 ms. Selisih gradien tersebut memengaruhi kestabilan informasi yang didapatkan. Semakin kecil selisih gradien, maka informasi yang didapatkan semakin stabil. Berdasarkan hasil selisih gradien pada tabel tersebut, lama waktu optimal berada pada lama waktu 1700 ms karena selisih dari selisih gradien sudah mulai kecil dan stabil yaitu sebesar -0.00001.

**Tabel 2.** Selisih Gradien pada Kurva Persamaan

Waktu Perlakuan	Simpangan Baku	Delta Simpangan Baku	Gradien	Selisih Gradien
800	839,9974			
900	800,5990	-39,3984	-2,53817	
1000	765,3559	-35,2431	-2,83744	-0,29926
1100	733,4746	-31,8813	-3,13664	-0,29920
1200	704,3693	-29,1053	-3,43580	-0,29916
1300	677,5950	-26,7743	-3,73493	-0,29913
1400	652,8059	-24,7891	-4,03403	-0,29910
1500	629,7278	-23,0781	-4,33311	-0,29908
1600	608,1396	-21,5881	-4,63217	-0,29906
<b>1700</b>	<b>587,8607</b>	<b>-20,2789</b>	<b>-4,93123</b>	<b>-0,29905</b>
1800	568,7412	-19,1195	-5,23027	-0,29904
1900	550,6557	-18,0855	-5,52930	-0,29903
2000	533,4981	-17,1576	-5,82832	-0,29902
2100	517,1778	-16,3203	-6,12733	-0,29902
2200	501,6169	-15,5609	-6,42634	-0,29901
2300	486,7478	-14,8691	-6,72535	-0,29901
2400	472,5116	-14,2362	-7,02435	-0,29900
2500	458,8566	-13,6550	-7,32335	-0,29900
2600	445,7373	-13,1193	-7,62234	-0,29899
2700	433,1131	-12,6241	-7,92133	-0,29899
2800	420,9482	-12,1650	-8,22032	-0,29899
2900	409,2101	-11,7380	-8,51931	-0,29899
3000	397,8700	-11,3401	-8,81829	-0,29898



## Pembahasan

Berdasarkan hasil penelitian bahwa semakin lama waktu yang digunakan pada alat pengukur kadar glukosa darah semakin kecil nilai simpangan baku. Pada waktu perlakuan 188 ms memiliki rentang simpangan baku yang relatif lebar pada tiap ulangannya. Kondisi tersebut terjadi karena alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif masih belum stabil sehingga informasi pola yang didapatkan belum lengkap dan tidak stabil. Pada waktu 375 ms memiliki rentang simpangan baku yang lebih rendah dibandingkan dengan waktu perlakuan 188 ms. Hal ini juga terjadi pada waktu perlakuan 750 ms, 1500 ms, 3000 ms, dan 6000 ms semakin lama waktu perlakuan semakin kecil rentang simpangan baku tiap ulangan. Hasil tersebut juga didukung dengan nilai simpangan baku yang semakin kecil. Pada hasil plot simpangan baku tersebut, kestabilan terjadi pada rentang waktu antara 3000 ms sampai 6000 ms. Penentuan lama waktu optimal tidak cukup hanya memperhatikan kestabilan tetapi juga perlu memperhatikan lama waktunya. Pada penelitian ini waktu optimal terjadi pada selang 1500 ms sampai 3000 ms. Percobaan ini memiliki tujuan untuk menentukan lama waktu optimal pada alat pengukur kadar glukosa darah non-invasif. Lama waktu tersebut merupakan lama waktu yang diperlukan ketika alat mengenai jari tangan, diharapkan lama waktu tersebut singkat dan mampu merekam informasi dengan lengkap serta stabil. Lama waktu yang singkat yang dimaksud adalah waktu yang digunakan alat pengukur kadar glukosa darah ini tidak membutuhkan waktu yang terlalu lama (Pratiwi et al., 2016). Lama waktu tersebut juga membutuhkan data yang stabil. Kestabilan lama waktu optimal dapat dihitung menggunakan simpangan baku. Kestabilan terjadi ketika simpangan baku tiap ulangan pada waktu perlakuan memiliki nilai simpangan baku yang kecil.

Secara umum memiliki pola plot yang sama yaitu semakin lama waktu perlakuan simpangan baku residu intensitas yang didapatkan semakin kecil. Pola plot yang sama dari ketiga responden tersebut menunjukkan bahwa alat yang digunakan sudah stabil. Lama waktu optimal yang didapatkan dari ketiga responden tersebut sama yaitu pada selang waktu 1500 ms sampai 3000 ms. Pada selang waktu tersebut waktu yang digunakan singkat dan stabil, sehingga informasi yang didapatkan cukup terwakili. Alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif dirancang untuk membantu masyarakat untuk mengukur kadar glukosa darah tanpa melukai tubuh dan nyaman jika digunakan. Kenyamanan tersebut dipengaruhi beberapa faktor salah satunya lama waktu optimal yaitu lama waktu yang stabil dan singkat. Stabil yang dimaksud adalah lama waktu tersebut memiliki ragam residu intensitas terkecil dibandingkan dengan lama waktu lainnya di dalam ulangan yang sama (Lunze et al., 2013; Yadav et al., 2014). Lama waktu optimal yang singkat digunakan untuk meningkatkan kenyamanan pada pengguna (Ciudin et al., 2012). Lama waktu pada alat pengukur kadar glukosa darah noninvasif ini dapat diperoleh dengan menggunakan pemodelan yang sesuai dengan karakteristik data. Perlu diketahui bahwa pengepasan kurva dilakukan setelah dilakukan data screening pada pengamatan-pengamatan yang dianggap sebagai pencilan.

## 4. SIMPULAN

Lama waktu tersebut secara umum dikatakan sebagai waktu yang sangat singkat dalam dalam melakukan pengukuran glukosa dalam darah secara noninvasif. Implikasi penelitian ini diharapkan dapat membantu pengguna akan merasa nyaman ketika dilakukan pengukuran kadar glukosa terhadapnya. Selain karena tidak melukai, penggunaannya memerlukan waktu yang sangat singkat. Hasilnya pun cukup akurat sebab residu intensitas yang dihasilkan sudah stabil.

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- Abd Salam, N. A. B., Bin Mohd Saad, W. H., Manap, Z. B., & Salehuddin, F. (2016). The Evolution of Non-Invasive Blood Glucose Monitoring System for Personal Application. *Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC)*, 8(1), 59–65. <https://jtec.utm.edu.my/jtec/article/view/680>.
- Agbaje, I., Rogers, D. A., McVicar, C. M., McClure, N., Atkinson, A. B., Mallidis, C., & Lewis, S. E. M. (2007). Insulin Dependant Diabetes Mellitus: Implications for Male Reproductive Function. *Human Reproduction*, 22(7), 1871–1877. <https://doi.org/10.1093/humrep/dem077>.
- Ahmad, K. (2014). Insulin Sources and Types: A Review of Insulin in Terms of Its Mode on Diabetes Mellitus. *Journal of Traditional Chinese Medicine*, 34(2), 234–237. [https://doi.org/10.1016/s0254-6272\(14\)60084-4](https://doi.org/10.1016/s0254-6272(14)60084-4).
- Ali, I. R., & Irasanti, S. N. (2021). Longer Mastication Cycles Tend to Lower Post-Prandial Blood Sugar Levels. *Journal of Health and Dental Sciences*, 1(1), 11–18. <https://doi.org/10.54052/jhds.v1n1.p11-18>.
- Azrimaidaliza, A. (2011). Asupan Zat Gizi dan Penyakit Diabetes Mellitus. *Jurnal Kesehatan Masyarakat Andalas*, 6(1), 36–41. <https://doi.org/10.24893/jkma.v6i1.86>.
- Begum, S. A., Afroz, R., Khanam, Q., Khanom, A., & Choudhury, T. S. (2014). Diabetes Mellitus and Gestational

- Diabetes Mellitus. *Journal of Paediatric Surgeons of Bangladesh*, 5(1), 30–35. <https://doi.org/10.3329/jpsb.v5i1.23887>.
- Bharath, C., Saravanan, N., & Venkatalakshmi, S. (2017). Assessment of Knowledge Related to Diabetes Mellitus Among Patients Attending A Dental College in Salem City-A Cross Sectional Study. *Brazilian Dental Science*, 20(3), 93–100. <https://doi.org/10.14295/bds.2017.v20i3.1437>.
- Cavender, M. A., Steg, P. G., Smith Jr, S. C., Eagle, K., Ohman, E. M., Goto, S., Kuder, J., Im, K., Wilson, P. W. F., & Bhatt, D. L. (2015). Impact of Diabetes Mellitus on Hospitalization for Heart Failure, Cardiovascular Events, and Death: Outcomes at 4 Years from The Reduction of Atherothrombosis for Continued Health (REACH) Registry. *Circulation*, 132(10), 923–931. <https://doi.org/10.1161/Circulationaha.114.014796>.
- Chen, X. D., GAO, J., & Ding, H. Q. (2012). Infrared Spectroscopy for Non-Invasive Blood Glucose Monitoring. *Chinese Optics*, 4(4), 317–326. <https://doi.org/10.3788/co.20120504.0317>.
- Ciudin, A., Hernández, C., & Simó, R. (2012). Non-Invasive Methods of Glucose Measurement: Current Status and Future Perspectives. *Current Diabetes Reviews*, 8(1), 48–54. <https://doi.org/10.2174/157339912798829197>.
- de Silva, D. D., Rapior, S., Hyde, K. D., & Bahkali, A. H. (2012). Medicinal Mushrooms in Prevention and Control of Diabetes Mellitus. *Fungal Diversity*, 56(1), 1–29. <https://doi.org/10.1007/s13225-012-0187-4>.
- Dermawan, R., Erfiani, & Rizki, A. (2018). Statistical Process Control pada Pengujian Kestabilan Alat Pengukur Kadar Glukosa Darah Non-Invasif. *Xplore: Journal of Statistics*, 2(1), 41–48. <https://doi.org/10.29244/xplore.v2i1.77>.
- Dias, C. C., Kamath, S., & Vidyasagar, S. (2020). Blood Glucose Regulation and Control of Insulin and Glucagon Infusion using Single Model Predictive Control for Type 1 Diabetes Mellitus. *IET Systems Biology*, 14(3), 133–146. <https://doi.org/10.1049/iet-syb.2019.0101>.
- Dinh, T., Tecilazich, F., Kafanas, A., Doupis, J., Gnardellis, C., Leal, E., Tellechea, A., Pradhan, L., Lyons, T. E., & Giurini, J. M. (2012). Mechanisms Involved in The Development and Healing of Diabetic Foot Ulceration. *Diabetes*, 61(11), 2937–2947. <https://doi.org/10.2337%2Fdb12-0227>.
- Farhood, H. B., Ra'id, M., & Radhi, M. N. (2014). Clinical Studies to Evaluate Pancreatic Functions in The Patients of Type 2 Diabetes Mellitus. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7(1), 413. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.687.3964&rep=rep1&type=pdf>.
- Fitriani, Y., Pristiany, L., & Hermansyah, A. (2019). Pendekatan Health Belief Model (HBM) untuk Menganalisis Kepatuhan Pasien Diabetes Melitus Tipe 2 dalam Menggunakan Insulin. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 16(2), 167–177. <https://doi.org/10.30595/pharmacy.v16i2.5427>.
- Ginter, E., & Simko, V. (2013). Type 2 Diabetes Mellitus, Pandemic in 21st Century. *Diabetes*, 42–50. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5441-0\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5441-0_6).
- Green, M. J., Espie, C. A., Popham, F., Robertson, T., & Benzeval, M. (2017). Insomnia Symptoms as A Cause of Type 2 Diabetes Incidence: a 20 year cohort study. *BMC Psychiatry*, 17(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12888-017-1268-4>.
- Güemes, M., Rahman, S. A., & Hussain, K. (2016). What is A Normal Blood Glucose? *Archives of Disease in Childhood*, 101(6), 569–574. <https://doi.org/10.1136/archdischild-2015-308336>.
- Gupta, S. sen, Kwon, T.-H., Hossain, S., & Kim, K.-D. (2021). Towards Non-Invasive Blood Glucose Measurement using Machine Learning: An All-Purpose PPG System Design. *Biomedical Signal Processing and Control*, 68, 102706. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2021.102706>.
- Jain, S. K., Kahlon, G., Morehead, L., Lieblong, B., Stapleton, T., Hoeldtke, R., Farrington Bass III, P., & Levine, S. N. (2012). The Effect of Sleep Apnea and Insomnia on Blood Levels of Leptin, Insulin Resistance, IP-10, and Hydrogen Sulfide in Type 2 Diabetic Patients. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*, 10(5), 331–336. <https://doi.org/10.1089/met.2012.0045>.
- Knutson, K. L., Van Cauter, E., Zee, P., Liu, K., & Lauderdale, D. S. (2011). Cross-Sectional Associations Between Measures of Sleep and Markers of Glucose Metabolism Among Subjects with and Without Diabetes: the Coronary Artery Risk Development in Young Adults (CARDIA) Sleep Study. *Diabetes Care*, 34(5), 1171–1176. <https://doi.org/10.2337/dc10-1962>.
- Lunze, K., Singh, T., Walter, M., Brendel, M. D., & Leonhardt, S. (2013). Blood Glucose Control Algorithms for Type 1 Diabetic Patients: A Methodological Review. *Biomedical Signal Processing and Control*, 8(2), 107–119. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2012.09.003>.
- Mandal, N., Grambergs, R., Mondal, K., Basu, S. K., Tahia, F., & Dagogo-Jack, S. (2021). Role of Ceramides in The Pathogenesis of Diabetes Mellitus and Its Complications. *Journal of Diabetes and Its Complications*, 35(2), 107734. <https://doi.org/10.1016/j.jdiacomp.2020.107734>.
- Narisawa, H., Komada, Y., Miwa, T., Shikuma, J., Sakurai, M., Odawara, M., & Inoue, Y. (2017). Prevalence, Symptomatic Features, and Factors Associated with Sleep Disturbance/Insomnia in Japanese

- Patients with Type-2 Diabetes. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 13, 1873. <https://doi.org/10.2147/ndt.s134814>.
- Nentwich, M. M., & Ulbig, M. W. (2015). Diabetic Retinopathy-Ocular Complications of Diabetes Mellitus. *World Journal of Diabetes*, 6(3), 489. <https://doi.org/10.4239%2Fwjv6.i3.489>.
- Ngo, P. D., Wei, S., Holubová, A., Muzik, J., & Godtlielsen, F. (2018). Control of Blood Glucose for Type-1 Diabetes by Using Reinforcement Learning with Feedforward Algorithm. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2018/4091497>.
- Piero, M. N., Nzaro, G. M., & Njagi, J. M. (2015). Diabetes Mellitus-A Devastating Metabolic Disorder. *Asian Journal of Biomedical and Pharmaceutical Sciences*, 5(40), 1. <https://doi.org/10.15272/ajbps.v4i40.645>.
- Pratiwi, P., Amatiria, G., & Yamin, M. (2016). Pengaruh Stress terhadap Kadar Gula Darah Sewaktu pada Pasien Diabetes Melitus yang Menjalani Hemodialisa. *Jurnal Kesehatan*, 5(1), 11-16. <https://doi.org/10.26630/jk.v5i1.59>.
- Sabu, C., Henna, T. K., Raphey, V. R., Nivitha, K. P., & Pramod, K. (2019). Advanced Biosensors for Glucose and Insulin. *Biosensors and Bioelectronics*, 141, 111201. <https://doi.org/10.1016/j.bios.2019.03.034>.
- Sutrisno, Laksono, Y. A., & Hidayat, N. (2017). Noninvasive and Painless Urine Glucose Detection by Using Computer-Based Polarimeter. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 202, 012030. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/202/1/012030>.
- Tankasala, D., & Linnes, J. C. (2019). Noninvasive Glucose Detection in Exhaled Breath Condensate. *Translational Research*, 213, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.trsl.2019.05.006>.
- Uwadaira, Y., Shimotori, A., Ikehata, A., Fujie, K., Nakata, Y., Suzuki, H., Shimano, H., & Hashimoto, K. (2015). Logistic Regression Analysis for Identifying The Factors Affecting Development of Non-Invasive Blood Glucose Calibration Model by Near-Infrared Spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 148, 128-133. <https://doi.org/10.1016/j.chemolab.2015.09.012>.
- Villena, J. E. (2015). Diabetes mellitus in Peru. *Annals of Global Health*, 81(6), 765-775. <https://doi.org/10.1016/j.aogh.2015.12.018>.
- Yadav, J., Rani, A., Singh, V., & Murari, B. M. (2014). Near-infrared LED Based Non-Invasive Blood Glucose Sensor. *International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN)*, 591-594. <https://doi.org/10.1109/SPIN.2014.6777023>.
- Zafar, U., Khaliq, S., Ahmad, H. U., Manzoor, S., & Lone, K. P. (2018). Metabolic Syndrome: An Update on Diagnostic Criteria, Pathogenesis, and Genetic Links. *Hormones*, 17(3), 99-313. <https://doi.org/10.1007/s42000-018-0051>.
- Zhang, Y., Lin, Y., Zhang, J., Li, L., Liu, X., Wang, T., & Gao, Z. (2019). Association Between insomnia and Type 2 Diabetes Mellitus in Han Chinese individuals in Shandong Province, China. *Sleep and Breathing*, 23(1), 349-354. <https://doi.org/10.1007/s11325-018-1687-6>.