

Pemantauan Kadar Asam Urat Non Invasive Real Time Menggunakan Sensor Near Infrared

Usman Umar¹, Risnawaty Alyah²

¹ Teknologi Elektro-medis, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar

² Teknik Elektro, Universitas Sawerigading Makassar

Email: usmanmr4@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Received;10-03-2020

Revised;20-03-2020

Accepted;04-04-2020

Keyword:

Gout, Invasive, Non-invasive, Sensor, Anova

Abstract. *Gout or gout arthritis is a disease caused by the accumulation of monosodium uric crystals in the body. Uric acid is the result of the final metabolism of purines, which is a component of nucleic acids found in the body's cell nucleus. Increased uric acid can cause disturbances in the human body such as feelings of pain. The standard system used to measure uric acid levels in the blood, in general, is an invasive system that uses blood samples and is performed in clinics, health centers, and hospitals at a high cost. This research aims to develop a non-invasive system measuring gout using Near Infrared (NIR) sensor with 940 nm LED and Photodiode as a detector at a wavelength range of 600-1300 nm. The method of developing this tool begins with the stages, conducting a literature study resulting in tool design and tool making as well as tool validation by comparing invasive and non-invasive techniques. The results of this study produce a simple gout monitoring tool with an error value of 4% and low cost and easy to use. Analysis of the results of the tests using analysis of variance $P\text{-value} > 0.05$ and the $t\text{-test } P(T \leq t) 0.45 > \alpha$ shows that the tool designed can be used to monitor gout.*

Abstrak. Penyakit asam urat atau biasa dikenal sebagai gout arthritis merupakan suatu penyakit yang diakibatkan karena penimbunan kristal monosodium urat di dalam tubuh. Asam urat merupakan hasil metabolisme akhir dari purin yaitu salah satu komponen asam nukleat yang terdapat dalam inti sel tubuh. Meningkatnya asam urat dapat menyebabkan gangguan pada tubuh manusia seperti perasaan nyeri. Sistem standar yang digunakan untuk mengukur kadar asam urat dalam darah pada umumnya dengan system invasif yang menggunakan sample darah dan dilakukan di klinik, puskesmas dan rumah sakit dengan biaya mahal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat ukur asam urat darah system non-invasive menggunakan sensor Near Infrared (NIR) dengan LED 940 nm dan Photodiode sebagai detector pada panjang gelombang kisaran 600-1300 nm. Metode pengembangan alat ini dimulai dengan tahapan, melakukan studi literatur menghasilkan desain alat dan pembuatan alat serta validasi alat

dengan membandingkan teknik invasif dan non-invasif. Hasil penelitian ini menghasilkan alat pemantau asam urat yang sederhana dengan nilai error 4% dan biaya murah serta mudah digunakan. Analisis hasil pegujian dengan menggunakan analisis varian P-value > 0.05 dan uji-t $P(T \leq t) 0,45 > \alpha$ menunjukkan bahwa alat yang didesain dapat digunakan untuk memantau asam urat.

Kata Kunci:

Asam Urat, Invasive,
Non-invasive, Sensor,
Anova

Corresponden author:

Email: usmanmr4@gmail.com



artikel dengan akses terbuka dibawah lisensi CC BY -4.0

PENDAHULUAN

Asam urat atau yang dikenal sebagai gout arthritis adalah penyakit yang sangat menyakitkan disebabkan adanya penumpukan kristal pada persendian, karena tingginya kadar asam urat di dalam tubuh. Sendi-sendi yang diserang pada umumnya bagian jari-jari kaki, dengkul, tumit, pergelangan tangan, jari tangan dan siku dengan rasa nyeri. Penelitian J. Kesmas et al., tahun 2018 asam urat juga dapat membuat persendian membengkak, meradang, panas dan kaku sehingga penderita tidak dapat melakukan aktivitas seperti biasanya dan penderita tidak dapat berobat dikarenakan ekonomi yang kurang. Penelitian F. W. Widyanto et al., tahun 2009 penderita *arthritis gout* mengalami peningkatan jumlahnya setiap tahun dan merupakan salah satu permasalahan kesehatan bagi usia lanjut di Indonesia maupun seluruh dunia. Dibutuhkan pengelolaan *arthritis gout* harus dengan cermat supaya tidak menimbulkan gangguan kesehatan yang kritis. Penelitian F. I. Boleu et al., 2018 hiperurisemia merupakan suatu kondisi kadar asam urat darah diatas konsentrasi kritis untuk mengkristal, yaitu pada konsentrasi 6,8 mg/dl. Konsentrasi asam urat darah diatas konsentrasi kritis, sangat berhubungan dengan terjadinya *gout arthritis* dan terbentuknya batu ginjal.

Data Riskesdas 2013, yang disampaikan oleh S. Nofiani (2015) menunjukkan bahwa prevalensi penyakit sendi sekitar 11,9% sesuai dengan hasil diagnosis tenaga kesehatan di Indonesia, 24,7% diagnosis gejala. Prevalensi penyakit sendi terjadi pada umur ≥ 75 tahun sekitar 33% yang didiagnosis tenaga kesehatan. Penelitian J. T. Laboratorium, 2016 pemeriksaan kadar asam urat darah digunakan serum pasien sebagai sampel, serum adalah bagian darah yang tersisa setelah darah membeku yang sudah tidak terdapat fibrinogen, protrombin, faktor VIII, V dan XIII serum dipilih sebagai pengganti plasma karena mencegah pencemaran antikoagulan terhadap specimen yang akan diperiksa. Penelitian P. S. Darmawan et al., 2016 kadar asam urat dapat diketahui melalui hasil pemeriksaan darah dan urin. Nilai rujukan kadar darah asam urat normal pada laki-laki yaitu 3.6 - 8.2 mg/dl sedangkan pada perempuan yaitu 2.3 - 6.1 mg/dl.

Penelitian J.Sinta.2018 kadar rata-rata asam urat di dalam darah dan serum tergantung usia dan jenis kelamin. Sebagian besar anak memiliki kadar asam urat serum sebesar 180 sampai 240 μ mol/L (3,0 sampai 4,0 mg/dL). Kadar ini mulai naik selama pubertas pada laki-laki tetapi rendah

pada perempuan sampai menopause. Meskipun penyebab variasi jenis kelamin ini belum dipahami seluruhnya, sebagian disebabkan oleh ekskresi fungsional asam urat yang lebih tinggi pada perempuan dan disebabkan oleh pengaruh hormonal. Nilai asam urat serum rata-rata untuk laki-laki dewasa dan perempuan pramonopause adalah 415 dan 360 $\mu\text{mol/L}$ (6,8 dan 6,0 mg/dL). Pada perempuan dewasa dibawah 6,0 mg/dL. Konsentrasi pada dewasa stabil naik menurut waktu dan bervariasi menurut tinggi badan.

Pengukuran asam urat sampai saat ini masih menggunakan teknik invasive yang mengambil darah dengan menusuk jarum pada ujung jari, kemudian darah diletakkan pada strip alat ukur nirkabel. Pengukuran dengan teknik invasive menyakitkan saat pengambilan sampel darah dan membutuhkan biaya pengadaan strip test. Penelitian yang mengembangkan alat ukur asam urat non-invasive masih sangat kurang bahkan hampir tidak ada yang secara khusus membahas tentang alat ukur asam urat dengan teknik non-invasive. Hal ini menjadi peluang bagi pengembangan ilmu pengetahuan untuk mengaplikasikan pengukuran komponen darah non-invasive dengan pemanfaatan sensor NIR, laser maupun photoacoustic dan sensor lainnya yang sesuai dengan jaringan tubuh.

Perkembangan teknologi sensor saat ini memungkinkan untuk merancang alat ukur asam urat yang tidak membutuhkan sampel darah dengan menggunakan sensor. Tujuan penelitian ini merancang dan membuat alat ukur asam urat non invasive dengan sensor near infrared.

Pada perancangan alat ukur ini, terdiri atas beberapa komponen dan rangkaian elektronik yang saling berhubungan hingga membentuk suatu alat. Rangkaian elektronik yang digunakan dalam perancangan alat ini diantaranya adalah rangkaian sensor yang menggunakan LED, photodiode, Op Amp, ADC, Mikrokontroler Arduino. LED akan memancarkan cahaya apabila diberikan tegangan listrik dengan konfigurasi forward bias. Berbeda dengan dioda pada umumnya, kemampuan mengalirkan arus pada LED cukup rendah yaitu maksimal 20 mA. Apabila LED dialiri arus lebih besar dari 20 mA maka LED akan rusak, sehingga pada rangkaian LED dipasang sebuah resistor sebagai pembatas arus.

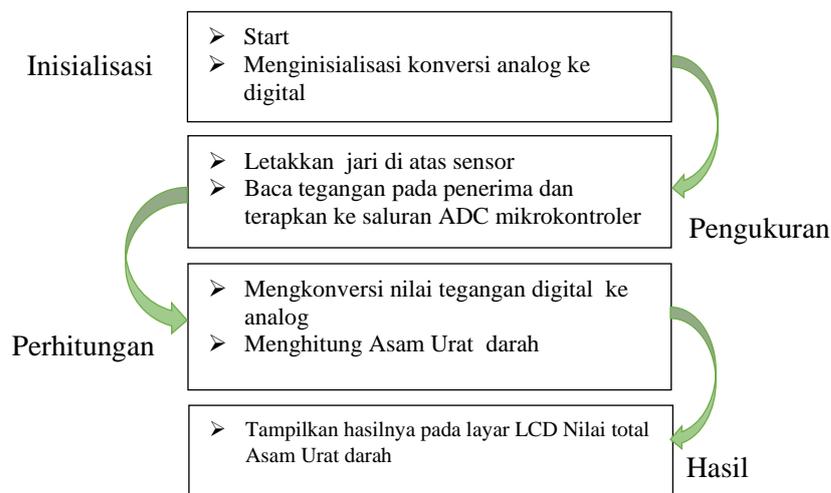
Penelitian J. Yadav et.al., 2014 cahaya yang dapat dilihat oleh mata manusia adalah cahaya dengan panjang gelombang 400-800 nm dan memiliki energi sebesar 299–149 kJ/mol. Elektron pada keadaan normal atau berada pada kulit atom dengan energi terendah disebut keadaan dasar (ground-state). Cahaya yang ditransmisikan pada larutan sebagian dari pancaran cahaya tersebut diserap oleh larutan dan yang tidak terserap akan ditransmisikan.

T. H. Pan et al., 2012 analisis Varians (ANOVA) merupakan uji statistik untuk menentukan perbedaan beberapa set data (rata-rata). Pada penelitian ini, one-way ANOVA merupakan alat yang digunakan untuk menganalisis perbedaan data signifikan antara dua hasil pengukuran invasive dan non-invasive. J. Vicnesh et al., 2019 hasil uji ANOVA diperoleh P dan F-value yang dapat digunakan untuk menentukan data sangat signifikan secara statistik dan data sangat diskriminatif. Data diberi level berdasarkan F-value dan level data kemudian digunakan untuk pemilihan kelompok data. Rata-rata dan standar deviasi dihitung untuk mendapatkan p-value dengan tujuan menentukan perbedaan

data yang signifikan antara nilai rata-rata dari kelompok data pengukuran invasive dan non-invasive. Analisis statistik yang menghasilkan P-value dapat digunakan sebagai pengukur akurasi parameter. Secara statistic bahwa data yang signifikan jika nilai p-value $<0:05$ dapat diterima, dan jika nilai $p > 0:05$ diabaikan.

BAHAN DAN METODE

Pengukuran *gout arthritis* atau asam urat menggunakan teknik non invasive, dengan cara melakukan penyinaran jaringan tubuh seperti ujung jari tangan dengan menggunakan panjang gelombang. Pengembangan sensor spektroskopi near infrared dengan menggunakan infrared LED dan Photodiode untuk menentukan komponen darah seperti SpO_2 , Glukosa, Hemoglobin dan Heartbeat. Penelitian sebelumnya menunjukkan hasil yang baik. Penyerapan cahaya pada panjang gelombang yang dimanfaatkan dengan melakukan pengukuran transmisi atau reflektansi. Penggunaan Inframerah merupakan teknik Spektroskopi pada wilayah panjang gelombang inframerah dengan spectrum elektromagnetik. Kerangka konsep diagram alur proses alat ukur asam urat seperti pada bagan berikut:

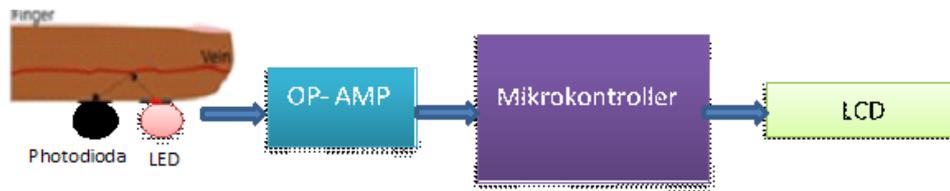


Gambar 1. Alur proses pemantau asam urat

Diagram alur proses alat pemantau asam urat dengan melakukan pengolahan data yang dari sensor LED inframerah yang memancarkan cahaya ke jari, kemudian diserap oleh aliran darah, lalu dikonversi hasil serapan dan menghitung dengan perangkat lunak mikrokontroller dan hasilnya ditampilkan pada monitor LCD

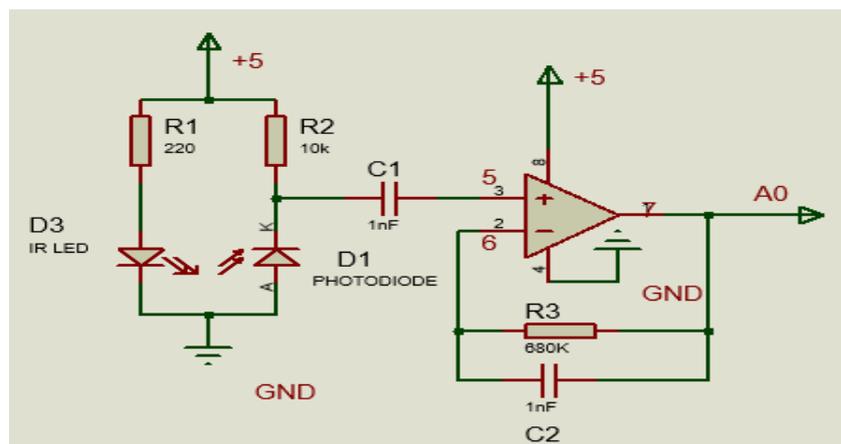
Desain alat yang dirancang menggunakan sensor Near Infrared (NIR) dengan IR LED 333-A Everlight sebagai emitter dengan panjang gelombang 940 nm, arus maju kontinu 100 mA dan arus maju puncak 1 A. Detektor yang digunakan adalah fotodiode PT 333-3C Everlight dengan rentang spektral bandwidth 400nm - 1100nm, dan sensitivitas spektral pada panjang gelombang 940nm dan tegangan maksimum 5 volt. Fotodiode menyerap pantulan cahaya yang dipancarkan oleh emitter LED kemudian dikonversi menjadi tegangan output ke mikrokontroller. Alat pemantau asam urat yang dirancang untuk mengkonversi tegangan output ke nilai asam urat pada darah dalam mg/dl. Rancangan

alat ukur asam urat sederhana dengan blok diagram sebagai berikut:



Gambar 2. Blok diagram pemantau asam urat

Rangkaian sensor yang terdiri dari LED IR 940 nm sebagai emitter yang memancarkan cahaya inframerah, Photodiode sebagai detektor yang menyerap atau menerima cahaya dan filter digunakan amplifier untuk mengurangi frekuensi suara dari sumber tegangan. Pada saat sensor dipasang pada jari tangan, cahaya dari LED akan diserap oleh jaringan pada jari tangan, dan yang tidak terserap terpantul dan diterima oleh detector photodiode. Cahaya yang diterima oleh photodiode menjadi nilai redaman cahaya dan diubah menjadi nilai arus listrik, kemudian menjadi tegangan dengan adanya resistor beban pada anoda. Tegangan yang dikeluarkan oleh photodiode tergantung banyaknya cahaya yang diterima, semakin banyak cahaya yang diterima maka semakin besar tegangan yang dikeluarkan oleh photodiode yaitu antara 0 V sampai 5 V. Nilai tegangan dari photodiode masih terlalu rendah sehingga variasi nilai tegangan kurang kelihatan perbedaannya, untuk mengatasi hal tersebut diperlukan penguatan tegangan dari sensor dengan menambahkan rangkaian penguat OP-AMP dengan LM358N yang dapat menguatkan sinyal dari sensor. Nilai tegangan dari photodiode dari rangkaian sensor dibaca oleh mikrokontroler ADC 10 bit dan nilai ADC ini dikonversi kembali menjadi nilai tegangan. Kemudian nilai tegangan tersebut dimasukkan pada persamaan linear untuk



mengubah menjadi nilai Asam Urat darah.

Gambar 3. Rangkaian Sensor dan Op-Amp.



Gambar 4. Alat pemantau asam urat sederhana yang dirancang

Pengujian alat dengan mengambil sampel sebanyak 20 orang dengan usia yang berbeda antara 30 – 50 tahun dengan partisipan laki laki dan perempuan. Pengumpulan data total asam urat darah menggunakan alat ukur invasif, dan beberapa menit kemudian dilanjutkan mengukur tegangan dengan sensor NIR yang dirancang. Pengumpulan data nilai keluaran tegangan sensor, setiap partisipan diukur lima kali. Metode pengumpulan data dengan mengukur tegangan keluaran sensor yaitu dua kali sebelum mengambil sampel darah untuk mengukur dengan teknik invasif kemudian tiga kali pengukuran sesudahnya. Stabilitas tegangan output sensor, selama sensor berada di jari sekitar 25 detik, maka data nilai tegangan sensor dirata-rata.

Analisis data dilakukan untuk menentukan nilai standar deviasi dan error setiap pengukuran dengan uji-t dan analisis varian (ANOVA). Setiap data diuji signifikansinya untuk menentukan diskriminasi dalam klasifikasi data. Nilai rata-rata dan standar deviasi dihitung analisis statistik untuk mendapatkan p-value yang digunakan untuk pengukur akurasi parameter. Secara statistik bahwa data yang signifikan jika nilai p-value <0:05 dapat diterima, dan jika nilai p> 0:05 diabaikan atau tidak diterima.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

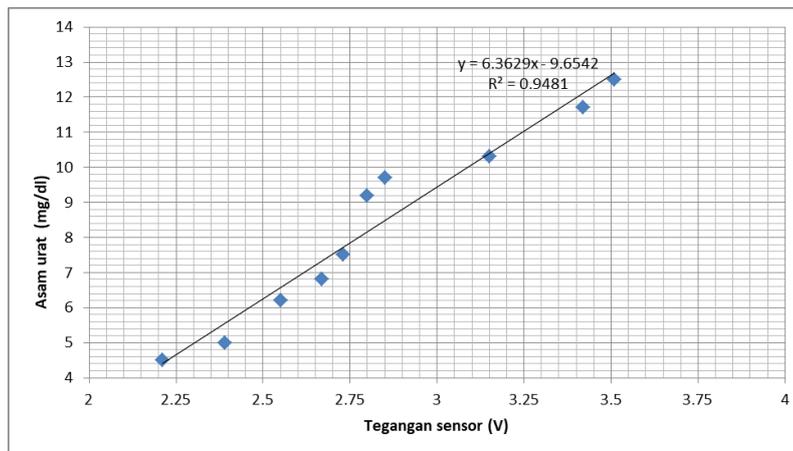
Pada penelitian ini dihasilkan sebuah alat pemantau asam urat darah dengan teknik non-invasif menggunakan sensor IR led 940 nm. Pengukuran kadar asam urat yang dilakukan pada partisipan pria dan wanita dengan teknik pengukuran invasive dan dihubungkan dengan nilai tegangan output sensor memperlihatkan adanya hubungan linear. Namun ada perbedaan tegangan output sensor terlihat, disebabkan oleh penyerapan cahaya di jaringan tubuh dan refleksi cahaya yang berbeda. Kadar asam urat setiap orang mempengaruhi perbedaan ini

Tabel 1. Pengukuran kadar asam urat dalam darah dan data output sensor

SUBJECT	TEGANGAN SENSOR	ASAM URAT
	(V)	(mg/dl)
1	2.21	4.5
2	2.39	5
3	2.55	6,2
4	2.67	6.8
5	2.73	7.5
6	2.80	9.2
7	2.85	9.7
8	3.15	10.3
9	3.42	11.7
10	3.51	12.5

Sumber: Data Primer 2019

Data pengukuran yang diperoleh dari pengukuran sampel darah (invasive) dan pembacaan tegangan sensor dianalisis dengan regresi linear untuk mendapatkan persamaan atau formulasi hubungan antara hemoglobin darah (y) dan tegangan output sensor (X). Hasil analisis regresi linear ditunjukkan pada gambar grafik berikut.

**Gambar 5. Regresi linear hubungan antara asam urat dalam darah dengan tegangan sensor**

Hasil dari regresi linear dari asam urat dan tegangan output sensor diperoleh persamaan linear $Y = 6,3629x - 9,6542$, dengan koefisien korelasi regresi $R^2 = 0.9481$, dengan nilai regresi square yang mendekati nilai 1, menunjukkan bahwa tegangan output sensor NIR sudah linier dengan baik terhadap nilai asam urat darah yang diukur dengan teknik invasif. Persamaan linear ini digunakan dalam program mikrokontroler untuk mengkonversi nilai tegangan output sensor menjadi nilai asam urat dalam darah (mg/dl).

Pembacaan sensor IR LED dan photodiode tersebut menunjukkan nilai regresi square < 1 , hal ini terjadi karena disebabkan oleh beberapa faktor seperti pemasangan sensor yang tidak konsisten, kemungkinan cahaya lain yang diterima oleh fotodiode sehingga pantulan cahaya tidak murni dan ketebalan kulit mempengaruhi penyerapan cahaya pada jaringan jari.

Pengujian alat pemantau asam urat yang telah didesain, kemudian dilakukan validasi alat dengan membandingkan pengukuran hemoglobin invasif dengan alat pengukur non-invasif yang telah didesain. Data dari alat ukur invasif sangat akurat karena menggunakan sampel darah, tetapi data dari alat pengukur asam urat non-invasif tergantung pada deteksi sensor NIR. Beberapa sampel yang telah diambil untuk menguji konsep tersebut, untuk memvalidasi dengan metode, mengukur asam urat darah dua kali dengan teknik non-invasive sebelum mengambil sample darah untuk teknik invasive, dan diukur kembali dua kali dengan teknik non invasive. Dari pengukuran dengan metode pengambilan sampel dan membandingkan antara hasil invasive dan non invasive, dari data pengukuran masih terlihat perbedaan data antara kedua perangkat tersebut dengan nilai error maximum 4%. Dari hasil data tersebut dilakukan analisis dengan teknik regresi statistic untuk mengetahui hipotesa hasil pengukuran, termasuk mengetahui nilai variannya.

Pembahasan

Hasil yang diperoleh dari kedua sistem pengukuran tersebut dilakukan analisis varian (ANOVA) dengan type single faktor dan uji-t. Analisis varian (ANOVA) dan uji - t bertujuan untuk menentukan nilai regresi square, standar error dan nilai F table ($F_{Critical} > F_{hitung}$). Hasil analisis dengan ANOVA menunjukkan bahwa nilai nilai variance invasive 0,697 dan non invasive 0,535 dan nilai P- value antara group 0,98 dan F hitung ; 0,000584, analisis hipotesa bahwa nilai $F < F_{critical}$ (F_{table}) dan P-value > 0.05 (nilai signifikan), menunjukkan bahwa ada perbedaan signifikan antara pengukuran dengan teknik Invasif dan non-invasif. Namun hasil yang ditunjukkan bahwa alat non invasive masih layak digunakan namun perlu perbaikan yang berkelanjutan.

Tabel 2. Hasil Pengukuran asam urat dengan system invasive dan non-invasif

NO	Subject	Invasif		Non invasif				Rata-rata
		Mg /dl		Mg /dl				
1	Sampel A	5,2	4,8	5,6	5,7	5,5	5,5	5,42
2	Sampel B	6,3	6,8	6,2	5,8	5,8	6,1	6,14
3	Sampel C	7,0	6,7	7,1	7,1	7,3	7,3	7,1
4	Sampel D	5,3	4,5	5,2	5,5	5,7	5,4	5,38
5	Sampel E	6.8	6,5	6,9	5,8	6,2	5,6	6,5

Analisis dengan interpretasi hasil dalam table, hasil analisis varian single faktor ANOVA dengan menggunakan analisis statistik. Hasil olah data dengan ANOVA menunjukkan P-value $> F$ yang merupakan p-value untuk seluruh tes model, sebagai acuan untuk menentukan keputusan

menerima atau menolak suatu hipotesa. Hipotesa diterima jika p-value lebih kecil dari tingkat signifikan (α) yang ditentukan dan Hipotesa ditolak jika p-value lebih besar dari tingkat signifikan. Hasil ANOVA menunjukkan p-value > F nilai signifikan berarti menunjukkan hasil yang dapat diterima.

**Tabel 3. Anova: Single Factor
SUMMARY**

<i>Groups</i>	<i>Count</i>	<i>Sum</i>	<i>Average</i>	<i>Variance</i>
Invasive	5	30.6	6.12	0.697
non invasive	5	30.54	6.108	0.53552

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0.00036	1	0.00036	0.000584	0.981309	5.317655072
Within Groups	4.93008	8	0.61626			
Total	4.93044	9				

Tabel 4 t-Test: Paired Two Sample for Means

	<i>Invasive</i>	<i>non invasive</i>
Mean	6.12	6.108
Variance	0.697	0.53552
Observations	5	5
Pearson Correlation	0.971932169	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	4	
t Stat	0.126603693	
P(T<=t) one-tail	0.452681487	
t Critical one-tail	2.131846786	
P(T<=t) two-tail	0.905362975	
t Critical two-tail	2.776445105	

SIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian, validasi dan analisis pengukuran merupakan perbandingan antara prosedur teknik invasive dan prosedur teknik non-invasive. Pengembangan alat ini merupakan inovasi alternatif yang dapat digunakan untuk mengukur haemoglobin darah yang mudah digunakan dan tidak menyakitkan serta biaya rendah karena tidak menggunakan strip Asam urat. Keakuratan instrumen berkembang cukup baik dan dapat diandalkan dari hasil persamaan linear yang menghasilkan nilai error dari 1% sampai 4 %, dan analisis anova dan uji-t menunjukkan bahwa hasil pengukuran dapat diterima.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Direktur Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar yang telah membiayai penelitian melalui Penelitian Internal Tahun Anggaran 2019. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang membantu dalam proses pengambilan sampel dan pengumpulan data

DAFTAR PUSTAKA

- D. Suhardi, "Prototipe Controller Lampu Penerangan Led (Light Emitting Diode)," *Jurna GAMMA*, no. September, hal. 116–122, 2014.
- F. I. Boleu et al., "Pada Komunitas Etnik Asli Di Halmahera Utara Hyperuricemia And The Relations Between Blood Uric Acid Concentration , Random Blood Glucose And BMI Among Ethnic Population In North Halmahera," vol. 9, no. 52, hal. 96–106, 2018.
- F. W. Widyanto, R. Sakit, dan A. Blitar, "Arthritis gout dan perkembangannya," 2009.
- J. Kesmas et al., "Hubungan Pola Makan Dengan Terjadinya Penyakit Gout (Asam Urat) Di Desa Limran Kelurahan Pantoloan Boya," vol. 7, no. 6, 2018.
- J. Sinta, "Ranc. Bangun Alat Pendeteksi Golongan Darah Serta Pengukur Kandung. Gula Darah, Koles. Dan Asam Urat Bebas. ARDUINO, 2018 .
- J. T. Laboratorium, "Gambaran Kadar Asam Urat Darah Metode Basah (Uricase-PAP)," *J. Teknol. Lab.*, vol. 5, no. 1, hal. 1–8, 2016.
- J. Yadav, A. Rani, V. Singh, dan B. M. Murari, "Near-infrared LED based non-invasive blood glucose sensor," 2014 Int. Conf. Signal Process. Integr. Networks, SPIN 2014, hal. 591–594, 2014
- J. Vicnesh dan Y. Hagiwara, "Accurate Detection Of Seizure Using Nonlinear Parameters Extracted From Eeg Signals," *J. Mech. Med. Biol.*, vol. 19, no. 1, hal. 1–14, 2019.
- Junaidi dan Y. D. Prabowo, *Project Sistem Kendali Elektronik*. 2018.
- M. A. Mazidi, "Laboran," *LCD (Liquid Cryst. Display)*, hal. 0–2, 2011.
- P. S. Darmawan, S. H. M. Kaligis, dan Y. A. Assa, "Gambaran kadar asam urat darah pada pekerja kantor," *J. e-Biomedik*, vol. 4, no. 2, 2016.
- S. Nofiani, "Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Asam Urat Pada Pasien Rawat Jalan Di Rumah Sakit Stroke Nasional Bukittinggi," hal. 1–13, 2015.
- T. H. Pan, D. S. H. Wong, dan S. S. Jang, "Chamber matching of semiconductor manufacturing process using statistical analysis," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern. Part C Appl. Rev.*, vol. 42, no. 4, hal. 571–576, 2012.