



DESAIN ALAT UKUR KADAR ASAM URAT NON- INVASIVE DENGAN SENSOR NEAR INFRARED

Usman Umar¹, Hasmah², Risnawaty Alyah³ Anita Nur Syam⁴

^{1, 2, 4}Teknologi Elektro Medis, Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar

³Teknik Elektro, Universitas Sawerigading Makassar

Email: usmanmr4@gmail.com

Artikel info

Artikel history:

Received; 03-09-2021

Revised: 22-10-2021

Accepted; 24-11-2021

Keyword:

Uric Acid, non-invasive,
LED, Photodiode.

Kata Kunci:

Asam Urat, non-invasif,
LED, fotodiode

Abstract. *Gout disease or commonly known as gout arthritis is a disease caused by the accumulation of monosodium urate crystals in the body. Monitoring blood uric acid levels is currently still using invasive techniques by taking blood samples to be included in the test strip, this invasive technique measurement requires money and time to come to health clinics so that many people cannot monitor blood uric acid levels on a regular basis. This study aims to develop a measuring instrument for monitoring blood uric acid levels using sensors by utilizing the absorption and reflectance of infrared rays so that gout sufferers and other individuals can monitor blood uric acid levels regularly and are easy to use. The method of developing non-invasive techniques focuses on monitoring blood uric acid levels using a NIR sensor with an IR LED with a wavelength of 940 nm as a transmitter and a photodiode as a detector at a wavelength of 700-1300 nm and a microcontroller as a minimum system for control. The first stage is measuring uric acid levels with invasive techniques on participants and at the same time measuring voltages with sensors, the results with invasive techniques are correlated with sensor output voltages to obtain non-linear equations in polynomial form, for conversion programs on the microcontroller. The second stage is measuring uric acid levels with invasive techniques and invasive measurements on participants at the same time. Both monitoring results were analyzed by simple ANOVA statistics and calculated SEP and RMSE to determine the accuracy of the prediction equation and its accuracy value.*

Abstrak. Penyakit asam urat atau biasa dikenal sebagai gout arthritis merupakan suatu penyakit yang diakibatkan karena penimbunan kristal monosodium urat di dalam tubuh. Pemantauan kadar asam urat darah saat ini masih menggunakan teknik invasive dengan mengambil sampel darah untuk masukkan dalam strip alat test, pengukuran teknik invasive ini membutuhkan biaya dan waktu untuk datang ke klinik kesehatan sehingga banyak masyarakat tidak dapat melakukan pemantauan kadar asam urat darah secara rutin. Penelitian ini bertujuan mengembangkan alat ukur monitoring kadar asam urat darah menggunakan sensor dengan memanfaatkan serapan dan reflektansi sinar infra red, agar penderita penyakit asam urat dan individu lainnya dapat melakukan pemantauan kadar asam urat darah

secara rutin dan mudah digunakan. Metode pengembangan teknik non-invasive berfokus pada pemantauan kadar asam urat darah menggunakan sensor NIR dengan LED IR panjang gelombang 940 nm sebagai transmitter dan photodiode sebagai detector pada panjang gelombang kisaran 700-1300 nm dan mikrokontroler sebagai sistem minimum untuk pengontrolan. Tahap pertama melakukan pengukuran kadar asam urat dengan teknik invasive pada partisipan dan pada waktu yang sama dilakukan pengukuran tegangan dengan sensor, hasil dengan teknik invasive dikorelasikan dengan tegangan output sensor untuk memperoleh persamaan non linear bentuk polynomial, untuk program konversi pada mikrokontroler. Tahap kedua melakukan pengukuran kadar asam urat dengan teknik invasive dan pengukuran invasive pada partisipan dengan waktu yang bersamaan. Kedua hasil pemantauan dianalisa statistik sederhana anova dan menghitung SEP dan RMSE untuk menentukan ketepatan persamaan prediksi dan nilai akurasinya.

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. Selain itu 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. (Kesmas et al., 2018)

Bahan pangan yang tinggi kandungan purinnya dapat meningkatkan kadar urat dalam darah antara 0,5 – 0,75 g/ml purin yang dikonsumsi. Konsumsi lemak atau minyak tinggi seperti makanan yang digoreng, santan, margarin atau mentega dan buah-buahan yang mengandung lemak tinggi seperti durian dan alpukat juga berpengaruh terhadap pengeluaran asam urat. 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. (Widyanto, Sakit, & Blitar, 2009)

Hiperurisemia merupakan suatu kondisi kadar asam urat darah diatas konsentrasi kritis untuk mengkristal, yaitu pada konsentrasi 6,8 mg/dl. Konsentrasi asam urat darah di atas konsentrasi kritis, sangat berhubungan dengan terjadinya gout arthritis dan terbentuknya batu ginjal. (Boleu et al., 2018)

Data Riskesdas 2013, 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. (Nofiani, 2015)

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. (Laboratorium, 2016)(Kemenkes R.I, 2010)

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. (Darmawan, Kaligis, & Assa, 2016)

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. Asam urat adalah produk akhir metabolisme purin di manusia, tetapi merupakan produk perantara dalam kebanyakan mamalia lain. Hal ini dihasilkan terutama dalam hati dengan aksi xantin oksidase, suatu enzim logam molibdenum yang dapat dihambat oleh farmakologi obat-obatan seperti allopurinol dan febuxostat. Asam urat merupakan asam lemah dengan pKa 5,75 dan 10,3. Urat terbentuk dari ionisasi asam urat yang berada dalam plasma, cairan ekstraseluler dan cairan sinovial dengan perkiraan 98% berbentuk urat monosodium pada pH 7,4. Monosodium urat mudah diultrafiltrasi dan didialisis dari plasma. Pengikatan urat dengan ke protein plasma memiliki sedikit kemaknaan fisiologik. Plasma menjadi jenuh dengan konsentrasi urat monosodium 415 $\mu\text{mol/L}$ (6,8 mg/dL) pada suhu 37^oC. Pada konsentrasi lebih tinggi, plasma menjadi sangat jenuh dengan asam urat dan mungkin menyebabkan presipitasi kristal urat. Namun presipitasi tidak terjadi sekalipun konsentrasi urat plasma sebesar 80 mg/dL (Laboratorium, 2016)

Penelitian yang dilakukan oleh Pibi.s at al, (2016) bahwa peningkatan kadar asam urat dalam darah (hiperurisemia) disebabkan oleh dua keadaan yang mengganggu keseimbangan kadar purin dalam tubuh manusia, yaitu peningkatan produksi purin dan penurunan ekskresi asam urat. Peningkatan produksi purin dapat disebabkan oleh karena konsumsi makanan tinggi purin sedangkan penurunan ekskresi asam urat dapat terjadi akibat gangguan fungsi ginjal.² Pada penurunan ekskresi asam urat akibat gangguan fungsi ginjal, resistensi insulin dapat menjadi salah satu penyebab. Resistensi insulin mengakibatkan peningkatan reabsorpsi asam urat melalui perangsangan urate-anion exchanger urate transporter (URAT1) atau melalui sodiumdependent anion cotransporter pada membran brush border tubulus proksimal ginjal. Pada ginjal manusia urat diangkut melalui URAT1 melewati membran apical dari tubulus proksimal. URAT1 diatur oleh suatu sistem melalui proses fosforilasi. Pada resistensi insulin, gangguan fosforilasi oksidatif mungkin meningkatkan konsentrasi adenosin sistemik melalui peningkatan kadar ester koenzim A dari asam lemak rantai panjang intraseluler. Peningkatan adenosine berakibat pada resistensi natrium, urat dan air. Resistensi insulin pada beberapa keadaan erat kaitannya dengan kurangnya aktivitas fisik. (Darmawan et al., 2016)

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 $\mu\text{mol/L}$ (3,0 sampai 4,0

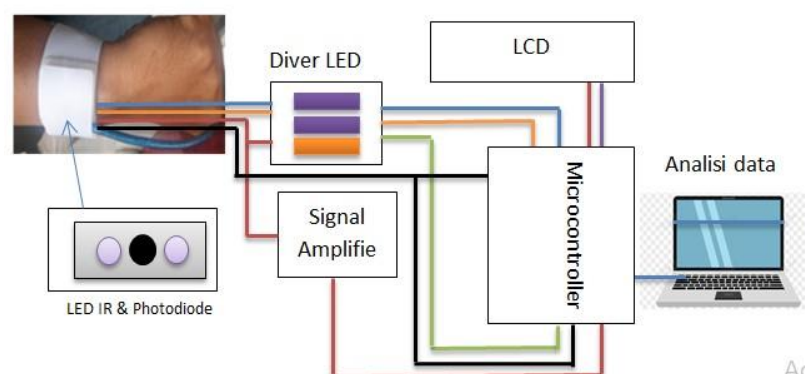
mg/dL). Kadar ini mulai naik selama pubertas pada laki-laki tetapi rendah pada perempuan sampai monopouse. Meskipun penyebab variasi jenis kelamin ini belum dipahami seluruhnya, sebagian disebabkan oleh ekskresi fungsional asam urat yang lebih tinggi pada perempuan dan disebabkan oleh pengaruh hormonal. Nilai asam urat serum rata-rata untuk laki-laki dewasa dan perempuan pramonopouse 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. (“No Title,” 2018)(Pertwi, 2016)(Putri, 2017)(Firgiansyah, 2016)(Baker et al., 2020)(Nichols, 2006).

Penelitian yang mengembangkan alat ukur asam urat non-invasive masih sangat kurang bahkan hamper 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 potoacoustik dan sensor lainnya yang sesuai dengan jaringan tubuh.

BAHAN DAN METODE

Pengembangan alat ukur kadar asam urat non-invasive menggunakan sensor optikal NIR yang memanfaatkan reflektif cahaya, sensor NIR didesain dengan menggunakan LED IR 940nm sebagai emitter dan photodiode sebagai receiver dengan panjang gelombang 400 -1400 nm. Sensor dipasang pada gelang yang dililitkan pada pergelangan tangan. Untuk menguatkan sinyal output sensor NIR digunakan OP AM dengan LM 358 N yang berfungsi untuk menaikkan tegangan daei sensor sebelum ke mikrokontroller. Sinyal output sensor yang berupa tegangan dikuatkan oelh OP AM masuk ke ADC mikrokontroller Arduino umo sebagai mini computer yang berfungsi untuk mengelolah sinyal analog menjadi digital kemudian dikonversi menjadi nilai kadar asam urat. Dan menampilkan pada LCD 16 x 4 karakter.

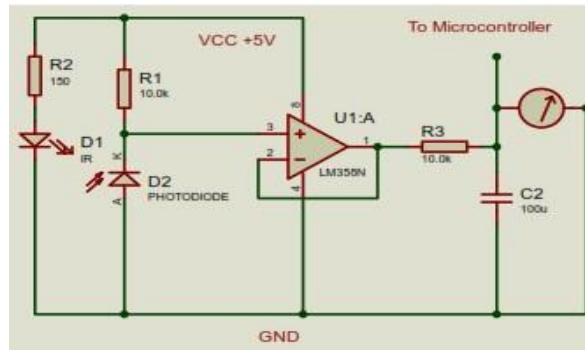
Desain alat non Invasive.



Gambar 1. Blok diagram alat ukur asam urat

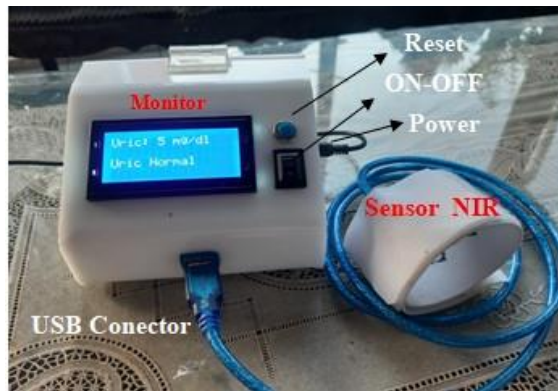
Proses pembuatan alat dalam bentuk purwa rupa yang digunakan untuk melakukan simulasi system kerja alat dengan level pengujian komponen alat pada laboratorium untuk memperoleh nilai keberhasilan fungsi alat. Rancangan alat tersebut dibuat dalam bentuk sederhana yang terdiri dari beberapa komponen pada rangkaian circuit antara lain sensor yang terdiri dari IR sebagai emmitter,

photodiode sebagai transmitter, rangkaian penguat tegangan dan mikrokontroler sebagai proses data analog ke digital. Desain rangkaian harus diperiksa dengan mensimulasikan kerja dari sirkuit elektronik. PROTEUS Versi 7.7 yang digunakan sebagai alat simulasi



Gambar 2. Schematic waering diagram sensor alat ukur kadar asam urat

Output dari sensor dikuatkan dengan IC LM358N, karena tegangan di hasilkan sensor kecil, output dari rangkaian penguat non filtering di masukkan pada input Ao di arduinoa untuk mengubah analog ke digital untuk menentukan kadar asam urat darah, untuk menampilkan hasil pengukuran kirim ke LCD dan data dapat disimpan di smart phone melalui Bluetooth. Rancangan alat ukur kadar asam urat non invasive sebagai berikut



Gambar 3. Alat Ukur kadar asam urat non invasive

Statistic Analisis

Non linear regression

Penentuan kadar sam urat dalam darah untuk desain yang diajukan dimulai dengan tahap awal dengan mengkorelasikan hasil pengukuran invasive dengan hasil tegangan output sensor dengan menggunakan regresi non linear. Dimana nilai total kadar asam urat darah sebagai variabel terikat dan tegangan keluaran sensor sebagai variabel bebas. Analisis regresi non linear jenis polynomial kuadratik ini digunakan untuk menentukan persamaan matematis seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$y_{UA} = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \varepsilon$$

di mana YC dan YG adalah nilai kolesterol dan glukosa darah non-invasif; aO, a1 dan a2 adalah parameter, X adalah nilai tegangan keluaran sensor dan ε adalah nilai residual atau error. Korelasi antara hasil pengukuran invasive (y) dan nilai pengukuran tegangan sensor (x) yang terbaik jika nilai Standar Error prediksi (SEP) yang kecil dan nilai koefisien regresi square (R²) mendekati nilai 1. SEP adalah nilai antara prediksi glukosa dan kolesterol darah (Y_p) dan glukosa dan kolesterol darah referensi (Y_{ref}) yang dapat diketahui dengan persamaan berikut:

$$SEP_{UA} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \{(Y_p - \bar{Y}_p) - (Y_{ref} - \bar{Y}_{ref})\}^2}{n}}$$

Analisis Varian (ANOVA)

Untuk mengidentifikasi nilai error dari instrumen ini digunakan analisis ANOVA untuk mengetahui hasil analisis. Hasil uji ANOVA diperoleh nilai P dan F yang dapat digunakan untuk mengetahui data sangat signifikan secara statistik dan data sangat diskriminatif. Hipotesis diterima jika p-value lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditentukan ($\alpha = 5\%$) dan hipotesis ditolak jika p-value lebih kecil dari tingkat signifikan. Root Mean Square Error (RMSE) salah satu parameter untuk menentukan akurasi hasil pengukuran non invasive.

HASIL

Pengujian alat dilakukan dengan dua tahapan yaitu tahapan pertama dengan melakukan percobaan pada alat yang telah dibuat dengan melakukan pengukuran output sensor NIR dan bersamaan melakukan pengukuran kadar asam urat darah dengan teknik invasive. Sensor NIR dipasang pada ujung jari dan pada saat yang sama juga diambil sampel darah untuk mengukur kadar asam urat dengan alat ukur invasive Autocheck. Tegangan output sensor yang dipantau melalui layar monitor laptop, dan hasil pengukuran kadar asam urat invasive dicatat sesuai dengan tegangan output sensor yang terbaca. Pengujian alat dengan mengambil sampel sebanyak 20 orang dengan usia yang berbeda antara 20 – 70 tahun dengan partisipan laki laki dan perempuan. Metode pengumpulan data dengan mengukur tegangan keluaran sensor yaitu tiga kali dan pengukuran kadar asam urat darah invasif satu kali. Stabilitas tegangan output sensor, selama sensor berada di jari selama sekitar 10-20 detik. Data kedua data tersebut dianalisis dengan menentukan korelasi antara tegangan output dan kadar asam urat darah dengan menggunakan analisa regresi diolah sehingga diperoleh korelasi sederhana dari nilai kadar asam urat invasive dan tegangan output sensor dengan membuat persamaan matematik dengan menggunakan metode regresi non linear menggunakan regresi polynomial ordo 2 dengan menggunakan metode matriks. Regresi non linear polynomial orde 2 dapat dihitung dengan menentukan jumlah kuadrat nilai tegangan (x) dan menjumlahkan nilai total kadar asam urat.

Data hasil pengukuran setelah dilakukan pengolahan data diketahui sebagai berikut: Jumlah sampel (n) = 20, Jumlah X1 = 4.9, Jumlah Y1 = 152.9 , Jumlah X12 = 1.2202, Jumlah X13 = 0.309142, Jumlah X14 = 0.079737, Jumlah X1.Y1 = 38.892, Jumlah X12.Y1 = 10.0577

Tabel 1. Data Pengukuran tegangan output sensor

Partisipan	Sensor (volt)	Asam Urat Invasive (mg/dl)
1	0.24	8
2	0.25	9.2
3	0.22	7
4	0.23	7.3
5	0.21	4.1
6	0.22	6.3
7	0.21	4
8	0.23	7.2
9	0.22	5.8
10	0.21	3.7
11	0.27	10
12	0.26	9
13	0.23	7.5
14	0.3	11
15	0.28	11
16	0.29	10.5
17	0.25	7.5
18	0.22	4
19	0.24	7.8
20	0.32	12

Sehingga dapat diselesaikan dengan persamaan matematika dengan metode matriks untuk mendapatkan persamaan $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$. Dengan menggunakan metode matriks maka diperoleh persamaan matematik non linear quadratic (polynomial) $y = -49.9446 + 385.7337x - 605.068x^2$, dengan koefisien korelasi regresi $R^2 = 0,9223$, persamaan ini digunakan dalam menyusun program algoritma untuk menentukan kadar asam urat dalam darah.

Tegangan output sensor NIR belum linier terhadap nilai kadar asam urat darah yang diukur dengan teknik invasif, yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti pemasangan sensor yang tidak konsisten, kemungkinan cahaya lain yang diterima oleh fotodioda sehingga pantulan cahaya tidak murni dan Ketebalan kulit mempengaruhi penyerapan cahaya pada jaringan jari

Pengujian selanjutnya dengan melakukan pengukuran untuk membandingkan data alat pengukur kadar asam urat invasif dengan alat pengukur non-invasif yang telah didesain. Data dari alat pengukur kadar asam urat darah teknik invasif sangat akurat karena menggunakan sampel darah, tetapi data dari alat pengukur kadar glukosa dara teknik non-invasif tergantung pada deteksi sensor NIR. Beberapa sampel pengujian yang telah diambil untuk menguji konsep tersebut. Pengujian alat untuk melakukan validasi dengan metode, mengukur kadar 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. Sistem sensor NIR yang dirancang untuk alat ukur asam urat non-invasive diuji dengan melakukan pengukuran kadar asam urat terhadap 20 relawan dalam rentang usia (20- 60).

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa terdapat perbedaan hasil pengukuran antara alat ukur invasive dengan non-invasive yang menggunakan sensor NIR yang dipasang pada ujung jari tangan.

Untuk menentukan keakuratan hasil pengukuran klinis. Dalam penelitian ini, metode analisis yang digunakan untuk menganalisa korelasi dan keakuratan dengan menentukan penyimpanan dan error yang terjadi dengan menghitung nilai square error prediction (SEP), root mean square error (RMSE) dan varian data dengan menggunakan Anova single factor.

Tabel 2. Data pengukuran tegangan dan kadar asam urat untuk regresi non linear

n	X1	Y1	X12	X13	X14	X1.Y1	X12. Y1
1	0.24	8	0.0576	0.013824	0.003318	1.92	0.4608
2	0.25	9.2	0.0625	0.015625	0.003906	2.3	0.575
3	0.22	7	0.0484	0.010648	0.002343	1.54	0.3388
4	0.23	7.3	0.0529	0.012167	0.002798	1.679	0.38617
5	0.21	4.1	0.0441	0.009261	0.001945	0.861	0.18081
6	0.22	6.3	0.0484	0.010648	0.002343	1.386	0.30492
7	0.21	4	0.0441	0.009261	0.001945	0.84	0.1764
8	0.23	7.2	0.0529	0.012167	0.002798	1.656	0.38088
9	0.22	5.8	0.0484	0.010648	0.002343	1.276	0.28072
10	0.21	3.7	0.0441	0.009261	0.001945	0.777	0.16317
11	0.27	10	0.0729	0.019683	0.005314	2.7	0.729
12	0.26	9	0.0676	0.017576	0.00457	2.34	0.6084
13	0.23	7.5	0.0529	0.012167	0.002798	1.725	0.39675
14	0.3	11	0.09	0.027	0.0081	3.3	0.99
15	0.28	11	0.0784	0.021952	0.006147	3.08	0.8624
16	0.29	10.5	0.0841	0.024389	0.007073	3.045	0.88305
17	0.25	7.5	0.0625	0.015625	0.003906	1.875	0.46875
18	0.22	4	0.0484	0.010648	0.002343	0.88	0.1936
19	0.24	7.8	0.0576	0.013824	0.003318	1.872	0.44928
20	0.32	12	0.1024	0.032768	0.010486	3.84	1.2288
SUM	4.9	152.9	1.2202	0.309142	0.079737	38.892	10.0577

Suatu data pengujian dengan dua variable atau lebih untuk mengetahui kolesrasi dari kedua data pengujian dapat digunakan perhitungan dengan menggunakan statistic sederhana untuk mecarai koefisien korelasi (R) antara hasil pengukuran teknik invasive dan non invasif. Metode yang digunakan untuk menentukan koefisien korelasi dengan menggunakan korelasi product moment. Untuk menentukan interpretasi dan nilai koefisien korelasi menurut Sutrisno Hadi (2001: 275), bahwa nilai korelasi tinggi jika berada pada range 0.8 – 1,0 cukup 0.6 -0,8, agak rendah 0,4 – 0,6 , rendah 0,2 – 0,4 dan y tidak korelasi jika berada pada 0,0 – 0,2. Dari hasil perhitungan di atas diperoleh koefisien korelasi (r) Sebesar 0.960, berada antara $0.8 < r < 1$, pada nilai referensi koefisien korelasi dengan interpretasi tinggi yang berarti korelasi antara hasil pengukuran kadar asam urat dengan teknik invasive dan non ivasive memiliki korelasi yang tinggi yang berarti memiliki nilai hasil pengukuran yang hampir sama.

SEP digunakan untuk mengetahui ketepatan persamaan regresi non linear, besarnya nilai SEP menentukan ketepatan peramaan prediksi (Y_p) untuk menjelaskan nilai variabel tidak beban yang sebenarnya. Semakin kecil nilai SEP nenandakan bahwa makin tinggi ketepatan persamaan prediksi (Y_p) sehingga nilai variable bebas adalah yang sesungguhnya, sebaliknya jika nilai SEP besar maka

ketepatan persamaan prediksi rendah yang berarti nilai variable bebas tidak sesuai. Dari hasil perhitungan untuk mendapatkan Nilai SEP untuk persamaan prediksi diperoleh 0.68, yang berarti nilai SEP kecil yang menunjukkan bahwa ketepatan persamaan prediksi tinggi sehingga nilai variable tidak bebas adalah sesungguhnya.

Tabel 3. Hasil pengukuran kadar asam urat dengan teknik Invasive dan Noninvasive

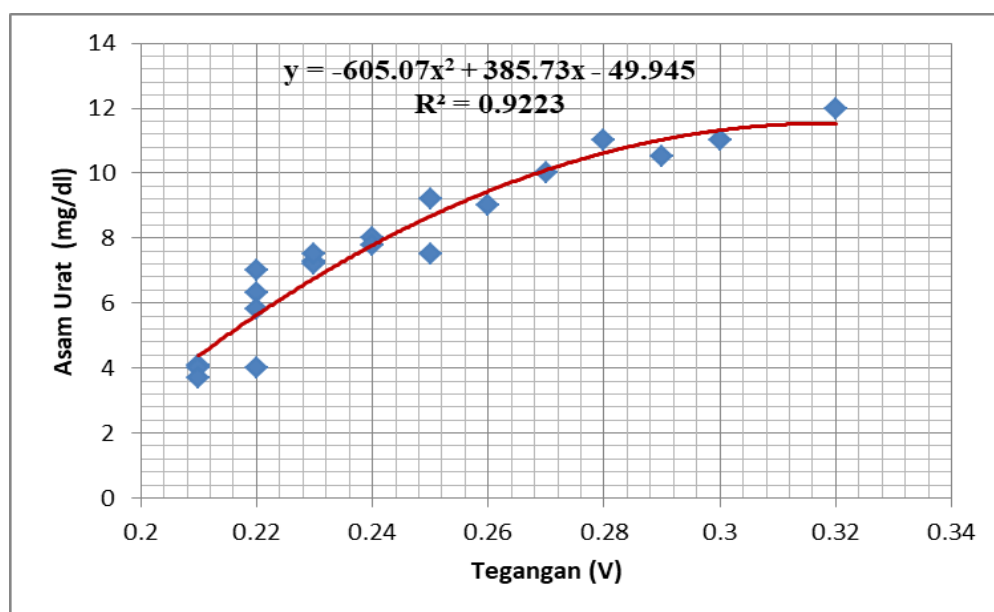
Partisipan	Kadar asam urat (mg/dl)	
	Invasif	Noninvasif
1	8	7.8
2	9.2	8.7
3	7	5.6
4	7.3	6.8
5	4.1	4.4
6	6.3	5.6
7	4	4.4
8	7.2	6.8
9	5.8	5.6
10	3.7	4.4
11	10	10.1
12	9	9.4
13	7.5	6.8
14	11	11.3
15	11	10.6
16	10.5	11.0
17	7.5	8.7
18	4	5.6
19	7.8	7.8
20	12	11.5

Root Mean Square Error (RMSE) merupakan cara untuk mengukur perbedaan nilai Estimasi atau prediksi dari sebuah instrument atas nilai yang diobservasi atau referens. Nilai RMSE menunjukkan keakuratan pengukuran error estimasi atau prediksi dari model instrument, jika nilai RMSE kecil menandakan bahwa estimasi atau prediksi pengukuran akurat. Metode Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk melakukan evaluasi model persamaan non linear yang digunakan untuk mengukur nilai tingkat akurasi hasil prediksi pengukuran kadar asam urat dalam darah yang menggunakan alat ukur non invasive. Dari hasil perhitungan RMSE data pengukuran kadar asam urat non invasive diperoleh hasil 0.683, yang berarti nilai RMSE kecil, menandakan bahwa hasil pengukuran estimasi atau prediksi kadar asam urat non invasive akurat, jika dibandingkan dengan nilai kadar asam urat invasive tidak terjadi perbedaan yang signifikan.

Tabel 4. Analisa data pengukuran kadar asam urat invasive (Y_i) dan non invasive (Y_n) untuk menentukan korelasi, SEP dan RMSE

Partisipan	Y_i	Y_n	Y_{ir}	Y_{ir2}	Y_{nr}	Y_{nr2}	$Y_{ir.Y_{nr}}$
1	8	7.8	0.4	0.126	0.135	0.018	0.0478
2	9.2	8.7	1.6	2.418	1.027	1.055	1.5972
3	7	5.6	-0.6	0.416	-2.013	4.054	1.2987
4	7.3	6.8	-0.3	0.119	-0.879	0.772	0.3032
5	4.1	4.4	-3.5	12.567	-3.269	10.686	11.5884
6	6.3	5.6	-1.3	1.809	-2.013	4.054	2.7080
7	4	4.4	-3.6	13.286	-3.269	10.686	11.9153
8	7.2	6.8	-0.4	0.198	-0.879	0.772	0.3911
9	5.8	5.6	-1.8	3.404	-2.013	4.054	3.7148
10	3.7	4.4	-3.9	15.563	-3.269	10.686	12.8960
11	10	10.1	2.4	5.546	2.449	5.998	5.7676
12	9	9.4	1.4	1.836	1.799	3.235	2.4371
13	7.5	6.8	-0.1	0.021	-0.879	0.772	0.1274
14	11	11.3	3.4	11.256	3.674	13.501	12.3276
15	11	10.6	3.4	11.256	2.979	8.872	9.9929
16	10.5	11.0	2.9	8.151	3.387	11.472	9.6698
17	7.5	8.7	-0.1	0.021	1.027	1.055	-0.1489
18	4	5.6	-3.6	13.286	-2.013	4.054	7.3389
19	7.8	7.8	0.2	0.024	0.135	0.018	0.0209
20	12	11.5	4.4	18.966	3.886	15.103	16.9244
Sum	152.9	152.90	0.00	120.27	0.000000	110.92	110.92
Rata rata	7.645	7.64	0.00	6.01	0.00	5.55	5.55

Untuk mengidentifikasi nilai error dari instrumen ini digunakan analisis ANOVA untuk mengetahui hasil analisis. Hasil uji ANOVA diperoleh nilai P dan F yang dapat digunakan untuk mengetahui data sangat signifikan secara statistik dan data sangat diskriminatif. Hipotesis diterima jika p-value lebih besar dari tingkat signifikansi yang ditentukan ($\alpha = 5\%$) dan hipotesis ditolak jika p-value lebih kecil dari tingkat signifikan. Dari hasil analisa data pengukuran kadar asam urat darah invasive dan non invasive menggunakan metode Analisis Varian (ANOVA) dengan single factor dengan hasil bahwa nilai P-value 0,999 yang berarti lebih besar dari nilai α (0.05), ($P\text{-value} > \alpha$) yang berarti hipotesis dapat diterima, dan nilai F- hitung $7.5059E-08$ lebih kecil dari nilai F-critical (F-tabel) 4.098172, yang berarti bahwa hasil hipotesis dapat diterima bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara pengukuran kadar asam urat non invasive dan invasive.



Gambar 4. Grafik persamaan non linear Polynomial

PEMBAHASAN

Penelitian ini mengembangkan alat ukur kadar asma urat non invasi yang menggunakan sensor optik dengan memanfaatkan cahaya sebagai media sensor, sensor didesain menggunakan LED IR 940 nm dan Phototransistor dengan jenis sensor near infrared (NIR) dan hasil deteksi sensor diproses oleh mikrokontroller yang dilengkapi dengan program algoritma untuk mengkonversi nilai output sensor menjadi nilai kadar asam dalam darah, sebagai nilai estimasi atau prediksi. Hasil pengukuran tegangan output sensor dan pengukuran kadar asam urat darah invasive dikorelasikan dengan menggunakan regresi non linear bentuk polynomial sehingga diperoleh persamaan matematika sebagai formula untuk mengkonversi nilai tegangan menjadi nilai estimasi kadar asam urat. Persamaan non linear polynomial dengan koefisien $R^2=0.9223$, menunjukkan bahwa tingkat interpretasi tinggi. Persamaan matematik (Y_n) yang diperoleh dimasukkan dalam program algoritma sebagai formula untuk mengkonversi nilai tegangan analog menjadi nilai kadar asam urat dalam darah.

Pengujian alat dan program algoritma yang dimasukkan dalam mikrokontroller sebagai perangkat mini computer untuk memproses hasil identifikasi sensor NIR, hasil pembacaan pengukuran kadar asam urat non-invasive dibandingkan dengan hasil pengukuran asam urat invasive, dengan menggunakan analisis statistik sederhana. Hasil analisis data pengukuran menggunakan metode ANOVA single factor nilai P-Value > 0.05 , dan nilai F-hitung $< F$ tabel, analisa ini membuktikan bahwa hipotesa dapat diterima karena tidak ada perbedaan hasil pengukuran asam urat noninvasive dan hasil pengukuran asam urat invasive, untuk mengetahui korelasi kedua pengukuran tersebut diAnalisis dengan menggunakan metode korelasi untuk menentukan nilai koefisien korelasi $r ; 0,96$ membuktikan bahwa korelasi antara hasil pengukuran kadar asam urat non invasive menggunakan sensor dengan pengukuran invasive menggunakan strip sample darah memiliki tingkat interpretasi tinggi, berarti hasil kedua pengukuran tidak ada perbedaan yang signifikan, selanjutnya dengan

analisis standar error prediksi (SEP) diperoleh nilai 0.68, nilai ini sangat kecil menjelaskan bahwa persamaan Y_n untuk memprediksi nilai kadar asam urat invasive memiliki ketepatan yang sangat baik, yang berarti nilai prediksi kadar asam urat non-invasive tidak terlalu berbeda dengan hasil pengukuran asam urat invasive. Untuk membuktikan akurasi pengukuran kadar asam urat non invasive dengan alat menggunakan sensor NIR yang dipasang pada ujung jari atau pada pergelangan tangan dengan menghitung nilai root mean square error (RMSE), dari perhitungan nilai RMSE yang diperoleh 0,683. Nilai ini juga kecil yang berarti tingkat keakuratan pengukuran asam urat non invasive baik, sehingga dapat digunakan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini dirancang alat ukur untuk mendeteksi kadar asam urat dengan menggunakan sensor NIR yang dapat digunakan setiap saat dan mudah penggunaannya karena tidak perlu mengambil sampel darah, sensor dipasang pada ujung jari dan dalam waktu 10-15 detik hasil pengukuran dapat dilihat pada layar monitor alat tersebut secara real time. Pengujian alat ukur dengan menggunakan sensor NIR dengan memvalidasi menggunakan alat ukur pembanding yang memakai sampel darah (invasive) hasil pengukuran dianalisis dengan statistik sederhana menggunakan ANOVA single factor, analisis korelasi, menentukan standar error prediksi (SEP) dan root mean square error (RMSE) dari hasil analisis ke empat metode tersebut menjelaskan bahwa alat yang didesain untuk mengukur kadar asam urat non invasive dengan sensor NIR dapat digunakan. Alat yang telah didesain pada dasarnya dapat digunakan namun masih ada kekurangan dalam pengembangan alat ini, yang perlu diperhatikan untuk melanjutkan pengembangan alat ini selanjutnya terutama dalam hal pengambilan sampel yang masih kurang terwakilkan pengguna, pemasangan sensor harus tepat sehingga dibutuhkan alat untuk menempatkan sensor dengan baik

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini terlaksana atas Hibah Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Politeknik Kesehatan Muhammadiyah Makassar tahun 2021. Terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat dan Direktorat Potekkesmu Makassar yang telah memberikan dukungan dana hibah penelitian dosen untuk mengembangkan alat ini sehingga dapat kami laksanakan dengan menghasilkan purwa rupa alat pemantau kadar asam urat darah non-invasive.

DAFTAR PUSTAKA

Baker, A. N., Richards, S.-J., Guy, C. S., Congdon, T. R., Hasan, M., Zwetsloot, A. J., ... Gibson, M. I. (2020). The SARS-COV-2 Spike Protein Binds Sialic Acids and Enables Rapid Detection in a Lateral Flow Point of Care Diagnostic Device. ACS Central Science. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.0c00855>

- Boleu, F. I., Mangimbulude, J. C., & Karwur, F. F. (2018). Hyperurisemia dan Hubungan Antara Asam Urat Darah dengan Gula Darah Sewaktu dan IMT pada Komunitas Etnik Asli di Halmahera Utara. *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 9(2), 96-106.
- Circuit, S., Outputs, P., Differential, T., Stage, I., Input, L., Currents, B., ... Operation, S. S. (2003). Single Supply Dual Operational Amplifiers. *Order A Journal On The Theory Of Ordered Sets And Its Applications*, 1–14.
- Darmawan, P. S., Kaligis, S. H. M., & Assa, Y. A. (2016). Gambaran kadar asam urat darah pada pekerja kantor. *Jurnal e-Biomedik*, 4(2). <https://doi.org/10.35790/ebm.4.2.2016.14615>
- Firgiansyah, A. (2016). Perbandingan kadar glukosa darah menggunakan spektrofotometer dan glukometer. *Fakultas Ilmu Keperawatan Dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang*, 13(1).
- Jufri, S. (2018). Rancang Bangun Alat Pendeteksi Golongan Darah serta Pengukur Kandungan Gula Darah, Kolesterol dan Asam Urat Berbasis Arduino (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar).
- Junaidi, J. (2018). Project Sistem Kendali Elektronik Berbasis Arduino.
- Martsiningsih, M. A., & Otnel, D. (2016). Gambaran Kadar Asam Urat Darah Metode Basah (Uricase-PAP) Pada Sampel Serum dan Plasma EDTA. *Jurnal Teknologi Laboratorium*, 5(1), 20-26.
- Nichols, J. H. (2006). Laboratory Medicine Practice Guidelines. Evidence-based practice for Point of care testing. *Laboratory Medicine Practice Guidelines, National Academy of Clinical Biochemistry (NACB)*, 11, 13–17.
- Nofiani, S. (2015). Faktor-Faktor Yang Berhubungan Dengan Kejadian Asam Urat Pada Pasien Rawat Jalan Di Rumah Sakit Stroke Nasional Bukittinggi Tahun 2015 Abstrak Penyakit asam urat atau dalam dunia medis disebut penyakit pirai atau penyakit gout (arthritis gout) adalah pe. 1–13.
- Palu, S. W. N. (2018). Hubungan Pola Makan Dengan Terjadinya Penyakit Gout (Asam Urat) Di Desa Limran Kelurahan Pantoloan Boya Kecamatan Taweli. *Jurnal KESMAS*, 7(6).
- Pertiwi, N. I. (2016). Perbedaan kadar Asam Urat Menggunakan alat Spektrofotometer dengan Alat Point of Care Testing (Poct). Skripsi, (UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SEMARANG), 22–23.
- Putri, L. E. (2017). Penentuan Konsentrasi Senyawa Berwarna KMnO₄ dengan Metoda Spektroskopi UV Visible. *Natural Science Journal*, 3(1), 391–398. Diambil dari <https://ejournal.uinib.ac.id>
- Suhardi, D. (2014). Prototipe controller lampu penerangan LED (light emitting diode) independent bertenaga surya. *Jurnal Gamma*, 10(1).
- Widyanto, F. W. (2014). Arthritis gout dan perkembangannya. *Saintika Medika*, 10(2), 145-152.