RANCANG BANGUN SISTEM *NON-INVASIF* PENDETEKSI KADAR ASAM URAT BERBASIS *ARRAY NEAR-INFRARED* (NIR) DAN REGRESI PLS

SKRIPSI

Skripsi diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar sarjana

Disusun oleh:

GST. ADELIA RAHMAH
092022090150

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2026

RANCANG BANGUN SISTEM *NON-INVASIF* PENDETEKSI KADAR ASAM URAT BERBASIS *ARRAY NEAR-INFRARED* (NIR) DAN REGRESI PLS

Disusun Oleh:

Nama : Gst. Adelia Rahmah

NIM : 092022090150

PRODI TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2026

Depok

Menyetujui Pembimbing,

Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT.

NIP.0320109501

RANCANG BANGUN SISTEM *NON-INVASIF* PENDETEKSI KADAR ASAM URAT BERBASIS *ARRAY NEAR-INFRARED* (NIR) DAN REGRESI PLS

Disusun Oleh:

Nama : Gst. Adelia Rahmah

NIM : 092022090150

PRODI TEKNIK ELEKTRO

UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA

2026

Depok

Menyetujui Pembimbing,

Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng.

NIP.0320019502

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai mahasiswa Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	:	Gst. Adelia Rahmah
NIM	:	092022090150
Program Studi	:	Teknik Elektro
Jenis Karya	:	Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Rancang Bangun Sistem *Non-Invasif* Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis *Array Near-Infrared* (NIR) dan Regresi PLS

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Royalti Non Eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalih-media-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 8 Agustus 2025

Yang menyatakan,



PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagaikarya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik disuatu PerguruanTinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalamsumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UUNo. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 12 Juli 2026

Mahasiswa,



Gst. Adelia Rahmah

NIM. 092022090150

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Skripsi ini diajukan oleh	:
Nama	: Gst. Adelia Rahmah
NIM	: 092022090150
Program Studi	: Teknik Elektro
Judul Skripsi	: Rancang Bangun Sistem *Non-Invasif* Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis *Array Near-Infrared* (NIR) dan Regresi PLS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana S1 Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PEMBIMBING

Pembimbing 1 : Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT ( )

Pembimbing 2 : Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 8 Agustus 2026

MENGETAHUI

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc. Eng

NIK. S09202008000

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

Skripsi ini diajukan oleh	:
Nama	: Gst. Adelia Rahmah
NIM	: 092022090150
Program Studi	: Teknik Elektro
Judul Skripsi	: Rancang Bangun Sistem *Non-Invasif* Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis *Array Near-Infrared* (NIR) dan Regresi PLS

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana S1 Teknik Elektro pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik & Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Ir Mauludi Manfaluthy, S.T.,M.T.,I.P.U ( )

Penguji 2 : Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng ( ) 07/08/2026

Penguji 3 : Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng ( )

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 8 Agustus 2026

MENGETAHUI

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc. Eng

NIK. S09202008000

FM/JGU/L 064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SIDANG SKRIPSI

Nama Mahasiswa : GST. ADELIA RAHMAH

NIM : 092022090150

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem NON-INVASIF Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis Array Near-Infrared (NIR) Dan Regresi PLS**

Dosen Penguji I : Ir. Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T., I.P.U.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1	Dengan box di perkuatnya berubah tidak terlalu besar. Jugas pada Power supply, pada USB dan buat step down ke 3.3 Volt.	Desain sudah disesuaikan, dengan ukuran lebih kecil dari yang sebelumnya	[signature]
2	Tegangan input 3.3 Volt bukan 5 Volt, karena ESP32 Vin = 3.3 Volt agar GPIO bekerja dengan benar	Karena di ESP32 sudah ada KL00 untuk step-down langsung ke pin yang digunakan	[signature]
3	Teori Sensor TCRT5000 berubah Cara lemjanya di pendahuluan 2.3	Teori sudah dimasukan ke bab 2 yang lebih menjelaskan teori sensor	[signature]
4	Lakukan kalibrasi sensor, sehingga data yg di ambil benar. Output sensor di verifikasi sebelum di proses oleh ESP32.	Kalibrasi dilakukan dengan mengikuti datasheet sensor	[signature]

Depok, 31 Juli 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

Brainvendra W.D

NIP 109202080001

FM/JGU/L.064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : GST. ADELIA RAHMAH

NIM : 092022090150

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem NON-INVASIF Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis Array Near-Infrared (NIR) Dan Regresi PLS**

Dosen Penguji II : Legenda Prameswono Pratama, S.S.T., M.Sc.Eng.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1	Uji kalibrasi pada jari ujung dilakukan. bahasan dalam bantu	kalibrasi sudah dilakukan. dengan mengikuti dokumen	[signature]
2	tabel jarak yang terlalu pegolaksan tabel, gambar grafik sangat acak-acak untuk dengan benar	sudah di perbaiki	[signature]
3	a.4 hasil hilangkan dan masuk kedalam tiap sub bab pembahasan	subbab 4.4 sudah dihapus dan disesuaikan	[signature]
4	tulis ulang kesimpulan, tidak mencaminkan pengujian yg dilakukan	kesimpulan telah di gabarkan ulang	[signature]
5	tulis ulang abstrak sesuai hasil hasil yang didapat	Abstrak sudah di jabarkan ulang	[signature]
6	Capture sensor dalam bentuk pengukuran akumulasi. namun dikuatkan dengan sampling per detiknya	Capture kalibrasi sudah dimasukan lau lampiran	[signature]

Depok, 3 Agustus 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvenda WD)

NIP. 509020080009

rand Depok City Jl. Boulevard Raya No. 2, Kota Depok, 16412, Jawa Barat, Indonesia

www.jgu.ac.id Phone: +62 21 8461 155 / +62 878 8000 1472

FM/JGU/L 064

JGU Jakarta Global University

Form I2 – Lembar Monitoring Revisi Sidang Skripsi	Revisi ke: 1 Tanggal revisi: 13 Agustus 2020

LEMBAR MONITORING REVISI SKRIPSI

Nama Mahasiswa : GST. ADELIA RAHMAH

NIM : 092022090150

Prodi : S1 - Teknik Elektro

Judul Skripsi : **Rancang Bangun Sistem NON-INVASIF Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis Array Near-Infrared (NIR) Dan Regresi PLS**

Dosen Penguji III : Brainvendra Widi D, S.ST., M.Sc.Eng.

No	Isi Komentar/ Saran	Revisi/jawaban penulis	Paraf Penguji /Tanggal Persetujuan
1	Latar belakang tulang diubah	latar belakang telah disesuaikan dengan tampilan yg diubah	
2	Urutan data tabel dan grafik harus disesuaikan	urutan data sudah disesuaikan	
3	Sebaiknya ~~bab~~ & sub bab di bab 4 disesuaikan dengan rumusan masalah	sudah 4.4. sudah dikupas dan di sesuaikan dengan rumusan masalah	
4	Penulisan tolong dicek sesuai ceretan	Penulisan telah saya berpikan sesuai yang telah ditandai	

Depok, 31 Juli 2026

Mengetahui,

Ketua Program Studi

(Brainvendra WD)

NIP. 509202008004

FM/UGJ/L.053

JGU Jakarta Global University

Form B2 – Lembar Konsultasi Skripsi	Revisi ke: 3
	Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama mahasiswa : **Gst. Adella Rahmah**

NIM : **092022090150**

Judul : **Rancang Bangun Sistem Non-Invasif Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis Array Near-Infrared (NIR) dan Regresi PLS**

Dosen Pembimbing I : **Arisa Olivia Putri,S.S.T., MIT**

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	April 3	Bimbingan Pengajuan pembuatan alat	
2	April 13	Bimbingan proposal bab 1	
3	May 9	Bimbingan arahan pembuatan alat	
4	May 11	Bimbingan lanjutan proposal	
5	May 25	Bimbingan problem alat	
6	Juni 20	Bimbingan arahan progress alat	
7	Juni 28	Bimbingan revisi bab 4 dan 5	
8	Juni 29	Bimbingan pembuatan bab 4 & 5	
9			
10			

Depok, ... 2026

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro

(Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng)

NIK. 0415119601.

FM/UGJ/L.053

JGU Jakarta Global University

Form B2 – Lembar Konsultasi Skripsi	Revisi ke: 3
	Tanggal revisi: 01 Oktober 2024

LEMBAR KONSULTASI SKRIPSI

Nama mahasiswa : **Gst. Adelia Rahmah**

NIM : **092022090150**

Judul : **Rancang Bangun Sistem Non-Invasif Pendeteksi Kadar Asam Urat Berbasis Array Near-Infrared (NIR) dan Regresi PLS**

Dosen Pembimbing II : **Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng**

No.	Tanggal	Uraian Kegiatan yang Dilakukan	Paraf Dosen
1	24 Mar	Pembahasan Perbaikan Alat	
2	7 April	Bimbingan Lanjutan Bab 4	
3	21 April	Bimbingan Alat	
4	19 May	Bimbingan pengajuan Bab	
5	28 Juni	Bimbingan Bab 4 & 5	
6	30 Juni	Bimbingan pengajuan berkas.	
7			
8			
9			
10			

Depok, ... 2026

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Elektro

(Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng)

NIK. 0415119601

HALAMAN PERSEMBAHAN

Pada akhirnya, setiap perjalanan akan menemukan garis akhirnya. Perjalanan yang dipenuhi rasa lelah, keraguan, kegagalan, doa yang tak pernah putus, serta harapan yang terus dijaga hingga hari ini. Skripsi ini bukanlah akhir dari sebuah perjuangan, melainkan bukti bahwa Allah SWT selalu membuka jalan bagi hamba-Nya yang tidak berhenti berusaha dan berserah diri. Dengan penuh rasa syukur, cinta, dan ketulusan, saya persembahkan karya sederhana ini kepada orang-orang yang telah menjadi alasan saya untuk terus melangkah, bangkit, dan percaya bahwa setiap perjuangan akan menemukan waktunya.

1. Kepada kedua orang tua tercinta, Abah Gusti Rahmanillah dan Mama Zainab. Terima kasih atas keikhlasan kalian yang telah mempercayakan anakmu ini untuk merantau, belajar, dan tumbuh menjadi pribadi yang lebih baik. Terima kasih atas setiap doa yang tidak pernah putus dipanjatkan, yang menjadi pelindung di setiap langkahku, meski kita dipisahkan oleh jarak. Aku tahu, tidak mudah bagi kalian bekerja keras di sana demi memastikan anakmu dapat hidup dengan layak, makan dengan cukup, beristirahat dengan tenang, dan menuntut ilmu tanpa kekurangan. Setiap pengorbanan yang kalian berikan adalah alasan terbesar mengapa aku memilih untuk tidak menyerah. Hari ini, ketika satu babak perjalanan ini akhirnya selesai, izinkan karya sederhana ini menjadi persembahan untuk Abah dan Mama. Semoga setiap doa yang kalian titipkan kepadaku dapat kujaga sebaik mungkin, dan semoga kelak aku mampu menjadi alasan bagi senyum, kebanggaan, serta kebahagiaan yang selalu kalian impikan.
2. Kepada saudara-saudaraku tersayang. Terima kasih kepada Kak Eka yang selalu hadir setiap kali aku membutuhkan pertolongan. Terima kasih telah membuka pintu rumah dan hatimu untukku, memberikan tempat yang selalu terasa hangat ketika rindu pada rumah datang menghampiri. Kebaikan dan ketulusanmu akan selalu menjadi kenangan yang tak pernah kulupakan. Terima kasih juga kepada saudariku, Gusti Salsabila Alna dan Gusti Salsabila Alya, yang selalu memberikan dukungan, pengertian, dan kasih sayang tanpa syarat. Kalian adalah bagian dari setiap cerita yang membuat perjalanan ini terasa lebih indah dan bermakna. Dan untuk adikku tersayang, Gusti Mikhail Ramzan, semoga kelak kamu dapat tumbuh menjadi pribadi yang lebih hebat dariku. Aku berharap segala usaha yang kulakukan hari ini dapat menjadi jalan agar kamu memiliki masa depan yang lebih baik. Teruslah bermimpi setinggi mungkin, karena aku akan selalu mendoakan dan mendukung setiap langkahmu.
3. Kepada sahabat seperjuanganku, Beti Afriyanti, Mareta Angraini, Niat Hasrat Wati Gulo, dan Miftahul Riska. Terima kasih telah menjadi orang-orang yang mengenal setiap sisi perjuanganku, termasuk ketika aku berada

di titik terendah dalam hidup. Terima kasih atas setiap pelukan, tawa, dukungan, dan kata-kata sederhana yang mampu menguatkanku ketika aku hampir menyerah. Empat tahun kita lalui bersama, tanpa terasa waktu telah mengukir begitu banyak cerita. Setiap malam yang kita habiskan untuk belajar, setiap canda yang menghapus lelah, setiap tangis yang berubah menjadi tawa, akan selalu menjadi kenangan yang akan kusimpan selamanya. Semoga di mana pun nanti kehidupan membawa kita, jangan pernah lupa bahwa kita pernah tumbuh, berjuang, tertawa, menangis, marah, dan saling menguatkan bersama.

4. Kepada seluruh teman-temanku. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan yang begitu berharga selama masa perkuliahan. Terima kasih untuk setiap cerita, kebersamaan, dan kenangan yang telah kita ciptakan. Terima kasih kepada keluarga Padang Rice, yang telah menjadi rumah kedua selama masa perantauan. Rasanya baru kemarin kita saling memperkenalkan diri di dalam ruang kelas yang dipenuhi rasa canggung, lalu tanpa disadari tumbuh menjadi keluarga yang saling mendukung satu sama lain. Semoga setiap langkah yang akan kita tempuh setelah ini membawa kita menuju kehidupan yang kita impikan. Sampai kapan pun, semoga cerita tentang kita tetap hidup dalam ingatan.
5. Kepada diriku sendiri, Gst. Adelia Rahmah. Terima kasih karena telah memilih untuk tetap melangkah, bahkan ketika rasa takut lebih besar daripada keberanian. Terima kasih telah bertahan melewati hari-hari yang tidak selalu mudah, melewati keraguan, kegagalan, rasa lelah, dan air mata yang sering kali hanya kamu sendiri yang mengetahuinya. Tidak semua langkah terasa ringan, dan tidak semua jalan yang ditempuh memberikan kepastian. Namun, kamu memilih untuk terus berjalan meski tidak tahu apa yang menanti di depan. Hari ini, kamu berhasil membuktikan bahwa rasa takut bukanlah alasan untuk berhenti. Terima kasih karena tidak menyerah. Semoga setelah halaman ini, akan ada lebih banyak mimpi yang terwujud, lebih banyak kebahagiaan yang menanti, dan semoga kamu selalu diberi kekuatan untuk terus menjadi versi terbaik dari dirimu sendiri.

HALAMAN MOTTO

“Kemudian apabila engkau telah membulatkan tekad, maka bertawakallah kepada Allah”

(QS. Ali 'Imran [3]: 159)

"Long live all the mountains we moved"

Taylor Swift, *Long Live*

"Yang kamu butuhkan cuma kaki yang akan melangkah lebih jauh dari biasanya, tangan yang akan berbuat lebih banyak dari biasanya, mata yang akan melihat lebih lama dari biasanya, leher yang akan lebih sering mendongak, tekad yang sekuat baja, dan hati yang akan bekerja lebih keras serta mulut yang selalu berdoa."

"Sebuah kehormatan berada di sini memperjuangkan impian bersama kalian sahabat-sahabat tercinta."

Dialog - 5cm

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan baik. Proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta. Dalam proses penyusunan proposal skripsi ini, penulis telah banyak memperoleh bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua penulis, yang telah memberikan doa, dukungan moral maupun material, serta motivasi yang tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini.
2. Bapak Brainvendra Widi Dionova, S.ST., M.Sc.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Global Jakarta.
3. Ibu Arisa Olivia Putri, S.ST., M.IT, selaku Dosen Pembimbing I, yang telah memberikan bimbingan, saran, serta masukan yang sangat berarti dalam penyusunan proposal skripsi ini.
4. Bapak Ariep Jaenul, S.Pd., M.Sc.Eng., selaku Dosen Pembimbing II, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan skripsi ini.
5. Teman-teman seperjuangan, yang telah bersama-sama bekerja sama, saling membantu, serta memberikan dukungan dan semangat selama proses penyusunan proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun demi penyempurnaan proposal ini.

Depok, 8 Agustus 2026

Gst. Adelia Rahmah,

ABSTRAK

Pemeriksaan kadar asam urat secara konvensional masih menggunakan metode invasif melalui pengambilan sampel darah yang dapat menimbulkan rasa nyeri, ketidaknyamanan, serta memerlukan tenaga medis dan peralatan khusus. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi kadar asam urat secara non-invasif berbasis *Near Infrared* (NIR) menggunakan dua sensor TCRT5000, menerapkan metode Partial Least Squares (PLS) untuk membangun model prediksi, serta mengevaluasi kinerja sistem terhadap hasil pengukuran invasif sebagai nilai referensi. Penelitian menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan model ADDIE yang meliputi tahap analisis, perancangan, pengembangan, implementasi, dan evaluasi. Sistem terdiri atas dua sensor TCRT5000 yang ditempatkan pada ujung jari dan pergelangan tangan, mikrokontroler ESP32 sebagai pengolah data, OLED sebagai media tampilan, serta Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan data. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa kedua sensor memiliki respon optimum pada jarak jarak 2,5 mm dengan waktu akuisisi 20 detik. Pengujian terhadap 50 responden menunjukkan bahwa metode PLS berhasil membangun model prediksi kadar asam urat berdasarkan sinyal optik dari kedua sensor. Rata-rata perbedaan hasil pengukuran non-invasif terhadap metode invasif sebesar 0,02 mg/dL dengan tingkat keberterimaan hasil mencapai 82%. Hasil evaluasi menghasilkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,53 mg/dL dan koefisien determinasi (R^2) sebesar 85,3%, yang menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan prediksi kadar asam urat yang mendekati hasil pengukuran invasif. Sistem yang dikembangkan berpotensi menjadi alternatif pemeriksaan kadar asam urat secara non-invasif, namun masih memerlukan penyempurnaan sebelum diterapkan sebagai perangkat diagnostik klinis.

Kata kunci: asam urat, Near Infrared (NIR), TCRT5000, Partial Least Squares (PLS), non-invasif, ESP32

ABSTRACT

Conventional uric acid examination is commonly performed using invasive blood sampling methods, which may cause pain, discomfort, and require medical personnel as well as specialized equipment. This study aims to design and implement a non-invasive uric acid detection system based on Near Infrared (NIR) technology using two TCRT5000 sensors, apply the Partial Least Squares (PLS) method to develop a uric acid prediction model, and evaluate the system performance by comparing the predicted results with invasive measurements as the reference standard. The study employed the Research and Development (R&D) method using the ADDIE model, consisting of the analysis, design, development, implementation, and evaluation stages. The proposed system integrates two TCRT5000 sensors positioned on the fingertip and wrist, an ESP32 microcontroller for data acquisition and processing, an OLED display for real-time visualization, and Google Spreadsheet for data storage. The calibration results show that both sensors have an optimal response at a distance of 2.5 mm with an acquisition time of 20 seconds. Testing on 50 participants showed that the PLS method successfully built a predictive model for uric acid levels based on optical signals from both sensors. The average difference between the non-invasive measurement results and those from the invasive method was 0.02 mg/dL, with a result acceptance rate of 82%., indicating satisfactory predictive performance. Although the results are influenced by factors such as sensor placement, skin thickness, and optical signal quality, the developed system shows potential as an alternative non-invasive uric acid screening and preliminary monitoring device.

Keywords*: uric acid, Near-Infrared (NIR), TCRT5000, Partial Least Squares (PLS), non-invasive, ESP32.*

DAFTAR ISTILAH

Tuliskan dalam bentuk tabel dengan format urut abjad menaik (A-Z).

No.	Istilah	Keterangan
1	ADC (*Analog-to-Digital Converter*)	Fitur pada mikrokontroler yang berfungsi mengonversi sinyal analog dari sensor menjadi data digital yang dapat diproses oleh sistem.
2	Akurasi Prediksi	Tingkat kedekatan hasil pengukuran atau prediksi sistem terhadap nilai referensi sebenarnya.
3	Asam Urat	Senyawa hasil akhir metabolisme purin dalam tubuh yang kadarnya digunakan sebagai indikator gangguan metabolik.
4	Biomarker Metabolik	Parameter biologis yang mencerminkan kondisi metabolisme tubuh dan dapat diukur untuk tujuan diagnosis atau pemantauan kesehatan.
5	*Cross-Validation*	Metode evaluasi model statistik untuk menentukan jumlah komponen laten optimal pada regresi PLS dan mencegah overfitting.
6	Data Multivariat	Data yang terdiri dari lebih dari satu variabel yang dianalisis secara simultan dalam satu model atau pengamatan.
7	Data Referensi	Nilai kadar asam urat hasil pengukuran invasif yang digunakan sebagai acuan pembanding sistem non-invasif.
8	ESP32	Mikrokontroler berbasis system on chip (SoC) yang digunakan sebagai pusat pengolahan data dan komunikasi sistem.
9	Fisiologis	Kondisi yang berkaitan dengan fungsi normal tubuh dalam keadaan kesehatan yang seimbang.

10	Hiperurisemia	Kondisi ketika kadar asam urat dalam darah melebihi batas normal fisiologis.
11	Invasif	Metode pemeriksaan medis yang memerlukan pengambilan sampel darah dengan melukai jaringan tubuh.
12	Jaringan Biologis	Struktur jaringan tubuh manusia, seperti kulit, pembuluh darah, dan cairan interstisial, yang berinteraksi dengan cahaya NIR selama proses pengukuran.
13	Komponen Laten	Variabel tersembunyi hasil transformasi data pada metode PLS yang merepresentasikan informasi utama dari variabel prediktor.
14	Koefisien Determinasi (R^2)	Ukuran statistik yang menunjukkan kemampuan model dalam menjelaskan variasi data referensi.
15	Model Prediksi	Model matematis yang digunakan untuk mengestimasi kadar asam urat berdasarkan sinyal optik hasil pengukuran.
16	Multi-Titik Pengukuran	Pendekatan pengukuran menggunakan lebih dari satu lokasi pengambilan data untuk meningkatkan stabilitas dan akurasi sistem.
17	*Near Infrared* (NIR) *Spectroscopy*	Teknik optik yang memanfaatkan interaksi cahaya inframerah dekat dengan jaringan biologis untuk memperoleh informasi biokimia.
18	Partial Least Squares (PLS)	Metode regresi multivariat yang menghubungkan variabel prediktor dan respon melalui pembentukan komponen laten.
19	Penetrasi Cahaya	Kemampuan cahaya inframerah menembus lapisan kulit hingga jaringan biologis tertentu.

20	Preprocessing Data	Tahapan awal pengolahan data yang meliputi pembersihan, normalisasi, dan penyusunan dataset sebelum analisis.
21	Root Mean Square Error (RMSE)	Parameter statistik yang menyatakan rata-rata besar kesalahan prediksi model terhadap nilai referensi.
22	Sinyal Optik	Data hasil interaksi cahaya inframerah dengan jaringan biologis yang direpresentasikan dalam bentuk sinyal digital.

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING ..... **iii**
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI ..... **v**
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS ..... **vii**
PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI.....Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERSEMBAHAN ..... **xii**
HALAMAN MOTTO ..... **xiv**
KATA PENGANTAR ..... **xv**
ABSTRAK ..... **xvi**
ABSTRACT ..... **xvii**
DAFTAR ISTILAH ..... **xviii**
DAFTAR ISI ..... **xxi**
DAFTAR GAMBAR ..... **xxiii**
DAFTAR TABEL ..... **xxiv**
DAFTAR LAMPIRAN ..... **xxv**
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA **6**
2.1 Tinjauan Pustaka 6
2.2 Landasaran Teori 11
2.2.1 *Uric Acid* (Asam Urat) 11
2.2.2 Teknologi Non-Invasif untuk Biomarker 12
2.2.3 *Near Infrared* (NIR) *Spectroscopy* 14
2.3 Sensor TCRT5000 16
2.4 Mikrokontroler ESP32 17
2.5 LCD OLED 18

2.6 Metode regresi *Partial Least Squares* (PLS) 19
2.7 Tinjauan Penelitian yang Berkaitan 20
BAB III METODOLOGI 26
3.1 Lokasi Penelitian 26
3.2 Analysis 27
3.2.1 Identifikasi Masalah 27
3.2.2 Analisis Kebutuhan Sistem 27
3.3 Design 30
3.3.1 Diagram Blok 31
3.3.2 Skematik Rangkaian 32
3.3.3 Flowchart Sistem 33
3.3.4 *Partial Least Squares* (PLS) 34
3.3.5 Desain Alat 36
3.4 Development 37
3.5 Implementation 38
3.5.1 Pengujian Sistem 38
3.5.2 Prosedur Pengambilan Data 41
3.6 Evaluasi 42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 44
4.1 Implementasi Sistem Pendeteksi Kadar Asam Urat 44
4.1.1 Perancangan Sistem 45
4.1.2 Hasil Kalibrasi Sensor TCRT5000 48
4.2 Perbandingan Hasil Pengukuran Non-Invasif dan Invasif 51
4.3 Pengujian Kinerja Sistem Berdasarkan Nilai RMSE dan R^2 55
BAB V PENUTUP 63
5.1 Kesimpulan 63
5.2 Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 63
LAMPIRAN 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Buntuk Asam Urat 11
Gambar 2.2 Overview metode pemantauan non-invasif 13
Gambar 2. 3 Rentang Panjang Gelombang NIR 14
Gambar 2. 4 Skema Penetrasi Panjang Gelombang Cahaya pada Lapisan Kulit 15
Gambar 2. 5 Power Dissipation Limit 17
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian 26
Gambar 3. 2 Diagram Blok Sistem 31
Gambar 3. 3 Skematik Rangkaian Alat Deteksi Kadar Asam Urat 32
Gambar 3. 4 Flowchart Sistem 33
Gambar 3. 5 Diagram Alir metode PLS 35
Gambar 3. 6 Ilustrasi Desain Alat Dekteksi Kadar Asam Urat 36
Gambar 3. 7 Desain Keseluruhan Alat Pendeteksi Kadar Asam Urat, (a) Tampak Atas, (b) Tampak Depan, (c) Tampak Belakang 37
Gambar 4. 1 Alat Tampak Depan 46
Gambar 4. 2 Alat Tampak Atas 46
Gambar 4. 3 Dataloger Alat Pendeteksi Asam Urat 47
Gambar 4. 4 Codingan sistem perancangan alat asam urat 47
Gambar 4. 5 Serial Monitor Hasil Kalibrasi 47
Gambar 4. 6 Codingan Matlab Untuk Mendapatkan Grafik PLS 48
Gambar 4. 7 Grafik Residual Model Partial Least Squares (PLS) 54
Gambar 4. 8 Grafik Perbandingan Nilai Non-Invasif dan Invasif 61
Gambar 4. 9 Scatter Plot Pengukuran Invasif dengan Prediksi 62

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Penelitian yang Berkaitan 21
Tabel 3. 1 Kebutuhan Hardware..... 28
Tabel 3. 2 Kebutuhan Software 30
Tabel 3. 3 Karakteristik Partisipan dan Pengujian Sistem 39
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor TCRT5000**Error! Bookmark not defined.**
Tabel 4. 2 Hasil pengeujian fungsional sensor TCRT5000..... 51
Tabel 4. 3 Hasil Perbandingan Pengukuran Non-Invasif dan Invasif 51
Tabel 4. 4 Hasil Evaluasi akurasi prediksi Pengukuran Kadar Asam Urat 55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Biodata Peneliti 69
Lampiran 2. Dokumentasi Pengambilan Data Penelitian 70
Lampiran 3. Kode Program 83
Lampiran 4. Form A – Pernyataan Jadwal Konsultasi 85
Lampiran 5. Form C – Lembar Monitoring Skripsi 87
Lampiran 6. Form D – rekomendasi Ujian Skripsi 89
Lampiran 7. Form E – Kelengkapan Berkas Sidang 90
Lampiran 8. Form J – Pengajuan Judul Skripsi 92
Lampiran 9. Form – Persetujuan Dosen Akademik 94

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kesehatan adalah aspek fundamental yang sangat penting dalam kualitas hidup manusia, dimana salah satu gangguan metabolisme yang sering dijumpai adalah meningkatnya kadar asam urat atau disebut *hiperurisemia*. Nilai kadar asam urat normalnya bervariasi berdasarkan jenis kelamin, yaitu kadar asam urat pada pria memiliki nilai 3,4-7 mg/dL dan pada wanita 2,4-6 mg/dL (Dasopang et al., 2025). Berdasarkan laporan World Health Organization (WHO), sekitar 32% penderita asam urat di Indonesia berusia di bawah 34 tahun dan 68% berusia di atas 34 tahun, sehingga penyakit ini tidak lagi hanya menyerang kelompok usia lanjut (Shofani et al., 2021). Peningkatan kadar asam urat yang tidak terkontrol dapat menyebabkan pengendapan kristal monosodium urat pada persendian sehingga memicu nyeri, pembengkakan, peradangan, hingga gout arthritis (Saputri et al., 2025). Meskipun demikian, banyak penderita baru menyadari kondisi tersebut setelah mengalami serangan gout yang cukup parah. Pemeriksaan kadar asam urat saat ini umumnya masih dilakukan secara invasif melalui pengambilan sampel darah menggunakan alat seperti Glucometer Easy Touch GCU 3-in-1 atau melalui pemeriksaan laboratorium. Metode ini memiliki tingkat akurasi yang tinggi, namun membutuhkan tenaga medis, peralatan khusus, serta menimbulkan rasa tidak nyaman bagi sebagian pasien, terutama lansia atau individu yang memiliki ketakutan terhadap jarum suntik. Kondisi tersebut menyebabkan sebagian masyarakat enggan melakukan pemeriksaan secara rutin, padahal deteksi dini sangat penting untuk mencegah komplikasi yang lebih serius (Dasopang et al., 2025). Oleh karena itu, perkembangan teknologi biomedis saat ini mulai diarahkan pada metode deteksi non-invasif yang mampu melakukan pengukuran tanpa pengambilan sampel darah, sehingga proses pemeriksaan menjadi lebih aman, nyaman, cepat, dan mudah dilakukan.

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan sistem pendeteksi kadar asam urat secara non-invasif menggunakan sensor optik. Penelitian oleh (Usman et al., 2021) memanfaatkan sensor Near Infrared (NIR) dengan LED inframerah berpanjang gelombang 940 nm sebagai transmitter dan photodiode berpanjang gelombang 700–1300 nm sebagai detektor yang ditempatkan pada pergelangan tangan. Penelitian tersebut menghasilkan koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9223 yang menunjukkan hubungan yang sangat kuat, namun kualitas sinyal masih dipengaruhi oleh posisi pemasangan sensor. Selanjutnya penelitian oleh (Shofani et al., 2021) dengan menggunakan sensor TCRT500 diletakan pada ujung mendapatkan nilai akurasi 95,19% dalam pengujian kadar asam urat. Penelitian ini hanya menggunakan 16 sampel dan peletakannya sensor masih dipengaruhi oleh kualitas refleksi cahaya. Sementara itu penelitian oleh (Gusti et al., 2023) dengan menggunakan sensor MAX30105 yang diletakan pada ujung jari memiliki akurasi 84,91% pada pembacaan asam urat dimana pada penelitian ini prosedur peletakan jari yang dilakukan kurang pas. Penelitian oleh (Anupongongarch et al., 2023) menggunakan sensor NIR dengan *wavelength* 1550 nm diletakan pada ujung jari yang memperlihatkan hubungan linear antara sinyal digital sensor dan konsentrasi asam urat dalam larutan darah buatan, tetapi belum dilakukan pengujian langsung pada manusia. Sementara itupenelitian oleh (Rahmadaniar et al., 2024) menggunakan sensor MAX30105 yang diletakan pada ujung jari, dimana nilai akurasi yang didapat adalah 89,33% untuk asam urat. Berdasarkan berbagai penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar penelitian masih menggunakan satu titik pengukuran, terutama ujung jari, serta menunjukkan bahwa kualitas hasil pengukuran sangat dipengaruhi oleh posisi sensor, karakteristik jaringan tubuh, kondisi refleksi cahaya, dan kestabilan sinyal optik yang diterima.

Berdasarkan keterbatasan penelitian terdahulu, penelitian ini mengembangkan sistem pendeteksi kadar asam urat secara non-invasif menggunakan sensor TCRT5000 berbasis *Near Infrared* (NIR) dengan panjang gelombang puncak 940–950 nm. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya memanfaatkan satu titik pengukuran, penelitian ini menerapkan

dua lokasi pengukuran, yaitu ujung jari dan pergelangan tangan, untuk membandingkan karakteristik sinyal optik yang dihasilkan serta menentukan titik pengukuran yang memberikan performa terbaik. Data yang diperoleh dari kedua titik tersebut kemudian diolah menggunakan metode *Partial Least Squares* (PLS) karena metode ini mampu membangun model prediksi dari data multivariat yang memiliki korelasi tinggi serta relatif tahan terhadap gangguan (noise). Selain itu, sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data sehingga hasil pengukuran dapat ditampilkan secara langsung pada perangkat dan disimpan secara daring. Melalui pendekatan tersebut, penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan sistem pendeteksi kadar asam urat non-invasif yang lebih praktis, nyaman digunakan, serta memiliki tingkat akurasi yang lebih baik dibandingkan penelitian-penelitian sebelumnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah disampaikan maka perlu di rumuskan masalah yang ditentukan sebagai berikut :

1. Bagaimana merancang alat pendeteksi kadar asam urat secara non-invasif berbasis *Near Infrared* (NIR) yang menggunakan dua titik pengukuran, yakni pada pergelangan tangan dan ujung jari?
2. Bagaimana perbandingan hasil pengukuran multi sensor NIR dengan alat ukur asam urat invasif pada pengujian langsung terhadap partisipan?
3. Bagaimana akurasi hasil prediksi kadar asam urat dari sistem non-invasif berbasis sensor NIR pada dua titik pengukuran berdasarkan nilai RMSE antara hasil pengukuran non-invasif dan invasif?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dibuat, maka tujuan penelitian yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah :

1. Merancang dan membuat alat pendeteksi kadar asam urat secara non-invasif menggunakan sensor *Near Infrared* (NIR).

2. Menguji dan membandingkan hasil pengukuran alat non-invasif yang dikembangkan dengan metode konvensional (*invasive*).
3. Mengetahui tingkat akurasi hasil prediksi kadar asam urat yang dihasilkan oleh sistem deteksi non-invasif berbasis sensor Near Infrared (NIR) pada dua titik pengukuran.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan adanya tujuan dari pembuatan alat tersebut, maka manfaat yang didapat dari pembuatan alat ini yaitu :

1. Memberikan sebuah metode pemeriksaan kadar asam urat yang cepat, nyaman, dan non-invasif agar pengguna dapat melakukan deteksi dini tanpa memerlukan pengambilan darah.
2. Menjadi dasar untuk pengembangan teknologi sensor optik *Near Infrared (NIR)* untuk aplikasi medis tambahan, seperti deteksi non-invasif glukosa, kolesterol, dan biomarker darah lainnya.
3. Memberikan kontribusi dalam pengembangan alat kesehatan berbasis teknologi lokal yang dapat dimanfaatkan di fasilitas kesehatan maupun penggunaan pribadi.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini penulis membuat batasan masalah yang akan dibahas sebagai berikut :

1. Penelitian Subjek penelitian ini akan dilakukan pada dua kategori, pada partisipan berusia 20-25 dan umur 30 tahun keatas.
2. Pengujian alat akan berfokus pada aspek akurasi dan korelasi hasil pengukuran antara metode *non-invasive* dengan hasil dari metode konvensional (*invasive*).

3. Penelitian ini tidak membandingkan performa sistem dengan metode *non-invasif* lain, serta belum membahas pengaruh faktor eksternal seperti kondisi kulit atau lingkungan secara mendalam.
4. Pengambilan data dilakukan saat partisipan dalam kondisi istirahat dan posisi tubuh tidak bergerak, tanpa mempertimbangkan aktivitas fisik sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

Addissouky, T. A. (2025). *Innovations in Non-Invasive Biomarker Discovery : Unraveling the Molecular Landscapes of Human Skin*.

Alroud, A. I., Hamid, F. A., Jamaluddin, J. E., & Alroud, A. I. (2025). *Non-Invasive Human Blood Glucose Measurement Using Near- Infrared Sensor*. *21*, 88–94. https://doi.org/10.47836/mjmhs.21.s11.13

Amanika, V., & Sunanto. (2024). *Rancang bangun alat ukur kadar gula dalam darah non invasive menggunakan esp32 dan blynk*. *9*(2), 361–371.

Anupongongarch, P., Kaewgun, T., & Reilly, J. O. (2023). *A STUDY ON THE RELATION BETWEEN DIGITAL OUTPUT AND URIC ACID IN A STUDY ON THE RELATION BETWEEN DIGITAL OUTPUT AND URIC ACID IN ARTIFICIAL BLOOD SOLUTION BY USING A URIC ACID DETECTOR*. *April*.

Bec, K. B., Grabska, J., & Huck, C. W. (2021). *Principles and Applications of Miniaturized Near-Infrared (NIR) Spectrometers*. 1514–1532. https://doi.org/10.1002/chem.202002838

Cozzolino, D. (2021). *The Ability of Near Infrared (NIR) Spectroscopy to Predict Functional Properties in Foods : Challenges and Opportunities*.

Dasopang, E. S., Nadia, S., Anggreini, D., Sihotang, S. H., Tjut, U., & Dhien, N. (2025). *Edukasi pencegahan penyakit asam urat dengan menggunakan obat herbal di desa pekan bahorok*. *4*(1), 96–102.

Erawati, Frieti, V. N., Wardhani, S. K., Imasari, T., K, M. A., R, M. I., Mulyati, T. A., Pujiono, E. F., & Mu'arofah, B. (2025). Edukasi dan Deteksi Dini Penyakit Asam Urat dan Rheumatoid Artitis pada Gapoktan Erawati1*,. *Journal of Community Enggagement and Empowerment Edukasi*, 57–62.

Filippo, D. Di, Sunstrum, F. N., Khan, J. U., & Welsh, A. W. (2023). *Non-Invasive Glucose Sensing Technologies and Products :*

Furqan, M., Sidhi, S. P., & Amsari, L. C. (2020). *ANALISIS BERBAGAI MACAM BIOMARKER AIR MATA DALAM DIAGNOSIS PENYAKIT MATA KERING*. *8*(2), 146–158.

Gusti, A. W. R., Kemalasari, Rochmad, M., & Az-Zahro, F. (2023). *Rancang Bangun Alat Ukur Kadar Gula Darah, Kolestrol, dan Asam Urat Non- Invasif Berbasis Internet of Things (IoT)*. *12*(1), 3912–3923.

Hercog, D., Lerher, T., Truntic, M., & Težak, O. (2023). *Design and Implementation of ESP32-Based IoT Devices*. *1*.

Latifah, S., Koderi, K., Fiteriani, I., & Diani, R. (2020). *Development of Smart*

Physics Card as Physics Learning Media on Temperature and Heat Material Development of Smart Physics Card as Physics Learning Media on Temperature and Heat Material. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1467/1/012033

Li, T., Wang, Q., An, Y., Guo, L., Ren, L., Lei, L., & Chen, X. (2025). *Infrared absorption spectroscopy-based non-invasive blood glucose monitoring technology : A comprehensive review*. *106*(January).

Nadia, K., & Azera, N. (2021). PLS Predictive Model for In-Vivo Non-Invasive Finger Touch Blood Glucose NIR Spectrosensor. *2021 IEEE Regional Symposium on Micro and Nanoelectronics (RSM)*, 88–91. https://doi.org/10.1109/RSM52397.2021.9511583

P, C. R. R., Keerthana, B., Deepika, D., Pankaj, V., & Gowri, B. (2022). *NON INVASIVE GLUCOMETER (IR LED MODULE (TCRT 5000))*. *July*, 1423–1427.

Pramuningtyas, S. M., Nugroho, S. A., Nugroho, E., & Aprilia, S. (2025). *RANCANG BANGUN ALAT CEK GULA DARAH, KOLESTEROL, DAN ASAM URAT NON INVASIF DENGAN SENSOR GY MAX 30102*. *13*(2).

Rahmadaniar, D., Salamah, I., & Rose, M. M. (2024). *Application of Polynomial Regression Method in Non-invasive Measurement of Blood Sugar , Cholesterol , and Non-invasive Uric Acid Based on IoT*. *24*(3), 187–196.

Rahmadaniar, D., Salamah, I., & Rose, M. M. (2025). *Application of Polynomial Regression Method in Non-invasive Measurement of Blood Sugar , Cholesterol , and Non-invasive Uric Acid Based on IoT*. *24*(3), 187–196.

Rasmussen, A. N., Thomsen, B. L., Christensen, J. B., Petersen, J. C., & Lassen, M. (2023). *Quartz-Enhanced Photoacoustic Spectroscopy Assisted by Partial Least-Squares Regression for Multi-Gas Measurements*.

Safmi, N. A., Andasuryani, & Fahmy, K. (2025). *Non-Destructive Prediction of Moisture Content in Cascara Using NIR Spectroscopy with PLS and PCR*. *13*(2), 249–264. https://doi.org/10.19028/jtep.013.2.249-264

Saputri, R., Puteri, A., Ramadhan, N. R., Muzdalifah, N., & Hakim, A. R. (2025). *Pemberdayaan Kader Kesehatan Desa Kindingan Melalui Pendidikan Tentang Penyakit Penyakit Asam Urat, Maag, Dan Nyeri*. *2*(1), 78–83. https://doi.org/10.63004/jpmwpc.v2i1.562

Semiconductors, V. (n.d.). *TCRT5000, TCRT5000L*. 1–7.

Shiyama, D. L., Mahtuti, E. Y., Masyhur, M., & Faisal. (2022). *Pemeriksaan kadar asam urat petani dan buruh tani rt. 30 sananrejo turen*. *10*(12), 175–182.

Shofani, M. (2025). *Non-Invasive Tool of Cholesterol Level Measurement Prototype Using TCRT 5000 Sensor To Reduce Medical Waste*. *11*(2), 46–51.

Shofani, M., Hardianto, F., & Sumarti, H. (2021). *Alkukosrat : Pengembangan Alat*

Ukur Kolesterol dan Asam Urat Secara Non-Invasif Menggunakan Sensor TCRT-5000. 57–66.

Sumarti, H., Tasyakuranti, A. N., & Sabrina, Q. (2025). *Pilot Study : Portable Non-Invasive Blood Sugar , Cholesterol , Uric Acid Monitoring System*. *16*(1).

Usman, U., Hasmah, Risnawaty, A., & Syam, A. N. (2021). *DESAIN ALAT UKUR KADAR ASAM URAT NON- INVASIVE DENGAN SENSOR NEAR INFRARED*. *2*(2), 69–81.

Zakari, S., Niels, N. K., Olagunju, G. V., Nnaji, P. C., Ogunniyi, O., Tebamifor, M., Israel, E. N., Atawodi, S. E., & Ogunlana, O. O. (2024). *Emerging biomarkers for non- invasive diagnosis and treatment of cancer : a systematic review*. *July*, 1–18. https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1405267