

Sistem Deteksi Dini Dehidrasi Dengan Analisis Urine Berbasis Iot

Yunita Rahma^{1*}, Dini Suhartini², Deden Ardiansyah³, Raden Mohamad Wildan⁴

¹ Program Studi Teknik Komputer, Universitas Pakuan

² Program Studi Manajemen Informatika, Universitas Pakuan

^{3,4} Program Studi Teknik Komputer, Universitas Pakuan

*yunita.rahma@unpak.ac.id

Abstrak

Dehidrasi sering kali luput dari perhatian karena gejalanya yang muncul bertahap, sehingga berisiko memicu komplikasi klinis serius jika terlambat ditangani. Penelitian ini bertujuan mengembangkan prototipe perangkat Internet of Things (IoT) untuk deteksi dini dehidrasi secara objektif dan real-time melalui analisis multiparameter urine, meliputi warna (RGB), pH, dan suhu. Metodologi penelitian mencakup analisis kebutuhan bersama tenaga medis, perancangan sistem instrumen berbasis NodeMCU ESP32, dan pengujian validitas menggunakan 10 sampel urine riil yang dikomparasikan langsung terhadap diagnosis resmi (gold standard) Dinas Kesehatan Cibinong, Kabupaten Bogor. Hasil pengujian kuantitatif menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi kesesuaian sebesar 80% secara keseluruhan dan sensitivitas mencapai 100% pada klasifikasi kondisi ekstrem (Tidak Dehidrasi dan Dehidrasi Berat). Deviasi minor sebesar 20% ditemukan pada kondisi transisi akibat sensitivitas sensor optik terhadap pencahayaan eksternal dan variasi kimiawi non-hidrasi pada urine. Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi parameter suhu untuk mereduksi bias kondisi demam, serta penerapan sistem pakar (expert system) pada antarmuka website yang mampu mentransformasikan data mentah sensor menjadi prediksi risiko penyakit dan rekomendasi nutrisi secara personal. Sistem ini berkontribusi sebagai instrumen pemantauan kesehatan preventif non-invasif yang mandiri dan aplikatif.

Kata kunci : Dehidrasi, IoT, Urin, Website.

Abstract

Dehydration frequently goes unnoticed due to its gradual onset, posing a risk of serious clinical complications if left unaddressed. This study aims to develop an Internet of Things (IoT)-based prototype for objective and real-time early dehydration detection through multi-parameter urinalysis, including color (RGB), pH, and temperature. The methodology encompasses user and medical needs analysis, instrument system design utilizing the NodeMCU ESP32, and validity testing using 10 real urine samples cross-validated directly against the official diagnosis (gold standard) from the Cibinong Regional Health Office, Bogor Regency. Quantitative results demonstrate that the system achieves an overall classification accuracy of 80% and a sensitivity of 100% in extreme conditions (No Dehydration and Severe Dehydration). A minor deviation of 20% occurred during transition phases due to optical sensor sensitivity toward ambient lighting variations and non-hydration chemical fluctuations in the urine. The novelty of this research lies in the integration of a temperature parameter to mitigate diagnosis bias caused by febrile (fever) conditions, alongside the implementation of an expert system on the web interface capable of transforming raw sensor data into personalized disease risk predictions and nutritional recommendations. This system contributes a practical, non-invasive, and self-managed instrument for preventive health monitoring.

Keywords : Dehydration, , IoT, Urine, Website.

1. Pendahuluan

Dehidrasi merupakan suatu kondisi fisiologis yang ditandai dengan defisit cairan tubuh akibat

peningkatan kehilangan cairan atau penurunan asupan cairan^[1]. Kondisi ini dapat mengganggu fungsi kognitif, meningkatkan risiko infeksi saluran

kemih, dan memicu pembentukan batu ginjal. Selain itu, dehidrasi dapat menurunkan stamina dan produktivitas akibat gejala klinis seperti sakit kepala, kelelahan, kejang, hingga sinkop (pingsan). Jika kehilangan cairan tubuh melebihi 15%, kondisi tersebut dapat bersifat mengancam jiwa [2]. Meskipun dampaknya signifikan, dehidrasi seringkali luput dari perhatian karena gejalanya muncul secara bertahap dan kerap dianggap sepele, sehingga berisiko menimbulkan komplikasi serius jika dibiarkan tanpa penanganan. Oleh karena itu, deteksi dini dehidrasi sangat krusial untuk mencegah pemburukan kondisi klinis secara sistemis [3].

Salah satu metode deteksi dini yang praktis dan non-invasif adalah melalui analisis makroskopis urine. Perubahan warna, kejernihan, dan kekeruhan urine dapat menjadi indikator awal adanya gangguan medis seperti dehidrasi, infeksi saluran kemih, hematuria, maupun disfungsi hepatobilier. Pemeriksaan warna urine memiliki sensitivitas hingga 80% dalam menilai status hidrasi jangka pendek [4]. Selain warna, tingkat keasaman (pH) urine juga berkorelasi dengan status hidrasi. Meskipun American Association for Clinical Chemistry menyatakan rerata pH urine normal adalah 6.0 (dengan rentang fisiologis 4.5–8.0), dehidrasi yang signifikan dapat memicu kompensasi ginjal berupa peningkatan ekskresi ion hidrogen (H^+). Hal ini menyebabkan penurunan pH urine di bawah ambang batas

rerata akibat kondisi asidosis metabolik serta meningkatnya konsentrasi solut urine karena tubuh berusaha meretensi cairan [5].

Untuk mengatasi kelemahan penilaian visual manual yang bersifat subjektif dan rentan terhadap bias pencahayaan, beberapa penelitian terkini telah mulai mengembangkan sistem otomatisasi menggunakan sensor warna seperti TCS3200 atau TCS34725 [6],[7],[8]. Beberapa peneliti juga mengombinasikannya dengan sensor pH untuk meminimalkan kesalahan diagnosis akibat variasi warna urine yang dipengaruhi oleh pola konsumsi makanan [7], [9]. Kendati demikian, sistem yang dikembangkan pada penelitian-penelitian terdahulu sebagian besar masih bersifat statis, belum terintegrasi secara real-time dengan ekosistem IoT yang komprehensif, dan mengabaikan parameter suhu urine yang sebenarnya krusial untuk membedakan antara dehidrasi murni atau dehidrasi yang dipicu oleh kondisi febris (demam). Selain itu, sistem yang ada umumnya hanya menampilkan data sensor mentah (raw data) tanpa disertai interpretasi klinis maupun rekomendasi preventif bagi pengguna.

Untuk mengisi celah penelitian (research gap) tersebut, penelitian ini bertujuan mengembangkan sebuah prototipe perangkat IoT untuk deteksi dini dehidrasi melalui analisis multiparameter urine yang mengintegrasikan aspek warna, pH, dan suhu secara simultan.

Kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada penerapan sistem pemantauan ganda (dual-monitoring) melalui layar LCD fisik dan antarmuka web interface yang bekerja secara real-time. Selain itu, sistem ini berkontribusi dalam menyediakan fungsi expert system (sistem pakar) sederhana pada aplikasi website, yang tidak hanya menampilkan data objektif urine, melainkan juga mampu memberikan edukasi mengenai kemungkinan risiko penyakit terkait serta rekomendasi asupan nutrisi dan cairan yang dipersonalisasi demi mendukung tindakan preventif kesehatan secara mandiri.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Penelitian Terkait

Berikut ini penelitian yang menjadi perbandingan untuk penelitian ini:

1. Penelitian mengenai sistem otomatisasi deteksi dini dehidrasi berbasis analisis urin berkembang pesat dengan mengintegrasikan berbagai teknologi sensor, pemrosesan citra, dan kecerdasan buatan. Pada penelitian awal yang dilakukan oleh Sutarna dkk. (2020), fokus utama terletak pada peningkatan akurasi diagnosis dengan cara menggabungkan sensor warna dan sensor keasaman (pH). Pendekatan ganda ini dinilai sangat efektif untuk meminimalkan risiko kesalahan diagnosis, mengingat warna urin seseorang sering kali dipengaruhi oleh pola makan atau konsumsi obat-obatan tertentu,

bukan semata-mata karena status hidrasi [7]. Di sisi lain, Damayanti dkk. (2020) lebih menitikberatkan pada perancangan perangkat keras portabel yang mampu mendeteksi tingkat dehidrasi secara otomatis dan real-time. Alat ini dirancang untuk mempermudah pengguna awam dalam mengetahui kondisi tubuh mereka secara mandiri melalui pembacaan kepekatan warna urin yang langsung dikategorikan ke dalam tingkatan dehidrasi tertentu [8].

2. Seiring berjalannya waktu, teknologi ini berkembang menjadi lebih cerdas dan interaktif, seperti yang ditunjukkan dalam penelitian terbaru oleh Utomo dkk. (2024). Penelitian tersebut tidak hanya sekadar mendeteksi, tetapi sudah menerapkan metode image processing yang dikombinasikan dengan algoritma Fuzzy Logic untuk mengklasifikasikan tingkat dehidrasi secara lebih akurat dan fleksibel. Keunggulan utama dari sistem ini adalah integrasinya dengan ekosistem Internet of Things (IoT), di mana hasil deteksi urin akan memicu pompa air otomatis untuk mengeluarkan jumlah air minum yang presisi sesuai dengan kebutuhan dehidrasi pengguna. Secara keseluruhan, tren penelitian dari ketiga jurnal ini menunjukkan pergeseran dari alat deteksi sensorik sederhana menuju sistem kesehatan pintar yang mampu memberikan intervensi atau solusi langsung secara otomatis bagi penggunanya [9].

3. Aditya dkk. (2021) memperluas fungsionalitas sistem pendeteksi warna urin tidak hanya untuk memantau status hidrasi tubuh, melainkan juga untuk mendeteksi indikasi awal gangguan fungsi hati (liver). Dengan mengimplementasikan kecerdasan buatan berbasis algoritma Fuzzy Logic, sistem tersebut mampu mengolah gradasi warna urin yang spesifik menjadi data keputusan klinis yang presisi dan stabil ^[10]. Penguatan akurasi deteksi juga dilakukan oleh Hidayatulloh (2021) yang mengintegrasikan aspek visual urin dengan kondisi fisiologis tubuh pengguna. Penelitiannya menggabungkan sensor warna TCS3200 dengan sensor suhu tubuh LM35 yang kemudian diproses menggunakan metode Fuzzy Logic, sehingga sistem dapat memberikan peringatan dehidrasi yang lebih komprehensif sekaligus mendeteksi gejala penyakit penyerta seperti demam yang kerap menjadi pemicu hilangnya cairan tubuh ^[11].

2.2. Landasan Teori

1. Dehidrasi

Dehidrasi merupakan kondisi klinis akibat ketidakseimbangan antara asupan dan pengeluaran cairan tubuh yang dapat mengganggu fungsi fisiologis normal hingga memicu komplikasi serius ^{[7], [9]}. Status hidrasi ini umumnya dievaluasi melalui karakteristik urin, seperti tingkat kepekatan warna (klasifikasi Armstrong) serta parameter kimiawi berupa pH

dan berat jenis ^{[7], [11]}

2. Keasaman Urin

Tingkat keasaman (pH) urin merupakan indikator kimiawi penting yang mencerminkan kemampuan ginjal dalam menjaga keseimbangan asam-basa tubuh, dengan nilai normal berkisar antara 4,5 hingga 8,0 ^{[7], [12]}. Saat tubuh mengalami dehidrasi, terjadi penurunan volume cairan yang memicu urin menjadi lebih pekat dan cenderung bersifat lebih asam (<5,8)^[13]. Kondisi urin yang terlalu asam akibat dehidrasi kronis ini jika dibiarkan dapat meningkatkan risiko kristalisasi zat terlarut, seperti asam urat, yang memicu pembentukan batu saluran kemih ^{[13], [14]}.

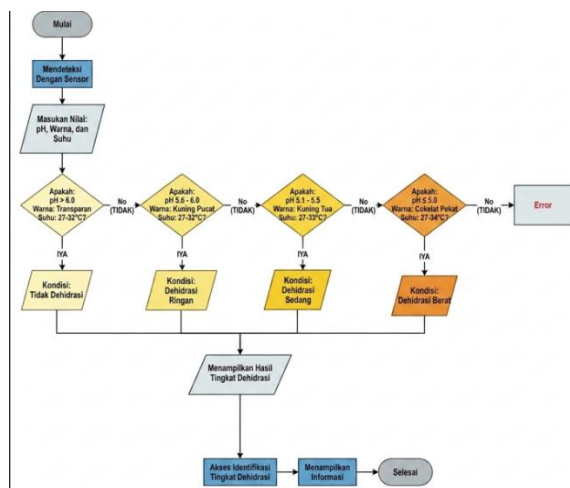
3. Warna urin

Warna urine adalah indikator umum dari kesehatan seseorang. Urine yang sehat biasanya berwarna kuning terang karena mengandung pigmen urochrome, yang berasal dari ekskresi pigmen darah. Penyakit juga dapat memengaruhi warna urine^[15].

4. Suhu Urin

Suhu urin adalah salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menilai kondisi kesehatan seseorang. Suhu urine normal berkisar antara 36,5-37,5 derajat Celcius. Suhu urine yang lebih tinggi atau lebih rendah dari rentang normal dapat mengindikasikan adanya suatu kondisi medis tertentu ^[16].

2.3. Tahapan Deteksi



Gambar 1. Tahapan deteksi

1. Alur kerja sistem identifikasi dehidrasi pada Gambar 1 diawali dengan inisialisasi perangkat pada blok Mulai, yang dilanjutkan dengan proses Mendeteksi Dengan Sensor untuk membaca karakteristik sampel urin secara fisik dan kimiawi. Data yang diperoleh kemudian masuk ke dalam satu blok input Masukan Nilai: pH, Warna, dan Suhu sebelum dialirkan menuju struktur keputusan bertingkat (conditional logic). Di tahap ini, sistem akan mengevaluasi parameter secara berurutan; jika nilai parameter memenuhi kriteria spesifik (seperti $pH > 6.0$ dan warna transparan untuk kondisi Tidak Dehidrasi, hingga $pH \leq 5.0$ dan warna cokelat pekat untuk Dehidrasi Berat), sistem akan langsung menetapkan status hidrasi yang sesuai. Namun, apabila data yang terbaca tidak memenuhi seluruh kriteria atau berada di luar batas normal, alur akan dialihkan menuju blok Error sebagai indikasi kegagalan sistem. Setelah tingkat dehidrasi berhasil diidentifikasi, sistem

akan masuk ke tahap output untuk Menampilkan Hasil, menjalankan fungsi Akses Identifikasi guna pemrosesan internal, serta Menampilkan Informasi edukatif bagi pengguna sebelum alur kerja resmi Selesai.

3. Metode Penelitian

3.1 Desain Penelitian

Tahapan penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Metode Penelitian

1. Analisis Kebutuhan dan Pengumpulan data Teknik pengumpulan data dilakukan melalui studi literatur medis dan teknik untuk memetakan research gap, wawancara terstruktur dengan tenaga medis untuk menetapkan ambang batas (threshold) parameter urine, serta observasi alur pengujian laboratorium untuk merancang antarmuka sistem.

2. Perancangan Sistem

Meliputi perancangan hardware (skematik mikrokontroler dan sensor), perancangan software (algoritma kalibrasi sensor dan pengiriman data cloud), serta perancangan database untuk penyimpanan data historis secara real-time.

3. Pembuatan Prototipe

Meliputi perakitan fisik komponen elektronik, pemrograman firmware pada mikrokontroler, serta pengujian fungsional awal (alpha testing) untuk memastikan fungsionalitas dasar sensor bebas dari error.

4. Pengujian Validitas dan Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian untuk perakitan dilakukan di Sekolah Vokasi Universitas Pakuan sedangkan pengambilan sampel urine dan uji komparasi dilaksanakan di Dinas Kesehatan Kabupaten Bogor. Pengujian melibatkan sampel urine dari sukarelawan dalam berbagai variasi kondisi hidrasi tubuh.

3.2 Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dilakukan secara kuantitatif dengan membandingkan (cross-validation) hasil pembacaan parameter warna, pH, dan suhu dari prototipe IoT dengan hasil uji laboratorium standar (gold standard). Data tersebut kemudian dianalisis tingkat sensitivitas dan akurasi sebelum diintegrasikan ke sistem pakar aplikasi website

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Penelitian

1. Realisasi Prototipe Perangkat Keras (Hardware)

Prototipe perangkat keras pemantau tingkat dehidrasi dirancang dengan dimensi ringkas berukuran 20×10×6 cm. Menggunakan material berbasis plastik kokoh yang bersifat waterproof (tahan air), kompartemen ini dirancang khusus untuk memproteksi sirkuit elektronik internal dari efek korosif atau cipratan sampel urine. Komponen utama di dalam perangkat ini meliputi mikrokontroler NodeMCU ESP32, sensor warna, sensor pH, dan sensor suhu yang diletakkan pada posisi geometris optimal untuk meminimalkan bias pembacaan. Visualisasi rancangan fisik alat ini secara mendetail ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil alat deteksi urine

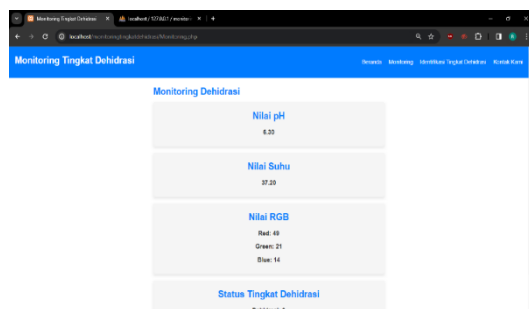
2. Antarmuka Sistem Informasi (Website Interface)

Data hasil pembacaan multiparameter urine yang ditangkap oleh sensor dikirimkan secara nirkabel dan tersimpan ke dalam database cloud. Lapisan

perangkat lunak berbasis web kemudian menarik data tersebut untuk menyajikannya ke dalam platform informasi yang interaktif dan real-time. Halaman antarmuka web diklasifikasikan ke dalam empat status hidrasi yang dinamis:

a. Kategori Tidak Dehidrasi

Terpemicu apabila parameter urine berada pada rentang pH 6,0–7,0, suhu tubuh normal, dan nilai intensitas warna berada pada spektrum pucat jernih. Tampilan untuk kategori ini bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. kategori tidak dehidrasi

b. Kategori Dehidrasi Ringan

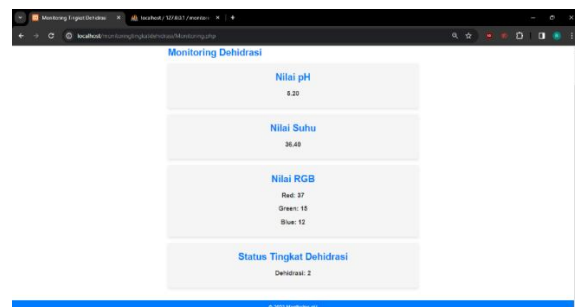
Terpemicu jika nilai pH urine berada pada kisaran 5,5–6,0, parameter suhu berkisar 37,0–37,5° C, dengan intensitas warna kuning pucat yang sedikit meredup. Tampilan untuk kategori ini bisa dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. kategori dehidrasi ringan

c. Kategori Dehidrasi Sedang

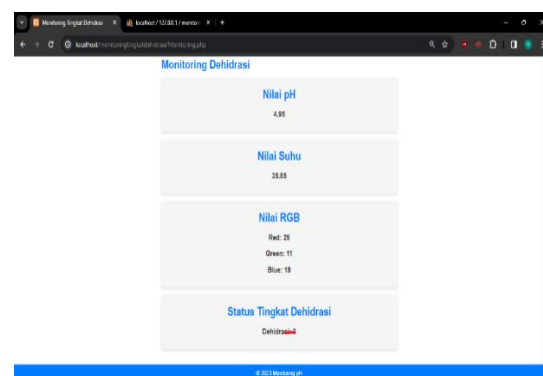
Terpemicu ketika nilai pH menyusut ke rentang 5,0–5,5 dengan karakteristik warna yang mulai menguning pekat. Tampilan untuk kategori ini bisa dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. kategori dehidrasi sedang

d. Kategori Dehidrasi Berat

Terpemicu apabila kondisi kritis tercapai dengan nilai pH <5,0, suhu urine cenderung tinggi, serta visualisasi warna kuning pekat menuju kecokelatan. Tampilan untuk kategori ini bisa dilihat pada gambar 7.



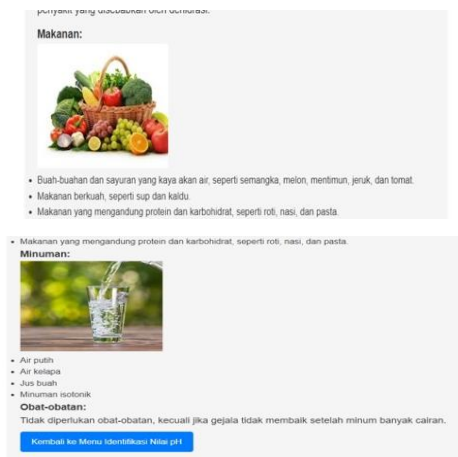
Gambar 7. kategori dehidrasi berat

Selain menampilkan visualisasi status, platform ini menyajikan expert system (sistem pakar) sederhana yang memberikan rekomendasi asupan nutrisi, pola hidrasi, dan pembatasan aktivitas fisik yang dipersonalisasi berdasarkan

tingkat keparahan dehidrasi pengguna (Gambar 8 dan Gambar 9).



Gambar 8. Rekomendasi kategori dehidrasi ringan



Gambar 9. Rekomendasi makanan dan minuman

3. Pengujian Komponen

Untuk menjamin reliabilitas fungsionalitas sistem sebelum diuji pada sampel riil, dilakukan pengujian modular (per komponen) secara bertahap. Ringkasan hasil pengujian modular tersebut dijabarkan di bawah ini.

a. Pengujian NodeMCU ESP32

Terbukti berhasil menghubungkan seluruh pin sensor dan menginisialisasi konektivitas Wi-Fi tanpa packet loss. Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Pengujian NodeMCU ESP32

Tes Fungsional NodeMCU ESP32	Hasil Pengujian	Keterangan
Menghubungkan sensor	Berfungsi	Sensor terhubung
Menghubungkan WiFi	Berfungsi	Terhubung ke jaringan WiFi

b. Pengujian Sensor pH DfRobot

Hasil uji menggunakan larutan standar pH 6,86 menghasilkan output pembacaan sensor sebesar 6,85 (tingkat error sangat rendah). Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Pengujian Sensor pH DfRobot

Pengujian Sensor pH	Data Input	Data Output	Hasil Pengujian	Ket
Larutan Standar pH	6,86	6,85	Kalibrasi berhasil	Pembacaan akurat

c. Pengujian Sensor Warna

Pengujian deteksi warna kuning pucat menghasilkan nilai RGB yang konsisten, yaitu (188,188,182). Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Sensor Warna

Pengujian Sensor Warna	Data Input	Data Output	Hasil Pengujian	Ket
Warna Pucat	Warna Pucat	(188, 188, 182)	Kalibrasi berhasil	Pembacaan akurat

d. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian pada rentang target 20–40°C menghasilkan pembacaan stabil pada kondisi suhu urine normal (36,0–36,5°C). Pengujian tersebut dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Sensor Suhu

Pengujian Sensor Suhu	Data Input	Data Output	Hasil Pengujian	Keterangan
Rentang Suhu	20-40°C	36,0-36,5°C	Kalibrasi berhasil	Pembacaan akurat

e. Pengujian LCD, Website dan Database

Layar LCD fisik sukses memproyeksikan status hidrasi, antarmuka web berhasil melakukan sinkronisasi data, dan database mampu melakukan data logging entri sensor secara akurat. Pengujian tersebut dapat di lihat pada tabel 5, table 6 dan table 7.

Tabel 5. Pengujian LCD

Pengujian LCD	Hasil Pengujian	Keterangan
Menampilkan hasil dehidrasi	Berfungsi	Hasil ditampilkan dengan jelas

Tabel 6. Pengujian Website

Pengujian Website	Hasil Pengujian	Keterangan
Menampilkan hasil dehidrasi	Berfungsi	Data ditampilkan dengan benar

Tabel 7. Pengujian Database

Pengujian Database	Hasil Pengujian	Keterangan
Menyimpan data hasil dehidrasi	Berfungsi	Data disimpan dengan benar

f. Uji Validasi Ambang Batas (Threshold) Input dan Output

Uji validasi input dilakukan menggunakan nilai parameter buatan untuk menguji keakuratan logika algoritma klasifikasi (Tabel 8). Selanjutnya, uji validasi output dilakukan menggunakan 10

sampel urine riil dari laboratorium klinis untuk memastikan konsistensi konversi kode status dari perangkat (Tabel 9).

Tabel 8. Uji Validasi Input

Tingkat Dehidrasi	pH	Warna (RGB) Nilai rata - rata	Suhu	Keterangan
Tidak Dehidrasi	6,0 >	(236, 236, 230)	< 36,0°C	Kalibrasi berhasil
Dehidrasi Ringan	5,5-6,0	(188, 188, 182)	36,0-36,5°C	Kalibrasi berhasil
Dehidrasi Sedang	5,0-5,5	(127, 127, 122)	36,5-37,0°C	Kalibrasi berhasil
Dehidrasi Berat	< 5,0	(63, 63, 59)	37,0 >	Kalibrasi berhasil

Tabel 9. Uji Validasi Output

Uji Coba	pH	Warna			Suhu	Ket
		R	G	B		
Sampel 1	6.81	36.55	150	180	200	Berfungsi
Sampel 2	5.75	37.24	210	220	230	Berfungsi
Sampel 3	5.67	35.87	180	190	200	Berfungsi
Sampel 4	5.63	36.73	150	152	154	Berfungsi
Sampel 5	5.01	37.52	220	230	240	Berfungsi
Sampel 6	6.24	36.01	190	200	210	Berfungsi
Sampel 7	5.56	36.94	200	210	220	Berfungsi
Sampel 8	4.94	37.33	230	240	250	Berfungsi
Sampel 9	6.02	36.26	170	180	190	Berfungsi
Sampel 10	4.67	37.85	250	255	255	Berfungsi

Keterangan:

Tidak Dehidrasi: 0

Dehidrasi Ringan: 1

Dehidrasi Sedang: 2

Dehidrasi Berat: 3

g. Uji Coba Komparasi Sistem Keseluruhan.

Tahap akhir pengujian dilakukan melalui eksperimen langsung dengan membandingkan

(cross-validation) hasil ukur instrumen IoT terhadap hasil diagnosis resmi (gold standard) dari Dinas Kesehatan Cibinong, Kabupaten Bogor (Tabel 10).

Tabel 10. Percobaan Langsung

No.	Hasil Laboratorium	Hasil Uji Alat	Validasi
1	Tidak Dehidrasi	Tidak Dehidrasi (0)	Sesuai
2	Dehidrasi Sedang	Dehidrasi Sedang (2)	Sesuai
3	Dehidrasi Ringan	Dehidrasi Ringan (1)	Sesuai
4	Dehidrasi Sedang	Dehidrasi Ringan (1)	Sesuai
5	Dehidrasi Berat	Dehidrasi Berat (3)	Sesuai
6	Tidak Dehidrasi	Tidak Dehidrasi (0)	Sesuai
7	Dehidrasi Sedang	Dehidrasi Ringan (1)	Tidak Sesuai
8	Dehidrasi Berat	Dehidrasi Berat (3)	Sesuai
9	Dehidrasi Ringan	Tidak Dehidrasi (0)	Tidak Sesuai
10	Dehidrasi Berat	Dehidrasi Berat (3)	Sesuai

4.2. Pembahasan

Berdasarkan data eksperimen komparasi langsung pada Tabel 10, prototipe IoT yang dikembangkan menunjukkan tingkat akurasi kesesuaian sebesar 80% (8 dari 10 sampel terdeteksi secara tepat). Capaian akurasi dan stabilitas pengiriman data multi-parameter ini sejalan dengan penelitian pada Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi [17] yang menunjukkan bahwa pemanfaatan NodeMCU ESP32 sangat efektif untuk transmisi data sensor secara real-time berbasis nirkabel. Efektivitas performa alat

dan analisis deviasi yang terjadi dijabarkan sebagai berikut:

1. Analisis Deviasi Pembacaan Sensor

Anomali berupa ketidaksesuaian diagnosis sistem terjadi pada sampel nomor 7 dan nomor 9. Berdasarkan analisis teknis, deviasi ini dipicu oleh adanya interferensi pembacaan (overlapping data) pada kondisi transisi antar-kategori (misalnya dari ringan ke sedang). Sensor optik warna (TCS3200/TCS34725) sangat sensitif terhadap perubahan intensitas cahaya eksternal dan kejernihan wadah penampung sampel urine. Selain itu, variasi kandungan senyawa non-hidrasi di dalam urine sampel (seperti ekskresi sisa vitamin atau zat makanan tertentu) dapat menggeser nilai RGB secara mikro, sehingga algoritma sistem salah menginterpretasikan tingkat kepekatan warna.

2. Validitas Korelasi Medis Multiparameter

Meskipun terjadi deviasi minor pada kondisi transisi, integrasi tiga parameter (warna, pH, dan suhu) terbukti secara signifikan meningkatkan keandalan diagnosis jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian terdahulu yang hanya mengandalkan parameter warna tunggal. Pada kondisi kritis seperti "Tidak Dehidrasi" dan "Dehidrasi Berat", akurasi sistem mencapai 100%. Penurunan pH urine di bawah 5,5 pada sampel dehidrasi berat (Sampel 5, 8, dan 10) berhasil memvalidasi kondisi asidosis metabolik ringan akibat retensi cairan dan kompensasi ginjal

dalam mengekskresikan ion hidrogen (H⁺). Parameter suhu juga terbukti krusial untuk mengonfirmasi kondisi demam) yang sering kali mengacaukan diagnosis tingkat hidrasi murni.

3. Kontribusi Terhadap Deteksi Dini

Realisasi aspek IoT melalui pemantauan ganda (LCD fisik dan web interface) serta implementasi sistem pakar sederhana pada platform website memberikan kontribusi praktis yang besar. Sistem tidak sekadar menyajikan data mentah sensor (raw data), melainkan mampu mengubahnya menjadi informasi klinis yang edukatif dan preventif bagi pengguna awam demi mendukung kemandirian pemantauan kesehatan di lingkungan non-klinis

5. Kesimpulan

Prototipe perangkat IoT untuk deteksi dini dehidrasi melalui analisis multiparameter urine telah berhasil dikembangkan dan diimplementasikan dengan mengintegrasikan parameter warna (RGB), pH, dan suhu secara real-time. Berdasarkan hasil pengujian eksperimen menggunakan sampel urine riil yang divalidasi langsung terhadap data diagnosis resmi (gold standard) Dinas Kesehatan Cibinong Kabupaten Bogor, sistem yang dirancang menunjukkan tingkat akurasi kesesuaian yang tinggi sebesar 80%. Perangkat ini terbukti memiliki sensitivitas hingga 100% pada klasifikasi

kondisi ekstrem, yaitu pada kategori "Tidak Dehidrasi" dan "Dehidrasi Berat". Kendati demikian, deviasi minor masih ditemukan pada fase transisi antar-kategori yang dipicu oleh tingginya sensitivitas sensor optik terhadap interferensi cahaya eksternal serta variasi kandungan zat kimiawi non-hidrasi di dalam sampel urine. Selain fungsionalitas perangkat keras, penelitian ini memberikan kontribusi praktis melalui integrasi expert system (sistem pakar) pada antarmuka website yang berhasil mentransformasikan data mentah sensor menjadi produk informasi klinis berupa prediksi risiko gangguan kesehatan serta rekomendasi asupan cairan dan nutrisi yang dipersonalisasi demi mendukung upaya preventif kesehatan secara mandiri.

6. Daftar Pustaka

- [1] Y. F. Triyana, Teknik prosedural keperawatan. Yogyakarta: D-Medika, 2012.
- [2] A. Alim, "Persepsi atlet terhadap kebutuhan cairan (hidrasi) saat latihan fisik dan recovery pada unit kegiatan mahasiswa olahraga Universitas Negeri Yogyakarta," Unit Kegiatan Mahasiswa Olahraga Universitas Negeri Yogyakarta, 2012.
- [3] D. Wahiddin, "Klasifikasi Kadar Hidrasi Tubuh Berdasarkan Warna Urine dengan Metode Ekstraksi Fitur Citra dan Euclidean Distance," Techno Xplore : Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, vol. 5, no. 1, pp. 16–20, Jun. 2020, doi: 10.36805/technoxplore.v5i1.887.
- [4] D. Pertiwi, "Status Dehidrasi Jangka Pendek Berdasarkan Hasil Pengukuran

- PURI (Periksa Urin Sendiri) Menggunakan Grafik Warna Urin pada Remaja Kelas 1 dan 2 di SMAN 63 Jakarta,” Skripsi, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2015.
- [5] F. M. Shafira and Syahidah, “Perbedaan pengaruh air alkali dengan air mineral terhadap status hidrasi dan pH urin pada mahasiswa fakultas farmasi universitas Padjadjaran,” *Farmaka*, vol. 17, no. 2, pp. 190–198, 2019.
- [6] R. Z. Amani, “Sistem Pendeteksi Dehidrasi Berdasarkan Warna dan Kadar Amonia pada Urin Berbasis Sensor TCS3200 Dan MQ135 dengan Metode Naive Bayes,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 1, no. 5, pp. 436–444, 2017.
- [7] N. Sutarna, “Sistem Pendeteksi Keasaman dan Warna Urine sebagai Indikasi Dini Dehidrasi,” *Electrices*, vol. 2, no. 2, pp. 46–51, 2020.
- [8] Utomo, “Detecting Dehydration Based on Urine Color Using Fuzzy Logic Image Processing and Regulating Water Intake with an Automatic Water Pump According to Dehydration Level Using an IoT-Based Smart Tumbler,” *International Journal of Health and Information System (IJHIS)*, vol. 1, no. 3, pp. 96–105, 2024.
- [9] Damayanti, “Automatic Dehydration Level Detection Devices,” *Indonesian Journal of Electronics, Electromedical Engineering, and Medical Informatics (IJEEEMI)*, vol. 2, no. 2, pp. 51–56, 2020.
- [10] M. M. P. Aditya, S. Sumardi, and S. B. Utomo, “Perancangan Sistem Pendeteksi Dehidrasi Dan Gangguan Hati Berbasis Fuzzy,” *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 1, no. 1, pp. 65–72, 2021.
- [11] M. Hidayatulloh, “Deteksi Dehidrasi Dan Penyakit Pada Urine Berbasis Sensor Warna TCS3200 Dan Sensor Suhu LM35,” *SinarFe7 - Fortei7*, vol. 4, no. 1, pp. 268–272, 2021.
- [12] Rinawati, “Hubungan antara Asupan Cairan, Status Hidrasi dengan Daya Ingat Sesaat pada Remaja Putri,” Skripsi, Universitas Brawijaya, Malang, 2019.
- [13] N. K. Susiwati, I. G. A. A. G. S. Ratnayanti, and I. M. S. Widnyana, “Faktor Risiko Kejadian Batu Saluran Kemih pada Pekerja Pabrik,” *Jurnal Sains dan Kesehatan*, vol. 2, no. 3, pp. 211–217, 2020.
- [14] S. H. Nur and N. W. A. Utami, “Skrining Kesehatan Ginjal pada Remaja Melalui Pemeriksaan Urine Sewaktu,” *Jurnal Medika*, vol. 7, no. 2, pp. 98–105, 2026.
- [15] S. Hidayatullah, *Panduan Praktis Urinalisis dan Interpretasi Klinis*. Jakarta: Penerbit Medika Utama, 2020.
- [16] Gunawan, *Panduan Klinis Pemeriksaan Fisik dan Urinalisis*. Jakarta: Penerbit Kedokteran Indonesia, 2020.
- [17] Mahpuz Mahpuz, Hariman Bahtiar, Muhamad Sadali, and Feni Kurniawan, “Prototype Monitoring Kantung Cairan Infus Berbasis Internet Of Things (IoT),” *Infotek : Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 6, no. 1, 2023