

SISTEM KUALITAS TIDUR BERBASIS IOT DENGAN AKURASI TERHADAP DETEKSI KEBISINGAN

Ardius Eben Ezer Simanjuntak^{1*}, Roswan Latuconsina², Ardiansyah Ramadhan³

^{1, 2, 3}Universitas Telkom

ardiusebenezer@student.telkomuniversity.ac.id¹, roswan@student.telkomuniversity.ac.id²,
ardiansyahramadhanar@student.telkomuniversity.ac.id³

Abstrak:

Kualitas tidur yang buruk pada mahasiswa dapat menurunkan produktivitas pembelajaran serta berdampak pada kesehatan fisik dan mental. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring kualitas tidur berbasis teknologi bagi mahasiswa dengan mengintegrasikan beberapa sensor, yaitu DS18B20 untuk deteksi suhu, MAX9814 untuk deteksi kebisingan, BH1750 untuk deteksi intensitas cahaya, serta PIR untuk deteksi gerakan. Pendekatan yang digunakan didasarkan pada metode evaluasi kualitas tidur menggunakan *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI) sebagai instrumen penilaian subjektif, yang kemudian dikombinasikan dengan pemanfaatan teknologi sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) guna mendukung pemantauan kualitas tidur secara objektif dalam lingkup terbatas. Metode penelitian mencakup analisis survei kebutuhan pengguna yang dikumpulkan dari responden untuk mengidentifikasi permasalahan tidur, serta evaluasi solusi *eksisting* berupa perangkat *non-wearable* dan aplikasi seluler sebagai dasar dalam pengembangan sistem monitoring kualitas tidur. Sistem dirancang untuk memantau parameter tidur meliputi suhu, kebisingan, cahaya, dan gerakan melalui sensor yang terhubung ke mikrokontroler. Data yang diperoleh selanjutnya diproses menggunakan algoritma berbasis pembelajaran mesin untuk melakukan klasifikasi serta mengukur tingkat akurasi data sensor terhadap data aktual hasil monitoring. Pengujian fungsional pada sistem berbasis website dilakukan melalui metode *white-box* dan *black-box* testing. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perhitungan kualitas tidur menggunakan metode PSQI menghasilkan tingkat akurasi sistem sebesar 90%. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat menjadi solusi komprehensif dalam meningkatkan kesadaran serta kualitas tidur mahasiswa melalui pendekatan teknologi yang terjangkau, akurat, dan mudah digunakan.

Kata kunci: tidur, IOT, PSQI, whitebox, blackbox, mikrokontroler

I. PENDAHULUAN

Sistem *monitoring* kualitas tidur menjadi permasalahan yang menarik dalam mengetahui kondisi fisik dan perilaku bagi sebagian kalangan. Faktor lingkungan menjadi tingkat masalah kesehatan bagi para anak muda khususnya mahasiswa, kebisingan menjadi salah satu penyebab utama gangguan tidur yang sering diabaikan dalam lingkungan kampus maupun tempat tinggal para mahasiswa[1]. Kebisingan lingkungan dapat mengganggu kualitas tidur mulai dari kesulitan untuk tertidur dengan nyenyak, susah tidur (insomnia), hingga timbulnya berbagai penyakit.

Beberapa kajian dalam membahas dampak jangka panjang penyebab faktor buruk yang diperoleh mahasiswa terutama masalah kesehatan mental, gangguan kognitif hingga penurunan performa akademik selama proses belajar[2]. Metode *monitoring* tidur tradisional yang digunakan spesifik seperti *polysomnography* (PSG) memiliki keterbatasan dalam penggunaan jangka panjang yang karena memiliki sifat invasif dan memerlukan perhatian khusus untuk mengkajinya[3]. Perkembangan teknologi *contactless sleep monitoring* dapat menawarkan solusi alternatif yang lebih praktis untuk lingkungan secara natural saat melakukan *monitoring*[4][5]. Sistem tersebut dapat memantau *multiple users* sekaligus, ideal untuk penelitian tidur atau penggunaan dalam prosedur klinik. Hak terhadap privasi tetap terjaga karena sistem tidak merekam secara aktual, melainkan hanya data gerakan dan parameter tidur[6].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan produk berbasis *monitoring* kualitas tidur secara *contactless* dengan

merancang, mengimplementasikan, serta pengujian terhadap perangkat yang terletak pada kondisi lingkungan disetiap fungsionalitas bagi pengguna secara kompleks. Melalui pembahasan dalam spesifikasi yang diperoleh dengan metode ini memberikan pengalaman yang tidak mengganggu dan lebih natural, tanpa perlu mengenakan perangkat apapun selama tidur.

II. KAJIAN TEORI

a. *Internet of Things* (IoT) dalam *monitoring* kualitas tidur

Pemanfaatan sebuah *Internet of things* (IoT) ialah bagian yang menjadi bentuk dalam pengambilan data yang diproses melalui objek secara fisik dilengkapi sensor dan konektivitas saling terhubung terhadap pertukaran data untuk memantau, menganalisis dan meningkatkan kualitas tidur secara kontinu[7]. Sistem menjadikan terintegrasi dalam pemantauan dengan penggunaan secara multisensor yang dapat mengukur parameter fisiologis dan lingkungan tidur secara non-intrusif dalam pengoptimalan lokasi lingkungan tidur yang mendapatkan kualitas istirahat maksimal dan meningkatkan kesehatan serta kualitas hidup [8][9].

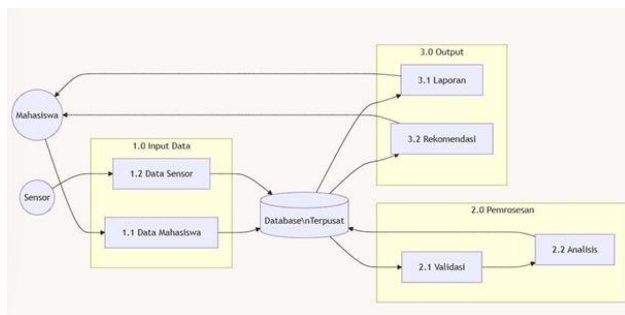
b. Sensor Suara MAX9814

MAX9814 ialah sensor mikrofon dengan *Automatic Gain Control* (AGC) yang dirancang dalam model pendeteksian suara dengan kualitas tinggi. Prinsip yang mendasari pemantauan tidur melibatkan deteksi dan analisis sinyal fisiologis yang manifestasinya dapat diamati melalui sensor

sekitar[10]. Dalam konteks penginderaan yang akustik, aktivitas pernapasan selama tidur menghasilkan pola suara karakteristik yang berkorelasi dengan proses fisiologis yang mendasarinya seperti suara dengkur, suara gesekan, hingga disertai efek gangguan suara lainnya[11]. Penelitian menunjukkan bahwa suara pernapasan saat tidur memiliki tanda akustik khas yang dapat dianalisis untuk mengidentifikasi berbagai kondisi terkait tidur termasuk apnea tidur obstruktif, kejadian hipopnea, dan pola fragmentasi tidur.

III. METODE

Desain dalam rancangan perangkat tersebut digunakan dalam penelitian. Berdasarkan gambaran rancangan arsitektur sistem yang dilakukan melalui prosedur dalam integrasi pada perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem tersebut mengintegrasikan ke dalam *database* secara terpusat dengan masing-masing entitas sebagai mahasiswa dan sensor.

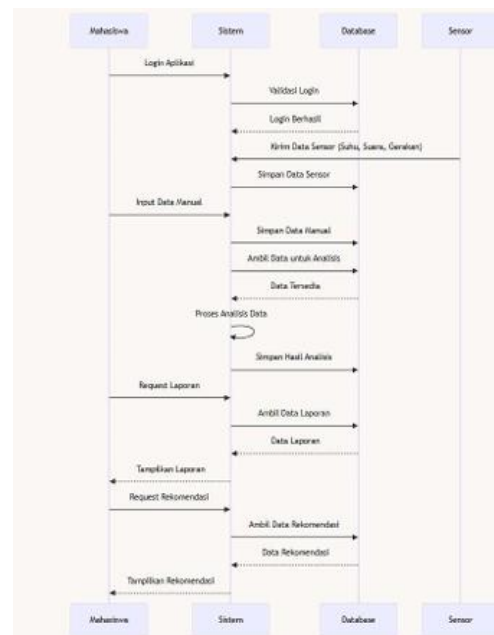


GAMBAR 1.
ARSITEKTUR DIAGRAM

Alur proses pada implementasi perangkat secara keseluruhan untuk mengelola dan menganalisis data kualitas tidur mahasiswa. Pemrosesan ini memperlihatkan dalam siklus *Data Flow Diagram level 2* (DFD2), ketika data terkumpul dalam database yang melakukan serangkaian proses validasi data untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan informasi yang masuk. Sistem melanjutkan ke tahap analisis ketika data diolah untuk menghasilkan informasi yang bermakna tentang pola dan kualitas tidur mahasiswa. Keseluruhan sistem ini dirancang dengan pendekatan yang sistematis dan terintegrasi, menggabungkan teknologi sensor dengan input manual untuk memberikan analisis yang komprehensif.

Skema alur selanjutnya secara *sequence diagram* **Gambar 2**, Ketika proses menggambarkan bagaimana alur dari intraksi antara empat aktor utama yaitu mahasiswa, sistem atau aplikasi *database*, dan sensor[12]. Proses akan dimulai ketika pengguna melakukan login ke sistem aplikasi, kemudian akan melakukan validasi login, dan setelah berhasil, *database* akan mengirimkan konfirmasi login berhasil ke *database*, dan kemudian setelah berhasil, *database* akan mengirimkan konfirmasi login berhasil ke sistem, dan selanjutnya, sensor akan mengirimkan data berupa suhu, suara, cahaya dan gerakan ke sistem yang kemudian data tersebut akan dikirimkan ke *database*[13]. Pengguna juga dapat melakukan input secara manual ke

sistem yang juga kemudian akan disimpan ke dalam *database*.



GAMBAR 2.
SEQUENCE DIAGRAM

Penerapan dalam menentukan hasil persamaan yang digunakan pada pengambilan data dari sensor yang beroperasi dalam komponen utama yang dimiliki yaitu terdapat mikrofon kondensor yang sensitif terhadap suara[14]. Proses tersebut merupakan penerapan dari fondasi *Digital Signal Processing (DSP)* dalam mengkonversi sinyal audio analog menjadi representasi hasil *Sound Pressure Level (SPL)*. *Sound pressure level (SPL)* ialah tekanan level suara yang diukur dalam *desibel (dB)* yang sama dengan $20 \times \log_{10}$ dari rasio *Root Mean Square (RMS)* terhadap referensi tekanan suara.

$$SPL = 20 \times \log_{10} \left(\frac{P_{rms}}{P_{ref}} \right)$$

Penggunaan sensor dalam penelitian ini tidak secara langsung merepresentasikan kualitas tidur secara menyeluruh, namun sejumlah penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya dan kebisingan lingkungan, termasuk yang berasal dari penyejuk ruangan pada malam hari, berpengaruh terhadap latensi, durasi, dan efisiensi tidur.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan dalam menentukan akurasi hasil pengujian terhadap data diperoleh dari sensor serta diperoleh secara aktual disajikan dalam beberapa penggunaan.

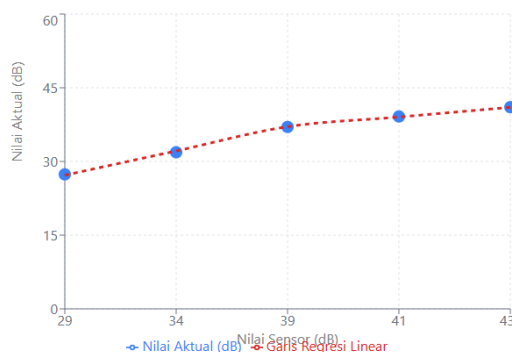
A. Pengujian fungsionalitas sensor

Pengujian sensor dilakukan dengan menganalisis data uji untuk mengevaluasi kesesuaian performa sensor melalui perbandingan antara hasil pengukuran sensor dan nilai aktual, guna menghasilkan pengukuran yang presisi sesuai standar pengujian klinis kualitas tidur [15]. Tabel 1 menunjukkan rangkuman dari bentuk Skenario pengujian terhadap perangkat sensor MAX9814.

TABEL 1.
SKENARIO PENGUJIAN FUNGSIONAL SENSOR MAX9814

No.	Test Case	Hasil diharapkan	Hasil pengujian	Kesimpulan
1	Pengguna bersiap untuk tidur	Aktivitas berjalan normal	35.2 dB	Pass
2	Pengguna menuju tempat tidur	Pernapasan secara teratur	29.8 dB	Pass
3	Pengguna berbaring di tempat tidur	Pernapasan secara teratur	24.1 dB	Pass
4	Pengguna telah meletakkan kepala pada bantal selama tidur	Pernapasan secara teratur	19.5 dB	Pass
5	Pengguna tidur dalam posisi keadaan <i>Deep Sleep</i> .	Pernapasan secara dalam	17.8 dB	Pass
6	Pengguna tidur dalam posisi keadaan REM <i>Sleep</i> .	Pernapasan secara tidak teratur	26.4 dB	Pass
7	Keadaan terjadi saat Dengkur ringan.	Aktivitas <i>snooring</i> terdeteksi	41.7 dB	Pass
8	Keadaan terjadi saat Dengkur berat.	Terdeteksi <i>sleep apnea</i>	62.5 dB	Alert
9	Terbangun dalam keadaan alami.	Pernapasan secara teratur	33.6 dB	Pass
10	Terbangun dalam secara tiba-tiba.	Pernapasan tidak teratur	52.7 dB	Alert

Sesudah memastikan kondisi pengujian terhadap masing-masing kasus yang terjadi, pengujian validasi terhadap sensor MAX9814 sebagai cakupan dalam memproses hasil data yang diperoleh pada pengujian tingkat korelasi pada data sensor dan data aktual dari parameter yang digunakan [16].



GAMBAR 3.
GRAFIK SCATTER PLOT SENSOR

Parameter hasil dari akurasi melalui suara dapat dihasilkan melalui proses secara pengolahan dalam metode *square regression*. Terdapat bentuk hasil pola dari titik-titik data per setiap pengambilan data. Dalam pengambilan data tersebut melakukan perhitungan yang menunjukkan hasil

korelasi terhadap kedua nilai dari data tersebut sebagai nilai distribusi eror[17].

Metode pengujian dalam menyajikan beberapa persamaan sebagai tolak ukur yang digunakan untuk mendapatkan nilai kumulatif yang berdasarkan perhitungan dalam pengambilan solusi yang digunakan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 r_{xy} &= \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{(n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2)(n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2)}} \\
 &= \frac{407,756 - 400,448}{\sqrt{(437,600 - 409,600)(403,126 - 391,500)}} \\
 &= \frac{7,308}{\sqrt{28.000 \times 11,625}} = \frac{7,308}{18,041} = 0,8745
 \end{aligned}$$

Pada hasil perhitungan tersebut digunakan sebagai pengukuran terhadap hubungan antara jumlah nilai dihasilkan pada data sensor dengan nilai dihasilkan pada data aktual dalam mengindikasikan reabilitas yang diperoleh dari kualitas perangkat sensor suara. Hasil tersebut dapat diperoleh dengan persentase pengukuran akurasi rata-rata terhadap sensor sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi}(\%) &= \left(1 - \frac{|\text{Nilai}_{\text{sensor}} - \text{Nilai}_{\text{aktual}}|}{\text{Nilai}_{\text{aktual}}} \right) \times 100\% \\
 &= \frac{1,744.6}{20} \times 100\% = 87,23\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan nilai yang menjadi pengujian terhadap korelasi dan rata-rata akurasi perangkat pada sensor MAX9814 yang digunakan, perlu untuk memperhatikan dalam pengujian pada mengevaluasi model persamaan regresi linier dengan tingkat akurasi hasil dari persamaan model tersebut[15]. Nilai eror dijadikan dalam proses pengambilan solusi dari persamaan sebagai berikut:

$$\text{RMSE} = \sqrt{\left[\frac{\sum (y_i - x_i)^2}{n} \right]} = \sqrt{\left[\frac{57,56}{20} \right]} = \sqrt{2,878} = 1,696 \text{ dB}$$

B. Pembahasan

Pengujian parameter sensor suara menunjukkan dalam sistem IoT pemantauan tidur tanpa kontak, sensor suara berfungsi sebagai nilai yang mampu melakukan analisis multidimensional terhadap pola akustik terkait tidur tanpa memerlukan kontak fisik dengan orang yang tidur. Teknik dapat menentukan berbagai suara terkait tidur seperti pola pernapasan, intensitas mendengkur, suara yang dihasilkan dari gerakan, dan gangguan noise lingkungan yang dapat secara signifikan mempengaruhi arsitektur tidur dan kualitas tidur secara keseluruhan.

Akurasi memungkinkan sistem untuk mendeteksi perubahan halus dalam pola pernapasan yang menunjukkan tahap tidur yang berbeda dari tidur ringan dengan pernapasan tidak teratur, tidur dalam dengan pola pernapasan lambat dan teratur, hingga tidur REM dengan karakteristik pernapasan yang lebih bervariasi. Pemantauan akustik pada perangkat juga dapat melakukan analisis secara *realtime* pola mendengkur untuk mendeteksi potensi apnea tidur atau gangguan pernapasan lainnya, memberikan perhatian khusus

bagi kesehatan dengan memantau prosedur pola tidur yang sehat secara *invasive*.

V. KESIMPULAN

Sistem kualitas pemantauan tidur ini telah terintegrasi dengan penerapan konsep IoT yang diperlukan sebagai pengembangan terhadap *monitoring* saat aktivitas tidur berlangsung dengan berbasis pengukuran parameter terhadap penggunaan sensor deteksi suara dengan perangkat sensor MAX9814. Kelayakan dalam kebutuhan parameter ini tidak jauh dari mengetahui bagaimana kualitas tidur dapat diukur secara matematis dengan mengetahui tingkat akurasi yang sesuai dengan kompleksitas yang baik.

Penelitian ini menekankan evaluasi efisiensi spesifikasi sensor melalui analisis korelasi antara akurasi pembacaan sensor dan nilai aktual sebagai bukti empiris untuk menilai stabilitas dan kinerja akurasi data pengukuran.

REFERENSI

- [1] A. M. Potter, P. A., Perry, A. G., Stockert, P. A., & Hall, "Canadian Fundamentals of Nursing," *MAHESA Malahayati Heal. Student J.*, vol. 3, no. 7, pp. 2098–2107, 2019.
- [2] A. Mehrotra, S. P. Shukla, A. K. Shukla, M. K. Manar, S. K. Singh, and M. Mehrotra, "A Comprehensive Review of Auditory and Non-Auditory Effects of Noise on Human Health," *Noise Heal.*, vol. 26, no. 121, pp. 59–69, 2024, doi: 10.4103/nah.nah_124_23.
- [3] X. Chen *et al.*, "Environmental noise exposure and health outcomes: an umbrella review of systematic reviews and meta-analysis," *Eur. J. Public Health*, vol. 33, no. 4, pp. 725–731, 2023, doi: 10.1093/eurpub/ckad044.
- [4] H. Phan *et al.*, "OPEN ACCESS EDITED BY Comparing consumer grade sleep trackers for research purposes: A field study," 2021.
- [5] I. van Kamp *et al.*, *a Sound Approach To Noise and Health*. 2024.
- [6] K. E. Rudolph *et al.*, "Environmental noise and sleep and mental health outcomes in a nationally representative sample of urban US adolescents," *Environ. Epidemiol.*, vol. 3, no. 4, 2019, doi: 10.1097/EE9.000000000000056.
- [7] S. Milici, A. Lazaro, R. Villarino, D. Girbau, and M. Magnarosa, "Wireless Wearable Magnetometer-Based Sensor for Sleep Quality Monitoring," *IEEE Sens. J.*, vol. 18, no. 5, pp. 2145–2152, 2018, doi: 10.1109/JSEN.2018.2791400.
- [8] D. J. Jaworski, A. Park, and E. J. Park, "Sleep Monitoring," no. April, p. 2, 2021.
- [9] H. S. A. Latiff, R. Razali, and F. F. Ismail, "User interface design guidelines for children mobile learning applications," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 3311–3319, 2019, doi: 10.35940/ijrte.C5434.098319.
- [10] J. Multidisiplin and S. Volume, "E-issn : 3025-1311," vol. 9, no. 7, 2025.
- [11] G. Marques and R. Pitarma, "A Real-Time Noise Monitoring System Based on Internet of Things for Enhanced Acoustic Comfort and Occupational Health," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 139741–139755, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3012919.
- [12] A. Boiko, N. Martínez Madrid, and R. Seepold, "Contactless Technologies, Sensors, and Systems for Cardiac and Respiratory Measurement during Sleep: A Systematic Review," *Sensors*, vol. 23, no. 11, 2023, doi: 10.3390/s23115038.
- [13] K. Saleem, I. S. Bajwa, N. Sarwar, W. Anwar, and A. Ashraf, "IoT Healthcare: Design of Smart and Cost-Effective Sleep Quality Monitoring System," *J. Sensors*, vol. 2020, 2020, doi: 10.1155/2020/8882378.
- [14] M. Al Zubi, "Measurement of Sound Pressure Levels in Anechoic Chamber and a Noisy Environment Experimentally," *Open J. Acoust.*, vol. 08, no. 02, pp. 13–22, 2018, doi: 10.4236/oja.2018.82002.
- [15] M. G. Smith, M. Cordoza, and M. Basner, "Environmental Noise and Effects on Sleep: An Update to the WHO Systematic Review and Meta-Analysis," *Environ. Health Perspect.*, vol. 130, no. 7, pp. 1–23, 2022, doi: 10.1289/EHP10197.
- [16] D. Halperin, "Environmental noise and sleep disturbances: A threat to health?," *Sleep Sci.*, vol. 7, no. 4, pp. 209–212, 2014, doi: 10.1016/j.slsci.2014.11.003.
- [17] F. R. Almeida, A. Brayner, J. P. C. Rodrigues, and J. E. Bessa Maia, "Improving multidimensional wireless sensor network lifetime using pearson correlation and fractal clustering," *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 6, pp. 1–24, 2017, doi: 10.3390/s17061317.