

Sistem kualitas tidur berbasis IoT dengan akurasi terhadap deteksi kebisingan

Ardius Eben Ezer Simanjuntak
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
ardiusenezer@student.telkomuniversi-
ty.ac.id

Roswan Latuconsina
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
roswan@telkomuniversity.ac.id

Ardiansyah Ramadhan
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
Ardiansyahramadhanar@telkomunivers-
ity.ac.id

Abstrak — Kualitas tidur yang buruk pada mahasiswa dapat menurunkan produktivitas pembelajaran serta memengaruhi kesehatan fisik dan mental. Penelitian ini bertujuan merancang sistem monitoring kualitas tidur berbasis teknologi untuk mahasiswa dengan mengintegrasikan sensor berupa (DS18B20) sebagai deteksi suhu, (MAX9814) sebagai deteksi suara, (BH1750) sebagai deteksi cahaya dan (PIR) sebagai deteksi gerakan. Pendekatan ini didasarkan terhadap metode evaluasi kualitas tidur menggunakan Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI), dimana penilaian kualitas tidur berdasarkan subjektif namun integrasi dengan teknologi sensor pada (IoT) dalam monitoring objektif secara terbatas. Metode ini melibatkan dengan analisis pada survei kebutuhan bagi pengguna melalui responsensi terkait masalah tidur. Evaluasi solusi berupa eksisting seperti perangkat non-wearable dan aplikasi seluler, sebagai pedoman dalam pengembangan produk monitoring kualitas tidur. Sistem dirancang untuk memantau parameter tidur yaitu suhu, kebisingan, cahaya, dan gerakan melalui sensor yang terhubung ke mikrokontroler. Data diproses menggunakan rancangan algoritma pendekatan pembelajaran mesin untuk klasifikasi data akurasi sensor terhadap data aktual dalam korelasi akurasi data yang diperoleh dari hasil monitoring pada sensor. Pengujian fungsional pada website dilakukan dengan whitebox dan blackbox testing, serta menunjukkan perhitungan pada metode (PSQI) dalam hasil kualitas tidur bagi responden terhadap akurasi sistem mencapai 90%. Sistem ini diharapkan menjadi solusi komprehensif untuk meningkatkan kesadaran dan kualitas tidur mahasiswa melalui pendekatan teknologi yang terjangkau, akurat, dan mudah digunakan.

Kata kunci— Kualitas tidur, IOT, PSQI, DS18B20, MAX9814, BH1750, PIR, whitebox, blackbox, mikrokontroler.

I. PENDAHULUAN

Sistem monitoring kualitas tidur menjadi permasalahan yang menarik dalam mengetahui kondisi fisik dan perilaku bagi aktivitas kalangan. Beberapa kaitan dalam faktor lingkungan menjadi tingkat masalah kesehatan bagi para anak muda khususnya mahasiswa, khususnya kebisingan, menjadi salah satu penyebab utama gangguan tidur yang sering diabaikan dalam lingkungan kampus maupun tempat tinggal para mahasiswa[1]. Kebisingan lingkungan dapat mengganggu terhadap 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 yang 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 kontiniu[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

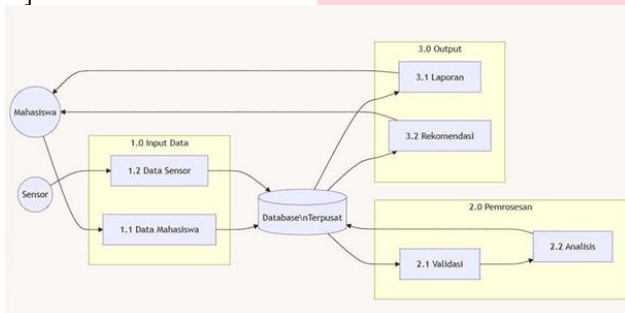
MAX9814 ialah sensor mikrofon dengan *Automatic Gain Control (AGC)* yang dirancang dalam model pendeteksian suara dengan kualitas tinggi. Prinsip yang mendasari pemantauan tidur melibatkan deteksi dan analisis sinyal fisiologis yang manifestasinya dapat diamati melalui sensor sekitar[10]. Dalam konteks 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

A. Analisis kebutuhan sistem

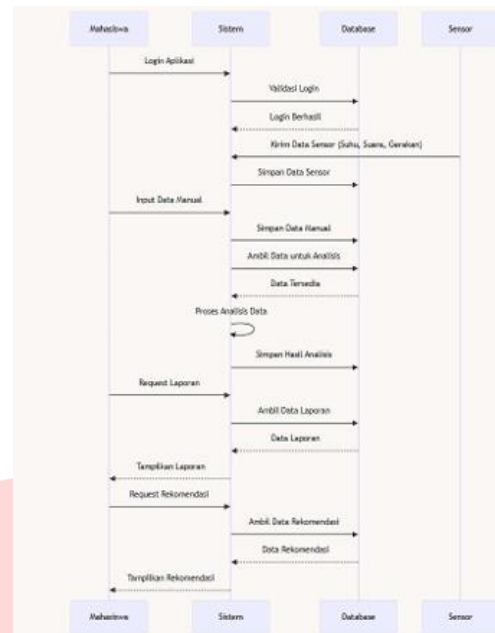
Desain dalam rancangan perangkat tersebut digunakan dalam penelitian. Berdasarkan gambaran rancangan arsitektur sistem yang dilakukan melalui prosedur dalam integrasi pada perangkat keras dan perangkat lunak. Sistem tersebut mengintegrasikan kedalam database secara terpusat dengan masing-masing entitas sebagai mahasiswa dan sensor. [10 pts].



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), dimana data terkumpul dalam database yang melakukan serangkaian proses validasi data untuk memastikan keakuratan dan kelengkapan informasi yang masuk. Sistem melanjutkan ke tahap analisis di mana 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**, dimana proses menggambarkan bagaimana alur dari intraksi antara empat actor utama yaitu mahasiswa, sistem atau aplikasi, database, dan sensor[12]. Proses akan dimulai dari ketika pengguna melakukan login ke sistem aplikasi, kemudian akan melakukan validasi login, dan setelah berhasil, data base 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 kedalam database.



Gambar 2 (Sequence diagram)

B. Identifikasi kebutuhan parameter

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.

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

Kebutuhan dalam pemakaian sensor ini tidak langsung dalam permasalahan kualitas tidur seseorang dengan beberapa artikel yang menunjukkan terhadap intensitas cahaya sebagai faktor mempengaruhi biologis para pengguna yang menilai dari efek kebisingan dari kebisingan dari penggunaan penyejuk ruangan saat malam hari yang mengganggu terhadap latensi tidur, durasi dan efisiensi selama tidur.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

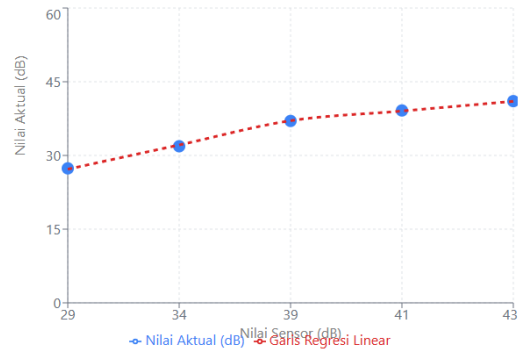
A. Pengujian fungsionalitas sensor

Fase terhadap hasil pengujian sensor dilakukan dalam data pengujian yang mengindikasikan terhadap performa karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan dengan membandingkan hasil nilai aktual yang telah ditetapkan untuk menghasilkan pendekatan secara pengukuran yang presisi dalam sesuai dalam pengujian klinis dalam tingkatan kualitas tidur[15]. Dalam Tabel 1 menyajikan 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 ketempat 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 Deep Sleep.	Pernapasan secara dalam	17.8 dB	Pass
6	Pengguna tidur dalam posisi keadaan REM Sleep.	Pernapasan secara tidak teratur	26.4 dB	Pass
7	Keadaan terjadi saat Dengkuran ringan.	Aktivitas snooring terdeteksi	41.7 dB	Pass
8	Keadaan terjadi saat Dengkuran 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 error[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 linear dengan tingkat akurasi hasil dari persamaan model tersebut[15]. Nilai error dijadikan dalam proses pengambilan solusi dari persamaan sebagai berikut:

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

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 invsaif.

V. KESIMPULAN

Sistem kualitas pemantauan tidur ini telah terintegrasi dengan penerapan konsep IoT yang diperluka 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.

Kebutuhan dari penelitian ini menunjukkan terhadap seberapa efisien spesifikasi perangkat pada sensor dengan mengetahui korelasi antara akurasi pada nilai tebaca oleh sensor, sebagai bukti pengujian yang empiris dengan pendekatan model yang sesuai untuk dirokemdasikan terhadap stabilitas serta kinerja akurasi pada data secara aktual, tidak kurang lebih dari hasil pengukuran yang sebenarnya secara linear.

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. Martinez 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.