

Analisis Kapasitas Short Message Service (SMS) Dan Probability Packet Loss Pada Sistem Peringatan Dini Nirkabel Di Tangki Fluida

(Analysis of Short Message Service (SMS) Capacity and Probability of Packet Loss in Free Early Warning Systems in Fluid Tanks)

Mona Arif Muda Batubara¹, Aris Aditama², Ardian Ulvan³, Melvi Melvi⁴

Universitas Lampung, Lampung, Indonesia^{1,2,3,4}

melvi@eng.unila.ac.id^{1,2,3,4}



Article History:

Diterima pada 5 Januari 2023

Revisi 1 pada 11 Januari 2023

Revisi 2 pada 22 Februari 2023

Revisi 3 pada 4 Februari 2023

Disetujui pada 16 Februari 2023

Abstract

Purpose: This study designs a wireless early warning system for fluid tanks and analyzes methods to reduce communication errors or delays, focusing on SMS traffic performance and Blocking Probability for reliable message delivery

Methodology/approach: The system was tested with ± 0.5 ml water droplets. SMS Blocking Probability and Packet Loss were analyzed based on subscriber numbers and BER, calculated using the Walfish-Ikegami model with 16-QAM and 64-QAM modulation at varying UE–BTS distances.

Results/findings: The system worked effectively during testing. SMS Blocking Probability increased with more subscribers, from 0.0093% at 8,448 subscribers to 0.1719% at 11,520 subscribers. Probability Packet Loss depended on BER and modulation type. At a 0.2 km distance, results were 2.55×10^{-14} (16-QAM $\frac{1}{2}$), 1.14×10^{-14} (16-QAM $\frac{3}{4}$), 3.05×10^{-9} (64-QAM $\frac{2}{3}$), and 2.94×10^{-9} (64-QAM $\frac{3}{4}$). 16-QAM had lower packet loss than 64-QAM due to its lower bit rate.

Conclusions: The designed system can deliver early warnings effectively, but high subscriber traffic may increase Blocking Probability. 16-QAM modulation offers better reliability.

Limitations: The study was limited to laboratory testing and fixed conditions, without large-scale network or environmental variations.

Contribution: This research proposes a practical wireless early warning system design and provides insights on SMS traffic performance, BER impact, and optimal modulation for reliable communication in fluid tank monitoring.

Keywords: *Early Warning System, Blocking Probability SMS, Probability Packet Loss, Probability BER.*

How to Cite: Batubara, M.A.M., Aditama, A., Ulvan, A., Melvi, M. (2023). Analisis Kapasitas Short Message Service (SMS) dan Probability Packet Loss pada Sistem Peringatan Dini Nirkabel di Tangki Fluida. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(1), 39-54.

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Fluida atau cairan adalah zat yang selalu ada di sekitar kita. Air, minyak, dan zat-zat cair lainnya adalah kebutuhan dasar manusia untuk kehidupan sehari-hari (Nakamura et al., 2020). Sesuai dengan karakteristik zat cair, maka fluida memerlukan sebuah wadah untuk menampungnya. Salah satunya

adalah wadah tangki yang banyak digunakan pada industri, perkantoran, perhotelan, perumahan dan lain-lain, yang digunakan untuk menampung air, minyak, dan fluida lainnya (Hernandez-Hernandez, Larkin, Chouw, & Banide, 2020). Tangki fluida tersedia dalam berbagai jenis ukuran, yang disesuaikan dengan kebutuhan. Sebagian besar tangki fluida dibangun dari bahan logam, plastik, atau beton (Lee & Lee, 2021). Permasalahan utama yang terdapat pada tangki fluida ini adalah jika tangki fluida ini bocor, khususnya jika bocoran kecil yang menyebabkan rembesan, maka akan sulit sekali untuk mengetahui sumber rembesan dan sumber kebocoran tadi (Li, Chen, Huang, Xu, & Zhang, 2022). Masalah kebocoran sering sekali menjadi besar atau bahkan dapat berubah menjadi bencana, bila kebocoran yang terjadi tidak cepat diketahui dan ditangani dengan semestinya (He et al., 2020). Penelitian tugas akhir ini fokus pada pengembangan sistem peringatan dini nirkabel pada tangki fluida. Selain itu juga dikaji bagaimana menanggulangi kesalahan komunikasi atau keterlambatan informasi yang diterima oleh operator dengan cara menganalisis trafik dan *blocking probability* SMS (*Short Message Service*) (Daadoo & Daraghmi, 2017; Gucor & Perin, 2022). Dengan demikian setiap masalah kebocoran pada sebuah tangki fluida dapat dideteksi lebih awal, dan operator yang bertanggung jawab dapat mengetahui, memperoleh informasi dengan cepat dan dapat mengambil langkah-langkah yang perlu untuk mencegah meluasnya kerusakan (Farah & Shahrour, 2024; Rahman, Islam, & Islam, 2025).

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

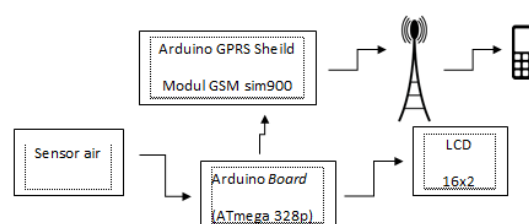
1. Merancang dan membuat sistem pendeteksi kebocoran dan sistem peringatan dini nirkabel terpadu berbasis mikrokontroler dan perangkat modul *Global for Mobile* (GSM),
2. Menganalisis *blocking probability* dan *probability of packet loss* pada trafik SMS pada saat downlink.

2. Tinjauan Pustaka dan Pengembangan Hipotesis

2.1 Kajian Pustaka

Peneliti Melvi, Nurhayati, Batubara, Septama, and Ulvan (2023), membahas tentang Perancangan Alat Pengukuran Level Air Melalui SMS Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 16. Mardiono, Nanra, and Rican (2023) membahas tentang Sistem Pengontrolan Tangki Air Menggunakan Sensor Magnetik Via Gelombang Radio. Penelitian Melvi, Ulvan, Sidiq, and Batubara (2023), membahas tentang Monitoring Volume BBM Solar Dalam Tangki Pendam Melalui SMS Dengan Menggunakan Sensor Ultrasonik Sebagai Pendeteksi.

Dari kajian diatas terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini dapat diketahui bahwa permasalahan utama adalah tidak adanya sistem pendeteksian kebocoran skala kecil yang dapat memberikan informasi kebocoran secara dini (Sunanda, 2022). Dari kekurangan yang telah diidentifikasi, maka penelitian tugas akhir ini fokus pada pengembangan sistem pendeteksian yang dapat mengetahui kebocoran secara dini dengan menggunakan sensor fluida (Pajares, 2015). Sistem kontrol yang dibangun menggunakan *board arduino uno* yang berbasis pada mikrokontroler ATmega 328P, yang terintegrasi dengan sistem peringatan dini yang berbasis pada *Arduino GPRS Shield V.2.0* dengan module GSM sim900 yang tertanam yang mana fungsi utama adalah untuk mengirim SMS ke operator yang bertanggung jawab dalam monitoring tangki (Leekongxue, Li, & Page, 2020). Selain itu juga dilakukan analisis trafik SMS pada saat keadaan *downlink*. Sehingga dapat diketahui berapa besar persentase SMS yang dikirimkan akan tertunda (Tomar, Asnani, Karandikar, & Kapadia, 2010). Gambar 2.1 memperlihatkan diagram blok sistem yang dikembangkan.



Gambar 2.1 Blok Diagram Sistem

Mekanisme kerja alat pendeteksi kebocoran ini jika cairan fluida yang jatuh (menetes) mengenai sensor, maka sensor fluida akan mengirimkan sinyal input ke arduino uno yang selanjutnya akan diolah oleh mikrokontroler ATmega 328P(Kumar, Velmurugan, & Balakrishnan, 2020). Modul arduino ini kemudian akan memberi perintah module sim900 yang tertanam pada arduino *GPRS shield* untuk melakukan pengiriman SMS (*short message service*) menggunakan *ATcommand* ke nomor-nomor telepon seluler yang telah ditentukan. Informasi kebocoran juga akan ditampilkan pada layar display LCD (*liquid crystal display*)(Shahewaz & Prasad, 2020).

2.2 Arduino Uno

Arduino memiliki kelebihan tersendiri dibanding *board* mikrokontroler yang lain selain bersifat *open source*, arduino juga mempunyai bahasa pemrogramannya sendiri yang berupa bahasa C (Ibraheem & Ahmad, 2024).



Gambar 2.2 Arduino Uno

Selain itu dalam *board* arduino sendiri sudah terdapat *loader* yang berupa USB sehingga memudahkan kita ketika memprogram mikrokontroler di dalam Arduino (Utomo, Azizah, & Pangestu, 2022).

2.3 Arduino GPRS Sheild Sim900 V.2.0

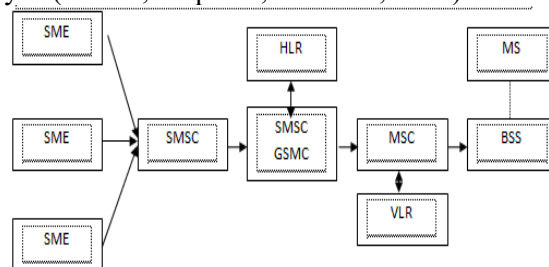
Arduino GPRS *Sheild* adalah Arduino yang menghubungkan Arduino dengan jaringan GSM/GPRS (Zaghloul, 2014). Arduino ini dapat menghubungi nomor telepon atau mengirim pesan teks ke teman atau ke *hand phone* melalui perintah AT commands. Arduino GPRS *Sheild* V.2.0 memiliki *Quad-band* 850/900/1900 MHz yang berdaya rendah. Pada Arduino ini menggunakan modul SIM900 (Gorawar, Balikai, & Khatawate, 2020). Arduino GPRS *Sheild* yang diperlihatkan pada Gambar 2.3 kompatibel dengan standar Arduino yang ada. Antarmuka yang bias dipilih adalah hardware port dan port serial software.



Gambar 2.3 Modul SIM900 GSM

2.4 Short Message service (SMS)

Layanan pesan singkat *Short Message Service* disingkat SMS adalah sebuah layanan yang digunakan oleh telepon genggam untuk mengirim atau menerima pesan-pesan pendek. Sebuah pesan SMS maksimal terdiri dari 140 bytes(Brown, Shipman, & Vetter, 2008).



Gambar 2.4 Elemen-elemen pada jaringan operator

Pada Gambar 2.5 *Short Message Service Center* (SMSC) bertugas untuk menerima dan meneruskan pesan dari dan ke telepon seluler. SMSC dibangun oleh beberapa *Short Message Entity* (SME) yang dapat diletakkan dalam sebuah jaringan atau telepon seluler (Poort, Adriaanse, & Kuijt, 2005). *Mobile Switching Center* (MSC) bertugas mengendalikan koneksi antara telepon seluler dengan jaringan operator seluler. *Gateway Mobile Switching Center* (GMSC) adalah sebuah gerbang MSC yang juga dapat menerima pesan berupa sebuah sistem kontak yang berhubungan dengan jaringan lain (Babu Bollini, Muniratnam Naidu, & Rao Nuka, 2016). Dalam menerima pesan dari SMSC, GMSC menggunakan jaringan SS7 (*Signaling System 7*) dalam sistem *Home Location Register* (HLR). HLR adalah *database* utama dalam sebuah jaringan operator seluler (Nisya, Wulansari, & Wartariyus, 2023). Sistem ini memegang kendali atas informasi nomor-nomor telepon seluler dan juga tentang alur informasi dari setiap nomor telepon seluler, misalnya informasi atas wilayah jangkauan (de Carvalho Macedo & Campista, 2023). *Visitor Location Register* (VLR) berkorespondensi terhadap setiap MSC. VLR berisi informasi tentang identitas telepon seluler (Rao, 2012). Dengan bantuan VLR, MSC dapat meneruskan informasi pesan pendek kepada *Base Station System* (BSS), dimana kemudian BSS akan meneruskan ketelepon seluler penerima (Druschel, Abbott, Pagels, & Peterson, 2002).

2.5 Blocking Probability SMS

Memodelkan saluran SDCCH sebagai

M/G/s antrian dengan jenis pelanggan tunggal. Kedatangan tingkat trafik ini yang menggunakan saluran SDCCH yang diberikan oleh:

$$\lambda_c = \lambda_{sms} + \lambda_l + \lambda_v. \quad (2.5)$$

Dimana:

λ_c adalah rata-rata kedatangan dari jumlah trafik yang menggunakan kanal SDCCH

λ_{sms} adalah *arrival rate for SMS message*.

λ_l adalah *arrival rate for location update*.

λ_v adalah *arrival rate for voice call setup*.

Waktu pelayanan untuk pesan SMS tunggal adalah μ_{sms}^{-1} , dan pembaruan lokasi serta pengaturan panggilan pesan suara adalah μ_l^{-1} dan μ_v^{-1} .

Waktu pelayanan yang diharapkan tanpa syarat dari kedatangan pesan ini kemudian dinyatakan oleh

$$\mu_c^{-1} = \frac{\lambda_{sms}}{\lambda_c} \times \mu^{-1} + \frac{\lambda_l}{\lambda_c} \times \mu_l^{-1} + \frac{\lambda_v}{\lambda_c} \times \mu_v^{-1}. \quad (2.6)$$

Blocking Probability untuk sistem M/G/s, dilambangkan oleh $B(s, a)$, dimana

$$a = \lambda_c / \mu_c \quad (2.7)$$

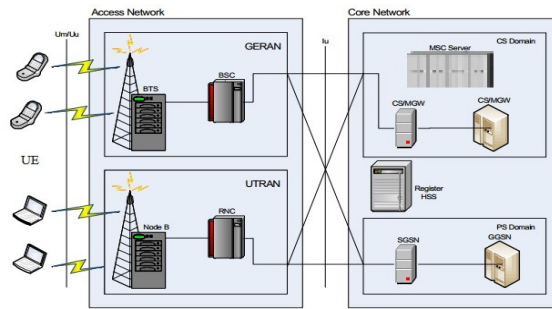
yang kemudian diberikan oleh

$$B(s, a) = \frac{a^s / s!}{\sum_{k=0}^s a^k / k!} \quad (2.8)$$

Karena semua tiga aliran kerja diasumsikan *Poisson*, *blocking probability* B untuk masing-masing sama dan sebanding dengan (s, a) .

2.6 High Speed Downlink Packet Access (HSDPA)

High Speed Downlink Packet Access (HSDPA) adalah suatu teknologi dalam system telekomunikasi yang dikeluarkan oleh 3GPP dan merupakan teknologi 3,5G. HSDPA mempunyai layanan berbasis paket data di WCDMA downlink dengan data rate mencapai 14,4 Mbps dan *bandwidth* 5 MHz pada WCDMA downlink pada jenis layanan *streaming*, dimana layanan data ini lebih banyak pada arah downlink daripada uplink (Derksen, Jansen, Maijala, & Westerberg, 2008).



Gambar 2.5 Skema Struktur Jaringan HSDPA

Keterangan Elemen pada struktur jaringan HSDPA sebagai berikut:

1. UE (*unit Equipment*) merupakan perangkat atau terminal pada sisi pelanggan yang berupa headset untuk mengirim dan menerima informasi.
2. RNC (*Radio Network Controller*) di GSM disebut BSC : bertanggung jawab untuk mengontrol sumber radio dalam jaringan (satu atau lebih
3. Node B terhubung ke RNC). Suatu RNC yang dengan beberapa Node B membentuk *Radio Network Subsystem* (RNS).
4. *Core Network*, terdiri dari dua bagian yaitu SGSN dan GGSN dengan penjelasan sebagai berikut :
 - a. *Serving GPRS Support Node* (SGSN) berfungsi sama halnya seperti MSC/VLR tetapi secara khusus digunakan untuk pelayanan *Packet Switched* (PS)
 - b. *Gateway GPRS Support Node* (GGSN) berfungsi sama halnya seperti GMSC tetapi berhubungan dengan pelayanan-pelayanan *Packet Switched* (PS)

2.6.1 Signal to Noise Ratio

Signal to Noise merupakan perbandingan antara daya yang diterima oleh penerima terhadap noise yang timbul pada saat proses propagasi.

$$SNR = Pr - N_0 \quad (2.9)$$

Dengan

SNR : *signal to noise ratio*

Pr : daya yang diterima oleh penerima (dBm)

N_0 : daya noise pada saluran transmisi (dBm)

Dengan rumus mencari Pr adalah

$$Pr = Pt + Gt - Gr - PL - Gkt - Gkr \quad (2.10)$$

Pt : Level Daya pancar (dBm)

Gt : *Gain antenna* (dBi)

Gr : *Gain antenna* UE (dBi)

PL : Pathloss (dB)

Gkt : redaman kabel sisi BS (dB)

Gkr : redaman kabel sisi UE (dB)

Rumus mencari pathloss menurut model propagasi *Walfish-Ikegami*

$$PL = 42,6 + 26 \log d + 20 \log f \quad (2.11)$$

d : jarak antara *transmitter* BS dengan *receiver* UE (KM)

f : frekuensi kerja (Hz)

Tabel 2.1. Parameter Perhitungan daya terima

Parameter	Value
Operation Frequency	1800 MHz

Duplex	FDD
Bandwidth	5 MHz
Modulation Technique	16-QAM, 64-QAM
BS Height	50 meter
MS Height	1 meter
BS max Power Amplifier Power	46 dBm
Mobile Terminal Power Amplifier Power	23 dBm
BS antenna Gain	18 dBi
MS antenna Gain	0 dBi

2.7 Bit Error Rate

Bit Error Rate atau yang disebut juga probabilitas bit salah adalah peluang besarnya bit salah yang mungkin terjadi selama proses pengiriman data.

Probabilitas bit salah ini dipengaruhi oleh jenis modulasi, bit rate pada modulasi yang digunakan, dan *Energy Bit To Noise Ratio* (E_b/N_0) pada sistem.

1. Bit rate

Bit rate pada modulasi adalah kecepatan pengirim informasi melalui media transmisi.

$$R = 2B \times \log_2 n \quad (2.12)$$

Dengan;

n : banyaknya bit pada suatu jenis modulasi

B : *bandwidth* ja ringan yang dipergunakan (Hz)

R : *bit rate* (bps)

2. Energy Bit to Noise Ratio

Energy Bit to Noise Ratio adalah perbandingan energy sinyal per bit terhadap noise.

$$\frac{E_b}{N_0} = SNR - 10 \log \frac{B}{R} \quad (2.13)$$

Jadi nilai dari probabilitas bit salah dapat diperoleh dari perhitungan yang dilakukan berdasarkan modulasi sinyal yang digunakan.

3. Modulasi 16QAM

Pada QAM amplitudo dan fasa sinyal *carrier* berubah terhadap perubahan amplitudo sinyal informasi. Pada modulasi ini terdapat 4 bit tiap simbolnya.

$$P_{b,M-QAM} = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M} \log_2(M)} \times \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3 \log_2(M)}{2(M-1)}} \times \frac{E_b}{N_0} \right) \quad (2.14)$$

Dengan:

$P_{b,M-QAM}$: probabilitas bit salah pada modulasi QAM

M : jumlah sinyal, untuk modulasi 16-QAM nilai $M = 2^4 = 16$

4. Modulasi 64 QAM

Pada modulasi ini terdapat 6 bit tiap simbolnya

$$P_{b,M-QAM} = \frac{2(\sqrt{M}-1)}{\sqrt{M} \log_2(M)} \times \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3 \log_2(M)}{2(M-1)}} \times \frac{E_b}{N_0} \right) \quad (2.15)$$

$P_{b,M-QAM}$: probabilitas bit salah pada modulasi QAM

M : jumlah sinyal untuk modulasi 64 QAM nilai $M = 2^6 = 64$ [10].

5. Probabilitas Packet loss pada Node – Node HSDPA

Probabilitas packet loss pada RAN (nodeN dan RNC), *core network* (SGSN dan GGSN) serta pada BMSC dapat dihitung dari probabilitas *Bit Error Rate* (BER) di jaringan tersebut dengan persamaan berikut

$$\rho_{node} = (l + l') \rho_b \quad (2.16)$$

Dengan

l = panjang paket data (bit)

l' = panjang header (bit)

ρ_b = *Bit Error rate* (BER) [11].

2.2 Tabel Standar *Packet Loss*

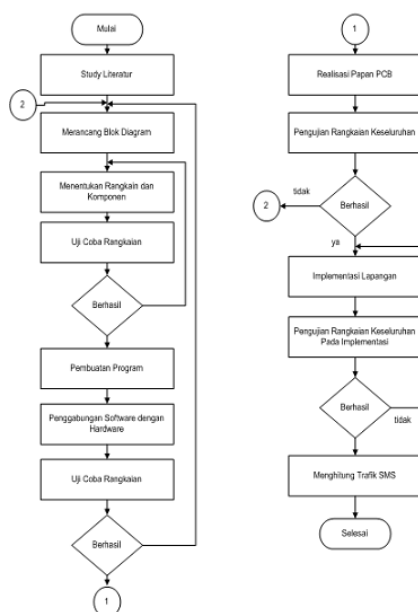
Packet Loss(%)	Kualitas
$0 \leq \rho < 3$	Sangat Baik
$3 \leq \rho < 15$	Baik
$15 \leq \rho \leq 25$	Sedang
$\rho > 25$	Buruk

Berdasarkan TIPHON

(*Telecommunications and Internet Protocol Harmonization Over Networks*)

3. Metodologi Penelitian

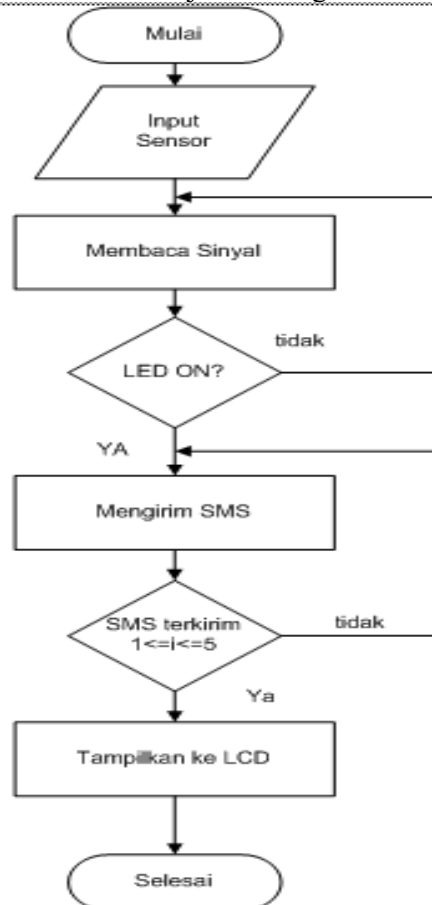
3.1 Diagram Alir Proses Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian

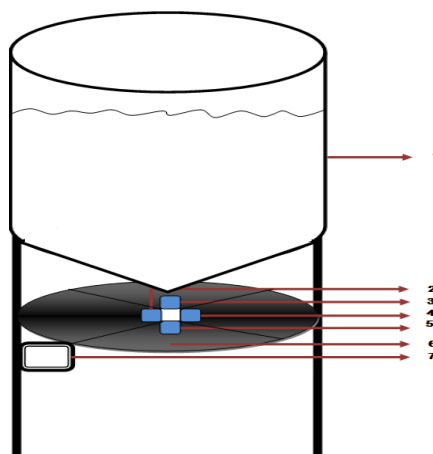
3.2 Diagram Alir Sistem

Diagram alir di bawah merupakan urutan kerja sistem yang ditanamkan pada alat pendeteksi kebocoran tangki air. Ketika sistem dihidupkan, maka mikrokontroler ATmega 328P pada Board Arduino Uno akan melakukan inisialisasi perintah yang akan dijalankan. Kemudian, mikrokontroler akan menampilkannya ke LCD 16x2. Setelah itu, mikrokontroler menunggu perintah selanjutnya, yaitu berupa sinyal input yang dipicu oleh sensor yang aktif saat mengenai sensor. Dimana indikatornya dapat dilihat dengan hidupnya LED, lalu perintah akan berlanjut ke Arduino GPRS Sheild yang melakukan pengiriman SMS. Gambar 3.2 menunjukkan diagram alir sistem yang telah dibuat.



Gambar 3.2. Diagram Alir Sistem SMS

3.3 Rancangan Sistem Peringatan Dini



Gambar 3.3. Sistem Peringatan Dini

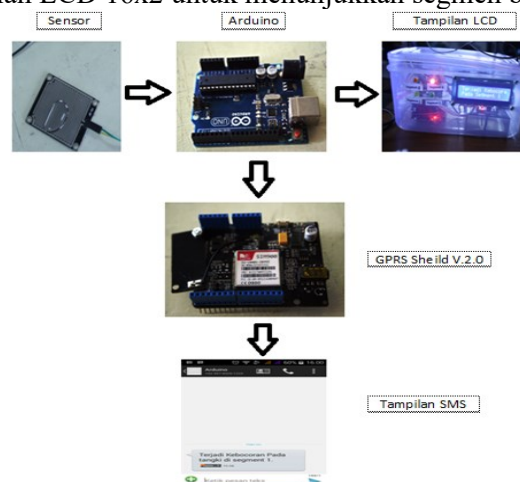
Keterangan :

1. Tangki air
2. Sensor 1
3. Sensor 2
4. Sensor 3
5. Sensor 4
6. Piringan
7. Mainboard

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Prinsip Kerja

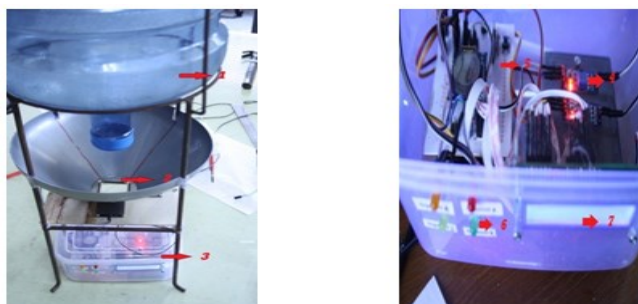
Rancangan tugas akhir ini adalah membuat sistem pendeteksi kebocoran dan sistem peringatan dini nirkabel pada tangki fluida. Rancangan ini terdapat empat sensor yang diletak dibawah tangki yang terbagi menjadi empat segmen. Dimana empat sensor memiliki led indikator yang berbeda. Dimana keadaan sensor sebelum panel sensor terkena tetesan air adalah LOW. Setelah panel sensor terkena tetesan maka sensor akan HIGH yang ditandai dengan menyalnya led indikator dan mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler ATmega 328P yang terdapat pada board Arduino uno. Sinyal yang masuk merupakan sinyal analog. Sinyal analog yang masuk kemikrokontroler akan diubah menjadi sinyal digital dengan bantuan ADC yang berada dalam mikrokontroler. Kemudian dengan bahasa Assambler mikrokontroler mengolah sinyal masukkan sebagai indikator untuk melakukan pengiriman SMS menggunakan modul SIM900 yang tertanam pada board Arduino *GPRS shield* dengan menggunakan *AT command* ke nomor telepon seluler yang telah ditentukan. Mikrokontroler juga mengubah sinyal input kedalam sebuah tampilan LCD 16x2 untuk menunjukkan segmen berapa yang terjadi kebocoran.



Gambar 4.1 Blok Diagram Sistem Pendeteksi Kebocoran

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk mengetahui apakah keseluruhan sistem sudah berjalan sesuai dengan fungsinya. Pengujian sistem menggunakan sensor FC 37 sebagai sensor fluida (yang termasuk elektrolit atau dapat menghantarkan arus listrik). Ketika panel sensor terkena tetesan cairan fluida (air) dengan minimal volume air 0.5 ml, maka sensor akan memberikan sinyal kepada mikrokontroler yang ditandai dengan menyalnya led indikator pada regulator sensor. Mikrokontroler akan mengeksekusi sinyal yang masuk dan menjadikan sebuah perintah kepada modul sim900 untuk mengirimkan SMS berupa informasi telah terjadi kebocoran pada segment tertentu dan informasi yang dikirimkan dan ditampilkan di LCD. Realisasi tool pendeteksi kebocoran tangki seperti gambar 4.2



Gambar 9. Realisasi Tool Pendeteksi Kebocoran Data Informasi Yang Ditampilkan Pada LCD

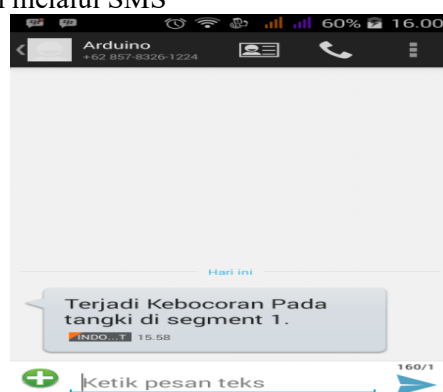
Keterangan Gambar:

1. Tangki
2. Sensor
3. Box modul
4. Regulator sensor
5. Shield Arduino
6. LED indicator
7. LCD 16x2



Gambar 4.3 Informasi Kebocoran tangka

Data informasi yang dikirimkan melalui SMS



Gambar 4.4 Informasi yang dikirimkan

4.2 Blocking Probability

4.2.1 Perhitungan Pelanggan

Jumlah pelanggan SMS dihitung berdasarkan konfigurasi standard BTS yang digunakan yaitu 3 sector.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan Pelanggan SMS

N o	Jumla h BTS/ Cell	Sect or 1	Sect or 2	Sect or 3	Juml ah pelan ggan	Juml ah SMS / hari
1	64	3	3	3	4224	8448

2	64	3	3	4	4736	9472
3	64	3	4	4	5248	10496
4	64	4	4	4	5760	11520

Dari Tabel 4.2 dapat terlihat bahwa dengan konfigurasi BTS 3x3x3 dapat melayani 4224 pelanggan, 3x3x4 dapat melayani 4736 pelanggan, 3x4x4 dapat melayani 5248 dan 4x4x4 dapat melayani 5760. Dimana diasumsikan setiap pelanggan minimal mengirimkan minimal 2 SMS perhari.

4.2.2 Perhitungan Sebaran SMS

Parameter yang digunakan adalah jumlah pelanggan, durasi SMS dan jumlah BTS/Cell yang digunakan.

Tabel 4.2. Hasil Perhitungan Sebaran SMS

No	Jumlah SMS	Jumlah BTS (cell)	Durasi SMS (detik)	λ_{sms} (Message / cell second)
1	8448	64	86400	0.001528
2	9472	64	86400	0.001713
3	10496	64	86400	0.001898
4	11520	64	86400	0.002083

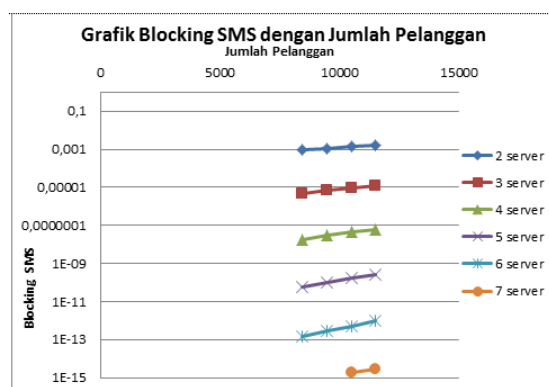
4.2.3 Perhitungan Blocking Probability SMS

Perhitungan Blocking Probability SMS menggunakan varian server yang digunakan.

Tabel 4.3. Hasil perhitungan Blocking Probability SMS

No	Jumlah Server	α	B	B_{message}
1	2	0.01537	0.000116	0.000093
2	2	0.01723	0.000146	0.001167
3	2	0.01909	0.000179	0.00143
4	2	0.02096	0.000215	0.001719
No	Jumlah Server	α	B	B_{message}
1	3	0.01537	5.96×10^{-7}	4.77×10^{-6}
2	3	0.01723	8.38×10^{-7}	6.71×10^{-6}
3	3	0.01909	1.14×10^{-6}	9.11×10^{-6}
4	3	0.02096	1.5×10^{-6}	1.2×10^{-5}
No	Jumlah Server	α	B	B_{message}
1	4	0.01537	2.29×10^{-9}	1.83×10^{-8}
2	4	0.01723	3.61×10^{-9}	2.89×10^{-8}
3	4	0.01909	5.44×10^{-9}	4.35×10^{-8}
4	4	0.02096	7.87×10^{-9}	6.3×10^{-8}
No	Jumlah Server	α	B	B_{message}

1	5	0.01537	7.04×10^{-12}	5.63×10^{-11}
2	5	0.01723	1.24×10^{-11}	9.96×10^{-11}
3	5	0.01909	2.08×10^{-11}	1.66×10^{-10}
4	5	0.02096	3.3×10^{-11}	2.64×10^{-10}
No	Jumlah Server	α	B	$B_{message}$
1	6	0.01537	1.8×10^{-14}	1.44×10^{-13}
2	6	0.01723	3.57×10^{-14}	2.86×10^{-13}
3	6	0.01909	6.61×10^{-14}	5.28×10^{-13}
4	6	0.02096	3.3×10^{-13}	9.22×10^{-13}
No	Jumlah Server	α	B	$B_{message}$
1	7	0.01537	3.96×10^{-17}	0
2	7	0.01723	8.8×10^{-17}	0
3	7	0.01909	1.8×10^{-16}	1.78×10^{-15}
4	7	0.02096	3.45×10^{-16}	2.66×10^{-15}



Gambar 4.5 Grafik Blocking SMS dengan Jumlah Pelanggan

Didapatkan hasil blocking SMS dengan diubah jumlah server yang dipakai. Jumlah server yang diasumsikan adalah 2, 3, 4, 5, 6, dan 7. Pada jumlah server 7 dengan jumlah pelanggan 8448 dan 9472 blocking SMS nya adalah 0, maksudnya bahwa SMS yang dikirimkan terkirim tanpa ada SMS yang menunggu atau terblokir namun pada jumlah pelanggan 10496 dan 11520 masih ada SMS yang akan terblokir dengan pesentasi yang sangat kecil. Semakin banyak jumlah server yang digunakan maka kesempatan SMS yang terblokir akan semakin kecil bahkan SMS yang akan dikirimkan akan terkirim semua.

4.3 Perhitungan Probability Packet Loss

4.3.1 Perhitungan Probability BER

Perhitungan Probability BER ini berdasarkan modulasi yang digunakan yaitu 16-QAM dan 64-QAM.

Tabel 4.4 Hasil Perhitungan Probability BER

Probabilitas BER			
16 – QAM $\frac{1}{2}$	16 – QAM $\frac{3}{4}$	64 – QAM $\frac{2}{3}$	64 – QAM $\frac{3}{4}$

$4,58 \times 10^{-7}$	$2,06 \times 10^{-7}$	$5,47 \times 10^{-2}$	$5,28 \times 10^{-2}$
$1,24 \times 10^{-5}$	$6,12 \times 10^{-6}$	$9,21 \times 10^{-2}$	$8,91 \times 10^{-2}$
$6,99 \times 10^{-5}$	$3,65 \times 10^{-5}$	0,122	0,118
$2,18 \times 10^{-4}$	$1,19 \times 10^{-4}$	0,147	0,143
$5,03 \times 10^{-4}$	$2,82 \times 10^{-4}$	0,169	0,165
$9,63 \times 10^{-4}$	$5,54 \times 10^{-4}$	0,190	0,184
$1,63 \times 10^{-3}$	$9,57 \times 10^{-4}$	0,208	0,203
$2,53 \times 10^{-3}$	$1,51 \times 10^{-3}$	0,225	0,219
$3,68 \times 10^{-3}$	$2,23 \times 10^{-3}$	0,241	0,235
$5,09 \times 10^{-3}$	$3,14 \times 10^{-3}$	0,256	0,249

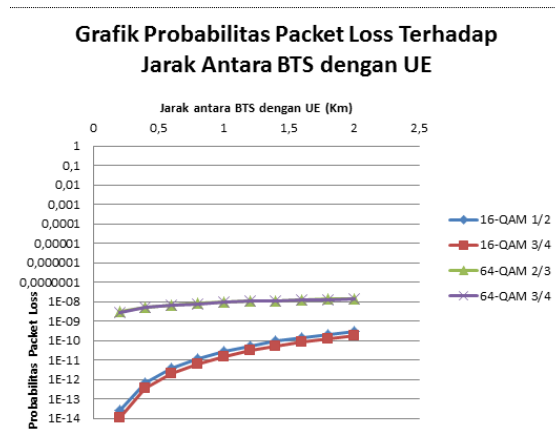
Pada Tabel 4.13 dapat dilihat bahwa dengan menggunakan modulasi 16 QAM probability *Packet Loss* lebih kecil dibandingkan dengan modulasi 64 QAM, dikarenakan semakin besar bit yang digunakan maka semakin besar juga kemungkinan terjadi error. Modulasi 16 QAM menggunakan 4 bit sedangkan 64 QAM menggunakan 6 bit.

4.3.2 Perhitungan Probability Packet Loss Node-Node HSDPA

Dalam perhitungan Probabilitas *Packet Loss* pada Node-Node HSDPA menggunakan Probabilitas BER, panjang paket data (bit) dan panjang header (bit). Dimana penjumlahan paket data (bit) dan panjang header (bit) tetap atau konstan yaitu 557 bit.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Probability Packet Loss Node-Node HSDPA

16 – QAM $\frac{1}{2}$	16 – QAM $\frac{3}{4}$	64 – QAM $\frac{2}{3}$	64 – QAM $\frac{3}{4}$
$2,55 \times 10^{-14}$	$1,14 \times 10^{-14}$	$3,05 \times 10^{-9}$	$2,94 \times 10^{-9}$
$6,89 \times 10^{-13}$	$3,41 \times 10^{-13}$	$5,13 \times 10^{-9}$	$4,96 \times 10^{-9}$
$3,89 \times 10^{-12}$	$2,03 \times 10^{-12}$	$6,79 \times 10^{-9}$	$6,59 \times 10^{-9}$
$1,22 \times 10^{-11}$	$6,62 \times 10^{-12}$	$8,22 \times 10^{-9}$	$7,98 \times 10^{-9}$
$2,80 \times 10^{-11}$	$1,52 \times 10^{-12}$	$9,47 \times 10^{-9}$	$9,20 \times 10^{-9}$
$5,36 \times 10^{-11}$	$3,08 \times 10^{-12}$	$1,06 \times 10^{-8}$	$1,03 \times 10^{-8}$
$9,08 \times 10^{-11}$	$5,33 \times 10^{-12}$	$1,16 \times 10^{-8}$	$1,13 \times 10^{-8}$
$1,41 \times 10^{-10}$	$8,42 \times 10^{-12}$	$1,25 \times 10^{-8}$	$1,22 \times 10^{-8}$
$2,05 \times 10^{-10}$	$1,24 \times 10^{-10}$	$1,34 \times 10^{-8}$	$1,31 \times 10^{-8}$
$2,84 \times 10^{-10}$	$1,75 \times 10^{-10}$	$1,42 \times 10^{-8}$	$1,739 \times 10^{-8}$



Gambar 4.10 Grafik *Probability Packet Loss* terhadap Jarak antara BTS dengan UE

Dari hasil perhitungan *Packet Loss* berdasarkan modulasi yang digunakan yaitu 16 – QAM dan 64 – QAM dengan dibandingkan jarak antara Base Station dengan UE. Dimana jarak antara Base station dengan UE 0,2 KM menghasilkan *Packet Loss* sebesar $2,55 \times 10^{-14}$ pada 16 – QAM $\frac{1}{2}$, $1,14 \times 10^{-14}$ pada 16 – QAM $\frac{3}{4}$, $3,05 \times 10^{-9}$ pada 64 – QAM $\frac{2}{3}$ dan $2,94 \times 10^{-9}$ pada 64 – QAM $\frac{3}{4}$, sehingga dapat dilihat semakin jarak antara base station dengan UE semakin jauh maka nilai *Packet Loss* akan semakin besar juga, karena disebabkan oleh menurunnya nilai SNR. Pada penggunaan modulasi 64-QAM nilai *Packet Loss* lebih besar daripada menggunakan modulasi 16-QAM, dikarenakan bit yang dipakai modulasi 64-QAM lebih besar daripada bit yang digunakan pada modulasi 16-QAM yaitu 6 bit (64-QAM) dan 4 bit (16-QAM).

5. Kesimpulan

Berdasarkan Analisis dan pembahasan dapat diambil beberapa simpulan sebagai berikut :

1. Sistem pendeteksi kebocoran ini berjalan dengan baik dan bekerja pada volume tetesan air sebesar $\pm 0,5$ ml.
2. kelemahan sistem yang dibuat ini yaitu: jika panel sensor masih ada genang air, mikrokontroler akan memerintah modul sim900 untuk mengirimkan SMS terus menerus karena dianggap sensor memberikan input terus menerus
3. Blocking Probability SMS pada GSM sangat dipengaruhi oleh jumlah BTS dan jumlah SMSC. Pada jumlah pelanggan 8448 blocking probability nya 0.000093 sedangkan ketika jumlah pelanggannya semakin banyak yaitu 1152 blocking probability nya 0.001719
4. Berdasarkan standar *Packet Loss* yang dikeluarkan TIPHON *Probability Packet Loss* yang didapatkan berdasarkan perhitungan dibawah 3% sehingga bisa dikatakan *Probability Packet Loss* nya sangat baik yaitu $2,84 \times 10^{-8} \%$ pada 16-QAM $\frac{1}{2}$; $1,75 \times 10^{-8} \%$ pada 16-QAM $\frac{3}{4}$; $1,42 \times 10^{-6} \%$ pada 64-QAM $\frac{2}{3}$ dan $1,739 \times 10^{-6} \%$ pada 64-QAM $\frac{3}{4}$.

5.1 Saran

Saran dari penelitian ini adalah:

1. Bagaiman membatasi SMS yang dikirimkan oleh modul sim900 dengan cara mencari program yang cocok.
2. Sebaik dalam menghitung *Probability Packet Loss* menggunakan *Pathloss* NLOS juga sebagai perbandingan.

Referensi

- Babu Bollini, D., Muniratnam Naidu, M., & Rao Nuka, M. (2016). Measurement of mobile switching centres throughput in GSM network integrating sliding window algorithm with a single server finite queuing model. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2016(1), 2061347. doi:<https://doi.org/10.1155/2016/2061347>
- Brown, J., Shipman, W., & Vetter, R. (2008). SMS: The short message service. *Computer*, 40, 106-110. doi:10.1109/MC.2007.440

- Daadoo, M., & Daraghmi, Y.-A. (2017). Smart Water Leakage Detection Using Wireless Sensor Networks (SWLD). 2017, 1-16. doi:[10.5923/j.ijnc.20170701.01](https://doi.org/10.5923/j.ijnc.20170701.01)
- de Carvalho Macedo, L. O. H., & Campista, M. E. M. (2023). Attacks to mobile networks using SS7 vulnerabilities: a real traffic analysis. *Telecommunication Systems*, 83(3), 253-265. doi:[10.1007/s11235-023-01018-0](https://doi.org/10.1007/s11235-023-01018-0)
- Derksen, J., Jansen, R., Maijala, M., & Westerberg, E. (2008). HSDPA performance and evolution. 83.
- Druschel, P., Abbott, M. B., Pagels, M. A., & Peterson, L. L. (2002). Network subsystem design. *IEEE network*, 7(4), 8-17. doi:<https://doi.org/10.1109/65.224051>
- Farah, E., & Shahrour, I. (2024). Water Leak Detection: A Comprehensive Review of Methods, Challenges, and Future Directions. *Water*, 16, 2975. doi:[10.3390/w16202975](https://doi.org/10.3390/w16202975)
- Gorawar, M. B., Balikai, V. G., & Khatawate, V. H. (2020). *Remote Data Acquisition System*. Paper presented at the Proceedings of International Conference on Intelligent Manufacturing and Automation: ICIMA 2020.
- Gucor, D. J., & Perin, M. A. (2022). *Water Level Indicator with GSM Module for SMS Notification*.
- He, J., Yang, L., Ma, Y., Yang, D., Li, A., Huang, L., & Zhan, Y. (2020). Simulation and application of a detecting rapid response model for the leakage of flammable liquid storage tank. *Process Safety and Environmental Protection*, 141, 390-401. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.04.053>
- Hernandez-Hernandez, D., Larkin, T., Chouw, N., & Banide, Y. (2020). Experimental findings of the suppression of rotary sloshing on the dynamic response of a liquid storage tank. *Journal of Fluids and Structures*, 96, 103007. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jfluidstructs.2020.103007>
- Ibraheem, R., & Ahmad, F. (2024). The Versatile World of Arduino Boards: A Comprehensive Review. doi:[10.19080/JOJMS.2024.09.555753](https://doi.org/10.19080/JOJMS.2024.09.555753)
- Kumar, M., Velmurugan, R., & Balakrishnan, P. (2020). Detection and Control of Water Leakage in Pipelines and Taps Using Arduino Nano Microcontroller (pp. 685-692).
- Lee, C.-B., & Lee, J.-H. (2021). Nonlinear dynamic response of a concrete rectangular liquid storage tank on rigid soil subjected to three-directional ground motion. *Applied Sciences*, 11(10), 4688. doi:<https://doi.org/10.3390/app11104688>
- Leekongxue, S., Li, L., & Page, T. (2020). Smart Door Monitoring and Locking System using SIM900 GSM Shield and Arduino UNO. *International Journal of Engineering Research and*, V9. doi:[10.17577/IJERTV9IS040011](https://doi.org/10.17577/IJERTV9IS040011)
- Li, L., Chen, H., Huang, Y., Xu, G., & Zhang, P. (2022). A new small leakage detection method based on capacitance array sensor for underground oil tank. *Process Safety and Environmental Protection*, 159, 616-624. doi:<https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.01.020>
- Mardiono, D. A., Nanra, S., & Rican, D. (2023). Rancang Bangun Pengaman Pintu Menggunakan RFID Dengan Mikrokontroler Atmega 328. doi:<https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1872>
- Melvi, M., Nurhayati, N., Batubara, M. A. M., Septama, H. D., & Ulvan, A. (2023). Unjuk Kerja Teknologi Akses Jamak TD-CDMA dan TD-SCDMA pada Infrastruktur Jaringan High Altitude Platform Stations. *Jurnal Teknologi Riset Terapan*, 1(1), 51-59. doi:[10.35912/jatra.v1i1.1790](https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1790)
- Melvi, M., Ulvan, A., Sidiq, M. R., & Batubara, M. A. M. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring Ketinggian Muka Air Laut Menggunakan Arduino Pro Mini dan NodeMCU ESP8266. doi:<https://doi.org/10.35912/jatra.v1i1.1794>
- Nakamura, Y., Watanabe, H., Tanaka, A., Yasui, M., Nishihira, J., & Murayama, N. (2020). Effect of increased daily water intake and hydration on health in Japanese adults. *Nutrients*, 12(4), 1191. doi:<https://doi.org/10.3390/nu12041191>
- Nisya, I. S., Wulansari, O. D. E., & Wartariyus, W. (2023). Rancang Bangun Game Edukasi Bencana Alam Menggunakan Metode MDLC. doi:<https://doi.org/10.35912/jisted.v2i1.2374>
- Pajares, G. (2015). Sensors for Fluid Leak Detection. *Sensors*, 15, 3830-3833. doi:[10.3390/s150203830](https://doi.org/10.3390/s150203830)
- Poort, E. R., Adriaanse, H., & Kuijt, A. (2005). *Successful architecture for short message service center*. Paper presented at the 5th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA'05).
- Rahman, M., Islam, M., & Islam, S. M. (2025). Smart water leak detection using wireless sensor networks. *Review of Computer Engineering Research*, 12, 66-79. doi:[10.18488/76.v12i2.4216](https://doi.org/10.18488/76.v12i2.4216)

- Rao, N. M. (2012). An intelligent location management approaches in GSM mobile network. *arXiv preprint arXiv:1204.1596*. doi:<https://doi.org/10.48550/arXiv.1204.1596>
- Shahewaz, S. B., & Prasad, C. R. (2020). Gas leakage detection and alerting system using Arduino Uno. *Global Journal of Engineering and Technology Advances*, 5(3), 029-035. doi:<https://doi.org/10.30574/gjeta.2020.5.3.0109>
- Sunanda, W. (2022). Notifikasi SMS untuk Pendeteksi Kebocoran pada Kompor Gas. 3, 168-184. doi:[10.24036/jtein.v3i1.211](https://doi.org/10.24036/jtein.v3i1.211)
- Tomar, V., Asnani, H., Karandikar, A., & Kapadia, P. (2010). *Traffic Analysis of a Short Message Service Network*.
- Utomo, K. B., Azizah, A., & Pangestu, M. A. (2022). Peran Computer Assited Test dalam Implementasi Penilaian di SD Negeri 005 Palaran. doi:<https://doi.org/10.35912/jisted.v1i1.1529>
- Zaghloul, M. S. (2014). GSM-GPRS Arduino Shield (GS-001) with SIM 900 chip module in wireless data transmission system for data acquisition and control of power induction furnace. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(4), 776.