



RANCANG BANGUN SISTEM *MONITORING* JUMLAH *CRUDE PALM OIL* DALAM TANGKI DAN DISTRIBUSI MINYAK KELAPA SAWIT OTOMATIS MENGGUNAKAN *WIRELESS SENSOR NETWORK (WSN)*

Hardianto¹, Redi Ratiandi Yacoub², Hilda³

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

^{2,3}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura, Pontianak, Indonesia

¹d1021201021@student.untan.ac.id, ²rediyacoub@ee.untan.ac.id,

³hilda.judiarto@ee.untan.ac.id

Abstrak

Pabrik kelapa sawit merupakan tempat pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit. Pabrik kelapa sawit memiliki tangki *Crude Palm Oil (CPO)* yang dimana tangki ini digunakan sebagai tempat penyimpanan minyak mentah dan tempat pengolahan akhir minyak kelapa sawit. Pada tangki CPO pengukuran level jumlah minyak masih dilakukan secara manual dan kerap terjadi ketidakjujuran dalam pendistribusian minyak kelapa sawit. Penelitian ini mengembangkan alat *monitoring* kondisi level pada tangki dan jumlah aliran minyak berbasis *Wireless Sensor Network (WSN)* menggunakan mikrokontroler *NodeMCU ESP32* dan modul *nRF24L01+* sebagai media komunikasi nirkabel. Parameter yang diukur dalam penelitian ini yaitu mengukur level tangki dan jumlah aliran minyak. Perangkat ini dapat *me-monitoring* secara *real-time*, sehingga dapat mengatasi keterbatasan dalam *monitoring* level tangki dan jumlah aliran minyak secara manual. Perangkat ini juga dapat terhubung dengan *Internet of Things (IoT)* melalui *monitoring* jarak jauh menggunakan aplikasi *Blynk*. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini antara alat ukur dengan Sensor Ultrasonik HC-SR04 mencapai 96,02%. Sedangkan pada *Water Flow Sensor YF- S201* dengan pengukuran jumlah minyak 600 mililiter sebesar 96,60%, dan 1000 mililiter sebesar 97,89%. Akurasi komunikasi pada modul *nRF24L01+* dengan durasi komunikasi *real-time* dengan jarak 20 meter, 50 meter, dan 75 meter kurang dari 2 detik.

Kata kunci: *Crude Palm Oil, Wireless Sensor Network, ESP32, nRF24L01+, Monitoring.*

Article History:

Received: March 2025
Reviewed: March 2025
Published: March 2025

Plagirism Checker No 234
Prefix DOI :
10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi



This work is licensed under
a [Creative Commons
Attribution-NonCommercial
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



1. PENDAHULUAN

Buah kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) merupakan salah satu komoditas hasil perkebunan yang mempunyai peranan penting di perekonomian Indonesia karena kemampuannya untuk menghasilkan minyak nabati yang banyak dibutuhkan oleh sektor industri. Kelapa sawit juga menghasilkan produk olahan yang memiliki banyak manfaat [1]. Pada pabrik minyak kelapa sawit, terdapat tangki yang digunakan untuk menyimpan minyak mentah serta menjadi tempat pengolahan akhir minyak kelapa sawit. Saat ini, pengukuran level tangki masih dilakukan secara manual, sehingga petugas harus memantau secara berkala. Kondisi ini menyulitkan petugas dalam mengetahui jumlah minyak kelapa sawit yang tersimpan dalam tangki hasil olahan minyak kelapa sawit. Sistem pada tangki masih memiliki kekurangan dalam proses pendistribusian karena tidak dapat di-*monitoring* secara berkala sehingga minyak kelapa sawit yang didistribusikan ke konsumen keluar begitu saja tanpa adanya pencatatan sehingga pada proses distribusi kerap terjadi ketidakjujuran [2], sehingga perlu dilakukan *monitoring* secara berkala untuk mencegah hal tersebut.

Minyak kelapa sawit yang sudah diolah pada tangki penyimpanan CPO akan dialirkan menggunakan pipa ke tangki distribusi melalui proses pemipaan dalam tangki CPO dan dilakukan *monitoring* level pada tangki. *Monitoring* dilakukan ketika proses penyaluran minyak kelapa sawit menuju konsumen. Proses yang dilakukan ini untuk mencegah ketidakjujuran saat proses penyaluran minyak kelapa sawit agar tidak terjadi selisih jumlah antara minyak yang ada di dalam tangki distribusi dengan minyak yang keluar. Pada penelitian ini dikembangkan sistem *monitoring real-time* untuk memantau level tangki distribusi dan mengukur volume aliran minyak yang keluar. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mendukung IoT dan perangkat terhubung ke internet untuk komunikasi dan kontrol jarak jauh. Modul nRF24L01+ digunakan untuk transmisi data nirkabel, sementara sensor ultrasonik mengontrol otomatis *oil pump* 1 berdasarkan level tangki. *Water Flow Sensor YF-S201* mengukur volume minyak keluar, *oil pump* mengalirkan minyak dari tangki penyimpanan CPO ke distribusi, dan *solenoid valve* untuk membuka atau menutup aliran ke konsumen secara manual. Data berupa volume, persentase tangki, dan volume aliran diproses oleh ESP32 dan ditampilkan di LCD, komputer ruang kontrol, serta dikirim ke *Blynk* untuk me-*monitoring* jarak jauh.

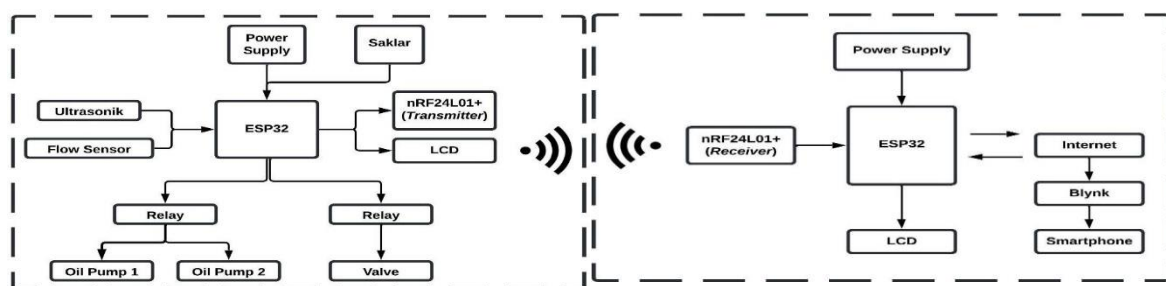
2. TINJAUAN PUSTAKA

Berdasarkan penelitian terdahulu, penelitian [3] mengembangkan sistem pengisian air minum otomatis menggunakan *Google Assistant* untuk perintah suara sesuai volume yang diinginkan. Hasil menunjukkan keberhasilan perintah suara mencapai 100%, tetapi *Google Assistant* tidak efektif pada kebisingan di atas 85 dB. Pada penelitian [4] bertujuan untuk membuat sistem yang memanfaatkan data dari sensor HC-SR04 untuk menghitung volume, dengan menggabungkan *Internet of Things (IoT)* untuk pemantauan jarak jauh. Pendekatan pengukuran mencakup rumus matematika untuk volume dan luas permukaan yang sesuai dengan bentuk kompartemen. Penelitian [5] membuat prototipe dengan mengintegrasikan sistem WSN (3 perangkat masing-masing dengan sensor ultrasonik). Hasil analisis presisi dan akurasi prototipe diperoleh dengan jarak deteksi sensor 30 cm dengan standar deviasi 1,009978 dan rata-rata waktu pengiriman dari WSN ke server 0,53 detik. Pada penelitian [6] bertujuan memantau volume air dalam galon menggunakan sensor berat *Loadcell* HX711 dengan *NodeMCU*

ESP8266 sebagai media transmisi *WiFi*. Platform pemrosesan menggunakan aplikasi Android IFTTT dan Telegram. Pada sensor, rata-rata *error* adalah 4,02% untuk sensor satu dan 4,72% untuk sensor dua, dengan *error* maksimum 11,7%. Pada alat, rata-rata *error* adalah 0,29% untuk alat satu dan 0,46% untuk alat dua. Penelitian [7] menggunakan *Arduino* dan ESP8266 sebagai sarana komunikasi ke server *Blynk* yang dapat dipantau melalui android. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa proses *monitoring* dan penyiraman telah sukses dilakukan dan dapat tampil pada layar android. Pada penelitian Pranata menggunakan Sensor E18-D80NK sebagai pemantauan kondisi blower. Data diolah oleh *Arduino* dan dikirimkan melalui jaringan nirkabel dengan modul nRF24L01. Kondisi blower dapat terpantau dan apabila tiba-tiba blower berhenti, penjaga akan segera mengetahui kondisi tersebut. Penelitian [8] mengembangkan sistem pemantauan kualitas air kolam budidaya ikan secara real-time menggunakan jaringan sensor nirkabel. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat mendeteksi perubahan kualitas air secara akurat. Penelitian Siregar dkk. merancang sebuah alat untuk membantu pengontrolan tangki vertikal dan dapat mendeteksi adanya kehilangan CPO yang dapat merugikan perusahaan. Penelitian ini menggunakan data yang diperoleh sensor ultrasonik yang dihubungkan dengan mikrokontroler dan dipasang solenoid *valve* pada katup pengeluaran tangki. Data yang diterima oleh mikrokontroler kemudian dikirim ke server dan kemudian disimpan dalam *database* untuk diambil secara visual pada *dashboard* sistem *monitoring*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dibangun dapat mempermudah pemantauan volume CPO pada tangki vertikal. Dari beberapa penelitian yang telah dijabarkan, peneliti akan menggunakannya sebagai acuan. Dengan merancang sistem *monitoring* jumlah minyak kelapa sawit (CPO) pada tangki distribusi dan jumlah aliran minyak menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)* dan *Wireless Sensor Network (WSN)*.

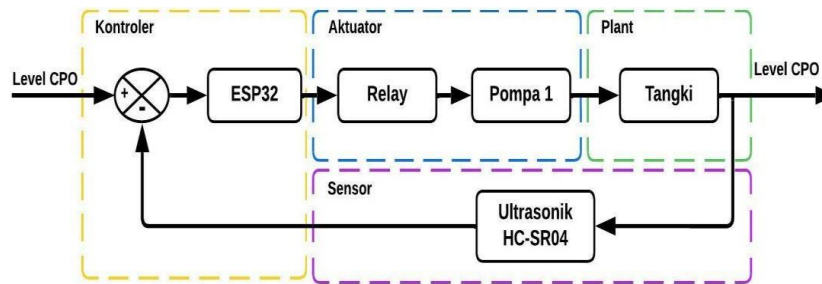
3. METODE

Perancangan sistem pada penelitian ini dirancang suatu sistem *monitoring* jumlah CPO pada tangki dan pendistribusian menggunakan *Wireless Sensor Network (WSN)*. Perancangan sistem *monitoring* terbagi menjadi dua bagian yaitu blok diagram *transmitter* dan blok diagram *receiver*. Pada blok diagram *transmitter* terdiri dari Water Flow Sensor YF-S201, Sensor Ultrasonik HC-SR04, modul nRF24L01+ (*transmitter*). Pada blok diagram tersebut, terdapat Water Flow Sensor YF-S201 yang digunakan untuk mengukur volume aliran minyak keluar pada tangki distribusi, sensor Ultrasonik HC-SR04 yang digunakan untuk mengukur jumlah minyak pada tangki distribusi, saklar berfungsi sebagai ON/OFF untuk solenoid *valve* dan *oil pump 2* pada saat proses pengaliran minyak keluar.

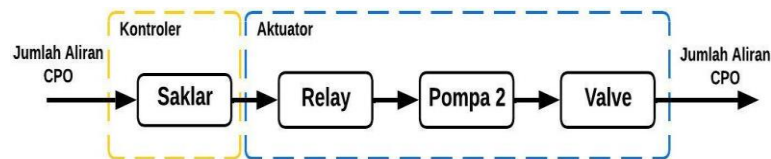


Gambar 1. Diagram Blok Perancangan Sistem

Data-data *input* atau masukan akan diolah oleh ESP32 sehingga menghasilkan *output* atau keluaran dari sensor berupa jumlah minyak dan volume aliran minyak. Selanjutnya data sensor akan dikirim menggunakan modul nRF24L01+ (*transmitter*) yang akan diterima oleh modul nRF24L01+ (*receiver*). Sistem pengolahan data terdapat *receiver* berupa modul nRF24L01+ yang berfungsi untuk menerima data dari sistem pengiriman data, selanjutnya data dibaca oleh ESP32. Hasil pembacaan dari data sensor, ditampilkan melalui LCD 20x4 dan juga akan dikirim ke *Blynk* secara real time. Rancangan sistem kendali level *Crude Palm Oil* (CPO) dan jumlah aliran CPO merupakan satu kesatuan sistem kendali yang terhubung langsung ke *instrument*. Sistem kendali pada level CPO diatur oleh ESP32 sedangkan pada jumlah aliran CPO diatur menggunakan saklar.



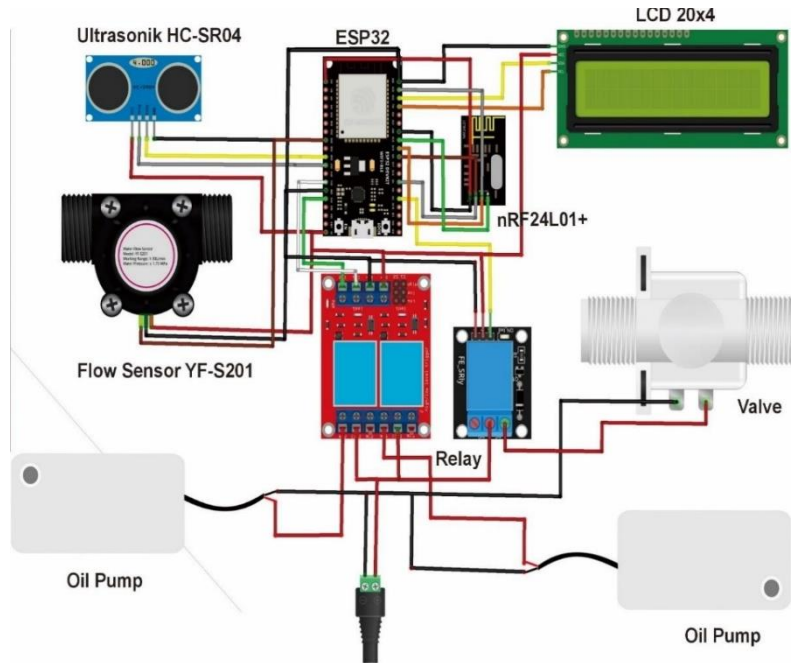
Gambar 2. Rancangan Sistem Kendali Level CPO



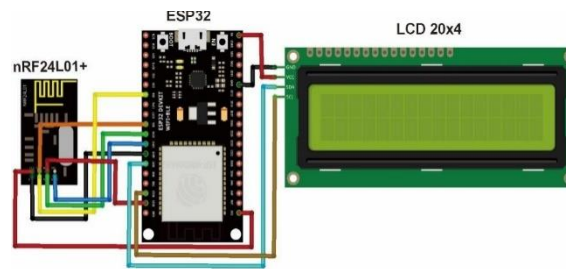
Gambar 3. Rancangan Sistem Kendali Jumlah Aliran CPO

3.1. Rancangan Perangkat Keras

Terdapat dua rancangan perangkat keras pada penelitian ini, dikarenakan penelitian ini menggunakan dua sistem yaitu *transmitter* dan *receiver*. Kedua rangkaian lengkap dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

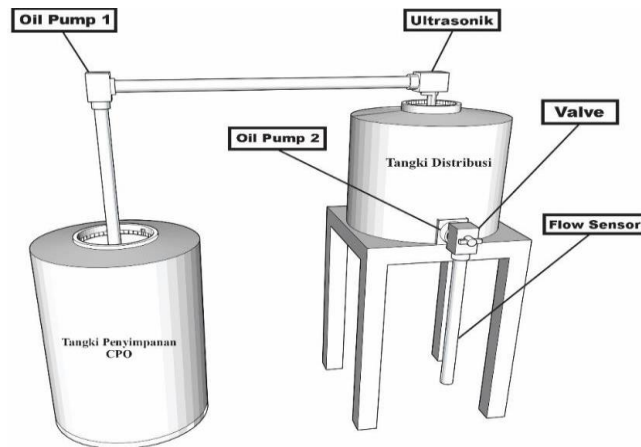


Gambar 4. Rangkaian Perangkat Keras *Transmitter*



Gambar 5. Rangkaian Perangkat Keras *Receiver*

Pada Gambar 4, adalah rangkaian yang digunakan sebagai pengirim data menuju perangkat keras *receiver*. Perangkat keras *transmitter* terdiri dari mikrokontroler yaitu *NodeMCU* ESP32 yang terkoneksi dengan modul komunikasi nRF24l01+, Sensor Ultrasonik HC-SR04, *Water Flow Sensor* YF-S201, *Oil Pump*, *Solenoid Valve*, dan LCD 20x4. Selanjutnya pada Gambar 5, rangkaian perangkat keras *receiver* ini terdiri dari *NodeMCU* ESP32, nRF24l01+, dan LCD 20x4. Pada sistem ini penerimaan data yang dilakukan menggunakan modul nRF24l01+ yang terhubung dengan *NodeMCU* ESP32 dilakukan secara *real time* dan akan ditampilkan pada LCD 20x4.



Gambar 6. Ilustrasi Sistem

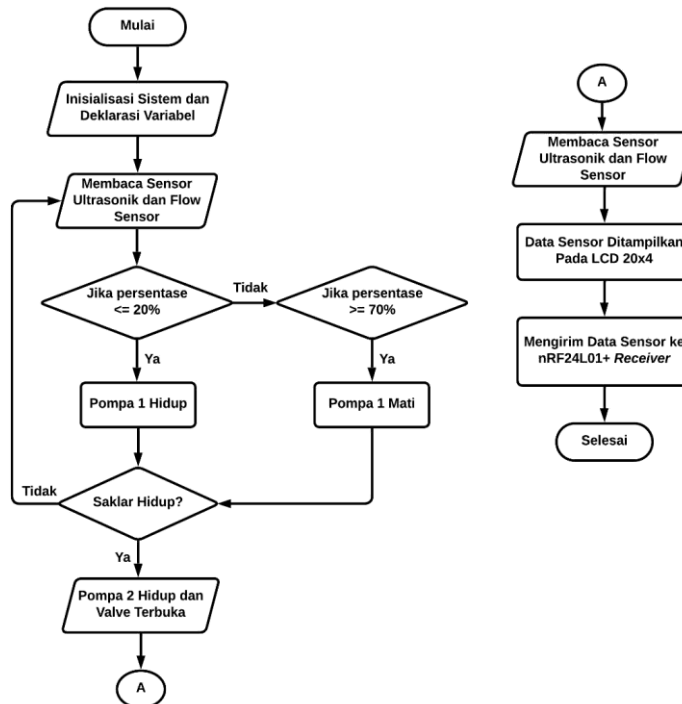
Pada Gambar 6 menunjukkan ilustrasi sistem. Sensor Ultrasonik HC-SR04 berfungsi untuk mendeteksi jumlah atau sisa minyak dalam tangki serta mengendalikan pompa 1 secara otomatis. *Water Flow Sensor* YF-S201 mengukur aliran minyak keluar saat minyak didistribusikan. *Relay* berperan mengonversi *output* arus lemah dari mikrokontroler ESP32 menjadi arus yang cukup untuk menghidupkan atau mematikan *oil pump* dan *solenoid valve*. *Oil pump* digunakan untuk memindahkan minyak ke tangki distribusi, sementara *solenoid valve* mengatur aliran minyak saat proses distribusi berlangsung. Modul nRF24L01+ memungkinkan transmisi dan penerimaan data secara nirkabel. Selain itu, data yang diterima ditampilkan pada *Liquid Crystal Display* (LCD) 20x4, yang memudahkan pengguna *me-monitoring* sistem.

3.2. Rancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak pada sistem *monitoring* jumlah *Crude Palm Oil* dirancang agar perangkat keras dapat berfungsi sesuai alur algoritma sistem. Alur pemrograman diawali dengan deklarasi variabel, diikuti oleh pemrosesan data dari sensor oleh mikrokontroler. Data yang diterima akan diolah dan ditampilkan melalui aplikasi *Blynk* menggunakan jaringan internet, serta pada LCD 20x4 yang terpasang pada perangkat keras penerima. Platform yang digunakan adalah *Blynk*, yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 dan diprogram untuk menampilkan data sensor serta mengoperasikan perangkat keras sesuai fungsinya. Dengan demikian, perangkat lunak ini memungkinkan komunikasi antara sistem dan mikrokontroler ESP32 untuk mendukung keseluruhan fungsi *monitoring*.

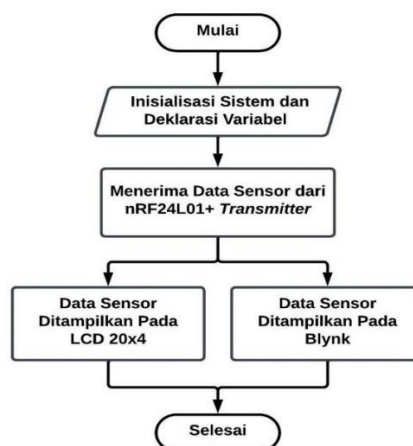
Perancangan proses pengiriman pada *transmitter* terdapat tahap-tahap untuk mengirim data dari *transmitter*. Dilakukan inisialisasi sistem ketika proses mulai dilakukan pada perangkat *transmitter*. Setelah itu, dilanjutkan dengan pembacaan sensor yang digunakan. Pembacaan pada sensor ultrasonik jika kondisi tangki distribusi kurang dari 20% maka pompa 1 akan menyala untuk melakukan pengisian pada tangki distribusi, jika kondisi tangki sudah mencapai 70% pada pembacaan sensor ultrasonik maka pompa 1 otomatis mati. Selanjutnya saklar dilakukan dengan cara kontrol manual, jika kondisi saklar hidup maka pompa 2 hidup dan *solenoid valve* terbuka, dilanjutkan dengan pembacaan sensor ultrasonik dan *flow sensor* yang dimana sensor ultrasonik *me-monitoring* kondisi keadaan tangki distribusi secara *real-time* dan *flow sensor* mengukur aliran minyak yang keluar dari tangki distribusi untuk mengetahui berapa banyak minyak yang dikeluarkan. Apabila data sensor diterima oleh mikrokontroler maka akan ditampilkan oleh LCD

20x4 dan terkirim ke nRF24L01+ *receiver*, maka selesai. Lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram alir Gambar 7 proses *transmitter* berikut.



Gambar 7. Diagram Alir Proses Pada *Transmitter*

Perancangan proses pengiriman pada *receiver* terdapat tahap-tahapnya pula untuk menerima data dari *transmitter*. Proses dilakukan ketika “Mulai” pada perangkat *receiver*. Setelah itu, data sensor yang terkirim dari perangkat *transmitter* akan diterima oleh nRF24L01+ pada perangkat *receiver*. Setelah itu, Data sensor yang diterima akan ditampilkan pada LCD 20x4 dan aplikasi *Blynk*. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.

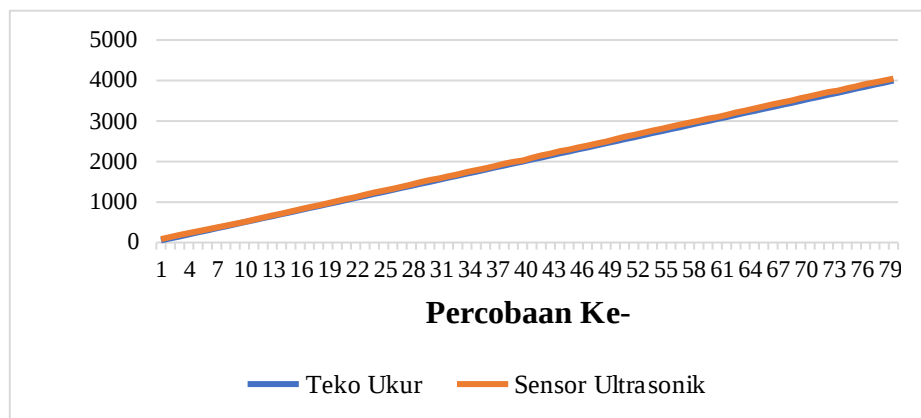


Gambar 8. Diagram Alir Proses Pada *Receiver*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

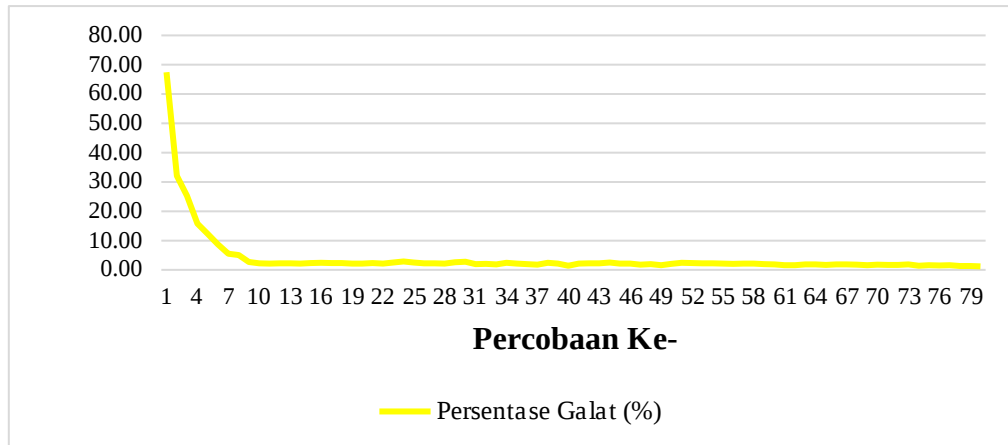
4.1. Pengujian Sensor Ultrasonik HC-SR04

Pengujian sisa minyak dilakukan menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 dengan cara toples diisi minyak dari 50 mililiter sampai dengan 4000 mililiter menggunakan teko ukur sebagai pembandingnya, setelah itu dilakukan pengamatan kesesuaian pembacaan sensor. Nilai pembacaan pada sensor ultrasonik akan tampil pada LCD 20x4 di *receiver* yang diletakkan pada ruang kontrol untuk mengamati ketersediaan minyak di dalam tangki. Hasil pengukuran yang ditunjukkan cukup baik. Data pengukuran dilakukan ketika melakukan pengisian minyak pada wadah yang diukur menggunakan teko ukur, data hasil dari pengisian jumlah minyak yang ditunjukkan pada sensor sering mengalami perubahan ketika pengukuran dilakukan. Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan pada **Tabel 4.1.**, dapat dilihat dari 80 percobaan yang telah dilakukan terdapat 10 percobaan yang memiliki nilai persentase galat dapat dikatakan baik ketika dilakukan pengujian yaitu pada percobaan ke-40 sebesar 1,37%, percobaan ke-61 sebesar 1,56%, percobaan ke-62 sebesar 1,61%, percobaan ke-69 sebesar 1,57%, percobaan ke-74 sebesar 1,40%, percobaan ke-75 sebesar 1,62%, percobaan ke-76 sebesar 1,53%, percobaan ke-78 sebesar 1,36%, percobaan ke-79 sebesar 1,32%, dan percobaan ke-80 sebesar 1,20%. Nilai rata-rata persentase galat yang dilakukan 80 kali pengujian yaitu sebesar 3,98% dan nilai persentase akurasi sensor sebesar 96,02%. Dari analisis tersebut menunjukkan bahwa tingkat akurasi dari pembacaan sensor cukup tinggi. Hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Teko Ukur dan Sensor Ultrasonik HC- SR04

Dapat diperhatikan bahwa hasil pengukuran yang ditunjukkan cukup baik walaupun tidak linier, terlihat pada grafik berwarna biru merupakan nilai data jumlah minyak menggunakan alat ukur dan grafik berwarna *orange* merupakan nilai data jumlah minyak menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04. Pada grafik yang dilihat berwarna biru dan grafik berwarna *orange* menunjukkan hasil dari percobaan tersebut hampir sama persis garis yang ditunjukkan sehingga percobaan jumlah minyak yang dapat di analisa bahwa tingkat akurasi sensor untuk setiap percobaan mendekati. Persentase galat dari masing-masing percobaan dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik Rata-Rata Persentase Galat Sensor Ultrasonik HC- SR04

Dapat diperhatikan dari Gambar 10 bahwa nilai rata-rata persentase galat yang paling besar terlihat pada percobaan ke-1, percobaan ke-2, percobaan ke-3, percobaan ke-4, dan percobaan ke-5 karena rata-rata persentase galat yang dihasilkan lebih dari 10% ketika dilakukan pengisian minyak menggunakan teko ukur setiap pengisian dengan takaran sebanyak 50 mililiter. Hal ini disebabkan adanya gelombang ultrasonik yang dipantulkan kembali yang terkena objek dan membuat sinyal pantulan menjadi tidak merata, menyebabkan pembacaan sensor menjadi melonjak.

Berdasarkan pengujian data yang dilakukan ini juga dipengaruhi beberapa faktor yang membuat pengukuran menggunakan sensor ultrasonik menjadi kurang presisi karena keterbatasan sensor terutama pada jarak yang sangat dekat atau sangat jauh yang menyebabkan data pada sensor tampak melonjak ketika sensor bergerak dari batas bawah ke batas atas resolusi efektif dari sensor ultrasonik, maka sensor Ultrasonik HC-SR04 belum dapat mencapai jarak ideal untuk memberikan pembacaan yang akurat, peletakan sensor dan ukuran tempat yang digunakan untuk menyimpan minyak juga mempengaruhi pembacaan pada sensor, maka diperlukan pengkalibrasian pada sensor ultrasonik menggunakan *software Arduino IDE* dengan menyesuaikan ukuran wadah yang dipakai dan kondisi wadah ketika dalam keadaan kosong atau ada isinya. Namun, berdasarkan Gambar 4.4., sensor pada sistem ini tetap dapat dianggap cukup baik karena sensor mengalami perubahan yang tidak signifikan pada jumlah minyak yang terjadi pada teko ukur.

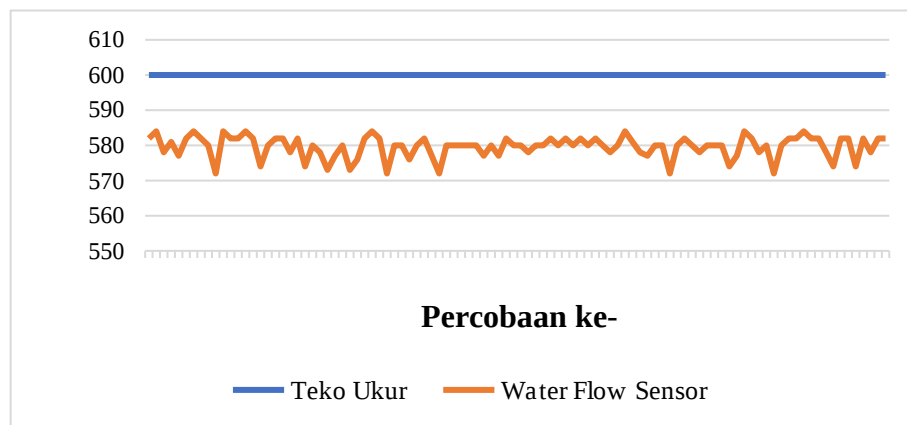
4.2. Pengujian Water Flow Sensor YF-S201

Pengujian *Water Flow Sensor YF-S201* bertujuan mengetahui keakuratan hasil pembacaan jumlah minyak secara langsung dengan membandingkan hasil pengukuran jumlah minyak menggunakan alat ukur seperti teko ukur. Dilakukan perbandingan untuk mengetahui ketika proses pendistribusian melalui pembacaan *Water Flow Sensor YF-S201*. Pada pengujian ini dilakukan menyesuaikan jumlah minyak dengan pendistribusian 600 mililiter dan 1000 mililiter.

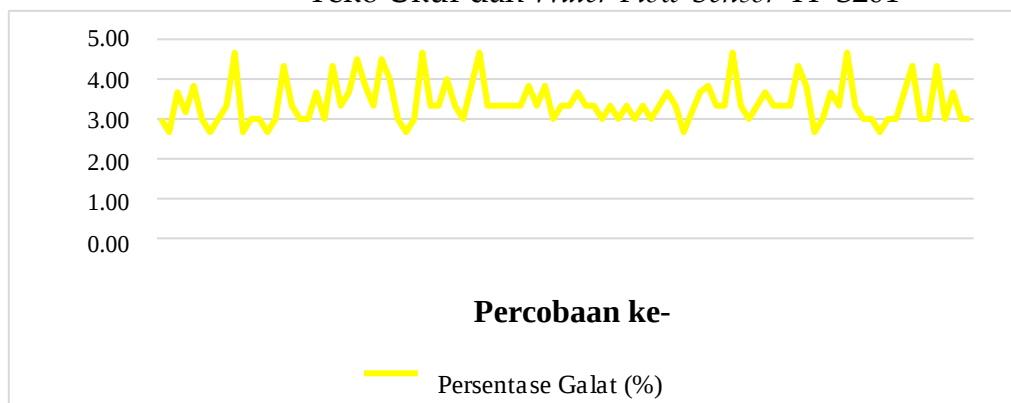
Berdasarkan pengujian pengukuran jumlah minyak sebanyak 600 mililiter hasil yang didapat cukup baik walaupun tidak linear. Pengujian dari 100 percobaan yang telah dilakukan terdapat 10 percobaan yang memiliki nilai persentase galat dapat dikatakan baik ketika dilakukan pengujian yaitu pada percobaan ke-1 sebesar 3,00%, percobaan ke-2 sebesar 2,67%, percobaan ke-6 sebesar 3,00%, percobaan ke-7 sebesar 2,67%, percobaan ke-11 sebesar 2,67%, percobaan ke-14 sebesar 2,67%, percobaan ke-31 sebesar 2,67%, percobaan ke-65 sebesar 2,67%,



percobaan ke-81 sebesar 2,67%, dan percobaan ke-89 sebesar 2,67%. Perbedaan ini terjadi karena adanya fluktuasi minyak yang membuat perhitungan *error* bervariasi, dimana perbedaan laju minyak yang melewati *flow* sensor dipengaruhi oleh sisa minyak dari aliran minyak sebelumnya. Adanya *delay* dalam pengiriman sinyal juga sangat mempengaruhi pembacaan pada *flow* sensor yang tidak langsung berhenti ketika sumber dimatikan. Dari hasil *error* terkecil adalah 2,67% dan yang tertinggi adalah 4,67%. Dari 100 kali pengujian yaitu rata-rata galat sebesar 20,43 mililiter dengan rata-rata persentase galat 3,41% dan nilai rata-rata persentase akurasi sensor sebesar 96,60%. Dari analisis tersebut dengan rata-rata persentase akurasi 96,6% menunjukkan bahwa tingkat akurasi dari pembacaan sensor dapat dikatakan cukup baik, dan bisa digunakan untuk melakukan pengukuran volume minyak dalam skala kecil. Lebih jelasnya 100 hasil pengujian pendistribusian minyak menggunakan teko ukur dan *Water Flow Sensor* YF-S201, dan nilai persentase galat pada pengukuran jumlah minyak sebanyak 600 mililiter dapat dilihat pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Grafik Perbandingan Jumlah Minyak Menggunakan Teko Ukur dan *Water Flow Sensor* YF-S201



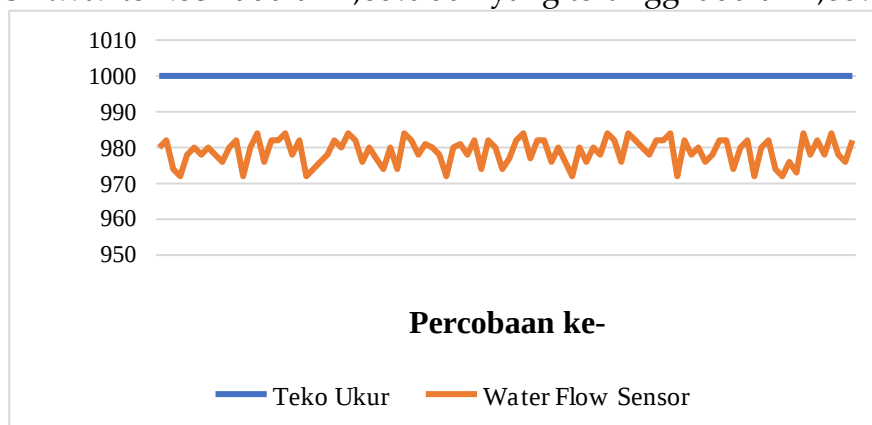
Gambar 12. Grafik Persentase Galat *Water Flow Sensor* YF-S201



Pada Gambar 11, mengambil data hasil jumlah minyak (mL) menggunakan *Water Flow Sensor* YF-S201 dan alat ukur manual yaitu teko ukur dimana hasil pengukuran tersebut dilakukan. Pada grafik berwarna biru merupakan nilai data jumlah minyak menggunakan alat ukur teko ukur dan grafik berwarna *orange* merupakan nilai data jumlah minyak menggunakan *Water Flow Sensor* YF-S201. Berdasarkan pada grafik yang dilihat berwarna biru dan grafik berwarna *orange* menunjukkan hasil dari percobaan tersebut berbeda-beda untuk setiap percobaannya yang membuat nilai jumlah minyak yang keluar saat proses pengisian minyak juga tidak menentu

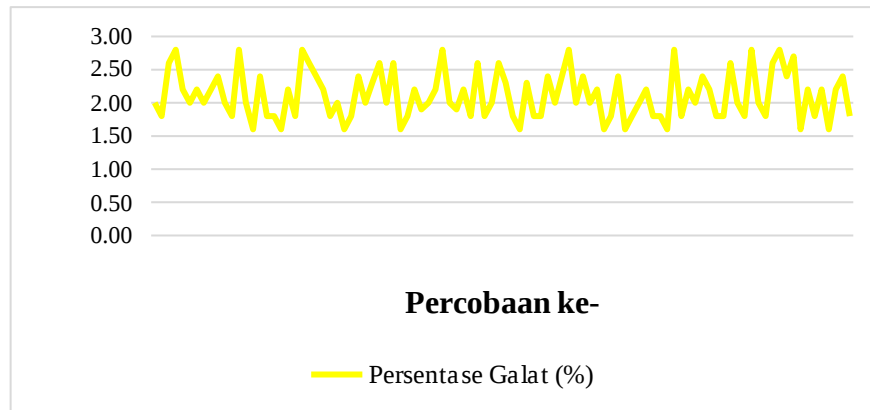
Berdasarkan grafik pada Gambar 12, yang merupakan hasil perbandingan jumlah minyak menggunakan *Water Flow Sensor* YF-S201 dengan hasil pengukuran jumlah minyak menggunakan alat ukur manual yaitu teko ukur menunjukkan nilai persentase galat terkecil adalah 2,67% dan yang paling besar dengan nilai persentase galat 4,67%. Hal ini disebabkan adanya perbedaan laju minyak yang melewati *flow* sensor karena dipengaruhi sisa-sisa minyak dari aliran minyak sebelumnya dan juga adanya *delay* dalam pengiriman sinyal juga berpengaruh pada pembacaan *flow* sensor yang tidak langsung berhenti saat sumber dari minyak dimatikan.

Berdasarkan pengujian pengukuran jumlah minyak sebanyak 1000 mililiter hasil yang didapat cukup baik walaupun tidak linear. Pengujian dan analisis pada Gambar 13, dapat dilihat dari 100 percobaan yang telah dilakukan terdapat 10 percobaan yang memiliki nilai persentase galat dapat dikatakan baik ketika dilakukan pengujian yaitu pada percobaan ke-15 sebesar 1,60%, percobaan ke-19 sebesar 1,60%, percobaan ke-28 sebesar 1,60%, percobaan ke-36 sebesar 1,60%, percobaan ke-53 sebesar 1,60%, percobaan ke-65 sebesar 1,60%, percobaan ke-68 sebesar 1,60%, percobaan ke-74 sebesar 1,60%, percobaan ke-93 sebesar 1,60%, dan percobaan ke-97 sebesar 1,60%. Perbedaan ini terjadi karena adanya fluktuasi minyak yang membuat perhitungan *error* bervariasi, dimana perbedaan laju minyak yang melewati *flow* sensor dipengaruhi oleh sisa minyak dari aliran minyak sebelumnya. Adanya *delay* dalam pengiriman sinyal juga sangat mempengaruhi pembacaan pada *flow* sensor yang tidak langsung berhenti ketika sumber dimatikan. Dari hasil *error* terkecil adalah 1,60% dan yang tertinggi adalah 2,80%.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Pengisian Minyak Menggunakan
Teko Ukur dan *Water Flow Sensor* YF-S201

Rata-rata dari 100 kali pengujian yaitu galat sebesar 21,12 mililiter dengan rata-rata persentase galat 2,11% dan nilai rata-rata persentase akurasi sensor sebesar 97,89%. Dari analisis tersebut dengan rata-rata persentase akurasi 97,89% menunjukkan bahwa tingkat akurasi dari pembacaan sensor dapat dikatakan cukup baik, dan bisa digunakan untuk melakukan pengukuran volume minyak dalam skala kecil.

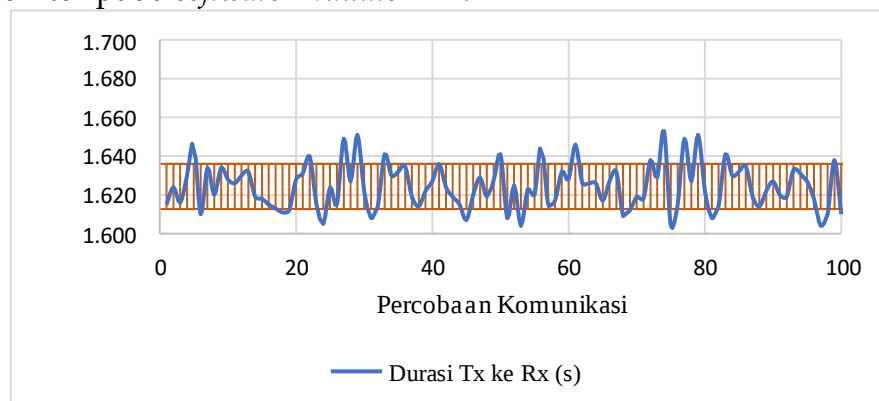


Gambar 14. Grafik Persentase Galat *Water Flow Sensor YF-S201*

4.3. Pengujian Komunikasi Data *Transmitter ke Receiver*

Pada penelitian ini menggunakan modul nRF24L01+ yang bekerja pada gelombang RF 2,4~2,5 GHz. Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengukur perbedaan waktu dalam proses pengiriman data melalui nRF24L01 dari perangkat pengirim ke penerima dengan jarak 20 meter, 50 meter, dan 75 meter. Pengukuran dilakukan dengan menghubungkan kedua perangkat ke laptop menggunakan kabel serial dan juga menggunakan serial monitor pada *Arduino IDE* untuk merekam *timestamp*. Selisih waktu antara pengiriman dan penerimaan data melalui modul nRF24L01 dihitung berdasarkan catatan waktu yang terekam di serial monitor *Arduino IDE* yang terhubung oleh kedua perangkat, yang dikenal sebagai *time on air (ToA)*.

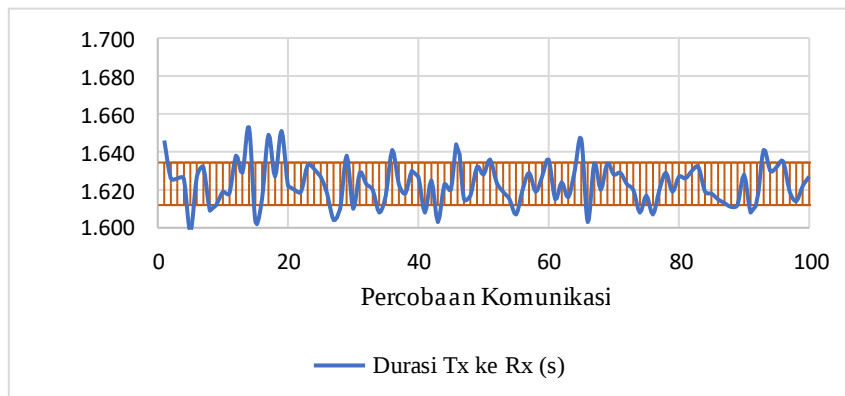
Pada jarak pengujian 20 meter dengan mengamati waktu yang dibutuhkan ketika pengiriman data dari perangkat *transmitter* ke perangkat *receiver*. Pengamatan dilakukan dengan melihat serial monitor pada *software Arduino IDE*.



Gambar 15. Grafik Durasi Komunikasi Tx ke Rx Jarak 20 m.

Berdasarkan grafik pada Gambar 15, pengujian yang dilakukan menunjukkan waktu pengiriman tercepat yaitu 1,604 detik pada percobaan ke-53, percobaan ke-75, dan percobaan ke-97 sedangkan waktu pengiriman terlama yaitu 1,653 detik pada percobaan ke-74. Dari percobaan yang telah dilakukan sebanyak 100 kali, didapatkan rata-rata waktu pengiriman sebesar 1,624 detik. Hal ini membuktikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dan mengirim secara *real-time* dengan waktu yang dibutuhkan kurang dari 2 detik.

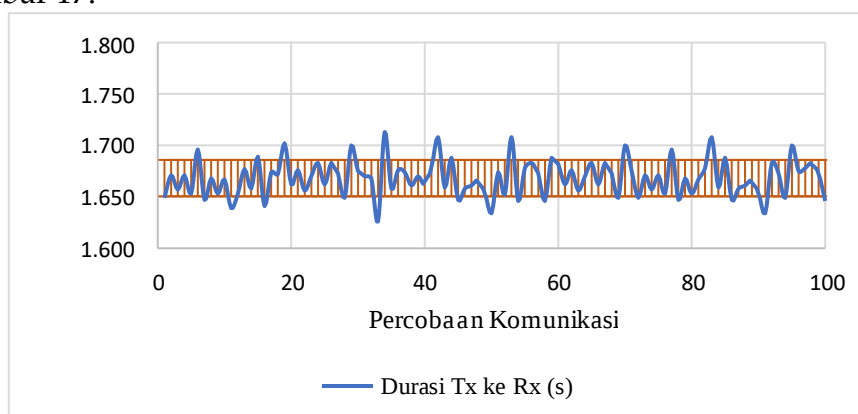
Hasil pengujian komunikasi menggunakan modul nRF24L01 pada jarak 50 meter dapat diperhatikan pada grafik pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik Durasi Komunikasi Tx ke Rx Jarak 50 m.

Pengujian waktu pengiriman tercepat sebesar 1,598 detik pada percobaan ke-5 sedangkan waktu pengiriman terlama yaitu 1,653 detik pada percobaan ke-14. Dari percobaan yang telah dilakukan sebanyak 100 kali, didapatkan rata-rata waktu pengiriman sebesar 1,623 detik. Hal ini membuktikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dan mengirim secara *real-time* dengan waktu yang dibutuhkan kurang dari 2 detik.

Hasil pengujian nRF24L01 yang dilakukan pada jarak 75 meter dapat diperhatikan dari grafik pada Gambar 17.



Gambar 17. Grafik Durasi Komunikasi Tx ke Rx Jarak 75 m.

Berdasarkan grafik pada Gambar 17, waktu pengiriman tercepat menghasilkan waktu yaitu 1,626 detik pada percobaan ke-33 sedangkan waktu pengiriman terlama yaitu 1,713 detik pada percobaan ke-34. Dari percobaan yang telah dilakukan sebanyak 100 kali, didapatkan rata-rata waktu pengiriman sebesar 1,668 detik. Hal ini membuktikan bahwa alat dapat bekerja dengan baik dan mengirim secara *real-time* dengan waktu yang dibutuhkan kurang dari 2 detik.



Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dari ketiga jarak yang berbeda, hasil pengujian dapat diperhatikan terdapat data yang berfluktuasi yang disebabkan adanya gangguan terhadap gelombang dari luar serta kondisi cuaca atau lingkungan sekitar saat pengiriman data dilakukan. Namun, berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa durasi komunikasi data dari *transmitter* ke *receiver* cukup cepat dan bisa diandalkan karena dapat bekerja secara *real-time* dan rata-rata kecepatan komunikasi yang dimiliki kurang hanya dari 2 detik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang dilakukan secara garis besar penelitian untuk rancang bangun sistem *monitoring* jumlah *Crude Palm Oil* dan pendistribusian minyak kelapa sawit menggunakan *Wireless Sensor Network (WSN)* ini dapat bekerja dengan baik, berhasil, dan memenuhi keinginan. Perancangan sistem *monitoring* jumlah *Crude Palm Oil* dan jumlah distribusi minyak kelapa sawit menggunakan *wireless sensor network* secara *real-time* dapat bekerja dan terlaksana dengan baik, pada sistem ini dapat *me-monitoring* data pada *transmitter*, yaitu data jumlah sisa minyak pada tangki serta volume aliran minyak yang mengalir. Akurasi antara teko ukur dengan Sensor Ultrasonik HC-SR04 yaitu 96,02%. Akurasi antara teko ukur dengan *Water Flow Sensor* YF-S201 untuk mengukur volume minyak yang mengalir pada 600 mililiter yaitu 96,60% sedangkan pada 1000 mililiter yaitu 97,89%. Pengujian *real-time* dengan mengukur durasi komunikasi menggunakan modul nRF24L01+ antara *transmitter* dan *receiver* pada jarak 20 meter, 50 meter, dan 75 meter dengan durasi pengiriman yang diterima cukup cepat yaitu kurang dari 2 detik.

REFERENSI

- [1] Lubis, A. U. (1992). "Kelapa sawit (*elaeis guineensis* Jacq.) di Indonesia. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat-Bandar Kuala". <https://books.google.co.id/books?id=9yottwAACAAI>
- [2] Mardiyanti Bella Shinta, Teknik Elektro, J., & Teknik Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). (2016). "PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM KONTROL DAN MONITORING PADA TANGKI TIMBUN CPO DAN PKO".
- [3] Manalu, M. E., Saleh, M., & Priyatman, H. (2024). "DESIGN A MONITORING AND AUTOMATION SYSTEM FOR DRINKING WATER FILLING WITH VOICE COMMANDS USING GOOGLE ASSISTANT". *Telecommunications, Computers, and Electricals Engineering Journal*, 1(3), 292. <https://doi.org/10.26418/telectrical.v1i3>
- [4] Chanesha, R., Andriany, I., Yacoub, R. R., Wibowo Sanjaya, B., Priyatman, H., Saleh, M., & Andriany, I. (2023). "Design And Implementation of an IoT-Based Volume Monitoring System for a Rectangular Solid Structure". *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology*, 11(3), 121–127. <https://doi.org/10.26418/j3eit.v11i3.68696>
- [5] Azkia, H., Away, Y., Munadi, R., & Studi Magister Teknik Elektro, P. (2022). "Penerapan Wireless Sensor Network Dan Realtime Operating System Pada Otomasi Pelayanan Restoran". *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 9(4). <http://jurnal.mdp.ac.id>
- [6] Syifa, F. T., & Prakasa, A. (2020). "Purwarupa Pemantauan Volume Kondisi Volume Air Galon Berbasis Internet of Things (IoT)". *JURNAL SURYA ENERGY*, 4(2). <https://doi.org/10.32502/jse.v4i2.2546>



- [7] Sasmoko, D., Horman, R., Elektronika, S. T., & Semarang, D. K. (2020). "Sistem Monitoring Aliran Air Dan Penyiraman Otomatis Pada Rumah Kaca Berbasis IOT Dengan Esp8266 Dan Blynk". 4(1), 1–10.
- [8] Badan Pusat Statistik. (2023). *Produksi Minyak Kelapa Sawit*. Badan Pusat Statistik, 2021–2022.
- [9] Bennett, S. (1992). "Software design for real-time systems: J E Cooling Chapman & Hall (1991) 506 [Article]". *Information and Software Technology*, 34(7), 494–494. [https://doi.org/10.1016/0950-5849\(92\)90041-M](https://doi.org/10.1016/0950-5849(92)90041-M)
- [10] Bhawiyuga, A., & Yahya, W. (2019). "SISTEM MONITORING KUALITAS AIR KOLAM BUDIDAYA MENGGUNAKAN JARINGAN SENSOR NIRKABEL BERBASIS PROTOKOL LORA". 6(1), 99–106. <https://doi.org/10.25126/jtiik.201961292>
- [11] Burns, A. (2001). *Real-time systems and programming languages: Ada 95, real-time Java, and real-time POSIX* (A. J. Wellings & A. Burns, Ed.; Third edition.) [Book]. Addison-Wesley.
- [12] Cooling, J. E. (1992). "Software design for real-time systems: J E Cooling Chapman & Hall (1991)". *Information and software technology*, 34(7), 494–494. [https://doi.org/10.1016/0950-5849\(92\)90041-M](https://doi.org/10.1016/0950-5849(92)90041-M)
- [13] Jatmiko, W. (2015). *RTOS Teori & Aplikasi*. Universitas Indonesia.
- [14] Jaya, H., Djawad Abd, Y., & Idhar. (2017). *EMBEDDED SYSTEM AND ROBOTICS*.
- [15] Krishna, C. M., & G. Shin, K. (1987). Processor tradeoffs in distributed real- time systems: Krishna, C M, Shin, K G and Bhandari, I SIEEE Trans. Comput. Vol C-36 No 9 (September 1987) pp 1030–1040 [Article]. *Microprocessors and Microsystems*, 11(10), 561–561. [https://doi.org/10.1016/0141-9331\(87\)90455-8](https://doi.org/10.1016/0141-9331(87)90455-8)
- [16] Ladjamudin, A. (2005). *Analisis dan Desain Sistem Informasi*. Graha Ilmu. Liu, J. W. S. (2000). *Real-time systems* [Book]. Prentice Hall.
- [17] Mall, R. (2009). *Real-Time Systems: Theory and Practice*. Prentice Hall; 1st edition. <https://books.google.co.ck/books?id=coPT7vaEjFsC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [18] Pauzi, G. A., Suryadi, O. F., Susanto, G. N., & Junaidi, D. (2020). "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang (*Litopenaeus Vannamei*) Menggunakan Wireless Sensor Sistem (WSS) yang Terintegrasi dengan PLC CPM1A". <https://jemit.fmipa.unila.ac.id/>
- [19] Pressman, R. S. (2002). *Rekayasa Perangkat Lunak Pendekatan Praktisi* (Buku Satu) (R. S. Pressman, Ed.). Andi.
- [20] Septiano, A., & Ghozali, T. (2020). "NRF 24L01 SEBAGAI PEMANCAR/PENERIMA UNTUK WIRELESS SENSOR NETWORK". *Jurnal TEKNO*, 17.
- [21] Setya Fajar, M., Marpaung, J., Program), Teknik, S., Jurusan, E., & Elektro, T. (t.t.). *ANALISIS KINERJA MODUL TRANSCEIVER SX1278 PADA SISTEM MONITORING DENGAN MODEL JARINGAN STAR*.
- [22] Siregar, B., Hizriadi, A., Faizal, M. R., & Sulindawaty. (2019). "Monitoring System Volume of Crude Palm Oil on Vertical Tank Using Ultrasonic Sensor and Solenoid Valve". *Journal of Physics: Conference Series*, 1255(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1255/1/012041>
- [23] Wardhana, I., Priyatman, H., & Judiarto, H. (2023). "MONITORING SYSTEM DESIGN OF TRACKING SYSTEM ON SOLAR PANEL FOLLOWING THE SUN ROTATION BASED ON INTERNET OF THINGS". *Telecommunications, Computers, and Electricals Engineering Journal*, 1(1), 63. <https://doi.org/10.26418/telectrical.v1i1.69944>



- [24] Whitten, J. L. L. D. B. K. C. D. (2004). *Metode Desain & Analisis Sistem Edisi 6 (Terjemahan)*. Andi.