



# Analisis Implementasi Komunikasi Modbus TCP/IP dalam Penerapan Visualisasi Data Hasil Produksi pada Sistem Andon Line Production

## Analysis of the Implementation of Modbus TCP/IP Communication in the Application of Production Data Visualization in the Andon Line Production System

Bonanza Yoma Pratama<sup>1\*</sup> dan Efi Anisa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa, Jl. Kalibaru Timur, Kalibaru Medan Satria, Jawa Barat 17530, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Informatika, Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa, Jl. Kalibaru Timur, Kalibaru Medan Satria, Jawa Barat 17530, Indonesia

### Informasi artikel:

Diterima:  
28/09/2022  
Direvisi:  
18/11/2022  
Disetujui:  
22/11/2022

### Abstract

*Andon refers to an information system aimed at management, maintenance, planners, or other workers regarding quality, process, or quantity issues. To support accurate data communication, a reliable protocol and high precision are required. The Modbus TCP/IP protocol is compatible with Andon systems. This study aims to analyze the implementation of Modbus TCP/IP communication in the application of production data visualization in online production systems. At a certain distance, the antenna's data must display the data's precision in real time. The average data transfer time at the farthest distance tested, 50 meters, was 0.0043 seconds, indicating that the longer the distance between the client and server, the longer the waiting time tends to be, but does not exceed 0.01 seconds if it does not affect production activities. These results are still pertinent to the information required by the organization.*

*Keywords: Andon, Modbus, TCP/IP, PLC, real time.*

### SDGs:



### Abstrak

Andon adalah sebuah istilah dalam manufaktur yang mengacu pada sebuah sistem informasi yang ditujukan kepada management, *maintenance*, *planner*, atau pekerja lainnya akan adanya masalah kualitas, proses maupun kuantitas. Untuk menunjang akurasi komunikasi data yang akurat, memerlukan protokol yang handal dan akurasi tinggi. Protokol Modbus TCP/IP dapat diadopsi untuk digunakan pada system Andon. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan analisis terhadap implementasi komunikasi Modbus TCP/IP dalam penerapan visualisasi data hasil produksi pada sistem andon line production. Pada jarak tertentu data pada andon harus menunjukkan akurasi data secara real time. Pada pengujian jarak terjauh yaitu 50 meter membutuhkan waktu transfer data rata-rata 0,0043 detik sehingga semakin jauh jarak *client* ke *server* maka waktu tunggu cenderung semakin lama tetapi tidak mencapai lebih dari 0,01 detik dengan asumsi tidak mempengaruhi aktifitas produksi. Dari hasil tersebut masih relevan dengan data yang dibutuhkan oleh perusahaan.

**Kata Kunci:** *Andon, Modbus, TCP/IP, PLC, real time.*

\*Penulis Korespondensi. Tel: 021-2908 2747 ; Hp: +62 812 8118 5003  
email : [bonanzayp@sttdb.ac.id](mailto:bonanzayp@sttdb.ac.id)



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

## 1. PENDAHULUAN

Saat ini, banyak produsen mencari kemungkinan untuk mengurangi biaya produksi dan terus berupaya untuk meningkatkan produktifitas (Sangolli dan Baligar, 2015). Salah satunya adalah menerapkan sistem monitoring Andon. Andon adalah sebuah istilah dalam manufaktur yang mengacu pada sebuah sistem informasi, alarm atau sinyal yang ditujukan kepada management, *maintenance*, *planner*, atau pekerja lainnya akan adanya masalah pada kualitas, proses, maupun kuantitas secara *real time* (Banerji, 2013; Budiarto dkk., 2020). Pada umumnya Andon diletakkan di tengah atau bagian tepi line produksi untuk memudahkan informasi dilihat oleh manajemen. Sistem manufaktur tumbuh karena kebutuhan akan proses yang lebih kompleks untuk memenuhi kebutuhan fungsionalitas produk yang meningkat (Wojakowski, 2015).

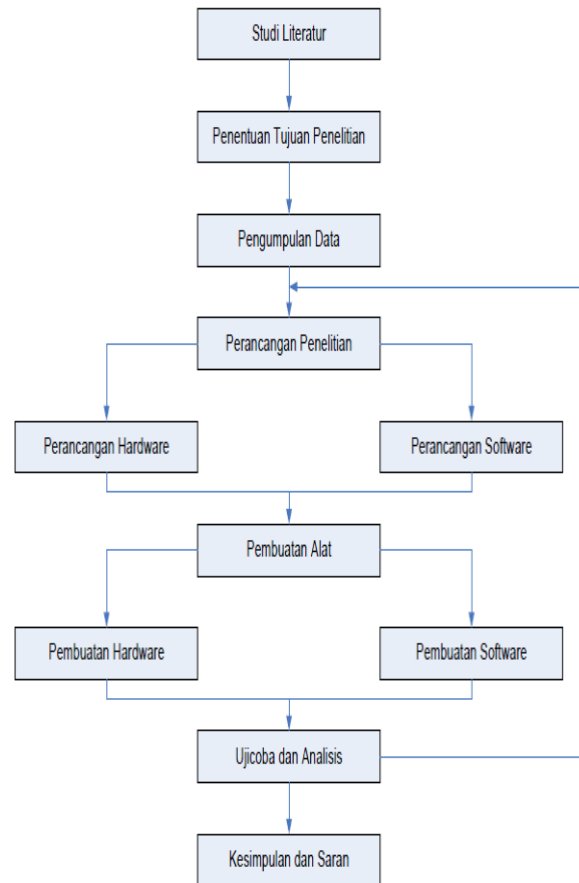
Protokol Modbus memungkinkan komunikasi yang mudah di semua jenis arsitektur jaringan (Fang, Han dan Han, 2013; Mulyadi dkk., 2021). Setiap jenis perangkat (PLC, HMI, Kontrol Panel, Driver, kontrol Motion, I/O Device dan lainnya) dapat menggunakan protokol Modbus untuk operasi remote (Narayan dan Anshika, 2015). Komunikasi yang sama dapat dilakukan juga pada serial line seperti pada Ethernet TCP/IP (Salem dan Mahfouz, 2016).

Pada penelitian yang sudah ada, Modbus RTU dan ASCII memiliki Delay  $\pm 1$  Detik dengan komunikasi serial (Sangolli dan Baligar, 2015). Serta Modbus TCP/IP memiliki delay 1  $\mu$ s pada jarak 10 meter menggunakan komunikasi kabel ethernet (Setioko, Murti dan Sumaryo, 2019).

Penelitian ini memfokuskan berapa detik yang akan didapatkan jika menggunakan Komunikasi Wireless. Dengan sistem Modbus protokol TCP/IP dapat memungkinkan diterapkan pada sistem Andon yang dapat melakukan komunikasi antar device dan menunjukkan data yang *real time* serta dapat mempermudah user untuk *monitoring* dan *recording data* secara akurat.

## 2. METODOLOGI

Adapun tahapan penelitian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



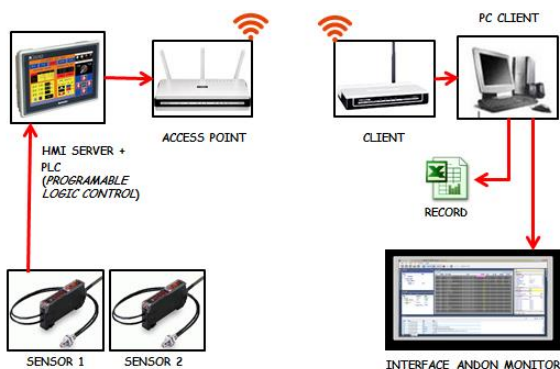
Gambar 1. Alur penelitian

### 2.1. Gambaran Umum Sistem

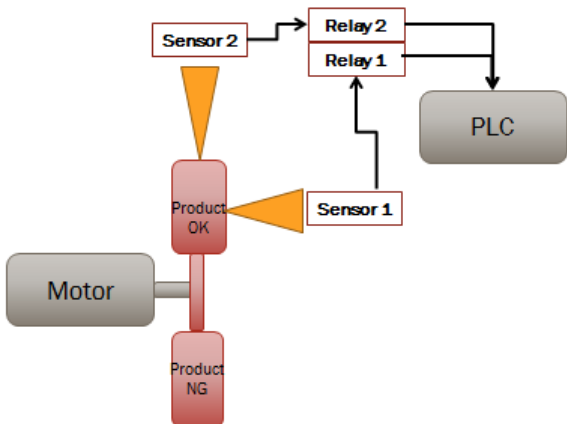
Obyek penelitian ini adalah menggunakan sistem komunikasi Modbus TCP/IP yang di implementasikan pada sistem Andon dan dimonitoring menggunakan *Wireshark* untuk mendapatkan nilai delay koneksi dan *delay* pengiriman data. Skema rangkaian alat dapat dilihat pada Gambar 2.

### 2.2. Perancangan Perangkat Keras

Perancangan *hardware* pada menggunakan perangkat sensor, PLC dan HMI yang akan bekerja mendeteksi produk OK dan NG. Dengan simulasi rangkaian seperti pada Gambar 3.

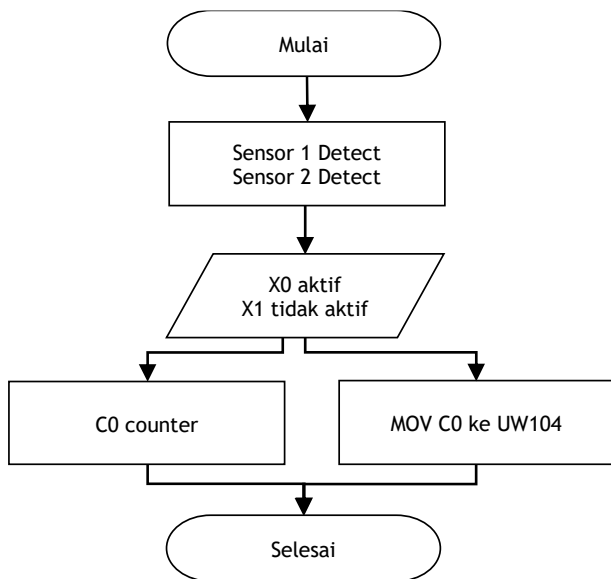


Gambar 2. Skema rangkaian penelitian

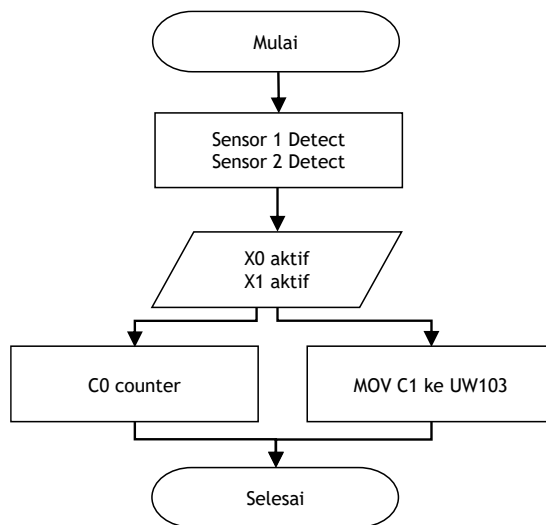


Gambar 3. Simulasi rangkaian kontrol produksi

Gambar 4 dan Gambar 5 menampilkan diagram blok fungsi perangkat dan sistem yang digunakan untuk pengujian yang dilakukan.



Gambar 4. Diagram kerja mendapatkan nilai NG



Gambar 5. Diagram kerja mendapatkan nilai OK

Desain layar HMI menunjukkan data pada memori PLC untuk visualisasi hasil data seperti pada Gambar 6.



Gambar 6. Desain HMI

Ladder diagram yang diprogramkan untuk dapat melakukan rumusan sistem yang digunakan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Proses pembacaan pada perangkat PLC dan HMI

No	Data	Memori	Rumus
1	PLANING	UW101	Input Manual
2	NG PART	UW103	$C0 = UW103$
3	OK PART	UW104	$C1 = UW104$
4	TARGET	UW102	$UW102 = UW101 - UW103$
5	BALANCE	UW105	$UW105 = UW102 + UW104$

Agar client dan server dapat saling berkomunikasi maka ditentukan pembagian IP Address yang akan digunakan pada server dan client, seperti pada Tabel 2.

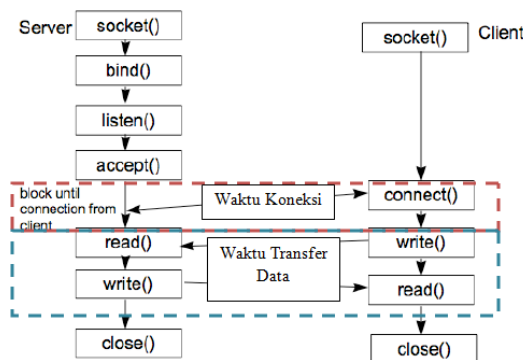
Tabel 2. Pembagian IP address

No	Host	IP	Jumlah
1	Gateway	192.168.1.1	-
2	Server	192.168.0.2	1
3	Client	192.168.0.3	1

Agar mendapatkan data yang akurat dari PLC ke interface maupun data record maka memerlukan software perantara yaitu DAQ Master (Susanto, 2017; Riyanto, Fuadi dan Murti, 2020). Pada tahapan ini diperlukan untuk setting alamat IP perangkat kemudian melakukan setting persamaan alamat memori Modbus dengan memori internal PLC yang akan ditampilkan atau direcord (Widiyanto, Sumbodo dan Al Janan, 2012). Dalam pemilihan alamat (lihat Tabel 3) data memori Modbus dilakukan setting pada alamat memori Holdong Register antara 40000-49999 karena data yang diolah adalah data analog.

Tabel 3. Data alamat pada Modbus

No	Data	Memori	Alamat Modbus
1	PLANING	UW101	40101
2	NG PART	UW103	40103
3	OK PART	UW104	40104
4	TARGET	UW102	40102
5	BALANCE	UW105	40105



Gambar 7. Proses koneksi dan pengiriman data Modbus TCP

Untuk mendapatkan data yang akurat dari perangkat server ke client perlu di lakukan analisa waktu tempuh proses pengiriman data. Pada proses pengukuran waktu tempuh menggunakan aplikasi Wireshark. Proses selanjutnya adalah dibandingkan dengan jarak lokasi server ke client. Dalam hal ini akan dilakukan percobaan untuk

kemudian dianalisis hasil uji coba antara jarak client server antara adalah 0, 10, 20, 30, 40, 50 meter menggunakan wireless 802.11n 2.4 Ghz dan di ukur di ruangan terbuka. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kecepatan data transfer dari server ke client dengan mengukur waktu delay pengiriman data yang di tunjukkan pada Gambar 7.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pengujian Sistem

##### 3.1.1. Pengujian Sensor

Untuk mendapatkan hasil yang akurat, maka sensor harus dilakukan pengujian terhadap produk. Pada pembacaan sensor dilakukan sebanyak 20 kali OK dan 20 kali NG disusun sebuah logika pembacaan sensor seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Keterangan OK dan NG

Produk Panjang 10 mm	Sensor 1 detect Sensor 2 detect	OK
Produk Panjang <10 mm	Sensor 1 detect Sensor 2 no detect	NG

Kemudian sensor tersebut dipasang ke dalam sebuah sumbu pada sebuah Motor DC yang berjalan konstan sehingga mendapatkan hasil pengukuran OK dan NG. Pada Tabel 5 menunjukkan bahwa sensor memiliki performa yang baik sehingga dapat dilanjutkan pada proses penelitian selanjutnya.

##### 3.1.2. Pengujian Ladder PLC

Program PLC dibuat berdasarkan proses kerja mesin dengan melihat status masukan kemudian diolah oleh Ladder Diagram untuk memberikan respon keluaran pada PLC (Widiyanto, Sumbodo dan Al Janan, 2012; Susanto, 2017). Pada Ladder Diagram akan dilihat respon X0 dan X1 terhadap nilai counter yang nantinya akan diteruskan pada memory internal UW. Kemudian dilakukan kalkulasi terhadap nilai input tersebut pada Ladder Diagram yaitu menentukan nilai TARGET (UW102) dan BALANCE (UW105) dengan rumus berikut:

$$\begin{aligned} \text{TARGET} &= \text{PLANNING} - \text{OK PART} \\ \text{UW102} &= \text{UW101} - \text{UW104} \end{aligned} \quad (1)$$

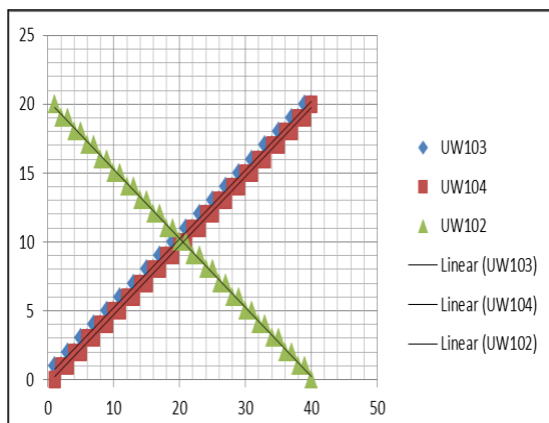
$$\text{BALANCE} = \text{TARGET} + \text{NG PART}$$

$$\text{UW105} = \text{UW102} + \text{UW103} \quad (2)$$

Tabel 5. Hasil uji sensor

Urutan Product	Sensor 1	Sensor 2	
	Deteksi Produk	Produk Panjang 10 mm	Produk Panjang ≤10 mm
1	Detect	Detect	No Detect
2	Detect	Detect	No Detect
3	Detect	Detect	No Detect
4	Detect	Detect	No Detect
5	Detect	Detect	No Detect
6	Detect	Detect	No Detect
7	Detect	Detect	No Detect
8	Detect	Detect	No Detect
9	Detect	Detect	No Detect
10	Detect	Detect	No Detect
11	Detect	Detect	No Detect
12	Detect	Detect	No Detect
13	Detect	Detect	No Detect
14	Detect	Detect	No Detect
15	Detect	Detect	No Detect
16	Detect	Detect	No Detect
17	Detect	Detect	No Detect
18	Detect	Detect	No Detect
19	Detect	Detect	No Detect
20	Detect	Detect	No Detect

Dalam percobaan ini diberikan nilai PLANNING 20 untuk melihat hasil TARGET dan BALANCE dari Program Ladder PLC apakah sesuai atau tidak. Sehingga dapat dihasilkan korelasi data TARGET terhadap OK dan NG seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Scatter diagram analisa ladder diagram

Berdasarkan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi produk OK dan NG terhadap pembacaan Ladder Diagram adalah berbanding terbalik atau dengan kata lain program tidak mengalami masalah dalam pembacaan sensor.

### 3.1.3. Pengujian HMI Touch Screen

Untuk menerahui interface sesuai atau tidak terhadap Ladder PLC maka dilakukan pengecekan visual hasil dari pengolahan data dari PLC (Riyanto, Fuadi dan Murti, 2020). Dalam penyesuaian data berikut peneliti hanya mengambil 2 poin pengujian yaitu akurasi data input pada PLANING dan data output yang dilihat secara random.

Pada HMI harus tertera data yang diutuhkan, dalam pengujian HMI dilakukan simulasi pengisian jumlah target produksi, dalam hal ini disimulasikan planning produksi 20 pcs dan tampilan HMI tertera pada Gambar 9.



Gambar 9. Setting planning pada touch screen

Pada memori UW101 menampilkan data HMI yang sudah di masukkan. Pada memori UW101 menampilkan data 20 ditampilkan pada Gambar 10.

Device	UB/UW	Section	Variable	Present value
UW0101	UW00101	DoubleWord		20

Gambar 10. Monitoring input pada PLC

Pada simulasi kontrol PLC melakukan hasil perhitungan secara terus menerus sebanyak 20 kali hingga target menjadi 0. Simulasi dilakukan percobaan 20 kali dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Hasil visualisasi HMI touch screen

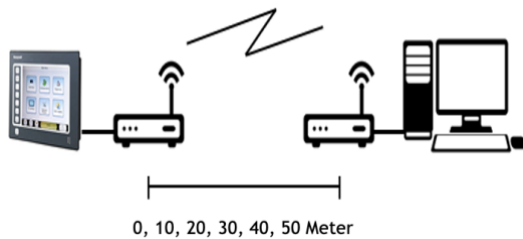
Device	UB/UW	Section	Variable	Present value
UW0101	UW00101	DoubleWord		20
UW0102	UW00102	DoubleWord		0
UW0103	UW00103	DoubleWord		20
UW0104	UW00104	DoubleWord		20
UW0105	UW00105	DoubleWord		20

Gambar 12. Monitoring data pada PLC

Tampilan memori setelah dilakukan simulasi 20 kali dapat dilihat pada Gambar 12. Hasil uji coba HMI touch screen menunjukkan bahwa perangkat tersebut berjalan dengan baik dan dapat dilakukan proses analisa berikutnya.

### 3.2. Pengujian Data Jaringan

Pada pengujian ini diharapkan dapat mengetahui kecepatan respon pengiriman data terhadap jarak antara client dan server. Untuk mengetahui jarak tempuh atau delay koneksi dan pengiriman data diperlukan aplikasi pendukung yaitu aplikasi Wireshark. Adapun jarak yang ditentukan adalah 0, 10, 20, 30, 40, 50 meter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 13.



Gambar 13. Skenario pengukuran waktu delay berdasarkan jarak

#### 3.2.1. Pengujian Delay Koneksi Terhadap Jarak

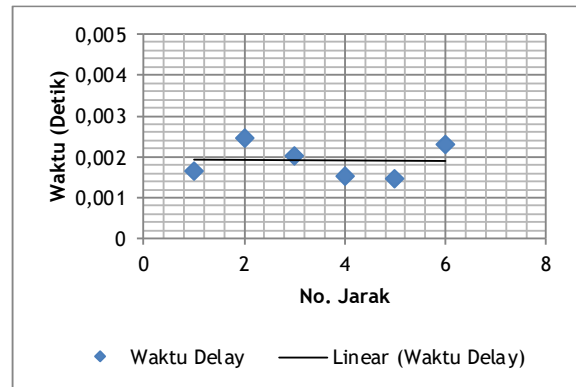
Hasil Pengukuran waktu koneksi dapat ditunjukkan pada Tabel 6 dan korelasi dapat dilihat pada Scatter Diagram pada Gambar 14.

Tabel 6. Hasil pengukuran waktu koneksi

Jarak (meter)	Waktu Delay (detik)
0	0,00165
10	0,002453
20	0,002032
30	0,001525
40	0,001473
50	0,002296

Pada hasil pengukuran delay koneksi menunjukkan bahwa tidak ada korelasi antara waktu delay terhadap jarak sehingga pada pengukuran ini diasumsikan selama masih terkoneksi sinyal wireless maka waktu delay

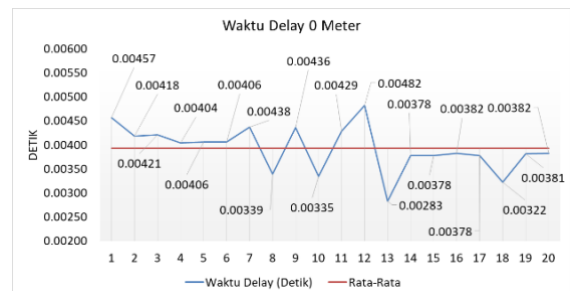
koneksi tidak menunjukkan adanya peningkatan waktu delay terhadap perubahan jarak.



Gambar 14. Scatter diagram pengukuran waktu delay koneksi

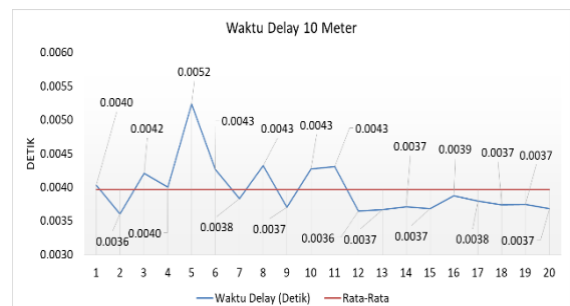
#### 3.2.2. Pengujian Delay Pengiriman Data Terhadap Jarak

1) Hasil Pengukuran waktu pengiriman data dengan jarak 0 meter memiliki korelasi dan waktu tempuh data rata-rata 0,0039278 detik, grafik dapat dilihat pada Gambar 15.



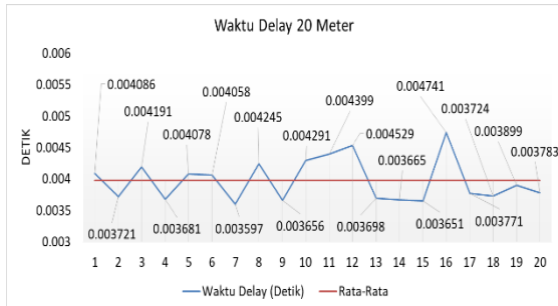
Gambar 15. Grafik pengiriman data dengan jarak 0 meter

2) Hasil Pengukuran waktu pengiriman data dengan jarak 10 meter memiliki korelasi dan waktu tempuh data rata-rata 0,00396365 detik, grafik dapat dilihat pada Gambar 16.



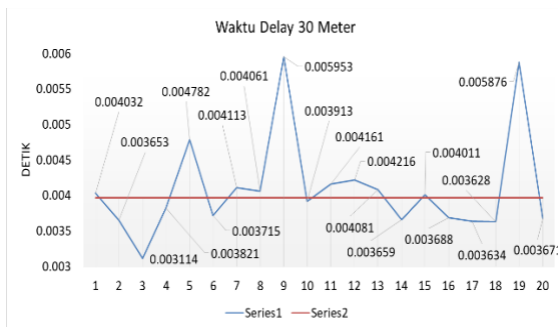
Gambar 16. Grafik pengiriman data dengan jarak 10 meter

3) Hasil Pengukuran waktu pengiriman data dengan jarak 20 meter memiliki korelasi dan waktu tempuh data rata-rata 0,0039732 detik, grafik dapat dilihat pada [Gambar 17](#).



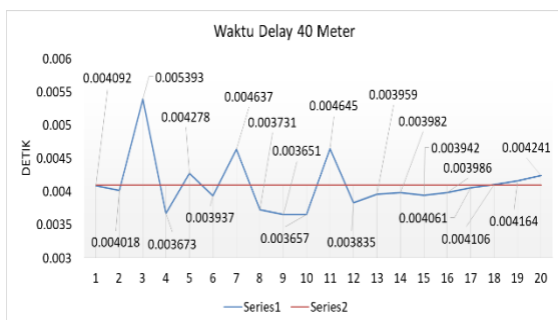
**Gambar 17.** Grafik pengiriman data dengan jarak 20 meter

4) Hasil Pengukuran waktu pengiriman data dengan jarak 30 meter memiliki korelasi dan waktu tempuh data rata-rata 0,0040891 detik, grafik dapat dilihat pada [Gambar 18](#).



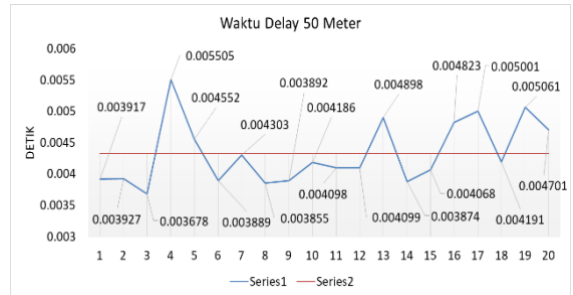
**Gambar 18.** Grafik pengiriman data dengan jarak 30 meter

5) Hasil Pengukuran waktu pengiriman data dengan jarak 40 meter memiliki korelasi dan waktu tempuh data rata-rata 0.0040994 detik, grafik dapat dilihat pada [Gambar 19](#).



**Gambar 19.** Grafik pengiriman data dengan jarak 40 meter

6) Hasil Pengukuran waktu pengiriman data dengan jarak 50 meter memiliki korelasi dan waktu tempuh data rata-rata 0,0043259 detik, grafik dapat dilihat pada [Gambar 20](#).

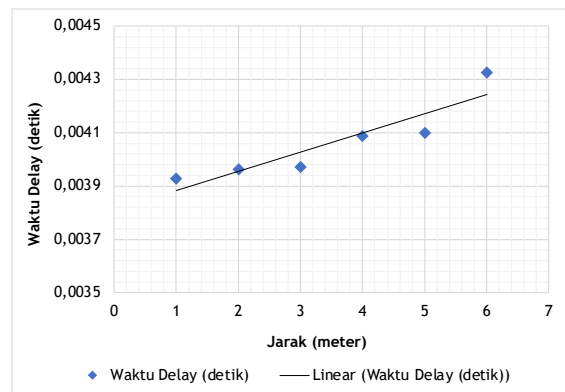


**Gambar 20.** Grafik pengiriman data dengan jarak 50 meter

7) Hasil perbandingan antara jarak dengan waktu delay dapat ditunjukkan pada [Tabel 7](#) dan dapat dilihat pada grafik *Scatter diagram* pada [Gambar 21](#).

**Tabel 7.** Hasil pengukuran *delay* berdasarkan jarak

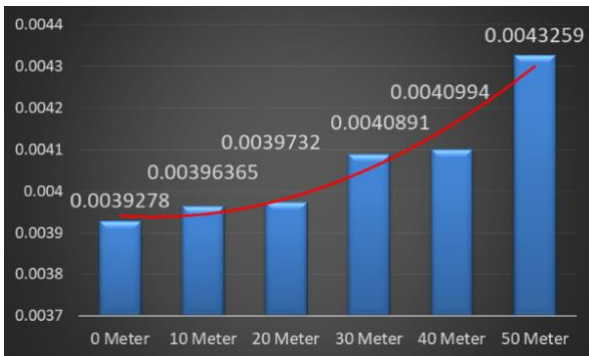
Jarak (meter)	Waktu Delay (detik)
0	0,0039278
10	0,0039636
20	0,0039732
30	0,0040891
40	0,0040994
50	0,0043259



**Gambar 21.** *Scatter diagram* pengukuran *delay* berdasarkan jarak

Hasil dari pengukuran waktu tersebut dapat dilihat pada [Gambar 22](#), bahwa adanya korelasi antara jarak dan waktu yang dimana semakin jauh jarak pengukuran maka *delay* semakin meningkat.

Pada penelitian ini pada jarak terdekat 0 meter memiliki delay 0,0039 detik, serta pada jarak terjauh 50 meter memiliki *delay* 0,0043 detik. Sehingga selisih antara jarak terdekat dan terjauh adalah 0,0004 detik.



Gambar 22. Diagram pengukuran waktu *delay* berdasarkan jarak

### 3.3. Hasil Data Record

Tampilan data record pada file Excel dapat dilihat pada Gambar 23. Hasil Record menunjukkan bahwa data yang di simpan sudah sesuai pada kondisi di lapangan serta data ini dapat menampilkan waktu pengambilan data dengan harapan data tersebut dapat diambil sebagai bahan analisa produksi.

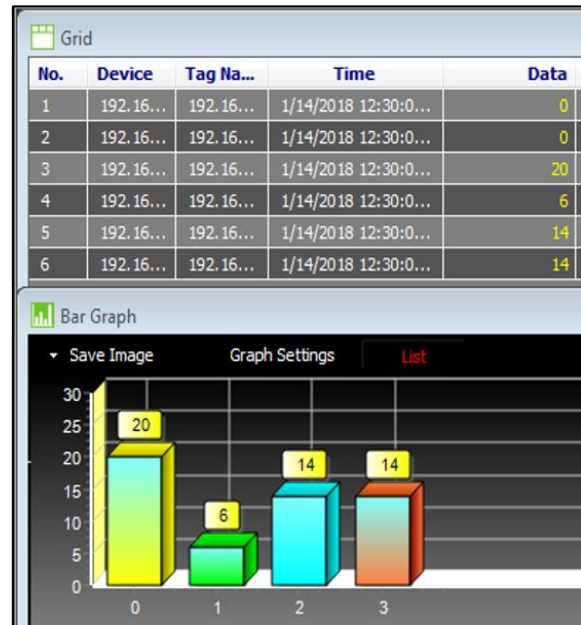
Device		
Address	MODBUS	
Ch Name		1
Tag Name	UW103	
Unit	192.168.1.2_9000_2_UW3	
Description		
Date		
1/14/2018	Time	Data
1/14/2018	00:39:53:542	20
1/14/2018	00:39:54:529	20
1/14/2018	00:39:55:539	20
1/14/2018	00:39:56:501	20
1/14/2018	00:39:57:515	20
1/14/2018	00:39:58:529	20
1/14/2018	00:39:59:529	20
1/14/2018	00:40:00:532	20
1/14/2018	00:40:01:524	20
1/14/2018	00:40:02:516	20

Gambar 23. Hasil data record pada memori UW103

### 3.4. Hasil Visual Andon Pada Line Produksi

Hasil visualisasi andon pada line produksi dapat dilihat pada Gambar 24. Visualisasi Andon tersebut sudah menampilkan data yang akurat terhadap kondisi di lapangan dengan asumsi user

dapat memahami visualisasi serta dapat memberikan respon yang cepat terhadap pemmasalahan pada *line* produksi (Budiyarto dkk., 2020).



Gambar 24. Visualisasi Andon pada *line* produksi

## 4. SIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan dapat disimpulkan, bahwa tidak ada korelasi antara waktu delay koneksi terhadap jarak yang di tentukan. Kemudian semakin dekat jarak client ke server maka semakin sedikit waktu tunggu, sehingga data yang di ditampilkan pada tampilan Visual Andon dengan rata-rata waktu 0,0039 detik.

Pada jarak 50 meter membutuhkan waktu transfer rata-rata 0,0043 detik sehingga semakin jauh jarak Client ke Server maka waktu tunggu cenderung semakin lama tetapi tidak mencapai lebih dari 0,01 detik dengan asumsi tidak mempengaruhi aktifitas produksi.

*Data record* yang disimpan menunjukkan bahwa hasil perekaman data, hasilnya tidak ada data yang hilang pada file tersebut serta hasil *data record* dilengkapi waktu perekaman untuk memudahkan user melakukan analisa data lebih lanjut. Sedangkan visual Andon menunjukkan data yang sesuai dengan pembacaan server serta dapat menampilkan sebuah grafik yang dapat dipahami oleh user.



## DAFTAR PUSTAKA

- Banerji, S. (2013) *Study and Development of a Data Acquisition & Control (DAQ) System using TCP/Modbus Protocol*. Under West Bengal University of Technology.
- Budiyarto, A. dkk. (2020) 'Desain Implementasi Andon untuk Production Monitoring System Berbasis Internet of Thing', *CESS (Journal of Computer Engineering, System and Science)*, 5(1), hal. 89-97.
- Fang, Y., Han, X. dan Han, B. (2013) 'Research and Implementation of Collision Detection Based on Modbus Protocol.', *Journal of Engineering Science & Technology Review*, 6(1), hal. 91-96.
- Mulyadi, I. H. dkk. (2021) 'Modul Komunikasi Modbus RTU over RS485 Berbasis Arduino', *Journal of Applied Electrical Engineering*, 5(1), hal. 26-29.
- Narayan, L. P. dan Anshika (2015) 'Data acquisition of solar power plant using scada system', *Int. J. Eng. Trends and Technol*, 23(4), hal. 189-194.
- Riyanto, A.G.P., Fuadi, A.Z. dan Murti, M.A. (2020) 'Andon System using Industrial IoT for Controlled Production Line by conventional PLC', *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(9), hal. 95-99.
- Salem, F.A. dan Mahfouz, A.A. (2016) 'Mechatronics Subsystems, Classification, Role, Selection Criteria and Synergistic Integration in Overall System Design', *American Journal of Educational Science*, 2(3), hal. 16-28.
- Sangolli, S. dan Baligar, V.P. (2015) 'Implementation of Modbus Protocol on Distributed Supervisory Control and Data Acquisition for Industrial Process', *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 4(7), hal. 1079-1082.
- Setioko, D.A., Murti, M.A. dan Sumaryo, S. (2019) 'Perancangan Sistem Andon Nirkabel Berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan PLC dan Raspberry Pi', in *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*. *Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, Medan: STMIK Budi Darma & STIKOM Tunas Bangsa, hal. 202-206.
- Susanto, A. (2017) 'Modul Programmable Logic Controller (PLC) Berbasis Arduino Severino', *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(2), hal. 99-109.
- Widiyanto, W., Sumbodo, W. dan Al Janan, D.H. (2012) 'Analisis Perancangan dan Pembuatan Program PLC Pembacaan Encoder Pada Sistem Robot Record and Replay', *Journal of Mechanical Engineering Learning*, 1(1), hal. 1-9.
- Wojakowski, P. (2015) 'Plant performance calculation in automotive industry using Andon system', *Research in Logistics & Production*, 5(4), hal. 361-370.

