

SISTEM OTOMASI PINTU PENGAMAN REL DAN KERETA LISTRIK BERBASIS WIRELESS SENSOR NETWORK

Safety Railway Gate Automation System and Electric Train Using Wireless Sensor Network

¹M. Efa Arnerio Martha, ²Basuki Rahmat, ³Junartha Halomoan

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom Jalan Telekomunikasi, Dayeuh Kolot Bandung 40275 Indonesia

¹arnerio@students.telkomuniversity.ac.id, ²basukir@telkomuniversity.ac.id, ³junartha@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Teknologi transportasi pada zaman ini telah berkembang sangat pesat, namun keseluruhan transportasi masih membutuhkan *human resource*, sebagai contoh kereta listrik. Adanya *human resource* pada sistem kereta maka memungkinkan adanya *human error* yang dapat menyebabkan kecelakaan seperti pada palang pintu jalan lalu lintas dan tabrakan antara kereta. Oleh sebab itu dibutuhkan sistem otomasi pada kereta guna mengurangi masalah tersebut. Kendali pergerakan dan pintu pengaman jalur kereta listrik merupakan solusi dari sistem otomasi. *Human resource* bertugas untuk memantau kereta listrik dan keadaan rel jika terjadi adanya masalah. Transmisi *node* menggunakan topologi *star* dan topologi *tree* guna membandingkan waktu transmisi. Topologi *star* membutuhkan 1.0113 detik untuk mentransmisikan data, sedangkan topologi *tree* membutuhkan 3.034 detik. Jarak yang dapat dijangkau menggunakan nRF24L01 pada *node* yaitu 90 meter. Prototipe kereta yang digunakan berjumlah dua buah untuk membandingkan kecepatan. Kecepatan prototipe kereta A adalah 0.1818 m/s pada jalur lurus dan 0.1493 m/s pada jalur belok. Kecepatan prototipe kereta B adalah 0.1860 m/s pada jalur lurus dan 0.1516 m/s pada jalur belok. Sensor pengaman jalur yang digunakan berjumlah empat buah sebagai pendeteksi arah datang kereta.

Kata Kunci: *Limit Switch, Wireless Sensor Network, Pulse Width Modulation, pengaman jalur, kendali kecepatan.*

Abstract

Transport technology in this era has been growing rapidly, but still requires human resource for example electric trains. The presence of human resource allow for human error that often cause accidents, in the gateway rails and collisions trains. Therefore, it needs automation system to reduce that problem. Movement control electric train and the safety gate railway are solutions of the automation system.

Human resource responsible for monitoring the train and railway to check if any problem. Transmission *node* using a *star* topology and ring topology to compare the transmission time. *Star* topology require 1.0113 seconds to transmit data, while the *tree* topology requires 3,034 seconds. The distance that can be reached using nRF24L01 on a *node* is 90 meters. The prototype train using two pieces to compare speed train. Prototype A train speed is 0.1818 m/s in a straight line and 0.1493 m/s in the turn lane. Prototype B train speed is 0.1860 m/s in a straight line and 0.1516 m/s in the turn lane. Safety gate railway using four sensors to check train arrival.

Keywords: *Proximity, Wireless Sensor Network, Pulse Width Modulation, security gate rails, pace control.*

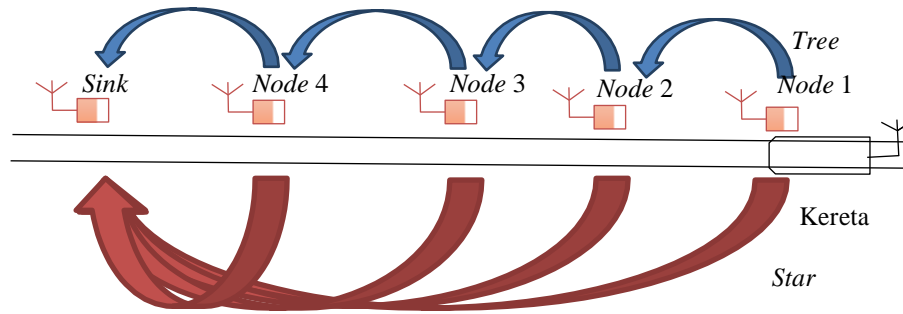
1. Pendahuluan

Sistem otomatis akan mempermudah dalam menjalankan aktifitas sehari – hari, baik rutinitas pribadi maupun korporasi. Transportasi sebagai urat nadi dari sebuah aktifitas ekonomi dan pembangunan sudah menjadi bagian penting dalam beraktifitas sehari – hari. PT. KAI sebagai pengelola perkeretaan di Indonesia terus melakukan perbaikan dari segi pelayanan maupun sarana dan prasarana, namun masih banyak kekurangan dalam pengoperasian kereta. Akibat dari itu terjadi kerugian pada PT. KAI, penumpang dan masyarakat sekitar. Sebagai contoh sering terjadi kecelakaan pada pintu pengaman jalur kereta. Sebagai contoh kasus yang terjadi pada tanggal 16 Agustus 2015, tertabraknya mobil pribadi oleh KA Probowangi yang diakibatkan kelalaian penjaga palang pintu yang telat menutup pintu pengaman perlintasan di Jember (Republika.co.id, 16 Agustus 2015).

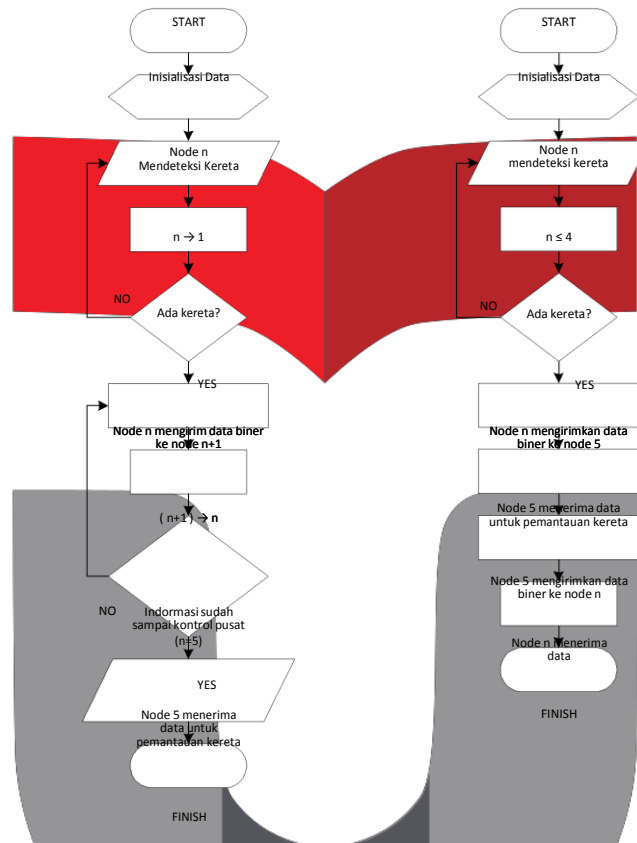
Pada jurnal ini, untuk menunjang sistem transportasi kereta listrik menggunakan teknologi Wireless Sensor Network dibutuhkan komponen seperti modul *transceiver* nRF24L01, mikrokontroler dan sensor pendeteksi. Sistem ini bertujuan untuk mengendalikan kereta, pemilihan jalur, dan palang pintu pengaman jalur kereta. Hal tersebut dimaksudkan untuk mengurangi tingkat kecelakaan yang disebabkan *human error* dan juga sistem kereta yang terintegrasi seluruh lini dari semua penunjang transportasi kereta akan membuat *monitoring* untuk berjalannya sistem terpusat akan memberikan dampak efektifitas dan efisiensi.

2. Sistem Kereta Listrik

Sistem kereta listrik menggunakan *wireless sensor network* meliputi kendali kecepatan kereta dan kendali palang pintu pengaman rel. Topologi yang digunakan yaitu topologi *tree* dan *star* guna untuk dapat dibandingkan efisiensi pengiriman data antar *node*.

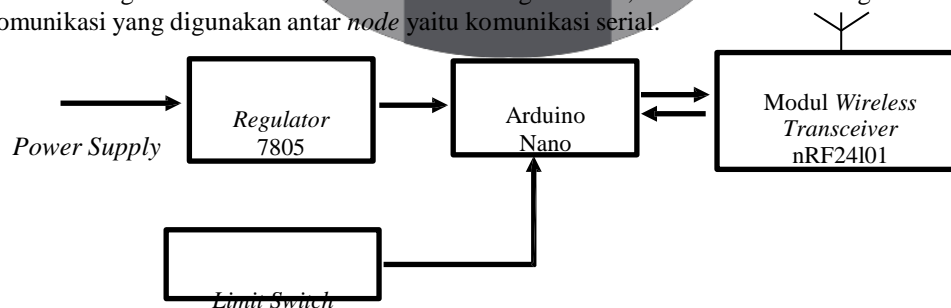


Gambar 1 Ilustrasi Pengiriman dan Penerimaan Data

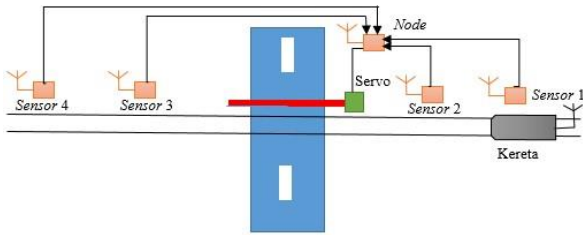


Gambar 2 Diagram Alir Transmisi Menggunakan Topologi Tree (kiri) dan Topologi Star (kanan)

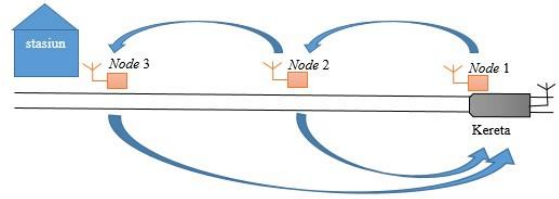
Node berfungsi sebagai receiver atau transmitter untuk menyampaikan data biner menuju sink. Node terdiri dari Arduino Nano sebagai mikrokontroler, limit switch sebagai sensor, dan nRF24L01 sebagai media komunikasi antar node. Komunikasi yang digunakan antar node yaitu komunikasi serial.



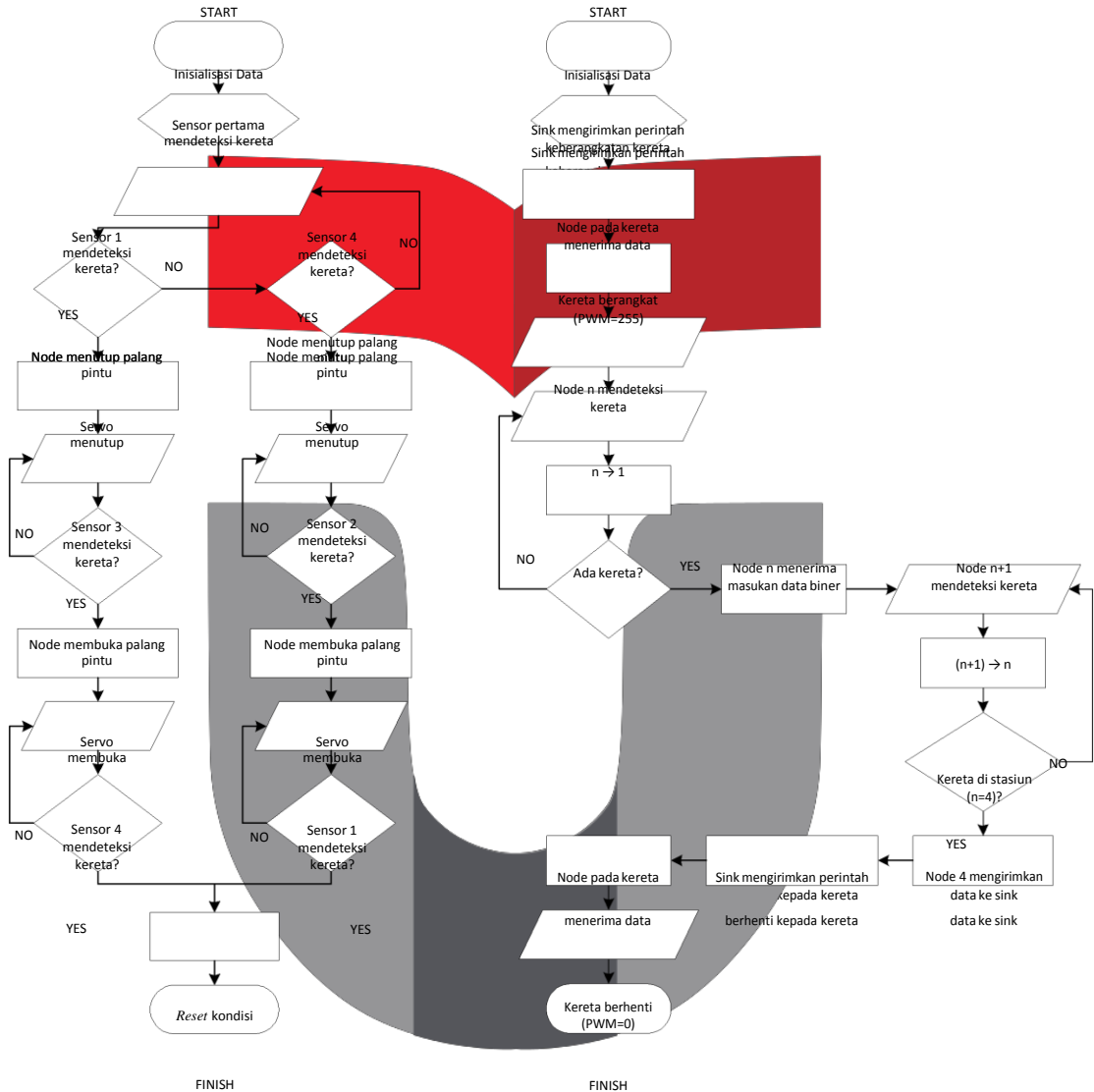
Gambar 3 Diagram Node



Gambar 4 Ilustrasi Buka Tutup Palang Pintu



Gambar 5 Ilustrasi Kereta Tiba di Stasiun



Gambar 6 Diagram Alir Buka Tutup Palang Pintu (kiri) dan Pengaturan Kecepatan Kereta

Prototipe palang pintu terdiri dari:

- Arduino Nano sebagai mikrokontroler untuk memproses data.
- Empat buah sensor *limit switch* sebagai pendeteksi arah datangnya kereta.
- Motor servo* sebagai aktuator yang berfungsi membuka dan menutup palang pintu.

Sedangkan pada kereta terdiri dari:

- Arduino Nano sebagai mikrokontroler.
- Driver motor sebagai pengubah nilai analog to digital converter menjadi nilai pulse width modulation untuk kecepatan motor.
- nRF24L01 sebagai receiver data yang dikirimkan oleh *node* dan *sink*.
- Dua buah motor DC 5V sebagai penggerak kereta.
- Regulator 7805 sebagai penyetabil tegangan

- f. Dua buah baterai 3.7 VDC sebagi catu daya pada driver motor untuk motor DC, dan 9 VDC sebagai catu daya Arduino Nano dan driver motor.

3. Eksperimen dan Analisis

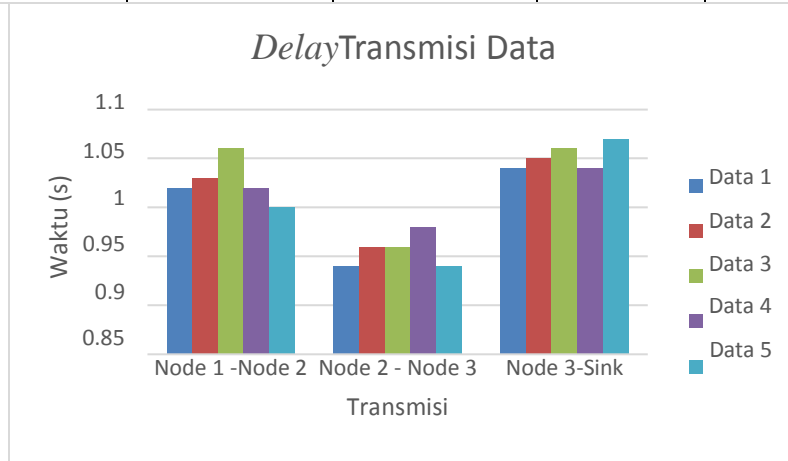
Pengujian yang akan dilakukan yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data, kecepatan kereta dan buka tutup palang pintu pengaman rel.

3.1. Pengujian Transmisi antar Node

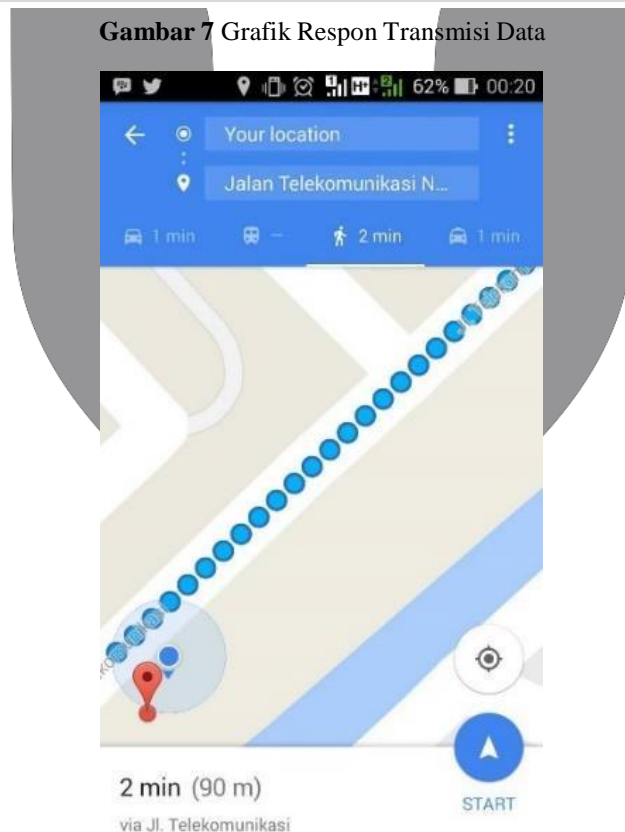
Node pertama akan dibuat seolah-olah mendeteksi kereta. Node pertama akan mengirimkan informasi menuju node kedua dan selanjutnya hingga menuju sink. Topologi yang digunakan yaitu tree.

Tabel 1 Delay Transmisi Data

No	TIME			
	Node 1 -Node 2 (s)	Node 2 - Node 3 (s)	Node 3-Sink (s)	Total (s)
1	1.02	0.94	1.04	3
2	1.03	0.96	1.05	3.04
3	1.06	0.96	1.06	3.08
4	1.02	0.98	1.04	3.04
5	1.00	0.94	1.07	3.01
Rata-rata	1.026	0.956	1.052	3.034



Gambar 7 Grafik Respon Transmisi Data



Gambar 8 Jarak Maksimal Transmisi antar Node Menggunakan Google Maps

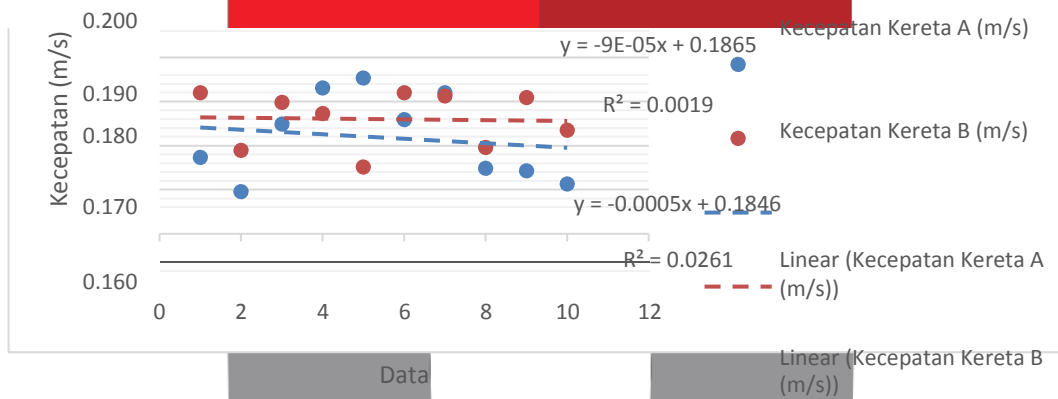
Waktu total yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data menggunakan topologi tree yaitu 3.034 s. Jarak maksimal transmisi node adalah 90 meter.

3.2. Pengujian Kecepatan Kereta

Pengujian ini dilakukan dengan cara pengambilan data waktu tempuh kereta. Data ini akan digunakan untuk mendapatkan nilai kecepatan kereta. Perhitungan waktu dilakukan dengan menggunakan *stopwatch*. Pengambilan data kecepatan dilakukan untuk membandingkan kecepatan kereta A dan kecepatan B.

Tabel 2 Pengujian Kecepatan Kereta Pada Jalur Lurus 100 cm

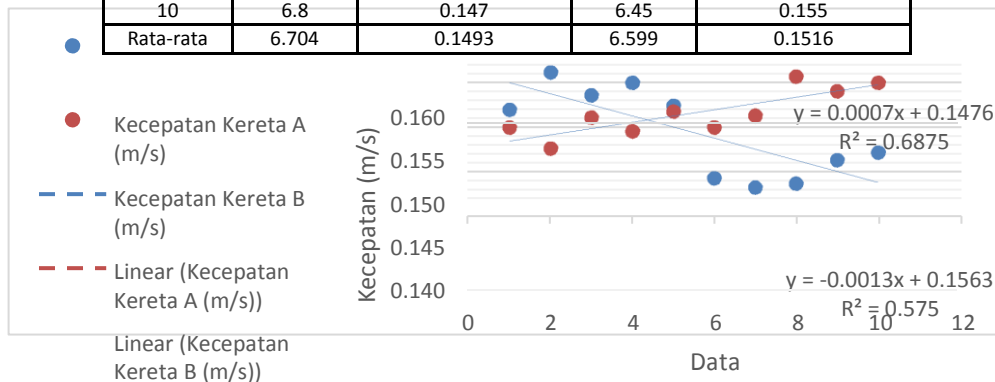
No.	KERETA			
	A		B	
	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
1	5.64	0.177	5.21	0.192
2	5.9	0.169	5.59	0.179
3	5.41	0.185	5.27	0.190
4	5.18	0.193	5.34	0.187
5	5.12	0.195	5.71	0.175
6	5.38	0.186	5.21	0.192
7	5.21	0.192	5.23	0.191
8	5.72	0.175	5.57	0.180
9	5.74	0.174	5.24	0.191
10	5.84	0.171	5.45	0.183
Rata-rata	5.514	0.1818	5.382	0.1860



Gambar 9 Grafik Kecepatan Kereta Pada Jalur Lurus 100 cm

Tabel 3 Kecepatan Kereta Pada Jalur Belok 100 cm

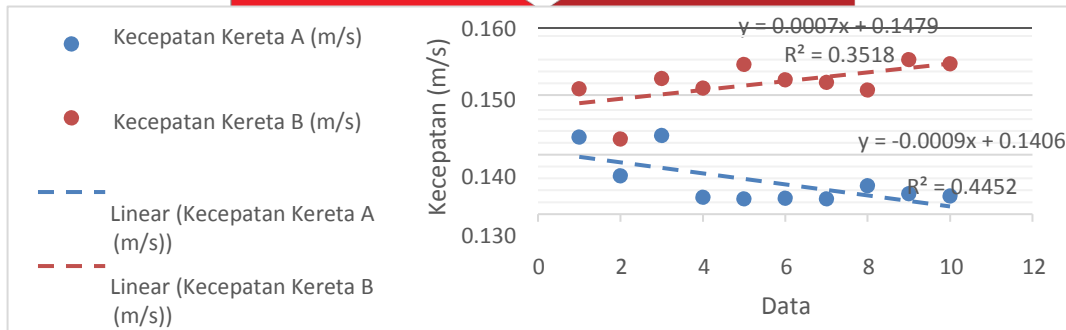
No.	KERETA			
	A		B	
	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
1	6.58	0.152	6.67	0.150
2	6.4	0.156	6.78	0.147
3	6.51	0.154	6.62	0.151
4	6.45	0.155	6.69	0.149
5	6.56	0.152	6.59	0.152
6	6.94	0.144	6.67	0.150
7	6.99	0.143	6.61	0.151
8	6.97	0.143	6.42	0.156
9	6.84	0.146	6.49	0.154
10	6.8	0.147	6.45	0.155
Rata-rata	6.704	0.1493	6.599	0.1516



Gambar 10 Grafik Kecepatan Pada Jalur Belok 100 cm

Tabel 4 Kecepatan Kereta Pada Jalur 210 cm

No.	KERETA			
	A		B	
	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)	Waktu (s)	Kecepatan (m/s)
1	14.69	0.143	13.9	0.151
2	15.39	0.136	failed	n/a
3	14.66	0.143	failed	n/a
4	failed	n/a	14.72	0.143
5	15.81	0.133	13.74	0.153
6	15.84	0.133	13.89	0.151
7	15.83	0.133	13.53	0.155
8	15.84	0.133	13.76	0.153
9	15.58	0.135	failed	n/a
10	15.74	0.133	13.8	0.152
11	15.78	0.133	13.92	0.151
12			failed	n/a
13			13.46	0.156
14			13.52	0.155
Rata-rata	15.516	0.1357	13.824	0.1511



Gambar 11 Grafik Kecepatan Kereta Pada Jalur 210 cm

Pada tabel 2, tabel 3, dan tabel 4 membuktikan bahwa kereta A memiliki kecepatan lebih lambat dibandingkan kereta B. Hal ini dipengaruhi oleh:

- a. Spesifikasi Motor DC
 - b. Catu daya driver motor
 - c. Gaya gesek yang dihasilkan (kereta A menggunakan 12 roda dan kereta B menggunakan 10 roda)
- Kecepatan kereta diperoleh dengan mengetahui nilai jarak dan waktu jarak tempuh.

$$v = \frac{s}{t} \tag{4.1}$$

Dengan: v = kecepatan (m/s)
 s = jarak (m)
 t = waktu (s)

Sesuai dengan Hukum II Newton bahwa gaya sentrifugal akan menyebabkan percepatan sentrifugal. Pada saat menikung, kecepatan kendaraan tidak boleh terlalu tinggi karena akan menghasilkan gaya sentrifugal yang besar. Batas kecepatan kendaraan terjadi saat besarnya gaya sentrifugal sama dengan gaya gesekan maksimum kendaraan terhadap jalur yang arahnya berlawanan dengan gaya sentrifuga. Dengan demikian, resultan gaya pada arah tegak lurus gerak kendaraan harus sarna degan nol^[14].

$$\frac{mv^2}{r} = f_s = \mu_s N = \mu_s m \cdot g \tag{4.2}$$

$$v_{\max} = \sqrt{\mu_s \cdot r \cdot g} \tag{4.3}$$

Dengan: F_s = gaya sentripetal (Newton)
 f_s = gaya gesek (Newton)
 m = massa (Kilogram)
 v_{\max} = laju kendaraan agar tidak slip (meter/sekon)
 g = percepatan gravitasi (meter/sekon²)
 r = jari-jari dalam putaran jalan (meter)
 μ_s = koefisien gesekan statis

Maka: $v_{\max} = \sqrt{9,8 \cdot 0,30 \cdot 0,25}$
 $= \sqrt{0,99225} = 0.8573 \text{ m/s}$

Dengan PWM maksimum yang diberikan pada *driver motor*, maka kereta tidak akan anjlok karena kecepatan pada saat belok yaitu 0.1516 m/s.

Pada tabel 4, data menunjukkan bahwa adanya kereta anjlok. Faktor yang menyebabkan kereta anjlok yaitu:

- Keseimbangan kereta
- Jumlah roda yang digunakan
- Ukuran rel tidak simetris
- Custom* wesel kurang optimal

3.3. Pengujian Palan Pintu Pengaman Rel

Empat buah sensor diletakkan diantara motor servo yang digunakan sebagai palan pintu dan dihubungkan dengan *node*. Sensor berfungsi sebagai pendeteksi kereta yang akan melintasi jalur lalu lintas. Masing- masing sensor diletakkan dengan jarak 10 cm.



Gambar 12 Palan Pintu Pengaman Rel

Saat prototipe kereta dari titik A menuju titik B:

- Posisi sudut servo 90° (membuka)
- Sensor 1 mendeteksi kereta, maka sudut servo berada posisi 0° (menutup)
- Sensor 2 mendeteksi kereta, sudut servo tetap.
- Sensor 3 mendeteksi kereta, sudut servo berubah posisi menjadi 90° (membuka)
- Sensor 4 mendeteksi kereta, sudut servo tetap.

Saat prototipe kereta dari titik B menuju titik A:

- Posisi sudut servo 90° (membuka)
- Sensor 4 mendeteksi kereta, maka sudut servo berada posisi 0° (menutup)
- Sensor 3 mendeteksi kereta, sudut servo tetap.
- Sensor 2 mendeteksi kereta, sudut servo berubah posisi menjadi 90° (membuka)
- Sensor 1 mendeteksi kereta, sudut servo tetap.

4. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Komunikasi antar *node* menggunakan komunikasi serial. Jarak maksimum agar *node* dapat berkomunikasi yaitu 90 meter.
- Topologi *tree* membutuhkan 3.034 detik untuk mentransmisikan data dari *node* 1 menuju *sink*.
- Kecepatan prototipe kereta A adalah 0.1818 m/s pada jalur lurus dan 0.1493 m/s pada jalur belok. Kecepatan prototipe kereta B adalah 0.1860 m/s pada jalur lurus dan 0.1516 m/s pada jalur belok.

Daftar Pustaka

- [1] Lini Bisnis Transportasi Perkeretaapian., Len, 2015. Web. 23 Juli 2016 <<http://www.len.co.id/teknologi-bisnis/transportasi-perkeretaapian/>>
- [2] Wisnu, Rahma. Studi Tentang Teknologi GSM Untuk Sistem Telekomunikasi Perkeretaapian Di Indonesia. ITS Undergraduate Paper. digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-10430-Paper.pdf. (Diakses 23 Juli 2016)
- [3] Dwi, Anita., dan Seno Slamet. Perancangan Alat Pemantau Kondisi Kesehatan Manusia. EDUEL 4 (2)(2015). <http://Journal.unnes.ac.id/sju/index.php/edukom>. (Diakses 23 Juli 2016)

- [4] Fajriansyah, Burhan., Muhammad Ichwan dan Ratna Susana. Evaluasi Karakteristik XBee Pro dan nRF24L01+ sebagai Transceiver Nirkabel. Jurnal ELKOMIKA Vol.4 (1)(2016). ejournal.itenas.ac.id/index.php/elkomika/article/download/846/pdf. (Diakses 24 Juli 2016)
- [5] Stefanus AT, Haryanto, Paulaide S (2015). "Rancang Bangun Pemecah Kulit Padi Dengan Pengaturan Kecepatan Motor Dengan Metode Fuzzy". Journal of Control and Network System. 4(1): <http://jurnal.stikom.edu/index.php/jcone/article/download/516/374> (diakses pada tanggal 27 November 2015).
- [6] Dimas HYP, Rizwan D. "Studi Pengaturan Kecepatan Motor DC Shunt Dengan Metode Ward Leonard". Anonim: http://jurnal.usu.ac.id/singuda_ensikom/article/download/5068/2920 (diakses pada tanggal 27 November 2015).
- [7] Rangkaian Driver/Kontrol Motor Stepper., Zona Elektro, 13 September 2014. Web. 25 Juli 2016 <<http://www.zonaelektro.net/rangkaian-driverkontrol-motor-stepper>>
- [8] Datasheet L293, L293d (1986) Revised November 2004
- [9] Teori Motor Stepper : Jenis Dan Prinsip Motor Stepper., Zona Elektro, 12 Mei 2015. Web. 26 Juli 2016 , <<http://zonaelektro.net/motor-stepper/>>
- [10] Kazem Sohraby, Daniel Minoli, dan Taieb Znati "Wireless Sensor Network Technology, Protocols, and Applications"
- [11] Holdger Karl, dan Andreas Willig (2005). "Protocols and Architectures for Wireless Sensor Network". profsite.um.ac.ir/~hyaghmae/ACN/WSNbook.pdf (diakses 15 Mei 2016)
- [12] Kelebihan dan Kekurangan Topologi Tree (Pohon)., Artikelsiana, 2015. Web. 27 Juli 2016 <<http://www.artikelsiana.com/2015/04/tree-kelebihan-kekurangan-topologi-tree-pohon.html>>
- [13] Prayogo, Rudito. 2012. Web. 28 November 2015. "Pengaturan PWM.", <maulana.lecture.ub.ac.id/files/2012/12/PWM-Rudito.pdf>
- [14] Secsio, Risal. "Menghitung Kecepatan Mobil di Tikungan". 2013. Web. 16 Oktober 2016 <http://www.zakapedia.com/2013/05/menghitung-kecepatan-mobil-di-tikungan_12.html>