

## Analisis Peralatan Persinyalan Kereta Api dengan Persinyalan Elektrik *SILSafe4000* Di Stasiun Lempuyangan Yogyakarta

Bima Sekti Wibawanto<sup>1</sup>, bimasekti1907@gmail.com

Jenny Putri Hapsari<sup>2</sup>, jenny@unissula.ac.id

Agus Suprajitno<sup>3</sup>, suprajitno@unissula.ac.id

Teguh Arifianto<sup>4</sup>, Teguh@ppi.ac.id

Teknik Elektro<sup>1,2,3</sup>, Universitas Islam Sultan Agung Semarang<sup>1,2,3</sup>

Teknologi Elektro Perkeretaapian<sup>4</sup>, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun<sup>4</sup>

### ABSTRAK

Persinyalan kereta api merupakan suatu bentuk, warna atau cahaya untuk memberikan isyarat kepada masinis dengan arti tertentu untuk mengatur perjalanan kereta api yang aman. Pembaharuan persinyalan pada stasiun-stasiun pada lintas Jawa dan Sumatra. Salah satunya pembaharuan persinyalan elektrik pada stasiun Lempuyangan yang sebelumnya pertama dibangun pada tahun 1986. Faktor utama diperbaharui yaitu suku cadang yang sulit dan sering mengalami gangguan dan memengaruhi kehandalan. Persinyalan elektrik ini menggunakan *SILSafe4000* yang dikembangkan oleh anak bangsa dari PT LEN. Pada penelitian ini melakukan analisis sistem kehandalan persinyalan elektrik *SILSafe4000* pada stasiun Lempuyangan dengan merujuk standarisasi peralatan, perhitungan kapasitas lintas dan kuisioner kepada PPKA (pengatur perjalanan kereta api) stasiun Lempuyangan terhadap tingkat kemudahan pengoperasian HMI (*Human Machine Interface*). Peneliti mengumpulkan data-data yang dibutuhkan. Berdasarkan standarisasi, standar tegangan motor BSG9 dan sinyal  $110\text{VAC} \pm 10\%$ , tegangan deteksi (balikan)  $24\text{VDC} \pm 10\%$ , nilai arus  $< 10\text{A}$ , pentanahan  $< 5\Omega$ ,  $R \leq 50\Omega$  dan insulasi. Bahwa parameter-parameter berupa tegangan sinyal, resistansi kabel, nilai pentanahan sinyal, tegangan deteksi, tegangan penggerak motor dan arus motor sudah sesuai standar peralatan dan sistem handal. Akan tetapi peralatan MJ24, J10, J20, J24, W13B, W23B, W23C, W13C, W43A dan W43B perlu dilakukan perbaikan. Dengan perhitungan kapasitas lintas bahwa stasiun Lempuyangan mampu melayani perjalanan kereta api seharinya 134 kereta, rata-rata headway 12,51 menit, memaksimalkan kapasitas lintas sebesar 116 kereta  $\sum \text{KA} > \text{K}$  dilayani dengan sistem persinyalan elektrik dengan aman dan *zero accident*. Kemudian kuisioner yang diberikan kepada petugas mengenai tingkat kemudahan pengoperasian HMI sangat mudah dengan nilai 4,7/5.

Kata kunci : Persinyalan elektrik, *SILSafe4000*, Kereta api, Stasiun Lempuyangan.

### ABSTRACT

*Railway signaling is with color, light to give a cue to train driver with certain meaning to control safety of railway traffic. The renewal of signalling system across stations at Java and Sumatra's line. One of renewal electrical signalling is implemented at Lempuyangan station, which was previously built 1986. The main renewal factor is spare parts that difficult to find and often to be failure that affect the reliability of signalling system. This electrical signalling equipped with *SILSafe4000* that developed by PT LEN Indonesia. In this study, analysis of *SILSafe4000* electrical signaling system reliability at Lempuyangan station was carried out by referring to the standardization of equipment, cross-capacity calculations and questionnaires to Train Dispatcher (PPKA) to the simplicity level for operation of Human Machine Interface (HMI). The researcher needs collect relevant data based on standardization of BSG9 motor voltage and  $110\text{VAC} \pm 10\%$  signal,  $24\text{VDC} \pm 10\%$  inverse detection voltage, current rate  $< 10\text{A}$ , ground  $< 5\Omega$ ,  $R \leq 50\Omega$  and insulation. The parameters are current of the signal, cable resistance, grounding value, detection voltage, motor drive voltage and motor current are in accordance with reliable equipment and system standards. However, MJ24, J10, J20, J24, W13B, W23B, W23C, W13C, W43A and W43B equipment repaired. By calculating traffic capacity, Lempuyangan station is able to serve 134 trains a day, average headway is 12.51 minutes, maximizing traffic capacity of 116 trains KA > K served with safety electrical signaling system and zero accidents. Then questionnaire given to officers regarding simplicity level for operation HMI is very simple with score of 4.7/5.*

*Keyword : electrical signaling, *SILSafe4000*, train, Lempuyangan station*

## 1 PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Persinyalan kereta api merupakan suatu bentuk, warna atau cahaya untuk memberikan isyarat kepada masinis dengan arti tertentu untuk mengatur perjalanan kereta api yang aman. Persinyalan elektrik merupakan suatu peralatan persinyalan yang terdiri dari peralatan *indoor* berupa *Interlocking* elektrik, meja pelayanan, *data logger*, peralatan blok dan catu daya serta peralatan *outdoor* berupa sinyal, penggerak wesel elektrik, pendeteksi sarana, media transmisi dan sistem proteksi [2].

Salah satu tipe peralatan persinyalan elektrik MIS (*Modular Interlocking Systems*) beroperasi dari tahun 1986 pada stasiun lempuyangan yang dimana untuk suku cadang peralatan sulit dan seringnya gangguan sehingga mempengaruhi kehandalan sistem. Sehingga pemerintah mendongkrak dalam pembaharuan sistem persinyalan dengan produk lokal atau dalam negeri serta dalam memaksimalkan pengoperasian perjalanan kereta api guna penunjang kegiatan ekonomi dengan mengganti peralatan persinyalan elektrik.

Pembaharuan persinyalan bertujuan untuk keselamatan perjalanan kereta api dan mampu sistem dalam melayani dengan jumlah kereta meningkat setiap tahunnya. Hal ini tentunya adanya pembaharuan persinyalan elektrik *SILSafe4000* yang dikembangkan oleh PT LEN.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan studi dan analisa mengenai Peralatan Persinyalan Kereta Api dengan Persinyalan Elektrik *SILsafe4000* di Stasiun Lempuyangan Yogyakarta yang telah terinstalasi dan beroperasi.

### 1.2 Tujuan Penelitian

Setelah dilakukan proses instalasi atau pemasangan persinyalan elektrik baru *SILSafe4000* pada stasiun lempuyangan dibutuhkan analisis kehandalan peralatan elektrik guna keselamatan dan keamanan perjalanan kereta api dengan jumlah kereta api yang semakin meningkat dan mengetahui tingkat kesulitan pengoperasian HMI (*Human Machine Interface*) pada VDU (*Visual Display Unit*) oleh pengatur perjalanan kereta api.

## 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Sebagai rujukan dalam melakukan penelitian ini, peneliti menggunakan referensi penelitian terdahulu yang relevan. Judul penelitian terdahulu

Peningkatan Keamanan Perjalanan Kereta Api Dengan Penggunaan Sistem *Axle Counter* dan Media Transmisi *Fiber Optic* Untuk Hubungan Blok Di Persinyalan VPI (Studi Kasus Hubungan Blok Stasiun Surodadi – Pemalang) [2]. Latar belakang masalah dan lokasi penelitian menjadikannya penelitian ini berbeda dengan penelitian terdahulu. Penelitian ini bermaksud analisis kehandalan persinyalan elektrik *SILSafe4000* pada stasiun lempuyangan setelah *switch over*.

### 2.2 Persinyalan Elektrik

Persinyalan Elektrik adalah suatu peralatan untuk memberikan isyarat berupa cahaya atau warna memiliki arti tertentu dan biasanya berupa lampu bohlam atau lampu LED [10]. Sistem persinyalan menjadi salah satu faktor utama penentu pelayanan prima. Sistem persinyalan adalah suatu perangkat yang berfungsi menjaga keselamatan dan mengatur operasi kereta api yang efisien dan efektif. Ada beberapa persyaratan umum kehandalan sistem persinyalan: *fail-safe*, handal, tegas, mudah perawatan, mempunyai urutan baku dan sistem proteksi.

Standarisasi peralatan sinyal elektrik antara lain: standar tegangan sinyal  $110VAC \pm 10\%$ , tegangan deteksi (balikan)  $24VDC \pm 10\%$ , nilai pentanahan  $< 5\Omega$ , nilai hambatan kabel  $R \leq 50\Omega$  dan uji ketahanan isolasi (*megger test*).

### 2.3 PLC HIMax dan Remote DI DO

Perangkat PLC Himax ini memiliki keamanan yang sangat tinggi dengan mendapatkan lisensi dan sertifikasi SIL4 (*Safety Integrity Level 4*). Setiap *multiple base* dihubungkan menggunakan kabel *ethernet*. Kontrolernya dapat dengan mudah beradaptasi terhadap penambahan modul tanpa perlu mematikan sistem.

Kontroler *HIMatrix F1* adalah *remote I/O* dengan sistem *compact* dengan 16 digital input dan 4 *pulsed outputs*. *Remote I/O* dihubungkan dengan *HIMax* atau *HIMatrix* melalui *safe ethernet*. Digunakan sebagai ekstensi *input output* akan tetapi tidak dapat menjalankan program sendiri. *HIMatrix F2 DO* memiliki sama 16 *relay output*. Digunakan sebagai ekstensi *output*, tapi tidak dapat menjalankan program sendiri

### 2.4 Penggerak Wesel Elektrik (*Point Machine*)

Penggerak wesel elektrik adalah motoris yang berfungsi untuk menggerakkan lidah wesel yang mana merupakan bagian yang dapat digerakkan, yang menentukan ke arah mana kereta api bergerak,

yang terdiri dari motor penggerak yang dihubungkan dengan stang penggerak ke lidah wesel [3]. *Point machine* tipe *BSG-9* adalah motor listrik tipe AC buatan *Siemens* yang didesain khusus untuk menggerakkan lidah wesel.

Standarisasi peralatan *point machine* antara lain: tegangan motor *BSG9* 110VAC±10%, tegangan deteksi (balikan) 24VDC±10% atau *range* (21,6-26,4V DC) dan nilai arus < 10A.

### 2.5 Rak-rak Interlocking

Sistem *Interlocking* adalah suatu metode untuk mengamankan jalannya proses serta pengamanan peralatan dari unit yang paling kecil sampai keseluruhan sistem [13]. Peralatan blok harus dapat menjamin keamanan perjalanan kereta api di petak blok dengan cara, hanya mengizinkan satu kereta api boleh berjalan di dalam petak blok sesuai dengan arah perjalanan kereta api [9]. Rak-rak *interlocking* *SILSafe4000* antara lain: Rak ACR (axle counter), Rak BCR (blok stasiun sebelah), Rak CPR (vital), Rak MPR (relai peralatan), Rak telekomunikasi, Rak *technical terminal* dan catu daya peralatan.

### 2.6 Kapasitas Lintas

Kapasitas lintas merupakan kemampuan suatu lintasan untuk melewati sejumlah kereta api dalam satuan waktu tertentu. Sistem Persinyalan elektrik harus dapat melayani dengan handal serta aman untuk semua perjalanan kereta api atau memenuhi kapasitas lintas.

$$V_{rata-rata} = \frac{(\sum KA \text{ Penumpang} \times V) + (\sum KA \text{ barang} \times V)}{\sum KA \text{ Penumpang} + \sum KA \text{ barang}} \quad (1)$$

$$Headway (H) = \frac{60 \times S + 180}{V} + 1,5 \quad (2)$$

$$Kapasitas Lintas (K) = \frac{1440}{H} + 0,6 \quad (3)$$

## 3 METODE PENELITIAN

Metode penelitian diperlukan sebagai pedoman dalam menentukan langkah yang perlu diambil dalam penelitian terkait analisis persinyalan kereta api dengan persinyalan elektrik *SILSafe4000* pada stasiun lempuyangan.

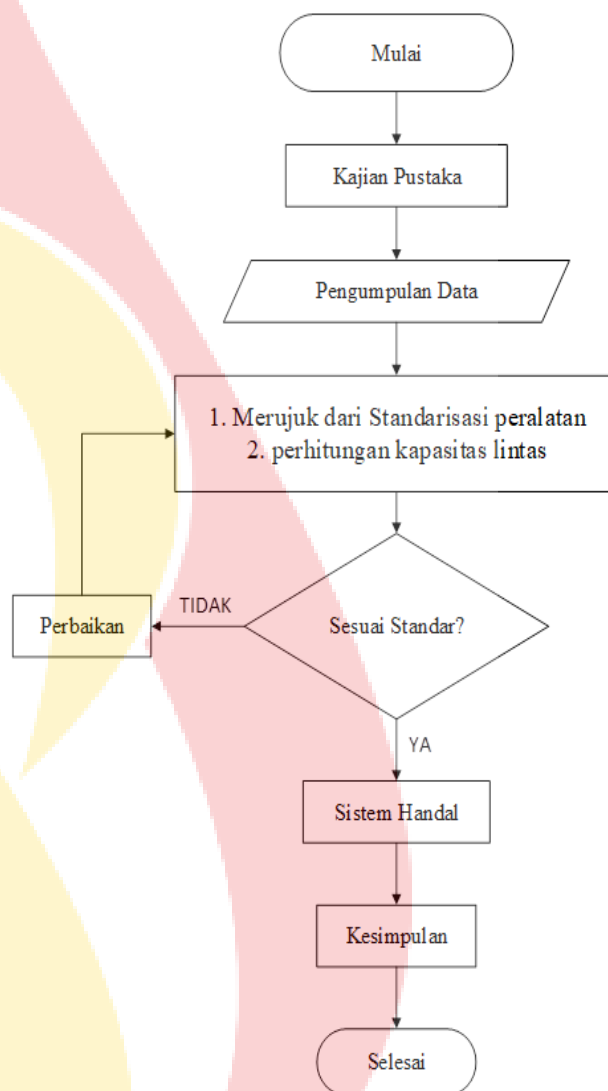
### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat penelitian dalam penulisan Tugas Akhir ini dilakukan di Proyek Peningkatan Persinyalan Stasiun Yogyakarta-Lempuyangan oleh perusahaan

tempat saya bekerja sekarang PT Len Railway Systems.

### 3.2 Diagram Alir

Diagram Alir menggambarkan serangkaian proses yang dilalui penulis dalam melakukan penelitian. Adapun diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir

## 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Keandalan Persinyalan Elektrik

Dalam menganalisis keandalan persinyalan *SILSafe4000* di stasiun lempuyangan dilakukan beberapa parameter meliputi: hasil pengukuran standar tegangan sinyal led, resistansi kabel, pengujian insulasi kabel dan hasil pengukuran *grounding*.

Tabel 1 Hasil Pengukuran Sinyal LED

No	Sinyal	3 Aspect			2 Aspect		2 Aspect		2 Aspect		Sh	Sh 2 Aspect		VS	EMG	CW	Rs	I	Gr
		G	Y	R	G	R	G	Y	Y	R		R	Wh						
1	MJ24	-	-	-	-	-	123	122,6	-	-	-	-	-	-	-	-	35,4	∞	2,62
2	MJ14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	J10	123	124	122	-	-	-	-	-	-	-	-	122	120	-	-	80,3	∞	2,04
4	J20	-	-	-	-	-	-	-	124	122	-	-	-	123	120	-	19,5	∞	2,82
5	J24	123	122	122	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122	120	-	13,1	∞	1,77
6	J14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120,8	-	-	4,6	∞	0,86
7	JL12A	114	112,7	113,5	-	-	-	-	-	-	120,9	-	-	113,5	120,8	-	10,9	∞	1,21
8	JL12B	-	-	-	113	112	-	-	-	-	120	-	-	-	120	-	3,4	∞	0,42
9	JL22A	114,3	113	113	-	-	-	-	-	-	120	-	-	113	121	-	12,9	∞	1,68
10	JL22B	-	-	-	114,5	113,4	-	-	-	-	121,5	-	-	-	121,3	-	2,7	∞	1,27
11	JL32A	114,2	113	113,2	-	-	-	-	-	-	121	-	-	-	121,1	-	45	∞	1,52
12	JL32B	-	-	-	114,2	113	-	-	-	-	121	-	-	-	121,1	-	2,7	∞	0,87
13	JL42A	115,9	114	113	-	-	-	-	-	-	120,8	-	-	-	120,9	-	20,5	∞	0,78
14	JL42B	-	-	-	114,6	112,7	-	-	-	-	121,5	-	-	-	121,5	120,7	3,4	∞	1,3
15	JL52A	114,6	113,1	112,3	-	-	-	-	-	-	120	-	-	-	120	-	11,6	∞	0,64
16	JL52B	-	-	-	115	112	-	-	-	-	120	-	-	-	120	-	3,1	∞	0,39
17	JL62A	113	113	113	-	-	-	-	-	-	120	-	-	-	120	-	3,5	∞	1,04
18	JL62B	-	-	-	114,9	112	-	-	-	-	121,2	-	-	-	120,6	-	3,4	∞	0,94
19	L10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	120,6	-	-	-	15,8	∞	2,24
20	L14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	120,6	-	-	-	9,2	∞	2,24
21	L20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	121	120,6	-	-	-	16,3	∞	1,19
22	L44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	120	-	-	-	5	∞	1,32
23	L64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	121	-	-	-	5,4	∞	1,07
24	L82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	120	120	-	-	-	4,1	∞	2,79

Keterangan:

G = Green      Sh = Shunt      Gr = Grounding  
 Y = Yellow      VS = Variable Speed  
 R = Red      EMG = Emergency  
 W = White      CW = Contraflow  
 I = Insulasi      Rs = Resistansi

Pada tabel 4.1 menunjukkan hasil pengukuran tegangan dari sinyal LED tiap-tiap aspek dari warna merah, kuning, hijau dan putih. Dapat disimpulkan pada nilai insulasi kabel sinyal baik, nilai pentanahan peralatan rata-rata di bawah 5 Ω, resistansi kabel sinyal dan tegangan sinyal rata-rata sesuai standar. Akan tetapi, nilai hambatan sinyal J10 cukup besar kemungkinan dikarenakan dari panjang kabel dan adanya *joint* kabel. Kemudian sinyal MJ24, J10, J20, dan J24 perlu dilakukan perbaikan karena melebihi standar tegangan yang diperbolehkan sebesar 110V AC±10%.

Pada Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan pada *point machine* pada sisi tegangan

penggerak (motor) dan tegangan deteksi. Terkait dengan keandalan *point machine* dengan memperhatikan standar tegangan motor BSG9 110V AC ±10%, tegangan deteksi (balikan) 24V DC ±10% atau *range* (21,6-26,4V DC) dan nilai arus <10A. Berdasarkan dari data pengukuran motor wesel diatas. Bahwa tegangan balikan atau *in ER* motor-motor wesel 78,94% sudah sesuai standar. Untuk tegangan penggerak motor wesel dari 19 motor sudah sesuai standar sebesar 17 motor atau 89,47%. Sehingga perlu dilakukan *setting* tegangan deteksi pada W13B, W23B, W23C, W13C dan untuk tegangan penggerak W43A dan W43B.

Tabel 2. Hasil Pengukuran *Point Machine*

No	Nama Stasiun	Nama	<i>Point Machine</i>				Arus (A)
			Tegangan Deteksi (VDC)		Tegangan Power (VAC)		
			In ER	Out ER	Lurus	Belok	
1	Lempuyangan	W21A	24,9	30	113	114	6,5
2	Lempuyangan	W11A	24,9	30	108	108	7,1
3	Lempuyangan	W11B	25,75	30	102	102	6,3
4	Lempuyangan	W21B	25,75	30	98	98	6,6
5	Lempuyangan	W43C	20,93	23	102	102	6,5
6	Lempuyangan	W23A	20,93	23	102	102	4,1
7	Lempuyangan	W13B	27,9	30	113,6	113,6	3,5
8	Lempuyangan	W23B	27,9	30	105,4	105,4	4,8
9	Lempuyangan	W23C	27,2	30	112	112	5,7
10	Lempuyangan	W13C	27,2	30	102	102	4,1
11	Lempuyangan	W21C	26,35	30	102	102	6,1
12	Lempuyangan	W41	26,7	30	101	102	5,6
13	Lempuyangan	W11C	26,5	30	110	110	6,2
14	Lempuyangan	W31	26,5	30	108	109	6,4
15	Lempuyangan	W43A	22,3	23	134	134	5,3
16	Lempuyangan	W43B	21,8	23	129	129	6,6
17	Lempuyangan	W43D	21,6	23	117	117	4,4
18	Lempuyangan	W33	21,8	23	117	117	3,7
19	Lempuyangan	W13A	21,5	23	118	118	4,8

Pada tabel 4.3 dibawah ini merupakan hasil rekaman gangguan persinyalan elektrik SILSafe4000 di Stasiun Lempuyangan setelah dilakukan *switch over* sistem dan dilakukan percobaan dinas periode November 2021 hingga Maret 2022. Salah satu kehandalan dari sistem persinyalan elektrik dapat merekam kejadian dan gangguan secara *realtime*. Sehingga berdasarkan data dibawah ini sistem persinyalan elektrik mampu merekam kejadian gangguan secara *realtime* dan handal.

#### 4.2 Aspek Keselamatan Persinyalan Elektrik

Dengan menggunakan analisa kapasitas lintas bertujuan bahwa sistem mampu melayani seluruh perjalanan kereta api di stasiun lempuyangan. Jumlah total kereta api melewati Stasiun Lempuyangan 134. Untuk kecepatan kereta jarak jauh maksimal 120 km/ jam, Kereta komuter atau lokal maksimal 90 km/ jam, Kereta barang maksimal 60 km/ jam dan Dinas lokomotif langsir maksimal 30 km/ jam.

puncak kecepatan grafis sarana dapat dihitung sebagai berikut: Kereta jarak jauh: 85% x 120 km/jam = 102 km/jam, Kereta komuter dan lokal: 85% x 90 km/jam= 76,5 km/jam, Kereta barang: 85% x 60 km/jam = 51 km/jam dan Dinas lokomotif langsir: 85% x 30 km/jam = 25,5 km/jam.

*Vrata – rata*

$$= \frac{(76 \times 102) + (24 \times 76,5) + (16 \times 51) + (18 \times 25,5)}{134}$$

$$= \frac{(7752) + (1.836,24) + (816) + (459)}{134}$$

$$= \frac{10.861,24}{134} = 81,05 \text{ km/jam}$$

$$\text{Headway} = \frac{60 \times 13,9 + 180}{81,05} + 1,5$$

$$= \frac{1014}{81,05} + 1,5 = 12,51 \text{ menit}$$

$$\text{Kapasitas Lintas} = \frac{1440}{12,51} + 0,6 = 116 \text{ kereta}$$

Tabel 3. Gangguan yang terekam *Data Logger*

No	Tanggal	Jam	Keterangan
1	03/11/2021	10:35:29	Gangguan Komunikasi Data Logger dan Sistem Vital
2	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal J10
3	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal J20
4	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal J24
5	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL12A
6	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL12B
7	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL22A
8	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL22B
9	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL32A
10	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL32B
11	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL42B
12	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL52A
13	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL52B
14	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal JL62A
15	03/11/2021	16:22:00	Gangguan EKR Sinyal MJ24
16	14/11/2021	16:27:20	Komunikasi sistem Non Vital dengan VDU1 Gangguan
17	21/11/2021	14:42:15	Baterai UPS mendekati habis
18	21/11/2021	14:42:31	Inverter UPS Mengalami Gangguan
19	21/11/2021	14:42:41	Bahan bakar Genset mendekati Habis
20	21/11/2021	14:42:51	Genset gagal beroperasi
21	21/11/2021	14:45:55	Gangguan EKR Sinyal JL62B
22	21/11/2021	14:46:42	Kontak Relay VDR putus (Gangguan)
23	21/11/2021	14:47:13	Gangguan Komunikasi Sistem Vital dengan VDU1
24	09/12/2021	23:49:56	Wesel 13A Gangguan Deteksi
25	14/12/2021	11:50:51	Komunikasi Sistem Non Vital dengan VDU1 Gangguan
...	...	...	...
73	03/03/2022	09:41:28	Alarm Kedatangan Kereta dari A24 Berbunyi

Sistem persinyalan elektrik SILSafe4000 stasiun lempuyangan mampu melayani perjalanan kereta api seharinya 134 kereta. Kemudian pelayanan baik keberangkatan maupun pemberhentian memiliki rata-rata *headway* 12,51 menit dan memaksimalkan kapasitas lintas sebesar 116 kereta.  $\sum KA > K$  bahwa seluruh jumlah kereta api lebih besar daripada kapasitas lintas yang dilayani dengan sistem persinyalan elektrik dengan aman dan *zero accident*.

#### 4.3 Analisis Pengoperasian *Software* HMI

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan Bapak Agus selaku Petugas Perjalanan Kereta Api Stasiun Lempuyangan Yogyakarta, pada tanggal 9 maret 2022 di ruangan ruang

kendali stasiun lempuyangan dan Yogyakarta. Peneliti memberikan kuesioner mengenai tingkat kesulitan pengoperasian HMI pada VDU Stasiun Lempuyangan. Didapatkan hasil survei bahwa pengoperasian HMI sangat mudah dengan nilai survei 4,7/5.

## 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan perhitungan kapasitas lintas dengan data GAPEKA 2021/2022 terdapat 134 kereta/hari, dengan kecepatan rata-rata sebesar 81,05 km/jam, dengan *headway* 12,51 menit dan  $\sum KA > K$  bahwa seluruh jumlah kereta api lebih besar daripada kapasitas lintas yang dilayani dengan sistem persinyalan elektrik dengan aman dan *zero accident*. Hasil kuesioner pengoperasian HMI pada

VDU Stasiun Lempuyangan mendapatkan nilai 4,7/5 yaitu bahwa tingkat kesulitan rendah atau mudah dioperasikan. Berdasarkan parameter-parameter berupa tegangan sinyal, resistansi kabel, nilai pentanahan sinyal, tegangan deteksi, tegangan penggerak motor dan arus motor sudah sesuai standar peralatan dan sistem handal. Akan tetapi peralatan MJ24, J10, J20, J24, W13B, W23B, W23C, W13C, W43A dan W43B perlu dilakukan *setting* tegangan kiriman agar sesuai yang *range* diperbolehkan.

## REFERENSI

- [1] H. Dwiatmoko, *Keselamatan Fasilitas Operasi Kereta Api*. Jakarta: Kencana Prenada Media Grup, 2013.
- [2] D. S. O. Arief Darmawan, Bagoes Eko Y, Sunaryo, "Peningkatan Keamanan Perjalanan Kereta Api Dengan Penggunaan Sistem Axle Counter Dan Media Transmisi Fiber Optic Untuk Hubungan Blok Di Persinyalan Vpi (Studi Kasus Hubungan Blok Stasiun Surodadi – Pemalang)," *J. Perkertaapian Indones.*, vol. 1, no. 9, pp. 15–28, 2017.
- [3] N. Khodijah, S. Yahdin, and N. Dewi, "Optimalisasi Pelaksanaan Proyek Pembangunan Persinyalan Elektrik di Stasiun Kertapati dengan Penerapan Metode Crash Program," *J. Penelit. Sains*, vol. 16, no. 2, p. 168309, 2013.
- [4] E. Sayuri, "Perancangan Sistem Persinyalan Elektrik Di Stasiun Berbasis PLC Omron CP1E-E30SDR-A," vol. 1, no. 1210622001, 2017, [Online]. Available: <http://repository.unmuhjember.ac.id/415/%0Ahttp://repository.unmuhjember.ac.id/415/1/Jurnal.pdf>.
- [5] D. Septyan, "Sistem Interlocking Persinyalan Berbasis PLC dengan Metode HSB (hot standby) Local Control Panel (LCP)," 2017.
- [6] A. H. Pambudy, Y. H. Yadi, and W. Susihono, "Analisis Display Sinyal Kereta Api Di Stasiun Langen," *Unitirta*, vol. 1, no. 1, pp. 13–17, 2013.
- [7] D. adyaksa Ferichi, "Peningkatan Kinerja Pola Operasi Pesinyalan Di Stasiun Sidoarjo Daop Viii Surabaya Kertas Kerja Wajib Diajukan Dalam Rangka Penyelesaian Studi Program Diploma III," 2019.
- [8] P. D. Parikesit, *Jalan Rel*. Surabaya: Scopindo Media Pustaka, 2021.
- [9] Kementerian Perhubungan, *PM No 44 Tahun 2018 Tentang Persyaratan Teknis Peralatan Persinyalan Perkeretaapian*. 2018.
- [10] L. Nawangwulan, S. D. Ramdan, T. Sipil, and T. Elektro, "Persinyalan," vol. 1, no. 2, pp. 1–8, 2021.
- [11] PT Len, "Sistem Interlocking SIL - 02 NextG Manual Maintenance," 2018.
- [12] PT Len, "Sistem Interlocking SIL - 02 NextG Manual User," 2018.
- [13] PT PLN UIP Sulawesi Bagian Selatan, "Menembus Batas Hadirkan Terang," Makassar, 2021.
- [14] Jaelani, "Manual Thales Axle Counter." Bandung, 2019.
- [15] N. Rasmussen, "Suplai Daya Bebas Gangguan," *Wikipedia*. 2020, [Online]. Available: [https://id.wikipedia.org/wiki/Suplai\\_daya\\_bebas\\_gangguan](https://id.wikipedia.org/wiki/Suplai_daya_bebas_gangguan).
- [16] A. Gunawan, "Genset, Mesin Penghasil Listrik yang Punya Banyak Manfaat," 2020. <https://www.abcpowergenset.com/genset-adalah-penghasil-listrik-yang-punya-banyak-manfaat/>.
- [17] Yanmar Corp, "YTG10S YTG15T California Proposition 65 Warning California Proposition 65 Warning," 2008.
- [18] PT Len, "Manual Maintenance atau Troubleshooting LED Signal V3." Bandung, 2019.
- [19] A. M. Sidiq, "Manual Maintenance atau Troubleshooting LED Signal V3." Bandung, 2019.
- [20] M. D. Akbar, "Analisa Sistem Kerja Point Machine Bsg-9 Pada Proses Pemindahan Jalur Kereta Api Di Stasiun Semarang Tawang Daop 4 Semarang PT . Kereta Api Indonesia ( Persero )" Machine BSG-9 )," 2020.