

# Analisis Kecelakaan Lalu Lintas di Ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani, Kecamatan Kepanjen, Kabupaten Malang, Jawa Timur

Rafly Rizky Ramadhan, Anak Agung Gde Kartika, dan Cahya Buana  
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
*e-mail*: kartika@ce.its.ac.id

**Abstrak**—Selama tahun 2022 terjadi kelonggaran mobilitas masyarakat akibat Covid-19 yang mulai melandai hal ini ditandai dengan meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Malang. Sebanyak 5 kecamatan terdata sebagai penyumbang kecelakaan lalu lintas dengan korban meninggal dunia, salah satu diantaranya ialah Kecamatan Kepanjen. Dengan tingginya angka kecelakaan ini membuat perlunya dilakukan audit di ruas jalan utama yang termasuk ruas jalan nasional yakni ruas Jalan Raya Pepen sampai dengan ruas Jalan Raya Ahmad Yani. Analisis dilakukan dengan tujuan mengetahui besar angka kecelakaan lalu lintas yang terjadi menggunakan metode *Accident Rate*, mencari titik lokasi rawan kecelakaan (*Black spot*) dengan metode *Cummulative Sumarry (Cusum)*, menghitung biaya korban akibat kecelakaan yang terjadi dengan metode *The Gross Output (Human Capital)*. Dengan penelitian ini, diharapkan ditemukan alternatif solusi yang tepat guna untuk meminimalisasi terjadinya kecelakaan lalu lintas di masa mendatang. Dari hasil analisis diperoleh angka kecelakaan tertinggi dengan tipe kecelakaan berat berada pada ruas Jalan Raya Panglima Sudirman pada tahun 2020 dengan angka kecelakaan sebesar 4,17 kecelakaan/100JKPK dan untuk tipe kecelakaan sedang berada pada ruas Jalan Raya Ngadilangkung pada tahun 2022 dengan angka kecelakaan sebesar 40,12 kecelakaan/100JKPK. Titik lokasi rawan kecelakaan (*Black Spot*) berdasarkan terletak pada STA 102+700 s.d. 103+700, STA 104+800 s.d. 105+000 dan STA 106+000 s.d. 107+000. Total biaya korban kecelakaan pada tahun 2020 sebesar Rp 726.251.841, untuk tahun 2021 sebesar Rp 20.514.038, dan tahun 2022 sebesar Rp 91.082.330.

**Kata Kunci**—*Accident Rate, Cummulative Summary, Collison Diagram, Kecelakaan Lalu Lintas, Malang.*

## I. PENDAHULUAN

KABUPATEN Malang merupakan salah satu kabupaten di Indonesia yang terletak di Provinsi Jawa Timur dan merupakan Kabupaten dengan wilayah terluas kedua setelah Kabupaten Banyuwangi. Jumlah penduduk Kabupaten Malang diketahui pada tahun 2016 sebesar 2.560.675 jiwa dimana jumlah tersebut terus meningkat hingga pada tahun 2020 sebesar 2.654.448 jiwa [1]. Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk tiap tahunnya, kegiatan dan aktivitas masyarakat semakin meningkat. Untuk menopang berbagai kegiatan tersebut dibutuhkan sarana dan prasarana transportasi. Sarana dan prasarana transportasi berperan sangat penting dalam mendistribusikan barang dan jasa termasuk mobilitas masyarakat. Namun, selama tahun 2022 telah terjadi kelonggaran mobilitas masyarakat yang ditandai dengan meningkatnya angka kecelakaan lalu lintas di Kabupaten Malang. Sebanyak 793 kecelakaan lalu lintas terjadi di wilayah hukum Polres Malang sepanjang tahun 2022 dengan korban meninggal dunia tercatat sebanyak 176 korban. Dari jumlah tersebut kasus kecelakaan mengalami

Tabel 1.  
Data LHR Tahun 2020

Tahun	MC	LV	HV	Total (Kendaraan/hari)
2020	26481	7232	842	34555

Tabel 2.  
Data LHR Tahun 2023

Tahun	MC	LV	HV	Total (Kendaraan/hari)
2023	40735	9216	1053	51004

Tabel 3.  
Data LHR (tanpa LHR tahun 2021 dan 2022)

Tahun	Total Kend (Kendaraan/hari)
2020	34555
2021	-
2022	-
2023	51004

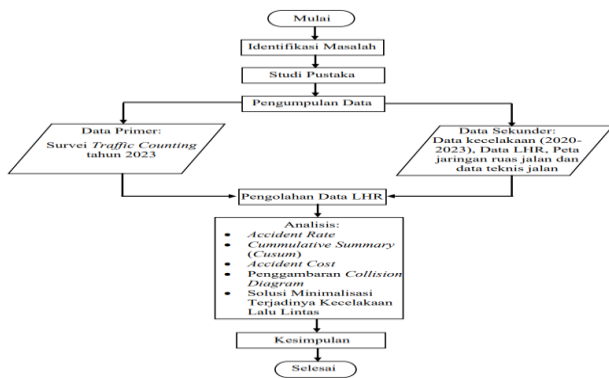
kenaikan 221 kasus atau 38% jika dibandingkan dengan tahun sebelumnya, yakni tahun 2021. Adapun angka kecelakaan di tahun 2021 tercatat 572 kecelakaan dengan korban meninggal dunia sebanyak 157 korban. Daerah Kabupaten Malang sendiri terbilang daerah rawan terjadi kecelakaan lalu lintas. Sebanyak 5 kecamatan terdata sebagai penyumbang kecelakaan lalu lintas dengan korban meninggal dunia, salah satu diantaranya ialah Kecamatan Kepanjen. Arus lalu lintas di Kecamatan Kepanjen diketahui sangat ramai terutama di ruas jalan utama yang termasuk ruas jalan nasional yakni ruas Jalan Raya Pepen sampai dengan ruas Jalan Raya Ahmad Yani. Lalu lintas kendaraan sepeda motor hingga truck dari utara menuju selatan ramai sejak pagi hingga malam hari. Dari Kondisi tersebut, Kabupaten Malang terbilang memiliki angka kecelakaan yang cukup tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis kecelakaan lalu lintas dengan harapan dapat mengetahui besarnya angka kecelakaan lalu lintas, mengetahui titik lokasi rawan kecelakaan lalu lintas, menghitung besarnya biaya korban kecelakaan serta mengetahui alternatif solusi yang tepat guna untuk meminimalisasi terjadinya kecelakaan lalu lintas di masa mendatang.

## II. METODOLOGI

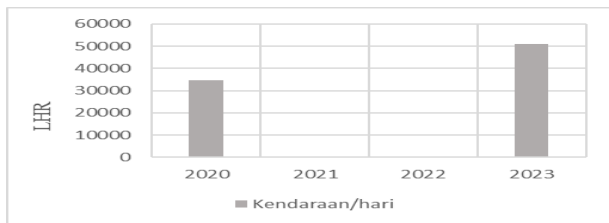
Urutan penyelesaian dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

### A. Metode Survei

Survei *traffic counting* dilakukan secara manual selama 24 jam dengan menyesuaikan titik koordinat survei dari Balai Pelaksana Jalan Nasional (BPJN) Jawa Timur-Bali pada titik koordinat 8°6'41.85"S, 112°34'36.03"E. Tujuan dilakukan survei untuk memperoleh data LHR tahun 2023.



Gambar 1. Bagan Alir Metodologi.



Gambar 2. LHR total kendaraan tanpa LHR tahun 2021 dan tahun 2022.

Tabel 4. Data LHR (dengan LHR tahun 2021 dan 2022)

Tahun	Total Kend (Kendaraan/hari)
2020	34555
2021	40038
2022	45521
2023	51004

B. Pengolahan Data LHR

Data LHR tahun 2023 yang nantinya diperoleh diolah menggunakan perhitungan dengan metode Interpolasi Polinomial Linier untuk memprediksi data LHR yang tidak ada pada tahun penelitian lainnya.

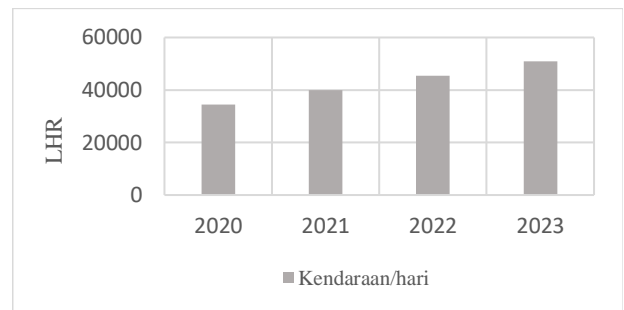
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengolahan Data LHR

Data Lalu Lintas Harian Rata-rata (LHR) yang diperoleh dari Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional (BPJN) Jawa Timur - Bali hanya pada tahun 2020. Maka perlu diolah dan dilakukan survei *traffic counting* tahun 2023 yang kemudian menggunakan metode interpolasi polinomial linier untuk memprediksi data yang tidak ada pada tahun 2021 dan 2022. Interpolasi polinomial linier merupakan metode numerik yang digunakan untuk mengetahui suatu nilai yang berada didalam sebuah interval atau diantara dua titik. Interpolasi polinomial linier mengasumsikan bahwa hubungan titik-titik antara dua titik data adalah linier. Pendekatan interpolasi polinomial linier adalah dengan menggunakan fungsi linier  $f_1(x)$ , yakni menghubungkan dua titik data dengan garis lurus [2]. Secara umum, persamaan interpolasi polinomial linier dapat dilihat pada Persamaan 1 berikut.

$$f_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{(x_1 - x_0)}(x - x_0) \quad (1)$$

Data LHR tahun 2020 dan 2023 disajikan pada Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3 yang disertai grafik pertumbuhan LHR pada Gambar 2. Data hasil perhitungan LHR tahun 2020 diperoleh sebesar 34555 kendaraan/hari. Data hasil *traffic counting* dan perhitungan LHR tahun 2023 diperoleh sebesar



Gambar 3. LHR total kendaraan dengan LHR tahun 2021 dan tahun 2022.

Tabel 5. Panjang dan LHR Ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani

Ruas Jalan	Tahun	Panjang (Km)	LHR (Kend/hari)
Jl. Raya Pepen	2020	0,7	34555
	2021	0,7	40038
	2022	0,7	45521
Jl. Raya Mojosari	2020	1,1	34555
	2021	1,1	40038
	2022	1,1	45521
Jl. Raya Panglima Sudirman	2020	1,9	34555
	2021	1,9	40038
	2022	1,9	45521
Jl. Raya Ngadilangkung	2020	0,3	34555
	2021	0,3	40038
	2022	0,3	45521
Jl. Raya Ahmad Yani	2020	1,51	34555
	2021	1,51	40038
	2022	1,51	45521

51004 kendaraan/hari.

Adapun data LHR hasil prediksi tahun 2021 dan 2022 disajikan pada Tabel 4 disertai grafik pertumbuhan LHR dari tahun ke tahun pada Gambar 3. Hasil perhitungan LHR ini nantinya digunakan untuk perhitungan *accident rate* pada Ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani.

B. Analisis Accident Rate

Perhitungan *accident rate* mengacu pada Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah bertujuan untuk mengetahui besaran angka kecelakaan pada ruas jalan yang ditinjau [3]. Perhitungan angka kecelakaan menggunakan Persamaan 2 berikut.

$$T_k = \frac{F_k \times 10^8}{LHR \times n \times L \times 365} \quad (100 \text{ JPKP}) \quad (2)$$

Dimana:

- $T_k$  = tingkat kecelakaan (100JPKP)
- $F_k$  = frekuensi kecelakaan di ruas jalan untuk n tahun data (kejadian)
- LHR = volume LHR (kend/hari)
- n = jumlah tahun data
- L = panjang ruas jalan
- 100JPKP = satuan tingkat kecelakaan (kecelakaan/seratus juta perjalanan kendaraan per kilometer)

Dalam menghitung besaran angka kecelakaan, diperlukan data kecelakaan lalu lintas yang telah di golongan berdasarkan pada UU Nomor 22 Tahun 2009 yaitu kecelakaan berat, kecelakaan sedang dan kecelakaan ringan [4]. Selain itu, diperlukan data panjang jalan dan data LHR pada ruas jalan yang ditinjau. Rekapitulasi data lalu lintas harian rata-rata (LHR) dan panjang setiap ruas jalan disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6. Rekapitulasi hasil perhitungan angka kecelakaan lalu disajikan pada Tabel 7.

Tabel 6.  
Data Kecelakaan Ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani

Ruas Jalan	Tahun	Data Kecelakaan		
		Berat	Sedang	Ringan
Jl. Raya Pepen	2020	0	0	0
	2021	0	1	0
	2022	0	3	0
Jl. Raya Mojosari	2020	0	1	0
	2021	0	0	0
	2022	0	0	0
Jl. Raya Panglima Sudirman	2020	1	2	0
	2021	0	2	0
	2022	0	7	0
Jl. Raya Ngadilangkung	2020	0	0	0
	2021	0	0	0
	2022	0	2	0
Jl. Raya Ahmad Yani	2020	0	1	0
	2021	0	0	0
	2022	0	0	0

Tabel 7.  
Angka Kecelakaan lalu lintas di ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani Tahun 2020-2022

Ruas Jalan	Tahun	Accident Rate ( / 100 JPKP )		
		Berat	Sedang	Ringan
Jl. Raya Pepen	2020	0,00	0,00	0,00
	2021	0,00	9,78	0,00
	2022	0,00	25,79	0,00
Jl. Raya Mojosari	2020	0,00	7,21	0,00
	2021	0,00	0,00	0,00
	2022	0,00	0,00	0,00
Jl. Raya Panglima Sudirman	2020	4,17	8,35	0,00
	2021	0,00	7,20	0,00
	2022	0,00	22,17	0,00
Jl. Raya Ngadilangkung	2020	0,00	0,00	0,00
	2021	0,00	0,00	0,00
	2022	0,00	40,12	0,00
Jl. Raya Ahmad Yani	2020	0,00	5,25	0,00
	2021	0,00	0,00	0,00
	2022	0,00	0,00	0,00

\*JPKP = Juta Perjalanan Kendaraan Per-Kilometer

C. Analisis Cummulative Summary (Cusum)

Titik rawan kecelakaan lalu lintas atau *Black Spot* adalah titik pada ruas jalan yang rawan terjadi kecelakaan. Metode yang digunakan ialah *Cummulative Summary (Cusum)*. Metode ini merupakan suatu prosedur statistik standar untuk mendeteksi perubahan kecil dari nilai mean atau nilai rata-rata [5]. Dalam menghitung nilai *cusum* dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1) Mencari nilai mean (W)

$$W = \frac{\sum Xi}{L \times T} \tag{3}$$

2) Mencari nilai *cusum* tahun pertama (S<sub>0</sub>)

$$S_0 = (Xi - W) \tag{4}$$

3) Mencari nilai *cusum* kecelakaan tahun selanjutnya (S<sub>i</sub>)

$$S = [S_0 + (Xi - W)] \tag{5}$$

Dimana:

- W = Nilai mean
- ΣXi = Jumlah kecelakaan
- L = Jumlah station
- T = Waktu/periode
- Xi = Jumlah kecelakaan tiap tahun
- S<sub>0</sub> = Nilai *cusum* kecelakaan tahun pertama
- S = Nilai *cusum* kecelakaan

Analisa *Cusum* dilakukan dengan membagi ruas jalan per satu kilometer, kemudian dilakukan rekapitulasi jumlah

Tabel 8.  
Jumlah Kejadian Kecelakaan dan Pembagian Ruas Jalan

Ruas Jalan	KM	Tahun	Jumlah Kecelakaan
Jl. Raya Pepen	102+000 - 102+700	2020	0
		2021	1
		2022	1
Jl. Raya Mojosari	102+700 - 103+700	2020	1
		2021	0
		2022	0
Jl. Raya Panglima Sudirman	103+700 - 103+800	2020	0
		2021	0
		2022	0
Jl. Raya Ngadilangkung	103+800 - 104+800	2020	1
		2021	0
		2022	1
Jl. Raya Ahmad Yani	104+800 - 105+000	2020	2
		2021	1
		2022	2
Jl. Raya Mojosari	105+300 - 106+000	2020	0
		2021	0
		2022	2
Jl. Raya Ngadilangkung	105+000 - 105+300	2020	0
		2021	0
		2022	1
Jl. Raya Ahmad Yani	106+000 - 107+000	2020	1
		2021	0
		2022	0
Jl. Raya Ahmad Yani	107+000 - 107+510	2020	0
		2021	0
		2022	0

Tabel 9.  
Penentuan titik rawan kecelakaan berdasarkan nilai *cusum*

No.	Nilai <i>Cusum</i> (S <sub>i</sub> )	Keterangan
1.	Lebih dari 0 (positif)	Rawan kecelakaan
2.	Kurang dari 0 (negatif)	Tidak rawan kecelakaan

kejadian kecelakaan. Setelah itu dilakukan perhitungan dengan menganalisa jumlah kejadian kecelakaan lalu lintas tiap tahunnya. Hasil rekapitulasi pembagian ruas jalan dan jumlah kejadian disajikan pada Tabel 8.

Berdasarkan perhitungan *black spot* dengan metode *cusum* didapatkan titik-titik lokasi rawan kecelakaan dapat dilihat pada Tabel 10. Berdasarkan klasifikasi penentuan titik rawan kecelakaan di tiap ruas jalan dimana suatu daerah dapat diidentifikasi sebagai *black spot* apabila nilai *cusum* positif (lebih dari 0) [6]. Adapun pengklasifikasian dalam penentuan *black spot* pada segmen tertentu yang dimuat dalam Tabel 9.

D. Analisis Accident Cost

Dalam menghitung besarnya biaya korban kecelakaan lalu lintas dilakukan dengan menggunakan metode *The Gross Output (Human Capital)*. Metode ini merupakan sebuah metode untuk menghitung besaran biaya kecelakaan lalu lintas (biaya kecelakaan lalu lintas yang diakibatkan oleh suatu kejadian kecelakaan lalu lintas untuk setiap kategori kecelakaan lalu lintas) dengan cara mengurangi nilai seluruh sumber daya yang hilang dari seluruh pihak terkait akibat kecelakaan tersebut. Adapun perhitungan *accident cost* mengacu pada Departemen Perumahan dan Prasarana Wilayah dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut [7].

1) Menghitung Selisih Tahun Perhitungan (T)

Dalam menghitung selisih tahun perhitungan (T) caranya dengan mengurangi tahun yang akan ditinjau (T<sub>n</sub>) dengan tahun dasar perhitungan biaya korban yakni Tahun 2003 (T<sub>0</sub>).

$$t = T_n - T_0 \tag{6}$$

Tabel 10.  
Hasil perhitungan *Black Spot* dengan Metode *Cusum*

Ruas Jalan	$\Sigma X_i$	Station	W	$S_0$	$S_i$	Keterangan
Pepen	2,00	1,00	0,67	-0,67	-0,67	-
	2,00	1,00	0,67	0,33	-0,33	-
	2,00	1,00	0,67	0,33	0,00	-
	1,00	2,00	0,17	0,83	0,83	Black spot
Mojosari	1,00	2,00	0,17	-0,17	0,67	Black spot
	1,00	2,00	0,17	-0,17	0,50	Black spot
	1,00	2,00	0,17	-0,17	-0,17	-
	1,00	2,00	0,17	-0,17	-0,33	-
	1,00	2,00	0,17	-0,17	-0,50	-
	9,00	3,00	1,00	0,00	0,00	-
	9,00	3,00	1,00	-1,00	-1,00	-
Panglima Sudirman	9,00	3,00	1,00	0,00	-1,00	-
	9,00	3,00	1,00	1,00	1,00	Black spot
	9,00	3,00	1,00	0,00	1,00	Black spot
	9,00	3,00	1,00	1,00	2,00	Black spot
	9,00	3,00	1,00	-1,00	-1,00	-
	9,00	3,00	1,00	-1,00	-2,00	-
	9,00	3,00	1,00	1,00	-1,00	-
Ngadilankung	1,00	1,00	0,33	-0,33	-0,33	-
	1,00	1,00	0,33	-0,33	-0,67	-
	1,00	1,00	0,33	0,67	0,00	-
	1,00	2,00	0,17	0,83	0,83	Black spot
	1,00	2,00	0,17	-0,17	0,67	Black spot
Ahmad Yani	1,00	2,00	0,17	-0,17	0,50	Black spot
	1,00	2,00	0,17	-0,17	-0,17	-
	1,00	2,00	0,17	-0,17	-0,33	-
	1,00	2,00	0,17	-0,17	-0,50	-

Tabel 11.  
Biaya Satuan Korban Kecelakaan Lalu Lintas BSKOj ( $T_0$ )

No.	Kategori korban	Biaya Satuan Korban (Rp/korban)
1.	Korban mati	119.016.000
2.	Korbn luka berat	5.826.000
3.	Korban luka ringan	1.045.000

Tabel 12.  
Estimasi Biaya Satuan Korban Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2020

Ruas Jalan	Tahun 2020		
	BSKO (Tn) (Rp)		
	MD	LB	LR
Jl. Raya Pepen	Rp701.610.354	Rp34.344.810	Rp6.160.372
Jl. Raya Mojosari	Rp701.610.354	Rp34.344.810	Rp6.160.372
Jl. Raya Panglima Sudirman	Rp701.610.354	Rp34.344.810	Rp6.160.372
Jl. Raya Ngadilankung	Rp701.610.354	Rp34.344.810	Rp6.160.372
Jl. Raya Ahmad Yani	Rp701.610.354	Rp34.344.810	Rp6.160.372

dimana:

- $T_n$  = tahun perhitungan biaya kecelakaan
- $T_0$  = tahun dasar perhitungan biaya kecelakaan (2003)
- $t$  = selisih tahun perhitungan ( $T_n - T_0$ )

2) Menghitung Estimasi Biaya Satuan Korban Kecelakaan (BSKO)

Dalam menghitung estimasi biaya satuan korban kecelakaan dilakukan dengan menggunakan Persamaan 10 berikut.

$$BSKO_j(T_n) = BSKO_j(T_0) \times (1 + g)^t \quad (7)$$

Dimana:

- BSKOj = biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas pada ( $T_n$ ) Tahun n untuk setiap kategori korban (rupiah/korban)
- BSKOj = biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas pada ( $T_0$ ) Tahun 2003 untuk setiap kategori korban (rupiah/korban)
- g = tingkat inflasi biaya satuan kecelakaan (%), nilai standard  $g = 11\%$

Besar biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas BSKOj ( $T_0$ ) pada Tahun 2003 dapat dilihat pada Tabel 11. Adapun

rekapitulasi estimasi biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 12, Tabel 13 dan Tabel 14.

3) Perhitungan Besaran Biaya Korban Kecelakaan Lalu Lintas (BBKO)

Dalam menghitung besaran biaya korban kecelakaan lalu lintas (BBKO) dilakukan dengan cara mengalikan jumlah korban kecelakaan lalu lintas pada suatu ruas jalan (JKO) dengan estimasi biaya satuan korban kecelakaan (BSKO).

$$BBKO(T_n) = JKO_j \times BSKO_j(T_n) \quad (8)$$

Dimana:

- BBKO ( $T_n$ ) = Besaran biaya korban kecelakaan lalu lintas disuatu ruas jalan atau persimpangan atau wilayah (rupiah/kecelakaan)
- JKOj = Jumlah korban kecelakaan lalu lintas untuk setiap kategori korban (korban/tahun)
- BSKOj ( $T_n$ ) = Biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas pada tahun n untuk setiap kategori korban (rupiah/korban)
- j = kategori korban

Adapun rekapitulasi besaran biaya korban kecelakaan lalu lintas dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 13.  
Estimasi Biaya Satuan Korban Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2021

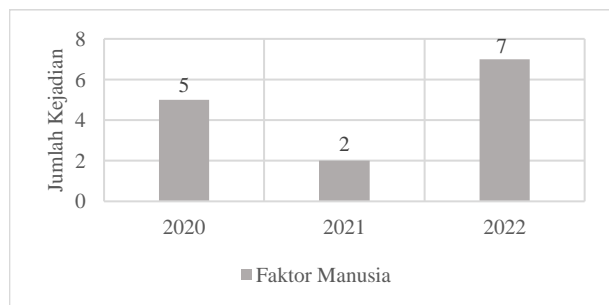
Ruas Jalan	Tahun 2021		
	BSKO (Tn) (Rp)		
	MD	LB	LR
Jl. Raya Pepen	Rp778.787.493	Rp38.122.739	Rp6.838.013
Jl. Raya Mojosari	Rp778.787.493	Rp38.122.739	Rp6.838.013
Jl. Raya Panglima Sudirman	Rp778.787.493	Rp38.122.739	Rp6.838.013
Jl. Raya Ngadilangkung	Rp778.787.493	Rp38.122.739	Rp6.838.013
Jl. Raya Ahmad Yani	Rp778.787.493	Rp38.122.739	Rp6.838.013

Tabel 14.  
Estimasi Biaya Satuan Korban Kecelakaan Lalu Lintas Tahun 2022

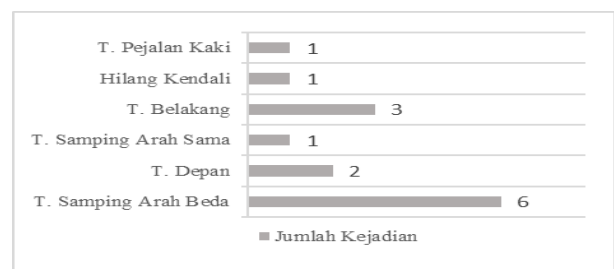
Ruas Jalan	Tahun 2022		
	BSKO (Tn) (Rp)		
	MD	LB	LR
Jl. Raya Pepen	Rp864.454.117	Rp42.316.241	Rp7.590.194
Jl. Raya Mojosari	Rp864.454.117	Rp42.316.241	Rp7.590.194
Jl. Raya Panglima Sudirman	Rp864.454.117	Rp42.316.241	Rp7.590.194
Jl. Raya Ngadilangkung	Rp864.454.117	Rp42.316.241	Rp7.590.194
Jl. Raya Ahmad Yani	Rp864.454.117	Rp42.316.241	Rp7.590.194

Tabel 15.  
Besaran Biaya Korban Kecelakaan Tahun 2020-2022

Ruas Jalan	2020	2021	2022
	BBKO (Tn)	BBKO (Tn)	BBKO (Tn)
Jl. Raya Pepen	Rp0	Rp6.838.013	Rp22.770.583
Jl. Raya Mojosari	Rp6.160.372	Rp0	Rp0
Jl. Raya Panglima Sudirman	Rp713.931.098	Rp13.676.026	Rp53.131.359
Jl. Raya Ngadilangkung	Rp0	Rp0	Rp15.180.388
Jl. Raya Ahmad Yani	Rp6.160.372	Rp0	Rp0
Total	Rp726.251.841	Rp20.514.038	Rp91.082.330



Gambar 4. Jumlah kecelakaan akibat faktor manusia.



Gambar 5. Jumlah kejadian kecelakaan berdasarkan tipe kecelakaan.

E. Penggambaran Collision Diagram

Penggambaran *collision diagram* bertujuan untuk menunjukkan jumlah, letak, dan tipe kecelakaan lalu lintas yang terjadi. Dalam penggambaran diagram kecelakaan dilakukan dengan membagi ruas jalan setiap jarak 1 km [8], selanjutnya merekapitulasi kecelakaan lalu lintas berdasarkan jumlah korban, dan tipe kecelakaan pada lokasi terjadinya.

Berdasarkan rekapitulasi *collision diagram*, diketahui bahwa kecelakaan lalu lintas selama tahun 2020-2022 terjadi di kilometer yang bermacam-macam dengan jumlah kecelakaan lalu lintas yang bervariasi serta tipe kecelakaan lalu lintas yang beragam. Adapun rekapitulasi *Collision Diagram* Selama Tahun 2020-2022 disajikan pada Tabel 16. Adapun gambar *collision diagram* disajikan pada Lampiran untuk tiap-tiap ruas jalan dengan jumlah kecelakaan lalu lintas selama tahun 2020-2022.

F. Analisis Solusi Minimalisasi Terjadinya Kecelakaan Lalu Lintas

Dalam menentukan solusi minimalisasi terjadinya kecelakaan lalu lintas diperlukan identifikasi faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas berdasarkan data kecelakaan lalu lintas hal ini bertujuan untuk dapat menentukan usulan

solusi minimalisasi yang tepat sasaran dilihat dari sebab-sebab terjadinya hingga tipe kecelakaan yang terjadi [9].

1) Faktor-faktor Penyebab Kecelakaan Lalu Lintas

Dalam penentuan faktor-faktor penyebab kecelakaan lalu lintas dilakukan dengan mengidentifikasi data kronologi kecelakaan. Berdasarkan data yang diperoleh dari SATLANTAS Polres Malang selama tahun 2020-2022 menunjukkan bahwa kasus kecelakaan yang terjadi di ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani didominasi oleh faktor manusia. Faktor manusia atau yang sering dikenal *Human Error* merupakan faktor utama penyebab terjadinya kecelakaan lalu lintas. Grafik jumlah kecelakaan akibat faktor manusia dari tahun ke tahun disajikan pada Gambar 4. Adapun sebab-sebab terjadinya kecelakaan berdasarkan pada data kronologi sebagai berikut.

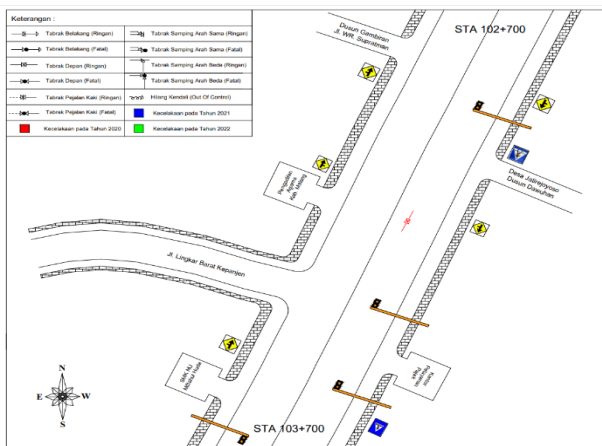
- Pengendara yang berkendara dalam kondisi pengaruh minuman beralkohol
- Pengendara lepas kendali/tidak mampu mengendalikan laju kendaraanya.
- Pengendara mendahului kendaraan lain sampai melewati marka as jalan.
- Pejalan kaki yang diduga menyeberang jalan sembarang.
- Pengendara yang memindahkan kendaraan tidak hati-hati.
- Pengendara pada saat belok ataupun berputar arah tidak

Tabel 16.  
Collision Diagram Selama Tahun 2020-2022

Ruas Jalan	KM		Tipe Kecelakaan	Korban		
				MD	LB	LR
Jl. Raya Pepen	(102+000) - (102+700)	1	Tabrak samping arah beda (Ringan)	-	-	1
		1	Tabrak samping arah beda (Ringan)	-	-	3
Jl. Raya Mojosari	(102+700) - (103+700) (103+700) - (103+800) (103+800) - (104+800)	1	Tabrak depan (Ringan)	-	-	1
		-	Tidak ada kejadian	-	-	-
		1	Tabrak samping arah sama (Ringan)	-	-	1
		1	Tabrak belakang (Ringan)	-	-	1
Jl. Raya Panglima Sudirman	(104+800) - (105+000)	1	Tabrak belakang (Fatal)	1	-	-
		1	Tabrak samping arah beda (Ringan)	-	-	1
		1	Tabrak samping arah beda (Ringan)	-	-	2
		1	Tabrak depan (Ringan)	-	-	2
		1	Tabrak samping arah beda (Ringan)	-	-	1
		1	Hilang Kendali	-	-	1
Jl. Raya Ngadilangkung	(105+000) - (105+300)	1	Tabrak pejalan kaki	-	-	2
Jl. Raya Ahmad Yani	(106+000) - (107+000) (107+000) - (107+510)	1	Tabrak samping arah beda (Ringan)	-	-	1
		-	Tidak ada kejadian	-	-	-



Gambar 6. Rambu larangan menjalankan kendaraan dengan kecepatan lebih dari yang tertulis.



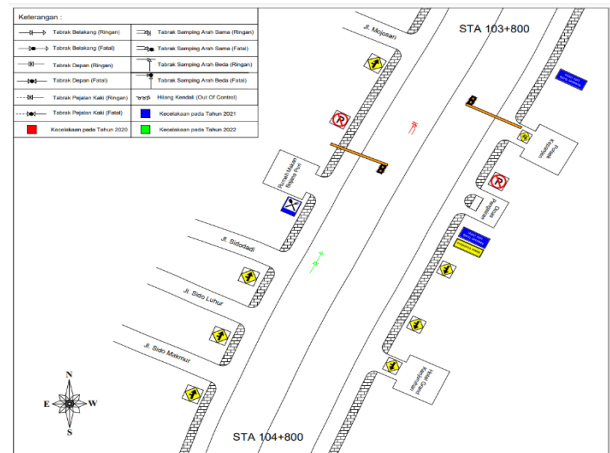
Gambar 7. Collision diagram STA 102+700 – 103+700.

memprioritaskan kendaraan yang sedang berjalan lurus

2) Alternatif solusi minimalisasi terjadinya Kecelakaan Lalu Lintas

Alternatif solusi minimalisasi terjadinya kecelakaan diusulkan dengan harapan dapat mengurangi jumlah kecelakaan yang terjadi di setiap ruas jalan. Usulan solusi minimalisasi terjadinya kecelakaan dilakukan dengan mengelompokkan jumlah kejadian kecelakaan berdasarkan tipe kecelakaan. Grafik jumlah kejadian kecelakaan berdasarkan tipe kecelakaan dapat dilihat pada Gambar 5. Upaya minimalisasi yang diusulkan adalah sebagai berikut.

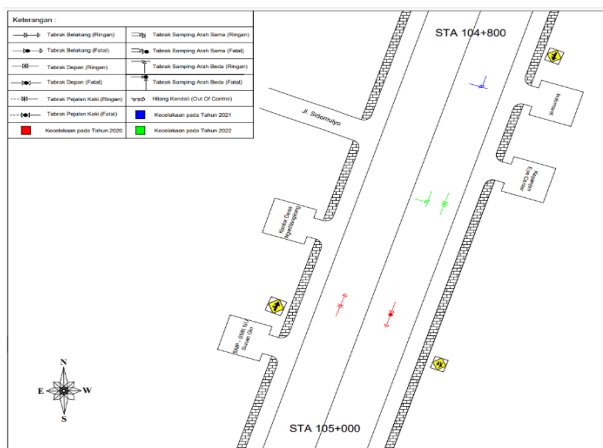
- a. Pemasangan paku jalan (*road stud*) pada marka membujur jalan di sepanjang ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani (STA 102+000 s.d. STA 107+510). Paku jalan ini berfungsi untuk memantulkan cahaya. Meski kondisi permukaan aspal kering atau pun basah, paku jalan tetap dapat memantulkan cahaya. Terlebih lagi di malam hari paku jalan ini akan sangat bermanfaat.
- b. Pemasangan rambu larangan berjalan terus karena wajib memberi prioritas kepada arus lalu lintas dari arah yang diberi prioritas, terutama di setiap jalan keluar dari desa mengingat arus keluar masuk kendaraan cukup ramai. Hal



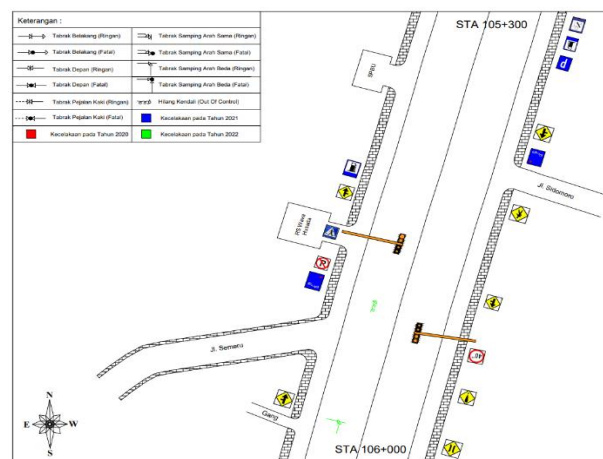
Gambar 8. Collision diagram STA 103+800 – 104+800.

ini bertujuan agar pengendara yang akan berbelok memberi prioritas kepada kendaraan dari arah yang berlawanan. Berdasarkan kondisi di lapangan beberapa jalan desa tidak terdapat rambu ini terutama pada titik *black spot* yakni Jalan Desa Jatirejoso (STA 103+000) dan Jalan Sidomulyo (STA 104+800).

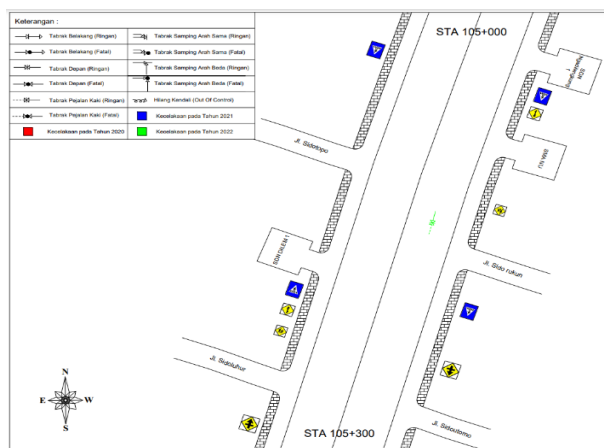
- c. Revitalisasi lampu peringatan lalu lintas (*warning lights*) yang tidak berfungsi. Berdasarkan kondisi di lapangan beberapa *warning lights* tidak berfungsi terutama di persimpangan Jalan Semeru (STA 105+900) dan Jalan Desa Jatirejoso (STA 103+000) dimana arus lalu lintas yang cukup tinggi. Revitalisasi ini bertujuan untuk mencegah kemungkinan terjadinya kecelakaan lalu lintas.
- d. Tes Alkohol dan Narkoba, seperti yang telah digencarkan Korlantas Polri dalam mensosialisasikan penggunaan alat tes alkohol (*alcohol test kit*) dan alat tes narkoba (*narcotic test kit*) pada pengguna jalan. Diharapkan dapat diterapkan di titik-titik lokasi rawan terjadinya kecelakaan (*Blackspot*) dalam upaya menekan angka kecelakaan lalu lintas.
- e. Melakukan perbaikan dan pengecekan kendaraan secara rutin agar sewaktu di perjalanan tidak mengalami hal-hal yang tidak diinginkan.
- f. Pemasangan marka *zebra cross* di beberapa titik lokasi yang terdapat rambu lokasi penyeberang pejalan kaki yakni pada STA 103+600 (didepan SMK NU Miftahul Huda), STA 105+000 s.d 105+100 (didepan SDN Ngadilangkung 1 dan SDN 1 Dilem), dan STA 106+600 s.d. 106+700 (didepan SMAN 1 Kepanjen).



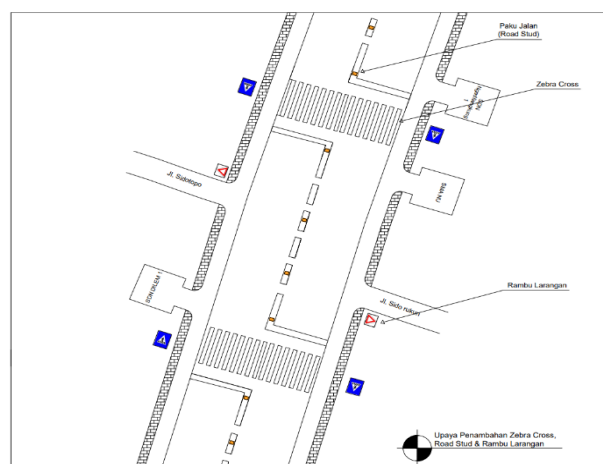
Gambar 9. Collision diagram STA 104+800 – 105+000.



Gambar 11. Collision diagram STA 105+300 – 106+000.



Gambar 10. Collision diagram STA 105+000 – 105+300.



Gambar 12. Usulan solusi minimalisasi terjadinya kecelakaan lalu lintas.

- g. Pemasangan rambu menjalankan Kendaraan dengan kecepatan yang dibatasi terutama di titik *black spot* yakni STA 103+800 s.d. 104+800. Adapun rambu dapat dilihat pada Gambar 6.
- h. Seleksi ketat perolehan Surat Izin Mengemudi (SIM) dalam upaya meningkatkan keterampilan pengendara mengendalikan kendaraanya.
- i. Memberikan sosialisasi atau penyuluhan tentang pentingnya keselamatan berlalu lintas kepada masyarakat sekitar agar selalu berhati-hati dalam berkendara.

#### IV. LAMPIRAN

Lampiran disajikan pada Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, Gambar 11, dan Gambar 12.

#### V. KESIMPULAN

##### A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil perhitungan dan analisis data yang telah dilakukan, maka diambil kesimpulan Sebagai berikut. (1) Berdasarkan Hasil perhitungan angka kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan Raya Pepen-Ahmad Yani, diambil kesimpulan sebagai berikut, (a) Angka kecelakaan lalu lintas dengan tipe kecelakaan berat terjadi pada tahun 2020 yaitu di ruas Jalan Raya Panglima Sudirman dengan 4,17 per seratus juta perjalanan kendaraan per kilometer (100JPKP); (b) Angka kecelakaan lalu lintas dengan tipe kecelakaan sedang terjadi pada tahun 2022 yaitu di ruas Jalan Raya Ngadilangkung dengan 40,12 per seratus juta perjalanan kendaraan per kilometer (100JPKP).

Berikutnya, (2) Berdasarkan hasil analisis perhitungan *black spot* diketahui bahwa ada 3 ruas jalan menjadi daerah rawan kecelakaan. Untuk lokasi *black spot* pada tiap ruas jalan yang menjadi daerah rawan kecelakaan adalah sebagai berikut: (a) Jalan Raya Mojosari: STA 102+700 s.d. STA 103+700; (b) Jalan Raya Panglima Sudirman: STA 104+800 s.d. STA 105+000; (c) Jalan Raya Ahmad Yani: STA 106+000 s.d. STA 107+000. (3) Berdasarkan hasil analisis biaya satuan korban kecelakaan lalu lintas (BSKO-Tn) dengan metode perhitungan *The Gross Output (Human Capital)* pada jalan Raya Pepen – Ahmad Yani selama tahun 2020-2022 adalah sebagai berikut: (a) 2020 : Rp 726.251.841; (b) 2021 : Rp 20.514.038; (c) 2022 : Rp 91.082.330.

Kesimpulan berikutnya, (4) Beberapa usulan penanganan untuk solusi minimalisasi terjadinya kecelakaan lalu lintas sebagai berikut: (a) Pemasangan paku jalan (road stud) pada marka membujur jalan di sepanjang ruas Jalan Raya Pepen-Ahmad Yani (STA 102+000 s.d. STA 107+510); (b) Pemasangan rambu larangan berjalan terus terutama pada titik *black spot* yakni yakni Jalan Desa Jatirejoyoso (STA 103+000) dan Jalan Sidomulyo (STA 104+800); (c) Revitalisasi lampu peringatan lalu lintas (warning lights) yang tidak berfungsi. terutama di persimpangan Jalan Semeru (STA 105+900) dan Jalan Desa Jatirejoyoso (STA 103+000); (d) Pemasangan marka zebra cross di beberapa titik lokasi yang terdapat rambu lokasi penyeberang pejalan kaki yakni pada STA 103+600 (didepan SMK NU Miftahul Huda), STA 105+000 s.d 105+100 (didepan SDN Ngadilangkung 1 dan

SDN 1 Dilem), dan STA 106+600 s.d. 106+700 (didepan SMAN 1 Kepanjen); (e) Pemasangan rambu menjalankan Kendaraan dengan kecepatan yang dibatasi terutama di titik black spot yakni STA 103+800 s.d. 104+800; (f) Tes Alkohol dan Narkoba, seperti yang telah digencar-genarkan Korlantas Polri dalam mensosialisasikan penggunaan alat tes alkohol (alcohol test kit) dan alat tes narkoba (narcotic test kit) pada pengguna jalan; (g) Seleksi ketat perolehan Surat Izin Mengemudi (SIM) dalam upaya meningkatkan keterampilan pengendara mengendalikan kendaraanya; (h) Memberikan sosialisasi atau penyuluhan tentang pentingnya keselamatan berlalu lintas kepada masyarakat sekitar agar selalu berhati-hati dalam berkendara, dan menaati semua peraturan dan tata tertib lalu lintas yang ada. (i) Melakukan perbaikan dan pengecekan kendaraan secara rutin agar sewaktu di perjalanan tidak mengalami hal-hal yang tidak diinginkan.

### B. Saran

Saran yang dapat diberikan, yaitu (1) Data kecelakaan yang dibuat oleh Polres Malang berupa titik lokasi kejadian kecelakaan diharapkan bisa lebih spesifik sehingga analisis kecelakaan lalu lintas bisa menghasilkan hasil yang lebih akurat. (2) Berdasarkan analisis titik rawan kecelakaan (*black spot*) diperoleh nilai tertinggi pada ruas Jalan Raya Panglima Sudirman, diharapkan instansi terkait di Kabupaten Malang bisa mengevaluasi kondisi ruas jalannya seperti dengan memberi fasilitas penunjang jalan sehingga jumlah kejadian kecelakaan yang mengakibatkan korban kecelakaan lalu

lintas dapat diminimalisasi.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang, "Jumlah Penduduk Menurut Kecamatan dan Jenis Kelamin 2010-2020," Kabupaten Malang, *Badan Pusat Statistik Kabupaten Malang*, 2018. .
- [2] N. K. R. Purwanti and N. K. Erwati, *Pengantar Metode Numerik*, 1st ed. Lumajang: Klik Media, ISBN: 978-623-95006-6-5, 2020.
- [3] Pemerintah Pusat Republik Indonesia, *Undang-undang (UU) Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan*. Jakarta: Jaringan Dokumentasi dan Informasi Hukum (JDIH) BPK Republik Indonesia, LN. 2009/ No. 96, TLN NO. 5025, LL SETNEG : 143 HLM, 2009.
- [4] Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, *Pedoman Penanganan Lokasi Rawan Kecelakaan Lalu Lintas*. Jakarta: Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2004.
- [5] A. Fahza and H. Widyastuti, "Analisis daerah rawan kecelakaan lalu lintas pada ruas jalan tol Surabaya-Gempol.," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 1, pp. 54–59, Jun. 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.42123.
- [6] M. D. Aulia and O. A. Saputra, "Analisis daerah rawan kecelakaan di jalan kolektor primer Kabupaten Sukabumi.," *CRANE Civ. Eng. Res. Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 22–28, 2022.
- [7] Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, *Perhitungan Besaran Biaya Kecelakaan Lalu Lintas dengan Menggunakan Metoda The Gross Output (Human Capital)*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, 2005.
- [8] L. Widari and C. Buana, "Analisis kecelakaan lalu lintas di ruas jalan raya Sumenep-Pamekasan, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur.," *J. Tek. ITS*, vol. 11, no. 1, pp. 21–28, Apr. 2022, doi: 10.12962/j23373539.v11i1.82302.
- [9] A. M. Suswanto and A. A. G. Kartika, "Perencanaan jalan berkeselamatan di Kabupaten Tuban.," *J. Tek. ITS*, vol. 10, no. 2, pp. 265–272, Dec. 2021, doi: 10.12962/j23373539.v10i2.69957.