

**ANALISIS POTENSI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR DI  
PERLINTASAN SEBIDANG (*LEVEL CROSSING*) KERETA API DENGAN  
METODE *FAULT TREE ANALYSIS*  
(Studi Kasus : Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila – Perlintasan  
Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)**

(Skripsi)

Oleh

**AYU ANDINA LESTARI**

**NPM 1915011059**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **ANALISIS POTENSI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR DI PERLINTASAN SEBIDANG (*LEVEL CROSSING*) KERETA API DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (Studi kasus: Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila – Perlintasan Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)**

Oleh

**AYU ANDINA LESTARI**

Kecelakaan di perlintasan sebidang kereta api merupakan masalah serius yang memerlukan perhatian khusus dalam upaya meningkatkan keselamatan transportasi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor yang menyebabkan kecelakaan di perlintasan sebidang. Dengan menggunakan metode *fault tree analysis*, peneliti dapat melihat faktor-faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan sebidang kereta api khususnya Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila – Perlintasan Jalan Danau Toba, Jagabaya. Metode penelitian melibatkan pengamatan perilaku pengendara bermotor selama jam sibuk, lokasi penelitian diambil berdasarkan perlintasan sebidang dengan potensi kecelakaan yang cenderung tinggi. Data didapatkan dari survei langsung di lokasi penelitian dan survei kuisioner ke instansi terkait. Untuk mengetahui penyebab masalah dan risiko dari suatu kejadian, data yang diperoleh dari survei tersebut kemudian diolah menggunakan distribusi Poisson. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor manusia merupakan penyebab kecelakaan dengan probabilitas tertinggi berdasarkan survei di lapangan adalah variabel **X6** (kendaraan melebihi batas kecepatan) dengan nilai probabilitas sebesar 8,26%. Dari hasil penilaian risiko variabel **X4** (kendaraan menerobos palang pintu perlintasan) menjadi faktor tertinggi risiko penyebab terjadinya kecelakaan di perlintasan sebidang dengan nilai risiko sebesar Rp.878.809,40. Rekomendasi penanganan yang tepat untuk menangani masalah ini adalah sanksi yang tegas dari pemerintah kepada pengendara bermotor yang melewati perlintasan agar disiplin dan perawatan perlintasan sebidang untuk menghindari kecelakaan yang diakibatkan oleh perlintasan yang kurang terawat.

Kata kunci: Perlintasan Sebidang, Fault Tree Analisis, Kecelakaan, Risiko.

**ABSTRAK**

***ANALYSIS OF MOTOR VEHICLE ACCIDENT POTENTIAL AT RAILWAY  
LEVEL CROSSINGS USING FAULT TREE ANALYSIS METHOD  
(Case Study: KampungBaru Unila Level Crossing - Danau Toba Street Level  
Crossing, Jagabaya)***

*By*

**AYU ANDINA LESTARI**

*Accidents at railway level crossings are a serious issue that requires special attention in efforts to enhance transportation safety. This study aims to analyze factors causing accidents at railway level crossings. By employing the fault tree analysis method, researchers can identify dominant factors contributing to accidents at railway level crossings, particularly the KampungBaru Unila Level Crossing - Danau Toba Street Level Crossing, Jagabaya. The research method involves observing motorist behavior during peak hours, with research locations selected based on level crossings with a high potential for accidents. Data was gathered through direct surveys at the research sites and questionnaire surveys to relevant institutions. To understand the causes and risks of incidents, the data obtained from these surveys was processed using a Poisson distribution. The analysis results indicate that human factors, based on field surveys, are the primary cause of accidents, with variable X6 (vehicles exceeding speed limits) having the highest probability at 8.26%. Risk assessment results show that variable X4 (vehicles crossing the crossing gates) poses the highest risk factor for accidents at level crossings, with a risk value of Rp. 878,809.40. The recommended approach to addressing this issue includes stringent sanctions from the government against motorists who violate level crossings to promote discipline, as well as maintenance of level crossings to prevent accidents resulting from poorly maintained crossings.*

*Keywords: Level Crossing, Fault Tree Analysis, Accident, Risk.*

**ANALISIS POTENSI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR DI  
PERLINTASAN SEBIDANG (*LEVEL CROSSING*) KERETA API DENGAN  
METODE *FAULT TREE ANALYSIS*  
(Studi kasus: Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila – Perlintasan  
Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)**

Oleh :

**Ayu Andina Lestari**

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
**SARJANA TEKNIK**

Pada  
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik



**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **ANALISIS POTENSI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR DI PERLINTASAN SEBIDANG (*LEVEL CROSSING*) KERETA API DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (Studi kasus: Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila - Perlintasan Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)**

Nama Mahasiswa : **Ayu Andina Testari**

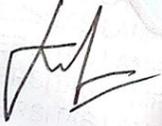
Nomor Pokok Mahasiswa : 1915011059

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik



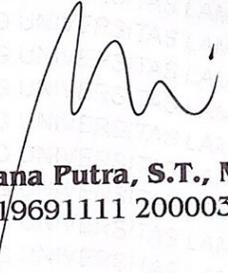
1. Komisi Pembimbing

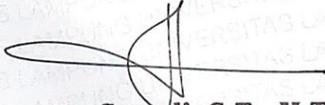
  
**Ir. Kristianto Usman, S.T., M.T., Ph.D.**  
NIP 19720513 200312 1 002

  
**Ir. Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T.**  
NIP 19850228 201212 1 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

3. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

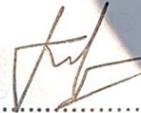
  
**Sasana Putra, S.T., M.T.**  
NIP 19691111 200003 1 002

  
**Dr. Suyadi, S.T., M.T.**  
NIP 19741225 200501 1 003

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

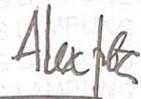
**Ketua : Ir. Kristianto Usman, S.T., M.T., Ph.D.**



**Sekretaris : Ir. Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T.**



**Penguji : Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba, S.T., M.T., IPM., ASEAN Eng.**



**2. Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. )**  
NIP 19750928 200112 1 002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 1 Agustus 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ayu Andina Lestari

NPM : 1915011059

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “ANALISIS POTENSI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR DI PERLINTASAN SEBIDANG (*LEVEL CROSSING*) KERETA API DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (Studi kasus: Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila – Perlintasan Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2024  
Penulis,


Ayu Andina Lestari

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Lampung Barat pada 28 September 2001. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Rudyanto dan Ibu Yuliana. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 2 GadingRejo, lalu meneruskan pendidikan di SMP Negeri 1 GadingRejo dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 GadingRejo.

Pada tahun 2019, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi S1 Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung melalui jalur seleksi SBMPTN. Penulis pernah aktif menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) Departemen Usaha Dan Karya Periode 2021-2022. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata selama 40 hari pada Januari 2022 di Kelurahan Enggal Rejo, Kecamatan Adiluwih, Kabupaten Pringsewu, Lampung. Penulis melaksanakan Kerja Praktik selama 3 bulan di Proyek Pembangunan Pengaman Pantai Kalianda (*Revetment*), Pantai Muli, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung.

Selama masa perkuliahan, penulis mendapat banyak ilmu dan pengalaman, baik akademik dan non-akademik. Dalam perjalanannya, penulis bertemu dengan banyak orang-orang hebat yang membantu penulis untuk selalu berkembang. Pada akhir masa perkuliahannya, penulis melaksanakan tanggung jawab terakhirnya sebagai mahasiswa dengan menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Potensi Kecelakaan Kendaraan Bermotor Di Perlintasan Sebidang (*Level Crossing*) Kereta Api Dengan Metode *Fault Tree Analysis* (Studi kasus: Perlintasan Sebidang KampungBaru Unila – Perlintasan Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)”.

## **MOTTO**

“Selama masih ada yang namanya perjuangan, tidak akan ada yang sia-sia.”

(R. A. Kartini)

“Life is like riding a bicycle. To keep your balance you must keep moving.”

(Albert Einstein)

“Apapun yang menjadi takdirmu, akan mencari jalannya sendiri menemukanmu”

(Ali Bin Abi Thalib)

“Life is not about finding yourself, it's about creating yourself”

(Robert Downey, JR)

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian penelitian dan penulisan skripsi dengan judul **“ANALISIS POTENSI KECELAKAAN KENDARAAN BERMOTOR DI PERLINTASAN SEBIDANG (*LEVEL CROSSING*) KERETA API DENGAN METODE *FAULT TREE ANALYSIS* (Studi kasus: Perlintasan Sebidang Kampung Baru Unila – Perlintasan Sebidang Jalan Danau Toba, Jagabaya)”** sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana (S1) di Teknik Sipil Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan rahmat dan ridho-Nya, serta senantiasa memberikan jalan dalam setiap urusan hamba-Nya.
2. Kedua orang tua penulis, yaitu Bapak Rudyanto dan Ibu Yuliana yang selalu memberikan perhatian dan dukungan baik secara moral dan materi serta doa-doa terbaik untuk saya.
3. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Sasana Putra, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Bapak Dr. Suyadi, S.T., M.T., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil Universitas Lampung.
6. Bapak Ir. Kristianto Usman S. T., M. T., Ph. D., selaku Dosen Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, arahan, dan bantuan selama proses pengerjaan skripsi.
7. Bapak Ir. Amril Ma'ruf Siregar, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan serta masukan-masukan selama proses pengerjaan skripsi.

8. Bapak Dr. Eng. Ir. Aleksander Purba, S. T., M. T., IPM, ASEAN ., selaku Dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun terkait isi skripsi.
9. Seluruh Civitas Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
10. Teman-teman Beri(6)! yang telah menemani dan memberikan semangat dalam segala kondisi pada penulis selama menjalani kuliah di Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
11. Keluarga besar Teknik Sipil Angkatan 2019 (SOLID 2019) yang telah berjuang bersama, berbagi kenangan dan pengalaman tak terlupakan.
12. Aurel, Miranda, Yahya, Amirul, Zandra dan Ari yang telah membantu penulis melaksanakan survei penelitian.
13. Terakhir, untuk diri sendiri karena telah mampu berusaha dan berjuang sejauh ini, mampu mengendalikan diri dalam menghadapi setiap masalah yang datang, berdamai dengan keadaan dan terus bergerak dan tidak pernah memutuskan menyerah meski sesulit apapun proses perkuliahan dengan menyelesaikannya sebaik dan semaksimal mungkin.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT memberikan rahmat dan pahala yang berlimpah pada mereka dan menjadikannya sebagai ibadah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat, Aamiin.

Bandar Lampung, 01 Agustus 2024  
Penulis,



**Ayu Andina Lestari**  
**NPM. 1915011059**

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1. Perlintasan Sebidang .....	6
2.2. Faktor Penyebab Kecelakaan .....	11
2.3. Risiko .....	12
2.3.1 Definisi Risiko.....	12
2.3.2 Penilaian Risiko.....	13
2.4. Konsep <i>Fault Tree Analysis</i> .....	14
2.4.1 Prinsip Kerja Metode <i>Fault Tree Analysis</i> .....	16
2.4.2 Simbol dan Istilah dalam Metode <i>Fault Tree Analysis</i> .....	16
2.5. <i>Expert Opinion</i> .....	20
2.6. Penelitian Terdahulu .....	20
2.6.1 Kesimpulan Penelitian Terdahulu.....	24
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	<b>25</b>
3.1. Lokasi Penelitian .....	25
3.2. Waktu Penelitian .....	26
3.3. Studi Literatur .....	26
3.4. Survei Pendahuluan.....	26
3.5. Teknik Pelaksanaan Survei .....	26

3.6. Metode Pengumpulan Data .....	27
3.7. Analisis Data .....	28
3.7.1 <i>Expert Opinion</i> .....	28
3.7.2 Analisis Video .....	28
3.8. Diagram Alir Rencana.....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1. Pelaksanaan Survei.....	31
4.2. Hasil Pelaksanaan Survei .....	31
4.2.1 Kondisi di Perlintasan Sebidang .....	31
4.2.2 Volume Lalu Lintas di Perlintasan Sebidang.....	36
4.2.3 Hasil Survei di Lapangan .....	40
4.3. <i>Fault Tree Analysis (FTA)</i> .....	44
4.4. <i>Expert Opinion</i> .....	54
4.5. Analisis Risiko .....	69
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>70</b>
5.1. Kesimpulan.....	70
5.2. Saran.....	71
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	
<b>LAMPIRAN D</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Rambu peringatan berdasarkan PM 13 tahun 2014 tentang rambu .....	7
Tabel 2. Rambu larangan berdasarkan PM 13 tahun 2014 tentang rambu .....	8
Tabel 3. Nilai Tingkat Probabilitas (Probability).....	13
Tabel 4. Nilai Tingkat Keparahan Dampak (Impact).....	13
Tabel 5. Matriks penelitian terdahulu .....	20
Tabel 6. Volume lalu lintas di perlintasan kampung baru senin .....	36
Tabel 7. Volume lalu lintas di perlintasan kampung baru jumat .....	36
Tabel 8. Volume lalu lintas di perlintasan kampung baru sabtu .....	37
Tabel 9. Volume lalu lintas di perlintasan labuhan ratu senin .....	37
Tabel 10. Volume lalu lintas di perlintasan labuhan ratu sabtu .....	38
Tabel 11. Volume lalu lintas di perlintasan labuhan ratu jumat .....	38
Tabel 12. Volume lalu lintas di perlintasan jl. sultan agung mbk senin .....	38
Tabel 13. Volume lalu lintas di perlintasan jl. sultan agung mbk sabtu .....	39
Tabel 14. Volume lalu lintas di perlintasan jl. sultan agung mbk jumat.....	39
Tabel 15. Volume lalu lintas di perlintasan jl. danau toba senin .....	39
Tabel 16. Volume lalu lintas di perlintasan jl. danau toba jumat.....	40
Tabel 17. Volume lalu lintas di perlintasan jl. danau toba sabtu .....	40
Tabel 18. Kendaraan menerobos palang pintu perlintasan .....	41
Tabel 19. Kendaraan berhenti terlalu dekat dengan rel.....	41
Tabel 20. Kendaraan yang tidak mengurangi kecepatan .....	42
Tabel 21. Kendaraan menyangkut pada rel.....	42
Tabel 22. Variabel risiko kecelakaan .....	44
Tabel 23. Rata-rata kegagalan per satuan waktu.....	49
Tabel 24. Hasil perhitungan dengan distribusi Poisson .....	50
Tabel 25. Hasil survei kuisioner utama (probabilitas) .....	55
Tabel 26. Tingkat kemungkinan ( <i>probability</i> ) .....	56
Tabel 27. Hasil perhitungan frekuensi .....	57
Tabel 28. Hasil perhitungan $\lambda$ .....	58
Tabel 29. Hasil perhitungan survei probabilitas .....	59
Tabel 30. Hasil survei kuisioner utama (dampak) .....	64
Tabel 31. Tingkat kerugian ( <i>Impact</i> ) .....	65
Tabel 32. Hasil perhitungan rata-rata.....	66
Tabel 33. Hasil perhitungan besar santunan .....	67
Tabel 34. Hasil perhitungan risiko.....	69

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Jumlah Kecelakaan di Perlintasan Sebidang Tahun 2018 – 2022.....	2
Gambar 2. Marka jalan pada perlintasan sebidang .....	9
Gambar 3. Pita penggaduh.....	9
Gambar 4. Pemasangan median di perlintasan sebidang .....	10
Gambar 5. Pemasangan lampu isyarat.....	10
Gambar 6. Rambu-rambu pada perlintasan sebidang berpalang pintu.....	11
Gambar 7. Rambu-rambu pada perlintasan sebidang tanda palang pintu.....	11
Gambar 8. Basic Event .....	17
Gambar 9. Undeveloped event.....	17
Gambar 10. Conditioning Event .....	18
Gambar 11. External event .....	18
Gambar 12. Intermediate event.....	18
Gambar 13. Gate OR.....	19
Gambar 14. Gate AND .....	19
Gambar 15. Contoh Diagram Fault Tree Analysis.....	20
Gambar 16. Lokasi penelitian 1 dan 2. ....	25
Gambar 17. Lokasi penelitian 3 dan 4. ....	25
Gambar 18. Diagram Alir Rencana.....	30
Gambar 19. Kondisi Geometri Dan Lingkungan Di Perlintasan KampungBaru.....	32
Gambar 20. Kondisi Geometri Dan Lingkungan Di Perlintasan jl. Untung Suropati.....	33
Gambar 21. Kondisi Geometri Dan Lingkungan Di Perlintasan jl. Sultan Agung .....	34
Gambar 22. Kondisi Geometri Dan Lingkungan Di Perlintasan jl. Danau Toba.....	35
Gambar 23. Kendaraan Menerobos Palang Pintu Perlintasan .....	40
Gambar 24. Kendaraan Berhenti Terlalu Dekat Dengan Rel.....	41
Gambar 25. Kendaraan Menyangkut Pada Rel.....	42
Gambar 26. Diagram Fault Tree Analysis Variabel Risiko Kecelakaan.....	46
Gambar 27. Diagram FTA Perhitungan Analisis Kuantitatif.....	53
Gambar 28. Diagram FTA Perhitungan Kuisisioner .....	61
Gambar 29. Diagram FTA Kombinasi Perhitungan Kombinasi .....	62
Gambar 30. Hasil Perbandingan Nilai Probabilitas .....	63

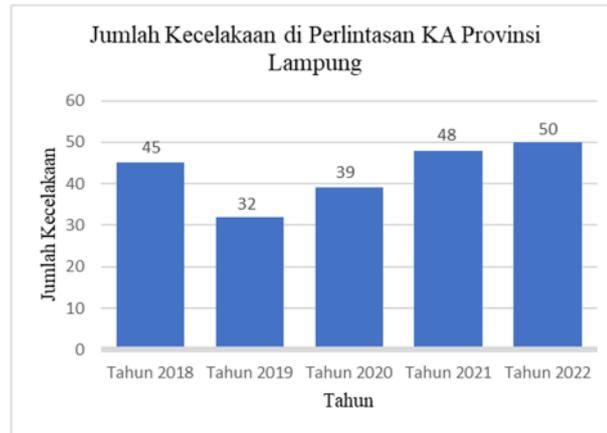
## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Kecelakaan adalah suatu kejadian tak diinginkan yang bisa terjadi kapan saja dan dimana saja yang dapat menimbulkan kerugian, cedera hingga korban jiwa. Sampai saat ini kecelakaan sulit untuk dihindari seperti kecelakaan di perlintasan sebidang kereta api, yang disebabkan karena perilaku kelalaian pengendara bermotor dan pengguna jalan lainnya yang tidak sesuai dengan peraturan yang telah ditetapkan.

Perlintasan sebidang kereta api sering kali menjadi titik rawan kecelakaan karena mobil, sepeda motor, atau pejalan kaki yang tidak memperhatikan kereta api yang datang. Menurut Supriyatno (2004), kecelakaan kereta api dapat menimbulkan kerugian berupa kerusakan sarana dan prasarana, tetapi juga mengganggu kelancaran perjalanan kereta api, kecelakaan kereta api menimbulkan kesan (*image*) buruk terhadap perkeretaapian, bahkan dapat menghilangkan kepercayaan masyarakat dalam (Karunia et al., 2019).

Berdasarkan data perlintasan sebidang wilayah Provinsi Lampung Tahun 2023 menurut Dinas Perhubungan Provinsi Lampung terdapat 146 pintu perlintasan sebidang yang ada di Provinsi Lampung, diantaranya 29 perlintasan dijaga, 56 perlintasan tidak dijaga dan sebanyak 61 pintu perlintasan sebidang liar. Jenis kecelakaan di kereta api terbagi atas enam kategori, yaitu kecelakaan dalam kereta api, ditabrak/tergilas kereta api, tabrakan dengan kereta api, jatuh dari kendaraan/ alat angkutan, dan menabrak pejalan kaki/ sejenisnya (Karunia et al., 2019).



(Sumber: PT. KAI Divre IV TanjungKarang)

Gambar 1. Jumlah Kecelakaan di Perlintasan Sebidang Tahun 2018 – 2022.

Berdasarkan data kecelakaan kereta api yang diperoleh dari PT. Kereta Api Indonesia (KAI) di wilayah Provinsi Lampung selama 5 tahun terakhir angka kecelakaan lalu lintas pada perlintasan sebidang kereta api mengalami penurunan pada tahun 2019 lalu mengalami peningkatan kembali pada tahun 2020. Sementara pada Undang Undang No. 23 tahun 2007 pasal 124 tertulis bahwa “Pada perpotongan sebidang antara jalur kereta api dan jalan, pemakai jalan wajib mendahulukan perjalanan kereta api”. Dengan meningkatnya angka kecelakaan di provinsi Lampung ini, perlu diselidiki faktor apa yang menjadi penyebab terjadinya kecelakaan pada perlintasan sebidang kereta api. Untuk mencegah terjadinya kecelakaan sebidang di perlintasan kereta api, penting untuk selalu memperhatikan tanda-tanda dan rambu-rambu perlintasan kereta api, mengurangi kecepatan saat mendekati perlintasan, dan selalu memastikan tidak ada kereta api yang sedang melintas sebelum menyebrang.

Dengan permasalahan yang ada peneliti akan melakukan analisis mengenai faktor-faktor yang berkontribusi terhadap risiko kecelakaan pada perlintasan sebidang menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*), yang akan ditampilkan dalam bentuk pohon kegagalan yang melibatkan logic gate. Hasil dari analisis ini diharapkan mampu menjadi salah satu alat bantu bagi manajemen keselamatan pada perlintasan sebidang kereta api

dalam meningkatkan keselamatan di perlintasan kereta api dan memberikan edukasi kesadaran kepada masyarakat.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kondisi di lokasi perlintasan sebidang kereta api?
2. Apa saja kelalaian pengendara saat melewati perlintasan sebidang kereta api?
3. Potensi apa saja yang dapat menjadi penyebab kecelakaan pada perlintasan sebidang kereta api dan keterkaitan antar penyebab?
4. Bagaimana penerapan metode FTA pada masalah kecelakaan di perlintasan sebidang kereta api?
5. Apakah yang menjadi faktor risiko tertinggi yang disebabkan oleh terjadinya kecelakaan di perlintasan sebidang?

## **1.3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi kondisi di lokasi perlintasan sebidang kereta api.
2. Mengidentifikasi apa saja kelalaian pengendara saat melintasi rel kereta api.
3. Mengidentifikasi faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan pada perlintasan kereta api dan keterkaitan antar penyebab kecelakaan.
4. Mengetahui penerapan *Fault Tree Analysis* pada masalah kecelakaan di perlintasan sebidang.
5. Mengetahui faktor risiko tertinggi dari penyebab terjadinya kecelakaan pada perlintasan sebidang.

## **1.4. Batasan Masalah**

Dalam penelitian ini ada beberapa batasan penelitian yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada 4 titik Perlintasan Rel Kereta Api (Perlntasan Sebidang Rel Kereta Kampung Baru Unila JPL No.13 KM 18, Perlntasan Sebidang Stasiun Labuhan Ratu JPL No.12 KM 17, Perlntasan Sebidang Rel Kereta Jl. Sultan Agung JPL No.10 KM 15+910 dan KM 15+900, Perlntasan Jl. Danau Toba, Jagabaya KM 14+300).
2. Penelitian dilakukan pada jam sibuk saat pukul 07.00-08.00 WIB, pukul 11.00-12.00 WIB dan pukul 16.00-17.00 WIB, setiap hari senin, jumat, dan sabtu, penelitian dilakukan selama 4 minggu.
3. Pengamatan dilakukan pada perilaku pengendara bermotor saat melintasi perlntasan sebidang kereta api.
4. Penelitian dilakukan pada perlntasan yang memiliki volume lalu lintas cukup tinggi pada saat jam sibuk.
5. Survei rekam video menggunakan handphone.
6. Penelitian ini menggunakan metode FTA (*Fault Tree Analysis*) dalam proses mengetahui faktor dominan penyebab terjadinya kecelakaan pada perlntasan sebidang kereta api.

### **1.5. Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat yang didapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan wawasan dan ilmu kepada mahasiswa serta masyarakat akan pentingnya keselamatan ketika melintasi rel kereta api.
2. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan gambaran detail terhadap kecelakaan di perlntasan KA, sehingga diharapkan dapat mengurangi angka kecelakaan lalu lintas di perlntasan sebidang kereta api.

### **1.6. Sistematika Penulisan**

Adapun sistematika dalam penulisan pada penelitian ini terdiri dari sebagai berikut:

## BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi uraian mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan.

## BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang hasil kajian penelitian sebelumnya sebagai penunjang penelitian yang akan dilakukan.

## BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi uraian mengenai gambaran umum dan metode yang akan digunakan untuk memperoleh data – data yang dibutuhkan.

## BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis serta pembahasan data berdasarkan teori yang ada.

## BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan akhir yang merupakan hasil dari pembahasan yang didapat dari pengolahan data dan saran dari hasil tersebut.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Perlintasan Sebidang

Perlntasan sebidang adalah jalur kereta api yang bersinggungan dengan jalan raya di suatu titik. Biasanya pengaturan persimpangan sebidang terdiri dari, marka, rambu, pulau jalan, bundaran, dan lampu lalu lintas. Pengaturan lebih sulit dilakukan pada perlntasan sebidang yakni jalan raya dan jalur kereta api dimana melibatkan arus kendaraan bermotor pada satu sisi dan arus kereta api pada sisi lain (Aswad, 2013).

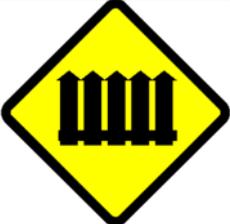
Perlntasan sebidang kereta api memiliki dua buah arus lalu lintas yakni arus kendaraan bermotor dari jalan raya dan arus kereta api dari jalan rel, dalam suatu waktu kedua arus tersebut akan saling bertemu. Kendaraan bermotor lebih unggul dibandingkan dengan kereta api dari segi akselerasi dan sistem pengereman, dimana kendaraan bermotor memiliki waktu dan jarak pengereman yang lebih pendek dibandingkan dengan kereta api. Maka perlntasan kereta api dengan jalan raya menganut sistem prioritas untuk kereta api dimana arus kendaraan harus berhenti dahulu ketika kereta api melewati perlntasan. Oleh sebab itu, dibutuhkan standar keselamatan yang mengatur perlntasan sebidang (Syahputra & Ashar, 2023).

Sama halnya dengan sebuah persimpangan, pada perlntasan sebidang jalan harus dilengkapi dengan alat pengendalian keselamatan bagi penggunaan jalan yang melintas. Pemasangan perlengkapan jalan di perlntasan sebidang, dilaksanakan dengan berpedoman ketentuan Peraturan Direktur Jendral Perhubungan Darat No. 407/AJ.401/DRJD/2018 tentang Pedoman

Teknis Pengendalian Lalu Lintas di Ruas Jalan Pada Lokasi Potensi Kecelakaan di Perlintasan Sebidang dengan Kereta Api sebagai berikut (Perdirjenhubdat, 2018):

1. Dilengkapi dengan rambu peringatan berupa:

Tabel 1. Rambu peringatan berdasarkan PM 13 tahun 2014 tentang rambu

No	Keterangan	Gambar
a.	Rambu peringatan perlintasan sebidang kereta api dengan palang pintu Tabel II / Rambu No. 8e	
b.	Rambu peringatan perlintasan sebidang kereta api tanpa palang pintu Tabel II / Rambu No.8f	
c.	Rambu peringatan yang menerangkan lokasi kritis 450 m dari lokasi rambu Tabel II / Rambu No. 10a	
d.	Rambu peringatan yang menerangkan lokasi kritis 200 m dari lokasi rambu Tabel II / Rambu No. 10b	
e.	Rambu peringatan yang menerangkan lokasi kritis 150 m dari lokasi rambu Tabel II / Rambu No. 10c	

No	Keterangan	Gambar
f.	Rambu peringatan dengan kata-kata Tabel II / Rambu No. 9	
g.	Peringatan rintangan atau objek berbahaya pada sisi jalan sebelah kiri (Hanya dapat melakukan Gerakan lalu lintas pada sisi sebelah kanan) Tabel II / Rambu No. 11a	
h.	Peringatan rintangan atau objek berbahaya pada sisi jalan sebelah kanan (Hanya dapat melakukan Gerakan lalu lintas pada sisi sebelah kiri) Tabel II / Rambu No. 11b	

(Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

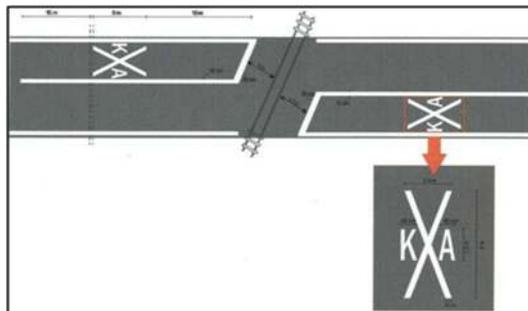
2. Dilengkapi dengan rambu larangan berupa:

Tabel 2. Rambu larangan berdasarkan PM 13 tahun 2014 tentang rambu

No	Keterangan	Gambaran
a.	Larangan berjalan terus karena wajib berhenti sesaat dan/ atau melanjutkan perjalanan setelah dipastikan selamat dan konflik lalu lintas dari arah lainnya Tabel III / Rambu No. 1a	
b.	Larangan berjalan terus pada perlintasan sebidang lintasan kereta api jalur tunggal sebelum mendapatkan kepastian selamat dari konflik Tabel III / Rambu No. 1e	
c.	Larangan berjalan terus pada perlintasan sebidang lintasan kereta api jalur ganda sebelum mendapatkan kepastian selamat dari konflik Tabel III / Rambu No. 1f	

(Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

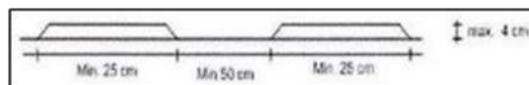
3. Dilengkapi dengan marka berupa:
  - a. Marka melintang, berupa tanda garis melintang sebagai batas wajib berhenti kendaraan sebelum melintasi jalur kereta api, dengan ukuran lebar 0,3 meter dan tinggi 0,03 meter.
  - b. Marka membujur, berupa garis utuh sebagai larangan kendaraan untuk melintasi garis tersebut dengan ukuran lebar 0,12 meter dan tinggi 0,03 meter.
  - c. Marka lambing, berupa tanda peringatan yang dilengkapi dengan tulisan “KA” sebagai tanda peringatan adanya perlintasan dengan jalur kereta api dengan ukuran lebar secara keseluruhan 2,4 meter dan tinggi 6 meter serta ukuran huruf yang bertuliskan “KA” tinggi 1,5 meter dan lebar 0,60 meter.



(Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

Gambar 2. Marka jalan pada perlintasan sebidang.

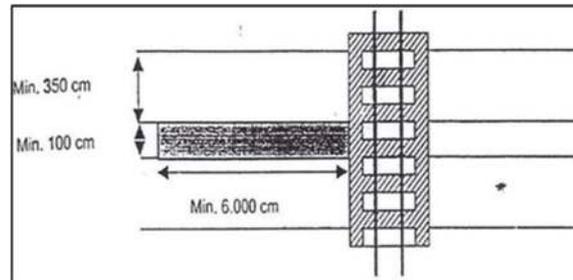
4. Dilengkapi dengan pita penggaduh  
 Marka pita penggaduh (rumble strip) yang berfungsi sebagai marka efek kejut saat mendekati perlintasan kereta api, dipasang pada jarak 60 meter dari stopline/garis henti.



( Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

Gambar 3. Pita penggaduh.

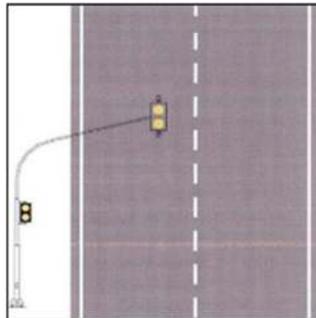
5. Dilengkapi dengan pemisah lajur atau jalur lalu lintas (median) yang bersifat permanen maupun yang dapat dipindahkan dengan kriteria Panjang minimal 6,0 (enam) meter dari Ruang Manfaat Jalan (Rumaja) Rel lebar satu meter pada jalan 4 lajur 2 arah.



(Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

Gambar 4. Pemasangan median di perlintasan sebidang.

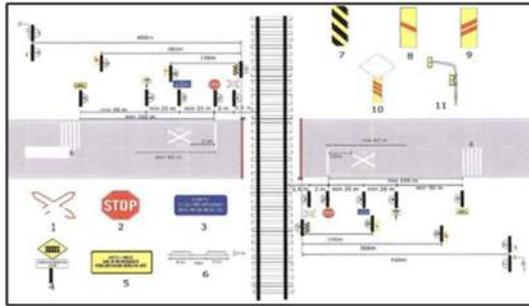
6. Dalam kondisi tertentu dilengkapi dengan alat pemberi isyarat lalu lintas berwarna kuning yang berkedip-kedip dan penerangan jalan umum sesuai kebutuhan.



(Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

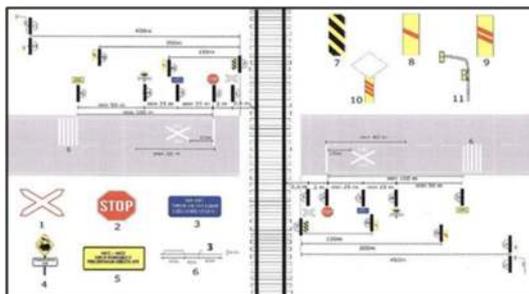
Gambar 5. Pemasangan lampu isyarat.

Semua rambu dipasang dalam jarak tertentu pada jenis perlintasan sebidang jalur tunggal dan jalur ganda. Penempatan rambu pada jenis perlintasan dapat diilustrasikan pada gambar berikut:



(Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

Gambar 6. Rambu-rambu pada perlintasan sebidang berpalang pintu.



( Sumber: Perdirjenhubdat, 2018 dan PM 13 Tahun 2014)

Gambar 7. Rambu-rambu pada perlintasan sebidang tanda palang pintu.

## 2.2. Faktor Penyebab Kecelakaan

Kejadian kecelakaan tidak terjadi secara serta merta, akan tetapi selalu didahului oleh faktor-faktor penyebab kecelakaan. Faktor penyebab kecelakaan di negara berkembang masih terjadi ambiguitas pencatatan penyebab kecelakaan. Kecelakaan seringkali disebabkan oleh kondisi geometrik, faktor lingkungan, serta manusia itu sendiri (Obaidat, 2012). Salah satu faktor utama yang menyebabkan risiko di perlintasan sebidang adalah ketidakpatuhan dan kesadaran rendah dari pengguna jalan (Iswanto et al., 2021). Menurut Hidayat (2013) terjadinya kecelakaan biasanya didahului oleh pelanggaran yang seringkali terjadi di jalan seperti mengemudi dan terburu-buru mendahului kendaraan lain dengan tidak tertib.

Disamping faktor manusia, faktor kendaraan juga dapat menyebabkan kecelakaan. Faktor kendaraan yang sering terjadi adalah kelalaian

melakukan perawatan. Terdapat keterkaitan pula antara jenis kendaraan, jenis mesin motor, jenis motor, volume mesin, dan pemilihan merek kendaraan terhadap perilaku pengendara terhadap kecelakaan (Putranto, 2013; Rakhmawati, 2015; Tjahjono et al., 2019). Faktor lingkungan yang sering berpengaruh terhadap kecelakaan dapat berupa kondisi lingkungan sekitar lokasi terjadinya kecelakaan seperti jenis tata guna lahan, penerang, cuaca, waktu terjadinya kecelakaan, jarak pandang, kondisi permukaan jalan (Eluru, 2012; Rakhmawati, 2015; Soleimani, 2019).

## 2.3. Risiko

### 2.3.1 Definisi Risiko

Menurut OHSAS 18001: 2007 “Risiko adalah kombinasi dari kemungkinan terjadinya kejadian berbahaya atau paparan dengan keparahan dari cedera atau gangguan Kesehatan yang disebabkan oleh kejadian atau paparan tersebut”. Berikut adalah teknik yang digunakan dalam mengidentifikasi risiko (Astuti, 2017):

#### a. *Brainstorming*

Pada tahap ini dilakukan pendataan ide-ide semua kemungkinan risiko yang akan terjadi serta mengelompokkan risiko tersebut. Selain itu juga ditambahkan informasi mengenai masalah-masalah yang terjadi dan cara penanganannya.

#### b. *Interviewing*

Melakukan wawancara/interview terhadap para *stakeholder*.

#### c. Penyebaran Kuisisioner

Teknik yang digunakan untuk mendapatkan masukan dari para ahli/pakar yang relevan dengan proyek. Ide-ide mengenai risiko yang akan timbul ditampung dalam kuisisioner kemudian para ahli/pakar diminta untuk memberikan pendapat dan komentar terhadap kuisisioner tersebut.

### 2.3.2 Penilaian Risiko

Potensi bahaya yang ditemukan pada tahap identifikasi bahaya akan dilakukan penilaian risiko guna menentukan tingkat risiko (*Risk rating*) dari bahaya tersebut. Analisis risiko dilakukan untuk menentukan besarnya suatu risiko dengan mempertimbangkan tingkat keparahan atau kemungkinan yang mungkin terjadi. Penilaian risiko dilakukan dengan berpedoman pada skala Australian Standard/New Zealand Standard for Risk Management (AS/NZS 4360:2004).

Tabel 3. Nilai Tingkat Probabilitas (*Probability*)

Tingkat	Deskripsi	Keterangan
5	<i>Almost certain</i>	Dapat terjadi setiap saat (kemungkinan terjadi $> \frac{24}{365}$ setiap tahunnya)
4	<i>Likely</i>	Sering terjadi (kemungkinan terjadi $\frac{12}{365} - \frac{24}{365}$ setiap tahunnya)
3	<i>Posibble</i>	Dapat terjadi sekali-sekali (kemungkinan terjadi $\frac{8}{365} - \frac{12}{365}$ setiap tahunnya)
2	<i>Unlike</i>	Jarang terjadi (kemungkinan terjadi $\frac{4}{365} - \frac{8}{365}$ setiap tahunnya)
1	<i>Rare</i>	Sangat jarang terjadi (kemungkinan terjadi $0 - \frac{4}{365}$ setiap tahunnya)

(Sumber: *Risk management Standard AS/NZS 4360:1999/dimodifikasi*)

Tabel 4. Nilai Tingkat Keparahan Dampak (*Impact*)

Tingkat	Deskripsi	Dampak	Santunan
1	Tidak Signifikan	Tidak terjadi cedera, kerugian finansial sedikit	Rp.1.000.000,00
2	Minor	Cedera ringan, kerugian finansial sedikit	Rp.1.500.000,00
3	Moderator	Cedera sedang, perlu penanganan medis	Rp.20.500.000,00

Tingkat	Deskripsi	Dampak	Santunan
4	Mayor	Cedera berat, kerugian besar, gangguan produksi	Rp.70.500.000,00
5	Ekstrim	Fatal, kerugian sangat besar dan dampak sangat luas, terhentinya seluruh kegiatan	Rp.74.500.000,00

(Sumber: Jasa Raharja/dimodifikasi)

Setelah mengetahui nilai dari skala indeks tersebut, langkah selanjutnya adalah menghitung nilai dari risiko, untuk menghitung risiko menggunakan rumus:

$$R = P \times I$$

Dimana:

R = Risiko (*Risk*)

P = Kemungkinan (*Probability*) risiko yang terjadi

I = Tingkat dampak (*Impact*) risiko yang terjadi

#### 2.4. Konsep *Fault Tree Analysis*

Menurut Papadopoulos (2004) *Fault Tree Analysis* (FTA) merupakan metode analisis deduktif untuk mengidentifikasi terjadinya kerusakan pada sistem dengan cara menggambarkan alternatif-alternatif kejadian dalam suatu blok diagram secara terstruktur. Berikut langkah-langkah dalam FTA menurut Kristiansen dalam Salsabila (2022):

1. Menentukan kejadian/peristiwa yang penting dalam suatu sistem (*top event*). Pada tahap ini dibutuhkan pemahaman tentang sistem dan pengetahuan tentang jenis kerusakan (*undesired event*) untuk mengidentifikasi faktor dari permasalahan yang timbul pada sistem. Permasalahan atau kegagalan pada sistem dilakukan dengan memahami atau mempelajari semua informasi yang berkaitan tentang sistem dan ruang lingkungannya.

2. Selanjutnya membuat pohon kegagalan, dimana pada tahap ini, *cause and effect diagram* dapat digunakan untuk menentukan kesalahan dan mencari akar kerusakan atau kegagalan. Pembuatan pohon kesalahan menggunakan simbol-simbol *Boolean*.
3. Langkah selanjutnya yaitu menganalisis pohon kegagalan apakah kualitatif atau kuantitatif, pada tahap ini diperlukan dalam memperoleh informasi yang jelas dari suatu sistem dan perbaikan apa yang harus dilakukan pada sistem. Ada 3 tahap menganalisis pohon kesalahan, yaitu:
  - a. Menyederhanakan pohon kegagalan  
 Tujuan dalam menyederhanakan pohon kegagalan ini adalah untuk mempermudah dalam melakukan analisis sistem lebih lanjut.
  - b. Menentukan peluang munculnya kejadian atau peristiwa terpenting dalam sistem (*top event*). Setelah itu harus ditentukan peringkat kombinasi kejadiannya (*minimal cut set ranking*). Tahap dalam menentukan kombinasi kejadian (*minimal cut set*) yaitu :
    - Memodifikasi *logic gate* FTA menjadi *OR gate* dan *AND gate* saja.
    - Menamai masing-masing kejadian (*event*).
    - Menkonversikan fault tree dalam persamaan aljabar *boolean*.
    - Menentukan kombinasi kejadian atau yang biasa disebut *minimal cut set* yaitu dengan mengubah persamaan aljabar *boolean* ke persamaan yang lebih sederhana, dengan hukum aljabar *boolean*.
    - Penentuan peringkat kombinasi kejadian (*minimal cut set ranking*)
    - Persamaan aljabar *boolean* adalah suatu hukum aljabar yang memiliki hubungan antara variabel dengan dua kategori dan operasi *logic gate*. Variabel tersebut disajikan menggunakan huruf alfabet dan dua operasi *logic gate* dasar yaitu (.) untuk *AND*, (+) untuk *OR*.
  - c. Mereview hasil analisis  
 Review hasil analisis ini dilakukan untuk mengetahui kemungkinan perbaikan yang dilakukan pada sistem.

Output yang dihasilkan dalam pembuatan *fault tree analysis* adalah peluang munculnya kejadian terpenting dalam suatu kejadian dan

memperoleh faktor kegagalan dari suatu permasalahan. Kemudian faktor permasalahan tersebut digunakan untuk memperoleh perbaikan permasalahan yang tepat pada sistem.

#### **2.4.1 Prinsip Kerja Metode *Fault Tree Analysis***

Prinsip kerja metode fault tree analysis menurut Kristiansen dalam Salsabila (2022), adalah:

1. Kegagalan sistem/kecelakaan.
2. Fault tree analysis terdiri dari urutan peristiwa yang mengarah kepada kegagalan sistem/kecelakaan.
3. Membuat urutan peristiwa dengan menggunakan gerbang logika “AND” atau “OR” atau gerbang logika lainnya.
4. Kejadian di atas dan semua peristiwa terdapat beberapa penyebab dan ditandakan dengan persegi panjang dan kejadian yang dijelaskan dengan persegi panjang.

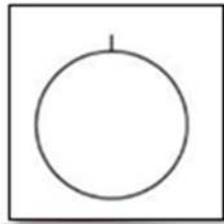
#### **2.4.2 Simbol dan Istilah dalam Metode *Fault Tree Analysis***

Simbol-simbol yang digunakan adalah simbol kejadian, simbol gerbang, dan simbol transfer, berikut adalah simbol dan pengertian dari setiap simbol, baik simbol kejadian, simbol transfer, dan simbol gerbang yang digunakan pada metode fault tree analysis menurut Kristiansen dalam Salsabila (2022), adalah:

##### **1. Simbol Kejadian**

Simbol kejadian adalah simbol-simbol yang berisi keterangan kejadian pada sistem yang ada pada suatu proses terjadinya top event. Terdapat 5 simbol yaitu:

a. *Basic Event/Primary Event*

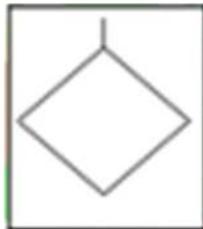


(Sumber: Blanchard 2004)

Gambar 8. *Basic Event*

*Basic event* yang disimbolkan dengan lingkaran ini digunakan untuk menyatakan basic event atau primary event atau kegagalan mendasar yang tidak perlu dicari penyebabnya yang sudah pasti gagal. Artinya, simbol lingkaran ini merupakan batas akhir penyebab suatu kejadian.

b. *Undeveloped Event*

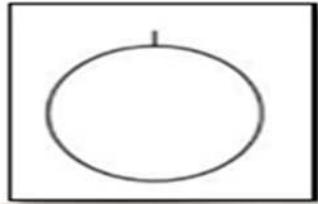


(Sumber: Blanchard 2004)

Gambar 9. *Undeveloped event*

*Undeveloped event* yang disimbolkan dengan diamond ini digunakan untuk menyatakan undeveloped event atau kejadian yang tidak dapat berkembang, yaitu suatu kejadian kegagalan tertentu yang tidak dicari penyebab lagi, baik karena kejadiannya tidak cukup berhubungan atau karena tidak tersedia informasi yang terkait dengannya sehingga menjadi satu kejadian akhir dari suatu masalah yang terjadi pada suatu penelitian.

c. *Conditioning Event*

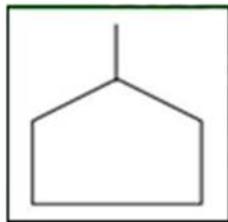


(Sumber: Blanchard 2004)

Gambar 10. *Conditioning Event*

*Conditioning event* ini untuk menyatakan *conditioning event*, yaitu suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang. Jadi pada kejadian ini kejadian output terjadi apabila kejadian input terjadi dan memenuhi suatu kondisi tertentu.

d. *External Event*

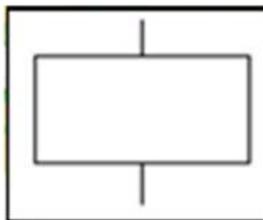


(Sumber: Blanchard 2004)

Gambar 11. *External event*

*External event* yang disimbolkan seperti gambar diatas digunakan untuk menyatakan *external event* yaitu kejadian yang diharapkan muncul secara normal dan tidak termasuk dalam kejadian gagal.

e. *Intermediate event*



(Sumber: Blanchard 2004)

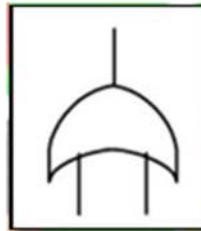
Gambar 12. *Intermediate event*

*Intermediate event* yang disimbolkan dengan persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian input gagal yang masuk ke gerbang.

1. Simbol *logic gate*

Simbol *logic gate* digunakan untuk menunjukkan hubungan antara kejadian input yang mendekati kejadian output, juga disebut dengan kejadian output disebabkan karena kejadian input yang saling berhubungan dengan cara-cara tertentu pada sebuah proses suatu sistem.

a. *Gate OR*

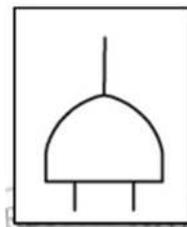


(Sumber: Blanchard 2004)

Gambar 13. *Gate OR*

*Gate OR* ini digunakan untuk menunjukkan bahwa kejadian yang akan terjadi jika satu atau lebih kejadian yang gagal dan input nya itu terjadi.

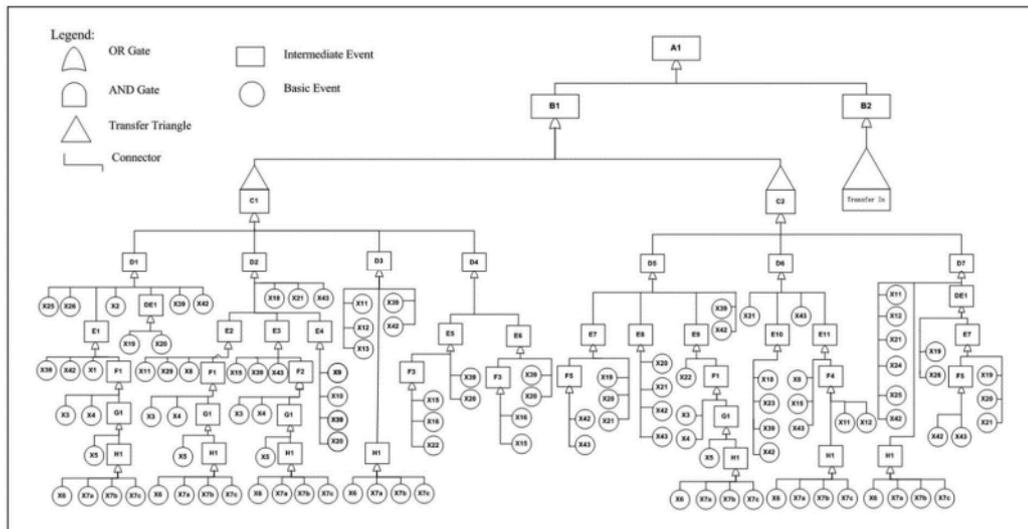
b. *Gate AND*



(Sumber: Blanchard 2004)

Gambar 14. *Gate AND*

*Gate AND* ini digunakan untuk input nya terjadi apabila semua kejadian output terjadi.



(sumber: Usman et al., 2021)

Gambar 15. Contoh Diagram *Fault Tree Analysis*

## 2.5. *Expert Opinion*

Menurut Hughes *expert opinion* adalah pendapat/pemikiran dari seorang spesialis yang dianggap ahli atau pakar bidang studi dan memiliki kemampuan intelektual di bidangnya (Putra & Hayusudina, 2006). *Expert opinion* digunakan dengan tujuan untuk meminta kepada orang yang dianggap ahli atau pakar pada suatu bidang untuk memeriksa, memberi arahan serta pendapat terhadap suatu penelitian yang dikaji.

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang dapat dijadikan referensi tambahan dalam penelitian ini terdapat pada tabel 3.

Tabel 5. Matriks penelitian terdahulu

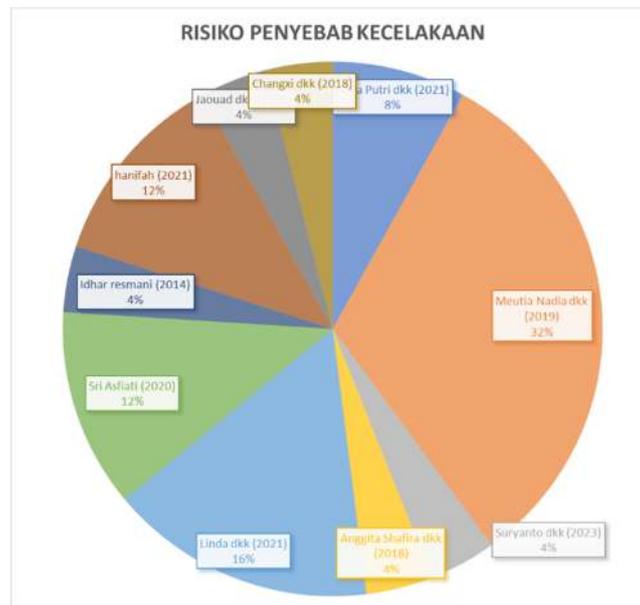
No.	Jurnal	Kesimpulan
1.	Studi Potensi Terjadinya Kecelakaan di Perlintasan Kereta Api dengan Metode <i>Fault Tree Analysis</i> . <i>Skripsi</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor yang paling berpotensi dan probabilitas tertinggi penyebab kecelakaan kereta api, serta perbedaan perilaku pengemudi saat melintasi rel kereta. Hasil analisa <i>fault tree</i> yang didapatkan menunjukkan

<i>Universitas Andalas, 2022. Hanifah Salsabila dkk.</i>	faktor manusia, terutama perilaku pengendara yang tidak mematuhi SOP saat melintasi perlintasan kereta api, memiliki potensi besar menjadi penyebab kecelakaan. Survei menunjukkan bahwa perilaku tersebut menyumbang sebanyak 99% terhadap potensi kecelakaan di perlintasan. Selain itu, pengendara yang berpotensi tinggi untuk menyebabkan kecelakaan adalah pengendara yang “tidak melihat kiri dan kanan” sebelum melewati perlintasan, dengan probabilitas sebesar 0,515. Hipotesis yang diuji menunjukkan bahwa “tidak ada perbedaan perilaku pengendara di perlintasan antara jam sibuk dan jam tidak sibuk”.
2. Karakteristik pengemudi sepeda motor dalam model peluang kecelakaan. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, vol. 19, no. 2, May 2021, pp. 151-158. Fitria Putri Luthfia dkk .	Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perilaku yang sering dilakukan pengemudi sepeda motor yang berpotensi menimbulkan kecelakaan. Pengambilan data dilakukan dengan cara wawancara kepada pengguna sepeda motor yang melintas di JPL 325 Lamongan. Analisis deskriptif dilakukan untuk memberikan gambaran karakteristik responden dan analisis inferensial berupa regresi logistik biner untuk mendapatkan faktor apa saja yang berpeluang menimbulkan laka di JPL. Pengemudi yang mengalami kesulitan membawa barang berlebih saat berkendara diindikasikan menjadi faktor penyebab kecelakaan meskipun kecil kemungkinan terjadi dengan nilai peluang sebesar 6,25%.
3. Analisis Resiko Daerah Rawan Kecelakaan pada Perlintasan Sebidang Kereta Api (Studi Kasus: Perlintasan Tarahan – perlintasan Sukamenanti). Jurnal Rekayasa, vol. 23, no. 2, Agustus 2019. Meutia Nadia Karunia dkk.	Berdasarkan hasil penelitian dengan metode SPSS, disimpulkan faktor-faktor dominan yang menyebabkan kecelakaan di perlintasan tsb adalah jalur kereta yang tidak memadai, jumlah gerbong yang terbatas, ketersediaan doorstop yang tidak memadai, kerusakan mesin, usia gerbong, kelelahan pengendara, dan kerusakan infrastruktur, dengan probabilitas jumlah kecelakaan pada tahun 2012-2017 sebesar 87,7%, sedangkan sisanya 12,3% dipengaruhi oleh variable lain.
4. Identifikasi Resiko Kecelakaan Perlintasan Sebidang (Di Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta). Vol. v, no. 1, Februari 2023. Suryanto dkk.	Disimpulkan bahwa perlintasan sebidang di Jalan Sorowajan Baru, Yogyakarta memiliki beberapa kondisi yang tidak memenuhi standar teknis dan berisiko menyebabkan kecelakaan. Beberapa kondisi tersebut meliputi ketidaklengkapan tanda-tanda dan sinyal, seperti tidak adanya marka jalan yang berfungsi sebagai batas lajur dan marka peringatan perlintasan, serta tidak adanya pita

	<p>penggadah, dengan probabilitas kecelakaan fatal=0.1492 dan probabilitas kecelakaan cidera =0.2658.</p>
<p>5. Perilaku <i>Aggressive Driving</i> Berdasarkan Jenis Kelamin Pada Pengemudi Mobil Pribadi di Perlintasan Kereta Berpalang Pintu (Studi Kasus: Jl. Abimanyu – Pertamina Kota Tegal). Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-21 Universitas Brawijaya, Malang, 19 – 20 Oktober 2018. Anggita Shafira Tefianti dkk.</p>	<p>Kesimpulan dari jurnal ini adalah bahwa perilaku mengemudi agresif dari pengemudi mobil pribadi merupakan masalah yang signifikan di perlintasan kereta api yang dilengkapi dengan palang pintu, dan bahwa pengemudi pria lebih cenderung menunjukkan perilaku tersebut daripada pengemudi wanita, dimana besar pengaruhnya sebesar 49%.</p>
<p>6. Presepsi Masyarakat Terhadap Keselamatan Jalur Kereta Api (Studi kasus: Perlintasan Kereta Api di Jl. Syekh Burhanuddin Kota Pariaman). <i>Journal of applied engineering sciences</i>. Vol. 4, no. 1, Januari 2021. Linda Ramadha Yanti dkk.</p>	<p>Presepsi masyarakat menilai bahwa pada perlintasan kereta api kurangnya fasilitas dan rambu-rambu lalu lintas, tidak adanya penjaga ketika kereta api melintas, palang pintu yang belum beroperasi dan kurangnya penerangan disekitar jalur perlintasan dan rendahnya kesadaran akan keselamatan bertransportasi pada umumnya disebabkan karena lemahnya pengawasan dan penegakan hukum, sehingga perilaku cenderung melanggar aturan.</p>
<p>7. Studi Keselamatan dan Keamanan Transportasi di Perlintasan Sebidang Antara Jalan Rel dengan Jalan Umum (Studi Kasus Perlintasan Kereta Api di Jl. Padang, Bantan Timur, Kecamatan Medan Tembung). <i>Progress in Civil Engineering Journal</i>. Vol. 1, no. 2, 2020, 31-41. Sri Asfiati dkk.</p>	<p>Dari hasil analisis menunjukkan pada perlintasan sebidang tersebut tidak adanya rambu lalu lintas menjadi faktor penyebab terjadinya kecelakaan, selain itu pengendara sering memaksakan untuk melewati perlintasan tersebut disaat kereta api sudah mendekat.</p>

- 
- |  |  |
|--|--|
| <p><b>8.</b> Kajian Moralitas Teknologi Pintu Perlintasan Kereta Api (Studi Kasus: Pintu Perlintasan Kereta Api Cikudapateuh, Bandung). <i>Jurnal Sositeknologi</i>, vol. 13, no. 2, Agustus 2014. Idhar Resmani.</p>          | <p>Kesimpulan dari jurnal ini adalah bahwa moralitas teknologi sangat penting dalam menjaga keselamatan manusia di perlintasan kereta api. Faktor manusia dan nonmanusia, seperti perilaku pengguna jalan, kondisi teknologi, dan kebijakan pemerintah, mempengaruhi moralitas teknologi di perlintasan kereta api. Penulis menemukan bahwa faktor bidang ruang merupakan salah satu yang paling dominan berperan dalam transportasi kereta api. Rekomendasi yang dihasilkan dari kajian ini adalah meningkatkan kesadaran masyarakat tentang pentingnya keselamatan di perlintasan kereta api, meningkatkan pengawasan dan pemeliharaan pintu perlintasan kereta api, dan meningkatkan koordinasi antara pihak-pihak terkait dalam menjaga keselamatan di perlintasan kereta api.</p> |
| <p><b>9.</b> <i>A Dependability Analysis of a Moroccan Level Crossing based on Fault Tree Analysis and Importance Measures. Journal europeen des systems automatises, vol 49, n 4-5/2016,487-502. Jaouad Boudnaya dkk.</i></p> | <p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem penyebrangan tingkat Maroko yang dievaluasi memiliki tingkat ketidaktersediaan tertentu dari waktu ke waktu, menunjukkan potensi resiko dan kerentanan terhadap kecelakaan. Secara keseluruhan, temuan jurnal berkontribusi pada pemahaman mengevaluasi ketergantungan sistem kereta api dan memberikan wawasan tentang kasus-kasus spesifik dari sistem persimpangan tingkat Maroko dan sistem persinyalan kereta api. Hasilnya dapat digunakan untuk meningkatkan keselamatan dan keandalan sistem kereta api, yang pada akhirnya meningkatkan kinerja dan keandalan mereka secara keseluruhan.</p>   |
| <p><b>10.</b> <i>The Impact of Aggressive Driving Behavior on Drive-Injury Severity at Highway-Rail Grade Crossings Accidents. Journal of Advanced Transportation. Vol 2018. Changxi Ma dkk.</i></p>                           | <p>Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara tingkat keparahan cedera pada pengemudi agresif dan pengemudi tidak agresif di perlintasan kereta api. Faktor-faktor seperti usia dan jenis kelamin pengemudi, karakteristik lingkungan, waktu, dan cuaca juga ditemukan signifikan dalam mempengaruhi tingkat keparahan cedera pengemudi. Hasil penelitian menunjukan bahwa pengemudi muda, dengan perilaku mengemudi agresif selama jam sibuk lebih mungkin mengalami cedera yang lebih parah.</p>  |
-

### 2.6.1 Kesimpulan Penelitian Terdahulu



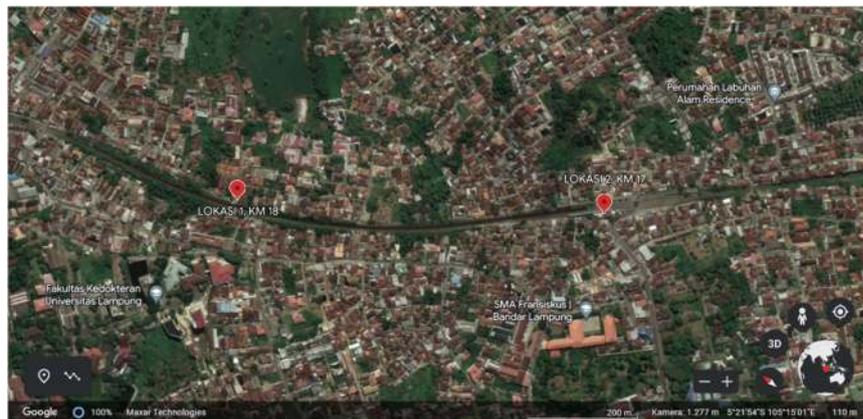
Disimpulkan dari penelitian terdahulu risiko tertinggi dan terendah dari penyebab kecelakaan:

1. Pada penelitian Meutia dkk (2019), yang berlokasi di perlintasan Tarahan – perlintasan Sukamenanti, Lampung menjadi lokasi yang berisiko tinggi terjadinya kecelakaan dikarenakan oleh banyak faktor seperti jalur kereta yang tidak memadai, ketersediaan palang pintu yang kurang memadai, kerusakan pada mesin, pengendara kelelahan saat mengendarai kendaraannya, kerusakan prasarana rel (rel aus, rel mamuai, rel gongsol, sambungan rel retak, dan lainnya), masinis kelelahan/mengantuk saat bertugas, dengan presentasi kecelakaan sebesar 87,7% selama 5 tahun.
2. Pada penelitian Anggita dkk (2018), yang dilakukan di perlintasan sebidang Kota Tegal risiko penyebab terjadinya kecelakaan diperoleh hasil 67.5% berada pada kategori rendah, 32.5% pada kategori sedang, dengan faktor *aggressive driving* pada pengemudi kendaraan bermotor yang cenderung meremehkan risiko terkait dengan pelanggaran lalu lintas.

### III. METODOLOGI PENELITIAN

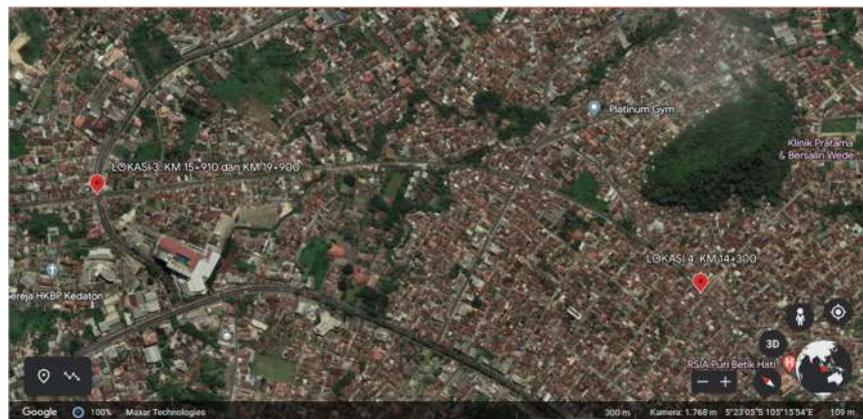
#### 3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian dilakukan di perlintasan sebidang Rel Kereta Kampung Baru Unila, perlintasan sebidang Stasiun Labuhan Ratu, perlintasan sebidang Rel Kereta Jl. Sultan Agung, dan perlintasan sebidang rel Jl. Danau Toba, Jagabaya.



(Sumber: google earth)

Gambar 16. Lokasi penelitian 1 dan 2.



(Sumber: google earth)

Gambar 17. Lokasi penelitian 3 dan 4.

### **3.2. Waktu Penelitian**

Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan selama 4 minggu, yaitu pada hari senin, jumat dan sabtu pada saat kondisi padat di lokasi yaitu pukul 07.00 – 08.00 WIB, pukul 11.00 – 12.00 WIB, dan pukul 16.00 – 17.00 WIB.

### **3.3. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari dasar teori dari referensi-referensi dan penelitian terdahulu yang berhubungan dengan data penelitian, yang akan di jadikan sebagai acuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Didapatkan referensi teori dan pelaksanaan dari bahan-bahan yang diambil dari buku, jurnal, dan *e-book* yang berkaitan dengan faktor-faktor penyebab kecelakaan di perlintasan sebidang sebagai pendukung penelitian dan pelengkap dari data sekunder.

### **3.4. Survei Pendahuluan**

Survei pendahuluan akan dilakukan dengan mengamati lokasi penelitian dan mengumpulkan informasi mengenai kondisi di lapangan. Adapun tujuan survei ini sebagai berikut:

1. Menentukan titik lokasi yang akan dilakukan pengamatan.
2. Mengetahui kondisi di lapangan.
3. Mendapatkan informasi terkait faktor kecelakaan.

### **3.5. Teknik Pelaksanaan Survei**

Survei pendahuluan dilakukan pada hari Jumat sore dan Minggu pagi dengan menggunakan meteran dan kamera *handphone*. Adapun Langkah-langkah pelaksanaan survei di lapangan, sebagai berikut:

1. Mencari lokasi perlintasan sebidang berpalang dan tidak berpalang, setelah menemukan lokasi pengamatan memotret lokasi menggunakan kamera *handphone*.

2. Melakukan pengamatan untuk menentukan apakah lokasi tersebut cocok untuk dilakukan pengamatan.
3. Melakukan *expert opinion* dengan mewawancarai Dinas Perhubungan Provinsi Lampung, Satker PT. KAI DAOP IV Provinsi Lampung, Balai Teknik Perkeretaapian (Direktorat Keselamatan Perkeretaapian) , penjaga jalan lintas (PJL) di lokasi penelitian 1,2, dan 3.

### 3.6. Metode Pengumpulan Data

Pada penelitian ini pengambilan data perilaku pengendara akan diambil dengan pengamatan secara langsung dilapangan dan melakukan kuisisioner yang akan diperoleh melalui responden oleh instansi terkait. Berikut adalah langkah untuk mendapatkan data yang diperlukan, sebagai berikut:

#### 1. Data Lapangan

Pengamatan di lapangan akan dilakukan dengan rekam video pada hari senin, jumat dan sabtu pada pukul pukul 07.00 – 08.00 WIB, pukul 11.00 – 12.00 WIB, dan pukul 16.00 – 17.00 WIB, menggunakan kamera *handphone* dan *tripod*. Pengamatan dilapangan akan dilakukan selama 4 minggu, pada 4 titik lokasi, yaitu sebagai berikut:

- a. Titik pengamatan 1 pada perlintasan sebidang rel kampung baru unila JPL No.13, KM 18.
- b. Titik pengamatan 2 pada perlintasan sebidang rel labuhan ratu JPL No.12, KM 17.
- c. Titik pengamatan 3 pada perlintasan sebidang rel jalan sultan agung bawah fly over Mall Boemi kedaton JPL No.10, KM 15+910 dan KM 15+900.
- d. Titik pengamatan 4 pada perlintasan sebidang rel jalan danau toba, jagabaya KM 14+300.

#### 2. *Expert Opinion*

Pendekatan yang dilakukan dengan wawancara dan pemberian kuisisioner yang diajukan kepada orang yang ahli ataupun pakar terhadap permasalahan yang berkaitan dengan risiko kecelakaan di perlintasan sebidang KA yaitu Dinas Perhubungan Provinsi Lampung, PT. KAI,

dan Badan Teknik Perkeretaapian SUMBAGSEL. Pada pengisian kuisisioner akan dilakukan dengan penilaian risiko untuk menentukan probabilitas dari potensi bahaya yang ada. Ada 2 parameter yang digunakan dalam penilaian risiko, yaitu *probability* dan *impact*.

### 3.7. Analisis Data

#### 3.7.1 *Expert Opinion*

Setelah *expert opinion* dilakukan didapat data skala *probability* dan *Impact* akan dianalisis untuk mendapatkan tingkat dari risiko kecelakaan pada perlintasan sebidang.

#### 3.7.2 Analisis Video

Setelah melaksanakan survei, didapatkan hasil survei yang dapat menjadi faktor peluang terjadinya kecelakaan diperlintasan sebidang, pada survei dilakukan pengamatan mengenai perilaku pengendara dan juga mengamati keadaan lingkungan sekitar perlintasan kereta api yang berpotensi terjadi kecelakaan. Dalam proses analisis selanjutnya pengolahan data dan teknik analisis video yang dilakukan dengan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

Konsep dasar dari metode ini adalah menterjemahkan dan menganalisis suatu kegagalan atau kesalahan dalam bentuk visual. FTA merupakan metode yang menggunakan analisis deduktif untuk mencari hubungan sebab dan akibat dari suatu kejadian dalam sistem kemudian secara sistematis akan melibatkan semua kemungkinan kejadian (*Event*) dan kesalahan yang dapat menyebabkan munculnya kerusakan (*Undesired Event*). Adapun tahap-tahap FTA yaitu:

1. Identifikasi *Undesired Event* (peristiwa yang tidak diinginkan). Identifikasi ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi pada perlintasan sebidang KA yang kemudian dapat

dijadikan sebagai top level event. Input dari tahap ini adalah kejadian-kejadian yang tidak diinginkan pada perlintasan sebidang KA, kemudian dari kejadian-kejadian tersebut akan dipilih satu Undesired Event.

2. Pembuatan *Fault Tree* (Pohon Kegagalan).

Diagram pohon kegagalan disusun dengan menggunakan simbol boolean yang terdiri atas simbol hubungan antar kejadian yang dapat menyebabkan terjadi gangguan. Diagram pohon kegagalan akan menunjukkan semua urutan sebab dan akibat suatu kejadian yang menimbulkan gangguan.

3. Penentuan Minimal *Cut Set* (Akar Permasalahan).

Penentuan minimal *Cut Set* dilakukan setelah Menyusun penyebab kerusakan pada level-level kejadian, kemudian dari level-level tersebut dapat ditentukan level paling dasar yang merupakan output dari minimal *Cut Set* yang berupa kejadian atau kombinasi kejadian yang menjadi akar permasalahan dengan menjabarkan seluruh kejadian yang terjadi kemudian melakukan penyederhanaan perulangan kejadian dasar yang sama menjadi satu kejadian dasar.

### 3.8. Diagram Alir Rencana



Gambar 18. Diagram Alir Rencana.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil survei di lokasi penelitian dapat disimpulkan kondisi perlintasan sebidang di lokasi penelitian masih kurang baik karena kondisi perkerasan yang rusak dengan persentase probabilitas sebesar 0,27% (variabel **X9**) yang menyebabkan kendaraan menyangkut diperlintasan dengan persentase probabilitas sebesar 4,57% (variabel **X10**), kemudian palang pintu perlintasan yang tidak aktif dengan persentase probabilitas sebesar 0,27% (variabel **X11**), dan rambu-rambu di perlintasan tidak lengkap dengan persentase sebesar 0,27% (variabel **X12**).
2. Dari hasil analisa yang dilakukan di lokasi penelitian, sikap kelalaian pengemudi saat melewati perlintasan sebidang yang dapat menyebabkan kecelakaan di perlintasan sebidang adalah menerobos palang pintu perlintasan dengan persentase probabilitas sebesar 6,87% (variabel **X4**) , berhenti terlalu dekat dengan rel dengan persentase probabilitas sebesar 1,88% (variabel **X5**), kendaraan tidak mengurangi kecepatan saat akan melewati perlintasan dengan persentase probabilitas sebesar 8,26% (variabel **X6**).
3. Dari hasil analisa yang telah dilakukan didapatkan keterkaitan antar penyebab kecelakaan, yaitu:
  - a. Kurangnya kesadaran dan kepatuhan pengemudi

- b. Kurangnya pengawasan dan pemeliharaan
  - c. Kondisi infrastruktur yang buruk
4. Penerapan metode *Fault Tree Analysis* dapat digunakan pada masalah kecelakaan di perlintasan sebidang, dilihat dari hasil perhitungan *Fault Tree Analysis* kuantitatif terhadap risiko kecelakaan di perlintasan sebidang yang telah dilakukan didapatkan probabilitas terjadinya faktor kecelakaan, sebagai berikut:
- a. Kendaraan melebihi batas kecepatan 8,26% (Paling Tinggi)
  - b. Kendaraan menerobos portal 6,87% (Tinggi)
  - c. Kendaraan menyangkut pada rel 4,57% (Sedang)
  - d. Kendaraan berhenti terlalu dekat dengan rel 1,88% (Sedang)
  - e. Adanya gundukan 0,27% (Rendah)
  - f. Jalan di perlintasan rusak 0,27% (Rendah)
  - g. Palang pintu tidak aktif 0,27% (Rendah)
  - h. Rambu tidak lengkap 0,27% (Rendah)
  - i. Bangunan menghalangi pandangan 0,27% (Rendah)
  - j. Tidak ada pos jaga 0,27% (Rendah)

Nilai *Top Event* yang didapatkan dari hasil perhitungan adalah sebesar 0,2322 atau dipresentasikan sebesar 23% (Kurang Aman).

5. Setelah mengetahui pendapat *Expert* melalui penyebaran kuisioner, diketahui kendaraan menerobos palang pintu perlintasan menjadi faktor tertinggi risiko penyebab kecelakaan di perlintasan sebidang dengan nilai risiko sebesar Rp.5.613.882,95.

## 5.2. Saran

1. Pemerintah perlu mengeluarkan aturan untuk menindakan secara tegas kepada pengendara atau pengguna jalan yang tidak disiplin di perlintasan sebidang kereta api untuk menekan angka kecelakaan di perlintasan sebidang agar tidak terus meningkat.

2. Dinas Perhubungan Kota Provinsi Lampung berkoordinasi dengan PT. KAI Divre IV TanjungKarang untuk memperbaiki palang pintu perlintasan, melengkapi marka dan rambu di perlintasan jalan Bumi Manti, Kampung Baru Unila – perlintasan jalan Danau Toba, Jagabaya.
3. Perlu dilakukan peningkatan kualitas perawatan perkerasan jalan di perlintasan sebidang jalan Bumi Manti, Kampung Baru Unila – perlintasan jalan Danau Toba, Jagabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asfiati, S., Mutiara, D. T. (2020). Studi Keselamatan dan Keamanan Transportasi di Perlintasan Sebidang Antara Jalan Rel dengan Jalan Umum (Studi Kasus Perlintasan Kereta Api di Jl. Padang, Bantan Timur, Kecamatan Medan Tembung). *Progress in Civil Engineering Journal*. 1(2). 31-41.
- Astuti, F. W. D. (2017). Analisis Risiko Kecelakaan Kerja Menggunakan Metode Bowtie Pada Proyek *One Galaxy* Surabaya.
- Aswad, Y. (2013). Studi Kelayakan Perlintasan Sebidang Antara Jalan Kereta Api dengan Jalan Raya. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 19(2).
- Boudnaya, J., Mkhida, A., Sallak, M. (2016). A *Dependability Analysis of a Moroccan Level Crossing based on Fault Tree Analysis and Importance Measures*. *Journal europeen des systems automatisees*, 49(4-5). 487-502.
- Eluru. (2012). "A Latent Class Modeling Approach for Identifying Vehicle Driver Injury Severity Factors at Highway-Railway Crossing." *Accident Analysis and Prevention*, 47, 119–127.
- Hidayat. (2013). "Faktor yang Berhubungan Dengan Kejadian Kecelakaan Lalu Lintas Pada Pengendara Sepeda Motor di Wilayah Polres Kabupaten Malang." *Jurnal Ilmu Keperawatan*, 1(2), 98–112.
- Iswanto, A. P., Imron, N. A., & Priyanto, S. (2021). Analisis Pemahaman Dan Pelanggaran *Early Warning System (Ews)* Terhadap Angka Kecelakaan Di Perlintasan Sebidang Dengan Metode *Chi-Square*. *Jurnal Perkeretaapian Indonesia*, V(1), 10–17.
- Karunia, M. K., Sulistyorini, R., & Purba, A. (2019). Analisis Resiko Daerah Rawan Kecelakaan pada Perlintasan Sebidang Kereta Api (Studi Kasus: Perlintasan Tarahan-Perlintasan Sukamenanti). *Rekayasa*, 23(2), 111–120.
- Lutfia, F. P., Ahyudanari, E. (2021). Karakteristik Pengemudi Sepeda Motor Dalam Model Peluang Kecelakaan. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(2), 151-158.
- Ma, C., Hao, W & Xiang, W., Yan, W. (2018). *The Impact of Aggressive Driving Behavior on Drive Injuri Severity at Highway-Rail Grade Crossings Accidents*. *Journal of Advanced Transportation*.

- Obaidat, M. T. (2012). Traffic Accidents At Hazardous Locations of Urban Roads. In *Article in Jordan Journal of Civil Engineering*.  
<https://www.researchgate.net/publication/304152585>
- OHSAS 18001: 2007 OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY ASSESSMENT SERIES*. (2007).
- Papadopoulos. (2004). *Fault and Event Tree Analysis “Uncertainty Handling Formulation Analysis.”* 31(1), 86–107.
- Putra, A. A., & Hayusudina, N. D. (2006). *Efisiensi Tata Letak Fasilitas Dan Sarana Proyek Dalam Mendukung Metode Pekerjaan Konstruksi ( Studi Kasus Proyek Jakarta City Centre, Sudirman Park, Sudirman Place )*.
- Putranto, L. (2013). *Rekayasa Lalu Lintas*. PT. INDEKS.
- Rakhmawati, I. (2015). *Klasifikasi Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Korban Kecelakaan Lalu Lintas Di Surabaya Dengan Pendekatan Regresi Logistik Multinomial Dan Random Forests*.
- Resmani, I. (2014). Kajian Moralitas Teknologi Pintu Perlindungan Kereta Api (Studi Kasus: Pintu Perlindungan Kereta Api Cikudapateuh, Bandung). *Jurnal Sositologi*, 13(2), 84-90.
- Salsabila, H. (2022). *Studi Potensi Terjadinya Kecelakaan Di Perlindungan Kereta Api Dengan Metode Fault Tree Analysis*.
- Soleimani. (2019). “A Comprehensive Railroad-Highway Grade Crossing Consolidation Model: A Machine Learning Approach.” *Accident Analysis and Prevention*, 128, 65–77.
- Supriyatno, D. (2004). *Analisis Kecelakaan Dan Keselamatan Kereta Api di Daop VIII Surabaya Jawa Timur, Surabaya*.
- Suryanto., Suharyanto, I., Umam, A. U. (2023). Identifikasi Resiko Kecelakaan Perlindungan Sebidang (Di Jalan Sorowajan Baru, Kota Yogyakarta). *V(1)*.
- Syahputra, M. F., & Ashar, F. (2023). Studi Simpang Tak Bersinyal Dengan Penutupan Palang Pintu Kereta Api. *Applied Science In Civil Engineering*, 4(3), 348–355.
- Tefianti, A. S., Afriyanti, H., Agustina, R. D., Purwanto, E. (2018). Perilaku Aggressive Driving Berdasarkan Jenis Kelamin Pada Pengemudi Mobil Pribadi di Perlindungan Kereta Berpalang Pintu (Studi Kasus: Jl. Abimanyu – Pertamina Kota Tegal). *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke 21 Universitas Brawijaya, Malang*.
- Tjahjono, T., Kusuma, A., Pratiwi, Y. Y., & Purnomo, R. Y. (2019). Identification Determinant Variables of the Injury Severity Crashes at Road-Railway Level Crossing in Indonesia. *Transportation Research Procedia*, 37, 211–218.  
<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.185>

- Usman, K., Burrow, M. P. N., Ghataora, G. S., & Sasidharan, M. (2021). Using probabilistic fault tree analysis and monte carlo simulation to examine the likelihood of risks associated with ballasted railway drainage failure. In *Transportation Research Record* (Vol. 2675, Issue 6, pp. 70–89). SAGE Publications Ltd. <https://doi.org/10.1177/0361198120982310>
- Yanti, L. R., Wahyoni, D., Thressia, M. (2021). Presepsi Masyarakat Terhadap Keselamatan Jalur Kereta Api (Studi kasus: Perlintasan Kereta Api di Jl. Syekh Burhanuddin Kota Pariaman). *Journal of applied engineering scienties*. 4(1).