

**ANALISA KESEHATAN DAN KESELAMATAN KERJA PROYEK
MENGUNAKAN FAULT TREE ANALYSIS (FTA)
(STUDY KASUS PADA PROYEK JALAN *HOTMIX* DINAS PEKERJAAN
UMUM KABUPATEN SUMBAWA)**

Hirzy Pradipta, Saifoe El Unas, M. Hamzah Hasyim
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: hirzy_ftsub08@yahoo.co.id

ABSTRAK

Proyek jalan hotmix yang dilaksanakan Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa setiap tahunnya membutuhkan konsentrasi peralatan dan tenaga kerja yang cukup besar. Untuk menunjang Pelaksanaan proyek jalan raya ini diperlukan manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja yang baik dan sesuai dengan SOP. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui penyebab kurangnya penerapan manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja proyek jalan raya hotmix Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa. Penelitian ini menggunakan metode FTA (Fault Tree Analysis). FTA digunakan untuk mengidentifikasi kombinasi kejadian yang dapat menyebabkan terjadinya kecelakaan. Untuk penyelesaian FTA digunakan persamaan Boolean. Penelitian ini merupakan penelitian deekriptif dengan hasil analisa berupa data kualitatif yaitu hasil dari kuisioner. Hasil dari metode fault tree analysis terhadap hasil kuisioner adalah masih banyaknya kekurang lengkapan kriteria K3L berdasarkan modul pelatihan berdasar kompetensi sub sektor sipil, Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan, Kementerian Pekerjaan Umum, Edisi 2012. Faktor yang paling menentukan terhadap kurangnya kelengkapan K3-L pada proyek jalan Hotmix Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa adalah Faktor Penanganan Terhadap Kecelakaan Kerja dimana pekerja kurang menerapkan pelaksanaan Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja dan kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan.

Kata kunci: Fault Tree Analysis (FTA), Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan

I. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Masalah keselamatan kerja di Indonesia telah lama mendapat perhatian dan dukungan dari Pemerintah sejak ditetapkannya Undang-Undang Keselamatan Kerja Nomor 1 Tahun 1970.

Proyek pembangunan jalan yang dilaksanakan di Kabupaten Sumbawa melalui instansi teknis

Dinas Pekerjaan Umum adalah salah satu objek amatan yang akan diteliti terkait Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L).

Kewajiban untuk menyelenggarakan Manajemen K3L pada perusahaan - perusahaan besar melalui Undang - undang Ketenagakerjaan, baru menghasilkan 2,1% saja dari 15.000 lebih perusahaan berskala besar di

Indonesia yang sudah menerapkan Sistem Manajemen K3L. Minimnya jumlah itu sebagian besar disebabkan oleh masih adanya anggapan bahwa program K3L hanya akan menjadi tambahan beban biaya perusahaan. Padahal jika diperhitungkan besarnya dana kompensasi/santunan untuk korban kecelakaan kerja sebagai akibat diabaikannya Sistem Manajemen K3L, yang besarnya mencapai lebih dari 190 milyar rupiah di tahun 2003, jelaslah bahwa masalah K3 tidak selayaknya diabaikan (Wicaksono, 2011).

Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang penyebab kurangnya Manajemen K3L pada proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa dengan metode *Fault Tree Analysis (FTA)*. Dengan metode ini bisa diketahui faktor – faktor yang menyebabkan kurang lengkapnya Manajemen K3L pada proyek tersebut.

1.2. Identifikasi Masalah

Masih kurangnya Manajemen pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan (K3L) pada kegiatan proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum di Kabupaten Sumbawa.

1.3. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perumusan masalahnya yaitu;

1. Apakah pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan (K3L) pada proyek jalan *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa sudah sesuai standar – standar yang dipersyaratkan?
2. Faktor apa saja yang dipertimbangkan dalam memenuhi kelengkapan K3L pada proyek jalan

Hotmix Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa?

3. Faktor apa saja yang paling menentukan terhadap kurangnya kelengkapan K3L pada proyek jalan *Hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa?

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah pelaksanaan manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan (K3L) pada pelaksanaan proyek jalan *Hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa sudah memenuhi standar – standar yang dipersyaratkan.
2. Mengetahui faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam memenuhi kelengkapan K3L pada proyek jalan *Hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.
3. Mengetahui faktor-faktor yang paling menentukan terhadap kurangnya kelengkapan K3L pada proyek jalan *Hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.

II. Tinjauan Pustaka

A. Keselamatan dan Kesehatan Kerja dan Lingkungan (K3L)

Dalam modul K3L Edisi 2012 yang diterbitkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum bagi pelaksana lapangan pekerjaan jalan menyebutkan bahwa penerapan K3L dapat dilakukan dengan :

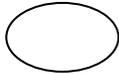
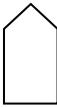
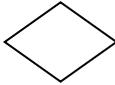
- a. Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK)
- b. Rambu-Rambu dan Semboyan K-3L
- c. Limbah Yang Timbul Akibat Adanya Pekerjaan Jalan
- d. Penanganan Terhadap Kecelakaan Kerja
- e. Berita Acara Kecelakaan

Pengawasan Pelaksanaan K3 meliputi :

- a. *Safety Patrol* : Suatu team yang terdiri dari 2 atau 3 orang yang melaksanakan patroli selama lebih kurang 2 jam (tergantung lingkup proyek).
- b. *Safety Supervisor* : Petugas yang ditunjuk oleh Manager Proyek yang secara terus menerus mengadakan pengawasan terhadap pelaksanaan pekerjaan dilihat dari segi K3
- c. *Safety Meeting* : Rapat membahas hasil/laporan dari safety patrol maupun hasil/laporan dari safety supervisor.
- a. Simbol Kejadian

Simbol Kejadian adalah simbol yang menyatakan berisi event/ kejadian pada sistem. Simbol-simbol tersebut sebagai berikut:

Tabel 1 Simbol-simbol kejadian (*U.S. nuclear Regulatory Commission, 1981*).

NO	Simbol	Keterangan Simbol
1	<p><i>Conditioning event</i></p> 	<i>Conditioning event</i> menyatakan suatu kondisi atau batasan khusus yang diterapkan pada suatu gerbang logika (biasanya gerbang <i>INHIBIT</i> dan <i>PRIORITY AND</i>).
2	<p><i>Basic event</i></p> 	<i>Basic event</i> menyatakan kegagalan mendasar yang tidak perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mencari penyebab dari <i>event</i> tersebut.
3	<p><i>External event</i></p> 	<i>External event</i> menyatakan sebuah <i>event</i> yang diharapkan muncul secara normal, tidak termasuk dalam kejadian gagal.
4	<p><i>Intermediate event</i></p> 	<i>Intermediate event</i> menyatakan <i>event</i> yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian masukan gagal/ <i>input</i> gagal yang masuk ke gerbang.
5	<p><i>Undeveloped event</i></p> 	<i>Undeveloped event</i> menyatakan sebuah <i>event</i> yang tidak diteliti lebih lanjut karena tidak tersedianya/cukupnya informasi atau karena konsekuensi dari <i>event</i> ini tidak terlalu penting

d. *Pelaporan dan Penanganan Kecelakaan*

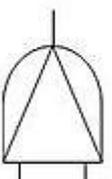
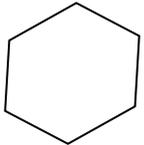
B. *Fault Tree Analysis (FTA)*

Fault Tree Analysis (FTA) diperkenalkan pertama kali oleh *Bell Telephone Laboratories* pada tahun 1962. *FTA (Fault Tree Analysis)* adalah suatu metode analisa resiko dengan model grafik dan logika yang menampilkan kombinasi kejadian yang memungkinkan yaitu rusak atau baik, yang terjadi dalam sistem, aplikasinya dapat mencakup suatu sistem, equipment dan sebagai analisa..Berikut ini adalah simbol-simbol dalam *FTA (Fault Tree Analysis)*:

b. Simbol Gerbang

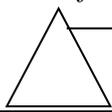
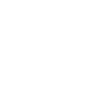
Symbol Gerbang digunakan untuk menyatakan hubungan kejadian *input* yang mengarah pada kejadian *output*. Adapun symbol gerbang sebagai berikut:

Tabel 2 Simbol Gerbang (*U.S. nuclear Regulatory Commision, 1981*).

NO	Simbol	Keterangan Simbol
1	<p>Gerbang OR</p> 	Gerbang OR menyatakan event yang muncul/output terjadi jika setidaknya salah satu masukan/input terjadi.
2	<p>Gerbang AND</p> 	Gerbang AND menyatakan <i>event output</i> muncul jika semua masukan/ <i>input</i> terjadi.
3	<p>Priority AND</p> 	<i>Priority AND</i> adalah gerbang AND dengan kasus tertentu yaitu <i>event</i> muncul/output terjadi jika semua kejadian <i>input</i> terjadi dengan urutan tertentu (urutan diwakili oleh <i>conditioning event</i>).
4	<p>Exclusive OR</p> 	<i>Exclusive OR</i> adalah gerbang OR dengan kasus tertentu yaitu <i>event</i> yang muncul/output terjadi jika tepat satu dari <i>input</i> /masukan terjadi.
5	<p>Inhibit</p> 	<i>Inhibit</i> adalah gerbang AND dengan kasus tertentu yaitu <i>event</i> muncul/output terjadi yang disebabkan oleh satu <i>input</i> , tetapi juga harus memenuhi kondisi tertentu.

c. Simbol Transfer

Tabel 3 Simbol Transfer (*U.S. nuclear Regulatory Commision, 1981*).

NO	Simbol	Keterangan Simbol
1	<p>Transfer Out</p> 	<i>Transfer out</i> menyatakan bahwa bagian dari <i>Fault Tree</i> harus dilampirkan sesuai dengan <i>transfer in</i> .
2	<p>Transfer</p> 	<i>Transfer In</i> menyatakan bahwa <i>fault tree</i> dikembangkan lebih jauh dan berkaitan dengan <i>transfer out</i> .



C. Tahapan dalam Fault Tree Analysis (FTA)

Langkah-langkah mengerjakan FTA:

- a. Menentukan masalah yang akan dianalisa (*problem definition*) dengan syarat *main* sistem *failure*, jangan terlalu umum, jangan terlalu sempit, dan sebisa mungkin untuk masalah yang akan dianalisa lebih spesifik.
- b. Membuat gambar konstruksi FTA yaitu dengan cara dari *top event*, kemudian ke *event* berikutnya sampai akhirnya ke *basic event*. *Fault Tree* harus diselesaikan pada masing-masing level sampai ke *basic event* sebelum memulai level berikutnya.

Adapun beberapa aturan dalam menggambarkan model grafis FTA sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan *fault event*
2. Mengevaluasi *fault event*
3. Melengkapi semua gerbang logika
- c. Memberikan jawaban masalah FTA (*FTA solution*) merupakan berbagai kemungkinan kombinasi resiko yang mungkin, yang mana jika mereka semua terjadi atau ada secara serempak akan menyebabkan terjadi *top event* dengan menentukan *minimal cut set ranking*.

Langkah-langkah penentuan *minimal cut set* adalah:

1. Modifikasi FTA menjadi AND dan OR gate saja
2. Namai masing-masing gate dengan huruf *latter*.
3. Namai masing-masing *basic event* dengan angka

4. Penentuan *cut set*
5. Penentuan *minimal cut set*
6. Penentuan ranking *minimal cut set*

D. Penyelesaian analisis pohon kegagalan

Didalam menyelesaikan analisis pohon kegagalan dilakukan tahapan sebagai berikut :

1. Mengubah logika pohon kegagalan menjadi persamaan boolean
2. Menyederhanakan (mereduksi) persamaan boolean menjadi bentuk sederhana, dengan aturan seperti dalam gambar berikut :

Aturan	Operasi
Komutatif	$A + B = B + A$ $A \times B = B \times A$
Asosiatif	$A + B + C = (A + B) + C = A + (B + C)$ $A \times B \times C = (A \times B) \times C = A \times (B \times C)$
Distributif	$A \times (B + C) = (A \times B) + (A \times C)$
Idempotent	$A + A = A$ $A \times A = A$
Himpunan Nol	$A + 0 = A$ $A \times 0 = 0$
Himpunan Universal	$A + 1 = 1$ $A \times 1 = A$
Absorpsi	$A + (A \times B) = A$

Gambar 1 Operasi Hukum Aljabar Boolean

Aljabar boolean merupakan aljabar yang berhubungan dengan variabel-variabel biner dan operasi-operasi logik. Variabel-variabel diperlihatkan dengan huruf-huruf alfabet, dan tiga operasi dasar dengan AND, OR dan NOT (komplemen). Fungsi boolean terdiri dari variabel-variabel biner yang menunjukkan fungsi, suatu tanda sama dengan, dan suatu ekspresi aljabar yang dibentuk dengan menggunakan variabel-variabel biner, konstanta-konstanta 0

dan 1, simbol-simbol operasi logik, dan tanda kurung.

E. Metode untuk mencari ukuran sampel

Penetapan ukuran sampel dari populasi dapat juga menggunakan rumus Slovin, dimana penetapan sampel mempertimbangkan batas ketelitian yang dapat mempengaruhi kesalahan pengambilan sampel populasi. Rumus Slovin tersebut adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{N}{(1 + Ne^2)}$$

dimana:

n = ukuran sampel

N = ukuran populasi

e = taraf signifikan

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian diskriptif. Dalam penelitian ini, subyek penelitiannya adalah pekerja proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.

Data yang diperlukan untuk penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh secara langsung dari obyek penelitian yang berupa kuisisioner dan penjelasan atau keterangan Pejabat Pembuat Komitmen (PPK), pengawas dan pekerja lapangan mengenai program K3 pada proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa. Data Sekunder diperoleh secara tidak langsung, didapatkan dari Pogram Manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja serta data atau arsip proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.

Setelah data-data diperoleh, maka data tersebut akan dianalisis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Adapun langkah-

langkah dalam menganalisa data meliputi:

1. Menganalisa pelaksanaan teknis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.
2. Membuat model grafis Fault Tree sesuai dengan fakta-fakta yang didapat dari data primer yaitu pelaksanaan teknis Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.
3. Hasil dari output FTA dengan menganalisa factor penyebab kurang lengkapnya pelaksanaan manajemen Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) pada proyek jalan raya *hotmix* Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Data Hasil Kuisisioner

Pekerja yang akan dibagikan kuisisioner pada 2 (dua) perusahaan dihitung dengan rumus slovin dengan jumlah populasi pekerja tiap perusahaan adalah 60 pekerja.

$$n = \frac{60}{(1 + 60(0,05^2))}$$

$$n = \frac{60}{1,15}$$

$$n = 52,174 \approx 52$$

Dari hasil perhitungan dengan rumus slovin dibulatkan menjadi 50 responden dari PT. Bina Bumi Artha dan 50 responden dari PT. Lancar Sejati. Adapun materi kuisisioner bersumber dari penerapan pelaksanaan K3-L pada proyek jalan yang dipadukan dengan kondisi lapangan saat pengamatan. Selanjutnya hasil data kuisisioner akan dipadukan dengan data lainnya

sebagai bahan analisis untuk menjawab permasalahan penelitian.

Tabel 4 Dari hasil kuisioner dapat dibuat tabel sebagai berikut :

Kriteria		Jumlah Data Terpenuhi	Persentase terpenuhi	Jumlah Data tidak terpenuhi	Persentase tidak terpenuhi	Ket
Kriteria 1	1	37	0.37	63	0.63	tidak baik
	2	39	0.39	61	0.61	tidak baik
	3	36	0.36	64	0.64	tidak baik
	4	44	0.44	56	0.56	tidak baik
	5	47	0.47	53	0.53	tidak baik
	6	38	0.38	62	0.62	tidak baik
	7	43	0.43	57	0.57	tidak baik
	8	41	0.41	59	0.59	tidak baik
Kriteria 2	1	55	0.55	45	0.45	Baik
	2	52	0.52	48	0.48	Baik
	3	57	0.57	43	0.43	Baik
	4	53	0.53	47	0.47	Baik
	5	58	0.58	42	0.42	Baik
Kriteria 3	1	66	0.66	34	0.34	Baik
	2	64	0.64	36	0.36	Baik
	3	25	0.25	75	0.75	tidak baik
	4	20	0.2	80	0.8	tidak baik
Kriteria 4	1	11	0.11	89	0.89	tidak baik
	2	72	0.72	28	0.28	Baik
	3	74	0.74	26	0.26	Baik
	4	77	0.77	23	0.23	Baik
	5	13	0.13	87	0.87	tidak baik
Kriteria 5	1	85	0.85	15	0.15	Baik
	2	82	0.82	18	0.18	Baik
Jumlah	24	1189	11.89	1211	12.11	

Dari 24 kriteria ada 12 kriteria yang kurang dari 50% menjawab tidak lengkapi dan sebanyak 12,11% responden

menjawab tidak terlengkapi sedangkan yang menjawab terlengkapi hanya 11,89%.

2. Analisis Data dan Model Grafis *Fault Tree Analysis* (FTA)

Lingkup pekerjaan proyek jalan raya *hotmix* Kabupaten Sumbawa yang dilaksanakan oleh dua perusahaan meliputi 6 (enam) divisi tahapan pekerjaan. Dari uraian lingkup pekerjaan pada kedua proyek akan ditinjau dengan 5 (lima) kriteria penerapan program K-3L yaitu :

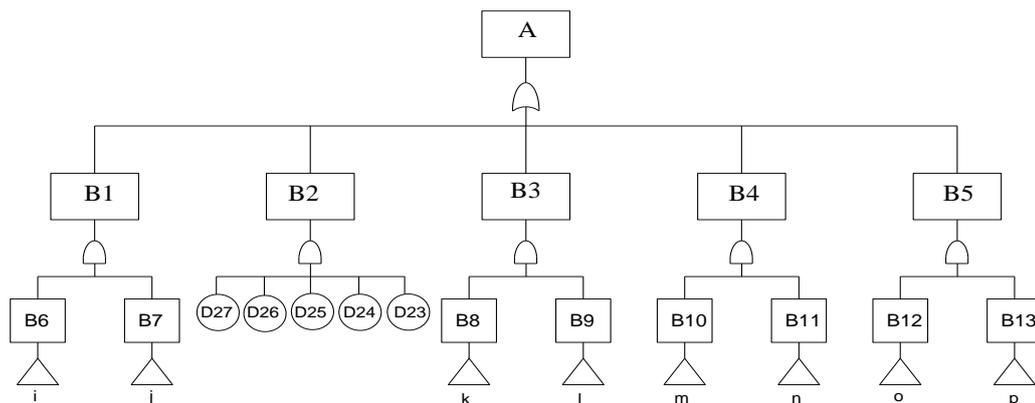
- Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK)
- Rambu-Rambu dan Semboyan K-3L
- Limbah Yang Timbul Akibat Adanya Pekerjaan Jalan
- Penanganan Terhadap Kecelakaan Kerja
- Berita Acara Administrasi Kecelakaan

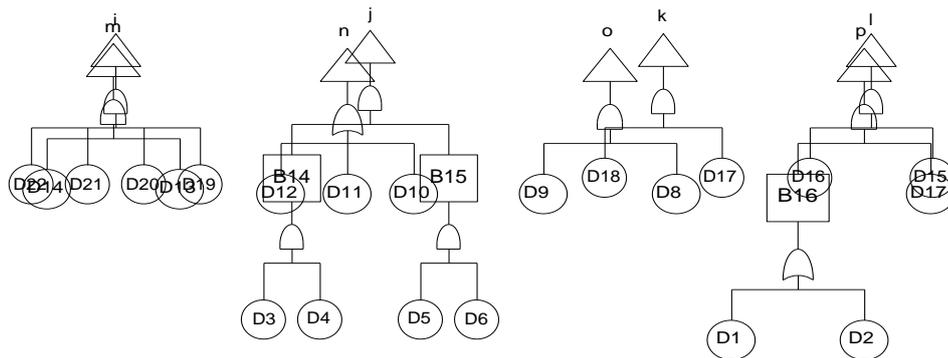
Kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek jalan *hotmix* pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa disebabkan 5 (lima) *event* yaitu Kriteria Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK), Kriteria

Rambu-Rambu dan Semboyan K3-L, Kriteria Limbah Yang Timbul Akibat Adanya Pekerjaan Jalan, Kriteria Penanganan Terhadap Kecelakaan Kerja dan Kriteria Berita Acara Administrasi Kecelakaan. Cara menganalisa secara kualitatif adalah basic event (kejadian dasar) yang jadi akan mengakibatkan terjadinya Top event atau kejadian dasar yang menyebabkan terjadinya kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek *hotmix* di Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa. Untuk mencari minimal cut set, salah satu caranya adalah menggunakan Aljabar Boolean.

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam mencari minimal cut set adalah memberi penamaan pada setiap kejadian. Berikut model grafis penamaan event pada FTA dengan A = Top Event, B = Intermediete Event dan D = Basic Event.

Berikut model grafis *Fault Tree Analysis* pada kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek *hotmix* di Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa :





Gambar 2 Model Grafis *Fault Tree Analysis*

Keterangan :

A = Kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek hotmix di Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa

B1 = Kriteria Penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK)

B2 = Kriteria Rambu-Rambu dan Semboyan K3-L

B3 = Kriteria Limbah Yang Timbul Akibat Adanya Pekerjaan Jalan

B4 = Kriteria Penanganan Terhadap Kecelakaan Kerja

B5 = Kriteria Berita Acara Administrasi Kecelakaan

B6 = Manajemen yang kurang baik dalam penerapan APD dan APK

B7 = Tenaga Kerja dalam penerapan APD dan APK

B8 = Manajemen yang kurang baik dalam pencemaran lingkungan

B9 = SDM kurang tentang pencemaran lingkungan

B10 = Manajemen yang kurang baik dalam penanganan kecelakaan kerja

B11 = Kondisi Tenaga Kerja

B12 = Manajemen yang kurang baik dalam administrasi kecelakaan kerja

B13 = SDM Tenaga Administrasi kecelakaan kerja

B14 = Kurang Disiplin dalam penerapan APD dan APK

B15 = Kurang Pengalaman Kerja dalam penerapan APD dan APK

B16 = Kurang Pengalaman Kerja tentang administrasi kecelakaan kerja

D1 = Tidak pernah training/pelatihan tentang K3-L

D2 = Tidak profesional

D3 = Pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri jika melakukan pekerjaan dalam waktu singkat

D4 = Stakeholders tidak menggunakan alat pelindung diri jika ke lokasi proyek

D5 = Pekerja kurang mengerti cara menggunakan alat pelindung diri yang benar

D6 = Pekerja kurang mengerti cara menggunakan alat pemadam kebakaran

D7 = Tenaga administrasi yang mengerti K3-L terbatas

D8 = Kurang penjelasan dari perusahaan untuk melapor ke perusahaan apabila ada kecelakaan kerja

D9 = Kurang pendataan bagi pekerja yang mengalami sakit atau kecelakaan kerja

D10 = Kurang merasa aman dalam bekerja

D11 = Kurang istirahat yang cukup

D12 = Kurang nyaman dalam bekerja

- D13 =Kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan
- D14 =Kurang penerapan pelaksanaan *Standar Operational Procedure* (SOP) dalam bekerja
- D15 =Pekerja tidak mengetahui dimana perusahaan mengambil material/quarry yang berpotensi merusak lingkungan
- D16 = Pekerja tidak mengetahui limbah hotmix yang membahayakan lingkungan
- D17 =Kurang pengawasan perusahaan terhadap pencemaran lingkungan
- D18 =Tidak ada sosialisasi dari perusahaan terkait pencemaran lingkungan akibat pelaksanaan proyek
- D19 =Tidak ada peralatan pemadam kebakaran/tabung kebakaran di lokasi proyek
- D20 =Tidak ada peralatan medis darurat/kotak P3K pada lokasi proyek
- D21 =Kurang pengawasan perusahaan terhadap penggunaan alat pelindung diri
- D22 =Kurang pengecekan rutin perusahaan terhadap ketersediaan pada kotak P3K
- D23 =Rambu tidak terpasang dengan benar pada tempatnya
- D24 =Rambu pos keamanan dan kotak P3K tidak terpasang
- D25 =Rambu alur sirkulasi alat berat dan tanda larangan melintas tidak terpasang di lokasi proyek
- D26 =Rambu keamanan pekerjaan tidak terpasang
- D27 =Tidak ada rambu terkait penggunaan alat pelindung diri

Hasil model grafis FTA diatas dapat dibuktikan pada hasil *brainstorming* dari para responden yang dapat dilihat pada lampiran. Model gerbang AND dan OR dibuat

berdasarkan salah satu pilihan dari hasil *brainstorming* tersebut. Pilihan “salah satu kejadian terjadi” memakai symbol OR dimana *event* disebabkan oleh salah satu kejadian atau ada salah satu faktor yang paling dominan terjadi. Sedangkan pilihan “gabungan kejadian” memakai symbol AND dimana *event* disebabkan oleh semua kejadian yang terjadi secara bersamaan dan semua kejadian tersebut menyebabkan adanya *intermediate event* dan atau *top event*.

Setelah dilakukan penamaan, kemudian mencari *cut set* dengan memakai aljabar Boolean. Berikut aljabar Boolean dari model grafis FTA diatas.

$$A = B1 + B2 + B3 + B4 + B5$$

$$B1 = B6 \cdot B7$$

$$B2 = D27 \cdot D26 \cdot D25 \cdot D24 \cdot D23$$

$$B3 = B8 \cdot B9$$

$$B4 = B10 \cdot B11$$

$$B5 = B12 \cdot B13$$

$$B6 = D22 \cdot D21 \cdot D20 \cdot D19$$

$$B7 = B14 \cdot B15$$

$$B8 = D18 \cdot D17$$

$$B9 = D16 \cdot D15$$

$$B10 = D14 \cdot D13$$

$$B11 = D12 + D11 + D10$$

$$B12 = D9 \cdot D8$$

$$B13 = B16 \cdot D9$$

$$B14 = D3 \cdot D4$$

$$B15 = D5 \cdot D6$$

$$B16 = D1 + D2$$

Dari aljabar Boolean diatas, kemudian dicari *minimal cut set* untuk menemukan kombinasi dari beberapa kejadian sampai hasilnya tidak dapat direduksi/disederhanakan lagi. Hasil kombinasi dari kejadian-kejadian tersebut disebut penyebab dari terjadinya *Top event*. Berikut kombinasi aljabar Boolean menurut hukum-hukumnya.

Minimal Cut Set

$$\begin{aligned}
 A &= B1 + B2 + B3 + B4 + B5 \\
 &= (B6 \cdot B7) + (D23 \cdot D24 \cdot D25 \cdot D26) + (B8 \cdot B9) + (B10 \cdot B11) + \\
 &\quad (B12 \cdot B13) \\
 &= ((D19 \cdot D20 \cdot D21 \cdot D22) \cdot (B14 \cdot B15)) + (D23 \cdot D24 \cdot D25 \cdot D26 \cdot D27) \\
 &\quad + ((D17 \cdot D18) \cdot (D15 \cdot D16)) + ((D14 \cdot D13) \cdot (D10 \cdot D11 \cdot D12)) + \\
 &\quad ((D8 \cdot D9) \cdot B16 \cdot D7)) \\
 &= ((D19 \cdot D20 \cdot D21 \cdot D22) \cdot (D3 \cdot D4 \cdot D5 \cdot D6)) + (D23 \cdot D24 \cdot D25 \cdot \\
 &\quad D26 \cdot D27) + (D15 \cdot D16 \cdot D17 \cdot D18) + (D14 \cdot D13 \cdot D10) + (D14 \cdot \\
 &\quad D13 \cdot D11) + (D14 \cdot D13 \cdot D12) + (D8 \cdot D9 \cdot (D1 + D2) \cdot D7) \\
 &= (D3 \cdot D4 \cdot D5 \cdot D6 \cdot D19 \cdot D20 \cdot D21 \cdot D22) + (D23 \cdot D24 \cdot D25 \cdot D26 \cdot \\
 &\quad D27) + D15 \cdot D16 \cdot D17 \cdot D18) + (D10 \cdot D13 \cdot D14) + (D11 \cdot D13 \cdot D14) \\
 &\quad + D12 \cdot D13 \cdot D14) + (D1 \cdot D7 \cdot D8 \cdot D9) + D2 \cdot D7 \cdot D8 \cdot D9)
 \end{aligned}$$

Dari Aljabar Boolean didapat *minimal cut set*

Tabel 5 Minimal Cut Set

No	Kombinasi Event
1	D3 . D4 . D5 . D6 . D19 .D20 . D21 . D22
2	D23 . D24 . D25 . D26 . D27
3	D15 . D16 . D17 . D18
4	D10 . D13 . D14
5	D11 . D13 . D14
6	D12 . D13 . D14
7	D1 . D7 . D8 . D9
8	D2 . D7 . D8 . D9

Dari hasil aljabar Boolean, didapat 8 *minimal cut set* yaitu kombinasi dari kejadian dasar/*basic event* yang menyebabkan terjadinya *top event*. Penyebab terjadinya kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek jalan hotmix pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa adalah :

1. Pekerja tidak menggunakan alat pelindung diri jika melakukan pekerjaan dalam waktu singkat, Stakeholders tidak menggunakan alat pelindung diri jika ke lokasi proyek, Pekerja kurang mengerti cara menggunakan alat pelindung diri yang benar, Pekerja kurang mengerti cara menggunakan alat pemadam

kebakaran, Tidak ada peralatan pemadam kebakaran/tabung kebakaran di lokasi proyek, Tidak ada peralatan medis darurat/kotak P3K pada lokasi proyek, Kurang pengawasan perusahaan terhadap penggunaan alat pelindung diri dan Kurang pengecekan rutin perusahaan terhadap ketersediaan pada kotak P3K.

2. Rambu tidak terpasang dengan benar pada tempatnya, Rambu pos keamanan dan kotak P3K tidak terpasang, Rambu alur sirkulasi alat berat dan tanda larangan melintas tidak terpasang di lokasi proyek, Rambu keamanan pekerjaan tidak terpasang dan Tidak ada rambu terkait penggunaan alat pelindung diri.
3. Pekerja tidak mengetahui dimana perusahaan mengambil material/quarry yang berpotensi merusak lingkungan dan tidak mengetahui limbah hotmix yang membahayakan lingkungan, Kurang pengawasan perusahaan terhadap pencemaran lingkungan dan tidak ada sosialisasi dari perusahaan terkait pencemaran lingkungan akibat pelaksanaan proyek.

4. Pekerja kurang penerapan pelaksanaan Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja, Kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan dan kurang merasa aman dalam bekerja.
5. Pekerja kurang penerapan pelaksanaan Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja, Kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan dan kurang istirahat yang cukup.
6. Pekerja kurang penerapan pelaksanaan Standar Operational Procedure (SOP) dalam bekerja, Kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan dan kurang nyaman dalam bekerja.
7. Pekerja tidak pernah training/pelatihan tentang K3-L, Tenaga administrasi yang mengerti K3-L terbatas, Kurang pendataan bagi pekerja yang mengalami sakit atau kecelakaan kerja dan kurang penjelasan dari perusahaan untuk melapor ke perusahaan apabila ada kecelakaan kerja.
8. Pekerja tidak professional, Tenaga administrasi yang mengerti K3-L terbatas, Kurang pendataan bagi pekerja yang mengalami sakit atau kecelakaan kerja dan kurang penjelasan dari perusahaan untuk melapor ke perusahaan apabila ada kecelakaan kerja.

Dari hasil *minimal cut set* dicari kejadian yang sering muncul sehingga kejadian tersebut merupakan faktor yang dominan menyebabkan kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek jalan hotmix pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa, berikut ditunjukkan pada tabel.

Tabel 6 Banyaknya Kejadian Muncul

No	Event	Jumlah
1	D3 . D4 . D5 . D6 . D19 . D20 . D21 . D22	1
2	D23 . D24 . D25 . D26 . D27	1
3	D15 . D16 . D17 . D18	1
4	D13 . D14	3
5	D10	1
6	D11	1
7	D12	1
8	D1	1
9	D2	1
10	D7 . D8 . D9	2

Tabel di atas menunjukkan banyaknya jumlah kejadian yang muncul pada *minimal cut set* yang menyebabkan terjadinya kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek jalan hotmix pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa. Serta, *event-event* tersebut merupakan kejadian

dasar yang menyebabkan terjadinya yang dihitung paling sering muncul adalah 23% dari jumlah *minimal cut set*. Oleh karena itu, diambil jumlah minimal 3 (tiga) pada setiap kejadian. Sehingga, kejadian yang memenuhi syarat batas yaitu kejadian D13 dan D14 dengan jumlah 3 (tiga)

kali muncul. Sehingga kejadian dasar yang dominan menyebabkan kurangnya pelaksanaan K3-L pada proyek jalan hotmix pada Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa adalah Faktor Penanganan Kecelakaan Kerja dimana pekerja kurang menerapkan pelaksanaan *Standar Operational Procedure* (SOP) dalam bekerja dan kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan.

V. Kesimpulan

Analisa terhadap manajemen pelaksanaan K3-L pada pekerjaan proyek jalan raya *hotmix* Kabupaten Sumbawaberdasarkan hasil pengamatan di lapangan dengan wawancara serta analisa data dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pelaksanaan Kesehatan dan Keselamatan Kerja dan Lingkungan (K3L) pada proyek jalan Hotmix Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawamasih kurang baik karena ada 12 dari 24 faktor yang dinilai oleh responden masih kurang memenuhi kelengkapan K3L yaitu tidak adanya peralatan pemadam kebakaran, tidak ada peralatan medis/kotak P3K pada lokasi proyek, rambu tidak terpasang dengan benar, dan kurang pendataan bagi pekerja yang mengalami sakit atau kecelakaan kerja.
2. Faktor yang dipertimbangkan dalam memenuhi kelengkapan K3L pada proyek jalan Hotmix Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa disebabkan 8 (delapan) kriteria yaitu kriteria penggunaan Alat Pelindung Diri (APD) dan Alat Pengaman Kerja (APK),

kriteria rambu-rambu dan Semboyan K3-L, kriteria limbah yang timbul akibat adanya pekerjaan jalan, kriteria penerapan pelaksanaan SOP, kriteria penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan, kriteria pelatihan tentang K3L, kriteria penanganan terhadap kecelakaan Kerja dan kriteria berita acara administrasi Kecelakaan.

3. Faktor yang paling menentukan terhadap kurangnya kelengkapan K3-L pada proyek jalan Hotmix Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Sumbawa adalah Faktor Penanganan Terhadap Kecelakaan Kerja dimana pekerja kurang menerapkan pelaksanaan *Standar Operational Procedure* (SOP) dalam bekerja dan kurang penerapan pelaksanaan jaminan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ervianto, W. 2002.*Manajemen Proyek Konstruksi*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Geraldin, L. H., I. N. Pujawan, dan D. S. Dewi. 2007. *Manajemen Risiko dan Aksi Mitigasi untuk Menciptakan Rantai Pasok yang Robust*. Jurnal Teknologi dan Rekayasa Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kangari. 2011.*Proyek Konstruksi*. Jurnal SMARtek39-46
- Modul Pelatihan Berbasis Kompetensi Sektor

- Konstruksi Sub Sektor Sipil Edisi 2012 Bagi Pelaksana Lapangan Pekerjaan Jalan Tentang Keselamatan Dan Kesehatan Kerja Dan Lingkungan (K3L)
- Peraturan pemerintah nomor 14 tahun 1993 tentang penyelenggaraan program jaminan sosial tenaga kerja
- PERMENAKER nomor PER 05/MEN/1996, tentang sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja.
- Rahman, A., dan Wijaya, E.T. 2009. *Identifikasi Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi di Indonesia [SKRIPSI]*. Program Studi Teknik Sipil. Institut Teknologi Bandung.
- Santoso, G. 2004. *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Prestasi Pustaka. Jakarta.
- Surat dan Keputusan bersama Menteri Tenaga Kerja dan Menteri Pekerjaan Umum nomor Kep.174/MEN/1986, nomor 104/KPTS/1986 tentang Keselamatan Kerja pada tempat kegiatan konstruksi.
- Sutanto, H. 2010. *Analisis Faktor-Faktor Penyebab Kecelakaan Kerja Pada Pembangunan Gedung Perkantoran dan Perkuliahan Tahap III Universitas Wijaya Kusuma Surabaya [SKRIPSI]*. Program Studi Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh November.
- Undang-undang nomor 18 tahun 1999 tentang jasa konstruksi.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Wijaya, D. 2010. *Analisis Kecelakaan Kerja Pada Proyek Konstruksi di Indonesia Menggunakan Fault Tree Analysis (FTA) [TESIS]*. Magister Program Studi Teknik Sipil. Institut Teknologi Bandung.