



Analisis Keterlambatan Proyek pada Pembangunan Pondasi *Reduction Kiln Line 3* Sebuku Kalimantan Selatan

Muhammad Irfan Setiadi*, Widayat, Yulita Arni Priastiwi

Program Studi Program Profesi Insinyur, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

*Corresponding author: irfan.stadie27@gmail.co.id

(Received: March 4, 2024; Accepted: April 2, 2024)

Abstract

Project Delay Analysis on Reduction Kiln Foundation Construction Line 3 Sebuku South Kalimantan. In planning a project, there needs to be a schedule of activities that can be a guideline for implementers in carrying out their activities in the field. This shows that scheduling greatly influences the implementation of a project. Good project scheduling can make a project run effectively and efficiently, but conditions in the field are often not always the same as the planned conditions as happened in the implementation of the Reduction Kiln Line 3 Foundation Construction Project. This scientific paper aims to analyze the occurrence of delays in the Construction of the Reduction Kiln Line 3 Foundation using the Fault Tree Analysis (FTA) analysis method. The analysis shows the probability of delay obtained by the FTA method of 0.878. The delay occurred due to several factors in the field, resulting in a delay in the plan for 32 days from the implementation plan. The delay caused the completion duration from the planned 180 days to 212 days. Because this happened, an analysis was carried out on the project scheduling in order to find out what caused the delay in the project. From the results of the analysis obtained, the cause of the delay was due to changes in design, material procurement and also work methods.

Keywords: project delay, fault tree analysis, reduction kiln line 3 foundation

Abstrak

Pada perencanaan sebuah proyek, perlu adanya penjadwalan kegiatan yang dapat menjadi pedoman bagi pelaksana dalam melaksanakan kegiatannya di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa penjadwalan sangat berpengaruh pada pelaksanaan sebuah proyek. Penjadwalan proyek yang baik dapat membuat sebuah proyek berjalan secara efektif dan efisien, namun kondisi di lapangan seringkali tidak selalu sama dengan kondisi rencana seperti yang terjadi pada pelaksanaan Proyek Pembangunan Pondasi *Reduction Kiln Line 3*. Karya ilmiah ini bertujuan menganalisis terjadinya keterlambatan Pembangunan Pondasi *Reduction Kiln Line 3* dengan menggunakan metode analisis *Fault Tree Analysis* (FTA). Analisis menunjukkan probabilitas keterlambatan yang didapat dengan metode FTA sebesar 0,878. Terjadinya keterlambatan disebabkan beberapa faktor di lapangan, sehingga terjadinya keterlambatan rencana selama 32 hari dari rencana pelaksanaannya. Terjadinya keterlambatan menyebabkan durasi penyelesaian dari rencana 180 hari menjadi 212 hari. Karena hal ini terjadi maka dilakukan analisis pada penjadwalan proyek agar dapat mengetahui apa penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek. Dari hasil analisis yang didapatkan, penyebab terjadinya keterlambatan disebabkan oleh adanya perubahan desain, pengadaan material dan juga metode kerja.

Kata kunci: *keterlambatan proyek, fault tree analysis, pondasi reduction kiln line 3*

How to Cite This Article: Setiadi, M. I., Widayat, W., Priastiwi, Y. A. (2024). Analisis Keterlambatan Proyek pada Pembangunan Pondasi Reduction Kiln Line 3 Sebuku Kalimantan Selatan. *JPII*, 2(2), 84-90. DOI: <https://doi.org/10.14710/jpii.2024.24265>

PENDAHULUAN

Proyek konstruksi adalah suatu upaya untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk infrastruktur. Proyek konstruksi memiliki karakteristik unik yang tidak berulang, sehingga proses yang terjadi pada suatu proyek tidak akan berulang pada proyek lainnya (Ervianto, 2004). Dalam suatu proyek konstruksi terdapat batasan yang mendasar berupa biaya yang dianggarkan serta mutu dan waktu yang harus dipenuhi, ketiga hal ini disebut dengan tiga pembatas (*triple constraint*).

Dalam setiap proyek, *time schedule* digunakan sebagai pedoman dalam melaksanakan urutan pelaksanaan proyek. Namun demikian, seringkali *time schedule* yang direncanakan dan praktik yang terjadi di lapangan belum tentu sama. Realita di lapangan menunjukkan bahwa waktu penyelesaian sebuah proyek bervariasi, akibatnya perkiraan waktu penyelesaian suatu proyek tidak dapat dipastikan akan dapat ditepati (Maharesi, 2002).

Keterlambatan yang terjadi pada sebuah proyek dapat menghambat waktu dan menyebabkan kerugian biaya. Menurut Assaf dan Al-Hejji (2006), keterlambatan konstruksi dapat didefinisikan sebagai penyelesaian pembangunan dalam memenuhi target waktu pengerjaan melebihi tanggal yang telah disepakati oleh seluruh pihak.

Proyek pembangunan Pondasi *Reduction Kiln Line 3* dapat menjadi salah satu contoh di mana pelaksanaan proyek tidak sesuai dengan jadwal yang direncanakan. Pada proyek tersebut, telah direncanakan akan selesai dalam waktu 180 hari, namun dalam pelaksanaannya proyek tersebut selesai dalam 212 hari, yang berarti ada keterlambatan selama 32 hari. Banyaknya faktor yang mungkin dapat mengakibatkan keterlambatan di dalam pengerjaan sebuah proyek, sehingga perlu dilakukan pengkajian ulang mengenai kegiatan yang ada pada proyek tersebut untuk mengetahui di mana letak kesalahan yang terjadi sehingga menyebabkan keterlambatan dalam penyelesaian proyek. Untuk mencapai hal tersebut, dapat digunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), yaitu metode yang digunakan untuk menganalisis faktor-faktor penyebab terjadinya keterlambatan pada sebuah proyek.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian digunakan untuk mendapatkan data yang akan diperlukan dalam penelitian yang akan dilakukan. Penelitian ini adalah jenis penelitian secara kualitatif dengan format deskriptif menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA) di mana

penulis bertujuan untuk mengumpulkan informasi yang terjadi dan menjelaskannya secara deskriptif tentang apa saja faktor-faktor yang menjadi penyebab keterlambatan pada Proyek Pondasi *Reduction Kiln Line 3*. Lokasi dari penelitian yang studi kasus pembangunan pondasi *reduction kiln line 3* ini berada di kawasan industri tambang PT Excellen Silo Ferroalloy yang terletak di Desa Serakaman, Kecamatan Sebuku, Kabupaten Kotabaru, Provinsi Kalimantan Selatan. Pengumpulan data dilakukan dengan mempelajari data *time schedule* dan realisasi *schedule* untuk menentukan pekerjaan apa saja yang mengalami keterlambatan dan dilanjutkan dengan metode angket kuesioner. Sasaran adalah para pemangku kepentingan proyek atau personel yang terlibat dalam pengambilan keputusan pada berbagai tingkatan tanggung jawab pekerjaan yaitu perwakilan pemilik proyek (PT Excellen Silo Ferroalloy) dan pelaksana/kontraktor yaitu PT Wiguna Anugrah Persada.

Setelah diketahui faktor apa saja yang menyebabkan keterlambatan, maka harus diketahui nilai probabilitas dari masing-masing *event* tersebut dengan menggunakan acuan Tabel 1.

Tabel 1. Nilai probabilitas dari masing-masing *event*

Skor	Deskripsi	Definisi
0,8	<i>Very Critical</i>	Selalu Terjadi
0,6	<i>Critical</i>	Sering Terjadi
0,4	<i>Significant</i>	Kadang-kadang terjadi
0,2	<i>Negligible</i>	Kemungkinan kecil dapat terjadi
0,05	<i>Very Vegligible</i>	Tidak pernah terjadi

Teknik analisis data adalah suatu cara yang digunakan untuk mengolah data hasil penelitian. Analisis data dilakukan dengan kualitatif dengan format secara deskriptif menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA) dengan tahapan pengerjaan sebagai berikut:

1. Identifikasi kegiatan yang menjadi penyebab keterlambatan pada proyek.
2. Penentuan *intermediate event* utama yang akan diidentifikasi lebih lanjut.
3. Mulai mengidentifikasi *intermediate event* lanjutan dan *basic event* yang menjadi faktor penyebab keterlambatan pada proyek dan juga menentukan penggunaan *logic gate* antara *event* yang ada pada *fault tree*.
4. Mencari *minimal cut set* dari analisa *Fault Tree*.
5. Mencari *minimal cut set* merupakan analisa kualitatif yang mana dipakai Aljabar Boolean dan MOCUS (*Method of Obtaining Cut Sets*).

Hasil perhitungan probabilitas dan konsekuensi dari kombinasi *minimal cut set*-nya adalah sebagai berikut:

Kombinasi *Cut Set* pada *AND Gate*:
 $T = C1 * C2 * \dots * Cn$
 $P(T) = (1-(1-P(C1)) * (1-P(C2)) * \dots * (1-P(Cn)))$
 dimana:
 $T =$ Hasil *minimal cut set*
 $P(Cn) =$ probabilitas untuk *event Cn*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Objek penelitian pada penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Pondasi *Reduction Kiln Line 3* yang dilaksanakan oleh PT Wiguna Anugrah Persada. Proyek ini direncanakan akan selesai dengan durasi rencana selama 180 hari namun pada pelaksanaannya terjadi keterlambatan sehingga menyebabkan durasi penyelesaian menjadi 212 hari. Pertama, data yang didapat dari proyek adalah data *time schedule* kemudian dilanjutkan dengan wawancara untuk mendapatkan data yang berfungsi untuk melakukan identifikasi pekerjaan yang menjadi penyebab keterlambatan pada Proyek Pembangunan Pondasi *Reductuion Kiln Line 3*.

Cara mengidentifikasi pekerjaan apa saja yang terlambat pada proyek, penulis melakukan analisis terhadap data *time schedule* yang terdapat pada proyek dan juga melakukan wawancara terhadap responden yang langsung ikut serta dalam Pembangunan Pondasi *Reductuion Kiln Line 3*.

Dari *time schedule* dan realisasi aktual lapangan, kita bisa mengidentifikasi apa saja penyebab keterlambatan pada Proyek Pembangunan Pondasi *Reductuion Kiln Line 3* pada minggu ke-10 deviasi pekerjaan rencana dengan realisasi adalah -10,010%. Penyebab keterlambatan disebabkan oleh mundurnya pekerjaan bekisting kolom pedestal sehingga berakibat pada mundurnya pekerjaan yang lain. Maka setelah dilakukan identifikasi dari data *time schedule* dengan realisasi *progress* untuk melengkapi dan meyempurnakan data tersebut, dilakukan wawancara dan kuesioner kepada pihak yang terlibat dalam pembangunan pondasi *kiln line 3*. Wawancara dan penyebaran kuesioner dilakukan kepada responden yang dapat menjawab setiap kebutuhan data pada uraian pekerjaan yang berupa data penyebab terjadinya keterlambatan pada proyek, dengan narasumber yang sudah kita pilih sebagai berikut.

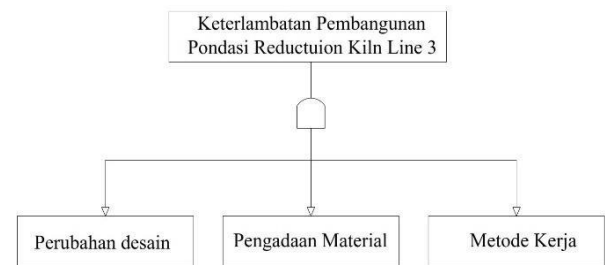
Tabel 2. Narasumber wawancara penyebab keterlambatan proyek

No	Jabatan	Bidang	Pengalaman
A	Project Manager	Kontraktor	8 Tahun
B	Project Engineer Manger	Kontraktor	15 Tahun
C	Team Leader	Kontraktor	10 Tahun
D	Civil Supervisor	Owner	14 Tahun
E	Civil Engineer	Owner	9 Tahun

Hasil wawancara tersebut hanya mewakili dari pemilik proyek/*owner* dan perwakilan dari kontraktor. Narasumber juga menyebutkan bahwa keterlambatan disebabkan oleh pihak *owner*, pihak kontraktor, dan juga cuaca yang terjadi sehingga memperlambat penyelesaian proyek. Dari hasil identifikasi penulis dan juga hasil dari wawancara, didapatkan bahwa pekerjaan yang mengalami keterlambatan pada proyek adalah :

1. Perubahan Desain
2. Pengadaan Material
3. Metode Kerja

Sehingga faktor tersebut dapat dikatakan sebagai *intermediate event*. Pada Gambar 1 akan mulai dijabarkan penyebab keterlambatan pada proyek.

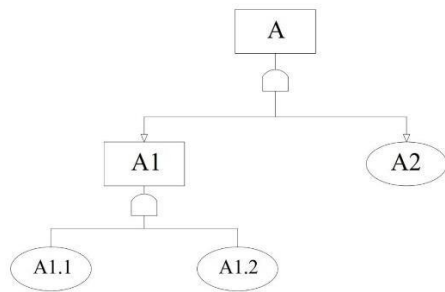


Gambar 1. *Intermediate event* utama kegiatan penyebab keterlambatan

Setelah mendapatkan *intermediate event* tingkat pertama yaitu *intermediate event* yang langsung terhubung ke *top event*, langkah selanjutnya adalah menentukan *intermediate event* tahap selanjutnya dan juga *basic event* pada *fault tree*. Penentuan *basic event* adalah dengan studi literatur tentang apa saja faktor yang menyebabkan keterlambatan proyek dan juga wawancara dengan responden untuk mengetahui faktor apa saja yang menyebabkan kegagalan pada Proyek Pembangunan Pondasi *Reductuion Kiln Line 3*.

Analisis pada Perubahan Desain

Dari hasil wawancara yang dilakukan, diketahui bahwa sebab dari keterlambatan yang pertama adalah adanya perubahan desain. Perubahan pertama desain terjadi dikarenakan adanya perbedaan karakteristik tanah aktual lapangan dengan desain sehingga diperlukan penambahan perkuatan pondasi yaitu dengan penambahan pondasi dalam/*borepile*. Kemudian perubahan desain yang kedua adalah tentang ketinggian tiang *pier*, dimana 4 tiang *pier* harus ditambahkan ketinggiannya sekitar 1,3 meter agar *equipment reduction kiln* bisa terhubung dengan bangunan *electric furnace* yang sudah ada.



Gambar 2. Diagram FTA keterlambatan pada perubahan desain

Tabel 3. Keterangan diagram FTA keterlambatan pada perubahan desain

Event	Keterangan
A	Perubahan desain
A1	Penyesuaian desain dengan aktual lapangan
A2	Terlambatnya penyampaian perubahan desain ke lapangan
A1.1	Pekerjaan <i>borepile</i>
A1.2	Pekerjaan penambahan tinggi <i>pier</i> pondasi

Analisis pada Pengadaan Material

Dari identifikasi yang dilakukan keterlambatan material di atas disebabkan oleh beberapa hal, antara lain:

1. Lokasi pekerjaan

Lokasi proyek pekerjaan berada di Pulau Sebuku, di mana pulau ini berada di sebelah timur Pulau Laut dan sebelah barat Pulau Sulawesi. Pulau Sebuku terpisah dari pulau utama Kalimantan. Untuk sampai di pulau ini harus menyebrang menggunakan kapal ferry sebanyak 2 kali. Material bahan bangunan yang ada di pulau ini sangat terbatas, sehingga untuk menyediakan material yang spesifik kontraktor harus mendatangkan material tersebut dari luar Pulau Sebuku, seperti dari Kotabaru atau bahkan dari Banjarmasin.

2. Cuaca

Kondisi cuaca sangat berpengaruh dalam pengiriman material, mengingat lokasi proyek yang bisa dicapai setelah dua kali menyebrang menggunakan kapal ferry. Sehingga kondisi pasang surut air laut, gelombang air laut akan sangat berpengaruh pada perjalanan kapal ferry tersebut.

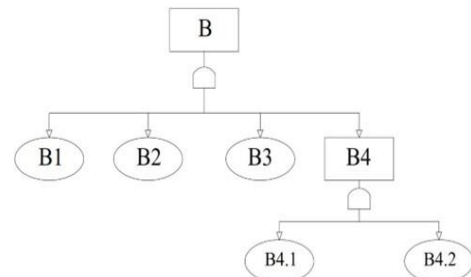
3. Sarana Transportasi

Pada bulan-bulan tertentu penyeberangan kapal ferry dari Pulau Laut ke Pulau Sebuku diberhentikan atau tidak dilakukan operasional selama sebulan karena proses perawatan armada kapal ferry sehingga akses mobilisasi dan ekspedisi ke Pulau Sebuku menjadi terhambat. Kemudian kapasitas volume muatan yang diperbolehkan juga dibatasi sehingga pengiriman material dalam jumlah besar dalam waktu yang sama tidak bisa dilakukan.

4. Pengadaan material kayu bekisting

Pengadaan material kayu bekisting mengalami keterlambatan suplai material karena pengiriman yang

dilakukan oleh vendor *supplier* kayu tidak bisa dipastikan karena jumlah volume kebutuhan yang sangat banyak. Karakteristik material mempengaruhi *progress* pekerjaan dikarenakan material bekisting untuk proyek ini menggunakan balok kayu ukuran 5/10 dan 6/12 yang diperoleh dari paguyuban penebang kayu di desa-desa yang ada di Kawasan Pulau Sebuku. Di dalam pekerjaan ini, kontraktor dan *owner* memilih menggunakan kayu daripada besi karena ada kesepakatan sebelum proyek untuk ikut memberdayakan usaha masyarakat setempat yang sebagian di antaranya bekerja sebagai penebang kayu. Namun di dalam proses pengadaan kayu tersebut terdapat beberapa kendala terutama saat suplai material tersebut karena jumlah yang digunakan sangat banyak, sehingga suplai kayu sering terlambat yang mengakibatkan *progress* pekerjaan juga menjadi terlambat.



Gambar 3. Diagram FTA keterlambatan pada keterlambatan material

Tabel 4. Keterangan diagram FTA keterlambatan pada keterlambatan material

Event	Keterangan
B	Pengadaan material
B1	Lokasi pekerjaan
B2	Cuaca
B3	Sarana transportasi
B4	Ketelambatan suplai material dari vendor
B4.1	Keterbatasan bahan baku
B4.2	Pembagian vendor <i>supplier</i>

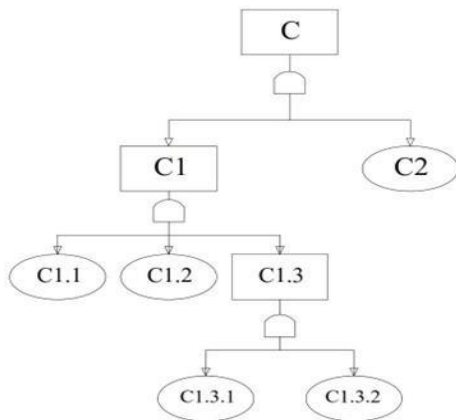
Analisis pada Metode Kerja

Analisis keterlambatan terkait metode kerja menggunakan data dari *time schedule* dan juga wawancara mengenai mengapa hal tersebut dapat terjadi pada Proyek Pembangunan Pondasi *Reduction Kiln Line 3*. Dari identifikasi yang dilakukan, diketahui *basic event* penyebab keterlambatan pada metode kerja adalah:

1. Kurangnya ketersediaan tenaga kerja. Hal pertama yang muncul pada saat diketahui pada pelaksanaan sistem kerja 2 *shift* dengan menggunakan tenaga kerja yang sama adalah dikarenakan kurangnya ketersediaan tenaga kerja pada proyek.
2. Kelelahan. Karena penambahan *shift* membuat total waktu kerja bertambah, hal tersebut dapat

membuat para pekerja kelelahan yang akhirnya membuat pekerjaan yang dilakukan menjadi kurang produktif.

3. Kurangnya kontrol terhadap pelaksanaan. Pada saat pelaksanaan terutama dengan penambahan *shift* kerja, perlunya kontrol terhadap pelaksanaan kegiatan yang lebih mengingat semakin besar pula kemungkinan terjadinya kesalahan pada pelaksanaan pekerjaan oleh pekerja.
4. Cuaca. Faktor cuaca yang terjadi juga dapat menjadi pengaruh terhadap pekerjaan yang dilakukan, dikarenakan penambahan *shift*, jika terjadinya hujan/cuaca yang tidak diinginkan akan menyebabkan penambahan *shift* tidak efektif.



Gambar 4. Diagram FTA keterlambatan pada metode kerja

Tabel 5. Keterangan diagram FTA keterlambatan pada metode kerja

Event	Keterangan
C	Metode kerja
C1	Faktor kontraktor
C2	Faktor cuaca
C1.1	Pekerjaan di ketinggian
C1.2	Pekerja/manpower non skill
C1.3	Pekerjaan lembur/overtime
C1.3.1	Kurangnya hasil pekerjaan karena kelelahan
C1.3.2	Kurangnya pengawasan dan pengarahan

Analisis Kombinasi Basic Event

Setelah selesai penggambaran diagram FTA (*Fault Tree Analysis*), maka langkah selanjutnya adalah menganalisis *Fault Tree* secara kuantitatif dengan menggunakan hukum *logic gate* di mana dalam *logic gate* terdapat rumus hukum probabilitas dalam penjumlahan (*or gate*) dan perkalian (*and gate*). Tujuan dari analisis ini adalah mencari *minimal cut set*. *Cut set* adalah kombinasi pembentuk pohon kesalahan yang mana bila semua terjadi akan menyebabkan peristiwa puncak terjadi. *Minimal cut set ini* adalah kombinasi peristiwa yang paling kecil yang membawa peristiwa yang tidak

diinginkan. Sedangkan MOCUS adalah suatu metode untuk mendapatkan *cut set* dan *minimum cut set*. Kombinasi *basic event* didapat dari gambar FTA yang dianalisis dengan hubungan *and gate* atau *or gate*. Di sinilah teknik wawancara dibutuhkan, yaitu proses pengambilan sampel dari probabilitas (*judgement*). Adapun ketentuan probabilitas yang akan diberikan oleh *expert judgement* adalah data yang disesuaikan dengan indeks frekuensi yang diterjemahkan pada Tabel berikut.

Tabel 6. Indeks frekuensi

Skor	Deskripsi	Definisi
0,8	Very Critical	Selalu Terjadi
0,6	Critical	Sering Terjadi
0,4	Significant	Kadang-kadang terjadi
0,2	Negligible	Kemungkinan kecil dapat terjadi
0,05	Very Vegligible	Tidak pernah terjadi

Sumber: Heldman, 2005

Analisa pada Peristiwa Penyebab Keterlambatan yang Disebabkan oleh Perubahan Desain

Untuk mencari nilai probabilitas *intermediate event* utama dengan kode A (peristiwa terlambatnya perubahan desain) diperlukan probabilitas dari setiap *basic event*. Berikut adalah diagram FTA (Gambar 2) dan Tabel di bawah ini merupakan *minimal cut set* dan nilai probabilitas setiap *basic event* dari peristiwa terlambatnya perubahan desain.

Tabel 7. *Minimal cut set* dan probabilitas setiap *basic event* dari peristiwa terlambatnya perubahan desain

Kode Basic Event	Basic Event	Probabilitas
A2	Terlambatnya penyampaian perubahan desain ke lapangan	0,2
A1.1	Pekerjaan Borepile	0,4
A1.2	Pekerjaan penambahan tinggi pier pondasi	0,4
<i>Minimal Cut Set</i>		0,712

Dari Gambar 2 didapat perhitungan kombinasi *minimal cut set* dengan persamaan sebagai berikut:

$$A = A1+A2$$

$$= (A1.1+A1.2)+A2$$

Berdasarkan persamaan di atas, kemudian dilakukan perhitungan kombinasi *minimal cut set* berdasarkan nilai probabilitas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$A = 1-(1-A1.1)*(1-A1.2)*(1-A2)$$

$$A = 1-(1-0,4)*(1-0,4)*(1-0,2) \quad A = 0,712$$

Analisa pada Peristiwa Penyebab Keterlambatan yang Disebabkan oleh Pengadaan Material

Untuk mencari nilai probabilitas *intermediate event* utama dengan kode B (peristiwa terlambatnya

pengadaan material) diperlukan probabilitas dari setiap *basic event*. Berikut adalah diagram FTA (Gambar 3) dan Tabel di bawah ini merupakan *minimal cut set* dan nilai probabilitas setiap *basic event* dari peristiwa terlambatnya pengadaan material.

Tabel 8. *Minimal cut set* dan nilai probabilitas setiap *basic event* dari peristiwa terlambatnya pengadaan material

Kode Basic Event	Basic Event	Probabilitas
B1	Lokasi pekerjaan	0,4
B2	Cuaca	0,2
B3	Sarana transportasi	0,8
B4.1	Keterbatasan bahan baku	0,8
B4.2	Pembagian vendor <i>supplier</i>	0,8
<i>Minimal Cut Set</i>		0,985

Dari Gambar 3 didapat perhitungan kombinasi *minimal cut set* dengan persamaan sebagai berikut:

$$B = B1+B2+B3+B4$$

$$= B1+B2+B3+(B4.1+B4.2)$$

Rumus yang digunakan untuk menghitung probabilitas kombinasi *minimal cut set* adalah:

$$B = 1 - (1-B1)*(1-B2)*(1-B3)*(1-B4.1)*(1-B4.2)$$

$$B = 1 - (1-0,4)*(1-0,2)*(1-0,8)*(1-0,8)*(1-0,8) \quad B = 0,985$$

Berdasarkan persamaan diatas, kemudian dilakukan perhitungan kombinasi *minimal cut set* berdasarkan nilai probabilitas menggunakan rumus sebagai berikut:

$$B = 1 - (1-B1)*(1-B2)*(1-B3)*(1-B4.1)*(1-B4.2)$$

$$B = 1 - (1-0,4)*(1-0,2)*(1-0,8)*(1-0,8)*(1-0,8) \quad B = 0,985$$

Analisa pada Peristiwa Penyebab Keterlambatan yang Disebabkan oleh Metode Kerja

Untuk mencari nilai probabilitas *intermediate event* utama dengan kode C (peristiwa terlambatnya metode kerja) diperlukan probabilitas dari setiap *basic event*. Berikut adalah diagram FTA (Gambar 4) dan Tabel di bawah ini merupakan *minimal cut set* dan nilai probabilitas setiap *basic event* dari peristiwa metode kerja kontraktor.

Tabel 9. *Minimal cut set* dan nilai probabilitas setiap *basic event* dari peristiwa metode kerja kontraktor

Kode Basic Event	Basic Event	Probabilitas
C1.1	Pekerjaan di ketinggian	0,6
C1.2	Pekerja/ <i>manpower non skill</i>	0,2
C1.3.1	Kurangnya hasil pekerjaan karena kelelahan	0,6
C1.3.2	Kurangnya pengawasan dan pengarahannya	0,4
C2	Cuaca	0,2
<i>Minimal Cut Set</i>		0,939

Dari Gambar 4 didapat perhitungan kombinasi *minimal cut set* dengan persamaan sebagai berikut:

$$C = C1+C2$$

$$= C1.1+C1.2+C1.3+C2$$

$$= C1.1+C1.2+(C1.3.1+C1.3.2)+C2$$

$$C = 1 - (1-C1.1)* (1-C1.2)*(1-C1.3.1)*(1-C1.3.2)*(1-C2)$$

$$C = 1 - (1-0,6)*(1-0,2)*(1-0,6)*(1-0,4)*(1-0,2) \quad C = 0,939$$

Berdasarkan dari persamaan di atas, kemudian dilakukan perhitungan probabilitas kombinasi *minimal cut set* pada peristiwa metode kerja kontraktor adalah 0,939.

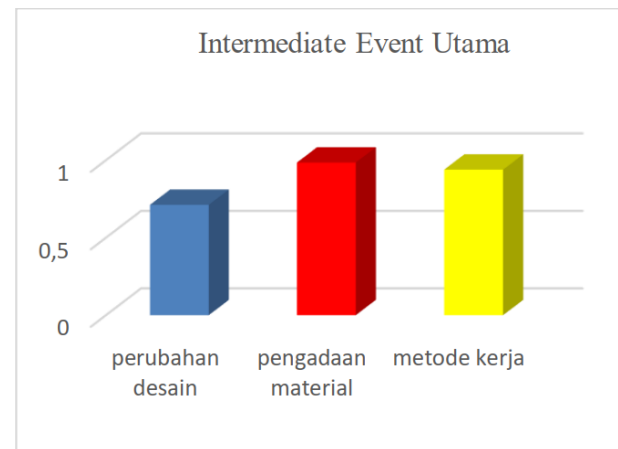
Setelah diketahui masing-masing kombinasi *minimal cut set* dari *intermediate event* utama FTA. Untuk peristiwa terlambatnya pekerjaan karena “perubahan desain” probabilitasnya adalah 0,712, kemudian untuk terlambatnya pekerjaan karena “pengadaan material” adalah 0,985, dan untuk terlambatnya pekerjaan karena “metode kerja” yaitu 0,939. Jadi jumlah total probabilitas kombinasi *minimal cut set* untuk *Top Event* adalah:

$$T = (C1 + C2 + \dots + Cn) / (\text{Jumlah } n)$$

$$T = (A + B + C) / 3$$

$$= 0,712 + 0,985 + 0,939 / 3$$

$$= 0,878$$



Gambar 5. *Intermediate event* utama

KESIMPULAN

Basic event pada akar penyebab keterlambatan proyek pembangunan pondasi *reduction kiln line 3* di antaranya peristiwa kejadian adanya perubahan desain, terlambatnya pengadaan material, dan metode kerja yang dilakukan oleh kontraktor. Dari hasil perhitungan kombinasi *minimal cut set* yang diperoleh, peristiwa terlambatnya karena pengadaan material dengan probabilitas 0,985 kemudian peristiwa terlambatnya karena metode kerja kontraktor memiliki probabilitas 0,939 serta peristiwa terlambatnya karena adanya perubahan desain memiliki probabilitas 0,712.

DAFTAR PUSTAKA

- Assaf, S A. dan Al-Hejji, S. (2006). "Causes of delay in large construction projects", *International Journal of Project Management*, 24(4), 349-357.
- Brown, D. B., 1976, *System Analysis & Design For Safety*, Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Edisi Kedua (Edisi Revisi). Yogyakarta.
- Heldman, K. (2005), *Project Manager's Spotlight on Risk Management*, Harbor Light Press, Alameda.
- Ismael. (2013), "Keterlambatan Proyek Konstruksi Gedung Faktor Penyebab Dan Tindakan Pencegahannya", *Jurnal Momentum*, Vol.14 No.1. Februari 2013.
- Motaleb, O dan Kishk, M. (2010) "An investigation into causes and effects of construction delays in UAE". In: Egbu, C. (Ed) Procs 26th Annual ARCOM Conference, 6-8 September 2010, Leeds, UK, Association of Researchers in Construction Management, 1149-1157.
- Popescu, C. M., dan Charoengam, C. (1995). *Project Planning, Schedulling, and Control in Construction*. Canada: John Willey & Son, p.188.
- Pourrostam, T., dan Ismail, A. (2011), "Significant Factors Causing and Effects of Delay in Iranian Construction Projects", *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(7): 450-456, 2011.
- Shubham A., Dawood N., dan Shah R K. (2012). "Development of a methodology for analysing and quantifying the impact of delay factors affecting construction project". *KICEM Journal of Project Management* 25, 517-526.
- Taha, G., Badawy, M. dan El-Nawawy, O., (2016), "A Model for Evaluation of Delays in Construction Projects", *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, Vol. 5, Issue 3, March 2016.