

ANALISIS PENYEBAB KETERLAMBATAN PROSES PRODUKSI PROYEK CRADLE DENGAN METODE FAULT TREE ANALYSIS (FTA)

Deni Lorenza^{1*}, Taufiq Rahman¹

¹*Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Batam, Jl. Gajah Mada, Tiban, Batam, Kepulauan Riau, Indonesia, 29425
Email: 1911014@student.iteba.ac.id*, Taufiq@iteba.ac.id*

Abstrak

PT. XXX Batam merupakan perusahaan kontraktor yang bergerak pada bidang *engineering, procurement, manufacturing* dan *instalation*. Saat ini PT XXX sedang menjalankan proyek *cradle*. Perusahaan memiliki target untuk dapat menyelesaikan proyek tersebut secara tepat waktu sesuai dengan waktu perencanaan antar perusahaan dan konsumen. PT XXX memantau setiap proses produksi proyek *cradle*, baik itu dalam masalah-masalah keterlambatan proses proyek *cradle* yang sering terjadi. Analisa setiap permasalahan keterlambatan proses proyek *cradle* adalah dengan menggunakan metode *fault tree analysis* (FTA). Tujuannya dilakukan analisa untuk dapat menemukan akar masalah dan penyebab terjadinya keterlambatan proses produksi proyek *cradle*. Hasil dari dilakukannya analisa dengan metode tersebut, terdapat beberapa akar masalah yang menyebabkan terjadinya keterlambatan proses produksi *cradle* diantaranya, keterlambatan proses *fit up* dimana yang menjadi akar masalahnya adalah kesalahan pada gambar dan spesifikasi, terdapat miskomunikasi antar pekerja, pekerja belum memiliki pengalaman, pekerja yang belum memiliki sertifikasi, dan pekerja yang kurang teliti dalam bekerja. Selanjutnya ada keterlambatan proses *full weld*, keterlambatan proses *blasting* atau primer dan penambahan proses *cleaning visual*.

Kata kunci: Kualitas Proses Produksi Proyek, *Fault Tree Analysis*, FTA, Aljabar Boolean

Abstract

PT. XXX Batam is a contractor company engaged in engineering, procurement, manufacturing and installation. Currently PT XXX is running the cradle project. The company has a target to complete the project in a timely manner according to the planning time between the company and the consumer. PT XXX monitors every production process of the cradle project, both in cases of delays in the cradle project process that often occur. Analysis of any delays in the cradle project process problem is to use the fault tree analysis (FTA) method. The purpose of the analysis is to find the root cause and cause of the delay in the production process of the cradle project. The results of the analysis using this method, there are several root problems that cause delays in the cradle production process including, delays in the fit up process where the root of the problem is errors in drawings and specifications, there is miscommunication between workers, workers who do not have experience, workers who have not have certification, and workers who are less thorough at work. Then there is a delay in the full weld process, delay in the blasting or primer process and the addition of a visual cleaning process.

Keywords: *Quality of Project Production Process, Fault Tree Analysis, FTA, Boolean Aljabar*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi mengikuti perkembangan zaman saat ini. Perkembangan industri mengikuti perkembangan teknologi saat ini. Industri dan teknologi adalah hal yang saling berkaitan, dunia industri tak lepas dari perkembangan-perkembangan teknologi serta model-model dalam menyusun strategi untuk terus maju. Indonesia merupakan salah satu negara yang berkembang dalam dunia industri, terutama dalam industri manufaktur. Batam adalah bagian Indonesia yang memiliki industri manufaktur yang berkembang. Batam sering sekali disebut sebagai kota industri, dikarenakan perusahaan industri di Batam melebihi puluhan. Industri manufaktur adalah proses produksi untuk menghasilkan produk-produk fisik. Manufaktur sebagai serangkaian operasi dan kegiatan yang saling berhubungan yang meliputi perancangan (*design*), pemilihan bahan (*material selection*), perencanaan (*planning*), pembuatan (*manufacturing*), penjaminan mutu (*quality assurance*), serta pengelolaan dan pemasaran produk-produk (*management and marketing product*).

Proses produksi adalah kegiatan produksi yang terhubung dari bagian ke bagian lainnya. Maksudnya, dalam setiap bagian terdapat tahapan yang perlu dilalui baik itu berupa proses menjadi barang atau berbentuk jasa. Proses produksi di perusahaan manufaktur dapat beroperasi dengan adanya sumber daya manusia, mesin, bahan baku dan dana. Tanpa hal itu, perusahaan manufaktur tidak dapat bergerak sendirian. Dalam memahami hal ini, penulis melakukan kerja praktek atau belajar langsung terkait keilmuan program studi di salah satu perusahaan manufaktur yakni, PT. XXX Batam.

2. Metode Penelitian

PT. XXX Batam merupakan perusahaan yang bergerak dibidang engineering, procurement, construction, manufacture, instalation. PT XXX Batam berkomitmen untuk menjadi mitra bisnis dan mitra industri yang paling terpercaya dan andal dalam memberikan produk terbaik dikelasnya dan memiliki keahlian yang luar biasa. Proses engineering memiliki wewenang dalam menyelesaikan sebuah permasalahan di setiap produksi tak luput dari kegiatan pengawasan dan berfikir secara kreatif berdasarkan ilmu pengetahuan yang telah dipelajari. Permasalahan yang ditemui saat ini adalah permasalahan terkait proses produksi proyek cradle. Proses produksi manufaktur di PT XXX Batam terdiri dari permesinan, fabrikasi, painting, quality sistem dan juga instalasi. Permasalahan yang ditemukan diproses produksi proyek cradle ini adalah permasalahan yang terkait pada proses fabrikasi.

Berdasarkan hasil data observasi dan wawancara, terdapat 3 hal yang menjadi penyebabnya diantaranya adalah kurangnya pengawasan, kurangnya pengetahuan dan terdapatnya sistem *double check*. Untuk menemukan akar permasalahan dari

permasalahan yang ditimbulkan maka penulis melakukan metode penelitian dengan metode *Fault Tree Analysis*. Menurut priyanta (2000), *Fault Tree Analysis* merupakan teknik untuk mengidentifikasi kegagalan dari suatu sistem FTA berorientasi pada fungsi atau lebih dikenal dengan *Top Down Approach*. Menurut Blackhard (2004), langkah-langkah untuk menyusun *Fault Tree Analysis* adalah sebagai berikut:

1. Menentukan kejadian paling utama dalam sistem. Langkah ini membutuhkan pemahaman mengenai sistem serta jenis-jenis kerusakan untuk mengidentifikasi akar permasalahan pada sistem.
2. Penggambaran model grafis *fault tree analysis*. Menyusun urutan sebab akibat pohon kesalahan. Pembuatan pohon kesalahan menggunakan simbol-simbol boolean.
3. Mencari minimal *cut set* dari analisa *fault tree*. Menganalisa pohon kesalahan untuk mengidentifikasi cara menghilangkan atau memperbaiki kejadian yang mengarah pada kegagalan dengan cara mencari minimal *cut set*.
4. Melakukan analisa kualitatif dari *fault tree*. Melakukan analisa kualitatif yang mana dipakai *aljabar boolean*. *Aljabar boolean* merupakan aljabar yang dapat digunakan untuk melakukan penyederhanaan atau menguraikan rangkaian logika yang rumit dan kompleks menjadi rangkaian logika yang lebih sederhana.

Model grafis FTA memuat beberapa simbol, yaitu simbol kejadian, simbol gerbang dan simbol transfer. Simbol kejadian adalah simbol yang berisi kejadian pada sistem yang dapat digambarkan dengan bentuk lingkaran, persegi, dan yang lainnya yang mempunyai arti masing-masing. Hubungan tersebut dimulai dari top event sampai ke event yang paling mendasar. Contoh dari simbol gerbang adalah AND dan OR. (Mustika, 2014).

3. Hasil dan Pembahasan

A. Analisa Penyebab Keterlambatan Proses Produksi Proyek Cradle

Untuk mengetahui penyebab dari permasalahan tersebut, maka penulis menggunakan metode *Fault Tree Analysis* dengan melihat perbedaan dari waktu perencanaan proses dan waktu aktual pelaksanaan proses produksi proyek cradle.

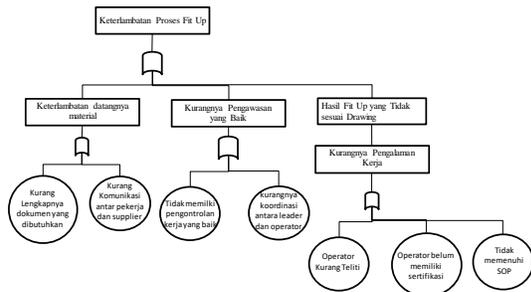
Tabel 1. Perbedaan Waktu Plan dan Aktual Produksi Proyek Cradle

Proses Produksi	Waktu Plan	Waktu Aktual	Difference
Fit Up	204,6	256	-51,4
Full Weld	289,2	320	-30,8
Machining	348,6	240	108,6
Inspection	69	60	9
Blasting/Primer	24	84	-60
Cleaning Visual	0	76	-76
Painting	40	19,5	20,5

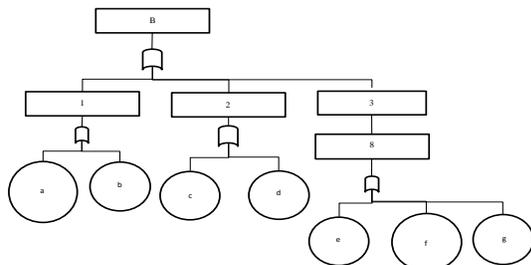
Hasil dari tabel 1 proses *fit-up*, *full weld*, *blasting/primer* memiliki waktu yang lumayan jauh perbedaannya dengan waktu proyek sebelumnya. Proses *fit-up* dari waktu 204,6 menjadi 256 dalam waktu pelaksanaan produksinya. Proses *full weld* waktu perencanaannya adalah 289,2 menjadi 320 dalam waktu pelaksanaan produksinya, begitu pun *blasting/primer* yang memiliki waktu perencanaannya 24 menjadi 84 dalam waktu pelaksanaan produksinya. Satuan waktu yang dilakukan adalah satuan jam. Selain dari beberapa proses diatas terdapat juga proses *cleaning visual* yang tidak terdapat pada proses perencanaan namun, dalam proses pelaksanaan produksinya memiliki waktu 76 jam. Proses-proses inilah yang akan dianalisa menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA).

B. Analisa Fault Tree Analysis (FTA)

a. Faktor Penyebab Keterlambatan Proses Fit-up



Gambar 1. Analisa Fault Tree Pada Proses *Fit-up*



Gambar 2. Bagan Analisa Fault Tree Pada Proses *Fit-up*

Berikut keterangan bagan dari pohon kesalahan pada proses *fit-up*.

Tabel 2. Keterangan Bagan Fault Tree Analysis Proses *Fit-Up*

Kode	Keterangan
B	Keterlambatan Proses Fit-up
1	Keterlambatan Datangnya Material
2	Kurangnya Pengawasan yang Baik
3	Hasil Fit Up yang tidak sesuai Drawing
a	Kurang Lengkapnya Dokumen Yang Dibutuhkan
b	Kurang Komunikasi Antar Pekerja dan Supplier
c	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
d	Kurangnya Koordinasi Antara Leader dan Operator
8	Kurangnya Pengalaman Kerja
e	Operator Kurang Teiti
f	Operator Belum Memiliki sertifikasi
g	Tidak Memenuhi SOP

Berikut menemukan minimal *cut set* pada proses *fit-up*:

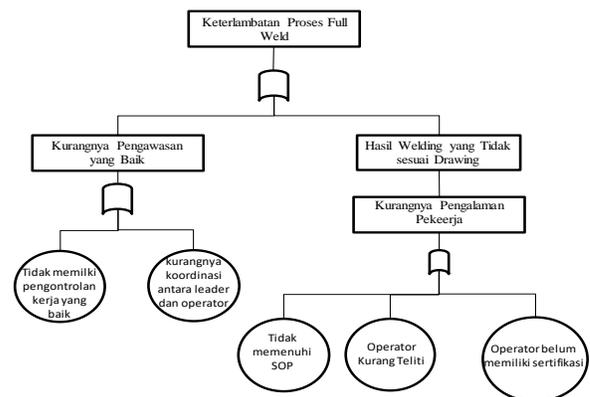
$$\begin{aligned} \text{Top Level (x)} &= B \\ &= 1 + 2 + 3 \\ &= [a + b] + [c + d] + 8 \\ &= [a + b] + [c + d] + [e + f + g] \end{aligned}$$

Maka, setelah dilakukan minimal *cut set* diperoleh *basic event* sebagai berikut:

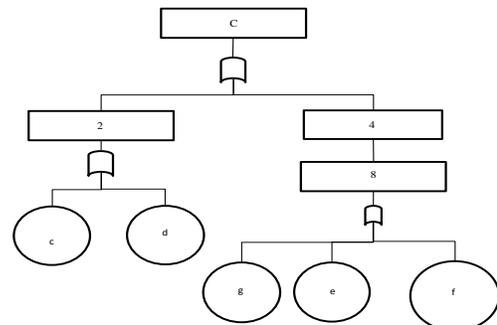
Tabel 3. Minimal Cut Set Proses *Fit-up*

Kode	Keterangan
a	Kurang Lengkapnya Dokumen Yang Dibutuhkan
b	Kurang Komunikasi Antar Pekerja dan Supplier
c	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
d	Kurangnya Koordinasi Antara Leader dan Operator
e	Operator Kurang Teiti
f	Operator Belum Memiliki sertifikasi
g	Tidak Memenuhi SOP

b. Faktor Penyebab Keterlambatan Proses Full-weld



Gambar 3. Analisa Fault Tree Pada Proses *Full-weld*



Gambar 4. Bagan Analisa *Fault Tree* Pada Proses *Full-weld*

Berikut keterangan bagan dari pohon kesalahan pada proses *full-weld*.

Tabel 4. Keterangan Bagan *Fault Tree Analysis* Proses *Full-Weld*

Kode	Keterangan
C	Keterlambatan Proses Fit-up
2	Kurangnya Pengawasan yang Baik
4	Hasil Welding yang Tidak sesuai drawing
c	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
d	Kurangnya Koordinasi antara Leader dan Operator
8	Kurangnya Pengalaman Pekerja
g	Tidak Memenuhi SOP
e	Operator Kurang Teiti
f	Operator Belum Memiliki Sertifikas

Berikut menemukan minimal *cut set* proses *full-weld*:

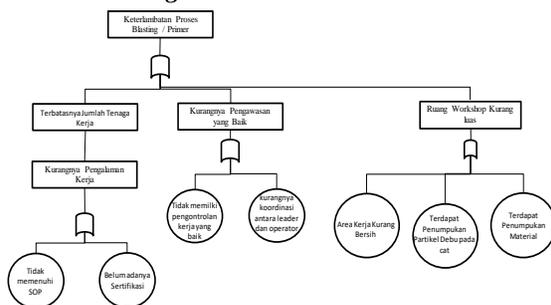
$$\begin{aligned}
 \text{Top Level (x)} &= C \\
 &= 2 + 4 \\
 &= [c + d] + 8 \\
 &= [c + d] + [g + e + f]
 \end{aligned}$$

Maka, setelah dilakukan minimal *cut set* diperoleh *basic event* sebagai berikut:

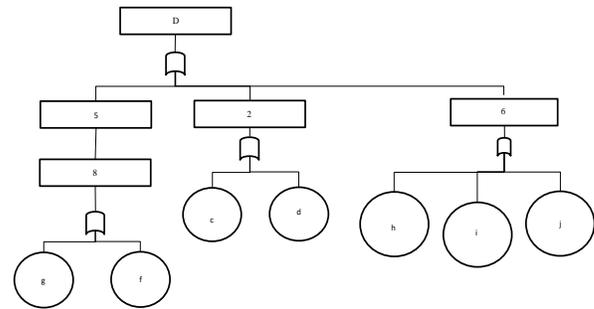
Tabel 5. Minimal *Cut Set* Proses *Full Weld*

Kode	Keterangan
c	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
d	Kurangnya Koordinasi antara Leader dan Operator
g	Tidak Memenuhi SOP
e	Operator Kurang Teiti
f	Operator Belum Memiliki Sertifikas

c. Faktor Penyebab Keterlambatan Proses *Blasting/Primer*



Gambar 5. Analisa *Fault Tree* Pada Proses *Blasting/Primer*



Gambar 6. Bagan Analisa *Fault Tree* Pada Proses *Blasting/Primer*

Tabel 6. Keterangan Bagan *Fault Tree Analysis* Proses *Blasting/Primer*

Kode	Keterangan
D	Keterlambatan Proses Blasting / Primer
5	Terbatasnya jumlah Tenaga Kerja
2	Kurangnya Pengawasan yang Baik
C	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
D	Kurangnya Koordinasi antara Leader dan Operator
6	Ruang Workshop Kurang Luas
H	Area Kerja Kurang Bersih
I	Terdapat Penumpukan Partikel Debu Pada Cat
J	Terdapat Penumpukan Material
8	Kurangnya Pengalaman Kerja
G	Tidak Memenuhi SOP
F	Belum Adanya Sertifikasi

Berikut menemukan minimal *cut set* proses *blasting/primer*:

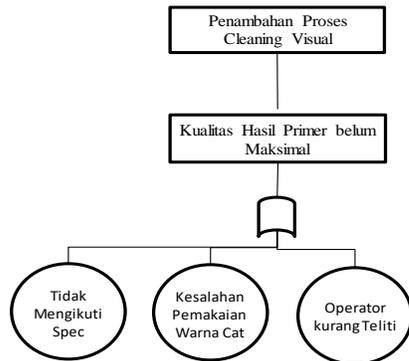
$$\begin{aligned}
 \text{Top Level (x)} &= D \\
 &= 5 + 2 + 6 \\
 &= 8 + [c + d] + [h + I + j] \\
 &= [g + f] + [c + d] + [h + I + j]
 \end{aligned}$$

Maka, setelah dilakukan minimal *cut set* diperoleh *basic event* sebagai berikut:

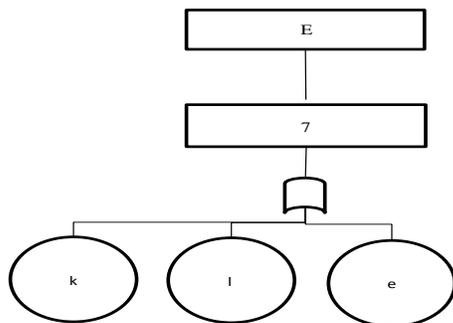
Tabel 7. Minimal *Cut Set* Proses *Blasting/Primer*

Kode	Keterangan
c	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
d	Kurangnya Koordinasi antara Leader dan Operator
h	Area Kerja Kurang Bersih
i	Terdapat Penumpukan Partikel Debu Pada Cat
j	Terdapat Penumpukan Material
g	Tidak Memenuhi SOP
f	Belum Adanya Sertifikasi

d. Faktor Penyebab Penambahan Proses Cleaning Visual



Gambar 7. Analisa *Fault Tree* Pada Proses *Cleaning Visual*



Gambar 8. Bagan Analisa *Fault Tree* Pada Proses *Cleaning Visual*

Tabel 8. Keterangan Bagan *Fault Tree Analysis* Proses *Cleaning Visual*

Kode	Keterangan
E	Penambahan Proses <i>Cleaning Visual</i>
7	Kualitas Hasil Primer Belum Maksimal
k	Tidak Mengikuti Spec Pengecatan
l	Kesalahan Pemakaian Warna Cat
e	Operator Kurang Teliti

Berikut menemukan minimal *cut set* proses *blasting/primer*:

$$\begin{aligned} \text{Top Level (x)} &= E \\ &= 7 \\ &= [k + l + e] \end{aligned}$$

Maka, setelah dilakukan minimal *cut set* diperoleh *basic event* sebagai berikut:

Tabel 9. Minimal *Cut Set* Proses *Cleaning Visual*

Kode	Keterangan
k	Tidak Mengikuti Spec Pengecatan
l	Kesalahan Pemakaian Warna Cat
e	Operator Kurang Teliti

Berdasarkan hasil minimal *cut set* yang telah ditemukan disetiap permasalahan yang terjadi pada faktor keterlambatan dari proses produksi proyek *cradle* diatas,

berikut hasil minimal *cut set* nya secara keseluruhan:

$$\begin{aligned} \text{Top Level (x)} &= A \\ &= B + C + D + E \\ &= [1 + 2 + 3] + [2 + 4] + [5 + 2 + 6] + 7 \\ &= [(a+b)+(c+d)+8]+[(c+d)+8]+[8+(c+d) \\ &\quad +(h+i+j)]+[k+l+e] \\ &= [(a+b)+(c+d)+(e+f+g)]+[(c+d)+(g+e+f) \\ &\quad]+[(g+f)+(c+d)+(h+i+j)]+[k+l+e] \\ &= [(a+b+c+d+e+f+g+h+i+j+k+l)] \end{aligned}$$

Maka, setelah dilakukan perhitungan minimal *cut set* diperoleh *basic event* sebagai berikut:

Tabel 10. Minimal *Cut Set* Proses Produksi Proyek *Cradle*

Kode	Keterangan
a	Kurang Lengkapnya Dokumen Yang Dibutuhkan
b	Kurang Komunikasi Antar Pekerja dan Supplier
c	Tidak Memiliki Pengontrolan Kerja Yang Baik
d	Kurangnya Koordinasi Antara Leader dan Operator
e	Operator Kurang Teiti
f	Operator Belum Memiliki sertifikasi
g	Tidak Memenuhi SOP
h	Area Kerja Kurang Bersih
i	Terdapat Penumpukan Partikel Debu Pada Cat
j	Terdapat Penumpukan Material
k	Tidak Mengikuti Spec Pengecatan
l	Kesalahan Pemakaian Warna Cat

C. Analisa Perbaikan

Usulan perbaikan ini diberikan berdasarkan akar permasalahan yang didapat melalui *Fault Tree Analysis*. Berikut deskripsi akar permasalahan dan usulan perbaikannya:

Tabel 11. Deskripsi Akar Permasalahan dan Usulan Saran Perbaikannya

Kode	Basic Event	Usulan Perbaikan
a	Kurang Lengkapnya Dokumen Yang Dibutuhkan	Mengingatkan Pekerja untuk melakukan tanda tangan tepat waktu Melakukan pengecekan dokumen secara berkala
b	Kurang Komunikasi Antar Pekerja dan Supplier	Sering melakukan meeting terkait permasalahan yang ada minimal 2 kali meeting pada proses produksi sehingga dapat membentuk tingkat kepedulian dan dapat memicu saling keterkaitan satu sama lain dan mengurangi sikap kurang komunikasi antar pekerja. Memberikan tanggung jawab yang sesuai sertifikasi yang dimiliki oleh pekerja serta memberikan peluang untuk dapat meningkatkan skill agar ia dapat mempertanggungjawabkan pekerjaannya dan menghindari miss komunikasi antar sesama pekerja.
g	Tidak memenuhi SOP	Melakukan penyuluhan secara rutin terkait SOP yang harus dilakukan saat bekerja, serta dapat mencetak SOP aturan bekerja dalam bentuk cetakan kecil agar mudah dibawa oleh pekerja serta mudah untuk dapat mengingat akan SOP bekerja yang baik dan benar. Memberikan contoh yang baik dalam setiap pelaksanaan kerja terkait SOP agar dapat memberikan pemahaman bagi para pekerja baru
f	Operator Belum Memiliki sertifikasi	Menyediakan tempat pelatihan khusus karyawan atau operator agar dapat bekerja dengan hasil yang maksimal dan sesuai dengan pengetahuan tentang tata cara kerja yang baik Memberikan peluang untuk melakukan training dalam mengambil uji sertifikasi dalam 6 bulan sekali.
c	Kontrol Yang Kurang Baik	Memberikan penyuluhan dalam melakukan pengontrolan yang baik Melakukan evaluasi setiap hari agar dapat mengurangi perngontrolan kerja yang tidak baik
d	Kurangnya Koordinasi Antara Leader dan Operator	Melakukan evaluasi dalam setiap hasil kerja yang telah dilakukan
e	Operator kurang teliti	Memberikan waktu perengangan atau Ice breaking 5 menit di sela waktu bekerja sehingga operator dapat kembali buger dan fokus dalam menyelesaikan pekerjaannya.
h	Area Kerja Kurang Bersih	Memberikan arahan wajib untuk para karyawan atau operator selalu untuk melakukan 5S.
i	Terdapat Penumpukan Partikel Debu Pada Cat	Memberikan ruang khusus untuk pengecatan dengan tempat yang bersih dan sesuai untuk pengecatan, sehingga dapat mengurangi partikel debu yang ada.

j	Terdapat Penumpukan Material	Memperluas ruang waorkshop sesuai ukuran produksi didalam workshop Membuat ruang khusus material untuk dapat disimpan atau diletakkan sesuai materialnya, sehingga mengurangi terjadinya penumpukan dan terjadinya accident yang tidak diinginkan.
k	Tidak Mengikuti Spesifikasi Pengecatan	Memberikan penerarahan pada karyawan atau operator perihal spesifikasi project yang digunakan dalam proses produksi project
		Menempel spesifikasi proses produksi pada white board di dalam workshop agar dapat dilihat dan menjadi rujukan dalam melakukan pekerjaannya dengan baik dan benar.
l	Kesalahan Pemakaian Warna Cat	Memonitor secara rutin terkait material yang akan digunakan agar tidak terjadi kesalahan Mengingatkan pekerja terkait cat yang akan digunakan Mengecek catatan rutin dokumen pembelian cat

4. Simpulan

Berikut hasil kesimpulan dari kerja praktek yang telah dilakukan dan dari analisa permasalahan yang telah dipecahkan:

1. Kerja praktek yang dilakukan selama 3 bulan dapat memberikan dampak baik dalam mengimplementasikan keilmuan program studi secara nyata di dunia kerja, kerja praktek ini memberikan pengetahuan baru dan dapat memberikan pemikiran baru terhadap tujuan-tujuan kuliah.
2. Keilmuan program studi yang digunakan dalam pemecahan masalah tersebut adalah analisa pohon kesalahan. Metode ini mencari beberapa titik permasalahan yang ada dan dianalisa menggunakan aljabar boolean, sehingga menemukan beberapa permasalahan yang menjadi inti dari permasalahan keterlambatan proses produksi proyek cradle.
3. Akar permasalahan yang ditemukan diantaranya adalah terbatasnya tenaga kerja, kurangnya pengontrolan kerja yang kurang baik, kurang koordinasinya pekerja, terlambatnya dalam menyiapkan dokumen dan kurang telitinya operator dalam melaksanakan pekerjaannya dengan baik dan benar.

Adapun saran yang diberikan oleh penulis sebagai berikut:

1. Metode yang dilakukan adalah *fault tree analysis* dengan mengetahui akar permasalahan dari proses produksi dan faktor-faktor yang dapat mempengaruhi keterlambatan proses produksi proyek cradle. Selain metode tersebut, dapat dilakukan pula dengan metode lainnya sehingga dapat memberikan hasil analisa pemecahan masalah baru dan dapat dilakukan

perbandingan, metode yang dapat dilakukan seperti metode *failure modes and effects analysis* (FMEA).

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis sampaikan kepada Institut Teknologi Batam yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Adhitama, Adhela. 2022. Sistem Pengendalian Kualitas Produksi Frame AS Dengan *Metode Flow Process Diagram* (PFD) dan Proses *Failure Mode And Effects Analysis* (PFMEA). Batam: Institut Teknologi Batam.
- Amalia, Ridhati. Jurnal Teknik ITS Vol.1, No. 1, (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271 Analisa Penyebab Keterlambatan Proyek Pembangunan Sidoarjo Town Square Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (FTA). Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Desiana, Catur. 2022. Analisa Pengendalian Kualitas Produk Floordeck Dengan Menggunakan Metode *Statistical Process Control* (SPC) Pada PT. Mulcindo Steel Industri. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Hendrika, E. 2019. Pelaksanaan Pengendalian Kualitas Dalam Meminimalkan Kegagalan Produk Pada CV. Extra Saintama. Skripsi (S1), 18-20.
- Mustika Febby, Adinda. 2014. Analisa Keterlambatan Proyek Menggunakan *Fault Tree Analysis*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Priyanta, Dwi. 2000. Keandalan Dan Perawatan. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.
- Purwansyah, Heru. 2022. Analisa Permasalahan Produk Panel Pada Komponen *Wiring* Dengan Menggunakan Metode *Fault Tree Analysis* (Studi Kasus: PT. Duta Listrik Graha Prima). Jakarta: Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Pt-lks.com. 2022. Profile Perusahaan. Diakses Pada 01 Desember 2022, dari <https://pt-lks.com>.
- Vesely, W.E, dkk. 1981. *Fault Tree Handbook*. Washington D.C: U.S. Nuclear Regulatory Commision.
- Widjanarka, Wijaya. 2006. Teknik Digital. Jakarta: Erlangga.