

PERBAIKAN CACAT PRODUK PAVING DENGAN MENGGUNAKAN METODE SQC (*STATISTICAL QUALITY CONTROL*) DAN FTA (*FAULT TREE ANALYSIS*)

Lutfi Mauludin¹⁾, Emmalia Adriantantri²⁾, Sumanto³⁾

^{1,2,3)} Program Studi Teknik Industri S-1, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Nasional Malang
Email : lutfimauludin029@gmail.com

Abstrak, Pada sebuah perusahaan paving di kota Batu, dalam proses produksinya, ditemukan berbagai jenis produk cacat, antara lain adalah cacat pecah, bentuk tidak sempurna, dan kopong. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat pada produk paving dan memberikan solusi untuk mengurangi persentase cacat. Metode yang digunakan adalah *Statistical Quality Control* (SQC) untuk mengontrol dan meningkatkan kualitas, serta *Fault Tree Analysis* (FTA) untuk memvisualisasikan analisis secara menyeluruh. Hasil analisis menunjukkan bahwa cacat pecah mendominasi produk cacat keseluruhan dengan persentase sebesar 58%. Meskipun masih dalam batas kendali, perbaikan tetap diperlukan. Faktor-faktor penyebab cacat pecah meliputi kurangnya perencanaan ruang penyimpanan yang memadai, cuaca yang tidak terkontrol di area produksi, pemilihan *supplier* yang tidak tepat, kesalahan pengukuran atau pencampuran oleh operator, kurangnya alat pengangkut yang sesuai, tidak adanya program pelatihan yang sistematis, dan kurangnya pemahaman tentang pengoperasian mesin. Usulan perbaikan untuk mengatasi cacat pecah adalah dengan merancang ruang penyimpanan yang efisien, menyesuaikan jadwal produksi untuk mengurangi risiko cuaca buruk, menetapkan kriteria pemilihan *supplier*, memberikan materi pelatihan, menambah alat pengangkut yang sesuai, dan menyusun program pelatihan yang terstruktur.

Kata kunci : Kualitas, Cacat, SQC, FTA

PENDAHULUAN

Setiap fitur dan sifat yang dimiliki suatu produk untuk memenuhi permintaan klien diukur kualitasnya. Ini menjadi faktor utama dalam keputusan konsumen saat memilih produk atau jasa, mendorong perusahaan untuk terus meningkatkan kualitasnya guna tetap bersaing di pasar. Kepuasan konsumen perlu dipertahankan, oleh karena itu perlu dilangsungkan pengendalian terhadap kualitas produk. Untuk menjamin bahwa produk jadi memenuhi persyaratan yang disepakati sesuai dengan undang-undang manajemen industri, pengendalian kualitas memerlukan sejumlah prosedur (Elyas & Handayani, 2020). Tujuan dari pengendalian kualitas adalah untuk memastikan bahwa produksi dan operasi dilakukan sesuai dengan standar dan rancangan yang telah ditetapkan sebelumnya. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan pemantauan yang cermat dan berkesinambungan. Apabila terjadi penyimpangan dari rencana, maka langkah-langkah korektif harus segera diambil guna mengembalikan proses ke jalur yang diharapkan. Dengan demikian, tujuan dan target produksi dapat dicapai secara efektif dan

efisien sesuai dengan standar yang telah ditentukan. (Hayu kartika, 2013).

Sebuah perusahaan paving di kota Batu, dalam proses produksinya masih ditemukan beragam jenis cacat. Umumnya jenis cacat yang terjadi ialah pecah, bentuk tidak sempurna, dan kopong. Paving pecah biasanya terjadi pada saat proses pengeringan, dikarenakan paving di tumpuk terlalu banyak atau karena pegawai kurang berhati-hati saat mengangkat paving tersebut. Cacat paving kopong ini biasanya terjadi karena kekurangan semen, atau karena pada saat pengepresan kurang ditekan sehingga paving memiliki rongga didalamnya. Bentuk paving tidak sempurna ini bisa terjadi karena mesin pengepresan tidak dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan, bisa juga karena cetakan masih belum berada di posisi yang tepat.

Selama bulan Desember 2023, total produksi paving mencapai 103.776 pcs. Dari jumlah tersebut, ditemukan total cacat sebanyak 4.347 pcs, yang mencakup cacat berupa paving pecah sebanyak 2.516 pcs, bentuk tidak sempurna sebanyak 1.174 pcs, dan paving kopong sebanyak 657 pcs. Persentase cacat rata-rata sepanjang bulan tersebut adalah

4,19%. Persentase tersebut melebihi batas toleransi yang diterapkan oleh perusahaan yaitu melebihi 3%. Berdasarkan wawancara yang dilakukan kepada pemilik perusahaan, perusahaan menetapkan batas toleransi 3% ini dengan mempertimbangkan standar industri sejenis, umpan balik pelanggan, serta analisis biaya dan manfaat yang menunjukkan bahwa persentase kecacatan di atas 3% akan berdampak negatif terhadap kualitas produk dan kepuasan pelanggan serta mengakibatkan kerugian finansial yang signifikan.

Metode pengendalian mutu yang dapat diterapkan untuk menangani permasalahan tersebut adalah dengan pengaplikasian metode *Statistical Quality Control* (SQC) dan *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode pengendalian kualitas *Statistical Quality Control* (SQC) bertujuan untuk mengendalikan, dan meningkatkan kualitas produksi (Nastiti, 2014). Alat bantu pengendalian kualitas yang digunakan adalah *seven tools*, yang terdiri dari *check sheet*, *pareto diagram*, *histogram*, *control chart*, dan *cause and effect diagram*. FTA adalah teknik analitik yang memvisualisasikan seluruh proses analisis menggunakan model grafis untuk menemukan cara untuk meningkatkan standar mutu. Teknik ini mengambil pendekatan *top-down*, dengan asumsi bahwa peristiwa puncak (*top event*) akan gagal atau memiliki tingkat kegagalan yang tinggi. Kemudian dilanjutkan untuk menemukan alasan peristiwa puncak sampai ke akar penyebabnya (*root cause*) (Relawati, 2018).

Kualitas produk dan layanan mencakup semua karakteristik yang berkaitan dengan pemasaran, teknik, produksi dan pemeliharaan, sehingga barang dan jasa tersebut memenuhi harapan pelanggan. Kualitas dievaluasi berdasarkan pengalaman langsung pelanggan terhadap barang dan jasa, dan diukur berdasarkan kriteria atau karakteristik yang telah ditentukan. (Wijaya, 2018).

Pengendalian kualitas adalah proses memastikan suatu produk atau jasa memenuhi standar kualitas yang disyaratkan. (Irwan & Haryono, 2015). Tujuan pada penelitian ini yaitu mengetahui faktor penyebab cacat produk dalam produksi serta memberikan saran perbaikan untuk mengurangi persentase cacat produk.

METODE

Penelitian ini mengaplikasikan pendekatan penelitian deskriptif dengan tujuan memanfaatkan data yang diperoleh untuk menilai solusi masalah secara metodis. Objek penelitian yaitu produk paving. Penelitian ini mengumpulkan data menggunakan observasi dan wawancara.

Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Tahapan penerapan *seven tools* dalam penelitian yang dilakukan oleh Ulkhaq dkk. (2017) pada proses pengendalian kualitas meliputi langkah-langkah berikut:

1. *Check Sheet*

Check Sheet adalah Jumlah yang diproduksi, jumlah barang yang rusak, jenis cacat, dan jumlah produk cacat yang dibuat selama proses produksi, semuanya dicatat secara sistematis menggunakan lembar cek (*check sheet*).

2. Histogram

Histogram digunakan untuk menganalisis kualitas sekumpulan data produksi, menunjukkan nilai rata-rata sebagai standar kualitas produk, dan menggambarkan sebaran atau sebaran data tersebut.

3. Diagram Pareto

Diagram Pareto digunakan untuk mencari penyebab utama beberapa masalah atau alasan dengan jumlah cacat tertinggi

4. *Control Chart*

Control Chart digunakan untuk memastikan apakah prosedur yang dijelaskan sebelumnya berjalan lancar dan baik. *Control Chart* yang digunakan adalah *Control Chart P*. *Control Chart P* menggambarkan bagian yang ditolak karena tidak sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan dari jumlah produksi. *Control Chart p* dibuat dalam langkah-langkah berikut :

1. Menghitung presentase kerusakan

$$p = \frac{\text{Banyak kerusakan}}{\text{Banyaknya sampel yang diambil}} \quad (1)$$

Keterangan :

P = Proporsi kesalahan pada masing-masing sampel

2. Menghitung *Central Line* / garis pusat atau tengah (CL)

$$CL = \bar{p} = \frac{\text{Jumlah total kecacatan}}{\text{jumlah sampel yang diperiksa}} \quad (2)$$

Keterangan :

CL = Center line

$\bar{p}$ = Rata-rata kecacatan produk

3. *Upper Control Limit* / batas kendali atas (UCL)

$$UCL = \bar{p} + 3 \left(\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right) \dots (3)$$

Keterangan :

$\bar{p}$ = Rata-rata kecacatan produk

n = Banyaknya sampel yang diambil

4. *Lower Control Limit* / batas kendali bawah (LCL)

$$LCL = \bar{p} - 3 \left(\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}} \right) \dots\dots (4)$$

Keterangan :

$\bar{p}$ = Rata-rata kecacatan produk

n = Banyaknya sampel yang diambil

Nilai LCL sama dengan 0 dalam kasus dimana nilainya negatif.

5. Diagram Sebab Akibat

Diagram Sebab dan Akibat digunakan untuk mengidentifikasi penyebab masalah serta menggambarkan hubungan sebab-akibat di antara berbagai faktor.

- b. Membuat usulan perbaikan dengan menggunakan *Fault Tree Analysis* untuk menemukan kesalahan dalam penilaian, analisis *top-down* dan FTA digabungkan. Kemungkinan peristiwa yang tidak disengaja, atau peristiwa tingkat tinggi, adalah di mana proses dimulai. Selanjutnya, dengan menggunakan perkiraan kemungkinan kegagalan sebagai dasar, kemudian dilakukan pencatatan setiap kemungkinan penyebab peristiwa itu. Berikut langkah-langkah *Fault Tree Analysis* (FTA).

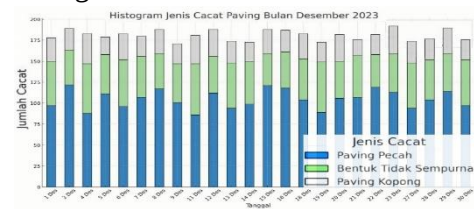
- a. Membuat grafik berdasarkan diagram sebab akibat yang sudah dibuat.
- b. Menamai setiap *event*.
- c. Menentukan *cut set* dan *minimal cut set* dengan penyederhanaan teknik boolean membentuk pola yang lebih sederhana.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Metode Seven Tools

Pada proses pengolahan data kecacatan pada perusahaan paving langkah-langkah yang dilakukan adalah mengidentifikasi kecacatan produk menggunakan *Seven Tools* yang terdiri dari:

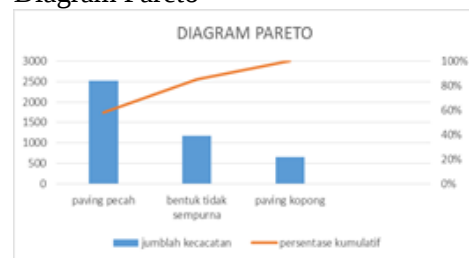
1. Histogram



Gambar 1 Grafik Histogram

Berdasarkan gambar 1, menunjukkan variasi jumlah produk cacat setiap hari pada bulan Desember 2023, dengan tiga jenis cacat: Paving Pecah, Bentuk Tidak Sempurna, dan Paving Kopong. Terlihat bahwa jumlah cacat bervariasi setiap hari, namun secara umum, Jika dibandingkan dengan dua bentuk cacat lainnya, Paving Pecah adalah varietas yang paling sering muncul. Beberapa hari menunjukkan peningkatan signifikan dalam jumlah cacat, seperti 2 Desember dan 15 Desember, sementara hari-hari lainnya memiliki jumlah cacat yang lebih rendah, seperti 9 Desember dan 21 Desember. Distribusi cacat tidak merata, mengindikasikan kemungkinan adanya faktor produksi atau kondisi yang mempengaruhi kualitas hasil produksi secara harian. Rentang total cacat harian berada antara 171 pcs hingga 192 pcs, menunjukkan fluktuasi yang relatif konsisten namun tetap memperlihatkan adanya variasi harian.

2. Diagram Pareto



Gambar 2 Diagram Pareto

Berlandaskan gambar 2, pengolahan data yang digambarkan oleh grafik diagram pareto menunjukan pada garis merah merupakan grafik frekuensi kumulatif dari cacat. Persentase tertinggi sebanyak 57,88% cacat paving untuk jenis cacat pecah dan terendah pada jenis paving kopong sebanyak 15,13%.

3. Control Chart

Berdasarkan data yang diperoleh dan disajikan pada lembar pemeriksaan,

langkah berikutnya adalah melakukan penghitungan mempergunakan peta kendali *p-chart* sebagai penentu bagaimana proses produksi terjadi apakah proses produksi berada dalam batas kendali atau diluar batas kendali. Adapun rumus-rumus yang digunakan dalam pengolahan peta kendali adalah rumus 1, 2, 3, 4. sebagai berikut:

Data 1 Desember

$$p = \frac{178}{4220} = 0,042$$

$$CL = \bar{p} = \frac{4347}{103.776} = 0,0442$$

$$UCL = 0,042 + 3 \left(\sqrt{\frac{0,042(1 - 0,042)}{4220}} \right) = 0,0511$$

$$LCL = 0,042 - 3 \left(\sqrt{\frac{0,042(1 - 0,042)}{4220}} \right) = 0,0326$$

Setelah dilangsungkan penghitungan peta kendali, maka dilakukan pencatatan hasil sebagai berikut:

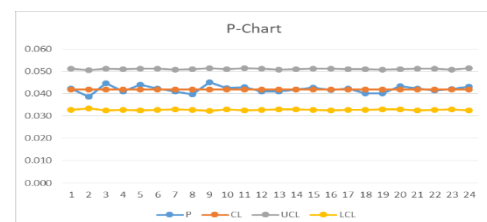
Tabel 1 Hasil Perhitungan *Defect rate*, data UCL, LCL dan CL

No	Tanggal	Jumlah produk (Pcs)	Jumlah produk cacat (Pcs)	p	CL	UCL	LCL
1	1 Des 2023	4220	178	0.042	0.042	0.0511	0.0326
2	2 Des 2023	4885	189	0.039	0.042	0.0505	0.0333
3	4 Des 2023	4097	183	0.045	0.042	0.0513	0.0325
4	5 Des 2023	4375	179	0.041	0.042	0.0510	0.0328
5	6 Des 2023	4156	183	0.044	0.042	0.0512	0.0326
6	7 Des 2023	4268	180	0.042	0.042	0.0511	0.0327
7	8 Des 2023	4582	188	0.041	0.042	0.0508	0.0330
8	9 Des 2023	4310	171	0.040	0.042	0.0510	0.0327
9	11 Des 2023	4023	181	0.045	0.042	0.0514	0.0324
10	12 Des 2023	4431	188	0.042	0.042	0.0509	0.0329
11	13 Des 2023	4057	174	0.043	0.042	0.0513	0.0325
12	14 Des 2023	4219	173	0.041	0.042	0.0511	0.0326
13	15 Des 2023	4599	188	0.041	0.042	0.0508	0.0330
14	16 Des 2023	4472	187	0.042	0.042	0.0509	0.0329
15	18 Des 2023	4286	183	0.043	0.042	0.0511	0.0327
16	19 Des 2023	4150	173	0.042	0.042	0.0512	0.0326
17	20 Des 2023	4298	182	0.042	0.042	0.0511	0.0327
18	21 Des 2023	4376	176	0.040	0.042	0.0510	0.0328
19	22 Des 2023	4543	182	0.040	0.042	0.0508	0.0330
20	23 Des 2023	4436	192	0.043	0.042	0.0509	0.0329
21	27 Des 2023	4125	174	0.042	0.042	0.0512	0.0325
22	28 Des 2023	4267	177	0.041	0.042	0.0511	0.0327
23	29 Des 2023	4512	190	0.042	0.042	0.0508	0.0329
24	30 Des 2023	4089	176	0.043	0.042	0.0513	0.0325
	103776	4347					

Sumber: Pengolahan Data

Representasi tabel 1 menunjukkan, jumlah keluaran sejumlah 103,776 pcs dengan jumlah produksi yang bervariasi setiap harinya. Jumlah produk cacat sebanyak 4,347 pcs. Hasil perhitungan memperlihatkan batas atas senilai 0,0511 dan batas bawah sebesar 0,0326. Nilai ini muncul dikarenakan varietas cacat dan jumlah produk yang sama setiap bulan.

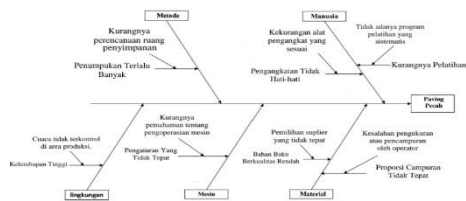
Garis tengah berada di angka 0,042



Gambar 3 Grafik Cacat Produksi Paving

Gradien kurva produksi tidak secara signifikan melampaui ambang LCL atau UCL, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Jadi, tidak perlu koreksi. Untuk memastikan tidak ada produk cacat yang ditemukan di produk paving, prosedur mutu pengendalian tetap harus diperketat.

4. Diagram sebab akibat



Gambar 4 Diagram Sebab Akibat Paving Pecah

Berdasarkan gambar 4 dapat diketahui bahwa penyebab cacat pecah pada paving berasal dari faktor material, metode, manusia, mesin dan lingkungan yang akan dijelaskan sebagai berikut:

1. Metode

Metode penumpukan paving yang berlebihan terjadi akibat kurangnya perencanaan yang memadai dalam pengelolaan ruang penyimpanan, yang mengakibatkan tekanan berlebih pada paving di bagian bawah.

2. Lingkungan:

Lingkungan dengan kelembapan yang tinggi di area produksi terjadi karena cuaca yang tidak terkontrol, yang dapat mempengaruhi proses pengeringan dan menyebabkan paving retak atau pecah.

3. Material:

- **Bahan Baku Berkualitas Rendah:** Penggunaan bahan baku dengan kualitas rendah disebabkan oleh pemilihan supplier yang tidak tepat, yang dapat berakibat pada penurunan kekuatan dan daya tahan paving.
- **Proporsi Campuran Tidak Tepat:** Komposisi campuran yang tidak tepat antara semen, pasir, dan air disebabkan oleh kesalahan dalam pengukuran atau pencampuran oleh operator, yang mempengaruhi kekuatan dan ketahanan paving.

4. Manusia:

- **Pengangkatan Tidak Hati-hati:** Kerusakan fisik pada paving sering kali disebabkan oleh pengangkatan yang tidak hati-hati akibat kurangnya ketersediaan alat pengangkat yang sesuai.
- **Pelatihan Kurang:** Kurangnya pelatihan bagi pekerja terjadi karena tidak adanya program pelatihan yang sistematis, yang berdampak pada kesalahan dalam penanganan dan penyimpanan paving.

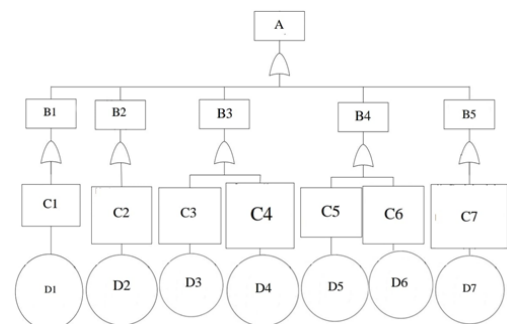
5. Mesin

Pengaturan mesin yang tidak sesuai standar terjadi karena kurangnya pemahaman operator mengenai prosedur pengoperasian yang benar, sehingga menghasilkan tekanan yang tidak merata selama proses pencetakan.

B. Fault Tree Analysis (FTA)

Setelah melakukan identifikasi kecacatan yang terjadi pada produk paving dengan menggunakan *seven tools*, langkah selanjutnya melakukan analisa penyebab kecacatan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA), yaitu perwakilan grafik kejadian yang memungkinkan untuk identifikasi kejadian kecacatan yaitu cacat paving pecah. Berikut adalah langkah-langkah analisa cacat paving pecah dengan menggunakan metode *Fault Tree Analysis* (FTA):

1. Membuat grafik *Fault Tree Analysis* berdasarkan diagram sebab akibat dari cacat paving pecah



Gambar 5 Analisa FTA (*Fault Tree Analysis*) Cacat Pecah

Dari gambar 5 menunjukkan bahwa pada puncak struktur ini terdapat A (*Top Event*), yaitu kejadian tertinggi yang

merupakan hasil akhir dari analisis, di mana semua kejadian di bawahnya berkontribusi pada terjadinya peristiwa tersebut. Di bawah A, terdapat B (*Intermediate Events*), meliputi B1, B2, B3, B4, dan B5, yang secara langsung berkontribusi terhadap peristiwa A. Selanjutnya, C (*Intermediate Events* yang lebih detail), terdiri dari C1, C2, C3, C4, C5, C6, dan C7, memberikan penjelasan lebih rinci mengenai B dan secara tidak langsung mempengaruhi kejadian A. Pada tingkat dasar, terdapat D (*Basic Events*), yang meliputi D1, D2, D3, D4, D5, D6, dan D7. Peristiwa dasar ini merupakan akar penyebab dari kejadian menengah C dan memegang peran penting dalam memicu terjadinya peristiwa tertinggi (A).

2. Menamai setiap event

Notasi campuran huruf dan angka dihasilkan berdasarkan grafik *fault tree analysis* (FTA). Tabel berikut dibuat untuk mengklarifikasi notasi dalam gambar grafik FTA:

Tabel 2 Notasi Huruf dan Angka

No	Notasi	Deskripsi
1	A	Paving Pecah
2	B1	Metode Penumpukan
3	B2	Lingkungan
4	B3	Material
5	B4	Manusia
6	B5	Mesin
7	C1	Penumpukan Terlalu Banyak
8	C2	Kelembapan Tinggi
10	C3	Bahan Baku Berkualitas Rendah
9	C4	Proporsi Campuran Bahan Baku Tidak Tepat
11	C5	Pengangkatan Tidak Hati-hati
12	C6	Kurangnya Pelatihan
13	C7	Pengaturan Yang Tidak Tepat
14	D1	Kurangnya perencanaan ruang penyimpanan yang memadai
15	D2	Cuaca tidak terkontrol di area produksi.
16	D3	Pemilihan suplier yang tidak tepat
17	D4	Kesalahan pengukuran atau pencampuran oleh operator
18	D5	Kekurangan alat pengangkat yang sesuai
19	D6	Tidak adanya program pelatihan yang sistematis
20	D7	Kurangnya pemahaman tentang pengoperasian mesin

Sumber: Pengolahan Data

Tabel 2 menunjukkan notasi dan

penjelasan dari setiap kode pada diagram pohon yang digunakan dalam analisis kerusakan paving. Notasi tersebut berisi kombinasi antara huruf dan angka untuk mengkategorikan berbagai faktor penyebab kerusakan paving, mulai dari penyebab utama hingga penyebab mendasar. Misalnya, kode "A" mengidentifikasi masalah utama, yaitu "Paving Pecah", sedangkan kode "D1" menunjukkan penyebab spesifik seperti "Kurangnya perencanaan ruang penyimpanan yang memadai".

3. Menentukan cut set dan minimal cut set

Setelah notasi huruf dan angka dihasilkan, langkah selanjutnya adalah menentukan cut set dengan menerapkan metode *Aljabar Boolean*. Hal ini dilakukan dengan menganalisis kejadian dasar (*basic event*) yang mengacu ke kejadian puncak (*top event*). Analisis dilakukan dengan menelusuri cut set menggunakan hukum *Aljabar Boolean* distributive. Dalam notasi *Aljabar Boolean*, gerbang OR disimbolkan dengan tanda (+) dan gerbang AND disimbolkan dengan tanda (.) atau perkalian. Berikut ini adalah tabel *Cut Set Aljabar Boolean*.

Tabel 3 Cut Set Aljabar Boolean

A	= B1+B2+B3+B4+B5
B1	= C1
B2	= C2
B3	= C3+C4
B4	= C5+C6
B5	= C7
C1	= D1
C2	= D2
C3	= D3
C4	= D4
C5	= D5
C6	= D6
C7	= D7

Sumber: Pengolahan Data

Dari tabel 3, cut set ditentukan dengan menganalisis kejadian dasar (*basic event*) yang mengarah ke kejadian puncak (*top event*). Pada tabel tersebut, kejadian puncak A merupakan gabungan dari kejadian B1, B2, B3, B4, dan B5. Kode B1 setara dengan kejadian dasar C1, B2 setara dengan C2, B3 adalah

kombinasi dari C3 dan C4, B4 adalah kombinasi dari C5 dan C6, dan B5 setara dengan C7. Kejadian dasar C1 hingga C7 masing-masing merujuk pada penyebab spesifik D1 hingga D7. Dalam notasi Aljabar Boolean, gerbang OR (+) digunakan untuk menggabungkan kejadian-kejadian tersebut.

Dari *cut set aljabar Boolean* di atas, langkah selanjutnya adalah mencari himpunan reduksi minimum untuk menelusuri kombinasi dari berbagai kejadian sampai hasilnya tidak mampu menjadi jauh lebih efisien atau disederhanakan. Hasil gabungan dari peristiwa-peristiwa ini disebut penyebab peristiwa puncak. Berikut susunan *Aljabar Boolean* menurut hukumnya:

$$\begin{aligned} A &= B1+B2 +B3+B4+B5 \\ &= (C1) + (C2) + (C3.C4) + (C5.C6) + \\ &\quad (C7) \\ &= (D1) + (D2) + ((D3) + (D4)) + ((D5) \\ &\quad + (D6)) + (D7) \end{aligned}$$

Dari hasil penentuan *minimal cut set* menggunakan penerapan hukum *Aljabar Boolean* distributif, diperoleh 7 *basic event* yang menjadi penyebab kecacatan paving. Kejadian-kejadian yang ada divisualisasikan dalam tabel berikut:

Tabel 4 *Basic Event*

Notasi	Basic Event
D1	Kurangnya perencanaan ruang penyimpanan yang memadai
D2	Cuaca tidak terkontrol di area produksi
D3	Pemilihan suplier yang tidak tepat
D4	Kesalahan pengukuran atau pencampuran oleh operator
D5	Kekurangan alat pengangkut yang sesuai
D6	Tidak adanya program pelatihan yang sistematis
D7	Kurangnya pemahaman tentang pengoperasian mesin

Sumber: Pengolahan Data

Dari tabel 4, menunjukkan bahwa terdapat tujuh *basic event* yang menjadi penyebab kecacatan paving, yaitu kurangnya perencanaan ruang

penyimpanan yang memadai (D1), cuaca yang tidak terkontrol di area produksi (D2), pemilihan suplier yang tidak tepat (D3), kesalahan pengukuran atau pencampuran oleh operator (D4), kekurangan alat pengangkut yang sesuai (D5), tidak adanya program pelatihan yang sistematis (D6), dan kurangnya pemahaman tentang pengoperasian mesin (D7). Setiap *basic event* ini merujuk pada faktor-faktor spesifik yang perlu ditangani untuk mengurangi kecacatan pada produk paving.

Usulan Perbaikan

1. Berdasarkan hasil dari *Fault Tree Analysis* (FTA), terdapat tujuh akar permasalahan yang menyebabkan cacat pecah dalam proses produksi paving. Usulan perbaikan ditentukan berdasarkan akar permasalahan yang diidentifikasi. Pertama, untuk mengatasi kurangnya perencanaan ruang penyimpanan yang memadai, disarankan untuk membuat desain ruang penyimpanan yang efisien guna mencegah penumpukan paving yang berlebihan. Kedua, terkait cuaca yang tidak terkontrol di area produksi, dibuat jadwal produksi yang disesuaikan dengan musim untuk mengurangi risiko kerusakan akibat cuaca buruk menggunakan metode Perencanaan Agregat. Ketiga, dalam hal pemilihan *supplier* yang tidak tepat, disarankan pembuatan kriteria untuk pemilihan *supplier* dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Keempat, untuk mengatasi kesalahan pengukuran atau pencampuran oleh operator, disarankan memberikan materi pelatihan kepada operator tentang pengukuran dan pencampuran yang benar. Kelima, kekurangan alat pengangkut yang sesuai dapat diatasi dengan menambahkan alat pengangkut yang sesuai untuk mengurangi risiko kerusakan saat pengangkutan. Keenam, ketidakadaan program pelatihan yang sistematis diselesaikan dengan membuat contoh pelatihan sebagai panduan untuk pengembangan program pelatihan yang lebih terstruktur. Terakhir, kurangnya pemahaman tentang pengoperasian mesin diatasi dengan memberikan materi pelatihan intensif kepada operator mengenai cara mengatur mesin dengan benar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan dan analisis data, maka kesimpulan dalam penelitian ini adalah:

1. Penyebab cacat pada proses produksi paving disebabkan oleh berbagai faktor. Produk paving pecah dapat terjadi selama proses pengeringan, umumnya disebabkan oleh penumpukan paving yang terlalu banyak atau kurang hati-hatinya pegawai saat mengangkat paving. Ketidaksempurnaan bentuk paving sering kali disebabkan oleh mesin pengepresan yang tidak dibersihkan sebelum digunakan atau cetakan yang belum berada di posisi yang tepat. Cacat paving kopong biasanya terjadi akibat kekurangan semen atau tekanan yang kurang saat proses pengepresan, yang menyebabkan adanya rongga di dalam paving.
2. Berdasarkan hasil *Fault Tree Analysis* untuk faktor penyebab cacat pecah, ada beberapa usulan perbaikan yang dapat diberikan, yaitu membuat desain ruang penyimpanan yang efisien untuk mencegah penumpukan paving yang berlebihan, membuat jadwal produksi yang disesuaikan dengan musim untuk mengurangi risiko kerusakan akibat cuaca buruk, membuat kriteria untuk pemilihan *supplier* menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), memberikan materi pelatihan kepada operator tentang pengukuran dan pencampuran yang benar, menambahkan alat pengangkut yang sesuai untuk mengurangi risiko kerusakan saat pengangkutan, membuat contoh pelatihan sebagai panduan untuk pengembangan program pelatihan yang lebih terstruktur dan membuat materi pelatihan intensif kepada operator tentang cara mengatur mesin dengan benar.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan kepada perusahaan paving:

1. Perusahaan diharapkan mengontrol atau mengawasi setiap proses produksi guna meminimalisir kecacatan produk.
2. Memberikan arahan kepada karyawan secara optimal sehingga menghasilkan pekerja dengan kemampuan profesional.
3. Diharapkan penelitian ini dapat diimplementasikan di perusahaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Elyas, R., & Handayani, W. (2020). Statistical Process Control (SPC) Untuk Pengendalian Kualitas Produk Mebel di UD. Ihtiar Jaya. Bisma. *Jurnal Manajemen*, 6(1), 50-58.
- Irwan, I., & Haryono, D. (2015). *Pengendalian Kualitas Statistik (Pendekatan Teoritis dan Aplikatif)*.
- Kartika, Hayu. (2013). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Cpe Film Dengan Metode Statistical Process Control Pada PT. Msi. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 1(1), 50 – 58.
- Nastiti, H. (2014). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Metode Statistical Quality Control (Studi kasus: pada PT “X” Depok). *Sustainable Competitive Advantage* (SCA), 4(1).
- Relawati, W. (2018). Assesment Manajemen Risiko Teknis Konstruksi Pada Proyek High Rise Building Dengan Metode Fault Tree Analysis (FTA) (Studi Kasus Proyek Caspian Tower Grand Sungkono Lagoon).
- Ulkhag, M. M., Pramono, S. N. W., & Halim, R. (2017). Aplikasi Seven Tools Untuk Mengurangi Cacat Produk Pada Mesin Communit di PT. Masscom Graphy, Semarang. *Jurnal PASTI*, 11(3), 220–230.
- Wijaya, I. K. (2018). Pengaruh Kepuasan Kerja Terhadap Kinerja Karyawan CV Bukit Sanomas. *Agora*, 6(2).