

ANALISIS KEGAGALAN COLLAPSIBLE ALUMINIUM TUBE PADA MESIN IMPACT EXTRUSION PRESS TIPE LJ-60

Ezra Esa Jaya¹, Swandya Eka Pratiwi²

^{1,2}Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana

e-mail: ¹ezraesajaya77@gmail.com

Abstrak

Mesin press ekstrusi impact merupakan mesin yang menunjang pembuatan collapsible aluminium tube. Terdapat komponen pendukung yaitu dies and punch. Dies and punch ini memiliki masa pakai dan masa manfaat. Pengecekan dan penggantian perlu dilakukan secara berkala karena memiliki pengaruh yang besar terhadap kualitas tube. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kegagalan produk dari mesin press ekstrusi impact terhadap pengaruh part pada dies and punch. Collapsible aluminium tube sering digunakan untuk lem, salep, kosmetik dan lain-lain. Pada saat proses produksi ditemukan kebocoran dan defect pada tube. Kualitas tube yang tidak memenuhi standar akan menimbulkan berbagai masalah. Pengaruh setting pada dies, punch, stampel yang miring mengakibatkan bentuk tube menjadi jelek dan tidak dapat dipakai. Mesin press ekstrusi impact dan operatornya selain dies and punch juga memiliki pengaruh yang besar terhadap hasil collapsible aluminium tube. Selain faktor tersebut, tekanan yang miring secara terus menerus menyebabkan cetakan menjadi terkelupas, tergores dan rusak. Metode yang digunakan untuk menganalisis kegagalan adalah metode Fault Tree Analysis (FTA). Pengujian kebocoran pada collapsible aluminium tube juga dilakukan. Total produksi pipa selama 6 bulan Oktober 2023 – Maret 2024 adalah 29.758.430. Jumlah produksi bervariasi, bulan Januari 2024 sebagai bulan dengan produksi tertinggi (5.180.872) dan bulan Desember 2023 merupakan bulan dengan produksi terendah (4.791.760). Dari hasil pengolahan data, total defect pada collapsible aluminium tube selama 6 bulan adalah 1.386.809. Jumlah defect bervariasi, bulan November 2024 merupakan bulan dengan defect tertinggi (256.765) dan bulan Desember 2023 merupakan bulan dengan defect terendah (196.901). Persentase defect tertinggi terjadi pada bulan Januari 2024 (5,12%) dan terendah pada bulan Desember 2023 (4,11%).

Kata kunci: Collapsible Aluminium Tube; Ekstrusi; Fault Tree Analysis; Mesin Press; Kegagalan; Dies; Punch, Stampel, Vibratory Bowl Feeder; Cacat; Lem; Rusak.

Abstract

Impact extrusion press machine is a machine that supports the manufacture of collapsible aluminum tubes. There are supporting components, namely dies and punches. These dies and punches have a service life and useful life. Checking and replacing need to be done periodically because they have a major influence on the quality of the tube. This study aims to analyze the product failure of the extrusion press machine that has an impact on the influence of parts on the dies and punches. Collapsible aluminum tubes are often used for glue, ointments, cosmetics and others. During the production process, leaks and defects were found in the tube. The quality of the tube that does not meet standards will cause various problems. The effect of the settings on the dies, punches, and stamps that are tilted causes the tube shape to be ugly and unusable. The impact

Article History

Received: Oktober 2024

Reviewed: Oktober 2024

Published: Oktober 2024

Plagiarism Checker No 234

Prefix DOI : Prefix DOI :

10.8734/Kohesi.v1i2.365

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



extrusion press machine and its operator, in addition to the die and punch, also have a major influence on the results of the collapsible aluminum tube. In addition to these factors, continuous tilted pressure causes the mold to peel, scratch and damage. The method used to analyze failure is the Fault Tree Analysis (FTA) method. Leakage testing on collapsible aluminum tubes was also carried out. Total pipe production for 6 months October 2023 – March 2024 is 29,758,430. The amount of production varies, January 2024 is the month with the highest production (5,180,872) and December 2023 is the month with the lowest production (4,791,760). From the results of data processing, the total defects in collapsible aluminum tubes for 6 months is 1,386,809. The number of defects varies, November 2024 is the month with the highest defects (256,765) and December 2023 is the month with the lowest defects (196,901). The highest percentage of defects occurred in January 2024 (5.12%) and the lowest in December 2023 (4.11%).

Keyword: *Collapsible Aluminum Tube; Extrusion; Fault Tree Analysis; Press Machine; Failure; Dies; Punch, Stample, Vibratory Bowl Feeder; Defect; Glue; Damaged.*

1. PENDAHULUAN

Produksi didefinisikan sebagai proses fabrikasi dan perakitan serta semua fungsi dan aktivitas yang berkontribusi langsung terhadap pembuatan barang (Segreto, 2014). PT.XYZ yang merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi *collapsible aluminium tube*. *Collapsible aluminium tube* dibuat dengan bahan dasar dari *aluminium slug*. Kemasan *collapsible aluminium tube* memiliki sifat yang lebih lentur atau fleksibel dan mudah ditekan atau dilipat dibanding dengan bahan lainnya. Karena alasan inilah kemasan dari bahan *collapsible aluminium tube* sangat sesuai digunakan dalam bidang farmasi. Obat-obatan jenis tertentu dikemas dengan *collapsible aluminium tube* karena lebih higienis, tidak mudah terkontaminasi, dan kedap udara, misalnya kemasan salep kulit dan salep mata. *Collapsible aluminium tube* juga banyak dipakai dalam produk *power glue, epoxy* (lem besi), lem gasket, lem PVC (lem pipa paralon), dan *sealant*.

Salah satu mesin yang memegang peranan sangat penting dalam produksi *collapsible aluminium tube* yaitu mesin *impact extrusion press* yang digunakan untuk proses ekstrusi. Proses ekstrusi merupakan proses pembentukan *aluminium slug* menjadi *collapsible aluminium tube*. Dalam proses ekstrusi ini digunakan cetakan khusus untuk membentuk bahan dasar *aluminium slug* menjadi *collapsible aluminium tube* yang dikenal dengan istilah *dies and punch*.

Hasil akhir dari penelitian mesin *impact extrusion press* dapat menjadi acuan bagi PT. XYZ. Dalam proses produksi *collapsible aluminium tube* banyak ditemukan cacat atau rusak seperti bocor, panjang atau pendek, dan sobek pada dinding. Dengan mengurangi masalah tersebut, peneliti berharap rusak dan cacat tube dapat diminimalisir. Hal ini harus dicegah dengan mengatasi kegagalan *collapsible aluminium tube* dalam komponen *dies and punch*. Kegagalan *collapsible aluminium tube* terjadi pada proses pembuatan tube awal di mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60.

Penulis meneliti mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60, adapun mesin *press* yang penulis teliti merupakan mesin buatan China. Penulis melakukan penelitian dan pengambilan data di PT. XYZ. Kegagalan *collapsible aluminium tube* yang terjadi diakibatkan oleh komponen *dies and punch*. Berkaitan adanya cacat, sobek, dinding rusak, bocor, dan lain-lain. Kegagalan akan mempengaruhi kelanjutan proses berikutnya. Nilai kegagalan sebesar 1,4%.

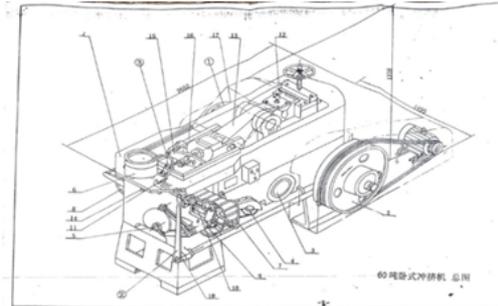
2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mesin Impact Extrusion Press

Dalam pembuatan *collapsible aluminium tube* memerlukan beberapa mesin. Salah satu mesin yang berperan penting ialah mesin *impact extrusion press*. Mesin *impact extrusion press* yang kami pakai tipe LJ-60. Untuk mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60 mampu memproduksi dari ukuran Ø11,4 mm - Ø18,9 mm. Pada gambar 1. Terlihat mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60.



Gambar 1. Mesin *impact extrusion press* LJ-60 (3D)



Gambar 2. Mesin *impact extrusion press* LJ-60 (2D)

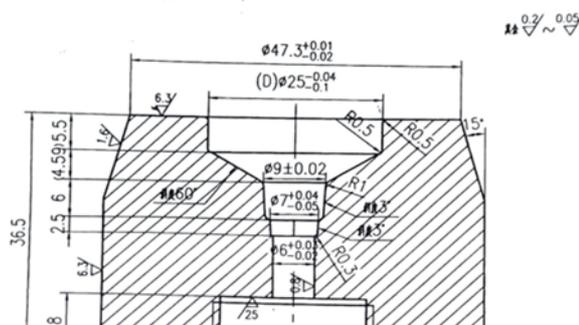
Adapun untuk spesifikasi mesin *impact extrusion press* LJ-60 seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin Press

Diameter dari aluminium tube	mm	Ø13.5 – Ø22
Panjang dari aluminium tube	mm	<150
Produktivitas	Count/ min	≤60
Kekuatan total	kw	4,3
Tekanan nominal	ton	60
Berat keseluruhan	kg	3000
Dimensi (LxWxH)	mm	2650 x 1500 x 1340

2.2 Dies

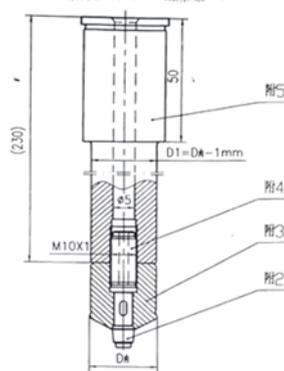
Dies merupakan komponen yang berada di dalam mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60. Bahan *Dies* terbuat dari tungsten dan menggunakan merk CB-Cerazit. Kekerasan *dies* dapat beragam tergantung merk, umumnya sekitar 70-73 HRC. Adapun untuk komponen *Dies* ini mampu dipakai dan dapat bertahan selama 1-2 tahun. Bentuk dari *dies* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Dies

2.3 Punch

Punch merupakan komponen yang panjang dan berada di dalam mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60. Bahan *punch* terbuat dari Baja K110 dari Bohler. Komponen *punch* ini hanya dapat bertahan selama 1-2 hari. *Punch* (stang) bergerak maju sambil menumbuk *aluminium slug*. Dengan tumbukan maka terjadilah bentuk aluminium tube, menurut ukuran-ukuran yang sesuai dengan cetakan (*dies* atau *punch*). Adapun bentuk dari *punch* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Punch*

2.4 Kegagalan

Kegagalan dapat terjadi pada mesin press ekstrusi impak, *dies and punch*, *vibratory feeder controller*, dan *collapsible aluminium tube*. Ada beberapa penyebab kegagalan tabung, salah satunya adalah karena *punch* tidak berada di tengah (*centre*). Hal ini mengakibatkan aluminium slug tidak dapat ditekan dengan benar, sehingga mengakibatkan tabung rusak. Kegagalan dapat diatasi dengan menggunakan metode analisis pohon kesalahan. Analisis pohon kesalahan (FTA) adalah pendekatan *top-down* untuk menganalisis kegagalan, dimulai dengan potensi kejadian atau kecelakaan yang disebut *top event* dan menentukan bagaimana kejadian tersebut dapat terjadi (Zhu HL, 2022).

2.5 Kegagalan Tube

Kegagalan tube dapat terjadi karena beberapa faktor salah satunya *timing* jatuhnya *aluminium slugs* yang tidak pas. Kegagalan pada tube harus dapat diminimalisir. Belakangan ini terjadi kegagalan pada *collapsible aluminium tube*. Kegagalan dapat terjadi pada bagian leher, badan dan ekor tube. Kegagalan produksi ini dapat disebabkan oleh bermasalahnya part di dalam mesin *impact extrusion press*. Seperti cacat atau rusak pada part *dies* ataupun *punch*. Ketika *dies and punch* berada dalam keadaan baik dan normal, umumnya tidak akan terjadi kegagalan dan cacat pada *collapsible aluminium tube*. Kedua komponen ini sangat memengaruhi proses produksi *collapsible aluminium tube*. Bentuk *collapsible aluminium tube* yang gagal dapat dilihat pada Gambar dibawah ini.



Gambar 5. Kerusakan ekstrim *tube*

Collapsible aluminium tube juga dapat mengalami kebocoran, sehingga diperlukan proses pengetesan kebocoran tube. Pada gambar 6 merupakan contoh tube yang mengalami kebocoran.



Gambar 6. Kebocoran halus

Untuk mengurangi dan menghindari kegagalan maka perlu dilakukan perubahan dan modifikasi pada sistem, salah satunya dengan memasang sensor.

2.6 Kerusakan *Dies*

Salah satu kerusakan pada *dies* terjadi karena *punch* dengan *aluminium slug* tidak dalam keadaan *centre* dan miring ketika diekstrusi. Akibatnya bentuk permukaan *dies* menjadi tergores, cacat dan tidak rata. Pada gambar 7 merupakan kerusakan komponen *dies*.



Gambar 7. Kerusakan *dies*

2.7 Kerusakan Stampel

Selain terjadi pada *dies*, kerusakan juga bisa terjadi pada *punch*. Pada bagian ujung bagian depan *punch* / stampel terlihat tidak bagus dan perlu diganti. Hal ini dapat terjadi karena *punch* dengan *aluminium slugs* tidak dalam keadaan *centre* dan miring ketika diekstrusi. *Punch* menabrak *dies* sehingga ujung bagian depan akan tergecet dan merubah bentuk secara signifikan. Pada Gambar 8. tip dari *punch* yang mengalami kerusakan ekstrim, terdapat juga pundak *punch* yang aus dan tumpul, baret, dan kurang bagus.



Gambar 8. Kerusakan stampel

Untuk kerusakan *punch* yang ekstrim dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Kerusakan *punch*

2.8 Mikro Struktur

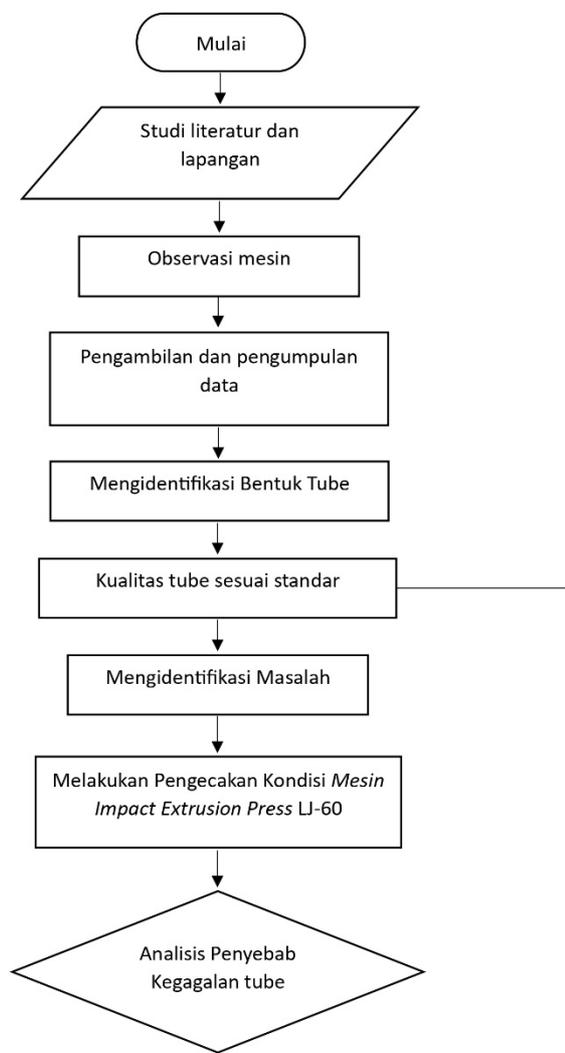
Mikro struktur adalah struktur atau gambar logam yang terlihat melalui pengamatan dengan menggunakan mikroskop. Dengan pemeriksaan menggunakan mikroskop dapat diamati struktur mikro logam, baik itu berupa besar butirnya, arah, dan susunan butir dan fasa-fasa yang ada di dalam kristal logam (Mulyaningsih, 2021). Struktur mikro yang dapat diamati bergantung pada tingkat perbesaran yang digunakan.

3. METODOLOGI PENELITIAN

Adapun diagram alir yang digunakan pada penelitian kali ini meliputi analisis kegagalan *collapsible aluminium tube*. Metode yang digunakan adalah *Fault Tree Analysis*. Kemudian dengan menggunakan FTA penulis dapat menganalisis penyebab kegagalan yang terjadi pada *collapsible aluminium tube* pada mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60 secara lebih mendalam.

3.1 Diagram Alir

Skema diagram alir analisis kegagalan aluminium collapsible tube dengan FTA dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 10. Diagram alir analisis kegagalan tube

3.2 Alat dan Bahan

Dalam penelitian ini alat yang digunakan meliputi:

a) Sensor

Sensor sebagai alat yang mengukur sifat fisik atau kimia dan mengubahnya menjadi sinyal yang dapat diproses oleh sistem elektronik (Reininger, 2012). Sensor digunakan untuk mendeteksi jatuhnya *aluminium slugs* disepanjang jalur *feeder* pada mesin *impact extrusion press*. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini adalah merek Autonics dengan tipe PRD12-8DN. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini



Gambar 11. Sensor *Autonics PRD12-8DN*

b) *Power supply*

Catu daya atau *Power supply* adalah sebuah komponen yang digunakan untuk memasok atau menyediakan daya listrik ke sebuah atau banyak perangkat. Pada dasarnya *power supply* ini mempunyai konstruksi rangkaian yang hampir sama yaitu terdiri dari trafo, penyearah, dan penghalus tegangan (Sitohang, 2018). Dalam penelitian ini penulis menggunakan catu daya DC 24V. Pada Gambar 12. Merupakan wujud dari *power supply*.



Gambar 12. *Power Supply S-120-24*

c) Relay

Relay adalah sebuah perangkat elektronik yang biasanya digunakan untuk mengontrol aliran listrik dengan menggunakan sinyal listrik dari satu sumber untuk mengontrol sinyal listrik di sumber lainnya (Putra, 2021). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 13. Relay MY2N

d) MCB

MCB merupakan alat pengaman yang digunakan untuk membatasi arus listrik dan/atau memutuskan rangkaian secara otomatis ketika terjadi gangguan (Taruno, 2019). Di sini penulis menggunakan MCB 1P (*Single Pole*) dari merk *Schneider Electric*. Pada Gambar 14. Merupakan wujud dari MCB.



Gambar 14. MCB Schneider

e) *Pilot lamp*

Lampu pilot (*pilot lamp*) dikenal juga dengan sebutan lampu indikator. Lampu pilot berguna untuk mengetahui bagaimana proses penyambungan berlangsung (Yosua, 2021). Lampu pilot memiliki banyak varian warna, yaitu putih, merah, jingga atau kuning, hijau dan biru. Penulis menggunakan lampu pilot sebagai indikator ada atau tidaknya *aluminium slugs* disepanjang jalur *feeder*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 15. *Pilot lamp*

f) *Buzzer*

Buzzer merupakan komponen elektronika yang dapat menghasilkan getaran bunyi berupa gelombang bunyi (Aji, 2023). Jenis buzzer yang sering ditemukan dan digunakan adalah *buzzer* jenis *piezo electric*. Buzzer ini membutuhkan tegangan minimum 3V DC untuk beroperasi, dengan tegangan maksimum 24V DC. Pada Gambar 16. merupakan bentuk dari *buzzer*.



Gambar 16. *Buzzer*

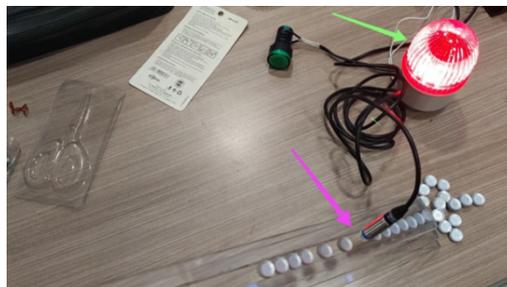
3.3 *Prototype*

Tujuan pembuatan *prototype* ini adalah untuk menguji keakuratan dan kemampuan sensor *proximity* dalam mendeteksi *aluminium slugs*. Sistem kemudian dirangkai seperti pada Gambar 17.



Gambar 17. Sistem deteksi *aluminium slugs* (*idle*)

Pada proses selanjutnya, sistem akan dijalankan dengan kondisi jalur yang dimiringkan agar *aluminium slugs* dapat turun. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 18. Kondisi sistem saat aktif

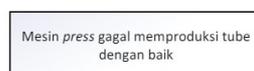
Pada percobaan dengan menggunakan akrilik, sistem berhasil berfungsi dan sensor dapat mendeteksi *aluminium slugs* yang kosong, maka *buzzer* akan berbunyi. Sistem ini dapat menjadi solusi untuk mengurangi cacat dan kegagalan pada *collapsible aluminium tube*.

3.4 *Fault Tree Diagram*

Berikut ini adalah langkah-langkah pembuatan diagram *fault tree*, yaitu:

a) Menetapkan kejadian puncak (*Top Event*)

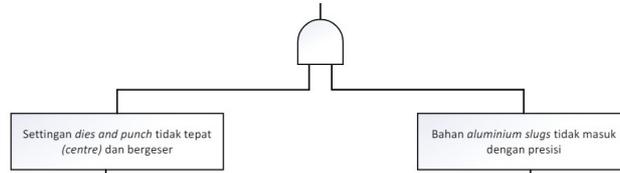
Top event merupakan kejadian yang terletak di paling atas, biasanya sangat penting untuk mengidentifikasi hal ini. *Top event* dalam hal ini adalah mesin *press* gagal memproduksi tube dengan baik.



Gambar 19. *Top Event*

b) Menentukan *Intermediate Event*

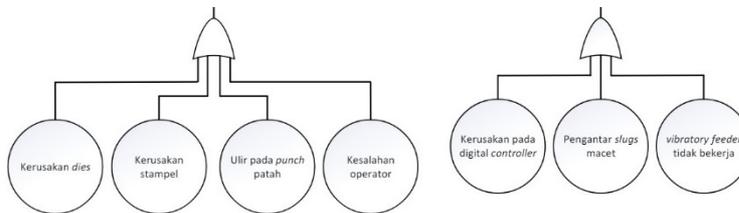
Intermediate event adalah kejadian yang berada dibagian tengah, biasanya terdapat *logic gates* untuk menggambarkan peristiwa selanjutnya. Simbol persegi panjang ini berisi kejadian yang muncul dari kombinasi kejadian-kejadian input gagal yang masuk ke gerbang.



Gambar 20. *Intermediate Event*

c) Menentukan *Cut Set atau Basic Event*

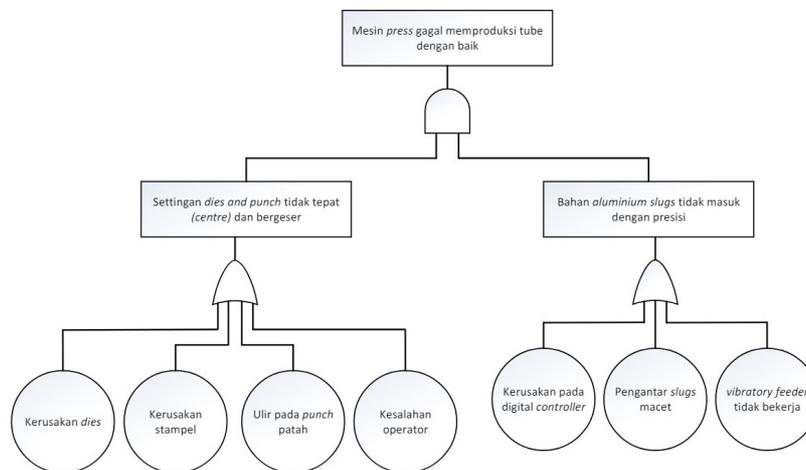
Cut set merupakan serangkaian komponen sistem yang apabila terjadi kegagalan dapat mengakibatkan kegagalan pada sistem. *Basic event* adalah kejadian yang paling dasar dan merupakan penyebab langsung dari suatu kegagalan atau kerusakan dalam sistem.



Gambar 21. *Intermediate Event*

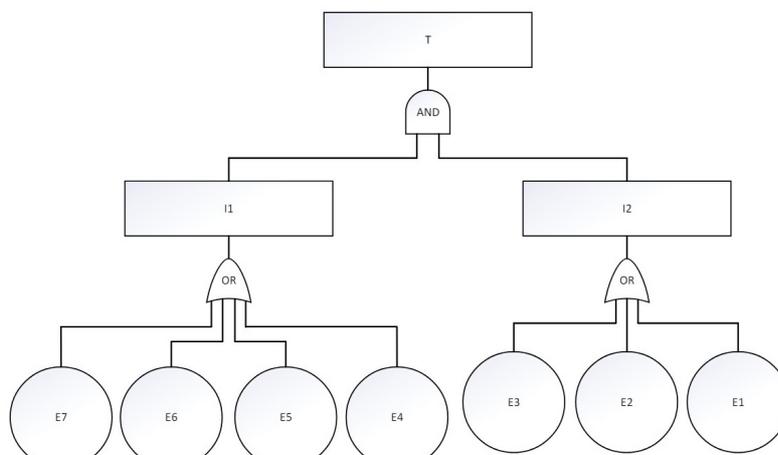
d) Membuat *Fault Tree Diagram*

Pada tahap ini penulis membuat *fault tree diagram* berdasarkan data kegagalan pada mesin *impact extrusion press, collapsible aluminium tube, dies and punch*, kemudian menganalisa *fault tree* secara kualitatif dan kuantitatif. Seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 22. Renseiururan *fault tree diagram*

Adapun untuk kode *fault tree diagram* ditunjukkan pada Gambar 21.





Gambar 23. Kode *fault tree diagram*

Keterangan dari kode tersebut adalah sebagai berikut.

- a) T ialah *top event*
- b) I ialah *Intermediate event*
- c) E ialah *basic event (primary event)*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perhitungan Kegagalan

Berdasarkan gambar di atas, diperoleh persamaan Aljabar Boolean. Hal ini akan dijelaskan melalui langkah-langkah selanjutnya.

$$\begin{aligned} T1 &= I1 + I2 && 4.1 \\ I1 &= E7 + E6 + E5 + E4 && 4.2 \\ I2 &= E3 + E2 + E1 && 4.3 \end{aligned}$$

Lalu kita gabungkan sehingga menjadi:

$$\begin{aligned} T1 &= (E7 + E6 + E5 + E4) + (E3 + E2 + E1) + I2 && 4.4 \\ T1 &= E7 + E6 + E5 + E4 + E3 + E2 + E1 + I2 && 4.5 \end{aligned}$$

Untuk rumus probabilitas *sub gate* yang digunakan ditunjukkan pada persamaan (1) dan persamaan (2):

$$P(I_1) = 1 - \{(1 - P(E_7))(1 - P(E_6))(1 - P(E_5))(1 - P(E_4))\} \quad (1)$$

$$P(I_2) = 1 - \{(1 - P(E_3))(1 - P(E_2))(1 - P(E_1))\} \quad (2)$$

Berikutnya kita hitung total probabilitas sistem baru untuk setiap kejadian dasar.

- Hitung probabilitas (I_1):

$$P(I_1) = 1 - (1 - 0,12)(1 - 0,46)(1 - 0,048)(1 - 0,116)$$

$$P(I_1) = 1 - (0,88)(0,54)(0,952)(0,844)$$

$$P(I_1) = 1 - 0,381$$

$$P(I_1) = 0,619$$

- Hitung probabilitas (I_2):

$$P(I_2) = 1 - \{(1 - 0,02)(1 - 0,141)(1 - 0,015)$$

$$P(I_2) = 1 - (0,98)(0,859)(0,985)$$

$$P(I_2) = 1 - (0,829)$$

$$P(I_2) = 0,171$$

- Hitung probabilitas kegagalan total sistem:

$$P(T) = 1 - (1 - 0,619)(1 - 0,171)$$

$$P(T) = 1 - \{(0,381)(0,829)\}$$

$$P(T) = 1 - (0,315)$$

$$P(T) = 0,685$$

Sehingga diperoleh hasil perhitungan bahwa probabilitas kegagalan sistem total adalah 0,685 atau 68,5%.



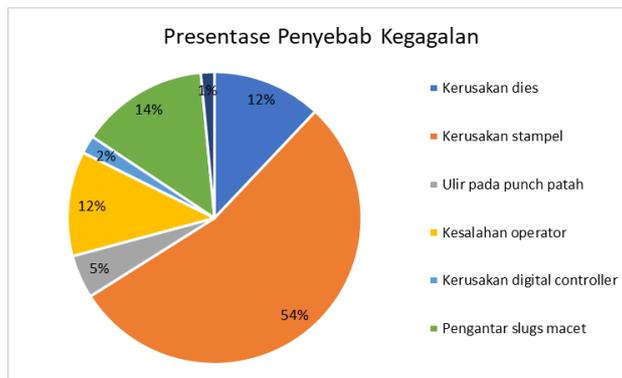
4.2 Hasil *Fault Tree Analysis*

Dari penelitian ini, didapat data hasil *fault tree analysis* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1. dalam % kegagalan.

Tabel 1. Probabilitas kegagalan

No	Kejadian dasar	Probabilitas
1	Kerusakan <i>dies</i>	12%
2	Kerusakan stampel	54%
3	Kerusakan ulir <i>punch</i>	4,8%
4	Kesalahan operator (<i>human error</i>)	11,6%
5	Kegagalan <i>digital controller</i>	2%
6	Feeder tersangkut	14,1%
7	<i>Vibratory feeder</i> tidak bekerja	1,5%

Kegagalan utama disebabkan oleh kerusakan stempel, yaitu sebesar 54%. Sementara itu, nilai probabilitas kegagalan terkecil disebabkan oleh pengumpan yang tidak berjalan dengan baik, yaitu sebesar 1,5%. Gambar 24 menunjukkan persentase penyebab kegagalan dalam bentuk diagram lingkaran.



Gambar 24. Diagram lingkaran

4.2 Data Kegagalan *Collapsible Aluminium Tube*

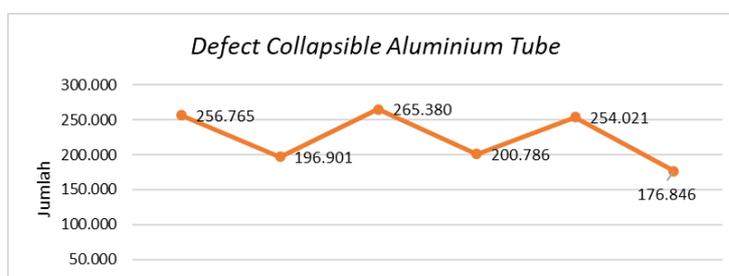
Penelitian ini menggunakan data total produksi dan kerusakan pada tube yang terjadi di mesin *impact extrusion press*. Pengumpulan data dilakukan dari bulan November 2023 sampai bulan April 2024. Data ini diambil dari mesin *impact extrusion press* tipe LJ-60 yang berada di area produksi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. Data jumlah produksi dan *defect* pada tube

Data Kegagalan Collapsible Aluminium Tube						
No	Bulan	Jumlah Produksi	Jumlah Kegagalan/Defect			
			Membran Bocor	Dinding Bocor	Body Tube Baret	Dimensi Tube Pendek
1	November	5.037.923	60.571	67.873	69.103	59.218
2	Desember	4.791.760	49.872	50.101	48.525	48.403
3	Januari	5.180.872	62.985	70.294	71.909	60.192
4	Februari	4.803.918	50.314	51.879	49.032	49.561
5	Maret	5.001.406	60.609	65.780	70.312	57.320
6	April	4.316.571	48.198	46.159	42.304	40.185
Total		29.132.450	332.549	352.086	351.185	314.879

4.2 Data *Defect Collapsible Aluminium Tube*

Pada Gambar 25. jumlah defect pada *collapsible aluminium tube* paling sedikit terjadi pada bulan April 2024 yaitu sebesar 176.846. Sedangkan jumlah *defect* paling banyak terjadi pada bulan Januari 2024 yaitu sebesar 265.380.

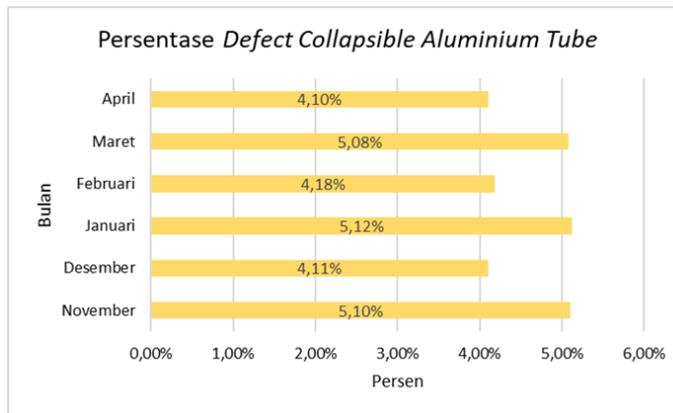




Gambar 25. Jumlah *defect* pada tube

4.3 Presentase *Defect Collapsible Aluminium Tube*

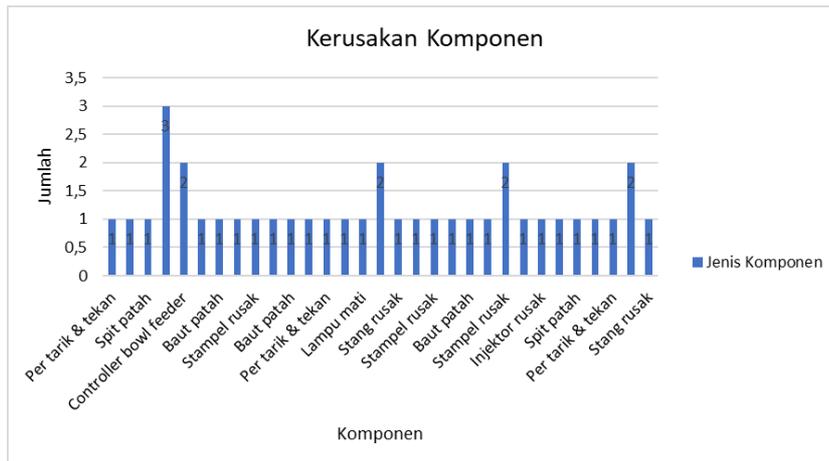
Pada Gambar 26. persentase terkecil terdapat di bulan April 2024 yaitu sebesar 4,10%. Sedangkan persentase terbesar terdapat di bulan Januari 2024 yaitu sebesar 5,12%.



Gambar 26. Presentase *defect* pada tube

4.4 Kerusakan *Part*

Dari gambar dibawah ini, diketahui bahwa komponen yang sering rusak ialah stampel rusak, dan Stampel rusak memiliki *bar* tertinggi yaitu 3 buah. Lalu komponen stampel rusak memiliki *bar* sebesar 2 buah. Sedangkan komponen lain seperti spit patah, baut patah, lampu dan per tarik dan per tekan memiliki *bar* terendah yaitu 1 buah.



Gambar 27. Kerusakan *part*

4.5 Hasil Pengujian

Pengujian dilakukan selama 2 kali untuk mengukur akurasi dan respon sensor. Hasil penhujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian *prototype*

Kondisi	Led pilot lamp	Buzzer	Warning light
Aluminium slug <u>rapat</u>	✓	✗	✗
Aluminium slug <u>kosong</u>	✗	✓	✓



Dari tabel tersebut dapat terlihat bahwa saat kondisi *aluminium slug* rapat maka *buzzer* dan *warning light* mati, led *pilot lamp* hijau akan menyala menandakan sistem sedang dalam keadaan *idle*. Kemudian saat *aluminium slug* kosong maka *buzzer* dan *warning light* akan menyala, dan lampu led *pilot lamp* hijau akan mati. Berdasarkan pengujian sistem *prototype* dengan sensor *proximity* didapat bahwa sensor tersebut dapat mendeteksi *aluminium slug* dengan baik, hal ini menunjukkan akurasi dan respon sensor tersebut sangat baik.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data, peneliti menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan analisis dengan menggunakan FTA maka kegagalan *collapsible aluminium tube* dikarenakan kerusakan pada komponen *dies and punch*, ditemukan *crack* pada stampel sebesar 54% akibat *settingan punch* yang tidak *centre*.
2. Sistem *prototype* ini dirancang khusus untuk mengurangi kegagalan *collapsible aluminium tube*. Di estimasikan akan mengurangi kegagalan hingga 50%. Dari pengujian didapat bahwa sensor *proximity* dapat mendeteksi *aluminium slugs* dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, B. B. (2023). Pemanfaatan RFID Dalam Sistem Keamanan Motor Berbasis Arduino (*Radio Frequency Identification*). 3762.
- Assauri, S. (2004). Manajemen produksi dan operasi. Universitas Indonesia.
- Baig, A. A. (2013). *Reliability Analysis Using Fault Tree Analysis: A Review. International Journal Of Chemical Engineering And Application*, 170.
- Baojun, Z. (2002). Powder Injection Molding Of WC-8%Co Tungsten Cemented Carbide. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 389-394.
- Böhler. (2020, 07 14). Retrieved from Voestalpine BÖHLER Edelstahl GmbH & Co KG: <https://www.boehler-edelstahl.com/en/products/k110/>
- Callister, W. D. (2010). *Materials Science And Engineering: An Introduction 8th Edition*. New Jersey: John Wiley And Sons.
- Dean. (2000). *Pharmaceutical Packaging Technology*. United Kingdom: CRC Press.
- Dieter, G. E. (2003). *Handbook of Workability and Process Design*. Amerika Serikat: ASM International.
- Ericson, C. (1999). *Fault Tree Analysis—A History*. Washington: The Boeing Company.
- Marvin, R. (2005). *Job Safety Analysis*. Norwegian University of Science and Technology.
- Mulyaningsih, N. (2021). Buku Ajar Metalurgi Fisik. Magelang: Pustaka Rumah C1nta.
- Pachla, W. (2008). *Nanocrystalline Titanium Produced By Hydrostatic Extrusion. Journal Of Materials Processing And Technology*.
- Putra, A. D. (2021). Teknologi Pengendali Perangkat Elektronik Menggunakan Sensor Suara. JTST, 53.
- Rimantho, D. M., & Mariani. (2017). Penerapan Metode *Six Sigma* Pada Pengendalian Kualitas Air Baku Pada Produksi Makanan. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 16, 1-12.
- R., R. (2012). A Review Of Tactile Sensing Technologies With Applications In Biomedical Engineering. *Sensors And Actuators A: Physical*, 179, 18.
- Segreto, T. (2014). *CIRP Encyclopedia Of Production Engineering*. Berlin: Springer.



- Sitohang, E. P. (2018). Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler Atmega 8535. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, 7(2), 135.
- Taruno, D. L. B. (2019). *Instalasi listrik industri*. Yogyakarta: UNY Press.
- Yosua, P. (2021). Rancang Bangun Automatic Washing And Drying System Untuk Mesin Pencuci Cylinder Block Motor. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 434.
- Yunidar. (2023). *Pengantar Logika Digital*. Syiah Kuala University Press.
- Zhu, H.-L., Liu, S.-S., Qu, Y.-Y., Han, X.-X., He, W., & Cao, Y. (2022). A New Risk Assessment Method Based On Belief Rule Base And Fault Tree Analysis. *Journal Of Risk And Reliability*, 236(3), 420-438.