

Identifikasi Faktor Penyebab Kegagalan Penarikan (*Miss Drawn*) pada Pipa Saat Proses *Cold Drawing*

Ranto Fernandes Pakpahan^{*1}, Adi Syahputra Purba^{1*}

¹Politeknik Negeri Batam
Program Studi Teknik Mesin

Jl. Ahmad Yani, Batam Centre, Batam 29461, Indonesia

¹E-mail: fernandezranto09@gmail.com

Abstrak

Industri minyak dan gas menuntut pipa *Oil Country Tubular Goods* (OCTG) dengan kekuatan mekanik tinggi, ketahanan terhadap tekanan ekstrem, dan presisi dimensi. Proses *cold drawing* menjadi metode yang tepat untuk menghasilkan pipa dengan karakteristik tersebut melalui mekanisme *strain hardening*. Namun, proses ini kerap mengalami kegagalan penarikan (*miss drawn*) yang menyebabkan kerugian material dan penurunan produktivitas lini produksi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi faktor dominan penyebab *miss drawn* pada proses *cold drawing* menggunakan diagram *fishbone*. Data dikumpulkan observasi lapangan serta penulis mengalami peristiwa kegagalan penarikan secara langsung dan dianalisis untuk mengidentifikasi penyebab dari empat kategori: mesin, metode, material, dan manusia. Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor mesin merupakan penyebab paling signifikan, yang meliputi *dies* yang tidak sesuai, kondisi *chuck* sudah aus, dan posisi mandrel tidak *top* dan longgar. Dari jumlah kasus yang telah terjadi dengan kondisi mandrel baik yang longgar maupun tidak berada pada posisi *top* menyumbang 50% dari total 6 kasus kegagalan yang tercatat selama penelitian. Temuan ini diharapkan menjadi dasar bagi perusahaan dalam merumuskan tindakan perbaikan guna menekan tingkat kegagalan penarikan dan meningkatkan produktivitas lini *cold drawing*.

Kata kunci: Penarikan Dingin, Kegagalan penarikan, Diagram *fishbone*

Abstract

The oil and gas industry demands Oil Country Tubular Goods (OCTG) pipes with high mechanical strength, resistance to extreme pressure, and dimensional precision. Cold drawing has proven to be an appropriate method for producing pipes with these characteristics through the strain hardening mechanism. However, this process frequently experiences drawing failures (*miss drawn*), resulting in material losses and reduced production line productivity. This study aims to identify the dominant factors causing *miss drawn* in the cold drawing process using a fishbone diagram. Data were collected through field observation, with the author having directly witnessed instances of drawing failure, and were subsequently analyzed to identify causes across four categories: machine, method, material, and man. The analysis results indicate that the machine factor is the most significant contributor, encompassing unsuitable dies, worn chuck conditions, and mandrel misalignment (off-top position) or looseness. Cases involving mandrel conditions—specifically those that were loose or not in the top position—accounted for 50% of the six total failure incidents recorded during the study. These findings are expected to serve as a basis for the company in formulating corrective actions to reduce the rate of drawing failure and improve productivity on the cold drawing line.

Keywords: Cold drawing, Miss drawn, Fishbone diagram

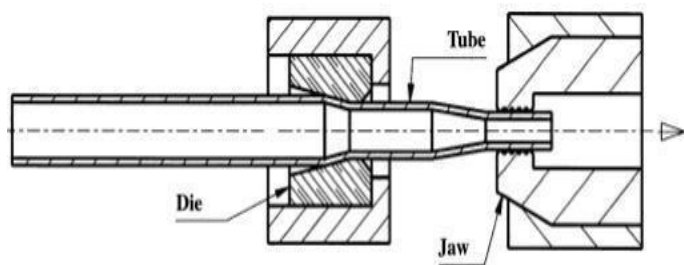
1 Pendahuluan

Perkembangan industri migas yang semakin kompleks menuntut standar kualitas pipa yang semakin tinggi. Pipa yang digunakan dalam industri migas, khususnya jenis Oil Country Tubular Goods (OCTG), harus mampu memenuhi persyaratan teknis yang sangat ketat, mencakup kekuatan mekanik yang tinggi, ketahanan terhadap tekanan ekstrem, ketahanan terhadap korosi, serta presisi dimensi yang tinggi untuk memastikan kesesuaian sambungan di lapangan[1]. Operasi pengeboran yang semakin mengarah ke sumur-sumur dalam (*deep well*), serta sumur dengan kondisi tekanan dan temperatur tinggi (*High Pressure High Temperature/HPHT*) semakin memperketat persyaratan kualitas pipa yang digunakan[2]. Dalam konteks inilah proses *cold drawing* menjadi sangat relevan dan strategis.

Proses *cold drawing* adalah suatu metode pengerjaan logam yang umum digunakan dalam industri manufaktur untuk menghasilkan pipa dengan dimensi yang presisi dan sifat mekanik yang baik melalui mekanisme *strain hardening*. Dimana pada proses ini memanfaatkan gaya tarik untuk memaksa logam melalui cetakan (*die*) berlubang berukuran lebih kecil, menyebabkan pengurangan diameter luar (*OD*), diameter dalam (*ID*), atau ketebalan dinding sambil memanjangkan material. Deformasi plastis terjadi karena selip kisi kristal internal akibat tekanan kompresi melintang dan regangan memanjang[3]. Reduksi ukuran biasanya 10-20% per pass untuk menghindari pecah material, dan sering diulang dalam *multi-pass* dengan *die* bertahap. Pipa yang dihasilkan dari proses *cold drawing* digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti industri otomotif, konstruksi, energi, dan minyak dan gas[4]. Namun, proses *cold drawing* pada pipa masih memiliki beberapa tantangan, seperti keausan cetakan (*die*), deformasi, retakan, bahkan kegagalan penarikan (*miss drawn*). Fenomena ini menjadi salah satu permasalahan yang terjadi di PT. XYZ yang merupakan produsen pipa baja yang menggunakan metode *cold drawing* dalam proses produksinya yang saat ini dijadikan sebagai sumber penelitian. Dalam proses produksi tersebut, ditemukan kasus *miss drawn* yaitu kondisi di mana pipa gagal tertarik sempurna melalui *die*, sehingga mengakibatkan pipa mengalami cacat dimensi, permukaan tidak rata, bahkan cekaman *chuck* lepas di tengah proses penarikan. Kegagalan ini tidak hanya menyebabkan kerugian material, tetapi juga menurunkan produktivitas dan efisiensi lini produksi secara keseluruhan.

Beberapa penelitian terdahulu telah mencoba mengkaji fenomena kegagalan pada proses *cold drawing*. Penelitian yang dilakukan sebelumnya memfokuskan kajiannya pada menganalisis proses *cold drawing* pipa stainless steel tipis menggunakan *floating plug*, dan menyimpulkan bahwa geometri *die* dan *plug* yang tidak tepat serta kondisi pelumasan yang tidak memadai dapat menyebabkan gangguan proses hingga retakan pada pipa[1,5]. Penelitian lainnya mengembangkan model FEM baru yang memperhitungkan ketidakseragaman ketebalan awal pipa dan ketidaklurusan *die* (*die misalignment*), dua faktor yang selama ini diabaikan dalam analisis konvensional tetapi berpotensi menyebabkan kegagalan dimensi dan retakan dalam proses *tube drawing*[4,6]. Meskipun berbagai penelitian telah dilakukan, terdapat celah (*gap*) penelitian yang belum banyak dibahas secara mendalam, yaitu kegagalan penarikan pipa pada kondisi aktual di lapangan industri dengan mempertimbangkan kondisi *equipment* yang lain seperti, *chuck*, mandrel. Sebagian besar penelitian terdahulu hanya mengkaji satu atau dua faktor (sudut *die* dan pelumasan secara simultan) secara terpisah tanpa mempertimbangkan pengaruh daripada *equipment* yang lain.

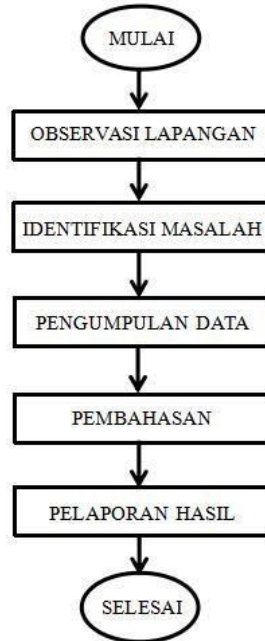
Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor dominan penyebab terjadinya *miss drawn* pada proses *cold drawing*. Penelitian ini juga diupayakan untuk memberikan rekomendasi operasi (*initial check*) terhadap perawatan *tools* dan *equipment cold drawing* serta meminimalisir terjadinya *miss drawn* atau kegagalan penarikan.



Gambar 1. Simulasi proses *cold Drawing*

2 Metodologi Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Fishbone Diagram* untuk menginvestigasi fenomena *miss drawn* pada pipa selama proses *cold drawing*[7]. Penelitian ini dilaksanakan dengan mengikuti alur penelitian yang telah dirancang sebelumnya. Diagram alir penelitian disusun untuk memastikan setiap tahapan berjalan secara terstruktur.



Gambar 2. Diagram Alir.

2.1 Observasi Lapangan

Penelitian ini dilaksanakan dengan durasi observasi selama 3 minggu disertakan beberapa tahapan metode di lokasi produksi PT. XYZ yang merupakan produsen pipa baja yang menggunakan proses *cold drawing* dalam proses produksinya, dimana ditemukan kegagalan penarikan pipa (*miss drawn*) saat proses *cold drawing*. Observasi lapangan ini dilakukan di bagian produksi *cold drawing* guna mengamati secara langsung proses awal, penarikan, lalu pelepasan pipa yang berlangsung di lantai produksi. Berikut adalah perbandingan spesifikasi pipa J55 sebelum dan sesudah mengalami proses *cold drawing*.

No.	Before	After
1.	<u>Kekuatan Luluh (Yield Strength): 379 MPa hingga 552 MPa.</u>	<u>Kekuatan Luluh (Yield Strength) meningkat hingga 552 MPa bahkan lebih (out spec)</u>
2.	<u>Akurasi dimensi dan toleransi yang cukup longgar, dikarenakan penyusutan saat pendinginan</u>	<u>Akurasi dimensi yang presisi serta toleransi yang ketat, dikarenakan pengerasan regangan (strain hardening)</u>
3.	<u>Permukaan kasar dan bersisik</u>	<u>Permukaan halus, bersih, dan lebih seragam</u>

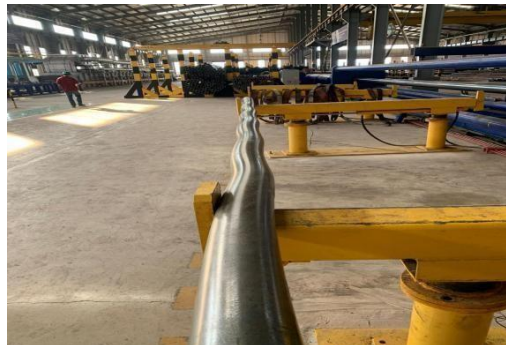
Tabel 1. Spesifikasi sebelum dan sesudah proses *cold drawing*.

Spesifikasi pipa baja Grade J55 tidak berubah secara grade setelah proses *cold drawing*. Proses ini mengubah dimensi, toleransi, dan sifat mekanis material. Pipa sering kali dianil (*annealed*) kembali untuk mengembalikan parameter ke standar spesifikasi J55 (maksimum 552 MPa).

2.2 Identifikasi Masalah

Pada proses *cold drawing* masalah yang diidentifikasi adalah kegagalan penarikan atau *miss drawn*, yang dimana kondisi pipa yang terjadi di lapangan ialah pipa hanya melewati *outer die* dengan kondisi *inner die* tidak menjepit dinding pipa, sehingga pipa mengalami *distorsi*, cacat dimensi dan mengalami penyusutan diameter dalam yang mengakibatkan pipa menjadi *reject*. Selain itu, kegagalan yang lainnya terdapat pada kondisi *chuck* yang aus, sehingga pada saat proses penarikan berlangsung cekaman *chuck* lepas.

Identifikasi masalah dapat dilakukan melalui observasi awal di lini produksi industri untuk mengetahui kejadian *miss drawn* yang terjadi di lapangan, kondisi aktual *tools*, serta prosedur operasional yang diterapkan. Data yang ditetapkan sebagai dasar penelitian adalah: kondisi *die* (*inner & outer*), *chuck*, dan mandrel sebagai variabel utama.



Gambar 3. Pipa reject (*miss drawn*).

2.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui pengumpulan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lini produksi dengan mengamati proses *cold drawing* secara menyeluruh, mulai dari persiapan bahan baku, pengaturan *equipment*, kondisi peralatan seperti *die* dan mandrel, hingga pelaksanaan penarikan pipa. Selain observasi, data primer juga dikumpulkan melalui pengoperasian mesin secara langsung guna memperoleh informasi mengenai kondisi aktual yang sering menjadi pemicu terjadinya kegagalan *miss drawn*. Sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen dan catatan internal perusahaan yang berhubungan langsung dengan proses produksi. Data sekunder yang digunakan meliputi spesifikasi dimensi yang digunakan, serta log produksi tiga bulan terakhir yang memuat catatan frekuensi kejadian *miss draw*, jumlah produk cacat, serta waktu terjadinya kegagalan pada setiap sesi produksi.

No.	O.D.	W.T.	Inner Dies	Pulling force	Press head	Heat Treatment	Pickling	Phosphating	Lubrication	Cold Drawing	Straightening	Cutting	Length
批次	外径	壁厚	内模	拉力	打头	热处理	酸洗	磷化	润滑	拔制	矫直	切管	净长度
0	102	7.5											7100
	89.2	6.3	76.6	82吨 (t)									9384
2													
Technical Requirements													
1	Cold Drawing Dimension: OD = 89.20-89.60mm; WT = 5.75-7.15mm; Length 9250-9400mm.												
	冷拔尺寸: 外径89.20-89.60mm, 壁厚5.75-7.15mm, 长度9250-9400mm.												
2	Finished Product Dimension: OD = 89.10-89.69mm; Min. WT = 5.65mm; Length 8680-9150mm.												
	成品尺寸: 外径89.10-89.69mm, 壁厚最薄点5.65mm, 长度8680-9150mm.												
Product Standard	API5CT-11TH												

Gambar 4. Flow card cold drawing.

2.4 Pembahasan

Setelah data terkumpul dari beberapa kasus yang sudah terjadi, dan didapatkan beberapa kegagalan penarikan. Faktor-faktor dominan yang menyebabkan kegagalan penarikan saat proses *cold drawing* yang meliputi kondisi *die*, *chuck*, mandrel, manusia. Misalnya, pada *die*, ukuran diameter die tidak sesuai spesifikasi, kondisi permukaan yang lecet (*scratch*), posisi *die* tidak terkunci/longgar[1]. Pada *chuck*, kesalahan dalam menggunakan *size*, kondisi rahang yang aus. Pada mandrel, posisi *top* mandrel tidak sejajar dinding luar *die* atau sisi pelepasan pipa, *adjuster* mandrel tidak terkunci dengan kuat, baut pengunci *die* patah. Sedangkan manusia mencakup minimnya pengetahuan akan proses, kesalahan dalam mengatur parameter mesin, serta penguncian tidak terlalu kuat yang mengakibatkan sewaktu-waktu akan menjadi longgar di karenakan hentakan dan tarikan yang terus menerus.

3 Analisa Data dan Pembahasan

Berdasarkan pengumpulan data yang telah dilakukan selama periode Februari hingga April 2026 di lini produksi cold drawing PT. XYZ, diperoleh data rekaman proses produksi yang memuat informasi mengenai spesifikasi *rough tube*, jumlah produksi, dan frekuensi terjadinya *miss drawn*. Berikut contoh kasus *miss drawn* yang telah diperoleh.

Record Form Cold Drawing Process				
Tgl	Rough Tube	Remark		Keterangan
17-02-2026	Spec (104mm x 15mm) Qty: 24	OK : 23	NG : 1	Kondisi mandrel yang longgar.
13-03-2026	Spec (104mm x 15mm) Qty: 24	OK : 23	NG : 1	Cekaman chuck terlepas saat proses penarikan.
25-03-2026	Spec (104mm x 15mm) Qty: 24	OK : 22	NG : 2	Pipa mengalami defect scratch.
15-04-2026	Spec (124mm x 17mm) Qty: 16	OK : 15	NG : 1	Mandrel yang tidak posisi top
24-04-2026	Spec (124mm x 17mm) Qty: 16	OK : 15	NG : 1	Mandrel yang tidak pada posisi top

Tabel 2. Data dan keterangan terjadinya *miss drawn*.

Dari total produksi tersebut, terdapat 6 kasus *miss drawn* yang tercatat. Angka ini tergolong signifikan dalam konteks produksi manufaktur baja karena setiap satu kejadian *miss drawn* mengakibatkan pipa menjadi *reject* dan tidak dapat digunakan, sehingga menimbulkan kerugian material dan waktu produksi. Adapun kejadian *miss drawn* disebabkan oleh faktor yang dominan ialah faktor mesin dengan ditemukannya; *dies* yang tidak sesuai, kondisi *chuck* sudah aus, dan posisi mandrel tidak top dan longgar.



(dies yang tidak sesuai)



(chuck yang sudah aus)

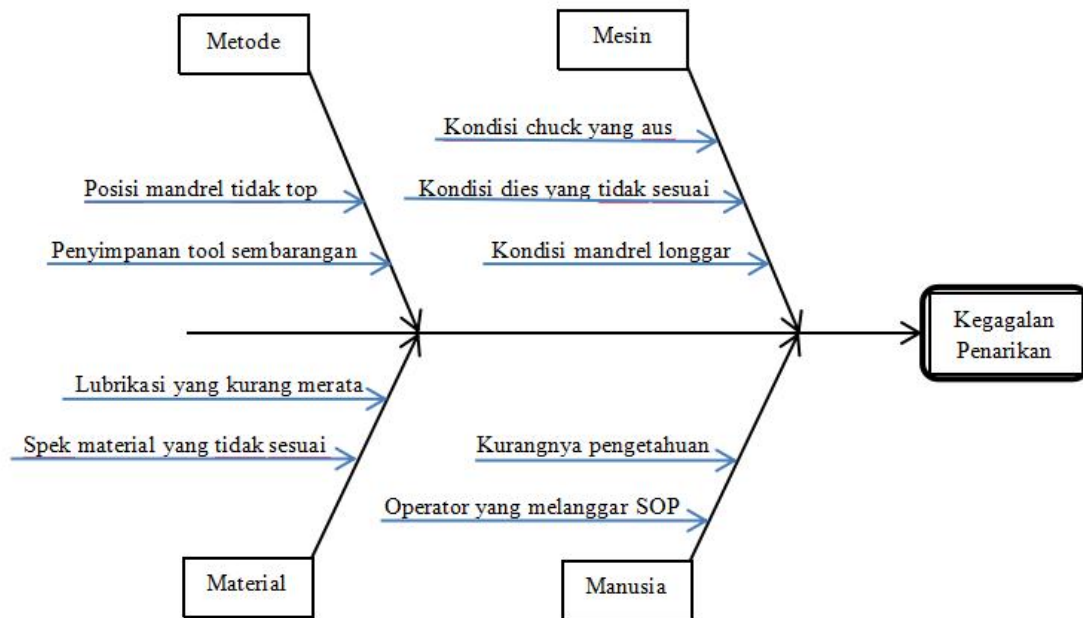


(mandrel yang longgar)

Gambar 5. Penyebab *miss drawn* dari faktor mesin.

Beberapa faktor diatas sangat berpengaruh dalam proses *cold drawing* berlangsung. Faktor yang pertama ialah *dies*. bila yang digunakan tidak sesuai akan menyebabkan dimensi yang diinginkan akan berbeda, dan pada saat sebelum menggunakan *dies* pastikan kondisi *dies* tidak mengalami *scratch*, *damage* dan sesuai dengan spek yang akan dikerjakan. Bilamana kondisi dies dalam keadaan *scratch* ataupun *damage* mungkin jika pada bagian *outside* masih dapat dilakukan penggerindaan (*repair*). Namun bila terdapat kondisi *scratch* ataupun *damage* bagian *inside* otomatis akan menjadi indikasi *defect* pada proses selanjutnya. Faktor yang kedua, *chuck* sangat berpengaruh dalam proses *cold drawing* dimana akan mengecek material melalui *dies* yang menjepit sehingga apabila kondisi *chuck* yang digunakan mengalami keausan sangat rawan mengakibatkan kegagalan penarikan dikarenakan daya cengkam pada *chuck* yang telah aus berkurang menarik beban dengan kapasitas mesin <120 ton sehingga mengakibatkan terlepasnya cengkaman *chuck* saat proses penarikan berlangsung berlangsung. Pada saat penggunaan *chuck*, pastikan kondisi tidak aus dan sesuai dengan size material yang di proses. Faktor yang ketiga, mandrel yang tidak terkunci akan mengakibatkan posisi *dies* tidak stabil saat penarikan terjadi dapat bergerak maju mundur dan juga apabila mandrel tidak pada posisi top, kedua *dies* tidak sejajar (*misalignment*) yang dimana posisi dari *inner die* dan *outer die* tidak berada di titik yang sama sehingga tidak menjepit dinding pipa, jadi pipa hanya melewati die tersebut tanpa adanya *dies* yang menjepit dinding pipa tersebut yang menyebabkan tidak terjadinya deformasi plastis seperti yang diharapkan serta kegagalan penarikan juga terjadi. Selain daripada faktor mesin yang menjadi faktor yang dominan yang menyebabkan kegagalan penarikan (*miss drawn*)

terjadi, terdapat beberapa faktor lain yang teridentifikasi menjadi penyebab kegagalan penarikan terjadi. Dengan itu untuk mengidentifikasi faktor lain yang menjadi penyebab dari kegagalan penarikan (*miss drawn*) yang telah terjadi, dilakukan pendekatan menggunakan *diagram fishbone* dengan pengelompokan ke dalam empat faktor, yaitu ; mesin, metode, material, & manusia.



Gambar 6. Diagram Fishbone.

Berdasarkan metode diagram fishbone diatas menunjukkan bahwa penyebab dari kegagalan penarikan tersebut berasal dari empat faktor yaitu, yang pertama segi mesin yaitu kondisi dies yang tidak sesuai, kondisi chuck yang mengalami keausan, serta mandrel yang tidak terkunci/longgar. Kedua dari segi metode yaitu posisi dies yang tidak sesuai, mandrel yang tidak pada posisi top, penyimpan tools dan equipment yang sembarangan. Posisi mandrel sangat berpengaruh pada proses *cold drawing* dikarenakan bilamana mandrel tidak mencapai posisi top, otomatis inner die tidak dalam posisi yang seharusnya (sejajar dengan dinding luar outer die). jika posisi *die* tidak sejajar (*missalignment*) maka kedua dies tidak menjepit material sehingga menyebabkan kegagalan pada proses penarikan.



Gambar 7. Posisi Mandrel

Penyimpanan *tools* dan *equipment* yang sembarangan juga dapat menjadi pemicu kegagalan penarikan jika penyimpanan sembarangan yang tidak sesuai pada tempatnya dapat menyebabkan korosi, dan bisa menjadi salah penggunaan bilamana marking pada dies yang telah tertutup korosi, dan juga akan menjadi kendala bagi operator pada saat ada pergantian die.



Gambar 8. Penyimpanan dies yang sembarangan (size yang bercampur, serta tidak ada indikasi).

Ketiga dari segi material yaitu dikarenakan lubrikasi yang kurang merata pada material, spek material yang tidak sesuai. Lubrikasi yang kurang merata dapat mengakibatkan *defect* selain daripada *miss drawn*. Material yang tidak terkena lubrikasi menjadi tidak licin, sehingga saat proses penarikan berlangsung menjadi berat akan menambah beban yang diterima oleh cekaman *chuck* sehingga bisa menyebabkan keausan yang lebih cepat dikarenakan terlepasnya cekaman saat proses penarikan berlangsung, dan dapat mengakibatkan *scratch* pada *dies* yang dimana akan berdampak juga terhadap dinding pipa yang bersentuhan dengan *die* tersebut.



Gambar 9. lubrikasi yang tidak merata.

Proses pengerjaan material mengikuti pada *schedule* dan *planning* produksi, jika aktual material yang *running* ialah J55 dan *speksifikasi flow card* pada mesin ialah L80-1, walaupun memiliki size yang sama yaitu 88.9 mm namun untuk cetakan dalam (*inner die*) yang berbeda ukuran, dan akan dapat merusak *tools* bila dipaksakan dengan keadaan spek material yang tidak sesuai.

Standard	API 5CT-11TH Ed(E1, E2, A1)
Grade	J55
Size	88.90mm 13.00mm
End type	

Finished Product Size 成品规格 88.9*6.45*9150~9750mm					
Press head 打头	Heat Treatment 热处理	Pickling 酸洗	Phosphating 磷化	Lubrication 润滑	
	退火A	√	√	√	
	调质Q				
Technical Requirements 技术要求					
89.20-89.60mm ; WT = 5.75-7.15mm ; Length 9650-9850mm					
壁厚5.75-7.15mm ; 长度9650-9850mm					
= 89.10-89.69mm ; Min. WT = 5.65mm ; Length 9150-9750mm					
壁厚最薄点5.65mm ; 长度9150-9750mm					
Steel Grade 钢级	L80-1				

Gambar 10. Material dan flow card yang tidak sesuai.

Terakhir dari segi manusia yaitu dikarenakan masih dalam tahapan *on job training (OJT)* jadi kurangnya keahlian dan pengetahuan operator dalam melakukan proses. Selain itu, faktor yang berasal dari manusia ialah sang operator yang melanggar dan mengabaikan standar operasional produksi (SOP). Saat proses penarikan bermula, untuk mengetahui pipa yang tertarik atau tidak pada saat pipa keluar dari cetakan, biasanya pipa mengeluarkan uap dikarenakan gesekan berat yang terjadi antara sisi *dies* dan dinding pipa. Serta pada sisi luar pipa timbul garis melingkar, bila garis tersebut di raba akan terasa adanya perubahan permukaan yang menandakan bahwa pipa telah mengalami perubahan diameter dan ketebalan.



Gambar 11. Indikasi bahwa pipa telah tertarik.

Dengan diketahui faktor yang menyebabkan kegagalan penarikan pada proses cold drawing, maka penulis menambahkan beberapa saran agar meminimalisir atau bahkan mencegah kegagalan penarikan terjadi lagi. Dari segi mesin dilakukannya pengecekan secara berkala dari pihak maintenance & operator. Dari segi metode dilakukannya konfirmasi ulang daripada leader sebelum running mesin atau after change model. Dari segi material dilakukannya double check dari pihak supervisor pada setiap prosesnya. Dari segi manusia dilakukannya pendekatan khusus dengan operator kendala apa saja yang dialami serta diadakannya refresh training setiap 3 bulan pada operator.

4 Kesimpulan

Berdasarkan analisis diagram *fishbone*, kegagalan penarikan (*miss drawn*) pada proses *cold drawing* disebabkan oleh empat faktor yang saling berkaitan, yaitu mesin, metode, material, dan manusia. Faktor mesin teridentifikasi sebagai penyebab dominan meliputi *dies* yang tidak sesuai, kondisi *chuck* sudah aus, dan posisi mandrel tidak *top* dan longgar. Namun, berdasarkan kasus yang telah tercatat selama penelitian berlangsung terdapat 6 kasus yang telah terjadi, faktor mesin yang rawan terjadi ialah mandrel dari jumlah kasus yang telah terjadi dengan kondisi mandrel baik yang longgar maupun tidak berada pada posisi top menyumbang 50% dari total 6 kasus kegagalan yang tercatat selama penelitian.

$$\text{Persentase} = \frac{\text{Jumlah kasus mandrel}}{\text{Total kasus}} \times 100\%$$

Temuan ini menunjukkan bahwa evaluasi dan perawatan mandrel secara berkala perlu menjadi prioritas utama guna meminimalkan risiko kegagalan penarikan pada proses cold drawing.

5 Daftar Pustaka

- [1] M. P. Kasmaee, S. Rouhizadeh, and J. Salehi, "Investigation on the effect of cold drawing process on mechanical properties and structure of seamless steel (CK60) tube," *Int. J. Mech. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 8, pp. 1300–1312, 2018.
- [2] M. Government, "KESELAMATAN KERJA PIPA PENYALUR MINYAK DAN GAS BUMI," *Mod. large Cult. Dimens. Glob.*, vol. 00, no. 1980, pp. 3–41, 1997.
- [3] A. F. Ucok Mulyo Sugeng, "Analisa Mekanis Baja Pada Bahan Spcc-Hd Dengan Proses Deep Drawing Dalam Pembuatan Drum," vol. 22, no. 2, pp. 75–81, 2020.
- [4] P. Kumar and G. Agnihotri, "Cold drawing process - A review Cold Drawing Process – A Review," vol. 3, no. January 2013, pp. 988–994, 2017.
- [5] K. Żaba and T. Trzepieciński, "Cold Drawing of AISI 321 Stainless Steel Thin-Walled Seamless Tubes on a Floating Plug," *Materials (Basel)*, vol. 16, no. 16, 2023.
- [6] N. A. Razali, J. B. Byun, and M. S. Joun, "Novel finite element model of analyzing wall thickness during tube drawing considering raw tube's thickness non-uniformity and die misalignment," *Int. J. Mater. Form.*, vol. 17, no. 2, p. 19, 2024.
- [7] E. Juwita, A. S. Purba, J. Kemri, R. Samuel, and A. Br, "Identification of flow mark defect on haitian MA 1200 machine in the molding process at PT . Philips Industries Batam," vol. 14, no. 2, pp. 65–73, 2025.