

## ANALISA KEGAGALAN *PIN CONNECTION* PADA RANGKAIAN PIPA PENGEBORAN SUMUR MINYAK BUMI

<sup>1)</sup>Haryo Mukarnadi Kuswandiyo, <sup>2)</sup>Amin Suhadi, <sup>3)</sup>Bambang Teguh Praseyo

<sup>1)3)</sup>Magister Teknik Mesin Insitut Sains dan Teknologi Nasional

<sup>2)</sup>Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT)

Balai Teknologi Termodinamika Motor dan Propulsi (BT2MP)-BPPT

haryomukarnadi@gmail.com, aminsuhadi@gmail.com, bambangteguh582@gmail.com

### ABSTRAK

Minyak bumi dan gas merupakan sumber daya alam. Proses pengeboran atau drilling merupakan salah satu bagian dari rangkaian kegiatan eksplorasi serta produksi minyak dan gas bumi agar supaya sumur tersebut dapat menghasilkan minyak atau gas setiap harinya. Karena tingkat kompleksitasnya yang tinggi maka kualitas peralatan yang digunakan merupakan syarat keberhasilan kegiatan ini. Tesis ini membahas *pin connection*, merupakan salah satu bagian dari peralatan yang digunakan untuk proses pengeboran. Kegagalan pada peralatan ini akan mempengaruhi kegiatan pengeboran. Dokumentasi dari SOP, FAT dan desain spesifikasi sangat penting sebagai kelengkapan data histories. Komposisi kimia material alat yang digunakan ini berperan penting pada sifat mekanis yang dikandung. Kedua hal tersebut akan mempengaruhi daya tahan *pin connection*.

Kata kunci: SOP, FAT, Desain, Komposisi Kimia, Sifat Mekanis, Daya Tahan

### ABSTRACT

*Oil and gas are natural resources. The oil drilling activity is one of the process series in oil exploration and production in order that the oil well always produces those natural resources constantly per days. Because of the reason in highly complexities, the success in oil drilling and exploration are also base on the quality of the equipments. This thesis has evaluated about pin connection. This is one of a part equipment that has been used in drill string series. The documentation of SOP, FAT and design specification are plays important role for the completeness of data histories. The material of pin connection is consists from some chemical substances. So the chemical composition in this pin connection have very important role to determine the mechanical properties of this part. These two combinations are give effect to its reliabilities performance.*

*Key words: SOP, FAT, Design, Chemical Composition, Mechanical Properties, Performance*

### PENDAHULUAN

*Pin connection* merupakan alat penghubung (*tool joint*) antara pipa yang satu dengan pipa yang lainnya pada suatu rangkaian. Di dalam setiap joint pipa terdapat *pin connection* yang memiliki ulir (*thread*) pada satu sisinya dan box pada sisi yang lain. Pada gambar 1 dapat dilihat bentukdari *pin connection*.



Gambar 1. Pin Connection

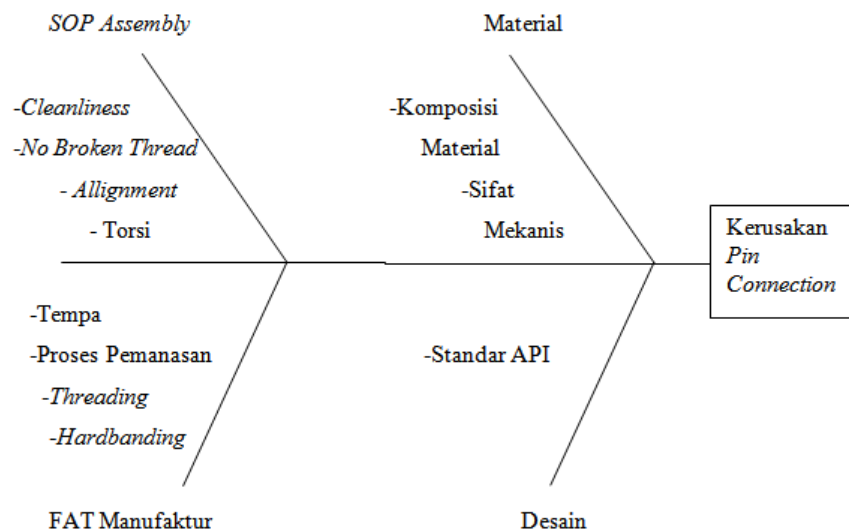
Susunan perpipaan tersebut dinamakan rangkaian pipa (*drill pipe*). Sehingga apabila disambungkan dengan pipa maka akan terangkai susunan pipa yang panjang sesuai kebutuhan *drilling* program. Rangkaian pipa pengeboran yang menggunakan *pin connection* sebagai alat untuk menghubungkan pipa yang satu ke pipa berikutnya.

### STUDI LITERATUR

Menganalisa kegagalan merupakan salah satu metode yang dilakukan dengan cara melihat, menginterogasi serta menguji. Penjelasan ini menghubungkan antara kegagalan (*failure*) yang terjadi dengan keempat penyebabnya. Secara umum terjadinya kegagalan bisa disebabkan oleh beberapa permasalahan, berikut ini adalah permasalahan maupun kombinasi diantara faktor – faktor tersebut. Faktor –faktor tersebut antara lain:

- Pemilihan material yang tidak sesuai
- Desain, tidak menggunakan sesuai standar
- Kesalahan/kualitas tidak baik pada proses fabrikasi/manufaktur
- Saat operasional terjadi kesalahan, seperti benda kerja digunakan pada kondisi lapangan yang tidak cocok/tidak peruntukannya.

*Cause and effect diagram (fishbone diagram)* digunakan sebagai alat (*tools*) untuk menganalisa dan mengidentifikasi suatu variable input beserta kritikal output-nya. Pada gambar 2 menunjukkan diagram fishbone.

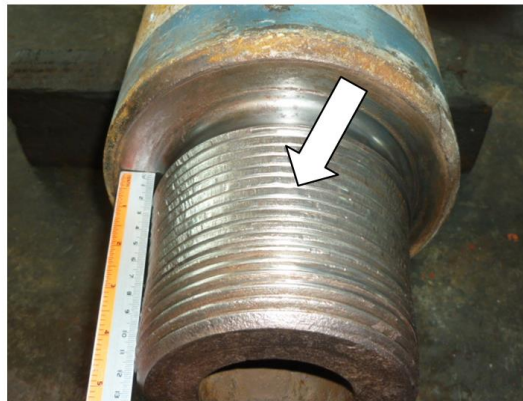


Gambar 2. Diagram Fishbone

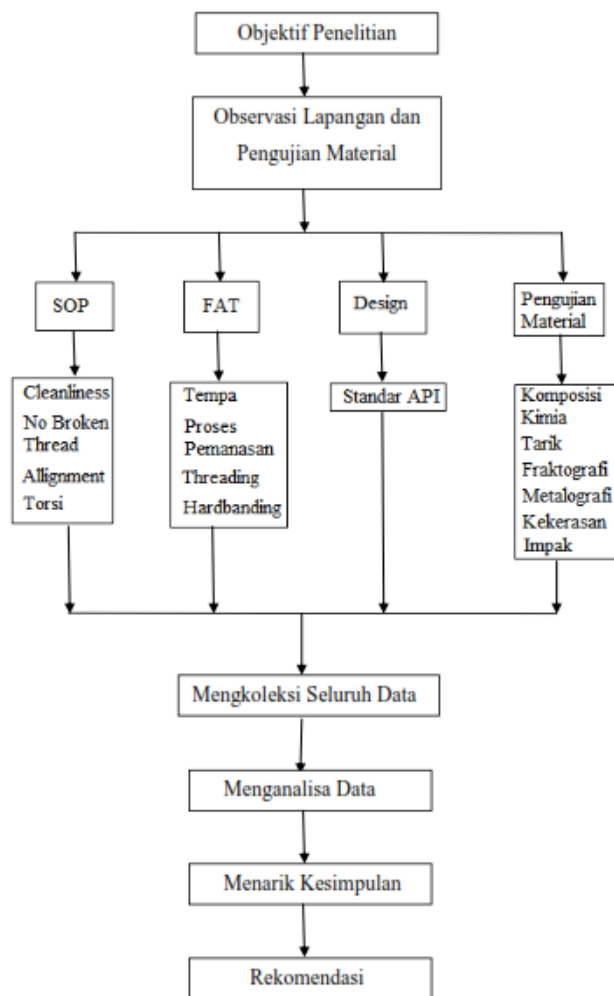
### METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian digunakan untuk mencari jawaban penyebab kerusakan benda kerja. Metodologi yang digunakan di jurnal ini adalah pada tahap pertama mengkoleksi informasi awal dari para operator yang ada di lapangan, dengan cara menginterview. Sehingga didapat informasi tentang SOP (Standard Operation Procedure), FAT (Factory Acceptance Test) dan Standard Design API.

Selanjutnya melakukan pengujian sifat mekanis dan pengujian komposisi kimia pada *pin connection* dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik benda kerja. Berikut ini pada gambar 3 adalah spesimen yang diuji, sedangkan gambar 4 adalah alur penelitiannya.



Gambar 3. Benda Uji Ulir Pin Connection



Gambar 4. Alur Penelitian

Agar bisa mendapatkan dan merangkai kesemua jawaban - jawaban kenapa terjadi kerusakan pada ulir maka perlu dilakukan pengujian – pengujian berikut ini, diantaranya:

- a. SOP, FAT dan Desain
- b. Komposisi Kimia
- c. Uji Tarik (*Tensile*)
- d. Uji Fraktografi

- e. Uji Metalografi
- f. Uji Kekerasan
- g. Uji Impak (*Charpy*)

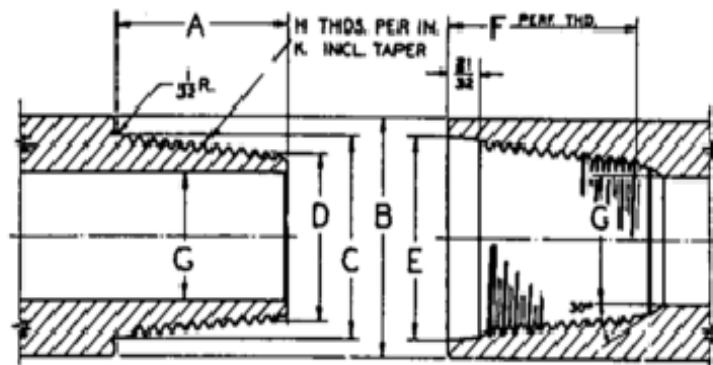
**HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Pengujian FAT (Factory Acceptance Test), SOP dan Desain

FAT suatu perusahaan manufaktur pembuat pin connection yang berfungsi untuk pengontrolan hasil dari pemrosesan produksi dilakukan dengan metode sampling data di setiap – setiap batch produksi.

SOP digunakan dengan tujuan untuk menjaga agar saat penyambungan perpipaan pengeboran dilakukan supaya sesuai dengan tahapan – tahapan yang ada di dalam tabel tersebut.

Gambar 5 menunjukkan bentuk *pin connection* beserta ukuran – ukuran yang berdasarkan standar Spesifikasi API 7.



Gambar 5 Standar API 7 Pin Connection

**Hasil Uji Komposisi Kimia**

Berdasarkan tabel 1, maka dapat disimpulkan bahwa *pin connection* mengandung unsur Fe (*Ferrous*) sebanyak 97,370%. Dengan kandungan persentase unsur C (Karbon) sebanyak 0,393%. Berdasarkan kandungan C yang tidak lebih dari 0,55% maka dapat dinyatakan bahwa material dasarnya merupakan baja karbon menengah (*medium carbon steel*).

Tabel 1. Komposisi Kimia *Pin Connection*

Chemical Composition (% wt)			
No	Element	PIN Thread	ASTM A 29 Grd 4140
1	Fe	97,370	
2	C	0.393	0.38 – 0.43
3	Si	0.225	0.15 – 0.35
4	Mn	0.780	0.75 – 1.00
5	S	0.013	0.040 (max)
6	Cr	1.055	0.80 – 1.10
7	Mo	0.150	0.15 – 0.25
8	P	0.015	0.030 (max)

Baja karbon menengah adalah paduan antara 2 unsur kimia yaitu antara besi (Fe) dengan karbon (C), yang persentase kandungan karbonnya antara berkisar 0,25% – 0,55%. Dengan adanya kandungan *Chrome* dan *Molybdenum* maka pin connection ini disebut dengan *Chrome* dan *Molybdenum low allow steel*. Hal ini dikarenakan kandungan paduannya kurang dari 8% maka dikategorikan sebagai baja paduan rendah.

**Hasil Uji Tarik**

Pada tabel 2 memberikan informasi tentang yield strength dan tensile strength yang dibebankan pada ketiga specimenaat uji tarik berlangsung. Terdapat pula informasi penambahan perpanjangan/elongation.

Tabel 2 Yield Strength Dan Tensile Strength Serta Elongation

No.	Yield Strength (MPa)	Tensile Strength (MPa)	Elongation (%)
1	889,66	924,32	11
2	756,08	936,88	13
3	756,28	992,11	12
Average	800,67	951,10	12

#### Hasil Uji Fraktografi

Digambar 6 memperlihatkan permukaan ulir pin connection dipotong secara longitudinal, sehingga dapat dilihat bentuk dari luas penampang melintangnya (*cross section*). Pada ulir bagian ujung dalam (*male connection*), di atasnya patah akibat adanya torsi yang berlebih (*excessive torque*).

Gambar 6. Permukaan Potongan *Longitudinal Cross Section*

#### Hasil Uji Metalografi

Hasil pengujian metalografi dapat dilihat pada gambar 7. Dari gambar menunjukkan bahwa struktur mikro dari *pin connection* adalah gabungan antara perlit, ferrit dan bainit.

Gambar 7. Mikrostruktur *Pin Connection*

#### Hasil Uji Kekerasan Rockwell C

Pada tabel 3 menunjukkan nilai kekerasan pada material uji yang diambil dari 4 posisi sudut yang berbeda – beda. Pada pengujian sampel bernomer 1 di tabel 3 menunjukkan nilai kekerasan yang lebih besar jika dibandingkan dengan yang lain.

Table 3 Nilai Kekerasan Benda Uji Hasil Uji Impak Charpy

No.	Hardness Value ( HRC )				Average
	0 °	90 °	180 °	270 °	
1	28.1	28.6	28.2	28.4	28.3
2	27.6	27.2	27.8	27.1	27.4
3	27,2	25.8	27.6	25.6	26.5

Pada tabel 4 menunjukkan nilai kemampuan pada material uji untuk menyerap energi tumbukan beserta nilai kekuatan impaknya. Pengujian berlangsung pada temperature ruangan.

Tabel 4. Hasil Pengujian Impak Charpy

Code	Dimension			Testing Temperature	Absorbed Energy	Impact Strength
	Length (mm)	Width (mm)	Thickness (mm)	T (°C)	E (J)	I (J/mm2)
	l	w	t			
1	100	50	8.20	Room Temp	19	22.54
2	100	50	8.25	Room Temp	22	24.88
3	100	50	8.22	Room Temp	20	23.81

Standar Sifat Mekanis Dan Standar Komposisi Kimia Pin Connection

Pada tabel 5 adalah standard mekanis dari API yang wajib untuk diikuti yaitu diantaranya adalah *Yield Strength, Tensile Strength, Elongation, Hardness Rockwell C, Torque dan Impact Strength.*

Tabel 5. Standar Sifat Mekanis Pin Connection

Tool Joint OD	Minimum Yield Strength	Minimum Tensile Strength	Minimum Elongation	Minimum Rockwell Hardness	Standard Torque	Impact Standard Strength
in	psi	psi	%	HRC	Nm	J/mm2
	N/mm2	N/mm2				
3 1/8 - 6 7/8	120 000	140 000	13	28	831900	25
	827	965				

Melalui tabel 6 berikut ini kita dapat mengetahui ketentuan – ketentuan berbagai jenis beserta banyaknya unsur paduan yang boleh terdapat didalam *pin connection.*

Tabel 6 Standar Komposisi Kimia ASTM A29 Grd 4140

C	Mn	S	Mo
0.37-0.44	0.65-1.10	≤ 0.040	0.15-0.30
Si	P	Cr	Ni
0.10-0.35	≤ 0.040	0.75-1.20	--

Torsi Yang Diijinkan

Berikut ini merupakan rangkaian rumus hitungan – hitungan untuk seberapa besar torsi yang diijinkan/diperbolehkan (*allowable torque*) pada saat pengencangan *pin connection* dilakukan

$$\begin{aligned} \tau_a &= 0.4 \times \tau_y \\ &= 0.4 \times 800.67 \\ &= 320.27 \text{ MPa} \end{aligned}$$

Dimana  
 $\tau_a$  = torsi yang diijinkan (MPa)  
 $\tau_y$  = gaya tarik (MPa)

$$\begin{aligned} A &= \pi \times D \times t \\ &= \pi \times 88.9 \times 18.6 \\ &= 5194.75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F &= \tau_a \times A \\ &= 320.27 \times 5194.75 \\ &= 1.663.722,58 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T &= F \times l \\
 &= 1.663.722,58 \times 0.5 \\
 &= 831.861,29 \text{ Nm}
 \end{aligned}$$

Dimana

$\tau_a$  = torsi yang diijinkan (MPa)

$\tau_y$  = gaya tarik (MPa)

A = Luas (mm<sup>2</sup>)

D= Diameter (mm)

t = Tinggi ulir (mm)

F = Gaya (N)

l = Panjang kunci torsi (m)

## KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil dari seluruh pengujian mekanik dan pengujian komposisi kimia maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Dari pengamatan pengujian fraktografi terdapat alur kerusakan yang mengidentifikasi adanya torsi yang berlebih pada ulir pin connection, bentuk kegagalan patahan tersebut dapat dilihat pada gambar 9.
- Faktor terjadinya kelebihan torsi bisa diakibatkan karena kunci torsi yang belum terkalibrasi.
- Saran
- Dengan tujuan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada ulir *pin connection* yang diakibatkan oleh sebab yang sama, maka:
- Selalu menggunakan kunci pengencang torsi yang telah ditentukan dan pastikan sudah terkalibrasi.
- Operator wajib dapat menggunakan kunci torsi serta mampu membaca dan menyetel skala torsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. ASM handbook, "Metallographer Guide", ASM International
- [2]. Callister, W.D., Material Science and Engineering, John Wiley & Sons Inc, Singapore 2007
- [3]. Baker Hughes Inteq, Drilling Engineering Workbook and Oil Tools, Houston Texas 2005
- [4]. Devold, Havard, "Oil and Gas Handbook", ABB, Oslo 2013
- [5]. George E. Dieter, Metallurgi Mekanik, Terjemahan Sriati Djaprie Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta 1998
- [6]. Hertzberg, Richard W., John Wiley & Sons Inc, "Deformation and Fracture Mechanics of Engineering Materials", USA 1995
- [7]. Holmager, Morten., "Onshore Center Danmark", Danish, Southern Denmark, 2010
- [8]. Joseph E. Shigley and Charles R. Mischke, "Mechanical Engineering Design", Mcgraw Hill, USA 2002
- [9]. L.V.Prasad and Gitin M. Maitra, "Handbook of Mechanical Design", Mcgraw Hill, New Delhi 2008
- [10]. Mike Ashby, "Material Property Data for Engineering Materials", Cambridge University, 2016
- [11]. Michael F. Ashby, "Material Selection in Mechanical Design", USA 2004
- [12]. Lyons, William, Ph.D. and Plisga, Gary, "Standard Handbook of Petroleum and Natural Gas Engineering", USA, 2005
- [13]. Olufemi A. Omitaomu and Adedeji B. Badiru, "Handbook of Industrial Engineering", CRC Press, New York 1997
- [14]. Sokovic M, Pavletic D and Krulcc E, 2006. "Six Sigma Process Improvements in Automotive Parts Production, Slovenia 2006
- [15]. Surdia, Tata M.S. Met.E and Saito, Shiinroku, "Pengetahuan Bahan Teknik", Penerbit PT Pradnya Paramita, Jakarta 2005
- [16]. [www.oilguru.org/ drilling](http://www.oilguru.org/drilling) operation
- [17]. [www.vallourec.com/drillingproducts/](http://www.vallourec.com/drillingproducts/)

*Seminar Nasional Riset dan Teknologi, Jakarta 13 Oktober 2018*