

## IDENTIFIKASI POTENSI KEGAGALAN OPERASI *WELLHEAD* SUMUR “X” BERDASARKAN HASIL ANALISIS DIMENSI KETEBALAN DAN AREA KRITIS *WELLHEAD* ADAPTER

Dedi Tonapa<sup>1</sup>, Markus Lumbaa<sup>2</sup>, Risna<sup>3</sup>, Sulardi<sup>4</sup>, Andi Jumardi<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan, Jl, Sukarno Hatta KM 8, Karang Joang,  
Kec. Balikpapan Utara, Kota Balikpapan 76125, Kalimantan Timur, Indonesia

Corresponding e-mail: [deditonapa20@gmail.com](mailto:deditonapa20@gmail.com)

Copyright © 2025 The Author



This is an open access article

Under the Creative Commons Attribution Share Alike 4.0 International License

DOI: [10.53866/jimi.v5i6.1180](https://doi.org/10.53866/jimi.v5i6.1180)

### Abstrak

Tujuan dari penelitian adalah menganalisis potensi penyebab kegagalan operasi *Wellhead* Sumur “X”, mengidentifikasi komponen kritis mencegah kegagalan operasi *Wellhead* Sumur “X”, menentukan kesanggupan operasi *Wellhead* berdasarkan hasil identifikasi komponen kritis *Wellhead*. Identifikasi Potensi Kegagalan Operasi *Wellhead* Sumur “X” Berdasarkan hasil perhitungan desain yang digunakan dan material yang digunakan didapatkan hasil sebesar 67.500 psi dan material actual yang digunakan didapat hasil sebesar 85.500 psi. Berdasarkan hasil yang didapatkan diperhitungkan *Minimum Thickness* material desain *Tubing Head Adapter* 3 1/8” 5000 psi *Minimum Thickness* material desain sebesar 0,123” sedangkan *Minimum Thickness* material actual sebesar 0,096” untuk *Tubing Head Adapter* 7 1/16”, 20.000 psi *Minimum Thickness* material desain sebesar 1,277” sedangkan *Minimum Thickness* material actual sebesar 0,964” untuk perhitungan *critical area* *Tubing Head Adapter* 3 1/8” 5000 psi untuk T<sup>1</sup> sebesar 1,035” dan untuk T<sup>2</sup> sebesar 1,384” dan perhitungan *critical area* *Tubing Head Adapter* 7 1/16” 20.000 psi T<sup>1</sup> sebesar 2,335” dan T<sup>2</sup> sebesar 1,215”.

**Kata kunci** : Perhitungan Desain, *Minimum Thickness*, *Critical Area*, *Tubing Head Adapter*, *Wellhead*

### ***Identification Of Potential Failures In Wellhead Operations Of Well ‘X’ Based On The Results Of Analysis Of The Thickness And Critical Area Of The Wellhead Adapter***

#### ***Abstract***

*The purpose of the study is to analyze the potential causes of Wellhead operation failure of Well “X”, identify critical components to prevent Wellhead operation failure of Well “X”, determine the capability of Wellhead operation based on the results of the identification of critical components of the Wellhead. Identification of Potential Failure of Wellhead Operation of Well “X” Based on the results of the design calculations used and the materials used, the results were 67,500 psi and the actual materials used were 85,500 psi. Based on the results obtained, the Minimum Thickness of the design material for Tubing Head Adapter 3 1/8” 5000 psi is calculated. The Minimum Thickness of the design material is 0.123” while the Minimum Thickness of the actual material is 0.096” for Tubing Head Adapter 7 1/16”, 20,000 psi. The Minimum Thickness of the design material is 1.277” while the Minimum Thickness of the actual material is 0.964” for the calculation of the critical area of Tubing Head Adapter 3 1/8” 5000 psi for T<sup>1</sup> is 1.035” and for T<sup>2</sup> is 1.384” and the calculation of the critical area of Tubing Head Adapter 7 1/16” 20,000 psi T<sup>1</sup> is 2.335” and T<sup>2</sup> is 1.215”.*

**Keywords**: : design calculation, minimum thickness, critical area, tubing head adapter wellhead.

## 1. Pendahuluan

Dalam industri minyak dan gas bumi, Tubing Head Adapter merupakan komponen penting dalam sistem wellhead yang berfungsi sebagai penghubung antara casing head, tubing head, dan tubing hanger hingga ke christmas tree. Komponen ini berperan menjaga kesinambungan mekanis dan integritas tekanan selama proses produksi, di mana fluida reservoir mengalir dari dalam sumur melalui tubing menuju permukaan. Tubing Head Adapter harus mampu menahan tekanan kerja serta beban mekanis yang timbul akibat berat tubing, tekanan fluida, dan kondisi temperatur operasi yang tinggi. Oleh karena itu, perancangan dan pemilihan Tubing Head Adapter harus memenuhi standar keselamatan dan kekuatan struktural yang ketat, khususnya pada lapangan dengan kondisi operasi ekstrem seperti. Pertamina EP Field Bunyu, guna mencegah terjadinya kebocoran, kegagalan peralatan, dan gangguan produksi. [1].

Penentuan ketebalan minimum (minimum thickness) pada Tubing Head Adapter menjadi permasalahan penting karena komponen ini harus mampu menahan tekanan kerja dan beban mekanis selama operasi produksi sumur. Ketebalan yang tidak sesuai berpotensi menyebabkan kegagalan struktural seperti deformasi, retak, atau kebocoran akibat tekanan internal yang tinggi. Permasalahan ini berdampak langsung terhadap kelangsungan operasi, karena kebocoran atau kegagalan Tubing Head Adapter dapat mengganggu aliran fluida produksi, menurunkan tingkat keselamatan kerja, serta berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan dan kerugian ekonomi. Penggunaan ketebalan yang berlebihan juga menimbulkan inefisiensi material dan peningkatan biaya fabrikasi. Analisis ketebalan minimum diperlukan untuk memperoleh desain Tubing Head Adapter yang aman, andal, dan ekonomis sesuai dengan kondisi operasi lapangan. [2]

Permasalahan konsentrasi tegangan dan penipisan dinding pada Area Kritis Tubing Head Adapter dapat ditangani melalui beberapa alternatif solusi, antara lain peningkatan spesifikasi material, penerapan pelapisan pelindung, modifikasi desain geometri untuk mengurangi konsentrasi tegangan, serta pelaksanaan inspeksi ketebalan secara berkala. Namun, solusi yang dipandang paling sesuai dan efektif adalah melakukan analisis teknis terhadap minimum thickness dan critical area Tubing Head Adapter, karena pendekatan ini mampu memastikan kekuatan dan keandalan struktur berdasarkan kondisi operasi aktual tanpa mengganggu kontinuitas produksi. Analisis tersebut memberikan dasar perancangan yang aman dan ekonomis, sehingga risiko kegagalan struktur dapat diminimalkan sekaligus meningkatkan umur operasi dan keselamatan sistem Wellhead.

Penelitian ini penting dilakukan untuk memastikan bahwa Tubing Head Adapter memiliki ketebalan dan kekuatan struktural yang memadai dalam menahan tekanan dan beban operasi, sekaligus tetap ekonomis. Apabila penelitian ini tidak dilakukan, risiko kegagalan struktur seperti kebocoran atau kerusakan peralatan akan meningkat, yang dapat menyebabkan gangguan produksi, potensi bahaya keselamatan, serta kerugian ekonomi dan lingkungan yang signifikan. [4]

## 2. Metode Penelitian

### Pendekatan Disain

Penelitian ini mengadopsi pendekatan kuantitatif sistematis untuk merancang *Tubing Head Adapter* pada *Wellhead*, berfokus pada analisis Minimum Thickness dan Critical Area. Data teknis diambil dari API Specification 6A Edisi ke-21 (2018), Edisi ke-2, dan ke-19, dengan parameter operasi meliputi suhu lingkungan minimum 25°C dan batas suhu fluida sesuai standar material. Minimum Thickness dihitung menggunakan formula tegangan izin ASME BPVC Section VIII, sementara Critical Area dianalisis melalui simulasi Finite Element Analysis (FEA) untuk mengidentifikasi titik rawan deformasi. Desain prototipe mengoptimasi dimensi kritis dengan safety factor  $\geq 2.0$  dan material tahan korosi (ASTM A182 F316), divalidasi melalui uji tekanan hidrostatis (1.5x tekanan kerja) dan termal (-20°C hingga 150°C) pada tiga sampel replikasi. Teknik pengerjaan melibatkan SolidWorks Simulation untuk FEA, CNC machining dengan toleransi  $\pm 0.1$  mm, serta uji tekanan sesuai API 6A Section 14.10 menggunakan 50 liter fluida per siklus. Metode ini dapat direproduksi secara lengkap dengan mengacu pada standar dan parameter operasional yang ditetapkan.

### Kriteria Disain

Desain pada *Tubing Head Adapter* mengacu pada standar ASME B16.5 untuk dimensi dan kompatibilitas antarkomponen, serta ASME Sect VIII Div.1 untuk perhitungan integritas struktural. Pada sistem *Wellhead*, *Tubing Head Adapter* ini harus memenuhi kriteria ketahanan terhadap tekanan diferensial

(5.000–20.000 psi) dan kondisi operasional ekstrem (high-pressure high-temperature)(Sirait., 2023). *Minimum Thickness* dirumuskan berdasarkan acuan *ASME Sect. VIII Div.[10]*

$$t = \frac{PR}{STE - 0.6P}$$

Dimana t adalah ketebalan minimum, P Tekanan desain internal, R *Inside radius*  $\frac{\text{Maxbore} / \text{ID}}{2}$

ST *Maximum* yang diperbolehkan pada *hydrostatic shell test*, E efisiensi sambungan yang sesuai pada silinder, Area kritis (critical area) didefinisikan sebagai zona rentan konsentrasi tegangan akibat diskontinuitas geometri, seperti transisi ketebalan atau alur seal ring. Perhitungannya menggunakan parameter dimensi *Tubing Head Adapter*.

$$T^1 = \frac{1}{2} [J^1 - B] \text{ dan } T^2 = \frac{1}{2} [G - B] \text{ dan } \left[ \left( \frac{1}{2} F + P \right) - B \right]$$

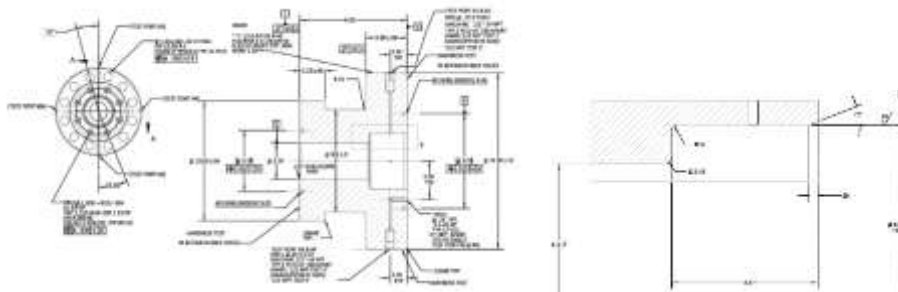
Dengan  $J^1$  sebagai *large hub diameter*, B *Maximum Bore/ inside Diameter*, G *Outside diameter ring Grooves*, F *Lebar Grooves*, P *Pitch Diameter*. Tujuan dari penelitian ini Menganalisis potensi penyebab kegagalan operasi *Wellhead* Sumur “X”, Mengidentifikasi komponen kritis mencegah kegagalan operasi *Wellhead* Sumur “X”, Menentukan kesanggupan operasi *Wellhead* berdasarkan hasil identifikasi komponen kritis *Wellhead*. Material *Wellhead Adapter* harus memenuhi spesifikasi API Spec 6A, dengan kekuatan luluh (yield strength) minimum (75K grade) 517 MPa (75.000 psi) dan kekuatan tarik 655 Mpa (95.000 psi) untuk menjamin ketahanan terhadap tekanan hidrostatik dan degradasi lingkungan operasi. Kriteria tegangan ekuivalen von Mises digunakan untuk memvalidasi desain dengan membandingkan tegangan triaksial hasil simulasi terhadap batas kekuatan material.

### 3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

#### Desain Input dan Output

Desain *wellhead adapter* dibuat sesuai dengan permintaan pelanggan dan mengacu pada API Specification 6A, Twenty-First Edition (November 2018), khususnya pada Section 14.10 terkait spools. Peralatan ini dirancang untuk beroperasi dalam kondisi lingkungan dengan suhu minimum 25°C dan suhu maksimum fluida yang bersentuhan langsung sebesar 100°C, tanpa adanya kandungan H<sub>2</sub>S, serta digunakan pada oil well. Metodologi perhitungan dan asumsi yang digunakan mengacu pada standar API, termasuk API Standard 6X, serta API Standard 6A.

Desain output adapter flange melalui tiga aspek utama, yaitu persyaratan minimum yield strength sebesar 75.000 psi, minimum tensile strength 95.000 psi, elongasi minimal 17% dalam 50 mm, dan reduction area minimal 35%. , Kedua, identifikasi Design Acceptance Criteria (DAC) menetapkan bahwa material harus memenuhi persyaratan tersebut dengan operasi suhu minimum 2°C dan maksimum 121°C. Ketiga, identifikasi critical pemilihan bahan baku yang tepat serta pengendalian wall thickness dan critical thickness antara Maxbore/ID dengan ring grooves.



Gambar 1. Desain *Tubing Head Adapter*

#### Perencanaan *Tubing Head Adapter*

Perencanaan *Tubing Head Adapter* didasarkan pada Design Stress Intensity (Sm) yang ditetapkan sebagai 2/3 dari minimum yield strength (Sy) material, sesuai API Spec 6X. Tekanan hidrostatik maksimum yang diizinkan (ST) adalah  $0,9 \times Sy$ . Material yang digunakan memiliki  $Sy = 75.000 \text{ psi}$  (517 MPa) untuk desain, dan  $Sy \text{ aktual} = 93.694 \text{ psi}$  (646 MPa), sehingga ST aktual mencapai 85.500 psi. Nilai ini melebihi

tekanan uji hidrostatik 7.500 psi, menjamin keamanan struktural. Ketebalan minimum dihitung menggunakan rumus ASME Sect.VIII Div.1:

1. *Tubing Head Adapter 3 1/8” (5000 psi) R-35,*
  - Ketebalan minimum desain  $t = 0,123''$
  - Ketebalan minimum actual  $t = 0,096''$
  - Ketebalan desain terpasang: 1,384 Inch (Aman).
2. *Tubing Head Adapter 7 1/16” (20.000 psi) BX- 156*
  - Ketebalan minimum desain  $t = 1,277''$
  - Ketebalan minimum actual  $t = 0,964''$
  - Ketebalan desain terpasang: 1,215” (Aman).

**Tabel 1 Tubing Adafter 3 1/8”**

(1) <i>Nominal size and bore of flange</i>	(2) <i>Maximum bore B</i>	(3) <i>Ofside of flange OD</i>	(4) <i>tol</i>	(5) <i>Maximum Champer C</i>	(6) <i>Diameter of raiseid face K±0.10 5000 psi</i>	(7) <i>Total thickness of flange T ±0.12</i>	(8) <i>Length diameter of hub J<sub>1</sub> -0.12</i>	(9) <i>Small diameter of hub J<sub>2</sub></i>	(10) <i>Length of hub J<sub>3</sub></i>	(11) <i>Radius of length hub R</i>
1 13/16	1.84	7.38	±0.06	0.12	4.12	1.66	3.50	2.56	1.91	0.31
2 1/16	2.09	7.88	±0.06	0.12	4.38	1.73	3.94	2.94	2.03	0.31
2 8/16	3.59	9.12	±0.06	0.12	5.19	2.02	4.75	3.62	2.25	0.31
3 1/8	3.19	10.62	±0.06	0.12	5.38	2.30	5.38	4.34	2.50	0.31
4 1/16	4.09	12.44	±0.06	0.12	7.28	2.77	7.19	5.75	2.88	0.31
5 1/8	5.16	14.06	±0.12	0.12	8.69	3.13	8.81	7.19	3.19	0.31
7 1/16	4.875	18.88	±0.12	0.12	11.88	4.06	8.31	10.00	3.75	0.44
11	11.03	25.75	±0.12	0.25	16.88	5.56	17.75	15.75	4.06	0.44
13 5/8	13.66	13.66	±0.12	0.25	20.38	6.62	21.75	19.50	4.50	0.62
16 3/4	16.78	16.78	±0.12	0.25	22.69	6.62	25.81	23.69	23.6	0.75

**Tabel 2. Tubing Head Adapter 7 1/16” (20.000 psi)**

(1) <i>Nominal size and bore of flange</i>	(2) <i>Maximum bore B</i>	(3) <i>Ofside of flange OD</i>	(4) <i>tol</i>	(5) <i>Maximum Champer C</i>	(6) <i>Diameter of raiseid face K±0.10 20.000 psi</i>	(7) <i>Total thickness of flange T ±0.12</i>	(8) <i>Length diameter of hub J<sub>1</sub> -0.12</i>	(9) <i>Small diameter of hub J<sub>2</sub></i>	(10) <i>Length of hub J<sub>3</sub></i>	(11) <i>Radius of length hub R</i>
1 13/16	1.84	7.38	±0.06	0.12	4.12	1.66	3.50	2.56	1.91	0.38
2 1/16	2.09	7.88	±0.06	0.12	4.38	1.73	3.94	2.94	2.03	0.38
2 8/16	3.59	9.12	±0.06	0.12	5.19	2.02	4.75	3.62	2.25	0.38
3 1/8	3.19	10.62	±0.06	0.12	5.38	2.30	5.38	4.34	2.50	0.38
4 1/16	4.09	12.44	±0.06	0.12	7.28	2.77	7.19	5.75	2.88	0.38
5 1/8	5.16	14.06	±0.12	0.12	8.69	3.13	8.81	7.19	3.19	0.38
7 1/16	7.09	18.88	±0.12	0.12	11.88	4.06	8.31	10.00	3.75	0.62
11	11.03	25.75	±0.12	0.25	16.88	5.56	17.75	15.75	4.06	0.62
13 5/8	13.66	13.66	±0.12	0.25	20.38	6.62	21.75	19.50	4.50	0.62
16 3/4	16.78	16.78	±0.12	0.25	22.69	6.62	25.81	23.69	23.6	0.75

Nilai T1 dan T2 menjamin toleransi terhadap gesekan mekanis antara bore dan ring grooves, mencegah kerusakan material selama operasi.

**Tabel 3. Dimensi Ring Number Adafter**

<i>Ring number</i>	<i>Pitch diameter of ring (groove) P ±0.10 (±0.10)</i>	<i>Height of ring A ±0.008</i>	<i>Height of ring Oval B ±0.02</i>	<i>Width of ring Octagonal H ±0.02</i>	<i>Height of flat octagonal ring C ±0.008</i>	<i>Radius in octagonal ring R<sub>1</sub> ±0.02</i>	<i>Width of groove E ±0.002 0</i>	<i>Radius ringroove F ±0.008</i>	<i>Radius ringroove R<sub>2</sub> max</i>	<i>Approx. Distance between made-up flanges S</i>
R 20	2.688	0.313	0.56	0.50	0.206	0.06	0.25	0.344	0.03	0.16
R 23	3.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 24	3.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 26	4.000	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 27	4.250	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19

R 31	4.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 35	5.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.538	0.06	0.19
R 37	5.875	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 39	6.375	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R41	7.125	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 44	7.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 45	8.313	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19
R 46	8.313	0.500	0.69	0.69	0.341	0.06	0.38	0.381	0.03	0.19
R 47	9.000	0.750	1.00	0.94	0.485	0.06	0.50	0.781	0.03	0.19
R 49	10.625	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.06	0.19
R 50	10.625	0.88	0.88	0.81	0.413	0.06	0.44	0.69	0.06	0.19
R 53	12.750	0.438	0.69	0.63	0.305	0.06	0.31	0.469	0.03	0.19

Tabel 4 Type Ring Groves

Ring number	Nominal size	Outside diameter of ring OD ±0.006	Height of ring Oval H <sup>o</sup> ±0.008	Width of ring Octagonal A <sup>o</sup> ±0.008	Diameter of flat ODT ±0.006	Width of flat C ±0.02	Hole size D ±0.02	Deep of groove E ±0.02 0	Outside diameter of groove G ±0.004 0	Width of groove N ±0.004 0
BX 150	1 11/16	2.842	0.366	0.366	2.790	0.314	0.06	0.22	2.893	0.450
BX 151	1 13/16	3.008	0.379	0.379	2.954	0.325	0.06	0.22	3.062	0.466
BX 152	2 1/16	3.334	0.379	0.379	3.277	0.346	0.06	0.23	3.359	0.496
BX 153	2 9/16	3.974	0.448	0.448	3.910	0.385	0.06	0.27	4.046	0.554
BX 154	3 1/16	4.600	0.488	0.488	4.531	0.419	0.06	0.30	4.685	0.606
BX 155	4 1/16	5.825	0.560	0.560	5.746	0.481	0.06	0.33	5.930	0.698
BX 156	7 1/16	9.367	0.733	0.733	9.263	0.629	0.12	0.44	9.521	0.921
BX 157	9	11.593	0.826	0.826	11.476	0.709	0.12	0.50	11.774	1.039
BX 158	11	13.860	0.911	0.911	13.731	0.782	0.12	0.56	14.064	1.149
BX 159	13 5/8	15.850	1.012	1.012	16.641	0.869	0.12	0.62	17.033	1.270
BX 160	13 5/8	16.800	0.938	0.541	15.717	0.408	0.12	0.56	16.063	0.766
BX 161	16 3/4	19.347	0.105	0.638	19.191	0.482	0.12	0.67	19.604	0.930
BX 162	16 3/4	18.720	0.560	0.560	18.641	0.481	0.06	0.33	18.832	0.705
BX 163	18 3/4	21.896	1.185	0.864	21.728	0.516	0.12	0.72	22.158	1.006

*Tubing Head Adapter* dengan sistem pengencangan mur-baut, dengan kemampuan menahan tekanan operasi hingga 5.000 psi. Analisis desain dilakukan untuk memverifikasi kekuatan strukturalnya melalui perhitungan ketebalan minimum dan identifikasi area kritis, mengacu pada standar API 6X Edisi Kedua (2019) dan API 6A Edisi ke-21 (2018) serta Edisi ke-19 (2004). Parameter lingkungan, seperti suhu operasi maksimal cairan 100°C dan suhu lingkungan 25°C, turut dipertimbangkan untuk memastikan material adaptor flange tetap stabil dalam kondisi ekstrem. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai ST (Stress Tangensial) desain mencapai 67.500 psi dengan yield strength (SY) material 517 MPa (75.000 psi), sementara ST aktual mencapai 85.500 psi pada SY 646 MPa (95.000 psi).

Pada *Tubing Head Adapter Tubing Head Adapter 3 1/8"* (5000 psi) R-35 Ketebalan minimum desain adalah 0,123 inch, ketebalan aktual yang digunakan hanya 0,096 inch. Area kritis, yaitu zona rawan gesekan antara Maxbore/ID (diameter internal) dan Ring Grooves, dianalisis melalui dua titik utama: T1 (1.035 inch) dan T2 (1.384 inch). Kedua titik ini dipastikan memiliki jarak yang cukup untuk mencegah kontak mekanis yang berpotensi merusak material. Sementara itu pada *Tubing Head Adapter 7 1/16"* (20.000 psi) BX- 156 menunjukkan ketebalan desain dan aktual yang berbeda ketebalan minimum desain adalah 1,277 inch, Sedangkan ketebalan aktual yang digunakan 0,964 inch, tetapi dengan toleransi ketebalan dinding lebih besar (2,335 inch) karena tekanan kerja lebih tinggi. Area kritisnya, T1 (2,335 inch) dan T2 (1,215 inch), juga dirancang untuk meminimalkan risiko interferensi mekanis.

## Pembahasan

Desain adapter flange berdasarkan acuan API Spec 6A mencakup aspek input dan output desain, namun masih memiliki sejumlah kekurangan yang perlu diperhatikan. Desain input yang disajikan cenderung umum dan asertif karena belum dilengkapi data spesifik dari lapangan, tidak mempertimbangkan variasi fluida lain selain H<sub>2</sub>S, serta metodologi perhitungan yang kurang rinci. Pada desain output, persyaratan material hanya ditampilkan secara normatif tanpa adanya data uji aktual, nilai perhitungan seperti minimum thickness atau ST design dan ST actual tidak ditampilkan secara kuantitatif, dan belum ada pembahasan mengenai toleransi manufaktur maupun inspeksi kualitas. Dari sisi analisis keselamatan, perbandingan dengan design wall thickness masih bersifat umum, tidak ada simulasi beban dinamis seperti fatigue atau kondisi transien, serta minim pembahasan aspek operasional dan ekonomi. Dengan demikian, meskipun pembahasan sudah sesuai standar API, kekurangannya terletak pada kurangnya detail numerik, data uji nyata, analisis beban dinamis, serta aspek praktis manufaktur dan biaya yang penting untuk memastikan desain benar-benar aman dan layak digunakan.

Desain Tubing Head Adapter berdasarkan API Spec 6A masih memiliki kelemahan karena hanya menampilkan parameter input dan output secara umum tanpa data numerik hasil perhitungan, uji material aktual, maupun simulasi beban dinamis; persyaratan material ditulis normatif tanpa bukti pengujian, analisis keselamatan terbatas pada tekanan statis tanpa mempertimbangkan fatigue atau kondisi transien, serta belum membahas aspek manufaktur, toleransi, dan biaya operasional, sehingga meskipun sesuai acuan standar, desain belum sepenuhnya terverifikasi aman dan layak digunakan.

Desain Tubing Head Adapter berdasarkan API Spec 6A masih memiliki sejumlah kekurangan yang perlu diperhatikan secara rinci. Desain input yang digunakan cenderung terlalu umum karena hanya menampilkan parameter lingkungan seperti suhu dan tekanan tanpa data spesifik dari kondisi lapangan, serta tidak mempertimbangkan variasi fluida lain yang berpotensi memengaruhi material. Metodologi perhitungan juga kurang dijelaskan secara detail, sehingga sulit memverifikasi asumsi teknis yang dipakai. Pada desain output, persyaratan material memang sesuai standar, namun hanya bersifat normatif tanpa adanya bukti uji aktual atau data numerik hasil perhitungan seperti minimum thickness, ST design, dan ST actual. Analisis keselamatan pun masih terbatas pada tekanan statis 5.000 psi dan 20.000 psi, tanpa mempertimbangkan beban dinamis, siklus operasi, maupun potensi fatigue material.

## 4. Kesimpulan

1. Potensi penyebab kegagalan Wellhead Sumur "X" berasal dari tekanan berlebih yang berisiko memicu *blowout*, thermal stress yang menimbulkan *wellhead growth*, korosi/erosi akibat fluida agresif, serta kegagalan mekanis pada valve, seal, dan hanger, ditambah risiko meningkat bila sistem proteksi otomatis tidak berfungsi.
2. Komponen kritis pencegah kegagalan meliputi master valve, wing valve, seal, gasket, casing head, tubing head, casing/tubing hanger, serta Safety Shutdown System. Identifikasi dilakukan dengan metode FMEA untuk menentukan tingkat risiko serta prioritas pemeliharaan.
3. Kesanggupan operasi Wellhead ditentukan melalui evaluasi integritas teknis dengan *pressure test* dan *leak test*, verifikasi sistem shutdown, analisis beban kerja, serta kesesuaian dengan standar API Spec 6A, sehingga dapat dipastikan bahwa Wellhead layak dioperasikan secara aman, efisien, dan berkelanjutan.

## Bibliografi

- M. Bai & Y. Bai. (2014). komponen subsea termasuk Wellhead dan Tubing Head, dengan fokus pada kekuatan struktural dan tekanan kerja. *Subsea Engineering Handbook*, 1(1),210-225.
- A.H. Craig. (2018). produksi minyak dan gas, termasuk peran Tubing Head Adapter dalam menjaga integritas sumur. *Petroleum Production Systems*, 2(1), 145-160.
- S.T. Ali & R. Kumar. (2020). Analisis tegangan dan desain peralatan Wellhead untuk mencegah kegagalan struktural. *Design and Stress Analysis of Wellhead Equipment*, 3(2),55-67.
- Marsiyanto, N., Rasyid, A., & Pahrudin, G. (2022). Perbandingan Pemilihan Antara Tipe Wellhead Konvensional Versus Unihead. *Jurnal Bhara Petro Energi*, 1(1), 19-27.
- Hadzihafizovic,D.(2024). Xmas Tree and Oil Wellhead. *SSRN Electronic Journal*, March 20, 2024, 23 pages.
- Fan. R., & James, C (1998). *ASME Section VIII: Rules For Construction of Pressure Vassels*. New York: ASME.

- Petroleum. American. (2019). API Standart 6A : Specification For Wellhead And Christmas Tree Equitmen (21 St Ed.). Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
- Nurjanah, N., Yanti, D., Rohani, A., Saleh, M., Maulana, R., Sahara, A., Pangestu, D. B., & Lutfi, M. (2023). Rancang Bangun Prototipe Mesin Pluto (Plastic-To-Oil). *Petrogas:Timur Petrogas : Jurnal of Energy And Technilogy*, 5(1), 50-58.
- Battu, D. P., Adha, I., Kurniawan, T., Ryka, H., & Eriyanto, M. I. (2023). Potensi Geowisata Di Kabupaten Paser, Kalimantan Timur. *Petrogas: Jurnal of Energy And Technilogy*, 5(1), 59-71.
- American Petroleum Institute (API) Spec. 6A Ninteenth Edition Specifield in WI Q-10.01- 03B. API Specificaton 6A Ninteenth July 2004. Open source.
- Johanis, S., Karamoy, E., Rohani, A., Tinggi, S., & Migas, T. (2024). Penentuan Flow Rate Sumur Lhd-Sy Wilayah Kerja Panas Bumi Lahendong Berdasarkan. 6(2), 32–41.
- Malrin, E., Studi, P., Perminyakan, T., Tinggi, S., & Migas, T. (2022). Terhadap Produksi Reservoir Multilayer. 4(September), 1–16.
- Prabowo, I., Ibnu Taslim, A., Akhmad Akmal Habibie, Dan, Studi Teknik Geologi, P., & Tinggi Teknologi Migas, S. (2022). Oktober 2022 E-Issn-2656-5080 Artikel Diterima 25. *Petrogas*, 4(2), 17–26.
- Pratikno, F. A., Prabowo, I., Geologi, S. T., Tinggi, S., & Migas, T. (2024). Identifikasi Sebaran Intrusi Air Laut Wilayah. 6(2), 24–31.
- Rafli, M (2021) Pengujian Non Destructive Test (NDT) untuk Mengidentifikasi Crack Pada Bahan Material Plat dengan Metode Magnetic Particle Inspection (MPI) dan Penetrant Test. Balikpapan: STT. Migas
- Salfigo, R. F., Paingan, E. N., Studi, P., Perminyakan, T., Tinggi, S., & Migas, T. (2024). Prediksi Pore Pressure Dan Fracture Gradient ( Ppfg ) Pada Sumur Hsn Menggunakan Pendekatan Sumur Rhn & Fgo Pada Lapangan Bunyu. 6(2), 1–10.
- Sirait, D. S., Afifah, R. S., & Karmila, K. (2023). Analisis Jenis Fluida Reservoir Berdasarkan Nilai Sw Dan Log Sumur Ds-19, Cs-21, Rs-23 Formasi Air Benakat Cekungan Sumatera Selatan. *Petrogas: Journal Of Energy And Technology*, 5(1), 78–91. <https://doi.org/10.58267/Petrogas.V4i1.92>.
- STT Migas. (2024). Pedoman Penulisan Karya Tulis Ilmiah, Sekolah Tinggi Teknologi Migas Balikpapan