

## Analisis Penggunaan Reinforced Set-on Branch 12"-12"-6" pada Proses Hot-Tapping

Deano Kansha<sup>1\*</sup>, Budi Prasajo<sup>2</sup>, Ika Erawati<sup>3</sup>

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia<sup>1\*,2,3</sup>

Email: [deanokansha25@student.ppns.ac.id](mailto:deanokansha25@student.ppns.ac.id)<sup>1\*</sup>; [budiprasajo@ppns.ac.id](mailto:budiprasajo@ppns.ac.id)<sup>2</sup>; [ika.iqer@ppns.ac.id](mailto:ika.iqer@ppns.ac.id)<sup>3\*</sup>;

**Abstract** - One of the state-owned companies engaged in the processing and distribution of oil and gas aims to replace the pipeline network that is almost beyond its design life so that it requires hot-tapping to create branches without shutting down the operating system. The branch type reinforced set-on branch is selected to connect pipes 12"-12"-6". Practical calculations need to be made to ensure safety in the hot-tapping process. The first stage is the calculation of the minimum required thickness, the result was 0.312 mm. The calculation of the heat input generated from the fillet weld reinforced set on branch was 651.71 mm. Welding on the reinforced set-on branch causes part of the existing pipe wall to melt or decrease (penetration depth) was 1.25 mm so that the available thickness of the pipe was 4.7 mm. The calculated normal stress value, whether it is a manual calculation or through the ANSYS software, is below the maximum allowable stress so that it is declared safe. Based on the procurement and workmanship, the estimated cost of hot-tapping using a reinforced set-on branch is Rp 326,668,300. The branch type reinforced set-on branch is self-fabricated by the related party (contractor) so that it saves more costs.

**Keywords:** ANSYS, Hot-Tapping, Normal Stress, Reinforced Set-on Branch

### Nomenclature

HI	Heat Input (J/mm)
K	Net Factor
V	Voltages (V)
A	Ampere (A)
s	Travel Speed (mm/s)
t	Thickness Minimum (inch)
P	Pressure (psi)
D	Outside diameter (inch)
S	Specified Minimum Yield Stress (psi)
E	Longitudinal Joint Factor
W	Weld Joint Strength
P	Internal Design Pressure (psi)
Y	Weld Joint Strength
t <sub>av</sub>	Available Thickness (mm)
h	Penetration Depth (mm)
A <sub>i</sub>	Internal Area of Pipe (in <sup>2</sup> )
A <sub>m</sub>	Luas Penampang Pipa (in <sup>2</sup> )
MB	Momen Bending (lb.in)
Z	Section Modulus (in <sup>3</sup> )
r <sub>i</sub>	Jari-Jari Dalam Pipa (in)
r <sub>o</sub>	Jari-Jari Luar Pipa (in)
r <sub>m</sub>	Jari-Jari Rata-Rata Pipa (in)
σ <sub>a</sub>	Tegangan Aksial (psi)
σ <sub>LP</sub>	Tegangan Longitudinal Tekan (psi)
σ <sub>B</sub>	Tegangan Bending (psi)
σ <sub>S</sub>	Tegangan Tangensial (psi)
σ <sub>R</sub>	Tegangan Radial (psi)

### 1. PENDAHULUAN

Salah satu perusahaan milik negara yang bergerak dalam bidang pengolahan serta pendistribusian minyak dan gas bertujuan untuk mengganti jaringan pipa di Wilayah Kerja Rokan, Provinsi Riau yang akan melampaui umur desain.

Salah satu jaringan pipa yang akan didesain dimulai dari *Minas Tank Farm* sampai dengan *NBS segment 2* dengan panjang 16,8 m. Jaringan pipa pada *segment* ini disebut dengan jaringan selatan yang mengalir *Sumatra Light Crude Oil (SLC)*. Pengantian jaringan pipa tersebut membutuhkan *hot-tapping* dalam pengerjaannya. *Hot-tapping* merupakan metode percabangan pipa dengan cara dilas dan menambahkan *fitting*. Pipa *existing* nantinya akan dilubangi menggunakan *drill* yang dibuat dengan tujuan untuk disambung dengan jalur pipa baru. Metode *hot-tapping* dilakukan tanpa menghentikan sistem yang sedang beroperasi.

Tipe percabangan *reinforced set-on branch* dipilih untuk menyambung pipa *existing* dengan *line pipe* baru mengingat pengadaan barang yang mudah dan cepat karena dapat difabrikasi sendiri oleh pihak terkait dengan sisa material yang disimpan di gudang sehingga lebih menghemat biaya serta waktu. Untuk lebih meyakinkan tipe percabangan yang akan digunakan, diperlukan perhitungan praktis serta analisis dibantu *software*. *Hot-tapping* adalah metode yang berbahaya karena melibatkan pengerjaan panas (pengelasan) pada pipa yang sedang beroperasi, untuk itu persiapan sebelum *hot-tapping* harus matang dan sesuai prosedur dalam pelaksanaannya.

### 2. METODOLOGI

#### 2.1 Metode Penelitian

Dalam metode penelitian, hal pertama yang harus dilakukan adalah mengidentifikasi masalah dan penetapan tujuan yang didukung oleh studi literatur serta survei lapangan. Selanjutnya adalah pengumpulan data-data yang diperlukan yang

kemudian diolah untuk menjawab permasalahan yang ada. Pengolahan data meliputi perhitungan *minimum required thickness*, *perhitungan heat input*, perhitungan, perhitungan tegangan, dan yang terakhir adalah *finite element method* dengan *software ANSYS*.

**2.2 Perhitungan Minimum Required Thickness**

Pengelesan pada *hot-tapping* menyebabkan berkurangnya *wall thickness* sehingga diperlukan perhitungan *thickness minimum* untuk menahan tekanan internal fluida. Rumus *thickness minimum* dapat dilihat pada persamaan 1 dan 2 di bawah ini:

$$t = \frac{P \times D}{2 (SEW+PY)} \tag{1}$$

$$t_m = t - c \tag{2}$$

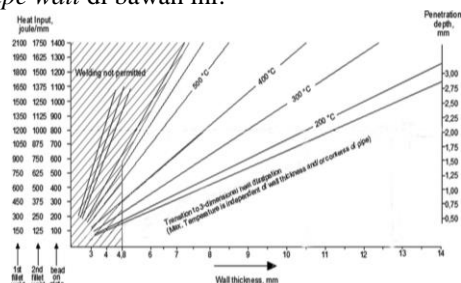
**2.3 Perhitungan Heat Input**

Besarnya *heat input* perlu dipertimbangkan agar pipa yang melebur tidak melebihi *actual wall thickness* pipa *existing* yang dapat menyebabkan ledakan karena pengelasan berlangsung ketika sistem masih beroperasi. Perhitungan *heat input* ditunjukkan pada persamaan 3 sebagai berikut:

$$HI = K \times \frac{V \times A}{s} \tag{3}$$

**2.4 Perhitungan available thickness (t<sub>av</sub>)**

*Available thickness (t<sub>av</sub>)* adalah tebal material pipa yang tidak mencair akibat proses pengelasan. Sebelum mendapatkan nilai *t<sub>av</sub>*, diperlukan nilai *penetration depth* (kedalaman penetrasi) yang dapat dihitung dari Gambar 1 Grafik *welding temperature of pipe wall* di bawah ini:



Gambar 1. Welding Temperature of Pipe Wall

Setelah mendapatkan nilai *penetration depth*, nilai *t<sub>av</sub>* dapat dihitung dengan persamaan 4 sebagai berikut:

$$t_{av} = t - h \tag{4}$$

**2.5 Perhitungan Tegangan**

Tegangan yang dihitung dalam penelitian ini merupakan tegangan normal yang meliputi tegangan longitudinal, tegangan tangensial/*hoop* dan tegangan radial yang dilakukan dengan cara manual dan dibantu *software ANSYS*. Tegangan longitudinal merupakan penjumlahan antara tegangan aksial, tegangan longitudinal tekan dan tegangan *bending*. Adapun rumus tegangan-tegangan ditunjukkan pada persamaan sebagai berikut:

Rumus tegangan aksial:

$$\sigma_a = \frac{F_{ax}}{A_m} = \frac{P \cdot A_i}{A_m} \tag{5}$$

Rumus tegangan *longitudinal* tekan:

$$\sigma_{LP} = \frac{P \cdot OD}{4t} \tag{6}$$

Rumus tegangan *bending*:

$$\sigma_B = \frac{M_B}{Z} \tag{7}$$

Rumus tegangan tangensial/*hoop*:

$$\sigma_S = \frac{P \cdot Do}{2 \cdot t} \tag{8}$$

Rumus tegangan radial:

$$\sigma_R = \frac{P (r_i^2 + \frac{r_i^2 + r_o^2}{r_m^2})}{(r_o^2 - r_i^2)} \tag{9}$$

**2.6 Finite Element Method dengan ANSYS**

FEM adalah suatu metode yang secara keseluruhan didasari atas pendekatan dengan menggunakan analisa numerik. Dalam metoda ini, struktur yang akan dianalisa, didiskritisasi menjadi elemen-elemen yang kecil (elemen hingga) yang satu sama lainnya dihubungkan dengan titik nodal (titik diskrit). Elemen hingga tersebut yang pada umumnya berbentuk sederhana dibandingkan struktur sebenarnya dan mempunyai ukuran yang berhingga, harus mewakili sifat-sifat dari struktur sebenarnya.

Melakukan analisis metode elemen hingga dengan *software ANSYS* terdiri atas beberapa tahap, yaitu:

1. *Preprocessing*
2. *Analisis*
3. *Post processing*

**2.7 Perhitungan Estimasi Biaya**

Ada beberapa jenis biaya yang berhubungan dengan pembiayaan suatu proyek konstruksi. Dalam penelitian ini, perhitungan estimasi biaya *hot-tapping* menggunakan biaya langsung (*direct cost*). Biaya langsung adalah biaya yang diperlukan langsung untuk mendapatkan sumber daya yang akan dipergunakan untuk penyelesaian proyek. Unsur-unsur yang termasuk dalam biaya langsung adalah:

1. **Biaya Material**  
Biaya material adalah biaya pembelian material untuk mewujudkan proyek itu termasuk biaya transportasi, biaya penyimpanan serta kerugian akibat kehilangan atau kerusakan material.
2. **Biaya Upah**  
Dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, biaya upah dibedakan atas upah harian, upah berdasarkan produktivitas, dan biaya peralatan.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1 Hasil Perhitungan Thickness Minimum**

Hasil yang didapat dari perhitungan *thickness minimum* yang dibutuhkan untuk menahan tekanan operasi normal 40 psi adalah 0,312 mm.

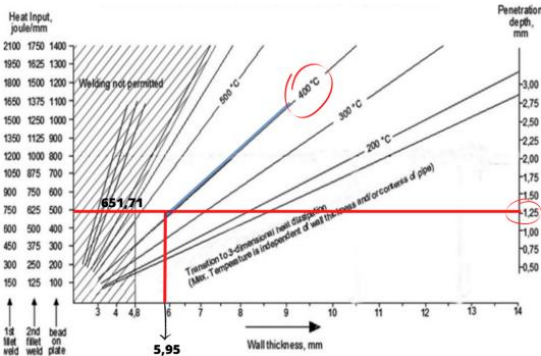
**3.2 Hasil Perhitungan Heat Input**

Jenis pengelasan pada *reinforced set-on branch* hanya terdapat *fillet weld* sehingga hasil yang

didapat dari perhitungan *heat input* pada *fillet weld reinforced set-on branch* adalah 651,71 J/mm.

### 3.3 Hasil Perhitungan Available Thickness Minimum

Sebelum mendapatkan nilai  $t_{av}$ , terlebih dahulu mencari nilai *penetration depth* (h) pada pengelasan *reinforced set-on branch* yang didapat dari grafik yang ditunjukkan pada Gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Hasil Penetration Depth akibat Fillet Weld Reinforced Set-on Branch

Grafik diatas yang ditunjukkan pada Gambar 2 menghasilkan nilai *penetration depth* sebesar 1,25 mm sehingga mendapatkan nilai *available thickness* ( $t_{av}$ ) sebesar 4,7 mm. Nilai tersebut dinyatakan aman karena tidak kurang dari *thickness minimum* sebesar 0,312 mm.

### 3.4 Hasil Perhitungan Tegangan

Hasil perhitungan tegangan secara manual dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

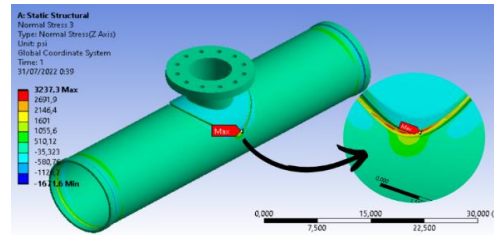
Tabel 1: Hasil Perhitungan Tegangan secara Manual

Lokasi Tegangan	Tegangan Longitudinal	Tegangan Tangensial	Tegangan Radial
Run Pipe yang Terdampak Pengelasan Reinforced Set-on Branch	3232,962 psi	1645,892 psi	1456,6 psi

Dapat dilihat pada Tabel 1, nilai tegangan yang dihasilkan dari perhitungan manual meliputi nilai tegangan *longitudinal*, tegangan tangensial dan tegangan radial tidak melebihi *maximum allowable stress* sebesar 20.000 psi sehingga dinyatakan aman.

Adapun hasil perhitungan tipe percabangan *reinforced set on branch* menggunakan *software ANSYS* dijelaskan pada poin-poin berikut:

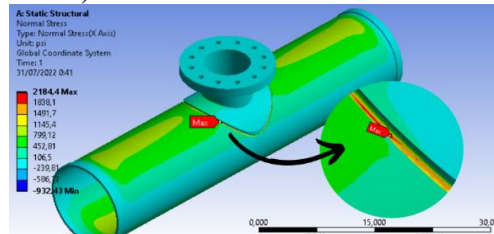
#### 3.4.1 Tegangan Longitudinal (Reinforced Set-on Branch)



Gambar 3. Tegangan Longitudinal (Reinforced Set-on Branch)

Diketahui dari Gambar 3 Tegangan maksimum terjadi pada daerah yang dilakukan proses pengelasan yaitu sebesar 3237,3 psi. Meskipun terjadi tegangan maksimum di daerah pengelasan (3237,3 psi) dapat diterima, karena tidak melebihi *maximum allowable stress* yaitu 20.000 psi.

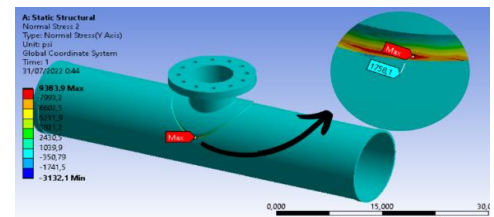
#### 3.4.2 Tegangan Tangensial (Reinforced Set-on Branch)



Gambar 4. Tegangan Tangensial (Reinforced Set-on Branch)

Nilai tegangan tangensial pada *run pipe* yang terdampak pengelasan *reinforced set-on branch* sesuai dengan Gambar 4 berada pada *segment* yang mengalami pengelasan. Nilai Tegangan maksimum sebesar 2184,4 psi. Nilai tegangan ini tidak melebihi *maximum allowable stress* sehingga pemodelan ini dinyatakan aman.

#### 3.4.3 Tegangan Radial (Reinforced Set-on Branch)



Gambar 5. Tegangan Radial (Reinforced Set-on Branch)

Gambar 5 menunjukkan nilai tegangan maksimum untuk tegangan radial sebesar 9383,9 psi dan nilai tegangan pada area pengelasan lainnya nilainya adalah 1758,1 psi. Nilai tegangan ini di bawah *maximum allowable stress* sehingga dikatakan aman.

Pemodelan yang sudah *dirunning* dalam *software ANSYS* dengan menghasilkan nilai tegangan perlu adanya validasi. Validasi tersebut berupa perbandingan hasil dari perhitungan manual

dengan hasil *running software* ANSYS yang ditunjukkan pada Tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2: Ratio Perbedaan Perhitungan Manual dengan *Software*

Jenis Tegangan	Tegangan pada Run Pipe yang Terdampak Pengelasan Reinforced Set-on Branch		
	Manual	Software	Ratio (%)
Longitudinal Stress	3232,962 psi	3237,3 psi	0,34
Hoop Stress	1645,892 psi	2184,4 psi	24,65
Radial Stress	1456,6 psi	1758,1 psi	17,15

### 3.5 Perhitungan Estimasi Biaya

Tipe percabangan *reinforced set-on branch* difabrikasi sendiri oleh pihak terkait (kontraktor) sehingga lebih menghemat biaya. Perhitungan estimasi biaya yang dihitung berdasarkan pengadaan barang dan pengerjaannya mendapatkan hasil sebesar Rp. 326.668.300.

## 4. KESIMPULAN

Perhitungan yang sudah dilakukan mendapatkan nilai *heat input fillet weld reinforced set-branch* sebesar 651,71 J/mm. Pengelasan tersebut menghasilkan nilai *penetration depth* sebesar 1,25 mm dan *available thickness* ( $t_{av}$ ) sebesar 4,7 mm. Nilai *available thickness* ( $t_{av}$ ) dinyatakan aman karena tidak kurang dari *minimum required thickness* sebesar 0,312 mm. Untuk nilai tegangan (*longitudinal stress*, *hoop stress* dan *radial stress*) yang dihitung dengan metode manual dan *software* ANSYS menghasilkan nilai di bawah *maximum allowable stress* yaitu 20.000 psi sehingga dapat dinyatakan aman. Berdasarkan pengadaan tipe percabangan dan pengerjaannya, estimasi biaya *hot-tapping* yang menggunakan *reinforced set-on branch* mendapatkan nilai sebesar Rp 326.668.300. Tipe percabangan *reinforced set-on branch* difabrikasi sendiri oleh pihak terkait (kontraktor) sehingga lebih menghemat biaya dalam hal pengadaan barang.

## 5. SARAN

Analisis dengan *software* ANSYS pada pengerjaan penelitian ini berfokus pada *static structural*. Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menganalisa fluida yang mengalir di dalam pipa *existing* beserta percabangannya. Selain itu juga, diameter pipa untuk dilakukan *hot-tapping* pada penelitian ini menggunakan 12"-12"-6", selanjutnya diharapkan dapat membandingkan diameter dengan ukuran yang lebih bervariasi untuk dianalisa.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

[1] Agustinus, Donny. (2009). Pengantar *Piping Stress Analysis*. Jakarta: Entry Agustino Publisher.

- [2] Alfareza, Bayu. Sudiyono, dan Lely Pramesti. (2021). Perancangan Pembuatan Pipa Cabang Baru pada Pipa Pemurnian Gas dalam Kondisi *On-Line Service*.
- [3] API (2003). API RP 2201. "Safe Hot-tapping Practices in the Petroleum & Petrochemical". U.S.A : Washington D.C.
- [4] Chamsudi, A. (2005). Diktat - *Piping Stress Analysis*. Jakarta : Rekayasa Industri.
- [5] DEP-31.38.60.10. (2011). *Hot-tapping on Pipelines, Piping and Equipment*.
- [6] McElligott, J A (1998). *Use of hot taps for gas pipelines can be expanded*. United State.
- [7] Nasution, Yunan Sadli. Budi Prasjo, dan Subagio So'im. (2017). Analisis visibilitas Pembuatan Pipa Cabang pada Pipa Distribusi Gas *Online Service (Hot-Tapping)*.
- [8] *The American Society of Mechanical Engineering*. (2018). ASME B31.3 *Process Piping*. New York: ASME Press.68.