

ANALISA KINERJA MESIN T-101 DAN TM-660 PADA PROSES MOCK UP HOT TAPPING PIPA LNG

Rahmat

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sains Indonesia

Jl. Tol Arteri Cibitung No. 50 Kec. Cikarang Barat Kab. Bekasi

Email: rahmat.r@lecturer.sains.ac.id

ABSTRACT

Hot tapping, atau juga dikenal sebagai *pressure tapping* atau *under-pressure drilling*, adalah sebuah teknik khusus yang digunakan dalam industri gas untuk membuat koneksi ke pipa gas yang sudah ada tanpa menghentikan aliran gas dalam sebuah *plant* produksi. Proses ini penting untuk berbagai aplikasi, termasuk pemeliharaan pipa, perbaikan, dan instalasi koneksi baru. *Hot tapping* digunakan ketika kita ingin memasang jalur pipa gas baru di jalur pipa yang sudah ada, namun tidak ingin mematikan pipa gas yang sudah ada. Pada proses pengelasan dalam kondisi pipa dengan aliran dan tekanan didalamnya (*in-service welding*) ada dua risiko yang perlu dipertimbangkan yaitu *burnthrough* di mana busur pengelasan menyebabkan dinding pipa terbuka sehingga isi pipa dapat keluar dan yang berikutnya adalah retak hidrogen yaitu terjadinya retak pada daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) yang timbul sebagai akibat laju pendinginan cepat yang dihasilkan oleh fluida di dalam pipa. Untuk mencegah hal tersebut terjadi maka perlu dilakukan proses *mock up* untuk menentukan parameter pengelasan yang dipakai dengan tujuan untuk meminimalkan pembentukan struktur mikro yang rentan terhadap retak dan menghindari terjadinya *burnthrough*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan parameter pengelasan yang aman untuk aplikasi pengelasan *in-service* selama proses *hot tapping* pada pipa gas alam di PT. XYZ yang berlokasi di Papua Barat tanpa melakukan penghentian fasilitas dalam beroperasi serta untuk menunjukkan kemampuan Mesin Hot Tap (T-101 dan TM-660) dan teknisi untuk pengoperasian suar basah/kering hot tap 2" dan 3". Kunci keberhasilan hot tapping terletak pada mempertahankan integritas pipa dan memastikan keamanan pekerja dan masyarakat sekitarnya.

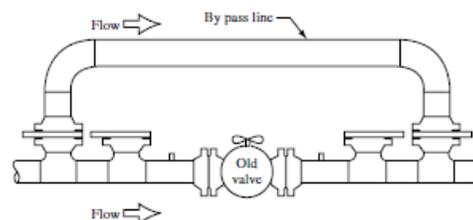
Kata kunci: Hot Tap, Burn through, Mock up, Gas Alam Cair, Pengelasan

1. PENDAHULUAN

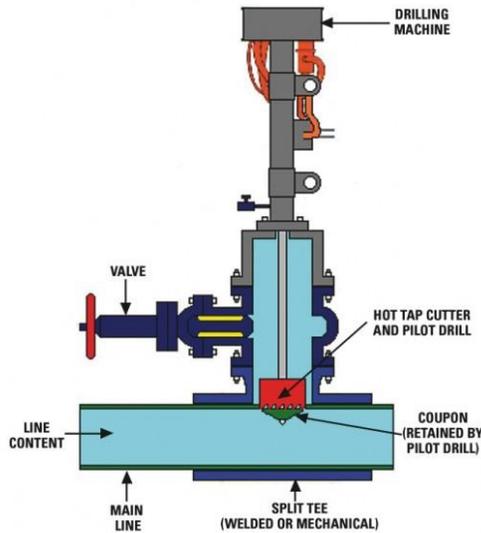
Hot tapping, adalah sebuah teknik khusus yang digunakan dalam industri gas untuk membuat koneksi ke pipa gas yang sudah ada tanpa menghentikan aliran gas. Proses ini penting untuk berbagai aplikasi, termasuk pemeliharaan pipa, perbaikan, dan instalasi koneksi baru. Dalam jurnal ini, kita akan menjelajahi aspek kunci dari hot tapping dalam pemipaan gas, berfokus pada signifikansinya, proses yang terlibat, pertimbangan keamanan, dan alat yang digunakan.

Hot tapping digunakan ketika kita ingin memasang jalur pipa gas baru di jalur pipa yang sudah ada, namun tidak ingin mematikan pipa gas yang sudah ada. Metode ini memungkinkan teknisi untuk menyambungkan ke pipa yang sedang beroperasi tanpa melepaskan gas ke lingkungan. Kunci keberhasilan hot tapping terletak pada mempertahankan integritas pipa dan memastikan keamanan pekerja dan masyarakat sekitarnya.

Keunggulan dari metode hot tapping adalah proses pengerjaan pemotongannya yang bisa berjalan tanpa harus menghentikan operasi pada pipa, dibandingkan dengan metode *shut down plant* dimana pemotongan harus menghentikan seluruh operasi pada pipa sehingga menjadikan metode shut down ini menjadi tidak efisien karena menimbulkan kerugian dimana pipa tidak bisa beroperasi saat melakukan pekerjaan perbaikan. Sedangkan kekurangan dari metode *hot tapping* adalah penggunaan material lebih banyak dibandingkan dengan metode shut down karena membutuhkan pipa untuk melakukan *by pass* sambungan.



Gambar 1. Sistem *by pass hot tap*

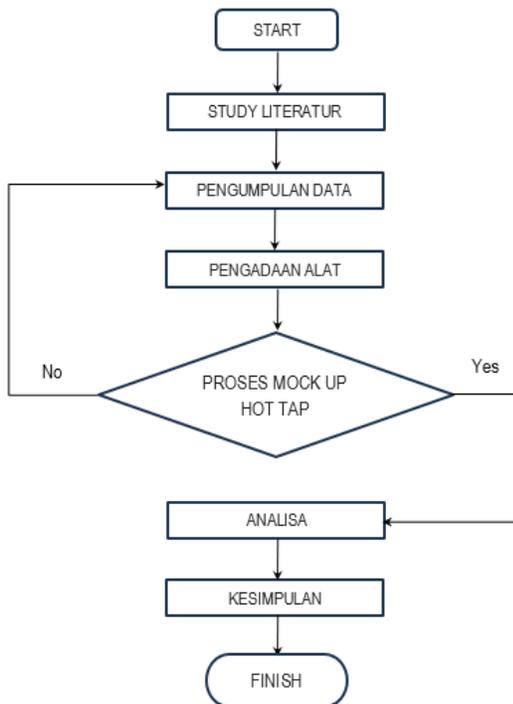


Gambar 2. Gambar dari proses Hot Tap

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Diagram alir penelitian

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dijelaskan dalam bentuk diagram alir berikut



Gambar 3. Diagram alir penelitian

2.2 Perhitungan Heat Input

Cara yang paling lazim digunakan untuk menghindari terjadinya kegagalan (terbakar dan meledaknya *pipeline*) selama proses pengelasan adalah dengan mempertimbangkan besarnya panas masukan (*heat input*) yang terjadi selama proses pengelasan berlangsung sesuai dengan persamaan yang tercantum pada *maximum temperature of wall thickness* 3.3.2 DEP 31.38.60.10- Gen.

$$HI = K \times \frac{V \times A}{s}; \text{ dimana:}$$

- HI = *heat input* (joule per mm)
- K = *net factor*
 = 0.85 for butt welds, dan
 = 0.57 (=2/3 x 0.85) for fillet welds.
- V = *voltage* (Volts)
- A = *current* (amperes)
- S = *travel speed* (mm/s)

2.3 Perhitungan *Thickncess Minimum*

Tebal material pipa yang dibutuhkan untuk operasi normal dapat dihitung berdasarkan standar ASME B.13.8 sebagai berikut :

$$t = \frac{P \cdot D}{2 \cdot S \cdot F \cdot E \cdot T}$$

- t = *required nominal wall thickness* (inch)
- P = *design pressure* (psig)
- S = *specified minimum yield stress* (psi)
- D = *nominal outside diameter of run pipe* (inch)
- T = *temperature derating factor*
- F = *design factor*
- E = *longitudinal joint factor*

2.4 *Tools, Equipment & Consumable Yang Dipakai*

Beberapa *tools, equipment* serta *consumable* yang digunakan pada proses *mock up hot tap* pipa 34" dan pipa 36" pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

Tabel 1: Tools & Consumable

No	Tools	Qty
1	Portable Welding Machine c/w Tig/GTAW weldcraft and accessories.	2 Ea
2	Extension cable power	2 Ea
3	Measuring square	1 lot
4	Electrode Rod ER308L 2,4mm	1 lot
5	Electrode Rod ER 70 S 2,4mm	1 lot
6	Argon Gas c/w cradle	1 Lot
7	PPE	1 lot
8	Portable Lamp	2 Ea
9	Barricade Line	1 Roll
10	Digital Torque Wrench	1 Ea
11	Inspection Tools (calibrated, meet specified accuracy, records retained and visually inspected) <ul style="list-style-type: none"> • Thermo gun • Ampere Tester • Penetrant Liquid 	1 set

Untuk proses *mock hot tap* sendiri, tools yang digunakan oleh operator adalah sebagai berikut:

Tabel 2. Hot Tap Equipment

No	Description	size	Qty	Result of inspection
1	Pneumatic driven tapping machine T101	2IN	1 Unit	Satisfactory, No found material damage during inspection
2	Pneumatic driven tapping machine 6-6102-3	3IN	1 Unit	
3	Pneumatic driven tapping machine 6-6103-3	3IN	1 Unit	
4	Spade/bit cutting	2-1/2IN	12 EA	
5	Spade/bit cutting	2-1/4IN	6EA	
6	Holder spade/bit cutting	2-1/4IN	2EA	
7	Holder spade/bit cutting	2-1/2IN	2EA	
8	Drill bit	1-7/16IN	6EA	
9	O ring	-	1 EA	
10	Boring bar packing/seal	-	2 pair	
11	Pressure gauge S/N: TDW-PG-007 Cert No.: SAC/PL23/2086	0 - 10 BAR	1 EA	valid calibration date up to 12-June-24

Peralatan hot tap dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 4. Equipment Hot Tap

3. HASIL & PEMBAHASAN

3.1 Proses Hot Tap

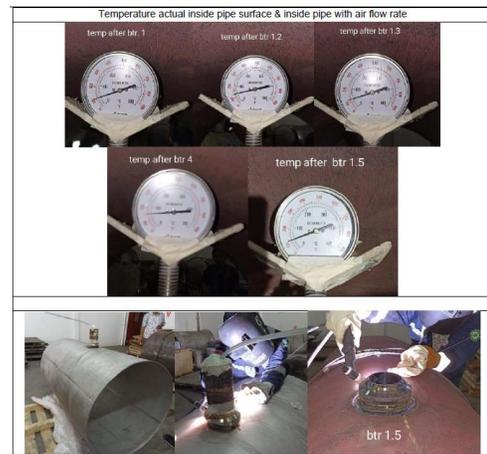
Proses *hot tap* dilakukan dengan menggunakan dua empat buah specimen dimana material yang digunakan sama persis dengan material yang ada di lapangan. Dengan material yang persis sama tersebut diharapkan hasil yang didapat tidak akan jauh berbeda jika dilakukan dilapangan.



Gambar 5. Posisi Pengelasan



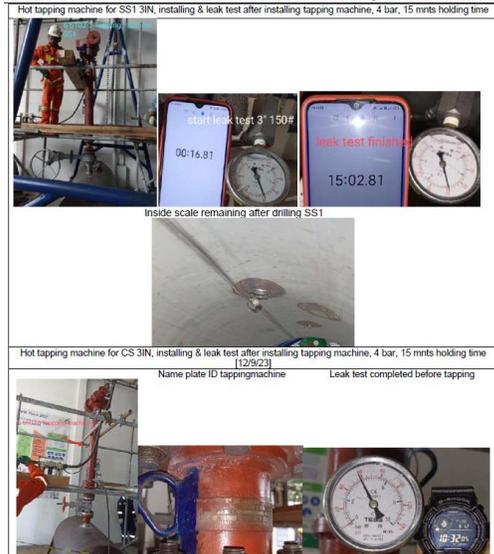
Gambar 6. Proses Pengelasan



Gambar 7. Temperatur Aktual



Gambar 8. Proses Hot Tap 1



Gambar 9. Proses Hot Tap 2



Gambar 10. Proses Hot Tap 3

No	Equipment	Nozzle Size	THK main Pipe (mm)	Leak Test - Holding Time	Leak Test before tapping/ drilling	Tapping Duration	Temp. at drilled point (C)	Debris/scale waste (gr)
1	T-101 Machine	2" 150 SS	6,6	4 Bar - 15 min	No Pressure drop, no Leak - Accepted	10 min	50,3	45,3
	Remarks	Tapping 2" SS (TT) hole satisfactory result, No Leak/pressure drop leak test after installed thermowell, deep of installed thermowell to ID main Pipe 52mm						
2	660TM air driven 6-6102-3	3" 150 SS	6,6	4 Bar - 15 min	No Pressure drop, no Leak - Accepted	48 min 22 seconds	73,4	277,8
	Remarks	Tapping 3" SS (FT-01) hole - scale waste thin layer didn't fall after drill with wide blade 2-1/4"						
3	660TM air driven 6-6103-3	3" 300 CS	9,4	4 Bar - 15 min	No Pressure drop, no Leak - Accepted	24 min	55	207
	Remarks	Tapping 3" CS (AT) hole - hole satisfactory result, plate scale waste dropped						
4	660TM air driven 6-6102-3	3" 150 SS	6,6	4 Bar - 15 min	No Pressure drop - Accepted	87 min	61	208,2
	Remarks	Tapping 3" SS (FT-02) hole - scale waste thin layer didn't fall after drill with wide blade 2-1/4" so the tapping continue with wide blade 2-1/2"						

Gambar 11. Summary Hot Tap Result

3.2 Perhitungan Heat Input

Parameter yang berhubungan dengan *heat input* adalah; *voltage*, *ampere*, serta kecepatan pengelasan. *Heat input* yang dihitung adalah *heat input* untuk pengelasan *butt weld* dan *fillet weld* pada material baja karbon dan baja stainless. Adapun hasil dari perhitungan tersebut adalah:

Tabel 3. Hasil Perhitungan Heat Input

Jenis Material	Heat Input
Stainless Steel	1490 J/mm
Carbon Steel	1850 J/mm

3.3 Perhitungan Thickness Minimum

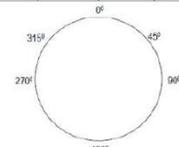
Hasil perhitungan minimum *thickness* diketahui bahwa ketebalan aktual yang dibutuhkan untuk kondisi operasi normal (720 psi) adalah 0,098 inch atau 2,50 mm.

3.4 Hasil Monitoring Temperatur

Hasil pengamatan temperatur pada saat proses pengelasan dan proses *hot tap* dengan variasi kecepatan laju putaran angin pada dua material. Pengujian temperatur dilakukan dengan cara menempatkan thermometer pertama dibagian sisi materal dan thermometer kedua mengukur temperature tepat pada bagian material yang di las, sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

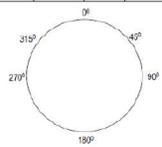
Tabel 4. Monitoring Temperatur Carbon Steel

Date : 26 Juli 2023		Welder : Eahral Ulam								
Material : Carbon Steel		Location : Wis BPP Jakarta								
Flow V (m/s)	Weld	Time	Data oven Temperatur		Pipa diameter 39" (915 mm) & Thickness 9,5 mm					
			Before (°C)	After (°C)	Data Termo gun (°C)					
			0	45	90	180	270	315		
0	Root Pass	11:47:47	36	110	351	33	33	31	37	33
	Hot Pass	07:22:37	110	110	400	34	35	34	34	35
0.1	1.1	03:50:38	36	40	782	34	34	32	34	37
0.2	1.2	02:49:31	35	55	748	33	32	32	37	38
0.3	1.3	03:12:45	46	50	253	34	34	34	33	38
0.4	1.4	03:36:11	36	70	237	34	34	33	34	42
0.5	1.5	06:08:82	36	50	228	34	33	33	34	37



Tabel 5. Monitoring Temperatur Stainless Steel

Date : 26 Juli 2023		Welder : Trieno								
Material : Stainless Steel		Location : Wis BPP Jakarta								
Flow V (m/s)	Weld	Time	Data oven Temperatur		Pipa diameter 34" (863 mm) & Thickness 6,4 mm					
			Before (°C)	After (°C)	Data Termo gun (°C)					
			0	45	90	180	270	315		
0	Root Pass	-	39	55	385	30	30	30	30	30
	Hot Pass	-	55	63	325	31	31	30	30	30
0.1	1.1	-	40	70	250	31	31	31	31	31
0.2	1.2	-	30	33	500	31	31	31	31	31
0.3	1.3	-	30	33	280	31	31	31	31	31
0.4	1.4	-	30	43	245	31	31	31	31	31
0.5	1.5	04:51:48	30	35	192	31	31	31	31	31



Dari hasil pengamatan tersebut dapat disimpulkan bahwa temperatur pengelasan pada

material stainless steel jauh lebih rendah dari material carbon steel. Kemudian untuk posisi temperature paling tinggi terjadi pada saat proses pengelasan *root pas* di awal proses.

3.5 Hasil Waktu Pengelasan

Hasil waktu pengelasan proses sesuai dengan penghitung waktu aktual adalah:

- Sambungan Las Weldolet 3" (Flensa 3" 150# FT-1) ke Pipa 34" SS.
Total Waktu yang dijalankan – 12 jam 20 menit.
Waktu sambungan las – 105 menit 30 detik
- Sambungan Las Weldolet 3" (Flensa 3" 300#) ke Pipa 36" CS.
Total Waktu yang dijalankan – 8 jam 40 menit
Waktu sambungan las – 139 menit 30 detik
- Sambungan Las Weldolet 3" (Flensa 3" 150# FT-1) ke Pipa 34" SS.
Total Waktu yang dijalankan – 8 jam 20 menit
Waktu sambungan las – 96 menit 56 detik.
- Sambungan Las Weldolet 2" (Flensa 2" 150#) ke Pipa 34" SS
Total Waktu yang dijalankan – 4 jam 45 menit
Waktu sambungan las – 45 menit 11 detik.

3.6 Pemeriksaan Hasil Pengelasan

Dalam pemeriksaan logam hasil pengelasan, kami menggunakan metode pengujian tidak merusak yaitu *Penetrant test*. Dimana setelah dilakukan pengujian didapatkan hasil sebagai berikut:

3" Weldolet – Flange 3" 150# SS (FT-1)		Penetrant Test : Accepted
3" Weldolet – Flange 3" 300# CS (AT)		Penetrant Test : Accepted
3" Weldolet – Flange 3" 150# SS (FT-2)		Penetrant Test : Accepted
2" Weldolet – Flange 2" 150# SS (TT)		Penetrant Test : Accepted

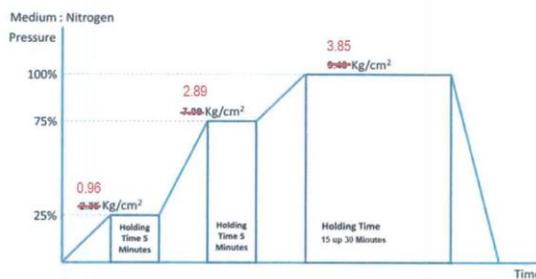
Gambar 8. Tabel Hasil Uji Dye Penetrant Test

3.7 Pengujian Leak Test

Leak test digunakan untuk mendeteksi apakah ada kebocoran pada pipa, equipment pada proses hot tap. Sehingga bisa mencegah terjadinya kegagalan, apalagi proses ini sendiri nantinya akan dilakukan pada pipa yang masih aktif dan bertekanan. Berikut adalah hasil pengujian *leak test* dengan tekana pengujian sebesar 4 bar (58,01 Psig) dan lama pengujian selama 15 menit :

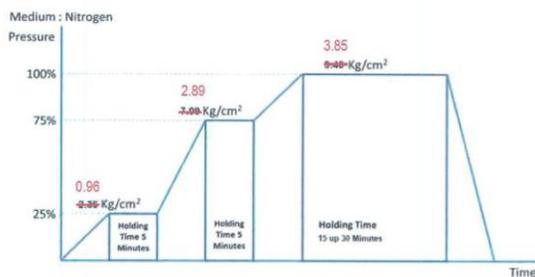
1. 2" #150 SS Connect to T-101 Hot Tap Machine

LEAK TEST DIAGRAM



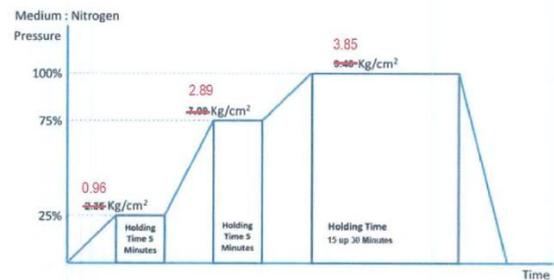
2. 3" #150 SS Connect to 660 TM (FT-1) Hot Tap Machine

LEAK TEST DIAGRAM



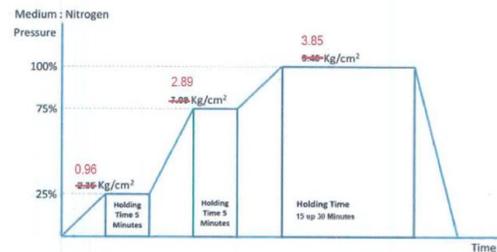
3. 3" #150 SS Connect to 660 TM (FT-2) Hot Tap Machine

LEAK TEST DIAGRAM



4. 3" #300 CS Connect to 660 TM (FT-2) Hot Tap Machine

LEAK TEST DIAGRAM



4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa yang dilakukan setama proses pengelasan dan proses *hot tap* pada pipa diameter 34" dan 36" dengan bahan material berupa baja karbon dan baja stainless, didapatkan kesimpulan bahwa:

1. Hasil proses *hot tap* SS (TT) 2" memuaskan, Tidak ada kebocoran/penurunan tekanan setelah uji kebocoran thermowell terpasang, kedalaman thermowell terpasang ke pipa utama ID 52mm.
2. Hasil proses *hot tap* 3" SS (FT-01) – lapisan tipis limbah kerak tidak jatuh setelah pengeboran dengan bilah lebar 2-1/4".
3. Hasil proses *hot tap* CS (AT) 3" – hasil lubang memuaskan, limbah kerak pelat jatuh setelah pengeboran.
4. Hasil proses *hot tap* 3" SS (FT-02) – lapisan tipis limbah kerak tidak jatuh setelah pengeboran dengan bilah lebar 2-1/4"



sehingga penyadapan dilanjutkan dengan bilah lebar 2-1/2"

Sehingga dapat dikatakan bahwa kedua mesin T-101 dan TM-660 memiliki kinerja yang baik dan bisa menunjang proses *hot tap* pada *in line service pipe* di Perusahaan tersebut.

5. REFERENSI

1. Randy, L. Saputra, (2023) Methane Measurement of Dry & Wet Flare Line Mock Up Hot Tap Report, TGH-086-RPT-MP-BPP-0001, Jakarta.
2. Simbolon F, (2023) Methode Statement Hot Tap Wet Flare Line – Tangguh LNG, MS-126-2211-014-IDN-R2 (WF), Jakarta.
3. Simbolon F, (2023) Methode Statement Hot Tap Dry Flare Line – Tangguh LNG, MS-126-2211-014-IDN-R2 (DF), Jakarta.
4. Iskandar, I. (2022). Analisa keretakan material mounting boom hydrolic axcavator merk hitachi ZX-470 LC-3f di PT. Darna Henwa Tbk tambang Asam-asam Kalimantan Selatan. *Jurnal Teslink: Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(2), 124-136.
5. Dzaky A, M (2023), *Capacity Loss Modeling of Li-Ion Battery Using Lightweight Neural Network Considering Equivalent Circuit Model*, *IEEE Jurnal Proceeding*.
6. Nasution, Y.S & Prasojo.B dkk, (2022) Analisis proses hot tapping pada pipa distribusi gas *online service* dengan pengelasan *Shielded Metal Arc Welding*, *Journal of Welding Technology*, Volume 4, No.1, 10-15.
7. Wahyudi, M.H& Wildan M.W, (2021). *Pengaruh Paramater Pengelasan In-Service Pada Proses Hot Tap Pipa Penyalur Gas Alam Bertekanan*, *Journal of Mechanical Design and Testing* 3(1), (2021), 57-66.
8. Wahyudi. M.A & Wildan. M. W (2021). *Pengaruh Paramater Pengelasan In-Service Pada Proses Hot Tap Pipa Penyalur Gas Alam Bertekanan*, Vol. 3 No. 1, 57-66.
9. Rahmat (2019), *Pengembangan Mesin Stirling Tipe Gamma Sebagai Tenaga Penggerak Kipas Angin*, *Jurnal Teknobiz* Vol.9 No.1, 28 – 36.
10. ASME. (2019). Section II Materials Part C Specifications for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metals Material. American Society of Mechanical Engineers.
11. ASME. (2019). Section V NonDestructive Examination. American Society of Mechanical Engineers.
12. Aqoba. Z. R, Rianti R & Aulia. N. R (2018). *Identifikasi Safety Barrier Pekerjaan Hot Tapping Pipa Transmisi Gas Alam Menggunakan Metode Dypasi*, SEMNAS K3 PPNS, Vol.2 No.1.
13. API (2018), API specification 5L Specification for line pipe. Washington, D.C.: American Petroleum Institute.
14. ASTM (2015). E340-15, Standard Practice for Macroetching Metals and Alloys, ASTM International, West Conshohocken, PA. www.astm.org.
15. Boran, J (1987). The Hot Tapping of Sub Sea Pipelines. *Welding Review*, Vol 6, No 4, 283-284