

INTISARI

Pipa telah digunakan sejak lama untuk mengalirkan minyak dan gas bumi. Selama fase operasi, pipa tidak luput dari kerusakan dan degradasi sehingga harus diperbaiki agar dapat beroperasi normal dan aman. Salah satu metode perbaikan yang digunakan untuk pipa tanpa menghentikan aliran fluida di dalamnya adalah *in-service welding*. Namun, terdapat dua risiko penting pada metode *in-service welding* yaitu bocornya fluida saat pengelasan (*burn-through*) dan retak akibat hidrogen (*hydrogen induced cracking*). Untuk menghindari kedua risiko tersebut, parameter pengelasan harus diatur dengan baik dengan batasan tertentu. Pada *heat input* tinggi, risiko *burn-through* sangat mungkin terjadi sedangkan risiko *hydrogen cracking* pada HAZ cukup tinggi jika kekerasan melebihi 350 VHN.

Pada penelitian ini, pengelasan dilakukan secara melingkar pada konfigurasi *sleeve* tipe B berdiameter 4" dan tebal menggunakan metode pengelasan FCAW (semi otomatis) dengan aliran fluida di dalamnya. Alat yang digunakan untuk pengelasan adalah robot memutar sederhana pada pipa dan mesin las Daiden MIGI 200 dengan elektroda E71T-11 berdiameter 0,8 mm. Beberapa parameter pengelasan seperti arus, voltase, dan kecepatan *feed* elektroda diatur konstan berturut-turut sebesar 120 Ampere, 20 Volt, dan 7.5 meter/menit sementara kecepatan pengelasan divariasikan mulai dari tercepat 10 mm/detik hingga paling lambat 0.5 mm/detik. *Thermocouple* dipasang di jarak yang sangat dekat dengan manik las untuk mencatat siklus termal yang terjadi. Setelah pengelasan dilakukan, hasil las yang cukup representatif kemudian dipotong dan struktur mikro yang terjadi diamati. Terakhir, uji kekerasan dilakukan pada HAZ menggunakan alat Vickers Hardness Testing.

Pengelasan *in-service* pada berbagai skenario kecepatan tinggi hingga paling rendah tidak menyebabkan *burn-through*. Kekerasan pada las sendiri teramati lebih tinggi dari HAZ. Sementara itu, kekerasan pada CGHAZ lebih tinggi daripada pada FGHAZ. Kekerasan HAZ cenderung meningkat seiring bertambahnya kecepatan pengelasan. Nilai kekerasan maksimum untuk kecepatan 1 mm/s, 6 mm/s, dan 10 mm/s (atau heat input 4800 J/mm, 400 J/mm dan 240 J/mm) berturut-turut sebesar 250, 351, dan 465 VHN. Menimbang batasan kekerasan yang diacu, potensi terjadinya hydrogen cracking dapat diamati pada kecepatan pengelasan 6 mm/s (heat input 400 J/mm) sehingga direkomendasikan agar pengelasan dilakukan dengan kecepatan di bawah itu.

Kata kunci: *in-service welding*, pipa, API 5L Grade B, *sleeve*, *burn-through*, *hydrogen cracking*, kekerasan HAZ

ABSTRACT

Pipeline has been utilised for decades as a critical means of transporting oil and gas fluids. During operational phase, it is inevitable to avoid degradation and other mechanism of damage thus repairing the pipe is paramount to maintain its function and safety. In-service welding is one of the most common method to repair the pipe without interrupting fluid flowing. However, it is interesting to account two factors of risks associated with in-service welding: burn-through and hydrogen cracking phenomenon. To avoid those risks, welding parameters should be controlled carefully within certain limit. When the heat input applied to the welding process is high, burn-through risk is increasing. On the other hand, low heat input may promote hydrogen cracking in the HAZ area whenever the hardness is higher than 350 VHN.

In this research, circumferential welding on a type B sleeve is done on a 4" pipe employing FCAW semi automatic robot with water as the flowing medium. Daiden MIGi 200 is used as the welding machine and 0.8 mm E71T-11 electrode is fed to the workpiece. Welding parameters such as current, voltage, and wire speed are constant over welding process which are set to 120 Ampere, 20 Volt, and 7.5 meters/minute respectively. The welding travel speed is varied from 10 mm/s to 0.5 mm/s. In the vicinity of the edge of weld bead, thermocouple is installed to record thermal cycle. The weld specimen along with the pipe is then cut out then its microstructure constituent is observed. Lastly, hardness testing of the HAZ is carried out by Vickers Hardness Testing equipment.

Interestingly, no burn-through is observed at all scenario from high to very low speed leaving the other risk: hydrogen cracking to be analyzed by means of hardness criteria. The weldment apparently yields the highest hardness compared to the HAZ section. Along the HAZ line, CGHAZ is observed to have higher hardness than FGHAZ. The maximum HAZ hardness for 1 mm/s, 6 mm/s, dan 10 mm/s speed (or heat input of 4800 J/mm, 400 J/mm dan 240 J/mm) with flowing water of are 250, 351, dan 465 VHN respectively. It is reasonable to conclude that HAZ hardness is trending up with increasing welding travel speed. Hydrogen cracking risk is highly likely to occur at welding travel speed of 6 mm/s (heat input 400 J/mm), consequently it is best to control the speed lower than the reference value.

Keywords: in-service welding, pipe, API 5L Grade B, sleeve, burn-through, hydrogen cracking, HAZ hardness