

INTISARI

Proses produksi gas hidrogen melalui *steam methane reforming* sangat bergantung pada keandalan *tube reformer* baja paduan tahan panas yang beroperasi pada temperatur ekstrem hingga sekitar 1.000 °C dan tekanan internal sebesar 17 bar. Salah satu material yang telah dikembangkan saat ini dan umum digunakan adalah G4852 *Micro R*, namun material ini dapat mengalami perubahan mikrostruktur saat terpapar kondisi panas berlebih dan mengakibatkan terjadinya kegagalan lebih awal dibandingkan dengan desain yaitu selama 100.000 jam atau sekitar 11,4 tahun. Pada sebuah unit *hydrogen plant* kilang minyak dan gas, *tube radiant* SMR mengalami kegagalan setelah hanya beroperasi selama 2,16 dan 2,97 tahun. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui mode kegagalan, sifat mekanis *tube* yang mengalami kegagalan, mekanisme penyebab kegagalan dan rekomendasi untuk meningkatkan keandalan peralatan.

Dalam penelitian ini dilakukan pemeriksaan visual menggunakan alat SEM EDS, metode *Non Destructive Test* (NDT), uji tarik, uji kekerasan dan uji komposisi. Data yang didapatkan akan dilakukan analisa dan pembahasan. Kurva Larson Miller Parameter (LMP) digunakan sebagai prediksi paparan *Tube Metal Temperatur* (TMT) menggunakan data teknis, operasional dan historis umur layan sebelum terjadinya kegagalan.

Hasil pemeriksaan menunjukkan komposisi kimia material masih memenuhi ASTM A608. Pemeriksaan metalografi menunjukkan terjadi degradasi mikrostruktur pada salah satu sisi *tube* yang di dekat burner dan sambungan las. Terjadi penurunan kekuatan material dan penurunan kekerasan material. Estimasi TMT berdasarkan LMP jika *tube* hanya beroperasi 2,16 tahun maka temperatur minimum TMT efektif yang menyebabkan kegagalan *creep* sebesar 1084 °C dan minimum TMT efektif kegagalan setelah 2,97 tahun sebesar 1077 °C. Berdasarkan hasil evaluasi kegagalan *tube* terjadi melalui mekanisme *creep* yang dipercepat oleh *localized overheating*. Dalam rangka untuk meningkatkan keandalan peralatan direkomendasikan untuk rutin pemeriksaan nyala api burner dan visual *tube radiant*.

Kata Kunci: *Steam methane reforming*, analisis kegagalan, *Larson Miller Parameter*.

ABSTRACT

Hydrogen production through steam methane reforming (SMR) strongly depends on the reliability of heat-resistant alloy reformer tubes operating at extreme temperatures of up to approximately 1,000 °C and an internal pressure of 17 bar. G4852 Micro R is one of the currently developed and commonly used materials. However, exposure to overheating can induce microstructural changes and lead to premature failure before the intended design life of 100,000 hours, or approximately 11.4 years, is reached. In a hydrogen plant at an oil and gas refinery, an SMR radiant tube failed after only 2.16 years of operation. This study aimed to identify the failure mode, evaluate the mechanical properties of the failed tube, determine the failure mechanism, and provide recommendations for improving equipment reliability.

The investigation comprised visual examination, scanning electron microscopy–energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM–EDS), non-destructive testing (NDT), tensile testing, hardness testing, and chemical composition analysis. The resulting data were subsequently analyzed and evaluated. The Larson–Miller Parameter (LMP) was used to estimate the tube metal temperature (TMT) based on technical data, operating conditions, and the service history prior to failure.

The examination results show that the chemical composition of the material still meets ASTM A608 standards. Metallographic inspection revealed microstructural degradation on one side of the tube near the burner and weld joint. A decrease in material strength and hardness was observed. Based on LMP estimation, if the tube operates only for 2.16 years, the minimum effective TMT temperature causing creep failure is 1084 °C, while after 2.97 years the minimum effective TMT temperature is 1077 °C. The evaluation results indicate that tube failure occurred through a creep mechanism accelerated by localized overheating. To improve equipment reliability, routine inspection of burner flame and visual monitoring of radiant tubes is recommended.

Keywords: Steam methane reforming, failure analysis, Larson–Miller Parameter