

# BAB I

## PENDAHULUAN

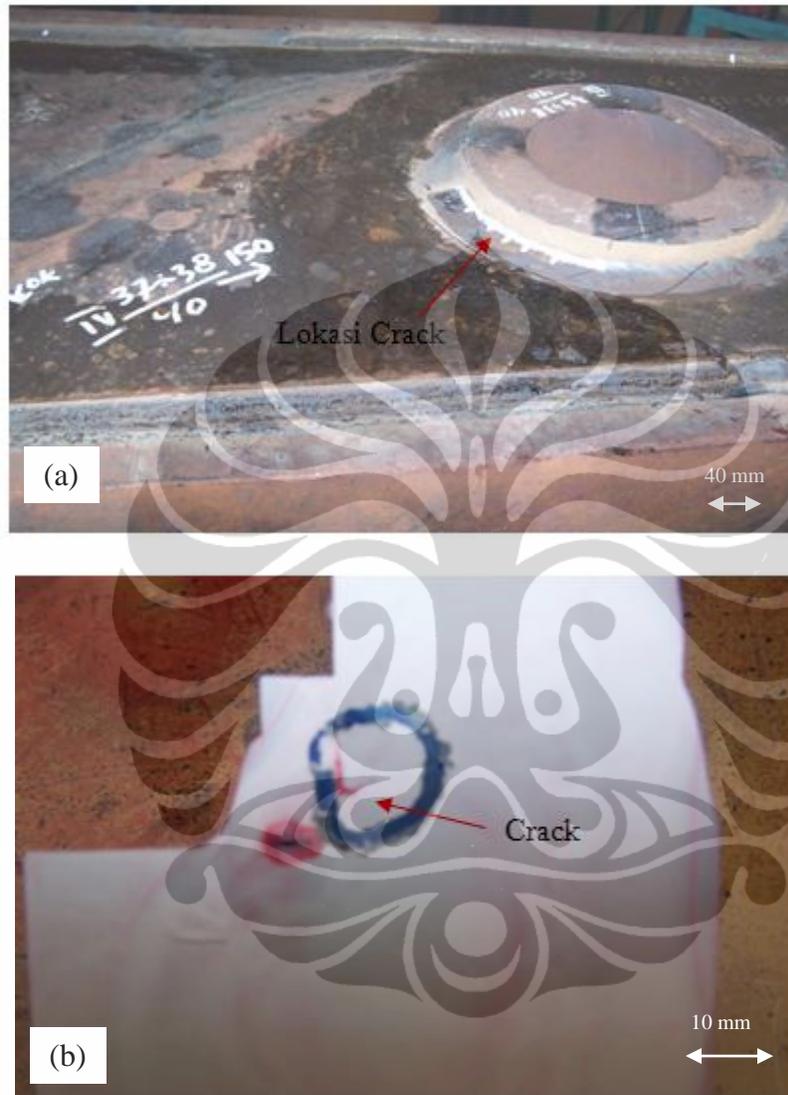
### 1.1. Latar Belakang

Dewasa ini, kebutuhan alat-alat berat untuk menunjang kegiatan industri pertambangan semakin meningkat dengan pesat. Hal tersebut didorong oleh adanya kebutuhan produksi hasil tambang yang cukup besar. Berbagai jenis alat berat digunakan di pertambangan terutama *excavator* yang memiliki kapasitas angkut yang cukup besar. Berbeda dengan *excavator* kelas kecil (*small size class*) atau menengah (*medium size class*), *excavator* dengan kelas besar (*big size class*) dirancang dengan kekuatan struktur rangka yang sangat kokoh dengan menggunakan pelat baja tebal ( $\geq 25\text{mm}$ ) dan material baja kekuatan tinggi terutama pada bagian *work equipment*. Hal ini disebabkan *work equipment* sering mengalami pembebanan yang besar dan terus-menerus selama pengoperasian *excavator*.

Proses pengelasan komponen *excavator*, seperti pada bagian *arm*, yang menggunakan pelat baja tebal dan material baja kekuatan tinggi perlu dilakukan dengan menggunakan teknik pengelasan khusus. Teknik tersebut digunakan karena sering ditemukannya cacat las pada proses pengelasan *arm* berupa retakan (*cracks*) di bagian sambungan *boss arm* pada kedalaman tertentu dari permukaan pelat. Retakan ini dapat dideteksi dengan menggunakan pengecekan ultrasonik beberapa waktu (satu hari) setelah proses pengelasan selesai. Posisi retakan dan hasil pengecekan sampel potongan *arm* ditunjukkan pada Gambar 1.1. Oleh karena retak terjadi pada kondisi temperatur rendah dan adanya *delay* waktu, retak ini diperkirakan sebagai retak dingin (*cold cracking/delay cracking*).

Untuk mencegah terjadinya retak, telah dilakukan beberapa uji coba di PT X dengan cara mengubah beberapa parameter pengelasan dan *welder*. Namun, hasilnya masih ditemukan adanya retakan pada bagian *boss arm* sehingga memerlukan proses

perbaikan (*repair*). Hal tersebut mengakibatkan waktu produksi *arm* secara total menjadi semakin lama.



Gambar 1.1 (a) Posisi Retak di Bagian *Boss Arm* Hasil Pengecekan Ultrasonik  
(b) Posisi Retak pada Sampel Potongan *Boss Arm*

Pada pengelasan *arm excavator* kelas kecil hingga menengah, tidak pernah ditemukan adanya retak terutama pada bagian *boss arm*. Hal ini disebabkan *arm excavator* pada kelas tersebut umumnya menggunakan pelat tipis (<25 mm) dengan material baja karbon rendah yang mana proses pengelasannya relatif lebih mudah (tidak memerlukan perlakuan khusus).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengetahui bagaimana mekanisme terjadinya retak dingin selama proses pengelasan dan tindakan pencegahannya. Beberapa penelitian tersebut diantaranya adalah seperti yang telah dilakukan oleh **H.J.Kim** dan **B.Y.Kang** <sup>[1]</sup> dalam penelitiannya yang dilakukan pada tahun 2002 berjudul : “*Effect of Microstructural Variation on Weld Metal Cold Cracking of HSLA-100 Steel* “ menyimpulkan bahwa retak dingin pada *weld metal* kekuatan tinggi dikontrol terutama oleh variasi lokal struktur mikro dan sedikit dipengaruhi variasi kekerasan mikro. Oleh karena itu, sensitivitas *multipass weld metal* berbeda dari lokasi ke lokasi karena variasi struktur mikro yang dibangun selama pengelasan *multipass*. Sensitivitas struktur mikro ditemukan berupa struktur butir *columnar*. Lebih lanjut, peningkatan kekerasan mikro lokal tidak berhubungan dengan peningkatan sensitivitas terhadap retak dingin.

Pada tahun 2008, **J.S.Seo, dkk** <sup>[2]</sup> melakukan penelitian dengan membandingkan pengaruh kawat las *Flux Core Arc Welding* (FCAW) yang mengandung %Ni yang berbeda terhadap *Hydrogen Induced Cold Cracking* (HICC) dan diberi judul : “ *Microstructural Parameter Controlling Weld Metal Cold Cracking*” menyimpulkan bahwa parameter struktur mikro berdasarkan komposisi kimia *weld metal* seperti karbon ekuivalen atau kekuatan *weld metal* tidak berhasil menjelaskan perbedaan ketahanan terhadap HICC dari deposit FCAW. Oleh karena itu, apabila HICC terjadi dengan tipe retakan *Chevron*, parameter baru ditunjukkan oleh persentase *grain boundary ferrite* (%GF) sehingga sensitivitas HICC pada struktur mikro lasan dapat ditentukan secara kuantitas.

Pada tahun 2003, **Pekka Nevasmaa** <sup>[3]</sup> melakukan penelitian yang berjudul : “*Predictive Model for The Prevention of Weld Metal Hydrogen Cracking in High-Strength Multipass Welds*” yang menyimpulkan antara lain bahwa :

1. *Hydrogen cracking* terjadi pada *extra high strength weld metal* dimana memiliki kekuatan *yield* 580 ~ 900 MPa. Dalam kisaran tersebut, retak tergantung pada kekuatan dan kadar difusi hidrogen lasan.

2. Untuk kekuatan *weld metal intermediate*, kekuatan *yield* 500 ~ 590 MPa, retak pada pengelasan SMAW terjadi ketika waktu dari proses pengelasan ke proses NDT adalah 7 hari dan pada kandungan hidrogen lasan tinggi (15mL/100g).
3. Untuk kekuatan *weld metal* rendah, kekuatan *yield*  $\leq 480$  MPa, tidak menunjukkan *hydrogen cracking* pada beberapa kondisi yang diuji.
4. Pada pengelasan multipass yang tebal, *hydrogen cracking* dipengaruhi oleh kekuatan tarik *weld metal*, kadar difusi hidrogen lasan, dan kekuatan *longitudinal residual stress* lasan.
5. Pengaruh waktu *interpass* dan *heat input* tidak dapat terukur pada *weld metal hydrogen cracking*.

Pada tahun 2001, **G.L.F Powell, dkk** <sup>[4]</sup> melakukan penelitian mengenai hubungan antara *cold cracking* dan segregasi yang diberi judul : “*Cold Cracking and Segregation in Multi-Pass Welds of a Quenched and Tempered Steel*”. Dari penelitian ini, ditemukan bukti bahwa segregasi terjadi selama proses pembekuan lasan *low alloy steel*. Segregasi mikro tampak muncul bersamaan dengan retakan pada *fish eye*. Porositas gas kecil, yang diduga hidrogen, ditemukan di daerah awal patahan pada masing-masing *fish eye*.

Pada tahun 1988, **Y.B. Sun dan J.E. Indacochea** <sup>[5]</sup> melakukan penelitian yang diberi judul : “*Hydrogen Induced Cracking in Cold Working AISI 4140 Steel Welds*” yang menyimpulkan bahwa *cold work* dapat meningkatkan sensitivitas *hydrogen induced cracking* pada *high alloy steel*. Penghalusan butir pada spesimen lasan hasil proses *cold work* dapat mengurangi sensitivitas retak akibat hidrogen tetapi tidak dapat mengatasi efek negatif *residual stress*. Spesimen lasan dengan arah kampuh las tegak lurus terhadap arah *rolling (rolling direction)* lebih sensitif terhadap retak akibat hidrogen daripada spesimen las dengan kampuh las arah longitudinal. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi dan tingkat tegangan sisa mempengaruhi retak akibat hidrogen.

## 1.2. Tujuan

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk :

- Menganalisa adanya fenomena *cold cracking* pada kasus retakan yang terjadi setelah proses pengelasan *boss arm excavator* yang menggunakan pelat tebal dan material baja paduan rendah kekuatan tinggi (HSLA).
- Mempelajari metoda pencegahan retak pada pengelasan *boss arm excavator* dengan cara menganalisa pengaruh pengontrolan temperatur pengelasan terhadap fenomena *cold cracking*.

## 1.3. Perumusan Masalah

Pada proses pengelasan *arm excavator*, sering ditemukan adanya retak di daerah lasan bagian *boss arm* tersebut. Retak ini biasanya terjadi pada kondisi temperatur rendah dan diketahui setelah beberapa waktu (1 hari) setelah proses pengelasan berlangsung. Berdasarkan hal tersebut, retak ini diindikasikan sebagai retak dingin (*cold cracking/delay cracking/ hydrogen induced cracking*) <sup>[6]</sup>.

Retak dingin tergantung pada tiga faktor yang saling berinteraksi yaitu : (i) hadirnya hidrogen dalam baja yang berinteraksi, (ii) terciptanya tegangan sisa yang tinggi, dan (iii) adanya struktur mikro yang sensitif terhadap retak seperti martensit <sup>[7]</sup>. Struktur mikro pada baja yang dilas dipengaruhi oleh komposisi kimia, kecepatan pemanasan dan laju pendinginan <sup>[6]</sup>.

Pelat *arm excavator* menggunakan jenis material baja paduan rendah kekuatan tinggi/*High Strength Low Alloy Steel* (HSLA) yang memiliki komposisi kimia dengan nilai karbon ekuivalen (CE) yang cukup tinggi. Berdasarkan nilai karbon ekuivalen tersebut, baja paduan rendah kekuatan tinggi memiliki sensitivitas retak dingin yang tinggi. Selain itu, pelat *arm excavator* menggunakan tebal 40 mm termasuk kategori pelat tebal ( $\geq 25$  mm). Berbeda dengan pelat tipis, pelat tebal mengalami proses pendinginan pengelasan relatif lebih cepat karena daya serap panas lebih besar jika dibanding dengan pelat tipis. Kondisi pelat yang tebal mengharuskan dilakukannya pengontrolan temperatur untuk menghindari proses pendinginan cepat

yang mungkin mengakibatkan terbentuknya struktur mikro yang keras yaitu martensit yang akan memicu terjadinya retak dingin.

Bertitik tolak dari uraian di atas, dapat dirumuskan permasalahan yang dihadapi adalah bagaimana mengontrol laju pendinginan selama proses pengelasan agar dapat mencegah terjadinya retak dingin pada proses pengelasan *arm excavator*.

#### 1.4. Pembatasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada kegiatan proses pengelasan dengan parameter tertentu dan hasilnya akan digunakan untuk analisa penyebab terjadinya retak dingin. Untuk mendapatkan hasil yang mendekati kondisi sebenarnya, benda uji yang digunakan untuk pengelasan dibuat dengan bentuk, ukuran dan material yang menyerupai *boss arm excavator*. Pada penelitian ini, tidak dilakukan analisa terhadap segi rancangan struktur atau rancangan *arm excavator* karena rancangan telah teruji handal dalam aplikasinya di lapangan.

Adapun batasan-batasan lain yang berkenaan dengan penelitian ini adalah :

1. Material logam induk yang digunakan : Pelat baja HSLA dengan tipe SHT780B spesifikasi KES 07.116<sup>[8]</sup> yang memiliki tebal 40 mm dan *hollow bar* dengan tipe S45C spesifikasi KES 07.211.1<sup>[9]</sup> berdiameter 250 mm dan tebal 40mm.
2. Proses pengelasan yang digunakan:
  - Las Gas Metal Arc Welding (GMAW)
3. Kawat las yang digunakan :
  - Spesifikasi AWS A5.18 ER70S-6, diameter 1.2 mm
4. Parameter las yang digunakan mengikuti parameter las yang tercantum pada WPS :
  - Arus las : 280 ~ 300 Amper
  - Voltase las : 30 ~ 32 Volt
5. Gas Pelindung (*shielding gas*) yang digunakan :
  - CO<sub>2</sub> dan campurannya (80% CO<sub>2</sub> + 20% Ar )

6. Variabel penelitian yang digunakan adalah kontrol laju pendinginan dengan menggunakan media :

- Didinginkan di udara
- Didinginkan menggunakan *blanket*
- Didinginkan menggunakan *heater electric*

7. Pemeriksaan-pemeriksaan yang dilakukan :

- Pengecekan *Non Destructive Test* (NDT) dengan ultrasonik
- Pengamatan visual
- Temperatur pendinginan diukur dengan menggunakan *infra red temperature gun* dan *data recorder* dari *heater electric*.
- Distribusi kekerasan pada daerah logam induk, HAZ dan logam las
- Pengamatan struktur mikro : mikroskop optik
- Pengamatan fraktografi : SEM

