BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri pengolahan kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis dalam agroindustri Indonesia yang berperan penting dalam mendukung perekonomian nasional. Efisiensi proses ekstraksi minyak kelapa sawit sangat ditentukan oleh kinerja unit *screw press* sebagai komponen utama pada stasiun pengepresan. *Screw press* bekerja pada kondisi tekanan tinggi dan beban berulang untuk memisahkan minyak kasar (Crude Palm Oil) dari serat dan biji, sehingga keandalan setiap komponen penyusunnya menjadi faktor krusial dalam menjaga kontinuitas dan efisiensi produksi (Silalahi, 2021).

Salah satu komponen paling kritis pada mesin *screw press* adalah *press cage*, yaitu selubung silindris berlubang yang berfungsi sebagai jalur keluarnya minyak selama proses pengepresan sekaligus menahan beban mekanis akibat dorongan ulir dan tekanan material buah sawit. *Press cage* umumnya terbuat dari baja struktural dan memiliki jumlah lubang yang sangat banyak, sehingga selama operasi mengalami kombinasi pembebanan tekan, tarik, geser, serta gesekan secara terus-menerus. Kondisi kerja tersebut menyebabkan *press cage* beroperasi pada lingkungan pembebanan berat dan berulang, yang meningkatkan risiko terjadinya kerusakan struktural (Hikmawan dkk., 2020).

Keberadaan lubang-lubang pada struktur *press cage* secara mekanis menimbulkan konsentrasi tegangan (stress concentration), terutama di sekitar tepi lubang. Fenomena konsentrasi tegangan akibat diskontinuitas geometri seperti lubang telah lama diketahui sebagai faktor utama pemicu kegagalan struktural pada komponen teknik. Konsentrasi tegangan ini semakin diperparah oleh variasi pembebanan selama operasi *screw press* , sehingga menjadikan area di sekitar lubang sangat rentan terhadap inisiasi retak.

Retak yang terbentuk dapat berkembang secara progresif (Crack Growth) akibat pembebanan berulang dan pada akhirnya menyebabkan kegagalan struktural (Bergara dkk., 2017). Berbagai penelitian numerik dan eksperimental menunjukkan bahwa kerusakan pada pelat berlubang berkaitan erat dengan distribusi tegangan yang tidak merata serta interaksi antara lubang dan retak, yang dapat mempercepat perambatan retak menuju kondisi kritis (Diao dkk., 2014). Kegagalan *press cage* tidak hanya mengakibatkan kerusakan komponen, tetapi juga berdampak langsung pada *downtime* produksi, peningkatan biaya perawatan, serta penurunan efisiensi ekstraksi minyak (Raja dkk., 2022).



Gambar 1. 1 Kegagalan pada *Press cage*

Gambar 1.1 menunjukkan kondisi kegagalan yang terjadi pada komponen *press cage* di lapangan. Berdasarkan hasil pengamatan visual, kegagalan ditandai dengan munculnya retak (crack) pada bagian dinding silinder/lubang *press cage*, yang diduga bermula dari titik konsentrasi tegangan akibat beban tekan berulang selama proses pengempaan (pressing) buah kelapa sawit. Retak tersebut menjalar secara bertahap seiring dengan siklus pembebanan yang terjadi secara terus-menerus selama operasional mesin, hingga akhirnya menyebabkan penurunan kekuatan struktural komponen dan berpotensi mengakibatkan kegagalan total (fracture). Fenomena ini sejalan dengan mekanisme kegagalan fatik (fatigue failure) yang umum terjadi pada komponen logam yang menerima beban siklik dalam jangka waktu panjang, sebagaimana akan dianalisis lebih lanjut

menggunakan pendekatan *crack propagation* berbasis metode elemen hingga (Finite element analysis) pada software ANSYS *Workbench*.

Dalam praktik industri, analisis kerusakan *press cage* masih sering bersifat reaktif, yaitu dilakukan setelah kegagalan terjadi. Pendekatan ini kurang efektif karena tidak mampu memprediksi jalur perambatan retak dan lokasi kritis sebelum kegagalan total terjadi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan analisis yang mampu mengevaluasi perilaku retak secara komprehensif sejak tahap inisiasi hingga *propagasi*. Perkembangan metode numerik, khususnya *Finite element analysis* (FEA), memungkinkan analisis mekanika retak dilakukan secara mendalam dan efisien tanpa memerlukan pengujian eksperimental yang mahal serta kompleks (Fageehi dan Alshoaibi, 2024).

Perangkat lunak ANSYS dengan fitur SMART *Crack Growth* menyediakan kemampuan untuk memodelkan pertumbuhan retak secara otomatis berdasarkan prinsip *Linear Elastic Fracture Mechanics* (LEFM) (ANSYS Inc., 2023). Fitur ini mampu menghitung nilai *Stress intensity factor* (SIF), menentukan arah perambatan retak, serta melakukan *remeshing* adaptif pada geometri yang kompleks, seperti struktur berlubang pada *press cage*. Berbagai penelitian dalam sepuluh tahun terakhir menunjukkan bahwa simulasi berbasis FEA mampu memprediksi jalur propagasi retak dan evolusi nilai SIF dengan tingkat akurasi yang baik, khususnya pada struktur berlubang (Anderson, 2017).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis perilaku perambatan retak pada struktur *press cage* berlubang menggunakan pendekatan *Finite element analysis* (FEA) dengan ANSYS *SMART Crack Growth*. Fokus penelitian meliputi analisis jalur propagasi retak, distribusi tegangan, serta perkembangan nilai *Stress intensity factor* pada material baja S235J2 di bawah kondisi pembebanan tarik vertikal berlawanan arah. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme kegagalan *press cage*, serta menjadi dasar teknis dalam peningkatan desain, keandalan, dan umur pakai komponen *screw press* di industri pengolahan kelapa sawit.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan masalah dalam Penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perilaku perambatan retak pada *press cage* berlubang dapat dianalisis menggunakan metode *Finite element analysis* dengan fitur SMART *Crack Growth*?
2. Bagaimana pengaruh posisi *initial crack* terhadap pola *propagasi* retak pada *press cage* berbahan S235J2?
3. Bagaimana evolusi nilai *Stress intensity factor* selama proses perambatan retak pada struktur berlubang?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis perilaku perambatan retak pada *press cage* berlubang menggunakan metode *Finite element analysis* dengan *SMART Crack Growth.*
2. Mengkaji pengaruh *initial crack* terhadap jalur *propagasi* retak.
3. Menganalisis perkembangan nilai *Stress intensity factor* selama proses pertumbuhan retak.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memperluas penerapan metode *SMART Crack Growth* dari pelat ideal menuju komponen aktual industri.
2. Memberikan pemahaman mekanisme kegagalan *press cage* akibat interaksi lubang dan retak.
3. Menjadi dasar evaluasi keandalan dan umur pakai *press cage.*
4. Menjadi referensi teknis untuk pengembangan desain *press cage* yang lebih aman.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini meliputi:

1. Material yang dianalisis adalah baja S235J2.
2. Geometri yang dianalisis merupakan bagian *press cage* berlubang.
3. Analisis dilakukan menggunakan ANSYS *Workbench* dengan *SMART Crack Growth.*
4. Pembebanan berupa tarik vertikal berlawanan arah.
5. Material diasumsikan elastis linear, isotropik, dan homogen.
6. Efek plastisitas, kelelahan, korosi, dan temperatur tidak dianalisis.