

## REDUKSI PIPE STRESS PADA RANCANGAN SISTEM PERPIPAAN LOADING DAN UNLOADING BENGKULU BULKING STATION

Feri Irawan<sup>1</sup>, Sri Widodo<sup>2</sup>, Sigit Joko Purnomo<sup>3</sup>

Universitas Tidar

Ferimesin17@gmail.com

### ABSTRAK

Prospek perkembangan industri kelapa sawit kian hari kian meningkat seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat. Direktorat Jenderal Perkebunan (DJP) menghimpun data produksi kelapa sawit pada wujud produksi *Crude Palm Oil* (CPO). Bengkulu *Bulking Station* merupakan stasiun bongkar pasang CPO yang akan dikelola oleh PT. Pelindo II yang berlokasi di Pulau Baai, Bengkulu. Untuk memastikan keamanan sistem perpipaan yang akan dibangun perlu dilakukan analisis terlebih dahulu terhadap rancangan, analisis tersebut bisa dilakukan dengan metode manual yakni menggunakan rumus-rumus umum ataupun menggunakan bantuan *software*. Salah satu *software* yang sering digunakan untuk menganalisis tegangan pipa adalah Caesar II. Penelitian ini mendapatkan hasil tegangan yang diakibatkan pembebanan *sustained* pada jalur *loading* yang tertinggi pada node 440 dengan hasil perhitungan sebesar 34876,44 kN/m<sup>2</sup>, sedangkan jalur *unloading* yang tertinggi terjadi pada node 1160 dengan hasil 13653,9 kN/m<sup>2</sup>. nilai tegangan tersebut masih berada dibawah tegangan yang diizinkan yaitu 137895.18 kN, sedangkan deviasi perhitungan pipa manual dan *software* sebesar 48% yang diakibatkan karena perhitungan menggunakan *software* menggunakan metode *finite* elemen sedangkan perhitungan manual menggunakan rumus-rumus umum.

**Kata Kunci:** *Caesar II, CPO, Loading, Sustained Load, dan Unloading.*

### ABSTRACT

*The prospects for the development of the palm oil industry are increasing day by day in line with the increasing needs of the community. The Directorate General of Plantations (DGT) collects data on oil palm production in the form of Crude Palm Oil (CPO) production. Bengkulu Bulking Station is a CPO unloading station which will be managed by PT. Pelindo II which is located on Baai Island, Bengkulu. To ensure the safety of the piping system to be built, it is necessary to conduct a preliminary analysis of the design, the analysis can be done manually using general formulas or using software assistance. One of the software that is often used to analyze pipe stress is Caesar II. This study obtained the results of the stress caused by sustained loading on the highest loading path at node 420 with a calculation result of 34876.44 kN/m<sup>2</sup>, while the highest unloading path occurred at node 1160 with a result of 13653.9 kN/m<sup>2</sup>. the stress value is still below the allowable stress, namely 137895.18 kN, while the deviation of manual and software pipe calculations is 48% due to calculations using software using the finite element method while manual calculations using general formulas.*

**Keyword:** *Caesar II, CPO, Loading, Sustained Load, dan Unloading.*

## PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas tumbuhan di Indonesia yang menghasilkan minyak sawit. Prospek perkembangan industri kelapa sawit kian hari kian meningkat seiring meningkatnya kebutuhan masyarakat, dimana terjadi peningkatan luas areal maupun produksi kelapa sawit. Pada tahun 2018, luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai 14.326.350 hektar. Untuk memaksimalkan potensi kelapa sawit tentunya seluruh pihak harus bekerja sama seperti industri, pemerintah, dan masyarakat. Salah satu industri yg bergerak dibidang CPO merupakan Bengkulu *Bulking Station*.

Bengkulu *Bulking Station* merupakan stasiun bongkar pasang CPO yang akan dikelola oleh PT. Pelindo II yang berlokasi di Pulau Baai, Bengkulu. Perancangan Proyek Bengkulu *Bulking Station* sebagian besar dikerjakan oleh PT. 3S *Engineering*. PT. 3S *Engineering* merupakan perusahaan Indonesia pertama yang dimiliki 100% oleh penduduk setempat yang berfokus pada teknik pipa dan bawah laut, dan analisis elemen hingga tingkat lanjut. Terdapat beberapa bagian dalam *Bulking Station*, yaitu sistem pemipaan, kompresor dan *receiver*, tangki timbun, *boiler* dan sistem *steam*, dan pompa.

Dalam sebuah aktivitas industri khususnya industri perminyakan seperti Bengkulu *Bulking Station*, keterkaitan antara satu subsistem dengan subsistem lainnya merupakan suatu hal yang sangat utama, karena dari subsistem tadi akan membentuk suatu sistem baku yang bisa menunjang keberhasilan suatu aktivitas industri CPO. Jika terjadi perubahan dalam satu subsistem otomatis akan mempengaruhi subsistem yang lainnya sehingga proses aktivitas akan mengalami kendala. Di dalam industri perminyakan salah satu sistem yang dipakai merupakan sistem perpipaan. Sistem perpipaan adalah penghubung antar *line* pada satu *plan* proses. Sistem perpipaan berfungsi untuk mengalirkan minyak menurut lokasi satu ke lokasi yang lain. Biasanya material pipa yang dipakai terbuat dari metal, maka sesuai dengan karakteristiknya, pipa akan memuai apabila dipanaskan dan mengalami pengerutan apabila didinginkan. Setiap

peristiwa pemuaian ataupun pengerutan dari pipa tadi, akan mengakibatkan penambahan ataupun pengurangan panjang pipa dari ukuran semula, pada skala horizontal.

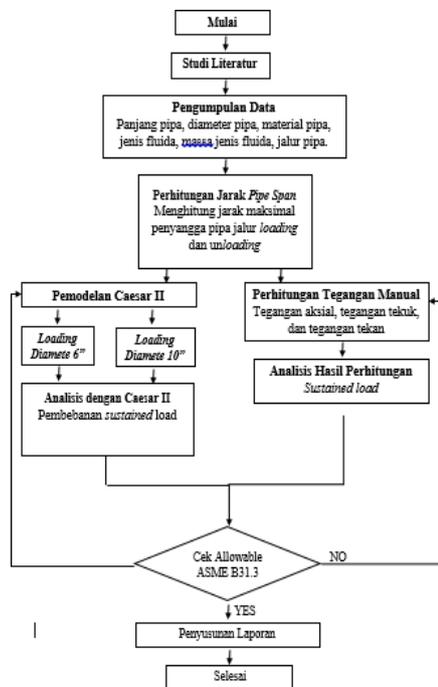
Menurut Parada Anugerah Pridyatama (2014), perancangan sistem perpipaan yang baik sangat diperlukan untuk menjamin keberlangsungan dari proses dan menjamin umur pemakaian berdasarkan sistem perpipaan sesuai dengan siklus rancangan. Parameter aman sendiri merupakan saat pipa sanggup menahan beratnya sendiri dalam syarat pembebanan karena tekanan pipa internal dan berat yang masih ada pada pipa dan karena pembebanan efek temperatur. Namun, fakta di lapangan masih banyak kegagalan-kegagalan yang ditemukan pada sistem perpipaan sehingga perlunya melakukan perhitungan *stress* pipa untuk mengetahui tegangan yang terjadi pada pipa dan sanggup diterima oleh pipa maupun *equipment* pendukung sehingga tidak terjadi kegagalan.

Penelitian terkait pereduksian tegangan rancangan sistem perpipaan juga dilakukan oleh Sugeng Haryono dkk (2014) dimana faktor yang sangat mempengaruhi kegagalan pada sistem perpipaan disebabkan karena penempatan *restraints* yang tidak sesuai dan tidak tepat. Hasil yang dilakukan pereduksian tegangan pada rancangan sistem perpipaan minyak ini dilakukan dengan cara menghilangkan *pipe stoppers* pada beberapa *node*, dimana diperoleh *output* yang optimal pada sistem perpipaan tersebut, secara keseluruhan hasil pereduksian tegangan pada sistem perpipaan dengan pembebanan *sustained loads*, *expansion loads*, dan *occasional loads* sudah memenuhi persyaratan *allowable*, yaitu tegangan, gaya-gaya, dan momen-momen yang bekerja dalam sistem perpipaan tidak melebihi batas *allowable stress* dan *allowable nozzle loads* yang sesuai dengan ASME B31.3 dan API Standard 610.

Berdasarkan permasalahan di atas, penelitian tugas akhir ini untuk mereduksi *pipe stress* pada instalasi sistem perpipaan Bengkulu *Bulking Station* yang mengacu pada standar ASME B31.3. Dimana *software* yang digunakan untuk analisis adalah Caesar II. Analisis tersebut dilakukan dalam upaya untuk menghindari kegagalan-kegagalan yang terjadi.

## METODE

Diagram alir yang digunakan dalam menganalisis rancangan sistem perpipaan bengkulu *bulking station* ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perhitungan Tegangan Manula Jalur Loading

#### a. Jarak Maksimum penyangga Pipa

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times z \times x \times Sh}{W}} = 3,63 \text{ m}$$

#### b. Tegangan Aksial

$$\sigma_{ax} = \frac{Fax}{Am} = 612,309 \text{ KN/m}^2$$

#### c. Tegangan Tekuk

$$S_b = \frac{M_b}{Z} = 4687,358 \text{ KN/m}^2$$

#### d. Pembebanan Sustained Loads

$$S_l = \sqrt{(|\sigma_{ax}| + S_b)^2 + (2S_t)^2}$$

$$S_l = 5299,746 \text{ KN/m}^2$$

### Perhitungan Tegangan Manual Jalur Unloading

#### a. Jarak Maksimum penyangga Pipa

$$L = \sqrt{\frac{0,4 \times z \times x \times Sh}{W}} = 2,95 \text{ m}$$

#### b. Tegangan Aksial

$$\sigma_{ax} = \frac{Fax}{Am} = 890,966 \text{ KN/m}^2$$

#### c. Tegangan Tekuk

$$S_b = \frac{M_b}{Z} = 4566,047 \text{ KN/m}^2$$

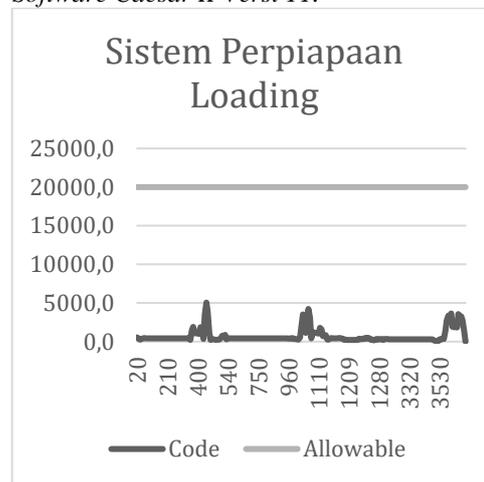
#### d. Pembebanan Sustained Loads

$$S_l = \sqrt{(|\sigma_{ax}| + S_b)^2 + (2S_t)^2}$$

$$S_l = 5457,018 \text{ KN/m}^2$$

### Hasil Simulasi Caesar II jalur Loading

Pada gambar 2 ditampilkan hasil analisis perhitungan tegangan yang diakibatkan oleh *sustained load* dengan menggunakan *Software Caesar II Versi 11*.



### Hasil Simulasi CaesarII Jalur Unloading

Pada gambar 3 ditampilkan hasil analisis perhitungan tegangan yang diakibatkan oleh *sustained load* dengan menggunakan *Software Caesar II Versi 11*.



### Pembahasan

Pada gambar 2 diatas hasil dari perhitungan *Software CAESAR Versi 11* menunjukkan

bahwa tegangan terbesar yang ditimbulkan akibat beban *sustained* ( $\sigma_l$ ) terjadi pada node 440 dengan tegangan tekuk ( $\sigma_b$ ) sebesar 34246.259 kN/m, sehingga tegangan akibat beban *sustained* sebesar 34872.303 kN/m<sup>2</sup> dengan rasio 25.3 %. Tegangan yang diakibatkan beban *sustained* pada setiap node yang dianalisis dengan *software* CAESAR II.10.18 pada gambar 4.7 diatas, menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi batas besaran maksimal tegangan (*allowable stress*) material sebesar 137878,4 kN/m<sup>2</sup>, maka pada jalur pipa yang dianalisis ini tidak mengalami *overstress*.

Pada gambar 3 diatas hasil dari perhitungan *Software Caesar II Versi 11* menunjukkan bahwa tegangan terbesar yang ditimbulkan akibat beban *sustained* ( $\sigma_l$ ) terjadi pada node 1560 dengan tegangan tekuk ( $\sigma_b$ ) sebesar 121081 kN/m<sup>2</sup> sehingga tegangan akibat *sustained* sebesar 122941 kN/m<sup>2</sup> dengan rasio 89.2%. Tegangan yang diakibatkan beban *sustained* pada setiap node yang dianalisis dengan *Software Caesar II Versi 11* pada gambar 4.8 diatas, menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi batas besaran maksimal tegangan (*allowable stress*) material sebesar 137878,4 kN/m<sup>2</sup>, maka pada jalur pipa yang dianalisis ini tidak mengalami *overstress*.

Perhitungan tegangan manual yang ditimbulkan akibat beban *sustained* yang terjadi pada node 440 sebesar 5359,79 kN/m<sup>2</sup> sedangkan pada node 1160 sebesar 4630,18 kN/m<sup>2</sup>, namun dari kedua perhitungan tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang terjadi tidak melebihi batas besaran maksimal tegangan (*allowable stress*) material sebesar 137878,4 kN/m<sup>2</sup>.

Perhitungan tegangan pipa menggunakan *software* dan menggunakan manual memiliki selisih perhitungan, hal ini dikarenakan pada perhitungan manual masih menggunakan rumus-rumus umum sedangkan perhitungan menggunakan *software* sudah dilengkapi dengan finite elemen, sehingga perhitungan *software* hasilnya lebih teliti daripada menggunakan perhitungan manual.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan *pipe stress* pada rancangan sistem perpipaan Bengkulu *Bulking Station* jalur *loading* dan *unloading* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai tegangan pipa yang diakibatkan pembebanan *sustained* (SI) pada jalur *loading* yang tertinggi terjadi pada node 440 dengan hasil perhitungan yaitu sebesar 34876.44 kN/m<sup>2</sup>, dan nilai tegangan tersebut masih berada dibawah batas tegangan yang diizinkan oleh ASME code B31.3 (Sh) yaitu sebesar 137895,18 kN/m<sup>2</sup> sehingga rancangan sistem perpipaan ini aman untuk dibangun.
2. Nilai tegangan pipa yang diakibatkan pembebanan *sustained* (SI) pada jalur *unloading* yang tertinggi terjadi pada node 1160 dengan hasil perhitungan yaitu sebesar 13653.9 kN/m<sup>2</sup>, dan nilai tegangan tersebut masih berada dibawah batas tegangan yang diizinkan oleh ASME code B31.3 (Sh) yaitu sebesar 137895,18 kN/m<sup>2</sup> sehingga rancangan sistem perpipaan ini aman untuk dibangun.
3. Deviasi hasil perhitungan tegangan pipa terbesar yang diakibatkan oleh *sustained load* (SI) antara metode perhitungan manual dengan perhitungan *software caesar* pada jalur *loading* sebesar 26,04% sedangkan jalur *unloading* sebesar 39%

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] DJP. (2019). *STATISTIK PERKEBUNAN INDONESIA 2018 – 2020*. Jakarta: Direktorat jenderal perkebunan.
- [2] Haryono, S., & Purwadi, M. D. (2014). Analisis Tegangan Sistem Perpipaan Minyak pada Sisi Hisap Pompa dengan Perangkat Lunak Caesar II. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia*, 16(2).
- [3] Pridyatama, P. A., & Kurniawan, B. A. (2014). Analisa Rancangan Pipe Support pada Sistem Perpipaan High Pressure Vent Berdasarkan Stress Analysis dengan Pendekatan Caesar II. *Jurnal Teknik ITS*, 3(2), F168-F173.