

ANALISA TEGANGAN *TUBE BUNDLE* PADA *REBOILER UNIT DHP E-460* DENGAN MENGGUNAKAN *AUTODESK INVENTOR*

Hendri Chandra^[1]; Darmawi^[1]; Aidil Firsarianda^[2]

^[1]Dosen Tetap Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

^[2]Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

E-mail: aidilfirsarianda@yahoo.com

Jl. Raya Palembang – Prabumulih Km. 32 Kec. Indralaya Ogan Ilir 30662

ABSTRAK

Tube bundle merupakan salah satu komponen utama pada *reboiler unit DHP E-460*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisa distribusi tegangan, tegangan maksimal yang terjadi pada *tube* akibat *internal pressure* dan faktor keamanan *tube* pada saat beroperasi dalam kondisi normal. Pada penelitian ini juga akan melakukan simulasi dengan memasukkan faktor laju korosi yang menyebabkan penipisan pada dinding *tube*. Analisa dilakukan menggunakan metode elemen hingga (MEH) dengan bantuan perangkat lunak untuk memperoleh hasil yang diinginkan dengan memasukkan input data berupa pemodelan dari *tube bundle*, jenis material, kondisi batas dan pembebanan yang terjadi. Penelitian ini dilakukan dengan model tiga dimensi, dimaksudkan agar memperoleh hasil yang lebih akurat. Hasil dari penelitian ini yaitu gambaran secara visual mengenai distribusi tegangan, tegangan maksimal yang terjadi pada *tube* akibat tekanan dari dalam, daerah-daerah yang mengalami tegangan kritis pada *tube bundle*, faktor keamanan serta apa saja upaya yang dapat dilakukan untuk menekan laju kerusakan pada *tube bundle*. Setelah penelitian dilakukan diharapkan agar proses kerusakan pada *tube* dapat dikurangi. Selain itu, penelitian ini juga dimaksudkan untuk menambah pengetahuan mengenai tegangan pada *tube*.

Kata Kunci: Analisa Tegangan, *Tube Bundle*, Metode Elemen Hingga, Model Tiga Dimensi.

1. Pendahuluan

Kerusakan pada sebuah komponen mesin. Kerusakan pada sebuah komponen mesin sangat mungkin terjadi disemua bidang teknik. Kerusakan yang terjadi biasanya meliputi kerusakan pada suatu pabrik konstruksi, bangunan, maupun komponen – komponen mesin dari elemen yang paling kecil hingga komponen yang sangat vital dalam konstruksi mesin itu sendiri. Pada kondisi tertentu, mesin berjalan tidak normal terkadang bisa diakibatkan oleh komponen yang kecil. Masalah timbul bukan hanya dari tidak bekerjanya komponen vital saja, akan tetapi juga bisa berasal dari komponen yang kecil dari mesin tersebut.

Komponen mesin dibuat untuk dapat beroperasi pada suatu umur yang direncanakan. Pada kenyataannya terkadang kerusakan terjadi lebih dini dari yang diperkirakan, sehingga mengganggu produktivitas suatu pabrik. Kerusakan suatu komponen dapat disebabkan oleh berbagai jenis beban, antara lain beban statis, beban dinamis, dan beban *thermal*, serta dapat juga disebabkan oleh beban-beban gabungan yang sangat membahayakan suatu komponen.

Sedangkan ditinjau dari modus kerusakan suatu komponen dapat terjadinya akibat deformasi plastis, kerusakan akibat kelelahan material (*fatigue*), kerusakan akibat serangan korosi, kerusakan akibat *creep*, *stress rupture*, kerusakan akibat adanya hidrogen yang berpenetrasi, logam cair yang berpenetrasi dan lain – lain yang masing – masing memiliki mekanisme dan karakteristik yang berbeda – beda.

Pada kasus kerusakan *tube bundle reboiler unit DHP E-460*, masalah yang terjadi berupa kebocoran *tube bundle* akibat tekanan dan temperatur yang tidak konstan. Kerusakan yang terjadi menyebabkan komponen yang sangat vital tersebut tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya sehingga gagal menjalankan fungsinya. Komponen yang beroperasi dengan tekanan dan temperatur di atas tekanan dan temperatur kamar ini menyebabkan komponen ini mengalami kebocoran yang mengakibatkan *hot oil* bercampur dengan gas. Komponen yang mengalami kerusakan tersebut harus diganti dengan komponen yang lain agar bisa beroperasi dengan normal kembali.

Penelitian terhadap distribusi tegangan pada *tube bundle reboiler unit DHP (E-460)* dapat dilakukan dengan simulasi menggunakan *Autodesk Inventor*, maka dapat diperoleh distribusi tekanan yang terjadi pada *tube bundle reboiler unit DHP E-460* sehingga kita dapat mengetahui titik kritis yang terjadi. Berdasarkan hasil simulasi kita dapat mengamati tegangan yang terjadi akibat tekanan dan panas dari media pemanas.

1.1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah dapat dirumuskan sebagai berikut "*Tube bundle merupakan sebuah alat pada reboiler unit DHP E-460 yang berfungsi mengalirkan fluida pemanas. Pada saat masa pemakaian, sering terjadi kerusakan sebelum umur yang telah diprediksi. Dalam penelitian ini penulis akan menentukan seberapa besar pengaruh dari tegangan terhadap kerusakan yang terjadi serta menentukan bagian kritis pada tube bundle reboiler unit DHP E-460 dengan cara mensimulasikannya dengan bantuan perangkat lunak Autodesk Inventor*".

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Untuk menentukan distribusi tegangan yang terjadi pada *tube bundle reboiler unit DHP E-460* pada saat dioperasikan dan mempelajarinya.
2. Menentukan tegangan kritis yang terjadi pada *tube bundle* akibat dari pembebanan pada saat operasi.
3. Menentukan peran dari distribusi tegangan dan faktor korosi terhadap kerusakan yang selama ini terjadi pada *tube bundle*.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Metode Elemen Hingga

Metode elemen hingga adalah metode numerik yang digunakan sebagai salah satu solusi pendekatan untuk memecahkan berbagai permasalahan fisika. Dasar dari metode elemen hingga adalah membagi benda kerja menjadi elemen-elemen kecil yang jumlahnya berhingga sehingga dapat menghitung reaksi akibat beban (*load*) pada kondisi batas (*boundary condition*) yang diberikan. Dari elemen-elemen tersebut dapat disusun persamaan-persamaan matriks yang biasa diselesaikan secara numerik dan hasilnya menjadi jawaban dari kondisi beban yang diberikan pada benda kerja tersebut.

Konsep dasar dari metode ini adalah diskritasi yaitu membagi benda menjadi bentuk-bentuk yang lebih kecil di mana masih mempunyai sifat yang sama seperti benda penyusunnya. Metode ini banyak digunakan untuk menyelesaikan permasalahan teknik dan problem matematis dari

suatu gejala fisis. Tipe masalah teknis dan matematis fisis yang dapat diselesaikan dengan metode elemen hingga terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok analisa struktur dan kelompok masalah-masalah non struktur. Tipe-tipe permasalahan pada metode elemen hingga meliputi analisa tegangan (*stress*), *buckling*, dan getaran, sedang permasalahan non struktur meliputi perpindahan panas dan massa, mekanika fluida, dan distribusi dari potensial listrik dan potensial magnet.

2.2. Simulasi

Simulasi dengan menggunakan *software* sangat membantu untuk insinyur (*engineer*) dalam menganalisa suatu *part* atau bagian. Pendekatan simulasi diawali dengan pembuatan model mendekati sistem nyata. Model tersebut harus dapat menunjukkan bagaimana komponen dalam sistem saling berinteraksi sehingga benar-benar menggambarkan perilaku sistem setelah model dibuat maka model tersebut ditransformasi kedalam program komputer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan. Dalam penelitian ini, penulis melakukan analisa dengan metode elemen hingga. Pemodelan *tube bundle* menggunakan *software Autodesk Inventor*.

Adapun tahapan-tahapan dalam proses simulasi secara umum adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan model *tube bundle*.
2. Proses *meshing*.
3. Memasukkan data kondisi batas dari *tube bundle* (tekanan, temperatur dan jenis material serta *constraint*).
4. *Processing*.
5. Hasil.

2.3. Korosi

Korosi merupakan kerusakan atau degradasi logam akibat reaksi redoks antara suatu logam dengan berbagai zat yang ada dilingkungannya yang menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki.

Korosi mempunyai implikasi yang luas di dalam industri minyak dan gas bumi serta akhir-akhir ini di temukan kondisi operasi yang bersifat asam dengan kandungan CO₂ dan H₂S yang cukup tinggi. Hal ini berpengaruh terhadap pembiayaan proyek ataupun operasi selain juga efek kepada lingkungan. Ketahanan fasilitas produksi terhadap *Stress Corrosion Cracking (SCC)*, kerap kali menjadi pertimbangan dalam menentukan seleksi material karena kegagalan material akan berdampak sangat besar terhadap berlangsungnya operasi sebuah perusahaan.

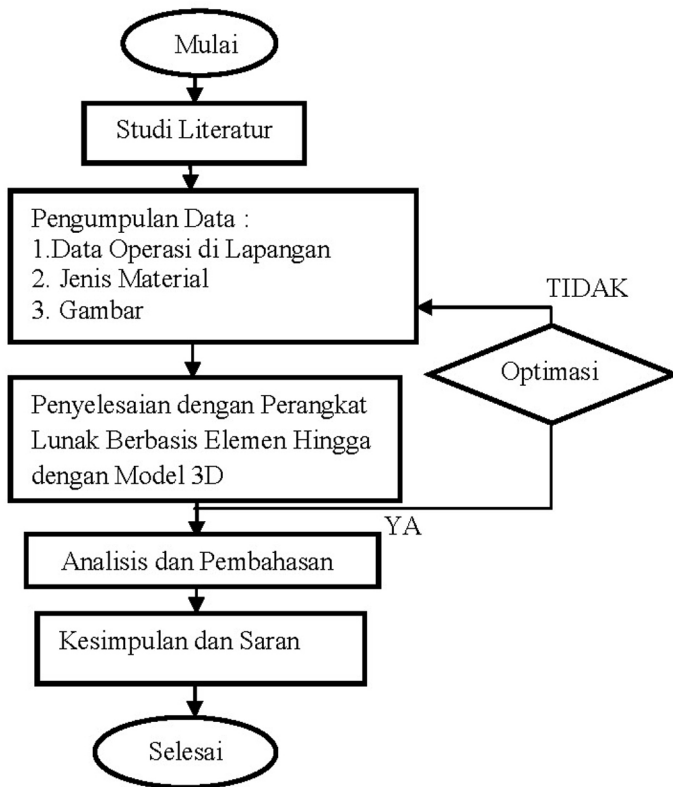
Selain korosi CO₂ dan H₂S, kandungan oksigen, asam organik dan unsur sulfur akan sangat berpengaruh terhadap proses korosi. Adapun

faktor-faktor pemicu proses korosi pada lingkungan gas antara lain :

- Kadar oksigen (O₂)
- Tekanan parsial CO₂
- Kandungan air
- Efek H₂S

3. Metodologi penelitian

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian.

4. Analisa Data dan Pembahasan

4.1. Data dan Permodelan

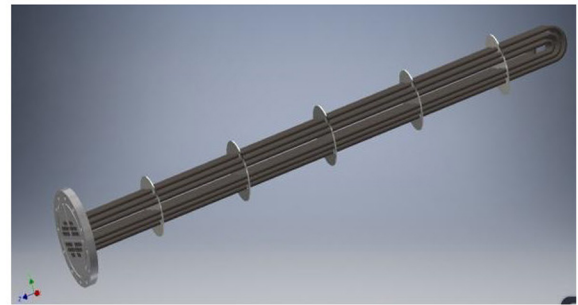
Adapun data hasil analisa dan pengamatan yang diperoleh yaitu sebagai berikut:

Data dimensi dan kondisi operasi dari *tube bundle* :

- Reboiler : Reboiler unit DHP E-460
- Tipe *Tube Bundle* : U-Tube
- Tekanan Internal : 80 Psi
- Diameter *tube* : 19,05 mm
- Tebal *tube* : 2,11 mm
- Jari-jari dalam *tube* : 7,415 mm
- Jari-jari luar *tube* : 9,525 mm
- Jari-jari rata-rata : 8,470 mm
- Temperatur dalam *tube* : 126,667 °C
- Temperatur luar *tube* : -26,1111 °C
- Panjang *tube* : 4900mm, 5000 mm, 5100 mm, 5200 mm
- Modulus elastisitas *tube* : 197500 MPa
- Poisson rasio *tube* : 0,270

- Koefisien ekspansi termal *tube*: $22 \cdot 10^{-8} (1/^{\circ}\text{C})$
- Material *rotary breaker* : ASTM 213
 - Tensile Strength = 615 MPa
 - Yield Strength = 310 MPa
 - Modulus Young = 197500 MPa

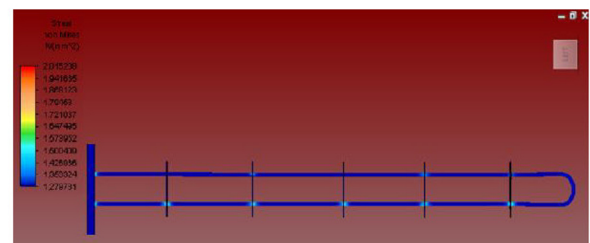
Analisa dilakukan dengan mensimulasi *tube bundle* dalam bentuk 3D pada *software Autodesk Inventor* untuk mendapatkan nilai *stress*, *displacement* dan *factor of safety*.



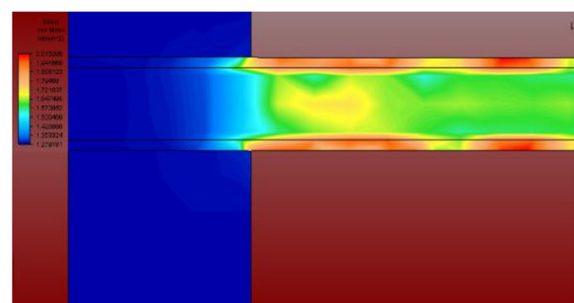
Gambar 1. Permodelan *tube bundle*

Dari hasil simulasi menggunakan *software Autodesk Inventor*, didapat nilai dari *stress* maksimal, *displacement* dan *factor of safety* yang ditunjukkan dalam gambar berikut :

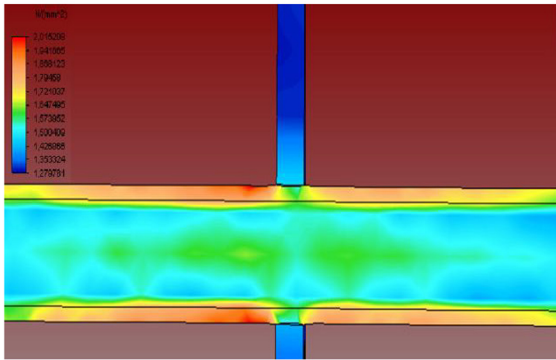
4. 2. Hasil Simulasi Metode Elemen Hingga Dan Pembahasan Kondisi Tube Bundle



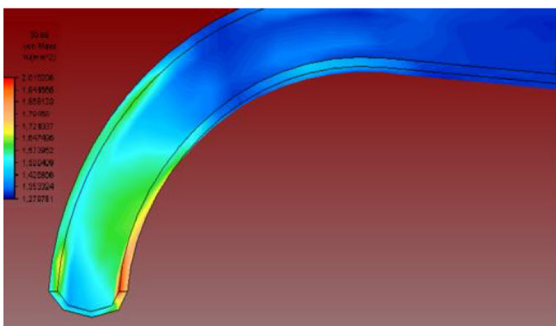
Gambar 2. tegangan maksimum yang terjadi pada saat awal beroperasi



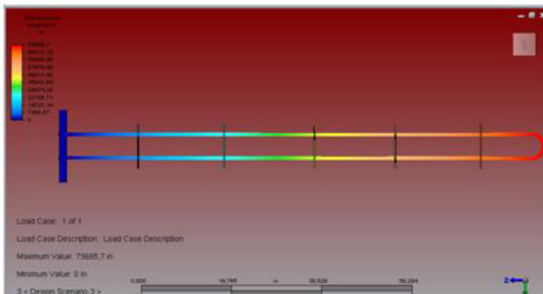
Gambar 3. Tegangan *Von Mises* bagian pangkal *tube* yang berada pada bagian yang melalui *tube sheet*



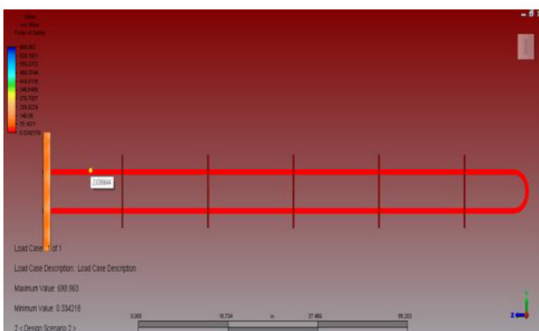
Gambar 4. Tegangan *Von Mises* pada bagian tengah *tube* yang melalui *baffle*.



Gambar 5. Tegangan *Von Mises* pada bagian *tube* yang melengkung.



Gambar 6. *Displacement* pada *tube*



Gambar 7. Faktor keamanan pada *tube*

Tekanan (MPa)	Hasil Simulasi		
	Tegangan Von Mises	<i>Displacement</i>	<i>Safety Factor</i>
0,55158	2,0152 N/mm ²	0,1251 mm	2,03

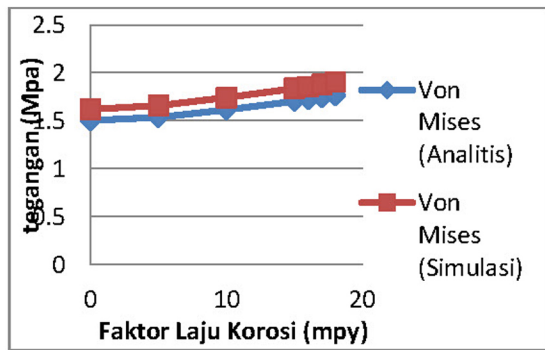
Tabel 2. Hasil simulasi dengan faktor laju korosi.

Laju korosi	Tegangan (N/mm ²)	<i>Safety Factor</i>
0 mpy	2,01520	2,03
5 mpy	2.340587	1,95
10 mpy	2.590358	1,91
15 mpy	2,821035	1,84
16 mpy	2,825745	1,59
17 mpy	2,828474	1,47
18 mpy	2,829620	1,38

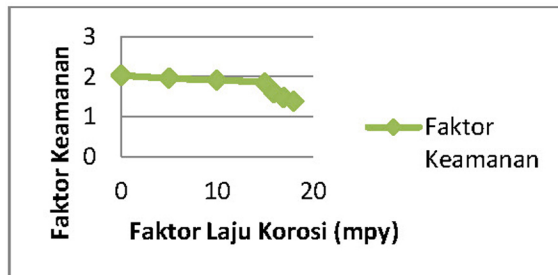
Tabel 3. Perbandingan hasil simulasi dengan analitis.

Laju korosi	Tegangan hasil simulasi (N/mm ²)	Tegangan hasil analitis (N/mm ²)
0 mpy	2,01520	1,500576
5 mpy	2.340587	1,536277
10 mpy	2.590358	1,613479
15 mpy	2,821035	1,7013491
16 mpy	2,825745	1,7212779
17 mpy	2,828474	1,7419354
18 mpy	2,829620	1,7627790

Tabel 1. Hasil simulasi pada kondisi normal.



Gambar 8. Kurva tegangan terhadap faktor laju korosi.



Gambar 9. Kurva faktor keamanan terhadap faktor laju korosi.

1. Dari tabel 1. dapat disimpulkan bahwa maksimum stress yang terjadi pada *tube bundle* masih jauh di bawah nilai yang diijinkan sehingga masih aman untuk digunakan.
2. Faktor keamanan dari *tube bundle* pada saat beroperasi masih diatas satu yang menyatakan masi aman digunakan.
3. Dari grafik dapat terlihat bahwa semakin besar faktor laju korosi maka tegangan yang terjadi akan semakin meningkat.
4. Berdasarkan hasil simulasi dapat dinyatakan bahwa *tube* aman untuk digunakan karena faktor keamanan masih berada diatas nilai yang diijinkan (*safety factor* >1).

5.1. Saran

1. Meningkatkan kebersihan kualitas gas alam yang akan diproses dengan penyaringan yang lebih efektif untuk memastikan unsur pengotor tidak ikut masuk ke proses pengolahan gas yang lebih lanjut.
2. Melakukan perawatan berupa pembersihan *tube bundle* dengan lebih sering agar zat pengotor yang terbawa oleh gas tidak terlalu lama menumpuk.
3. Untuk analisis dengan simulasi menggunakan bantuan perangkat lunak perhatikan saat

menentukan kondisi batas, karena kesalahan dalam menentukan kondisi batas akan mempengaruhi hasil simulasi yang diperoleh.

Daftar Pustaka

- Bednar, Hendry H. 1981. *Pressure Vessel Design Handbook. Tenth Edition*. New York Cincinnati: Van Nostrand Reinhold Company, Inc.
- Chandra S. 1996. *Dasar – Dasar Metode Elemen Hingga*. Jakarta : Erlangga.
- Iandiano D.2011. Studi Laju Baja Karbon untuk Pipa Penyaluran Proses Produksi Gas Alam yang Mengandung Gas CO₂ pada Lingkungan Naci 0.5, 1.5, 2.5 dan 3.5%. Jakarta: Perpustakaan Universitas Indonesia.
- Grinnell. 1981. *Piping Desain and Engineering*. Sixth Edition. USA: ITT Grinnell Industrial Piping, Inc.
- Logan, Daryl L. L. 2007. *A First Course in the Finite Element Method*. Northwestern University, USA.
- M.H.Jawaad, James R.F. 1989. *Structural Analysis and Design of Process Equipment. Second Edition*, A Wiley-Interscience Publication.
- Mukherjee, Rajiv. 1997, “*Effectively Design Shell And Tube Heat Exchanger*”. India : Engineers India Ltd.
- Sariyusda, Bustamisyam, Indra. 2012. *Analisa Kegagalan Tube Superheater Package Boiler Akibat Overheating*. Sumatera Utara : Jurusan Teknik Mesin fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara.
- Singiresu S. Rao, 2011. *The Finite Element Method in Engineering, Fifth Edition*. USA : Elsevier Inc.
- Timoshenko. S, Goodier, J.N. 1951. *Theory of Elasticity. 2nd Edition*. New york: McGraw-Hill Book Company.