

ANALISIS STATIS KONSTRUKSI DAN LANCE TUBE SOOTBLOWER TIPE MOTORIZED ROTARY MENGGUNAKAN SOFTWARE SOLIDWORKS 2016

Sootblower is a boiler support equipment that works to clean soot. Sootblower requires a strong construction to support the components in order to work optimally. Sootblower is also not free from several failures on its components, the main component that causes failure on the sootblower is the lance tube. This study aims to analyze the static construction and lance tube motorized rotary sootblower type sootblower using Solidworks software. The method used in this research is a simulation based on the finite element method. The material applied to the construction is St 37 and the material on the lance tube is ASTM A213 T92. The static simulation results show that the construction design of the angle iron measuring 35×35×6 mm has a max stress value of 57,50 N/mm² that occurs in the bolt hole, a value of max displacement of 0,0146 mm on the rod supporting the bearing, and a factor of safety value of 4,08 so it is safe to use. Static simulation on the design of 40 NB diameter lance tube with four thickness variations shows the highest max stress value, the highest max displacement, and the lowest factor of safety occurs in the lance tube thickness of 10,2 mm, which has a max stress value of 276,24 N/mm², max displacement of 335,53 mm and a factor of safety 1,59. Lance tubes with a thickness of 10,2 mm can be declared safe because the value of the factor of safety meets the minimum limit for static loading.

Keywords: Simulasi; Sootblower; Konstruksi; Lance Tube.

Ahmad Felani

Mahasiswa
Universitas Negeri Semarang
Jurusan Teknik Mesin
ahmadfelani5212414036@gmail.com

Dony Hidayat Al-Janani

Tenaga Pengajar (Dosen)
Universitas Negeri Semarang
Jurusan Teknik Mesin
aljanani@mail.unnes.ac.id

1. PENDAHULUAN

Boiler merupakan salah satu komponen utama pada PLTU, namun pada *boiler* mempunyai satu masalah yang mengurangi tingkat efisiensinya. Salah satu masalahnya yaitu *ash* atau sisa abu dari hasil pembakaran. Masalah tersebut perlu ditanggulangi melalui pemakaian pembersih abu (*sootblower*), akan tetapi *sootblower* tidak lepas dari beberapa kegagalan pada komponennya yang menyebabkan kinerjanya tidak optimal. *Sootblower* adalah salah satu bagian yang terdapat pada *boiler*, digunakan untuk mengurangi sedimen endapan yang dihasilkan dari pembakaran batu bara, karena apabila tidak dibersihkan atau dihilangkan maka endapan tersebut dapat mempengaruhi panas pada kerja *boiler* itu sendiri [1]. *Sootblower* dibedakan berdasarkan bentuk dan fungsinya [2]. Cara kerja *sootblower* dimulai dari penyemprotan uap yang diarahkan ke pipa-pipa yang terdapat endapan [3]. Uap disemprotkan selama waktu yang sudah ditentukan [4]. Uap yang digunakan mempunyai tekanan tertentu, Tekanan uap atau fluida adalah gaya yang diberikan oleh fluida per satuan luas [5].

Konstruksi *sootblower* dapat menyebabkan kegagalan karena menopang semua pembebanan komponen dari *sootblower*. Wibowo, Raharjo dan Kusharjanta [6] melakukan pengujian konstruksi mesin, pengujiannya yaitu analisis statis menggunakan *software solidworks* 2012 dengan metode elemen hingga. *Von misses stress* maksimum dari konstruksi yaitu $259,950 \times 10^6$ N/m². Karena kemampuan luluh material yang diaplikasikan sebesar 1.750×10^6 N/m², maka hasil dari pengujian menunjukkan kalau deformasi pada konstruksi masih menunjukkan batas aman dan deformasi dalam bentuk elastis. Penelitian sehubungan dengan konstruksi mesin

yang dikerjakan oleh Setiawan dan Jumari itu menyatakan kelebihan dari besi siku (*equal angle bar*) yang berasal dari bahan baja karbon ternyata harganya murah serta mudah didapat [7].

Purnama [8] yang melakukan penelitian tentang kegagalan *sootblower* menyatakan bahwa, komponen utama yang menyebabkan terjadinya kegagalan pada yaitu *lance tube*. Dari hasil penelitian mendapat kesimpulan untuk mengoperasikan *sootblower* secara maksimal maka sebaiknya bahan yang digunakan untuk *lance tube* yaitu *chrome molly* (AISI 4130). Defleksi 1,05 m dan memiliki tegangan *Von Misses* sebesar 276 N/m², itu masih jauh dibawah tegangan luluh 460 N/m² sehingga membuat pengoperasian *sootblower* menjadi optimal.

Penelitian ini bertujuan menganalisis statis konstruksi dan *lance tube sootblower* jenis *motorized rotary sootblower*, sehingga menghasilkan desain yang minim kegagalan saat digunakan untuk operasional *sootblower*. Analisis statis digunakan untuk menjamin kekuatan, kekakuan dan stabilitas struktur yang mengalami pembebanan statis eksternal dan respon struktural sehingga dapat meminimalisir kegagalan [9]. Simulasi statis yang digunakan berbasis pada analisis struktural, digunakan bantuan aplikasi *Computer Aided Design* (CAD) sehingga dapat dihasilkan langsung gambar teknik lengkap dengan ukuran yang dibuat [10]. Simulasi statis menggunakan *software* yang termasuk *software CAD*, yaitu *solidworks*. *Solidworks* akan menghasilkan informasi *von misses stress*, *displacement* dan nilai *factor of safety*, sehingga dapat diketahui konstruksi dan *lance tube* yang sudah didesain aman atau tidak untuk digunakan. Pada penerapan desain struktur beban dipisahkan menjadi dua yakni beban mati dan beban hidup. Beban mati ialah beban statis yang didapatkan gaya verikal disebabkan gravitasi, yaitu berat kerangka struktur dan seluruh material yang secara permanen ditempatkan pada struktur serta andalan yang menopang struktur (Basori dan Rudianto, 2014:89) [11]. Ketika material dibebani maka akan menghasilkan apa yang disebut sebagai tegangan kompresif normal tegangan pada arah horizontal adalah nol [12].

2. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu simulasi berbasis metode elemen hingga. Sebelum melakukan simulasi, ada tahapan-tahapan yang perlu dilakukan, antara lain studi literatur yaitu dengan mengumpulkan teori yang berkaitan dengan analisis kegagalan pada *sootblower*. Lalu proses pengumpulan data, yaitu mengumpulkan data yang akan digunakan sebagai acuan untuk penelitian ini, khususnya adalah data yang akan diinputkan ketika tahap simulasi menggunakan *software solidworks 2016*. Setelah itu adalah proses simulasi pada desain pemodelan konstruksi dan *lance tube* dengan memasukkan data yang sudah diperoleh. Hasil dari simulasi kemudian dideskripsikan dan disimpulkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Konstruksi *Sootblower*

Desain konstruksi *sootblower* menggunakan besi siku ukuran 20×20×3 mm dengan material St 37 yang mempunyai *equivalent grade* yaitu DIN17100 *steel number* St 37-2 (1.0037). Berikut adalah tabel spesifikasi material dari St 37:

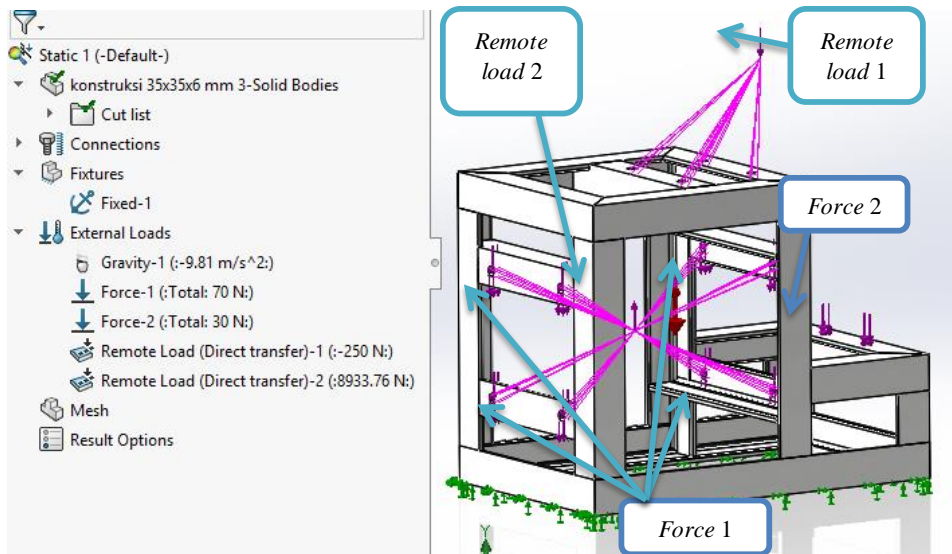
Tabel 1: Sifat Mekanis St 37

Sumber : (DIN17100 specification, 2018) [13]

St 37	
Kekuatan luluh	360 MPa
Kekuatan tarik	235 MPa
<i>Elastic modulus</i>	200 - 210 GPa
<i>Shear modulus</i>	79 GPa
<i>Density</i>	7,8 g/cm ³
<i>Specific heat capacity</i>	440 J/(kg·K)
<i>Thermal conductivity</i>	14 W/(m·K)
<i>Coefficient of thermal expansion</i>	1,1×10 ⁻⁵ /K

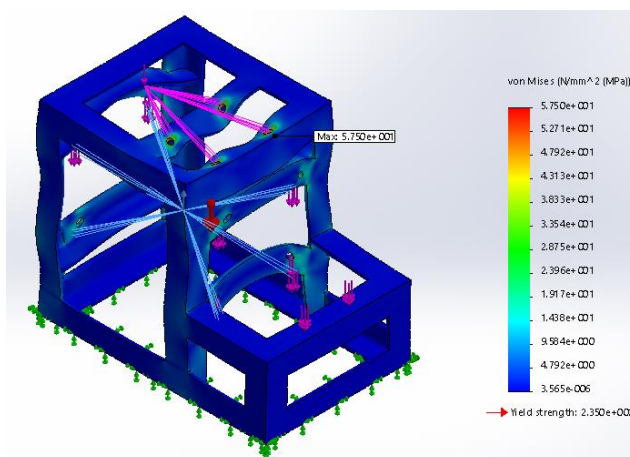
Input *external load*, untuk gaya gravitasi yaitu sebesar 9,81 m/s². Setelah itu input *force* atau gaya pembebanan dari komponen-komponen *sootblower*. Pilih bagian pada konstruksi yang akan menerima pembebanan. Pembagian pembebanan gaya diasumsikan *force* 1 adalah pembebanan dari dua bearing, yang

membebani 4 batang dan gaya totalnya adalah 70 N. *Force 2* adalah pembebanan dari *poppet valve* atau katup, diasumsikan pada 1 batang dengan gaya pembebanan sebesar 30 N. Lalu pembebanan dari *gearbox* dan motor, karena posisi motor yang tidak sejajar dengan konstruksi, maka lokasi gaya pembebanannya disesuaikan dengan posisi *center of gravity* dari *gearbox* dan motor. Lokasi pusat gaya tidak langsung pada permukaan konstruksi, sehingga untuk input gaya pembebanannya menggunakan fitur “*remote load/mass*”. *Remote load 1* adalah gaya pembebanan dari *gearbox* dan motor, dengan total gaya 250 N. *Remote load 2* adalah gaya pembebanan dari *feed tube* dan *lance tube*, dengan total gaya 8933,76 N. Lokasi *remote load 2* berada ditengah antara 4 batang yang menopang *feed tube* yang dihubungkan oleh *bearing*. Karena *remote load 2* adalah resultan gaya dari *feed tube* dan *lance tube*, maka arah gayanya ke atas. Berikut adalah gambar penempatan pembagian gaya yang dibebankan pada konstruksi *sootblower*:

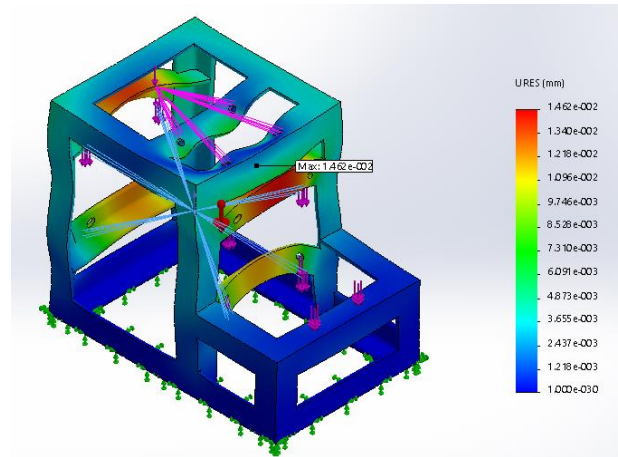


Gambar 1: Pembagian gaya pada konstruksi.

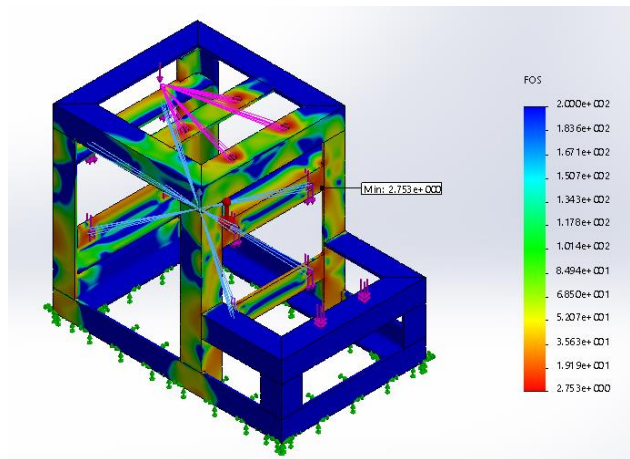
Hasil simulasi statis menunjukkan jika perambatan tegangan pada konstruksi dapat dilihat dari adanya perbedaan warna dari biru sampai merah. Warna biru menunjukkan bagian konstruksi yang mengalami tegangan paling minimal, untuk warna merah menunjukkan bagian konstruksi yang mengalami tegangan paling maksimal [11].



Gambar 2: Tegangan Hasil Simulasi Statis Konstruksi.



Gambar 3: *Displacement* Hasil Simulasi Statis Konstruksi.



Gambar 4: Faktor keamanan hasil simulasi statis konstruksi.

Hasil simulasi statis pada konstruksi *sootblower* menunjukkan nilai *stress* atau tegangan maksimal pada konstruksi yaitu $57,50 \text{ N/mm}^2$. Nilai tersebut jauh dibawah tegangan ijin dari material St 37 yang memiliki tegangan ijin 235 N/mm^2 . Nilai *displacement* maksimal dari konstruksi yaitu $0,0146 \text{ mm}$. Semakin kecil nilai *displacement* maksimalnya, maka semakin kecil perubahan bentuk yang terjadi. Begitu juga sebaliknya jika *displacement* maksimalnya terlalu besar maka dapat menyebabkan perubahan bentuk pada desain. Nilai *factor of safety* juga dapat diketahui dari simulasi statis, *factor of safety* dari suatu perancangan sangat perlu diperhatikan sebelum desain rancangan itu dibuat. Nilai faktor keamanan untuk pembebanan statis yaitu antara $1,25 - 2$ [14]. Pada konstruksi ini menggunakan nilai 1,25 untuk batas minimal faktor keamanan.

Dari hasil simulasi menunjukkan nilai *factor of safety* dari desain konstruksi yang dibuat adalah 6,4. Nilai *factor of safety* didapatkan dari:

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{\text{Tegangan yang diijinkan}}{\text{Tegangan yang bekerja}} \\
 n &= \frac{\sigma_{ijin}}{\sigma} \\
 &= \frac{235 \text{ N/mm}^2}{57,50 \text{ N/mm}^2} \\
 &= 4,08
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Nilai *factor of safety* dari desain konstruksi sudah melebihi batas minimal nilai *factor of safety* untuk pembebanan statis. Sehingga desain konstruksi dinyatakan aman untuk diproduksi dan tidak mengalami kegagalan desain.

3.2. Lance Tube Sootblower

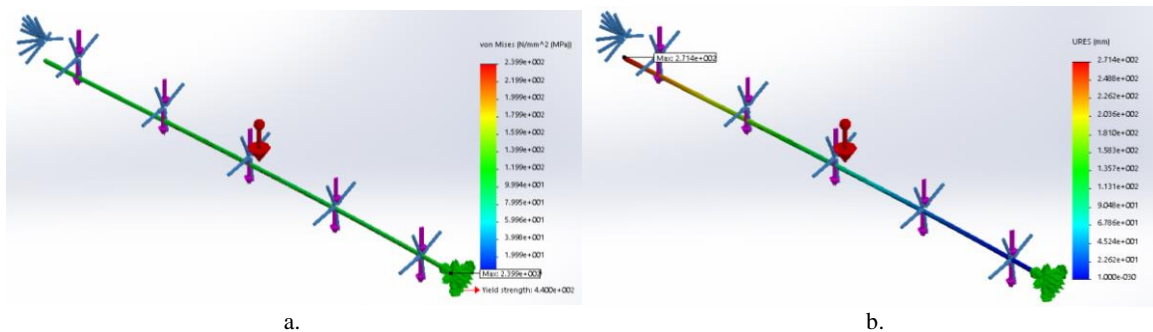
Lance tube menggunakan material ASTM A213 T92 yang mempunyai *equivalent grade* yaitu UNS K92460. Diameter luar lance tube yaitu 40 NB (48,26 mm) dengan divariasikan ketebalan 3,7 mm, 5,08 mm, 7,14 mm dan 10,2 mm.

Tabel 2: Mechanical Properties ASTM A213 T92

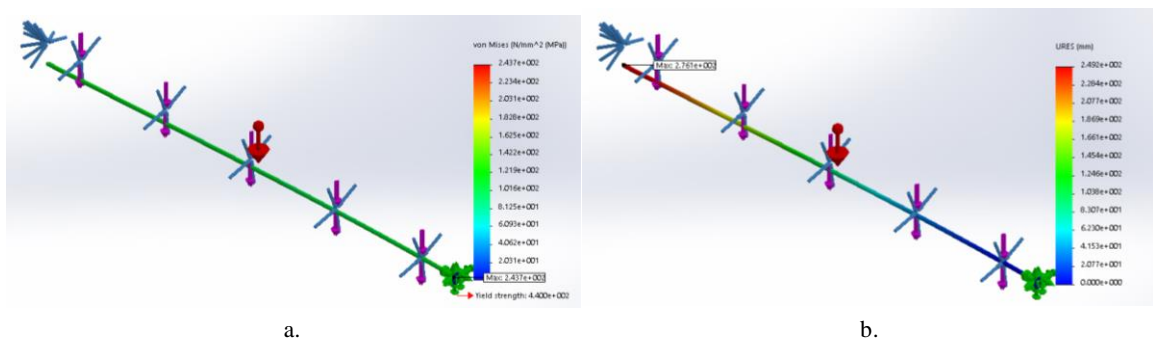
Sumber : (Nippon Steel dan Sumitomo Metal, 2015:16) [15]

ASTM A213 T92	
Ultimate Strength	620 MPa
Yield strength	440 MPa
Elastic modulus	190 GPa
Shear modulus	76 Gpa
ASTM A213 T92	
Density	7,9 g/cm ³
Specific heat capacity	470 J/(kg·K)
Coefficient of thermal expansion	1,3×10 ⁻⁵ /K
Thermal conductivity	26 W/m.K

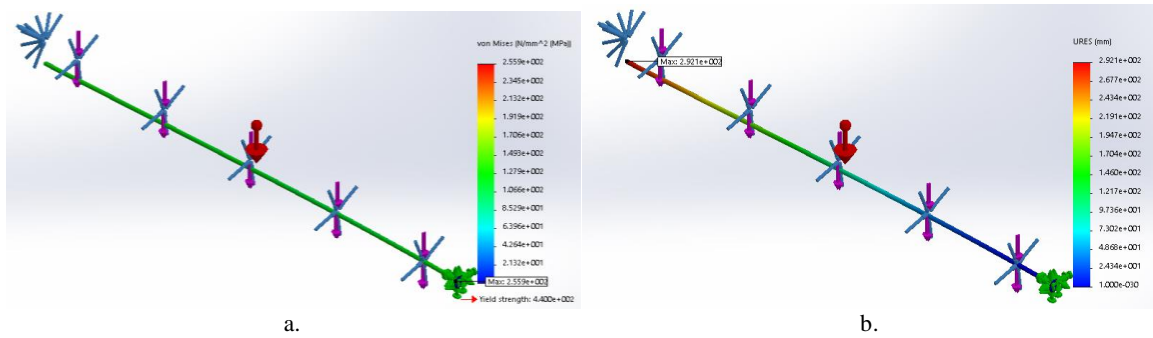
Pada lance tube terdapat 20 nozzle jenis *Standard Flat Spray Nozzle* dari *Spraying Systems Co.* dengan *sales part* HB1/8U-SS9530 yang dipasang pada bagian atas dan bawah secara zig-zag. *Input external load* dari gaya gravitasi, pembebanan dari komponen sootblower yang menempel pada lance tube, yaitu nozzle dan temperatur hasil perpindahan panas dari panas ruang economizer terhadap lance tube. *External load* gaya gravitasi sebesar 9,81 m/s². Pembebanan dari nozzle sebesar 12,5 gram. Karena jumlah nozzle yang menempel pada lance tube ada 20, maka pembebanan dari nozzle menjadi 250 gram atau 2.5 N. Temperatur perpindahan panas (ΔT) sebesar 94,77°C. Berikut adalah gambar dan tabel hasil simulasi pada variasi ketebalan lance tube:



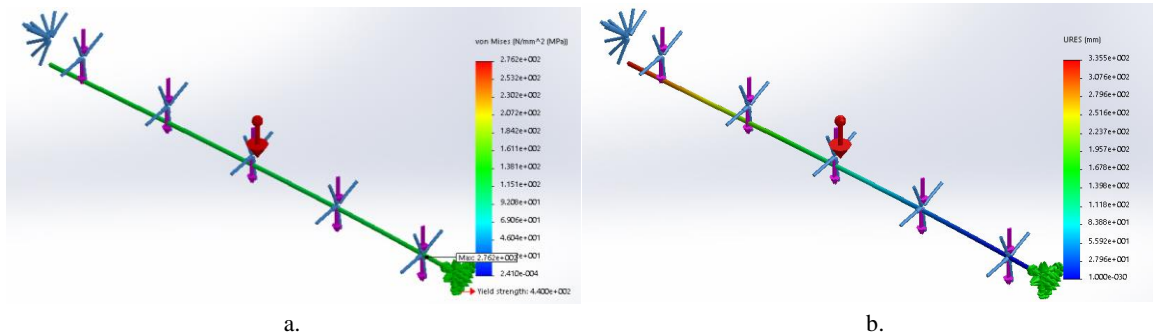
Gambar 5: Hasil simulasi statis lance tube variasi ketebalan 3,7 mm (a) tegangan (b) perpindahan.



Gambar 6: Hasil simulasi statis lance tube variasi ketebalan 5,08 mm (a) tegangan (b) perpindahan.



Gambar 7: Hasil simulasi statis *lance tube* variasi ketebalan 7,14 mm (a) tegangan (b) perpindahan.

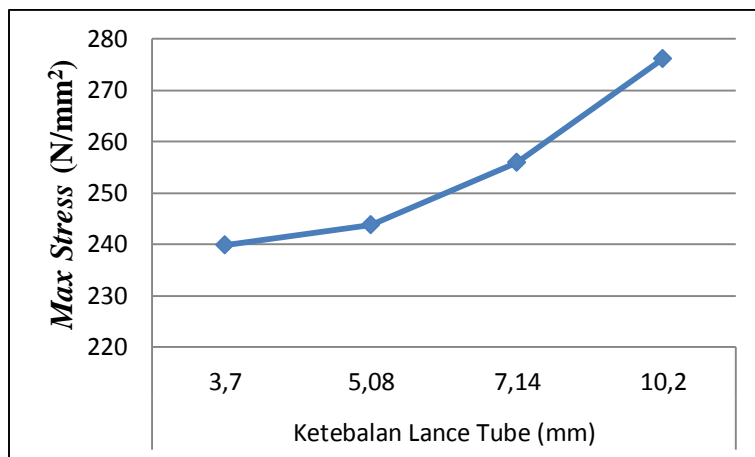


Gambar 8: Hasil simulasi statis *lance tube* variasi ketebalan 10,2 mm (a) tegangan (b) perpindahan.

Tabel 3: Hasil simulasi statis pada variasi ketebalan *lance tube*.

	KETEBALAN LANCE TUBE (mm)			
	3,7	5,08	7,14	10,2
Max Stress (N/mm ²)	239,85	243,73	255,86	276,24
Max Displacement (mm)	271,43	276,14	292,07	335,53
Factor Of Safety	1,83	1,80	1,72	1,59

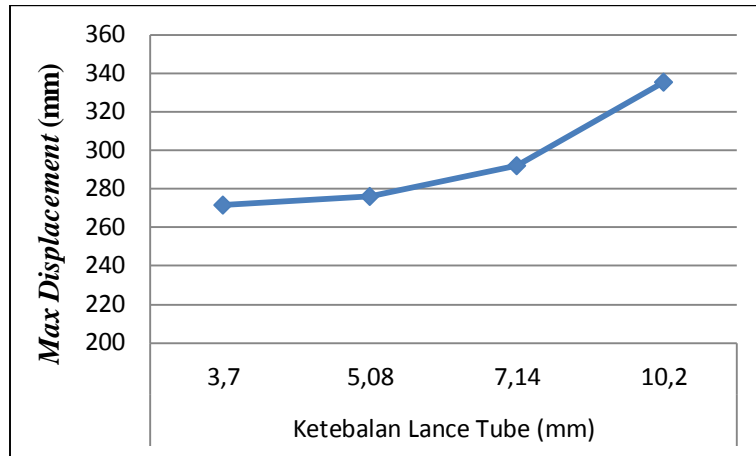
Batas minimal nilai faktor keamanannya pada *lance tube* disamakan dengan konstruksi *sootblower* dengan nilai 1,25 untuk pembebanan statis. Berdasarkan hasil simulasi menunjukkan jika semua variasi ketebalan *lance tube* untuk faktor keamanannya sudah melebihi nilai minimal faktor keamanan untuk pembebanan statis.



Gambar 9: Nilai *stress* berdasarkan ketebalan *lance tube*.

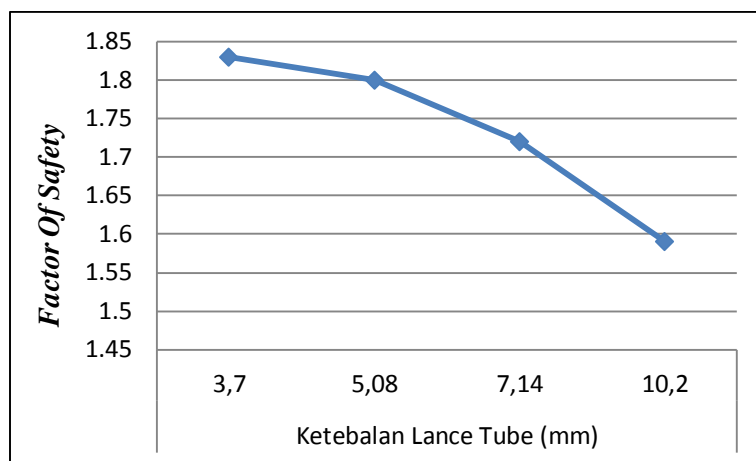
Grafik diatas menunjukkan nilai *stress* pada *lance tube* berdasarkan variasi ketebalan. Pada ketebalan 3,7 mm nilai *stress* maksimalnya adalah 239,85 N/mm², ketebalan 5,08 mm *stress* maksimalnya meningkat

menjadi 243,73 N/mm², lalu ketebalan 7,14 mm *stress* maksimalnya juga meningkat menjadi 255,86 N/mm² dan pada ketebalan 10,2 mm *stress* maksimalnya meningkat lagi menjadi 276,24 N/mm². *Stress* atau tegangan tertinggi dialami pada *lance tube* variasi ketebalan 10,2 mm, untuk tegangan terendah dialami pada *lance tube* variasi ketebalan 5,08 mm.



Gambar 10: Nilai *displacement* berdasarkan ketebalan *lance tube*.

Grafik diatas menunjukkan nilai *displacement* pada *lance tube* berdasarkan variasi ketebalan. Pada ketebalan 3,7 mm nilai *displacement* maksimalnya adalah 271,43 mm, ketebalan 5,08 mm *displacement* maksimalnya meningkat menjadi 276,14 mm, lalu ketebalan 7,14 mm *displacement* maksimalnya juga meningkat menjadi 292,07 mm dan pada ketebalan 10,2 mm *displacement* maksimalnya meningkat lagi menjadi 335,53 mm. Semakin bertambahnya ketebalan *lance tube*, semakin tinggi juga *displacement* dari hasil simulasi statis. *Displacement* atau perpindahan tertinggi dialami pada *lance tube* variasi ketebalan 10,2 mm, untuk *displacement* terendah dialami pada *lance tube* variasi ketebalan 3,7 mm.



Gambar 11: Nilai *factor of safety* berdasarkan ketebalan *lance tube*.

Nilai Grafik diatas menunjukkan nilai *factor of safety* atau faktor keamanan pada *lance tube* berdasarkan variasi ketebalan. Grafik nilai faktor keamanan terlihat berbeda dengan grafik nilai *stress* dan nilai *displacement*, grafiknya terlihat menurun. Hal ini karena jika nilai *stress* dan nilai *displacement* semakin tinggi maka akan berbanding lurus nilai faktor keamanannya menjadi rendah.

Pada ketebalan 3,7 mm nilai faktor keamanan minimalnya adalah 1,83 lalu ketebalan 5,08 mm nilai faktor keamanan minimalnya meningkat menjadi 1,80 kemudian ketebalan 7,14 mm nilai faktor keamanan minimalnya menurun menjadi 1,72 dan pada ketebalan 10,2 mm nilai faktor keamanan minimalnya menurun lagi menjadi 1,59. Nilai faktor keamanan tertinggi dialami pada *lance tube* variasi ketebalan 5,08 mm. Sedangkan nilai faktor keamanan terendah dialami pada *lance tube* variasi ketebalan 10,2 mm.

Batas minimal nilai faktor keamanan *lance tube* yaitu 1,25 untuk pembebanan statis. Semua variasi ketebalan *lance tube* dapat dinyatakan aman, karena sudah memenuhi batas minimal nilai faktor keamanan.

4. KESIMPULAN

Simulasi statis pada desain konstruksi dari besi siku ukuran 35×35×6 mm material St 37 menunjukkan bahwa *stress* maksimal pada konstruksi sebesar 57,50 N/mm², terjadi pada bagian lubang baut karena adanya konsentrasi tegangan dari pembebanan komponen-komponen *sootblower*. *Displacement* maksimal pada konstruksi sebesar 0,0146 mm, terjadi pada batang yang menopang *bearing*. *Factor of safety* hasil simulasi pada konstruksi sebesar 2,75, sehingga dapat dinyatakan aman karena melebihi standar *factor of safety* untuk pembebanan statis sebesar 1,25. Simulasi statis pada desain *lance tube* dengan material ASTM A213 T92 ukuran 40 NB (*Outer Diameter* = 48,26 mm) yang mempunyai panjang 6.000 mm dan divariasikan ketebalan 3,7 mm, 5,08 mm, 7,14 mm dan 10,2 mm menunjukkan bahwa *max stress* tertinggi ada pada *lance tube* ketebalan 10,2 mm dengan nilai 276,24 N/mm², terjadi di bagian bawah *lance tube* yang terdekat dari tumpuan. *Max displacement* tertinggi ada pada *lance tube* ketebalan 10,2 mm dengan nilai 335,53 mm, terjadi di bagian ujung *lance tube* yang jauh dari tumpuan. Berdasarkan penelitian dari Purnama C. A. tahun 2017, hasil penelitiannya menunjukkan *displacement* dari *lance tube* sebesar 1,05 m, dan dinyatakan aman. Pada penelitian ini *displacement* maksimalnya 335,53 mm (3,3553 m) yang mana jauh dibawah *displacement* maksimal dari penelitian yang dilakukan Purnama. Mengatasi *displacement* sebesar itu yaitu dengan cara memberikan penyangga atau penopang untuk *lance tube* di dalam *boiler*. Variasi *lance tube* yang mempunyai nilai *factor of safety* terendah yaitu ketebalan 10,2 mm dengan nilai 1,59, nilai tersebut dinyatakan aman, karena batas minimal nilai *factor of safety lance tube* yaitu 1,25 untuk pembebanan statis.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] SIVAKUMAR, E.R., GOWSHIKAN, M., KRISHNAMURTHY, V.P., “Root Cause Identification And Elimination Of Problems In Soot Blowers Of Chemical Recovery Boilers”, *South Asian Journal of Engineering and Technology*, v. 2, n. 22, pp. 31-41, 2016.
- [2] Bergemann, C. 2010. *Sootblower Solutions*. www.clydebergemann.de. Diakses: 18 November 2018.
- [3] SIHOMBING, H., *Mekanisme Proses Pemanasan Air Di Dalam Boiler Dengan Mempergunakan Heater Tambahan Untuk Efisiensi Pembakaran*, Karya Akhir, Universitas Sumatra Utara. Medan, 2009.
- [4] WIJAYANTI, C. I., SUTOPO, W., “Analisis Kelayakan Penggantian Nozzle SootBlower Pada PT Pjb Up Paiton Unit 1 Dan 2”, *Performa*, v. 16, n. 1, pp. 26-35, 2017.
- [5] AL-SHEMMERI, T., *Engineering Fluid Mechanics*, 1st., Bookboon, 2012.
- [6] WIBOWO, T. A., RAHARJO, W. P., KUSHARJANTA, B., “Perancangan Dan Analisis Kekuatan Konstruksi Mesin Tekuk Plat Hidrolik”, *Mekanika*, v. 12, n. 2, pp. 63-70, 2014.
- [7] SETIAWAN, I., JUMARI., “Perencanaan Kontruksi Mesin Penggiling Dengan Sistem Roda Gigi”, *Jurnal teknik mesin*: v. 1, n. 2, 2007.
- [8] PURNAMA C. A., “Analisis Kegagalan Sootblower Terhadap Perpindahan Panas Di Pipa Boiler”, *Jurnal Teknik Mesin*, v. 6, n. 3, pp. 187-190, 2017.
- [9] CHERIF. K., FERROUDJI, F., “Stress and fatigue analyses under wind loading of the dual axis sun tracking system via finite element analysis”, *Journal of Mechanical Engineering and Science*, v. 10, n. 2, pp. 2008-2015, 2016.
- [10] SAGITA, D., “Desain Dan Konstruksi Mesin Penyemai Benih Sayuran Portabel Tipe Vakum Untuk Pembibitan Pada Talam Semai”, *Jurnal Rekayasa Mesin*, v. 10, n. 3, pp. 265-275, 2019.
- [11] BASORI, RUDIANTO, “Analisis Konstruksi Rangka Alat Pengujian Pompa Menggunakan Program Catia V5”, *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, v. 1, n. 2, pp. 88-93, 2014.
- [12] FAUZI, H., *Analisis Tegangan Pada Frame Mobil Listrik Sinosi Menggunakan Metode Elemen Hingga*, Skripsi, Universitas Jember, 2013.
- [13] Katalor, Shanghai Katalor Enterprises, <http://www.katalor.com/products/angle-steel/din17100-specification-st37-2-low-carbon-equal-angle-steel-sizes-166.html>, Diakses: 2018.
- [14] Nippon Steel, <https://www.nipponsteel.com/en/product/pipe/list/05.html>, Diakses: 2015.
- [15] SETYONO, B., MRIHRENANINGTYAS, HAMID, A., “Perancangan Dan Analisis Kekuatan Frame Sepeda Hibrid “Trisona” Menggunakan Software Autodesk Inventor”, *Jurnal IPTEK*, v. 20, n. 2, pp. 37-47. 2016.