

## Evaluasi Kinerja Unit *Traveling Band Screen* dengan Menghitung Ulang Daya Motor Penggerak dan Dampak Tegangan Kerjanya Pada *Bucket Chain*

Susilo Adi Widyanto\*, Ojo Kurdi

Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, SH Kampus UNDIP Tembalang Semarang 50239

\*E-mail: susiloadiw@gmail.com

### Abstract

*Traveling band screen (TBS) of the intake system has an important function in the power plant system operation which directly relates to the condenser efficiency. TBS utilizes to screen seawater debris before pumped into the condenser unit. The driver motor power of TBS must be able to drive the mechanical system in a condition where the screen is covered by debris at a certain level.*

*This paper presents the evaluation of the driver motor power of TBS which operated in 2x660 MW power plant, where the existing motor (2 hp) often shuts down at the undetermined blockage level of the TBS screen. The calculation results show that the use of 2 HP motor power can only drive the mechanical system at blockage level of 13%. With replacement of the 5 HP motor, the operation limit of the TBS unit can be increased to the blockage level of 36%. The maximum stress of the bucket chain structure is around of 127 MPa.*

**Keywords:** TBS, motor power, blockage level, screen, intake

### Abstrak

Unit operasi *Traveling band screen* (TBS) pada sistem *intake* memegang peranan penting pada sistem pembangkit daya yang secara langsung berkaitan dengan efisiensi unit *Condensor*. TBS berfungsi untuk menyaring debris air laut sebelum dipompa untuk dialirkan ke dalam unit kondensor. Desain daya motor sebagai unit penggerak TBS selain mempertimbangkan aspek struktur mekanis juga harus ditentukan berdasarkan *blockage level* sistem *screen* yang ditetapkan sebagai pembatas sistem operasinya. Paper ini memaparkan evaluasi daya motor unit operasi TBS pada sistem pembangkitan 2x660 MW, dimana dengan daya motor yang ada (2 hp) unit TBS seringkali mengalami *shut down* pada kondisi *blockage level* yang tidak bisa ditentukan. Hasil perhitungan diperoleh bahwa penggunaan daya motor sebesar 2 HP hanya mampu dioperasikan sampai *blockage level* 13%. Dengan penggantian motor 5 HP, batas pengoperasian unit TBS dapat ditingkatkan hingga *blockage level* 36%, dalam kondisi ini tegangan maksimum yang terjadi pada struktur *bucket chain* adalah sekitar 127 Mpa dari 250 MPa *yield strength*nya.

**Kata kunci:** TBS, daya motor, *blockage level*, *screen*, *intake*

### 1. Pendahuluan

Terdapat dua sistem yang bekerja sebagai sistem pendingin pada pembangkit antara lain adalah sistem menyuplai pendingin ke kondensor dan sistem desalinasi. Desalinasi adalah proses untuk menghilangkan garam, mineral-mineral lain dan kontaminan dari air laut atau air payau untuk menghasilkan air bersih. Proses desalinasi melibatkan tiga aliran cairan, yaitu umpan berupa air garam, produk bersalinitas rendah dan konsentrat bersalinitas tinggi.[1,8] Sebelum dipompa, air laut dilewatkan melalui sistem penyaring yang dikenal TBS (*Travelling Band Screen*). TBS atau TWS (*travelling water screen*) dalam sistem cooling water adalah salah satu peralatan utama dalam sistem pendingin PLTGU yang memiliki pengaruh besar pada output daya turbin uap dan efisiensi termal pembangkit listrik secara keseluruhan [2]. Alat ini berfungsi sebagai saringan halus untuk menyaring debris/kotoran agar tidak terdistribusi ke bagian sensitif dari pembangkit.[3-6] TBS adalah peralatan yang sangat kritis apabila mengalami gangguan karena dalam kondisi tertentu apabila terdapat gangguan dari peralatan ini, maka dibutuhkan turun beban unit atau bahkan mematikan unit agar dapat dilakukan perbaikan [2].

Sesuai aliran yang terjadi, material debris akan dihalangi oleh sistem *screen* (*bucket screen*) dalam unit TBS yang berjumlah 24 unit. Dalam operasinya, unit TBS merupakan sistem pemutar *bucket screen* (dengan putaran 1 rpm) dimana dalam tiap siklus putarannya debris yang menempel pada screen akan dilepaskan dengan sistem water *sprayer* [7,9].

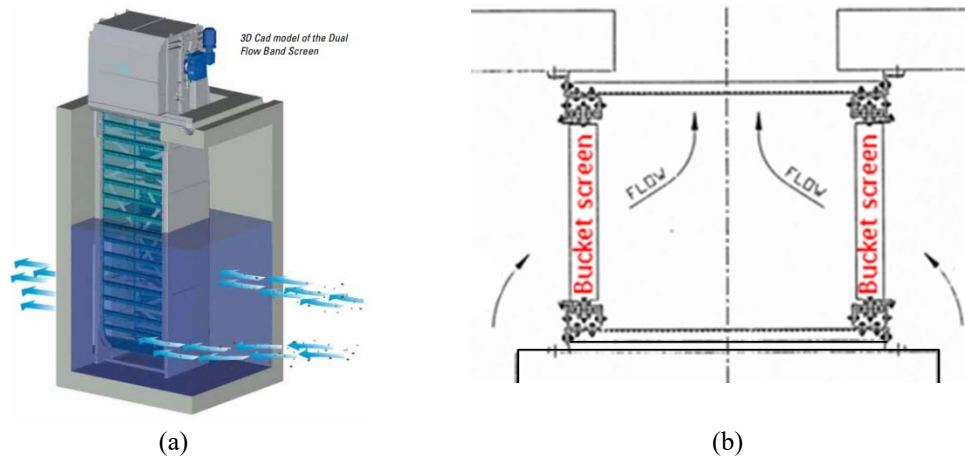
Dalam desainnya, sistem penggerak unit TBS bukan hanya harus mampu menahan gaya-gaya operasional struktur mekanisnya, tetapi juga harus mampu melawan peningkatan beban yang terjadi akibat tersumbatnya (*blockage*) sebagian *screen* oleh debris yang menempel. Kondisi operasi sistem TBS harus dibatasi dengan level penyumbatan (*blockage level*) *screen* yang ditujukan untuk mengamankan struktur TBS terhadap beban lebih maupun menjaga kapasitas suplai air pendingin tetap dalam *range* operasionalnya.[8,9]

Penggunaan daya motor yang terlalu kecil menyebabkan TBS sering kali trip yang disebabkan oleh aspek penyumbatan screen yang terjadi. Kondisi ini menyebabkan proses pembersihan harus sesering mungkin dilakukan yang secara langsung akan berpengaruh pada rendahnya produktivitas sistem pembangkit.[9]

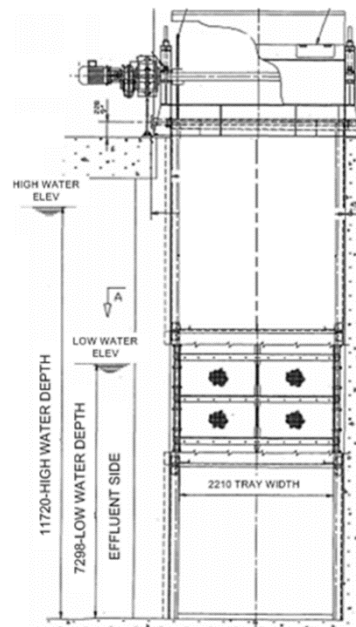
Paper ini menyajikan metode perhitungan ulang daya motor penggerak sistem TBS untuk meningkatkan kinerjanya, dimana peningkatan daya motor secara langsung berpengaruh pada peningkatan level penyumbatan yang terjadi pada *bucket screen*. Pengaruh peningkatan daya motor TBS terhadap aspek pembebanan pada struktur chain juga diamati yang dilakukan dengan analisis FEM.

## 2. Spesifikasi Desain Unit TBS

Dalam operasinya tiap unit TBS dipasangkan dengan 1 unit *Water Cooling Pump* (WC Pump) dengan kapasitas aliran sekitar 50,777 m<sup>3</sup>/jam, dimana kapasitas aliran tersebut masuk melalui kedua sisi sistem TBS (dual flow- Gambar 1b).[2] Konstruksi sistem TBS desain kondisi operasinya diilustrasikan dalam Gambar 2, dengan spesifikasi teknis yang diuraikan dalam Tabel 1.



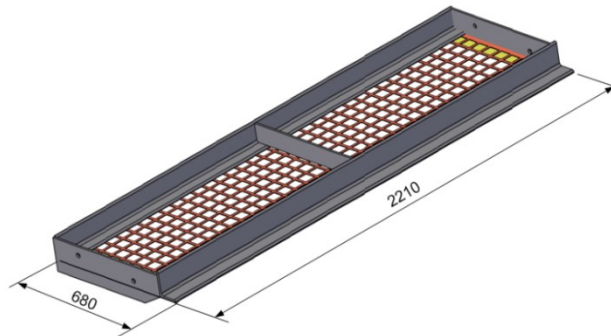
**Gambar 1.** (a) Unit Traveling Band Screen [10], (b) Konsep pola aliran dual flow pada sistem TBS



**Gambar 2** Kondisi operasi unit TBS

**Tabel 1.** Spesifikasi Teknis Unit *Traveling Band Screen*

Spesifikasi	Nilai	Keterangan
Berat total	16.397 kg	
Dimensi	12246 x 2210 mm	
Kapasitas total	56250 kg/s pada kecepatan aliran 0,869 m/s	100% <i>clean screen</i> dengan kedalaman air 7298 mm
Motor penggerak 3 fase	380 Volt, 50 Hz, 2/1 HP, <i>dual speed</i> 1500/750 RPM	
Rasio reduksi <i>gear box</i>	1500 : 1	
Bobot sistem penggerak	467 kg	
Bobot mekanisme gerak	5670 kg	



**Gambar 3.** Konstruksi unit *bucket screen*, total menggunakan 38 unit *bucket screen*.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Perhitungan Torsi dan Gaya Tarik *Chain*

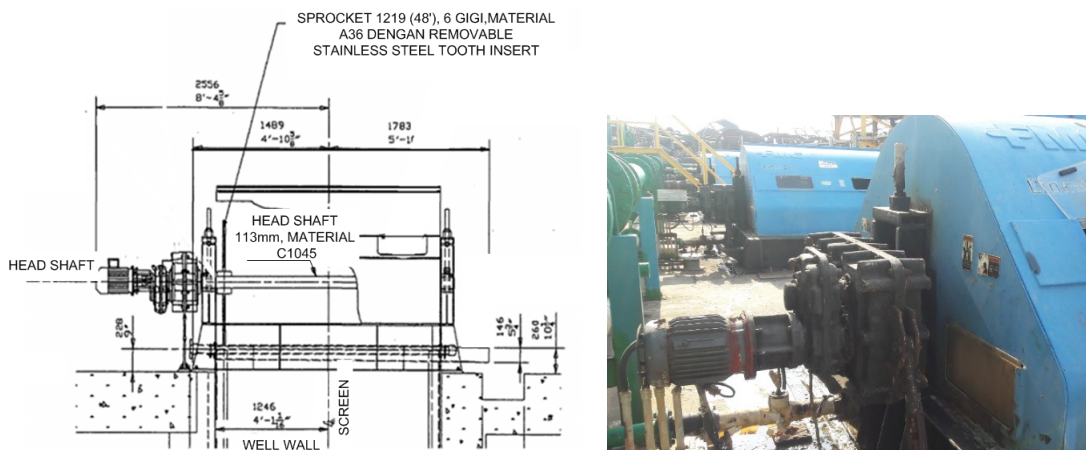
Unit TBS dioperasikan dengan menggunakan motor penggerak berdaya 1,5 HP. Dengan motor penggerak tersebut, torsi yang diberikan untuk memutar poros *sprocket* dapat dihitung dengan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$Power (HP) = \frac{T \times n}{5250} \quad (1)$$

dimana:

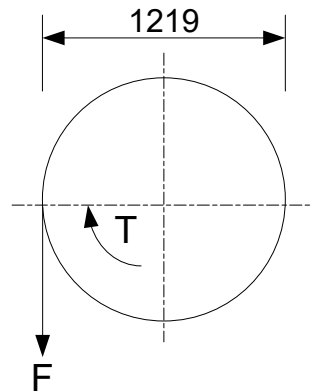
- T = Torsi (lb. ft)
- N = Putaran (rpm)
- Dayar (HP) = 746 watt
- 5250 = constant

Hasil perhitungan torsi motor penggerak adalah 10.500 lb ft = 14.236,1 Nm. Dengan harga torsi tersebut, perhitungan gaya tarik *chain* dapat dilakukan dengan menghubungkan data dimensi sproket yang terpasang pada konstruksi head terminal seperti ditunjukkan dalam Gambar 4, dimana diameter *sprocket* adalah sebesar 1219 mm.



**Gambar 4.** Konstruksi *head terminal* dan sistem motor penggerak.

Didasarkan pada diagram benda bebas Gambar 5, gaya tarik *chain* yang terjadi akibat torsi motor penggerak adalah sebesar 23357 N. Jika efisiensi transfer daya pada *sprocket* adalah sekitar 95%, maka gaya tarik *chain* mendekati 2.21 ton.



Gambar 5. Diagram benda bebas pada sistem *sprocket*

Gesekan terjadi antara *roller chain* (terbuat dari material SS316) dan porosnya (terbuat dari material SS316), maka gaya tarik  $i$  digunakan untuk mengantisipasi gaya gesek tersebut ketika TBS beroperasi. Besarnya gaya gesek dapat dihitung dengan Persamaan 2, sedangkan gaya normal (N) diperoleh dari gaya tekan akibat bobot *bucket screen* (yang terjadi pada permukaan dalam lubang *roller chain*) terhadap permukaan porosnya.

$$F = \mu s . N \tag{2}$$

### 3.2 Perhitungan Gaya Tarik Chain pada Low Level Water Dengan Kondisi 100% Clean Screen

#### 3.2.1 Perhitungan Luasan Efektif Untuk Masing-Masing Bucket Screen

Perhitungan luasan efektif (luasan yang menghasilkan gaya tekan akibat tekanan kolom) *bucket screen* didasarkan pada analisis geometri *frame* dan *wire mesh* yang digunakan. Prosedur perhitungan luasan efektif tersebut diuraikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Prosedur perhitungan luasan efektif *bucket screen*

Jenis Pengukuran	Nilai Pengukuran
Sample ukuran <i>wire mesh screen</i>	50x50 mm
Total luasan lubang	70,60%
Total luasan tertutup	29,40%
Total luasan lubang untuk 1 unit <i>bucket screen</i>	809774,9 mm <sup>2</sup>
Total luasan tertutup untuk 1 unit <i>bucket screen</i>	337215,1 mm <sup>2</sup>
Luasan <i>frame</i> samping	154700 mm <sup>2</sup>
Luasan <i>frame</i> tengah	14013 mm <sup>2</sup>
Prosentase luasan lubang	61,55%
Prosentase luasan tertutup	38,45%

Kapasitas aliran TBS pada 100% clean screen dihitung dengan prosedur sebagai berikut:

- Kapasitas aliran pompa adalah 56,700 m<sup>3</sup>/jam atau 945 m<sup>3</sup>/min dengan efisiensi sebesar 80%
- Massa alir ( $\dot{m}$ ) sebesar 14,062.5 kg/s pada kecepatan aliran ( $v$ ) 0,869 m/s, dimana massa alir tersebut melalui luasan efektif lubang *bucket screen* pada kondisi 100% bersih.

#### 3.2.2 Gaya Tekan Total Yang Bekerja Pada Luasan Efektif Screen

Jumlah *bucket screen* yang berada dibawah *low level water* adalah 24 unit (nps). Jika korelasi antara massa alir dengan luasan penampang *ducting* dinyatakan dalam Persamaan 3, maka luasan lubang untuk masing-masing bucket screen dapat dihitung dengan metode yang dinyatakan dalam Persamaan 4.

$$\dot{V} = A . v \tag{3}$$

$$\begin{aligned}
 A_{hole} &= m / (\rho \cdot v \cdot nps) \\
 &= 14062,5 \text{ kg/s} / (997 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,869 \text{ m/s} \cdot 24) \\
 &= 0,68 \text{ m}^2
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

Jika luasan total masing-masing *bucket screen* adalah 1,32m<sup>2</sup>, sedangkan luasan tertutupnya (*A closed*) adalah 0,64 m<sup>2</sup>, maka tekanan yang bekerja pada *bucket screen* disebabkan oleh tekanan kolom (*hydrostatic*, P<sub>hydro</sub>) dan tekanan karena aliran. Tekanan kolom dan tekanan karena aliran dapat dihitung dengan Persamaan 5 dan 6.

$$P_{hydro} = \rho gh \tag{5}$$

$$\rho_{flow \ velocity} = \frac{1}{2} \rho v^2 \tag{6}$$

Dimana h adalah *differential head* (Dh) antara *inlet* dan *outlet* dari sistem TBS, Dh start = 0, 76 m, Dh<sub>steady</sub> = 0,305 m, sehingga:

Tekanan kolom	P <sub>hydro</sub>	= 3040,85 N/m <sup>2</sup>
Tekanan aliran	P <sub>flow velocity</sub>	= 376,45 N/m <sup>2</sup>
Tekanan total yang bekerja pada <i>screen</i> adalah	(P <sub>total</sub> )	= P <sub>hydro</sub> + P <sub>flow</sub> = 3417,3 N/m <sup>2</sup>
Gaya akibat tekanan pada <i>bucket screen</i> pada <i>low level water</i>		= P <sub>total</sub> x A <sub>closed</sub> = 2185,05 N

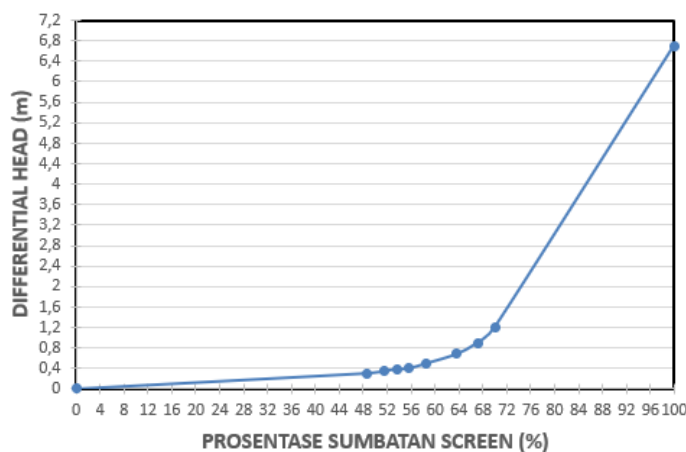
Sedangkan gaya tekanan total yang bekerja pada seluruh *bucket screen* pada *low level water* adalah sebesar  
= 2185,05 N x 24 = 52441,12 N

### 3.2.3 Gaya Tarik Chain Pada 100% Clean Screen

Gaya tarik *chain* besarnya sama dengan gaya gesek yang terjadi antara *roller chain* dan porosnya (Persamaan 2). Didasarkan pada *literature review*, μ<sub>s</sub> (koefisien gesek statis) antar logam (dalam hal ini stainless steel 316) dalam medium air laut adalah sebesar 0,24 – 0,28[11]. Dengan menggunakan Persamaan 7, hasil perhitungan gaya gesek yang terjadi adalah sebesar 14,683 N. Dengan daya motor yang ada (2HP – dual speed), gaya tarik maksimum *chain* adalah sebesar 2210 kg pada kondisi 100% *clean screen*. Kondisi ini menunjukkan bahwa motor masih mampu untuk memutar *bucket screen*.

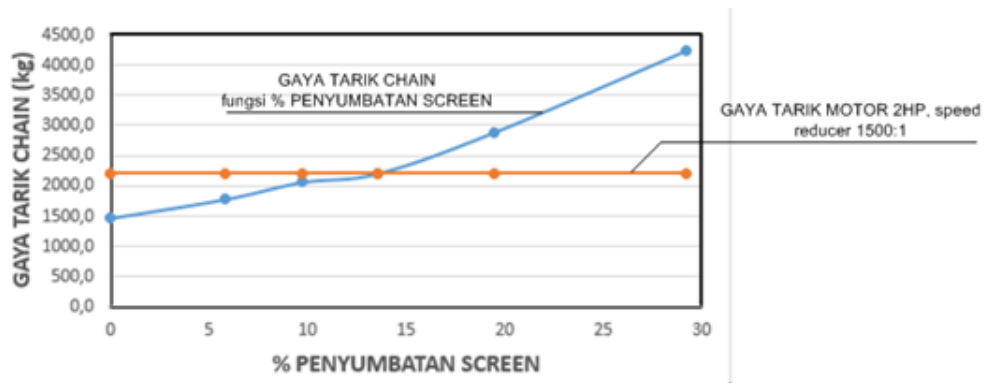
### 3.3 Variasi Gaya Tarik Chain Sebagai Fungsi Dari Level Penutupan Screen.

Level penutupan *screen* secara langsung berpengaruh pada *differential head* antar posisi sebelum dan sesudah *screen*. Basis data untuk menghitung *differential head* sebagai fungsi variasi prosentase penutupan *screen* adalah sebagai berikut: pada kondisi *low level water* dan 100% *clean screen*, *differential head* pada kondisi *steady state* adalah sebesar 0,305 m. Berdasarkan kondisi-kondisi batasnya, estimasi kurva *differential head* sebagai fungsi dari prosentase penutupan *screen* ditunjukkan dalam Gambar 6.



Gambar 6. Estimasi *differential head* pada variasi prosentase penutupan *screen*

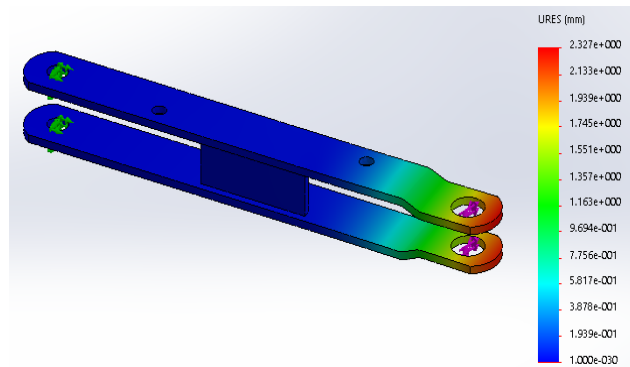
Dengan menggunakan prosedur yang sama, kemampuan motor untuk memutar *bucket screen* sebagai fungsi penutupan *screen* dapat ditentukan. Gambar 7 menunjukkan variasi gaya tarik *chain* sebagai fungsi penutupan *screen*. Penggunaan motor penggerak dengan daya sebesar 2 HP hanya akan mampu menggerakkan *bucket screen* dengan level penutupan *screen* sebesar 13%. Jika daya motor diperbesar (misalnya 5 HP), maka motor mampu menggerakkan *bucket screen* hingga level penutupan *screen* sebesar 36%.



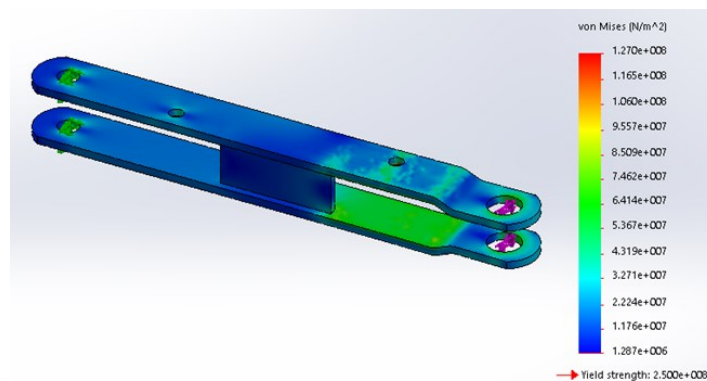
Gambar 7. Korelasi antara gaya tarik chain dan level penutupan screen

### 3.4 Pengaruh Peningkatan Daya Motor Penggerak Terhadap Kondisi Deformasi Dan Distribusi Tegangan Pada Struktur Chain

Apakah dengan meningkatkan daya motor yang digunakan konstruksi *chain* masih aman dioperasikan? Hal tersebut dibuktikan dengan mengobservasi distribusi tegangan pada struktur *chain* dengan pemodelan FEM. Dengan pembebanan yang berupa gaya aksial sebesar 4600 kg pada struktur *chain*, distribusi tegangan struktur *chain* seperti ditunjukkan dalam Gambar 8.



Gambar 8. Kondisi deformasi *side bar chain* akibat pembebanan 36% penyumbatan *screen*, Dengan deformasi maksimum 2,33 mm.



Gambar 9. Distribusi tegangan pada *struktur chain* dengan pembebanan gaya aksial sebesar 4600 kg dengan menggunakan pemodelan FEM, dengan tegangan maksimum 1270 Mpa, sekitar 50% dari *yield strength*nya.

## 4. Kesimpulan

Penggantian unit motor penggerak TBS dari 2 HP menjadi 5 HP terbukti mampu meningkatkan kinerja TBS yang ditunjukkan dengan peningkatan kemampuan operasinya terhadap level penutupan *screen* dari 13% menjadi 36%. Pada kondisi operasi tersebut, struktur *chain* mengalami peningkatan beban tarik dari 2210 kg menjadi 4600 kg, sehingga tegangan kerja pada struktur *chain* menjadi 127 Mpa, dimana nilai ini sekitar 50% dari nilai *yield strength*nya.

### Daftar Pustaka

- [1] Alimah, S., Parapak, B., 2008, “*Studi Teknologi Intake Untuk Pendingin Kondensor dan Instalasi Desalinasi Pada PLTN*”, Jurnal Pengembangan Energi Nuklir, 10(1).
- [2] Wicaksono, A., 2018, “*Optimalisasi Penggantian Komponen Travelling Water Screen (TWS) di Sistem Cooling Water (Studi Kasus pada PLTGU Muara Tawar Blok 1)*”, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [3] Hubert Water Treatment Installation, “*Travelling Band Screen-Quality*”, <https://hubert.nl/water-intake-systems/travelling-band-screen/>, diakses : 8 Maret 2022.
- [4] Anonymous, “*Travelling Band Screen*”, <http://charlyengineering.blogspot.com/2015/01/travelling-band-screen.html>, diakses : 8 Maret 2022.
- [5] Beaudrey, “*Travelling Band Screens*”, <https://www.beaudrey.com/travelling-band-screens>, diakses: 8 Maret 2022.
- [6] PT. Menara Alfasmesta, “*Dual Flow Traveling Band Screen*”, <http://pt-mas.com/dual-flow-traveling-band-screen/>, diakses : 8 Maret 2022.
- [7] Beaudrey, 2008, “*Beaudrey Screens, Debris Filters and Condenser Tube-Cleaning Systems*”. E. Beaudrey & Cie, Paris.
- [8] Basuki, RR., 2015, “*Identifikasi Kerusakan dan Perawatan Desalination Plant pada Cooling System PLTGU PT. PJB UP Gresik*”, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- [9] Thomas, DL., 1979, “*A Review of Water Intake Screening Options for Coastal Water Users with Recommendations for Ocean Thermal Energy Conversion (OTEC) Plants*”, Argonne National Laboratory, Illinois.
- [10] EIMCO Water Technologies, 2006, “*Brackett Green ® Travelling Band Screens Fine screening for Water Intakes*”, Eimco Water Technologies, Essex.
- [11] Miura, K., Takata, K., Fujiwara, K., Shimosako, Y., 2005, “*Characteristics of Static Friction in Sea Water on Universal Joint Member Materials*”, J. Soc. Mat. Sci., Japan, 54(5).