

## ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN EQUALIZER BAR PADA UNIT BULLDOZER

Achmad Husen<sup>1)</sup>, Madinah<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Institut Sains dan Teknologi Nasional  
Bhumi Srengseng Indah, Jakarta 12640  
Email :madin.istn12@gmail.com

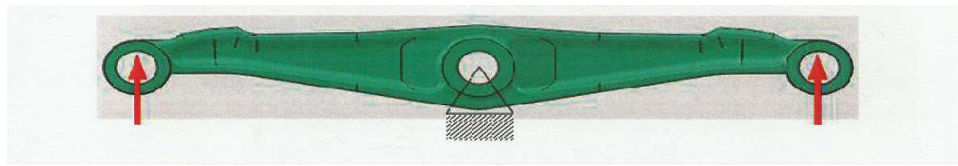
**Abstract,** Perusahaan manufaktur jenis alat-alat berat di Indonesia memiliki masalah pada salah satu komponen dari unit bulldozer yaitu equalizer bar yang mempunyai fungsi untuk menahan bagian depan unit yang akan diteruskan ke frame track dan dipegang oleh braket bar equalizer yang mengalami kerusakan rata-rata umur pakai mencapai 2000 jam operasi atau sekitar 10 bulan. Penelitian ini dilakukan dalam tiga langkah, pertama menguji kegagalan bagian dengan metode pengujian destruktif dan pengujian non-destruktif dan komposisi bahan pengujian. Pengujian beban kedua equalizer bar ke dalam ini analisa dibagi pada dua kondisi, pertama kondisi statis dan dinamis dengan metode perhitungan matematis perhitungan analitis dalam keadaan jalan rata atau kondisi jalan miring. Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian material dan kekuatan material terlihat bahwa komponen equalizer bar tidak memiliki masalah karena semua masuk dalam range standar. Berdasarkan analisa sebab akibat, disimpulkan bahwa penyebab kegagalan diakibatkan kesalahan pada pemasangan posisi kedudukan equalizer bar tidak center, sehingga pada posisi menanjak atau miring equalizer bar naik sebelah, maka terjadi tahanan pada sisi bracket kedudukan equalizer bar equalizer bar

**Kata kunci:** Equalizer bar, Analisa, Instalasi, Bulldoser .

### 1 Pendahuluan

Salah satu perusahaan manufaktur alat berat yang memproduksi *Hydraulic Exavator, bulldozer Wheel Loader, Dump Truck, Motor Grader* telah menerima klaim terkait dengan masalah equalizer bar patah, terjadi pada saat unit rata-rata mencapai 2000 jam operasi atau sekitar 10 bulan dan masih tergolong rendah untuk ukuran equalizer bar yang seharusnya tidak boleh patah dengan standar umur yang lama. Oleh karena adanya permasalahan mengenai equalizer bar yang patah pada unit bulldozer dan untuk itu sangat perlu untuk meneliti dan menganalisa penyebab dari patahnya equalizer bar serta apabila memungkinkan untuk membuat improvement pada komponen equalizer bar atas dasar mengurangi problem dan klaim yang ada, serta melakukan preventive action agar kejadian yang sama tidak terjadi lagi<sup>[1]</sup>.

Equalizer Bar adalah komponen pada unit bulldozer yang berfungsi untuk menahan bagian depan unit yang diteruskan ke *track frame* dan tumpuan pada equalizer bar di tahan oleh bracket. Equalizer bar terletak pada bagian bawah unit bulldozer, yang mengikat track frame (RH & LH) sebagai tumpuannya. untuk memperjelas bagian equalizer bar yang terpasang pada track frame, lihat pada Gambar 1<sup>[2]</sup>.

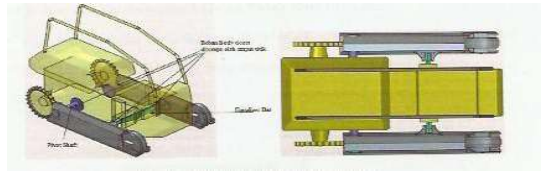


Gambar 1. Equalizer Bar

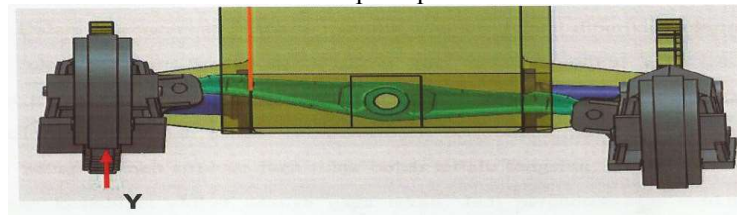
#### 1.1 Kondisi Pembebanan

Berat unit D68ESS-12 sebesar 160 kN ditahan dibagi oleh 2 tumpuan yaitu pivot shaft dan equalizer bar maka masing-masing tumpuan adalah 80 kN<sup>[3]</sup>. Jadi berat tumpuan maksimum yang diterima equalizer bar adalah 80 kN kondisi pembebanan yang mungkin terjadi pada unit bulldozer saat pengoperasian adalah kondisi jalan datar/statis dan kondisi jalan miring dan menanjak.

Pada kondisi datar beban dozer ditumpu oleh roda-roda pada track frame, badan bulldozer ditumpu rata oleh pivot shaft dan equalizer bar seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan posisi tumpuan di tunjukkan pada Gambar 3.

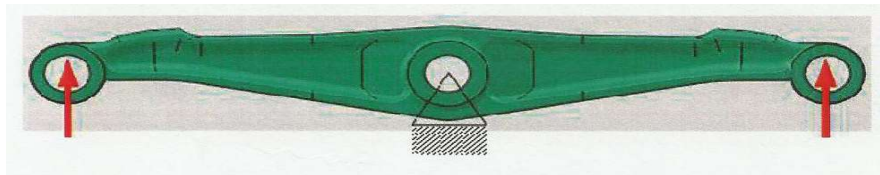


Gambar 2. Tumpuan pada bulldozer



Gambar 3. Posisi Tumpuan equalizer bar pada unit bulldozer

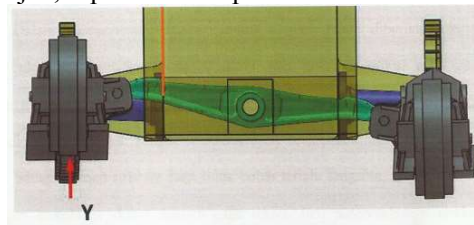
Posisi tumpuan badan bulldozer pada equalizer bar bila dibuat diagram benda bebas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Beban badan sekitar 16.000 kg atau 160 kN, di bagi keempat tumpuan sehingga masing-masing tumpuan 40 kN.



Gambar 4. Skema pembebanan pada tumpuan equalizer bar

### 1.2 Kondisi pembebanan 2 (jalan tidak rata / dinamis)

Yaitu kondisi dimana diasumsikan terjadi pada satu track frame terangkat sebelah karena kondisi medan yang miring dan menanjak, seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Posisi track frame saat medan miring dan menanjak

Dengan kondisi miring tersebut maka equalizer bar akan terangkat sebelah menerima gaya radial pada sumbu y, terlihat seperti pada Gambar 5. Equalizer bar dipasang pada bracket yang melekat pada rangka roda rantai, joining equalizer bar dan poros pada bracket menggunakan alignment bearing. Alignment bearing memiliki kemampuan untuk berputar pada sumbu x dan z. sehingga walaupun kondisinya terangkat dan miring maka posisi equalizer bar akan tetap lurus dan tidak terpuntir<sup>[4][5]</sup>. Oleh karenanya posisi dudukan equalizer bar pada poros di bracket tersebut harus memiliki jarak yang cukup, sehingga saat terjadi posisi naik maka equalizer bar memiliki ruang untuk menjaga posisinya tetap lurus. Untuk kondisi ini maka pembebanan akan sama dengan kondisi 1.

### 1.3 Tegangan

Tegangan normal gabungan yaitu tegangan lentur + tegangan axial, dengan rumus 1)

$$\sigma_{ng} = \pm \frac{P}{A} \pm \frac{M.Y}{I} \quad (N/cm^2) \quad (1)$$

dimana:  $\sigma_{ng}$  = Tegangan normal gabungan  
 $P$  = Gaya axial ( N )  
 $I$  = Momen Inersia Penampang (  $cm^4$  )

Tegangan geser akibat beban ( gaya geser ) yang bekerja pada equalizer bar adalah :  

$$\tau = \frac{V \cdot S}{B \cdot I} \quad (N/cm^2) \quad (2)$$

dimana :  $\tau$  = Tegangan geser (  $N/cm^2$  )  
 $V$  = Gaya geser ( N )  
 $B$  = Lebar penampang equalizer bar ( cm )  
 $S$  = Statis momen (  $cm^3$  )  
 $I$  = Momen Inersia (  $cm^4$  )

Tegangan Utama adalah:

$$\sigma_1 = \frac{1}{2} \sigma_x + \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4 \tau_{xy}^2} \quad (3)$$

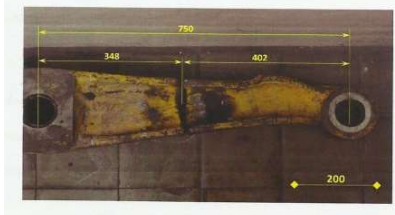
$$\sigma_2 = \frac{1}{2} \sigma_x - \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4 \tau_{xy}^2} \quad (4)$$

$$\tau_1 = \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma_x^2 + 4 \tau_{xy}^2} \quad (5)$$

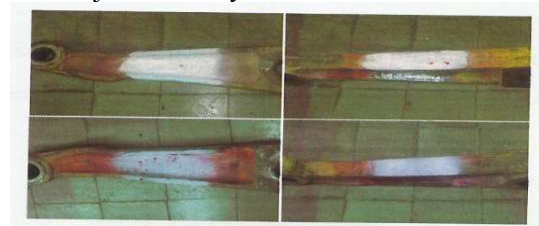
Dimana:  $\sigma_1$  = Tegangan utama maksimum (  $N/cm^2$  )  
 $\sigma_2$  = Tegangan utama minimum (  $N/cm^2$  )  
 $\tau_1$  = Tegangan geser utama (  $N/cm^2$  )

## 2 Pembahasan

Equalizer Bar mengalami patah pada posisi antara dudukan poros tengah dan tepi. Jarak patah dari poros tengah sebesar 348 mm seperti ditunjukkan pada Gambar 6. Untuk mengetahui apakah terjadi retak pada sisi sebelahnya dilakukan pemeriksaan NDT - Die Penetran seperti terlihat pada Gambar 7, menunjukkan hasil Die - Penetran pada sisi sebelah tidak menunjukkan adanya tanda - tanda keretakan.



Gambar 6. Posisi patahan



Gambar 7. NDT – Penetran

### 2.1 Pengujian Komposisi Kimia

Hasil pengujian komposisi kimia material *Equalizer bar ( damage part )* dibandingkan dengan standart komposisi yang ditetapkan<sup>[6]</sup>. Hasil uji komposisi ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Uji Komposisi Material

Kimia	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	Al
Std	0.40 - 0.470	0.30 - 0.80	0.70 - 1.40	≤ 0.035	≤ 0.036	≤ 0.30	≤ 0.50	≤ 0.30	≤ 0.30	0.02 - 0.10
Hasil	0.470	0.51	0.90	0.013	0.0064	0.026	0.0235	0.22	-	0.042

### 2.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian Kekerasan dilakukan pada potongan melintang *Equalizer bar*. Posisi pengujian seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Posisi Pengujian Kekerasan.

Pengujian kekerasan ini menggunakan metoda Brinell dengan beban 300 kgf dan indenter 10 mm. Dari hasil pengujian kekerasan diperoleh serti terlihat pada Tabel 2. Hasil rata -rata nilai kekerasannya adalah 27,9 HRC atau 273 HB. Standar kekerasan 248 - 293 HB atau 23,8 - 30,7 HRC. Nilai kekerasan masuk dalam range standar.

Tabel 2. Hasil Uji Hardness

No	HRC	No	HRC
1	30,5	12	31,9
2	27	13	31,8
3	26,3	14	32,2
4	26,3	15	22,8
5	29	16	22,6
6	32,3	17	25,6
7	27,6	18	28,8
8	26,6	19	27,1
9	26,7	20	21,6
10	27,1	21	28
11	30,7	22	31
Rata - rata 27,9 HRC			

Tabel 3. Data Uji Tarik Material

No	Data	Hasil Uji	Standar	Satuan
1	Temperatur uji	25		°C
2	Luas penampang	118,823		mm <sup>2</sup>
3	Panjang ukur	61,5		mm
4	Beban maksimum	12457,2		kgf
5	Kuat tarik	104,84		Kgf/mm <sup>2</sup>
6	Beban yield	11130,5		Kgf
7	Kuat yield	93,67		Kgf/mm <sup>2</sup>
8	Panjang setelah putus	66		mm
9	Regangan	7,3		%

### 2.3 Pengujian Tarik dan Impak

Pada Tabel 3 menunjukkan hasil uji tarik material, Kekuatan tarik material sebesar 104,84 kgf/mm<sup>2</sup> (1048,4 MPa) . Kuat yield material 93,67 kgf/mm<sup>2</sup> ( 936,7 MPa ) . Regangan yang dihasilkan sebesar 7,3 %.

Tabel 4. Data Uji Impak

No	Data	Nilai	Satuan
1	Temperatur sampel uji	25	°C
2	Energi yang diserap	41,88	Joule
3	Luas penampang	0,80	cm <sup>2</sup>
4	Harga Impak	52,35	Joule/cm <sup>2</sup>

Hasil data - data pengujian Impak terlihat pada Tabel 3.4 diadaptkan nilai Impak material sebesar 52,35 J/cm<sup>2</sup>.

### 2.4 Data Kekuatan Material

#### 2.4.1 Kondisi pembebanan jalan datar

Posisi tumpuan badan *bulldozer* pada *equalizer bar*, apabila dibuat diagram benda bebas seperti ditunjukkan pada Gambar 9. Dari diagram benda bebas didapat nilai tegangan utama sebagai berikut:

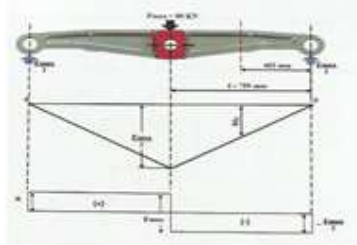
Nilai Tegangan Utama Maksimum ( $\sigma_1$ ) = 55,738 N/mm<sup>2</sup>

Nilai Tegangan Utama Minimum ( $\sigma_2$ ) = -52,073 N/mm<sup>2</sup> dan

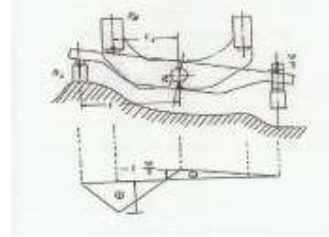
Nilai Tegangan Geser maksimum ( $\tau_3$ ) = ±53,9 N/mm<sup>2</sup>

#### 2.4.2 Kondisi Pembebanan jalan Miring

Agar mendapatkan hasil tegangan yang meyakinkan maka harus menghitung tegangan yang terjadi pada kondisi jalan yang tidak rata, seperti contoh Gambar 10.



Gambar 9. Kondisi Statis



Gambar 10. Kondisi Miring

Dari diagram benda bebas akan diperoleh nilai - nilai tegangan utama dari *equalizer bar* pada kondisi pembebanan jalan miring.

Besar nilai tegangan utama maksimum dan tegangan geser maksimum sebagai berikut :

Nilai Tegangan Utama Maksimum ( $\sigma_1$ ) = 119,5 N/mm<sup>2</sup>

Nilai Tegangan Utama Minimum ( $\sigma_2$ ) = -24,284 N/mm<sup>2</sup> dan

Nilai Tegangan Geser maksimum ( $\tau_3$ ) = ±71,9 N/mm<sup>2</sup>

Dari hasil perhitungan analitis dalam keadaan jalan rata atau kondisi jalan miring kekuatan material tersebut masih memenuhi standar atau masih lebih kecil tegangan yang diizinkan . Tegangan yang diizinkan dengan menggunakan material SS400 adalah  $\bar{\sigma} = 147$  N/mm<sup>2</sup> dan  $\bar{\tau} = 118$  n/mm<sup>2</sup>. Tegangan maksimum yang terjadi pada jalan rata adalah  $\sigma_{max} = 55,738$  N/mm<sup>2</sup> dan tegangan geser maksimum adalah  $\tau_{max} = 53,9$  N/mm<sup>2</sup> Dan tegangan yang terjadi pada jalan yang tidak rata adalah  $\sigma_{max} = 119,5$  N/mm<sup>2</sup> dan tegangan geser maksimum yang terjadi  $\tau_{max} = 71,9$  N/mm<sup>2</sup>. Jadi dapat disimpulkan bahwa:

$$\sigma_{max} < \bar{\sigma} \quad (119,5 \text{ N/mm}^2 < 147 \text{ N/mm}^2)$$

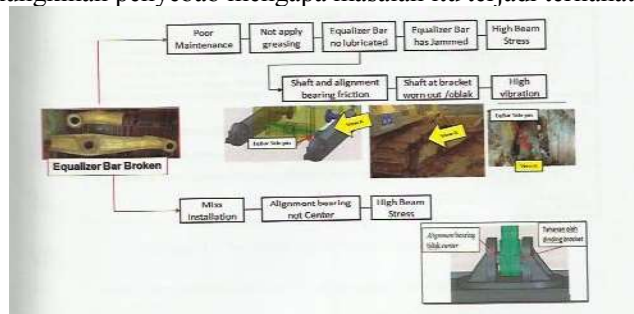
$$\tau_{max} < \bar{\tau} \quad (71,9 \text{ N/mm}^2 < 118 \text{ N/mm}^2)$$

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian material dan kekuatan material terlihat bahwa komponen *equalizer bar* tidak memiliki masalah karena semua masuk dalam *range* standar. Berikut adalah fakta dan hasil yang didapatkan dalam metodologi pengujian yang dilakukan sebelumnya :

- *Equalizer bar* mengajami patah pada jarak 348 mm dari poros tengah
- Tidak ditemukan tanda - tanda kerusakan pada sisi sebelahnya, dari pemeriksaan *NDT - Die Penetrant* tidak ada retakan.
- Dari hasil uji Komposisi kimia, Uji kekerasan, Uji tarik, uji Impak dan uji Kekuatan Material semua sesuai dengan Standar yang di izinkan.

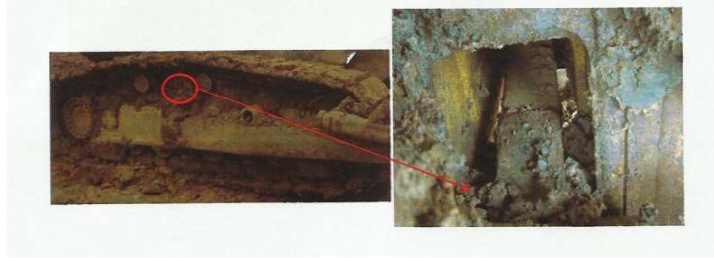
## 2.5 Analisa Sebab Akibat

Untuk mempermudah menganalisa penyebab patahnya *Equalizer bar* diluar sisi material, maka dibuatkan beberapa kemungkinan penyebab mengapa masalah itu terjadi terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Kemungkinan penyebab Equalizer Bar Patah

Berdasar dari survey lapangan/jodsite banyak ditemukan *fitting grease* untuk pelumasan *equalizer bar* terhambat oleh tanah lumpur yang mengering sehingga tidak memungkinkan untuk melakukan pelumasan dengan baik Dikarenakan *Fitting grease* yang rusak dan dapat dilakukan *greasing* seperti terlihat pada Gambar 12



Gambar 12. Kondisi Fitting Equilizer Bar

Ditemukan posisi dudukan *equalizer bar* tidak center seperti ditunjukkan pada Gambar 13 dan 14. Maka pada posisi menanjak atau miring *equalizer bar* naik sebelah sehingga *equalizer bar* akan berputar dan didukung oleh *alignment bearing* untuk mempertahankan posisi lurus. Karena tidak center maka terjadi tahanan pada sisi *bracket* dudukan *equalizer bar*, hal ini menyebabkan puntiran pada *equalizer bar* sehingga tegangan yang terjadi bertambah hampir mendekati nilai kekuatan tarik material *equalizer bar* yang memungkinkan terjadi patah pada *equalizer bar*.



Gambar 13. Beban puntir yang terjadi akibat Dudukan *Equalizer bar* tidak center



Gambar 14. Actual dudukan *equalizer bar* yang tidak normal

### 3 Simpulan

Dari hasil yang didapatkan dari analisa patahnya *equalizer bar*, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kualitas material secara umum cukup baik dari hasil uji laboratorium, yaitu uji komposisi kimia dan sifat mekanik masuk dalam standar yang ditentukan.
2. Patahnya *Equalizer bar* kemungkinan terjadi melalui modus fatiq akibat beban puntir, Puntiran terjadi bila ada kesalahan pemasangan dudukan *Equalizer bar* pada *bracket* yang tidak sesuai standar yaitu salah satu sisi terlalu dekat dengan dinding *frame bracket*, sehingga *equalizer bar* tidak bebas berputar dan tertahan *frame* dudukan *bracket*.
3. Tidak terjadi pelumasan yang baik pada *equalizer bar*, sehingga mengakibatkan *equalizer bar* tidak bergerak/tidak bisa bekerja sebagaimana fungsinya.

### Daftar Pustaka

- [1]. Komatsu Engineering standatr 45.B501.01, 2006
- [2]. Operational and maintenace D68ess – 12, 2010
- [3]. Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke, Richard G. Budynas, 2004 "Mechanical Engineering Design" Sevenyh Edition ( International Edition ), Mc Graw - Hil.
- [4]. Daryl L. Logan, 2000 Third Edition A First Course in Finite Elemant Method
- [5]. Jack A. Collins, 2003 " Mechanical Design of Mechine Element and Mechines" Wiley International Edition, Jonh wily & Son, United States of America
- [6]. Komatsu Engineering standart 04.015.6, 2002