

PENGARUH PEMBEBANAN *OVERLOAD* BUCKET TERHADAP KEKUATAN MATERIAL KOMPONEN ARM PADA EXCAVATOR VOLVO EC700B TIPE CRAWLER

Lia Pongsapan¹

Abstract

Volvo Excavator EC700B crawler type used in coal mining to remove coal and top soil. The maximum capacity of the bucket according to the standard Volvo Construction Equipment is 8.28 tonnes, but the actual experience in the field bucket overloaded with cargo capacity increased to 12.14 tonnes. This study analyzes the components of arm strength when holding the bucket on the working conditions of overload. Materials made of ASTM A36 arm with allowable stress limit (yielding point) of 290 N/mm². The results showed the increase in value of the force and stress on the arm component loading conditions overload at 28-32% of normal loading conditions. The maximum voltage occurs at the bracket arm hydraulic cylinder that is equal to 150.4 N/mm². The voltage value is smaller than the allowable stress of material, so the material at arm component complies with the standards of eligibility and declared safe.

Key words : *Bucket Excavator, Overload Operation Condition, Stress Analysis, Safe Condition*

Abstraksi

Excavator volvo EC700B tipe crawler digunakan di pertambangan batubara untuk memindahkan batubara dan top soil. Kapasitas maksimum bucket sesuai standar Volvo Construction Equipment adalah 8,28 ton, tetapi aktual di lapangan bucket mengalami overload dengan kapasitas muatan naik menjadi 12,14 ton. Penelitian ini menganalisa kekuatan komponen arm ketika menahan bucket pada kondisi kerja overload. Material arm terbuat dari ASTM A36 dengan batas tegangan ijin (yielding point) sebesar 290 N/mm². Hasil penelitian menunjukkan kenaikan nilai gaya dan tegangan pada komponen arm pada kondisi pembebanan overload sebesar 28-32% dari kondisi pembebanan normal. Tegangan maksimum terjadi pada hydraulic cylinder bracket arm yaitu sebesar 150,4 N/mm². Nilai tegangan tersebut lebih kecil dari tegangan ijin material, sehingga material pada komponen arm telah sesuai dengan standar kelayakan dan dinyatakan aman.

Kata Kunci : *Bucket Excavator, Kondisi Kerja Overload, Analisa Tegangan, Kondisi Aman*

PENDAHULUAN

Batubara merupakan komoditas utama Kalimantan Timur. Proses produksinya menggunakan metode *open pit mining*. Kegiatan pengupasan tanah penutup atau *overburden* menggunakan alat gali muat yaitu *hydraulic excavator*. Salah satu alat gali muat yang digunakan adalah *excavator* Volvo EC700B tipe *crawler*.

Produktivitas *excavator* dipengaruhi oleh berbagai hal, baik yang berasal dari dalam *excavator* seperti cara atau kondisi kerja dan kondisi unit *excavator* itu sendiri,

maupun dari luar yang berasal dari kondisi lapangan tempat *excavator* tersebut bekerja.

Penelitian ini menganalisa gaya dan tegangan yang bekerja pada komponen *arm* unit *hydraulic excavator* Volvo EC700B tipe *crawler* pada kondisi kerja *overload bucket* dan menentukan apakah komponen *arm* mampu dan aman menerima tegangan tersebut.

Kapasitas maksimum *bucket* sesuai standar Volvo CE adalah 8,28 ton. Angka tersebut adalah hasil perkalian *volume bucket* yaitu 4,6 m³ dengan massa jenis material (*material density*) maksimum yang diizinkan

¹ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Balikpapan

yaitu 1.800 kg/m³. Tetapi pada kondisi aktual di lapangan, *bucket* mengalami *overload* dengan naiknya *volume bucket* menjadi 5,06 m³ dan massa jenis material yang diangkat yaitu 2.400 kg/m³, sehingga kapasitas muatan pada *bucket* naik menjadi 12,14 ton. Oleh karena itu, perlu dilakukan perhitungan kekuatan *arm* untuk menahan *bucket* pada kondisi kerja *overload*.

KAJIAN PUSTAKA

Sistem Gaya

Gaya adalah suatu kekuatan yang mengakibatkan benda yang dikenainya akan mengalami perubahan posisi, kedudukan (bergerak) ataupun berubah bentuk. Gaya merupakan aksi sebuah benda terhadap benda lain, mempunyai besar dan arah tertentu yang digambarkan dengan anak panah.

Gaya juga dapat diuraikan menjadi komponen vertikal dan horizontal atau mengikuti sumbu x dan y. Jika terdapat beberapa gaya yang mempunyai komponen x dan y, maka resultan gaya dapat dicari dengan menjumlahkan gaya-gaya dalam komponen x dan y.

Prinsip mendasar pada sistem gaya adalah sebagai berikut :

1. Hukum Transmisibilitas Gaya (Hukum Garis Gaya)

Kondisi keseimbangan atau gerak suatu benda tegar tidak akan berubah jika gaya yang bereaksi pada suatu titik diganti dengan gaya lain yang segaris, sama arah dan besarnya walaupun bereaksi pada titik berbeda.

2. Hukum I Newton (Hukum Kelembaman)

Bila resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel sama dengan nol (tidak ada gaya), maka partikel diam akan tetap diam dan atau partikel bergerak akan tetap bergerak dengan kecepatan konstan.

3. Hukum II Newton

Bila resultan gaya yang bekerja pada suatu partikel tidak sama dengan nol, maka partikel tersebut akan memperoleh percepatan sebanding dengan besarnya gaya resultan dan dalam arah yang sama dengan arah gaya resultan tersebut. Jika F diterapkan pada massa m , maka berlaku :

$$F = m \times a \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

F = gaya yang bekerja (N)

m = massa benda (kg)

a = percepatan benda (m/s^2)

4. Hukum III Newton

Gaya aksi dan reaksi antara benda yang berhubungan mempunyai besar dan garis aksi yang sama, tetapi arahnya berlawanan.

Momen Gaya

Momen adalah kecenderungan sebuah gaya untuk memutar sebuah benda di sekitar sumbu tertentu dari benda tersebut. Momen didefinisikan sebagai perkalian besar gaya dengan jarak tegak lurus terhadap sumbunya. Arah momen gaya tergantung dari perjanjian atau kesepakatan, misalnya searah jarum jam (*clockwise* = CW) atau berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise* = CCW), begitu pula dengan tanda positif dan negatif dari CW atau CCW . Rumus dari momen gaya adalah sebagai berikut :

$$M = F \times d \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

M = momen gaya ($N.m$)

F = gaya yang bekerja (N)

d = jarak tegak lurus dari sumbu atau lengan gaya (m)

Salah satu dari prinsip mekanika yang cukup penting adalah Teorema Varignon atau prinsip penjumlahan momen, yang menyatakan bahwa momen dari sebuah gaya terhadap suatu titik adalah sama dengan jumlah momen dari komponen-komponen gayanya terhadap titik yang sama.

Tegangan

Tegangan (*stress*) secara sederhana dapat didefinisikan sebagai gaya yang bekerja per satuan luas penampang. Tegangan terbagi beberapa macam, antara lain tegangan tarik (σ_t), tegangan tekan (σ_c) dan tegangan geser (τ). Tegangan normal dapat dihitung dengan rumus :

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(3)$$

Sedangkan untuk mencari luas daerah yang menerima beban secara langsung menggunakan rumus umum :

$$A = p \times l \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan :

σ = tegangan normal (N/m^2)

A = luas area penerima gaya atau beban (m^2)

p = panjang area (m)

l = lebar area (m)

Konsep Keseimbangan Gaya dan Momen

Sebuah benda dikatakan dalam keadaan seimbang jika jumlah gaya yang bekerja pada benda (F_x dan F_y) tersebut membentuk gaya atau sistem gaya yang ekuivalen dengan nol serta jumlah momen

yang bekerja juga ekuivalen dengan nol. Syarat dari keseimbangan suatu benda secara analitis adalah :

1. Jumlah gaya arah $x = 0$ atau $\sum F_x = 0$
2. Jumlah gaya arah $y = 0$ atau $\sum F_y = 0$
3. Jumlah momen = 0 atau $\sum M = 0 \dots\dots\dots(5)$

Berat Arm dan Berat Total Muatan Pada Bucket

Berat *arm* dan berat total muatan pada *bucket* didapat dengan menggunakan rumus umum :

$$w = m \times g \dots\dots\dots(6)$$

untuk mencari nilai m (m_{total}) pada *bucket* :

$$m_{total} = m_{muatan} + m_{bucket} \dots\dots\dots(7)$$

$$m_{muatan} = \rho \times V_{bucket} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan :

w = berat total (N)

m_{total} = massa *bucket* total (kg)

m_{muatan} = massa muatan atau material di *bucket* (kg)

m_{bucket} = massa *bucket* kosong (kg)

V_{bucket} = volume *bucket* (m^3)

ρ = material density atau massa jenis material (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

Pembebanan Merata

Beban merata adalah beban yang bekerja pada suatu struktur yang cukup luas dan tidak boleh diabaikan dalam suatu perhitungan pembebanan. Beban ini seperti berat suatu struktur itu sendiri atau berat suatu benda yang membebani semua bagian struktur secara merata. Beban ini dinyatakan dengan simbol q . Rumus umum yang digunakan pada pembebanan merata adalah :

$$q = \frac{m \times g}{d} \quad (2.9) \dots\dots\dots(9)$$

Keterangan :

q = beban merata pada suatu struktur per satuan panjang (N/m)

d = jarak atau panjang struktur (m)

Center of gravity adalah titik pusat atau titik tangkap gaya berat dari suatu benda atau dapat juga diasumsikan sebagai pusat konsentrasi dari berat benda. Pada batang lurus atau garis lurus, *center of gravity* berada di tengah-tengah dari panjang benda antar titik tumpuan maupun antara titik tumpu dengan titik beban yang bekerja.

Persentase Kenaikan Nilai Perhitungan

Untuk menghitung persentase kenaikan pada suatu nilai tertentu, maka digunakanlah rumus :

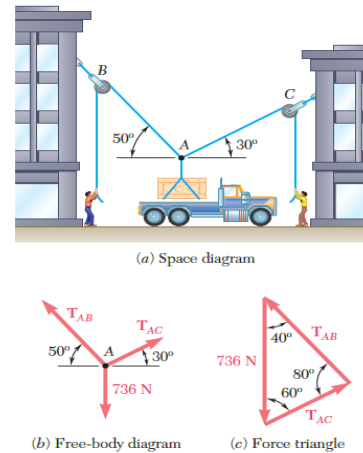
$$\frac{\text{nilai kenaikan} - \text{nilai awal}}{\text{nilai awal}} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

Pada perhitungan gaya dan tegangan komponen-komponen *arm*, dapat diketahui seberapa besar persentase kenaikan nilai gaya dan tegangan dari kondisi pembebanan standar ke pembebanan *overload* dengan menggunakan rumus persentase kenaikan seperti pada rumus 10.

Diagram Benda Bebas (*Free Body Diagram*)

Diagram benda bebas adalah diagram yang menggambarkan semua gaya-gaya yang bekerja pada suatu benda dalam keadaan bebas. Dalam menganalisis persoalan mekanika, diagram benda bebas ini sangat diperlukan untuk membantu memahami dan menggambarkan keseimbangan gaya dari suatu benda. Bentuk dan arah beban (gaya atau muatan) serta jenis tumpuan harus diperhatikan dengan baik, gaya dengan posisi

tidak tegak lurus terhadap sumbu utama harus diuraikan terlebih dahulu menjadi komponen gaya arah sumbu x dan y , karena momen hanya dapat dihitung jika gaya dan batang dalam posisi saling tegak lurus.



Gambar 1. Diagram Ruang dan Diagram Benda Bebas (Beer, 2010)

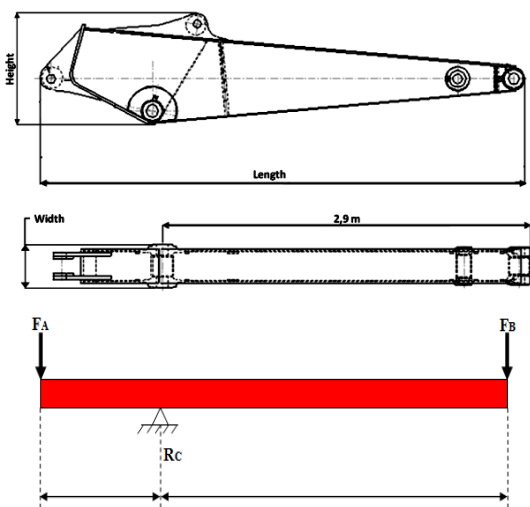
METODOLOGI

Metodologi penelitian yang di gunakan adalah studi literatur dan observasi lapangan. Objek penelitian difokuskan pada komponen *arm* unit *excavator* Volvo EC700B tipe *crawler*. Prosedur dalam melakukan proses penelitian dan perhitungan adalah sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan beban muatan dan gaya pada saat kondisi pembebanan normal.
2. Melakukan perhitungan beban muatan dan gaya pada saat kondisi pembebanan *overload*.
3. Menghitung tegangan tarik yang terjadi pada komponen-komponen *arm* saat pembebanan normal.

4. Menghitung tegangan tarik yang terjadi pada komponen-komponen *arm* saat pembebanan *overload*.
5. Membuat diagram perbandingan gaya dan tegangan tarik pada komponen-komponen *arm* saat kondisi pembebanan normal dan *overload*.
6. Menyimpulkan apakah material *arm* mampu dan aman digunakan pada saat kondisi *overload*.
7. Menghitung persentase kenaikan nilai gaya dan tegangan pada kondisi pembebanan *overload*.

Gambar 2. berikut ini menunjukkan pembebanan pada *arm excavator Volvo EC700B tipe crawler*.



Gambar 2. *Free Body Diagram Pada Komponen Arm excavator Volvo EC700B Tipe Crawler*

Keterangan gambar :

FA = gaya yang terjadi pada *hydraulic cylinder bracket arm*.

FB = gaya yang terjadi pada front *hydraulic cylinder pivot* (berat total muatan pada *bucket*).

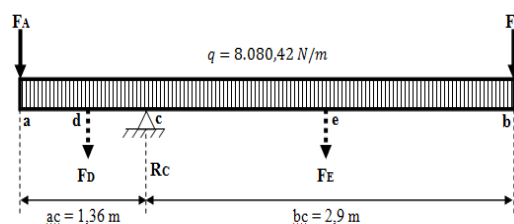
RC = reaksi gaya pada tumpuan, yaitu di *bushing slider*.

Untuk menghitung berat *arm* digunakanlah rumus 6, maka perhitungan berat *arm* adalah :

$$w_{arm} = 3.510 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2 = 34.422,57 \text{ N}$$

Berat *arm* ini memberikan pembebanan yang merata pada seluruh bagian *arm*, jadi untuk mencari beban merata pada *arm* digunakan rumus berikut :

$$q = \frac{34.422,57 \text{ N}}{(1,36+2,9)\text{m}} = \frac{34.422,57 \text{ N}}{4,26 \text{ m}} = 8.080,42 \text{ N/m}$$



Gambar 3. *Skema Pembebanan Merata Pada Komponen Arm*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menentukan berat total muatan *bucket* pada kondisi pembebanan normal, maka dilakukan perhitungan massa muatan sebagai berikut :

1. $m_{muatan} = \rho \times V_{bucket}$
 $m_{muatan} = 1.800 \text{ kg/m}^3 \times 4,6 \text{ m}^3$
 $= 8.280 \text{ kg}$
2. $m_{total} = 8.280 \text{ kg} + 3.730 \text{ kg}$
 $= 12.010 \text{ kg}$
3. $F_B = m \times g$
 $F_B = 12.010 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$
 $F_B = 117.782,1 \text{ kg.m/s}^2$
 $F_B = 117,78 \text{ kN}$

Untuk mencari nilai FA digunakan konsep keseimbangan momen pada titik c (Mc) sebagai berikut :

1. $\Sigma M_c = 0$
2. $M_A + M_D - M_E - M_B = 0$
 $(F_A \times d_{ac}) + (F_D \times d_{dc}) -$
 $(F_E \times d_{ec}) - (F_B \times d_{bc}) = 0$
- 3.

$$4. (F_A \times 1,36) + (F_D \times 0,68) - (F_E \times 1,45) - (F_B \times 2,9) = 0$$

$$5. (F_A \times 1,36) + \left(\frac{8.080,42 \times}{1,36 \times (0,68)} \right) -$$

$$(8.080,42 \times 2,9 \times (1,45)) - (117.782,1 \times 2,9) = 0$$

$$6. (F_A \times 1,36) + (7.472,78) - (33.978,17) - (341.568,1) = 0$$

$$7. (F_A \times 1,36) = 368.073,5$$

$$8. F_A = \frac{368.073,5 \text{ N.m}}{1,36 \text{ m}}$$

$$9. F_A = 270.642,3 \text{ N}, \quad F_A = 270,64 \text{ kN}$$

Untuk mencari nilai R_C digunakan konsep keseimbangan momen pada titik b (M_b) sebagai berikut :

$$1. \Sigma M_b = 0$$

$$2. M_A + M_D - M_C + M_E = 0$$

$$3. (F_A \times d_{ab}) + (F_D \times d_{db}) - (R_C \times d_{cb}) + (F_E \times d_{eb}) = 0$$

$$4. (F_A \times 4,26) + (F_D \times 3,58) - (R_C \times 2,9) + (F_E \times 1,45) = 0$$

$$(270.642,3 \times 4,26) + \left(\frac{10.989,37 \times}{3,58} \right) -$$

$$5. (R_C \times 2,9) + (23.433,22 \times 1,45) = 0$$

$$(1.152.936,2) + (39.342) - (R_C \times 2,9) + (33.978,17) = 0$$

$$7. (R_C \times 2,9) = 1.226.256,4$$

$$8. R_C = \frac{1.226.256,4 \text{ N.m}}{2,9 \text{ m}}$$

$$9. R_C = 422.847 \text{ N}, \quad R_C = 422,85 \text{ kN}$$

Untuk menghitung berat total muatan pada *bucket* saat kondisi pembebanan *overload*, terlebih dahulu cari nilai m_{muatan} dan m_{total} pada *bucket*. m_{muatan} pada *bucket* adalah hasil perkalian massa jenis material (*density*) dengan *volume bucket overload*. *Volume bucket overload* didapat dari hasil perkalian *volume bucket* standar dengan maksimum *bucket fill factor* sebesar 110% :

$$V_{bucket} = 4,6 \text{ m}^3 \times 110\%, \quad V_{bucket} = 5,06 \text{ m}^3$$

Jenis material muatan pada proses pengupasan (*overburden*) sangat beragam, material berada pada keadaan alami (*bank*). Sehingga diambil nilai rata-rata bobot isi material (*density*) seperti pasir (*sand*), tanah liat (*clay*), kerikil (*gravel*), tanah (*soil*), lumpur (*silt*) dan batu pasir (*sandstone*) yaitu 2.400 kg/m^3 . m_{muatan} dan m_{total} *bucket* pada kondisi pembebanan *overload* adalah :

$$1. m_{muatan} = \rho \times V_{bucket},$$

$$m_{muatan} = 2.400 \text{ kg/m}^3 \times 5,06 \text{ m}^3$$

$$= 12.144 \text{ kg}$$

$$2. m_{total} = 12.144 \text{ kg} + 3.730 \text{ kg}$$

$$= 15.874 \text{ kg}$$

$$3. F_B = m \times g$$

$$F_B = 15.874 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$F_B = 155.676,32 \text{ kg.m/s}^2$$

$$F_B = 155,68 \text{ kN}$$

Untuk mencari nilai F_A digunakan konsep keseimbangan momen pada titik c (M_c) sebagai berikut :

$$1. \Sigma M_c = 0$$

$$2. M_A + M_D - M_E - M_B = 0$$

$$3. (F_A \times d_{ac}) + (F_D \times d_{dc}) - (F_E \times d_{ec}) - (F_B \times d_{bc}) = 0$$

$$4. (F_A \times 1,36) + (F_D \times 0,68) - (F_E \times 1,45) - (F_B \times 2,9) = 0$$

$$(F_A \times 1,36) + \left(\frac{8.080,42 \times 1,36 \times}{(0,68)} \right) -$$

$$5. (8.080,42 \times 2,9 \times (1,45)) - (155.676,32 \times 2,9) = 0$$

$$6. (F_A \times 1,36) + (7.472,78) - (33.978,17) - (451.461,33) = 0$$

$$7. (F_A \times 1,36) = 477.966,72$$

$$8. F_A = \frac{477.966,72 \text{ N.m}}{1,36 \text{ m}}$$

$$9. F_A = 351.446,12 \text{ N}, \quad F_A = 351,45 \text{ kN}$$

Untuk mencari nilai R_C digunakan konsep keseimbangan momen pada titik b (M_b) sebagai berikut :

$$1. \Sigma M_b = 0$$

2. $M_A + M_D - M_C + M_E = 0$
 $(F_A \times d_{ab}) + (F_D \times d_{db}) -$
3. $(R_C \times d_{cb}) + (F_E \times d_{eb}) = 0$
 $(F_A \times 4,26) + (F_D \times 3,58) -$
4. $(R_C \times 2,9) + (F_E \times 1,45) = 0$
 $(351.446,12 \times 4,26) +$
 $(\frac{10.989,37}{3,58} \times) - (R_C \times 2,9) +$
5. $(23.433,22 \times 1,45) = 0$
 $(1.497.160,5) + (39.342) -$
6. $(R_C \times 2,9) + (33.978,17) = 0$
7. $(R_C \times 2,9) = 1.570.480,67$
8. $R_C = \frac{1.570.480,67 \text{ N.m}}{2,9 \text{ m}}$
9. $R_C = 541.545,06 \text{ N}, \quad R_C = 541,55 \text{ kN}$

Hasil perhitungan pada kondisi pembebanan standar dan pembebanan *overload* dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 1. Hasil Perhitungan Gaya pada Kondisi Normal dan *Overload*

Area Gaya	Kondisi Pembebanan Standar	Kondisi Pembebanan <i>Overload</i>
F_A	270,64 kN	351,45 kN
F_B	117,78 kN	155,68 kN
R_C	422,85 kN	541,55 kN

Setelah didapat nilai gaya pada setiap daerah pembebanan dan tumpuan, maka kita dapat menghitung tegangan tarik pada tiap daerah pembebanan di komponen *arm*, yaitu:

A. *Front Hydraulic Cylinder Pivot*

1. Kondisi Pembebanan Normal

$$A = p \times l$$

$$A = 500 \text{ mm} \times 125 \text{ mm}$$

$$A = 62.500 \text{ mm}^2$$

Jadi,

$$\sigma = \frac{F_B}{A}, \quad \sigma = \frac{117.782,1 \text{ N}}{62.500 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 1,89 \text{ N/mm}^2$$

Nilai *safety factor* maksimum material *steel* pada kondisi *shock load* adalah 16.

Maka besar tegangannya adalah :

$$\sigma = 1,89 \text{ N/mm}^2 \times 16, \quad \sigma = 30,16 \text{ N/mm}^2$$

2. Kondisi Pembebanan *Overload*

$$\sigma = \frac{F_B}{A}$$

$$\sigma = \frac{155.676,32 \text{ N}}{62.500 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 2,5 \text{ N/mm}^2$$

Nilai *safety factor* maksimum material *steel* pada kondisi *shock load* adalah 16.

Maka besar tegangannya adalah :

$$\sigma = 2,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 16, \quad \sigma = 39,85 \text{ N/mm}^2$$

B. *Bushing Slider*

1. Kondisi Pembebanan Normal

$$A = p \times l$$

$$A = 500 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$A = 75.000 \text{ mm}^2$$

Jadi,

$$\sigma = \frac{R_C}{A}, \quad \sigma = \frac{422.847 \text{ N}}{75.000 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 5,64 \text{ N/mm}^2$$

Nilai *safety factor* maksimum material *steel* pada kondisi *shock load* adalah 16.

Maka besar tegangannya adalah :

$$\sigma = 5,64 \text{ N/mm}^2 \times 16, \quad \sigma = 90,21 \text{ N/mm}^2$$

2. Kondisi Pembebanan *Overload*

$$\sigma = \frac{R_C}{A}, \quad \sigma = \frac{541.545,06 \text{ N}}{75.000 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 7,22 \text{ N/mm}^2$$

Nilai *safety factor* maksimum material *steel* pada kondisi *shock load* adalah 16.

Maka besar tegangannya adalah :

$$\sigma = 7,22 \text{ N/mm}^2 \times 16, \quad \sigma = 115,53 \text{ N/mm}^2$$

C. *Hydraulic Cylinder Bracket Arm*

1. Kondisi Pembebanan Normal

$$A = 2 \times (p \times l)$$

$$A = 2 \times (125 \times 150) \text{ mm}^2$$

$$A = 37.500 \text{ mm}^2$$

Jadi,

$$\sigma = \frac{F_A}{A}$$

$$\sigma = \frac{270.642,3 \text{ N}}{37.500 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 7,22 \text{ N/mm}^2$$

Nilai *safety factor* maksimum material *steel* pada kondisi *shock load* adalah 16. Maka besar tegangannya adalah :

$$\sigma = 7,22 \text{ N/mm}^2 \times 16, \quad \sigma = 115,53 \text{ N/mm}^2$$

2. Kondisi Pembebanan *Overload*

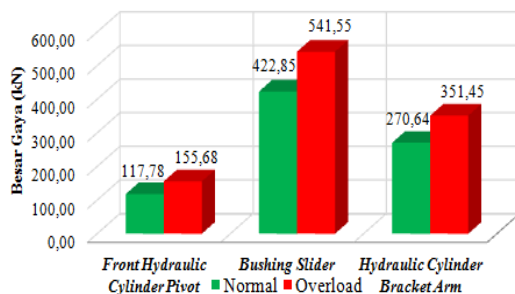
$$\sigma = \frac{F_A}{A}, \quad \sigma = \frac{351.446,12 \text{ N}}{37.500 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 9,4 \text{ N/mm}^2$$

Nilai *safety factor* maksimum material *steel* pada kondisi *shock load* adalah 16. Maka besar tegangannya adalah :

$$\sigma = 9,4 \text{ N/mm}^2 \times 16, \quad \sigma = 150,4 \text{ N/mm}^2$$

Perbandingan nilai gaya di *front hydraulic cylinder pivot*, *bushing slider* dan *hydraulic cylinder bracket arm* pada kondisi pembebanan normal dan pembebanan *overload* dapat dilihat pada gambar 4. berikut ini :



Gambar 4. Diagram Perbandingan Nilai Gaya Komponen-Komponen *Arm*

Persentase kenaikan nilai gaya dari kondisi pembebanan normal ke pembebanan

overload pada komponen *arm* adalah sebagai berikut :

1. *Front Hydraulic Cylinder Pivot*

$$\frac{155.676,32 - 117.782,1}{117.782,1} \times 100\% = 32,17\%$$

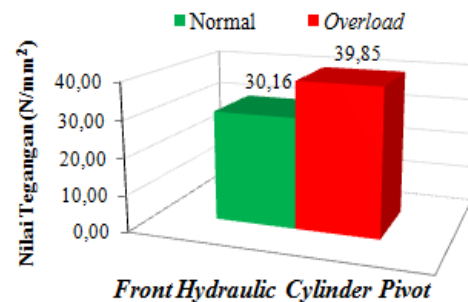
2. *Bushing Slider*

$$\frac{541.545,06 - 422.847}{422.847} \times 100 = 28,07\%$$

3. *Hydraulic Cylinder Bracket Arm*

$$\frac{351.446,12 - 270.642,3}{270.642,3} \times 100\% = 29,86\%$$

Perbandingan nilai tegangan di *front hydraulic cylinder pivot* pada kondisi pembebanan normal dan kondisi pembebanan *overload* dapat dilihat pada gambar 5. berikut ini :

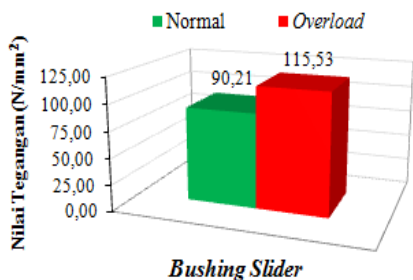


Gambar 5. Diagram Perbandingan Nilai Tegangan pada *Front Hydraulic Cylinder Pivot*

Pada *front hydraulic cylinder pivot*, persentase kenaikan nilai tegangan dari kondisi pembebanan normal ke pembebanan *overload* yaitu :

$$\frac{39,85 - 30,16}{30,16} \times 100\% = 32,13\%$$

Perbandingan nilai tegangan di *bushing slider* pada kondisi pembebanan normal dan *overload* dapat dilihat pada gambar 6. berikut ini :

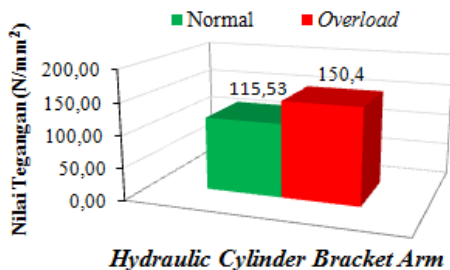


Gambar 6. Diagram Perbandingan Nilai Tegangan pada *Bushing Slider*

Pada *bushing slider*, persentase kenaikan nilai tegangan dari kondisi pembebanan normal ke pembebanan *overload* yaitu :

$$\frac{115,53 - 90,21}{90,21} \times 100\% = 28,07\%$$

Perbandingan nilai tegangan di *hydraulic cylinder bracket arm* pada kondisi pembebanan normal dan kondisi pembebanan *overload* dapat dilihat pada gambar 7. berikut ini :



Gambar 7. Diagram Perbandingan Nilai Tegangan pada *Hydraulic Cylinder Bracket Arm*

Pada *hydraulic cylinder bracket arm*, persentase kenaikan nilai tegangan dari kondisi pembebanan normal ke pembebanan *overload* yaitu :

$$\frac{150,4 - 115,53}{115,53} \times 100\% = 30,2\%$$

SIMPULAN

Hasil analisa data dan perhitungan kekuatan komponen *arm excavator Volvo*

EC700B pada kondisi pembebanan *overload* diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada *front hydraulic cylinder pivot*, nilai gaya sebesar 155,68 kN dan nilai tegangan sebesar 39,85 N/mm².
2. Pada *bushing slider bracket*, nilai gaya sebesar 541,55 kN dan nilai tegangan sebesar 115,53 N/mm².
3. Pada *hydraulic cylinder bracket arm*, nilai gaya sebesar 351,45 kN dan nilai tegangan sebesar 150,4 N/mm².
4. *Front hydraulic cylinder pivot, bushing slider bracket* dan *hydraulic cylinder bracket arm* pada komponen *arm* unit *excavator Volvo EC700B* tipe *crawler* terbuat dari material ASTM A36 dengan batas tegangan ijin (*yielding point*) sebesar 290 N/mm², tegangan maksimum terjadi di *hydraulic cylinder bracket arm* pada kondisi pembebanan *overload* sebesar 150,4 N/mm². Nilai tegangan tersebut lebih kecil dari tegangan ijin material ($\sigma_{aktual} < \sigma_{ijin\ material}$), sehingga material pada komponen *arm* dinyatakan aman pada pembebanan normal maupun pembebanan *overload* saat proses pengangkatan atau pemindahan material.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM A36 *Structural Carbon Steel*. Diambil dari : <http://www.makeitfrom.com/material-properties/ASTM-A36-SS400-S275-Structural-Carbon-Steel>. Diakses 11 Mei 2016.
- Beer, Ferdinand P., E. Russell Johnston, Jr. 2010. *Vector Mechanics for Engineers : Statics and Dynamics*. 9th edition. McGraw Hill : New York.

Caterpillar. 2004 : *Performance Handbook Ed.35*, Caterpillar Inc. : Illinois.

Gambar *Bucket Assembly*. Diambil dari www.digrock.com. Diakses 10 Mei 2016.

Gambar *Hydraulic Excavator* Diambil dari www.directindustry.com. Diakses 10 Mei 2016.

Irawan, Agustinus. 2007. **Diktat Kuliah Mekanika Teknik (Statika Struktur)**. Universitas Tarumanagara : Jakarta.

Kholil, Ahmad. 2012. **Alat Berat**. PT. Remaja Rosdakarya : Bandung.

Khurmi, R.S., J.K. Gupta. 2004. *A Textbook of Machine Design. S.I. Units*. Eurasia Publishing House (Pvt) Ltd. New Delhi.

Prasetya, Sambas, et al. 2008. **Proses Manufaktur dan Pemilihan Material Excavator Arm**. Fakultas Teknik Universitas Indonesia : Jakarta.

