

## ANALISA GAYA ANGKAT DENGAN VARIASI SUDUT ELEVASI PADA SILINDER PENGANGKAT EXCAVATOR CAT 320

Muhammad Zuchry M.\*

### Abstract

*Excavator usage today is widely used to help the physical work. 320 Excavator machine has proven its ability to be supported by reliable design, sturdy construction and easy maintenance. 320 Excavator with power transfer system of the machine is supported by the cylinder (boom), boom Reach (length 5673 mm), Mass boom (5200 mm), and the VA boom (5460 mm) will be analyzed starting from the lowest to the highest position elevation angle variations that vary so get the lift cylinder reaction force ( $F_r$ ) maximum lift on the cylinder.*

**Key words :** Boom Cylinder, elevation angle, cylindrical reaction Style Lifters

### Abstrak

Penggunaan Excavator dewasa ini sangat banyak digunakan untuk membantu pekerjaan fisik. Alat berat Excavator 320 sudah terbukti kemampuannya dengan ditunjang oleh desain yang handal, konstruksi yang kokoh serta mudah perawatannya. Excavator 320 dengan sistim pemindah tenaga dari alat berat ini yang didukung oleh silinder (boom), Reach boom (panjang 5673 mm), Mass boom (5200 mm), dan VA boom (5460 mm) akan dianalisis mulai dari posisi terendah sampai posisi tertinggi dengan variasi sudut elevasi yang bervariasi sehingga mendapatkan gaya reaksi silinder pengangkat ( $F_r$ ) maksimum pada silinder pengangkat.

**Kata Kunci :** Silinder Boom, Sudut Elevasi, Gaya reaksi silinder Pengangkat

### 1. Pendahuluan

Untuk mengantisipasi meningkatnya kegiatan pembangunan dan mengatasi keterbatasan tenaga manusia dewasa ini maka berbagai macam sarana alat berat beserta alat penunjangnya perlu diadakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, baik dari segi kualitas maupun kapasitasnya. Keperluan akan alat-alat berat tersebut sudah meluas diberbagai bidang disesuaikan dengan fungsi dan kemampuan masing-masing dari alat tersebut. Salah satu hal yang mendasar dalam konstruksi alat berat adalah kemampuan rancang bangun dan

rekayasa teknologi dibidang dasain. Dalam mendesain alat berat tentunya tidak terlepas dari beberapa kondisi diantaranya irit dalam pemakaian bahan bakar, kompak dalam sistem pengoperasian serta mudah perawatannya. Dalam industri alat berat Excavator CAT generasi 320 ini memegang peranan penting dalam sektor pembangunan fisik seperti penggalian pada areal pertmbangan, merintis /meperluas jalan, penggalian saluran drainase atau jaringan pipa air, pembuatan kanal, memperluas lahan pertanian serta pembangunan fisik lainnya. Excavator 320 ini yang sudah terbukti kemampuannya ditunjang desain yang handal konstrksi yang kokoh

---

\* Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Tadulako, Palu

serta mudah dalam perawatannya konstruksinya terbagi dalam tiga kelompok sistim yaitu :

- a Sistem Undercarriage
- b Sistem Engine
- c Sistem Kerangka
- d Sistem Hidrolik

Kelengkapan lain yang digunakan pada Excavator 320 ini adalah Boom, Stick, dan Bucket. Kelengkapan ini sangat mendukung dalam pekerjaan pada alat berat ini.

## **2. Studi Pustaka**

Dalam melakukan pekerjaan yang banyak dibidang pembangunan yang tentunya alat berat ini harus didukung oleh sistem dan komponen-komponen yang baik dan kokoh untuk menunjang pekerjaan tersebut. Pada alat berat excavator 320 ini didukung oleh sistem dan komponen – komponen utama yang membentuk menjadi satu kesatuan yang menjadikan alat berat ini dapat diandalkan.

Seperti yang dijelaskan terdahulu bahwa sistem yang mendukung alat berat ini adalah :

- a Sistem undercarriage  
Undercarriage adalah konstruksi bagian bawah pada alat berat yang mempunyai track drive kanan dan track drive kiri. Fungsi kedua track tersebut adalah untuk menahan dan mendukung berat kendaraan yang ada dan bergerak maju mundur dan arah menyamping sesuai sasaran yang diinginkan. Gerakan tersebut dikendalikan dengan memakai tenaga sistim hidrolik yang diperoleh dari main control valve.
- b Sistem engine  
Engine merupakan sumber tenaga dari semua sistem pada alat berat ini yang terdiri dari beberapa

komponen seperti pompa injeksi bahan bakar, sistem pendinginan dan sistem lainnya. Model engine yang digunakan pada excavator 320 ini adalah model engine 3006 T dari Caterpillar yang berkekuatan 130 HP/96 KW pada putaran 1800 rpm.

Keunggulan dari mesin ini adalah:

- Pipa udara masuk dan pipa gas buang ditempatkan pada sisi dimana konstruksi bagian atas engine memiliki satu aliran (uniflow)
- Lokasi camshaft yang tinggi memungkinkan penggunaan pendek tetapi kuat dan menjamingerak katup serta penyemprotan bahan bakar sesuai dengan gerakan camnya
- Engine kelihatan rapi karena saluran bahan bakar oli dan air berada dibagian dalam ruang engine
- Hemat pemakaian bahan bakar ditunjang oleh penggunaan follower berisolasi yang dapat memberikan tekanan penyemprotan bahan bakar yang tinggi Engine Excavator 320 dilengkapi pengubah kecepatan mesin otomatis (AESC) yang fungsinya adalah secara otomatis akan mengurangi pemakaian bahan bakar apabila sewaktu-waktu engine mengalami gangguan. Putaran engine dapat diturunkan sampai 1300 rpm dengan menggunakan AESC.

- c Sistem Kerangka  
Kerangka utama pada alat berat Excavator 320 ini terdiri dari dua batang baja yang memiliki daya rentang tinggi (High Tensile Strength) dan chasis bawah (Car body) dengan konstruksi kuat, sedangkan box section sebagai bahan penyangga bantalan

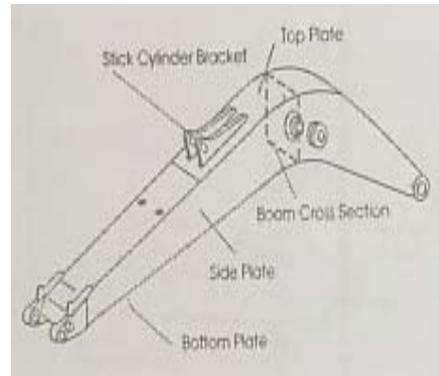
(bearing) swing dirancang berbentuk huruf " X " yang disempurnakan (modified X shape). Bentuk ini menjamin ketahanan terhadap beban torsi, menambah kekokohan dan meninggikan jarak bebas dari permukaan tanah.

d Sistem Hidrolik

Sistem hidrolik ini memegang peranan penting karena merupakan urat nadi pada sistem hidrolik excavator yang menggerakkan track drive, gerakan boom gerakan berputar serta gerakan implement lainnya yang diperoleh dari dua pompa hidrolik utama dan pompa pilot system. Pompa hidrolik dipasang langsung pada engine sehingga menghasilkan pemindah tenaga yang efisien dan lembut. Pompa hidrolik utama menggunakan jenis variabel flow sedang pompa pilot system adalah jenis gear pump.

Jenis Boom yang digunakan pada excavator 320 ini merupakan jenis yang panjangnya dapat disesuaikan dengan rancangannya. Sudut bengkok pada titik tangkap adalah 40 derajat dan panjang boom dari titik tangkap sampai titik gerak adalah 2400 mm. Boom dibuat dengan luas penampang yang cukup dan mempunyai keuletan yang tinggi sehingga didapatkan struktur dengan efisiensi yang tinggi. Pada Excavator 320 ini dapat menggunakan tiga jenis boom yaitu:

- a Reach boom dengan panjang 5673 mm
- b Mass boom dengan panjang 5200 mm
- c VA boom dengan panjang 5460 mm



Gambar 1. Boom

Untuk stick yang digunakan pada Excavator 320 ini adalah disesuaikan dengan panjang boom dan dimana ruang lingkup kerjanya. Adapun stick yang digunakan adalah :

- a Untuk Reach boom : R 1.9 C, R 2.5 B, R 2.9 B, R 3.9 B
- b Untuk Mass boom : M 1.9 C, M 2.4 C, M 2.9 B
- c Untuk VA bom : M 1.9 C, M 2.4 C, M 2.9 B

Untuk bucket digunakan bucket dengan kapasitas ( 0,7 - 1,2 ) m<sup>3</sup> untuk menghasilkan beragam aplikasi. Untuk medan pekerjaan tertentu jenis bucket ini dapat diganti dengan braker dan point ripper yang disesuaikan dengan aplikasinya. Pompa hidrolik utama menghasilkan debit yang besar kecilnya diatur posisi sudut swash plate relatif terhadap blok silinder, sedang pilot system ditentukan oleh putaran engine. Excavator 320 juga dilengkapi alat pengendali unit tenaga elektrik (EUPC) yang berfungsi mengendalikan putaran engine dan tenaga pompa sesuai dengan kebutuhan untuk menjamin pemakaian bahan bakar secara efisien. EUPC adalah sebuah unit mikro komputer dan dikenal sebagai alat pengendali (controller) Bila

terjadi masalah pada EUPC ini,  
maka isyarat akan disampaikan ke

panel sistem pemantauan elektrik  
(EMS) dalam bentuk sinyal dan bunyi.

Tabel.1 Data Untuk Reach Boom

Jenis Stick	Panjang Stick (mm)	Berat Stick (Kg)	Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	Panjang Ekvivalen Bucket (mm)	Lebar Ekvivalen Bucket (mm)	Berat Bucket ditambah Muatan (Kg)
R 1.9 C	1900	620	1,1	1487	1370	2451
R 2.5 B	2500	600	0,9	1543	1000	1992
R 2.9 B	2920	620	0,8	1480	1000	1818
R 3.9 B	3860	880	0,7	1480	900	1818

Tabel.2. Data Untuk Mass Boom

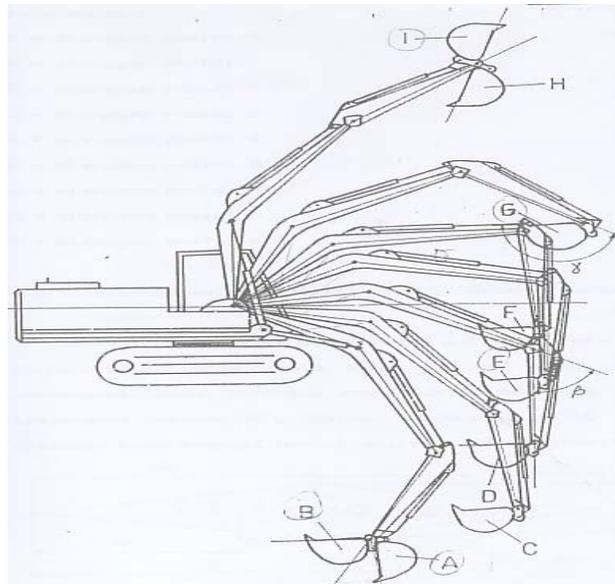
Jenis Stick	Panjang Stick (mm)	Berat Stick (Kg)	Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	Panjang Ekvivalen Bucket (mm)	Lebar Ekvivalen Bucket (mm)	Berat Bucket ditambah Muatan (Kg)
M 1.9 C	1900	620	1,2	1487	1470	2636
M 2.5 B	2400	650	1,1	1487	1370	2451
M 2.9 B	2920	650	1,0	1409	1305	2202

Tabel. 3 Data Untuk VA Boom

Jenis Stick	Panjang Stick (mm)	Berat Stick (Kg)	Kapasitas Bucket (m <sup>3</sup> )	Panjang Ekvivalen Bucket (mm)	Lebar Ekvivalen Bucket (mm)	Berat Bucket ditambah Muatan (Kg)
M 1.9 C	1900	620	1,1	1370	1487	2451
M 2.5 B	2500	650	1,0	1550	1072	2234
M 2.9 B	2920	650	0,9	1409	1200	2007

Tabel 4. Data untuk Posisi Sudut

Posisi	Sudut				
	$\alpha_a$	$\beta$	$\gamma$	$\alpha_b$	$\alpha_c$
A = 0	-25°	-50°	35°	-75°	-40°
B = 1	-25°	-50°	-105°	-75°	-180°
C = 2	-10°	-30°	-140°	-40°	-180°
D = 3	10°	50°	140°	40°	180°
E = 4	30°	80°	130°	50°	180°
F = 5	45°	90°	135°	45°	180°
G = 6	65°	60°	145°	5°	140°
H = 7	90°	15°	145°	75°	70°
I = 8	90°	15°	35°	75°	110°



Gambar. 2 Posisi gerakan Kerja Excavator 320

- Keterangan :
- A = dianggap posisi 0
  - B = dianggap posisi 1
  - C = dianggap posisi 2
  - D = dianggap posisi 3
  - E = dianggap posisi 4
  - F = dianggap posisi 5
  - G = dianggap posisi 6
  - H = dianggap posisi 7
  - I = dianggap posisi 8

Tabel 5. Data Pembebanan Reach Boom

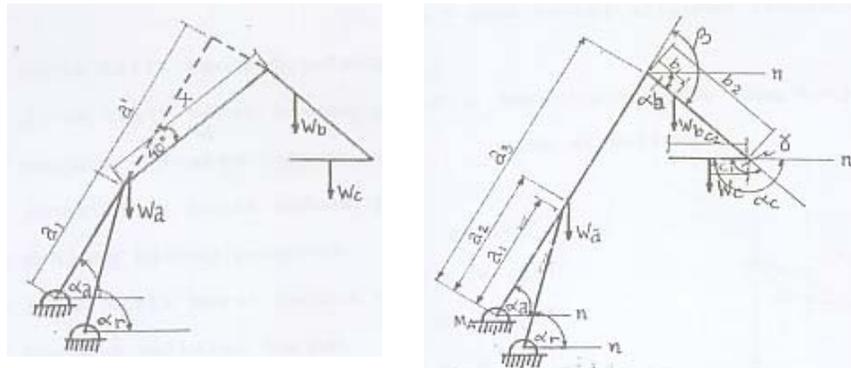
Jenis Stick	Wa (Kg)	Wb (Kg)	Wc (Kg)	a <sub>1</sub> (mm)	a <sub>2</sub> (mm)	a <sub>3</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	c <sub>1</sub> (mm)	c <sub>2</sub> (mm)	y <sub>1</sub> (mm)	x <sub>1</sub> (mm)
R1.9C	1970	620	2415	2400	2436,5	4909,5	466,67	1900	743,5	1487	612,8	514,2
R2.5B	1970	600	1992	2400	2436,5	4909,5	666,67	2500	771,5	1543	612,8	514,2
R2.9B	1970	620	1818	2400	2436,5	4909,5	806,67	2920	740	1480	612,8	514,2
R3.9B	1970	880	1623	2400	2436,5	4909,5	1120	3860	740	1480	612,8	514,2

Tabel 6. Data Pembebanan Mass Boom

Jenis Stick	Wa (Kg)	Wb (Kg)	Wc (Kg)	a <sub>1</sub> (mm)	a <sub>2</sub> (mm)	a <sub>3</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	c <sub>1</sub> (mm)	c <sub>2</sub> (mm)	y <sub>1</sub> (mm)	x <sub>1</sub> (mm)
M1.9C	1980	620	2636	2400	2315,2	4545,6	466,67	1900	743,5	1487	612,8	514,2
M2.4C	1980	620	2451	2400	2315,2	4545,6	633,33	2400	743,5	1487	612,8	514,2
M2.9B	1980	650	2202	2400	2315,2	4545,6	806,67	2920	704,5	1409	612,8	514,2

Tabel 7. Data Pembebanan VA Boom

Jenis Stick	W <sub>a</sub> (Kg)	W <sub>b</sub> (Kg)	W <sub>c</sub> (Kg)	a <sub>1</sub> (mm)	a <sub>2</sub> (mm)	a <sub>3</sub> (mm)	b <sub>1</sub> (mm)	b <sub>2</sub> (mm)	c <sub>1</sub> (mm)	c <sub>2</sub> (mm)	y <sub>1</sub> (mm)	x <sub>1</sub> (mm)
M1.9C	2570	620	2415	2400	2381,6	4744,7	466,67	1900	865,0	1370	612,8	514,2
M2.5B	2570	600	2234	2400	2381,6	4744,7	633,33	2400	775,0	1550	612,8	514,2
M2.9B	2570	620	207	2400	2381,6	4744,7	806,67	2920	704,5	1490	612,8	514,2



Gambar 3. Diagram rangkaian bebas

Dengan memperhatikan rangkaian diatas, maka kita dapat menghitung persamaan momen menggunakan rumus:

$$F_r = \frac{\text{Momen Pembebanan}}{y_1 \cos \alpha_r + X_1 \sin \alpha_r}$$

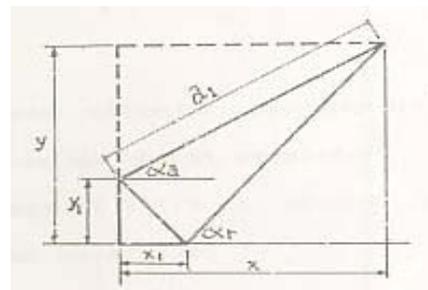
$$W_a \cdot a_2 \cos \alpha_a + W_b (a_3 \cos \alpha_a + b_1 \cos \alpha_b) + W_c (a_3 \cos \alpha_a + b_2 \cos \alpha_b + c_1 \cos \alpha_c) - (F_r y_1 \cos \alpha_r + F_r X_1 \sin \alpha_r) = 0$$

$$F_r (y_1 \cos \alpha_r + X_1 \sin \alpha_r) = W_a \cdot a_2 \cos \alpha_a + W_b (a_3 \cos \alpha_a + b_1 \cos \alpha_b) + W_c (a_3 \cos \alpha_a + b_2 \cos \alpha_b + c_1 \cos \alpha_c) - (F_r y_1 \cos \alpha_r + F_r X_1 \sin \alpha_r)$$

Dimana  
M<sub>A</sub> = momen pembeban

$$M_A = W_a \cdot a_2 \cos \alpha_a + W_b (a_3 \cos \alpha_a + b_1 \cos \alpha_b) + W_c (a_3 \cos \alpha_a + b_2 \cos \alpha_b + c_1 \cos \alpha_c) \text{ Sehingga diperoleh :}$$

$$F_r (y_1 \cos \alpha_r + X_1 \sin \alpha_r) = M_A$$



Gambar 4. Diagram bebas sudut elevasi titik tumpu baang silinder

Dari gambar 4 diperoleh dimana :

$$y = a_1 \sin \alpha_a + y_1$$

$$X = a_1 \cos \alpha_a$$

Sehingga diperoleh:

$$\begin{aligned} \tan \alpha_r &= \frac{y}{x} \\ &= \frac{a_1 \sin \alpha_a + y_1}{a_1 \cos \alpha_a - x_1} \\ \alpha_r &= \arctan \left( \frac{a_1 \sin \alpha_a + y_1}{a_1 \cos \alpha_a - x_1} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Fr &= \frac{\text{Momen Pembalikan}}{y_1 \cos \alpha_r + x_1 \sin \alpha_r} \\ &= \frac{MA}{y_1 \cos \left( \arctan \left( \frac{a_1 \sin \alpha_a + y_1}{a_1 \cos \alpha_a - x_1} \right) \right) + x_1 \sin \left( \arctan \left( \frac{a_1 \sin \alpha_a + y_1}{a_1 \cos \alpha_a - x_1} \right) \right)} \end{aligned}$$

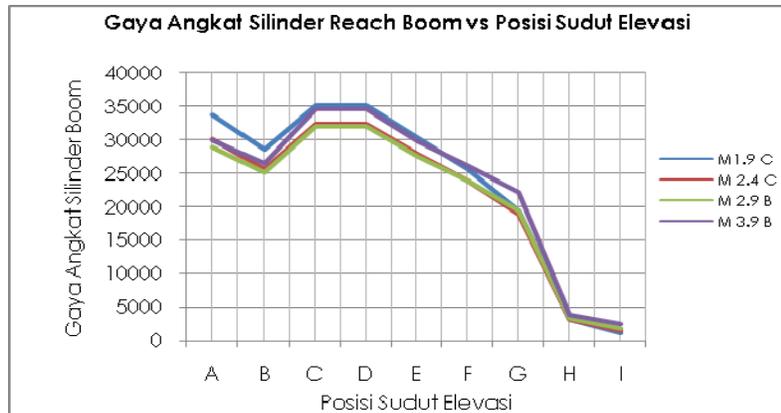
### 3. Metodologi Penelitian

Untuk menganalisa sistim pemindah tenaga ini dilakukan dengan cara pengambilan data secara langsung dilapangan dengan cara study research dan studi lapangan. Dari data yang diperoleh kemudian diolah dengan rumus sehingga diperoleh hasil yang nantinya digunakan dalam

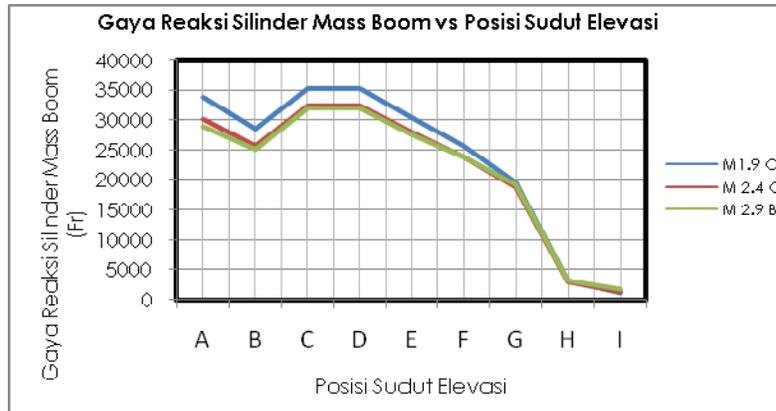
menganalisa sistim pemindah tenaga pada excavator CAT 320 ini.

### 4. Hasil dan Pembahasan

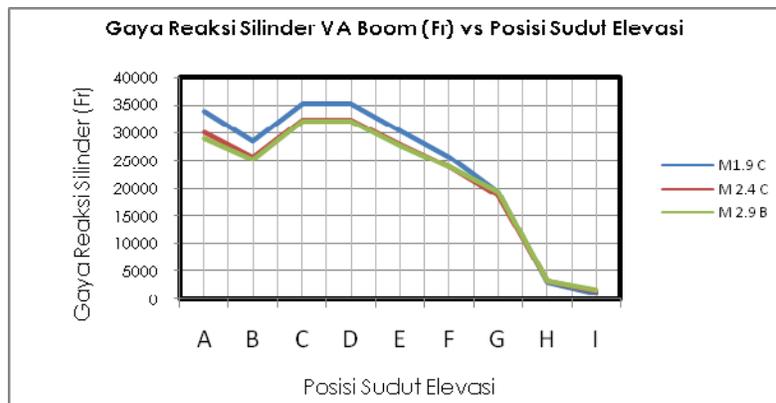
Pada excavator 320 dapat menggunakan tiga jenis boom dengan dengan berbagai posisi mulai dari posisi A = 0 sampai posisi I = 8 maka diperoleh hasil gaya berat maksimum dan minimum seperti yang disajikan dalam bentuk tabel. Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa gaya berat maksimum terjadi pada posisi C dan gaya berat minimum terjadi pada posisi I. Berdasarkan hasil perhitungan pada jenis boom dengan berbagai stick pada beberapa variasi sudut elevasi maka diperoleh gaya berat maksimum yang terjadi adalah pada jenis Reach boom dengan jenis stick R 1.9 C dengan  $Fr = 35154,56$  kg, untuk jenis Mass boom dengan jenis stick M 2.4 C dengan  $Fr = 34195,83$ , dan jenis VA boom dengan jenis stick M1.9 C dengan  $Fr = 36698,00$  kg.



Gambar 5. Gaya Angkat Silinder Reach Boom – Posisi Sudut Elevasi



Gambar 6. Gaya Reaksi Silinder Reach Boom – Posisi Sudut Elevasi



Gambar 7. Gaya Reaksi Silinder VA Boom – Posisi Sudut Elevasi

Tabel 8. Hasil Perhitungan MA dan Fr Untuk Reach Boom Jenis Stick R1.9C

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
R 1.9 C	A	2069395,756	33775,573
	B	17477688,122	28522,739
	C	21543299,605	35154,562
	D	21543299,605	35150,519
	E	18755473,589	30303,497
	F	15737439,224	25668,421
	G	11943702,712	19462,859
	H	1923508,4174	3143,5937
	I	677575,6274	1107,3632

Tabel 9. Hasil Perhitungan MA dan Fr Untuk Reach Boom Jenis Stick R2.5 B

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
R 2.5 B	A	18458621,012	30123,627
	B	15744166,861	25693,762
	C	19845194,123	32383,557
	D	19845194,123	32379,853
	E	17103012,666	27901,366
	F	14666227,148	23921,229
	G	11599207,118	18901,486
	H	1936371,1695	3164,6153
	I	885630,36996	1447,3875

Tabel 10. Hasil Perhitungan MA dan Fr Untuk Reach Boom Jenis Stick R2.9 B

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
R 2.9 B	A	17737800,492	28947,281
	B	15361601,296	25069,32
	C	19620603,086	32017,087
	D	19620603,086	32017,406
	E	19615348,967	27595,217
	F	14626153,041	23855,866
	G	11852899,134	19314,890
	H	1981386,8144	3238,1845
	I	1061581,467	1734,9447

Tabel 11. Hasil Perhitungan MA dan Fr Untuk Reach Boom Jenis Stick R3.9 B

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
R 3.9 B	A	18290538,346	29849,324
	B	16169212,000	26387,416
	C	21183903,781	34568,096
	D	21183903,781	34564,121
	E	18263244,115	29794,135
	F	16016026,957	26122,809
	G	13534562,886	22055,245
	H	2306263,4638	3769,1311
	I	1485117,1058	2427,1299

Tabel 12. Hasil Perhitungan MA dan Fr untuk Mass Boom Stick RM.9.C

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
R M.9. C	B	16984745,998	27718,33
	C	21189862,576	34577,82
	D	21189862,576	34573,84

*Analisa Gaya Angkat dengan Variasi Sudut Elevasi  
pada Silinder Pengangkat Excavator CAT 320  
(Muhammad Zuchry M.)*

Tabel 12. Hasil Perhitungan MA dan Fr untuk Mass Boom Stick R M.9.C (lanjutan)

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
R M.9. C	E	18237218,621	29571,67
	F	15500000,147	25281,14
	G	11980122,850	19522,20
	H	2061440,3665	3369,016
	I	721465,32184	1179,092

Tabel 13. Hasil Perhitungan MA dan Fr untuk Mass Boom Stick M.2.9.B

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
M 2.9 B	A	18898592,615	30841,64
	B	16158561,099	26370,03
	C	21059166,770	34364,54
	D	21059166,770	34360,59
	E	18120457,003	29561,19
	F	15781250,343	25739,87
	G	13165857,197	21454,42
	H	2349785,3995	3840,259
	I	1289143,8319	2106,850

Tabel.14 Hasil Perhitungan MA dan Fr untuk VA Boom Stick M 1.9.C

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
M 1.9 C	A	21325086,390	34801,568
	B	18359632,820	29962,083
	C	22489144,687	36698,001
	D	22489144,687	36693,781
	E	19424627,051	31688,781
	F	16457222,547	26842,417
	G	12398212,628	20203,505
	H	1875033,6161	3064,3716
	I	727133,39764	1188,356

Tabel.15 Hasil Perhitungan MA dan Fr untuk VA Boom Stick M 2.4.B

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
M 2.4 B	A	20775604,575	33904,838
	B	17717571,930	28914,269
	C	22196652,287	36220,709
	D	22196652,287	36216,544
	E	19135577,883	31217,235
	F	16362192,687	26687,420
	G	12806550,114	20868,912
	H	2106866,7859	3443,2567
	I	923129,83986	1508,6729

Tabel.16 Hasil Perhitungan MA dan Fr untuk VA Boom Stick M 2.9.B

Jenis Stick	Posisi	MA	Fr
M 2.9 B	A	19714781,842	32173,624
	B	17217896,169	28098,05
	C	21921929,764	35772,414
	D	21921929,764	35768,301
	E	18913361,336	30854,717
	F	16350278,502	26667,987
	G	13202886,209	21514,761
	H	2155922,3664	3523,4283
	I	1189206,8232	1943,5231

## 5. Kesimpulan dan Saran

### 5.1 Kesimpulan

Pada Exavator 320 ini dapat menggunakan 3 (tiga) jenis boom yaitu : Rach boom , Mass boom, dan VA boom dimana setiap jenis boom ini dapat menggunakan jens stick yang berbeda. Dari ketiga jenis boom ini dan berbagai jenis stick jika beroperasi pada sudut elevasi (posisi) kerja yang berbeda akan memberikan gaya reaksi silinder boom (Fr) yang berbeda- beda ini terlihat dari hasil perhitungan yang dilakukan dengan memperoleh hasil bahwa dari ketiga jenis boom yang dgunakan dengan berbagai macam stick maka diperoleh gaya reaksi silinder boom (Fr) maksimm terjadi pada jenis VA boom dengan stick M 1.9 C dan gaya reaksi silinder minimum terjadi pada jenis Reach boom dengan stick R 1.9 C hal ini mungkin dipegaruhi oleh panjang boom dan berat boom

### 5.2 Saran

Diperlukan tambahan referensi yang lebih lengkap agar dapat memberikan hasil yang maksimal. Untuk lebh baik perlu dianalisa gaya silinder dan dimeter stick dan bucket.

## 6. Daftar Pustaka

- Gere dan Timosenko,1995, Mekanika Bahan, edisi ke dua versi S1, Erlangga
- Krist Thomas,Ing,Dr, 1989, Hidraulika, edisi satu, Erlangga
- Osther Jhon, Basic Applied, Mc. Graw Book Company
- Schulz J.Erich, 1982, Diesel Equipment, Mc Graw Will Book, Mc Graw Book Company
- Timosenko.S dan Young. DH,1987, Mekanika Teknik, edisi ke empat, Erlangga
- PT. Trakindo Utama, 1992, Caterpillar Performance Hand Book, edisi ke dua
- PT. Trakindo Utama, 1992, Service Manual Excavator 320, Hand Book
- PT. Trakindo Utama, 1992, Product Training Information