BAB III

METODOLOGI DESAIN

3.1. Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian model sistem hidrolik pada lengan *excavator* tipe *backhoe* dilaksanakan di lab jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta. Adapun waktu penelitiannya mulai dari Maret - Agustus 2011.

3.2. Instrumen Desain

Dalam penelitian ini peneliti menggunakan:

1. Perangkat lunak

   Perangkat lunak yang peneliti gunakan adalah sebagai berikut:

   a. *Autocad* 2004/*Mechanical Desktop* 2004

   b. *fluidSIM-p demo*

2. Alat Penelitian

   Peralatan yang peneliti gunakan adalah sebagai berikut:

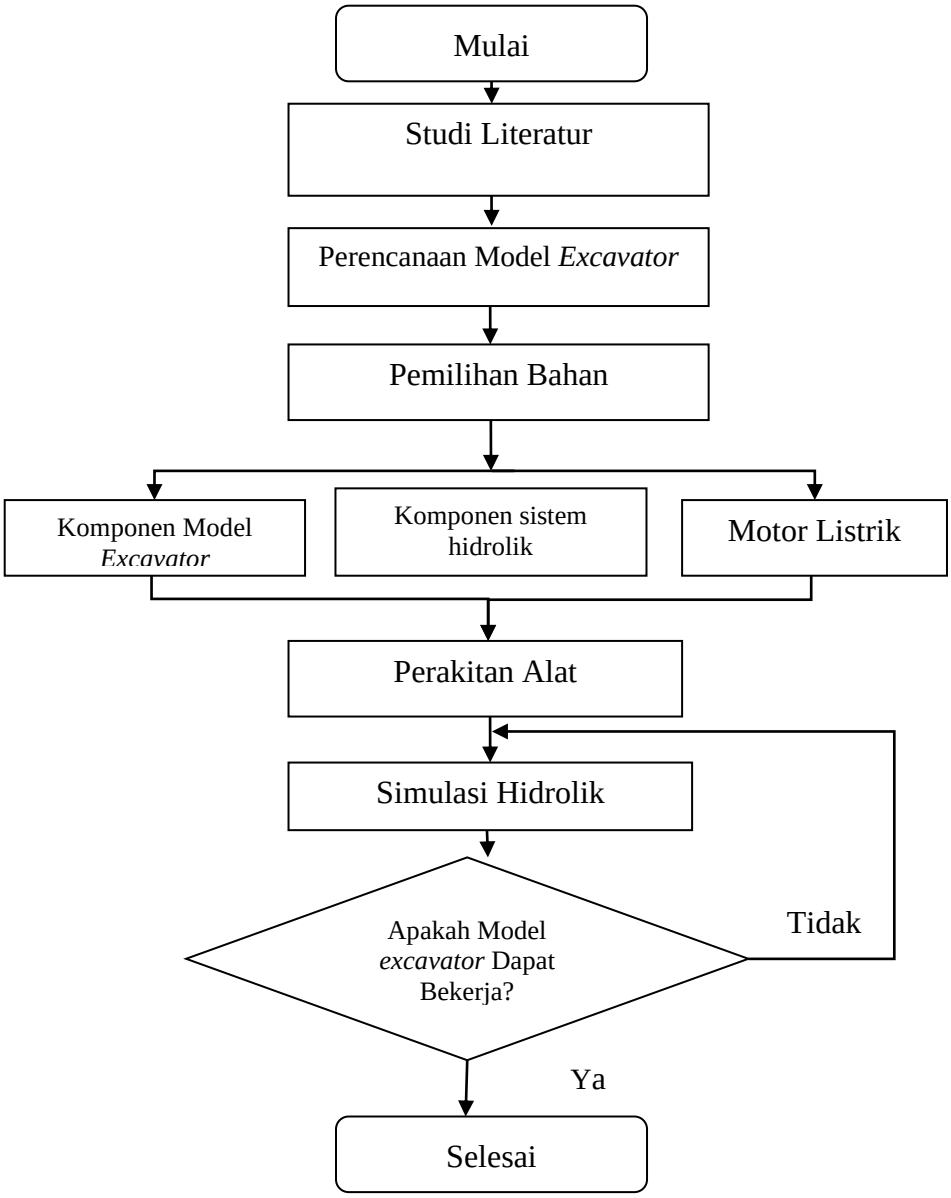
   - Komputer Pentium 4
   - Peralatan Las (gas *cutting*, las busur listrik)
   - Proses pemesinan (*lathe machine, milling machine, grinding machine, and boring machine*)
   - Peralatan pendukung lainnya seperti kunci pas, gergaji, kikir, obeng.

3.3. Fungsi Alat

Fungsi alat ini adalah sebagai sarana pemodelan untuk media pembelajaran mata kuliah alat berat.

3.4. Proses Perencanaan

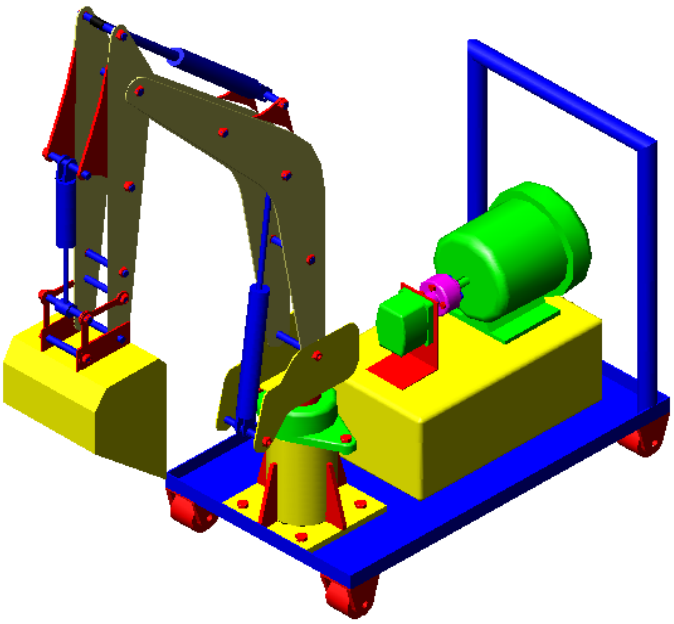
Proses perencanaan dilakukan untuk memudahkan pembuatan alat. Alur perencanaan dapat digambarkan dalam bentuk *flow chart* proses perencanaan seperti yang terdapat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.1 *Flow Chart* Proses Perencanaan

3.5. Perencanaan Sistem Hidrolik

Gambar berikut adalah rancangan model sistem hidrolik pada lengan *excavator* tipe *backhoe* yang akan dibuat terdiri dari *reservoir* (tangki oli), motor listrik, pompa roda gigi, *multiple unit valves* , silinder hidrolik dan beberapa instrumen lainnya.



Gambar 3.2 Rancangan Model Sistem Hidrolik Pada Lengan *Excavator* tipe *Backhoe*

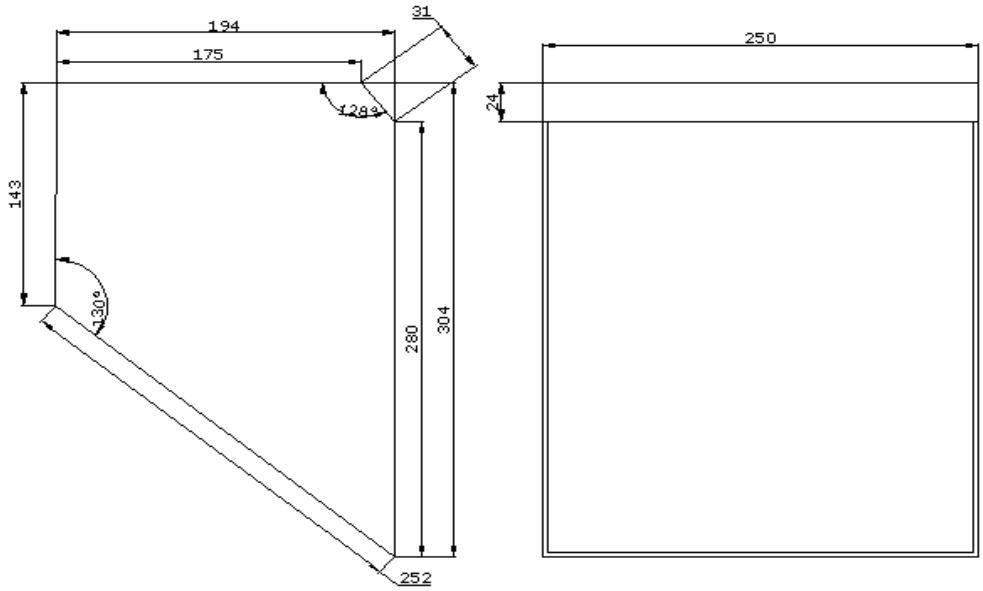
3.6. Perencanaan Pada *Bucket*

Pembuatan *bucket* pada model *exvavator* tipe *backhoe* menggunakan satu buah silinder hidrolik aksi ganda yang digunakan untuk mengangkat beban *bucket* itu sendiri ditambah dengan massa pasir dengan perencanaan sebagai berikut :

3.6.1. Menentukan beban pada *bucket*

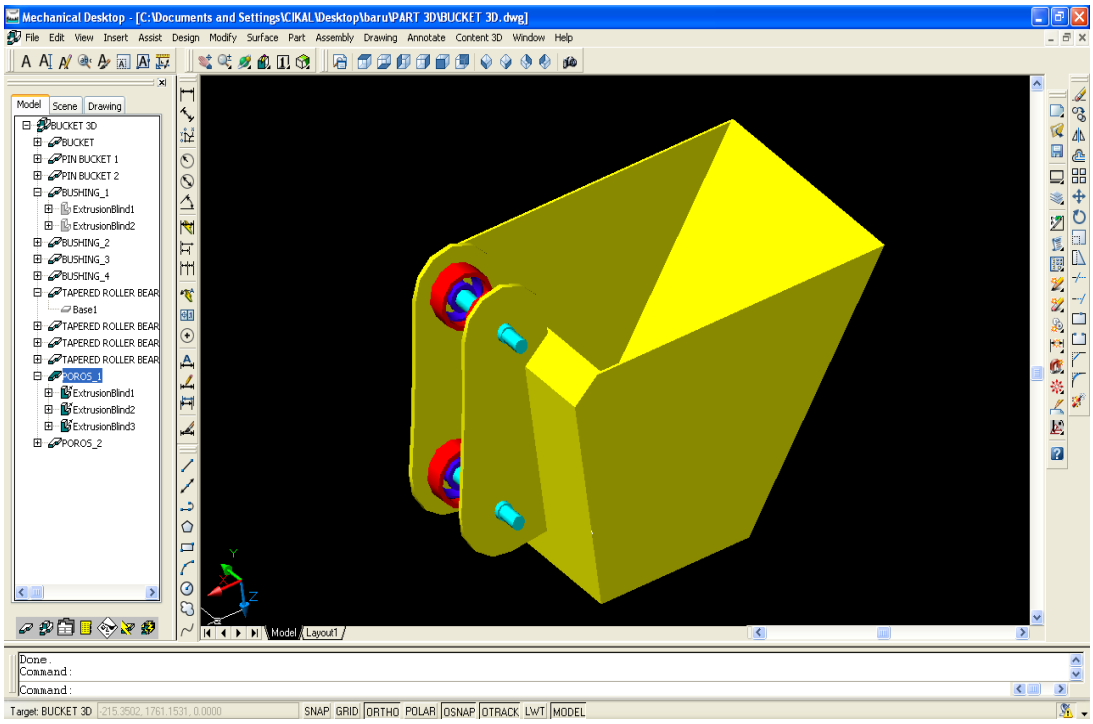
Bahan yang digunakan untuk pembuatan *bucket* adalah menggunakan bahan *Mild Steel*. Untuk mengetahui beban dari *bucket* ditambah dengan massa pasir dapat diperoleh dengan menggunakan bantuan *software Mechanical Dekstop* 2004. Dengan menggunakan *software* ini, dapat diketahui massa dari *bucket* itu sendiri ditambah dengan massa pasir, dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Gambar *bucket* yang akan dihitung massanya dengan menggunakan *software Mechanical Dekstop* 2004



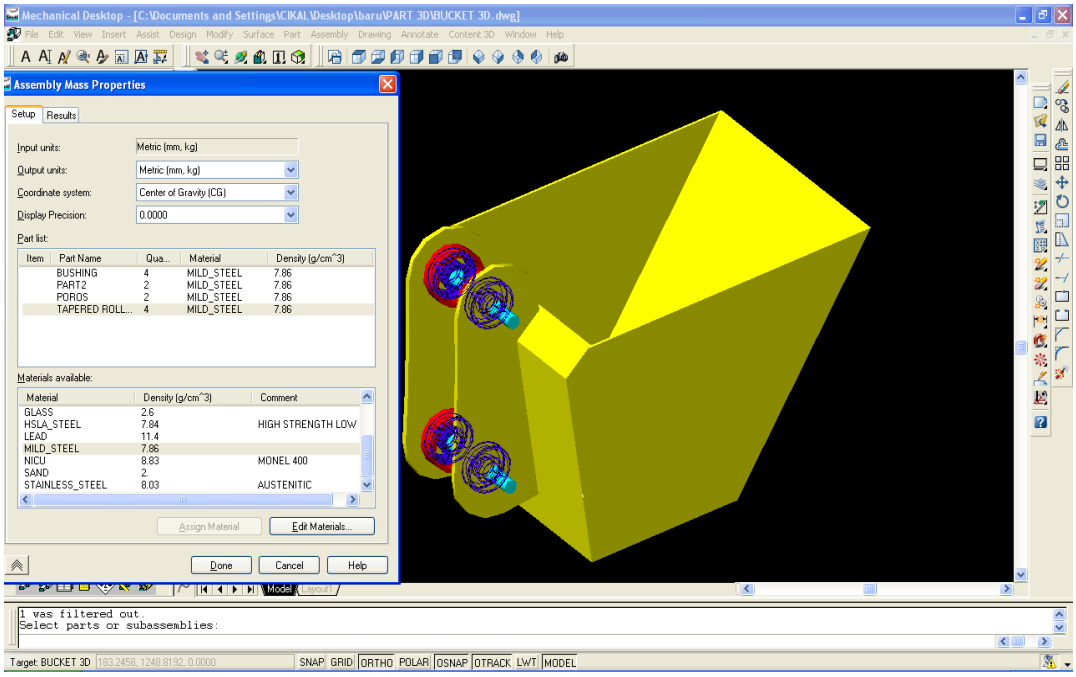
Gambar 3.3 Gambar 2D *bucket*

2. Ubah gambar 2D *bucket* kedalam bentuk 3D



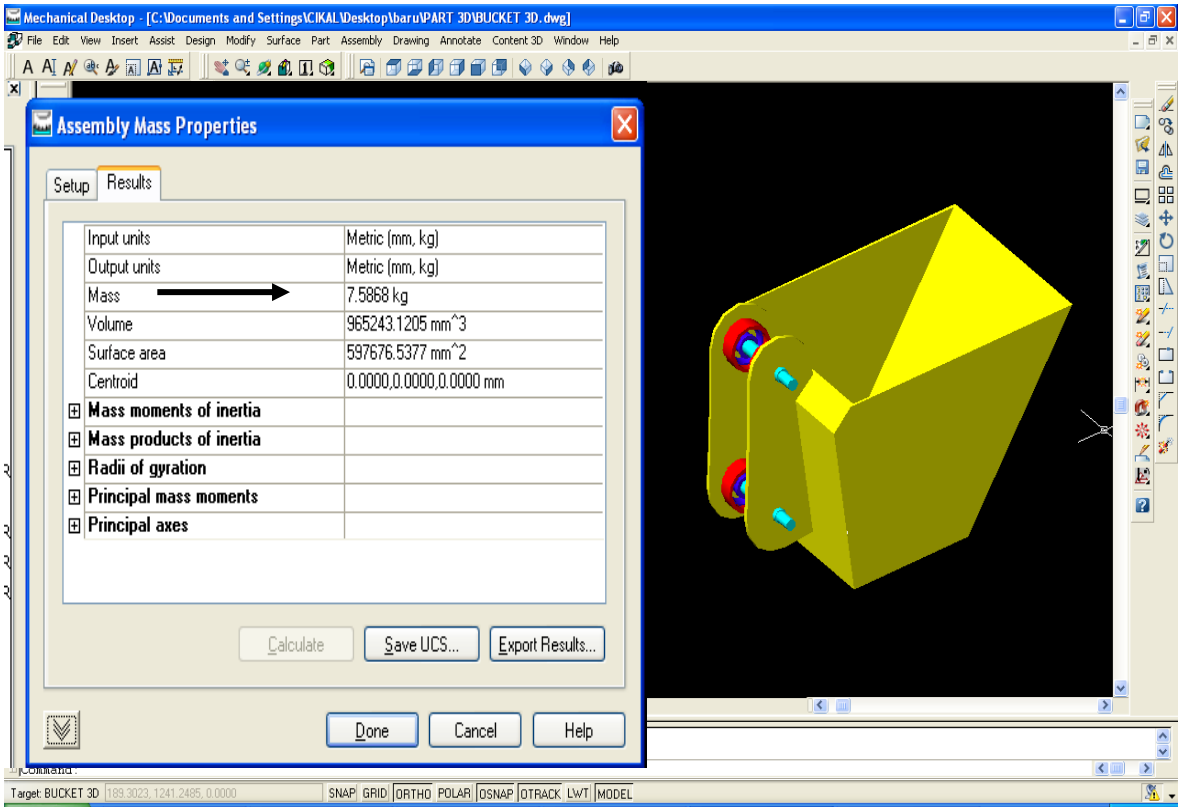
Gambar 3.4 Gambar 3D *bucket*

3. Untuk mengetahui massa dari *bucket* tersebut pilih menu *part* pada *toolbar* lalu pilih *mass properties*



Gambar 3.5 Proses pemilihan bahan *bucket*

4. Pada tampilan *Assembly Mass Properties*, pilih jenis bahan yang digunakan. Dalam hal ini menggunakan bahan jenis *Mild Steel*. Lalu pilih *Assign Material.*
5. Pilih menu *result* terus klik *calculate* untuk mengetahui massa dari *bucket* tersebut.



Gambar 3.6 Hasil perhitungan massa pada *bucket*

Dengan menggunakan cara yang sama, maka dapat dihitung massa pasir dari *bucket* . Massa dari *buck*et ditambah massa pasir yang telah dihitung dapat dilihat di dalam tabel berikut :

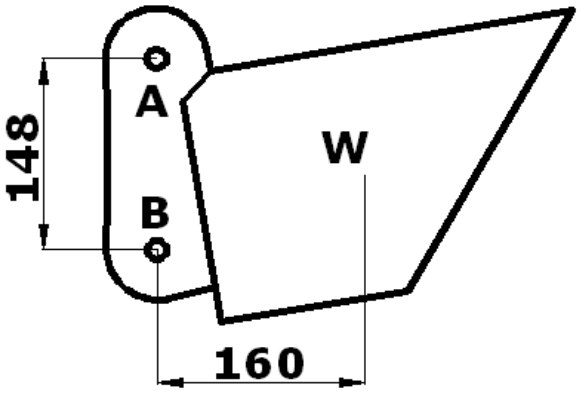
Tabel 3.1 Hasil perhitungan massa pada *bucket*

No	Part	Massa
1.	*Bucket* + *Bracket*	6,6411 kg
2.	Pasir	20,23 kg
3.	Poros + *Bushing* + *Bearing*	0,9458 kg
4.	**Total**	**27,8169 kg**

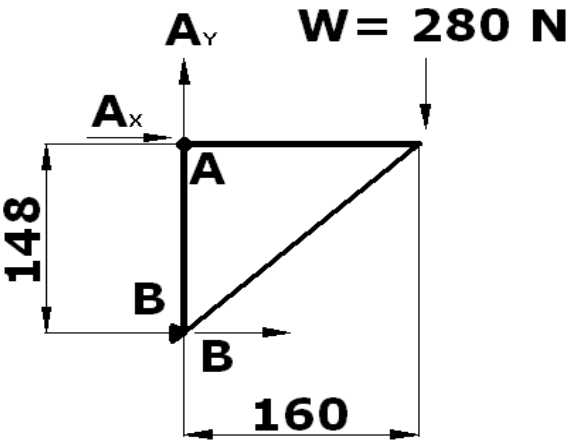
3.6.2. Menentukan gaya pada *bucket*

Dalam perencanaan *bucket* telah direncanakan terlebih dahulu hal-hal sebagai berikut :

- Berat *bucket* ditambah massa pasir = 280 N
- Jarak dari A ke B = 148.10^{-3} m
- Jarak dari B ke titik W = 160.10^{-3} m



Gambar 3.7 Rancangan *Bucket*



Gambar 3.8 Diagram Benda Bebas *Bucket*

Syarat kesetimbangan :

$\Sigma Fx = 0$; $\Sigma Fy = 0$; $\Sigma M_A = 0$

- Momen searah jarum jam adalah negatif (–)
- Momen yang arahnya berlawanan jarum jam adalah positif (+)

$\Sigma M_A = 0$

$(B \cdot 148.10^{-3}) - (W \cdot 160.10^{-3}) = 0$

$(B \cdot 0{,}148) - (280 \cdot 0{,}16) = 0$

$(B \cdot 0{,}148) - 44{,}8 = 0$

$B = 44{,}8 / 0{,}148$

B = 302,7 N

$\Sigma Fx = 0$

$Ax + B = 0$

$Ax = -B$

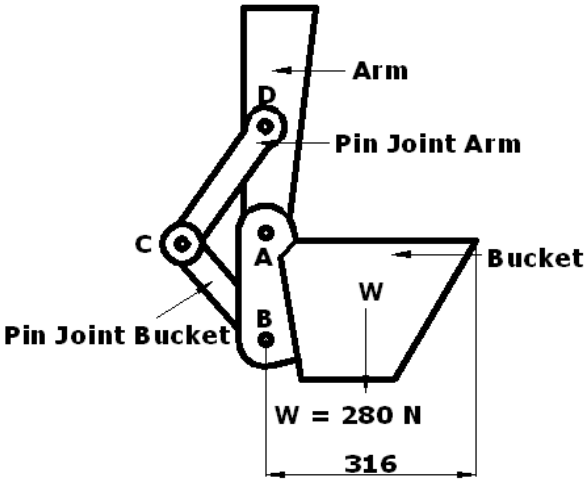
Ax = – 302,7N

$\Sigma Fy = 0$

$Ay - W = 0$

$Ay = W$

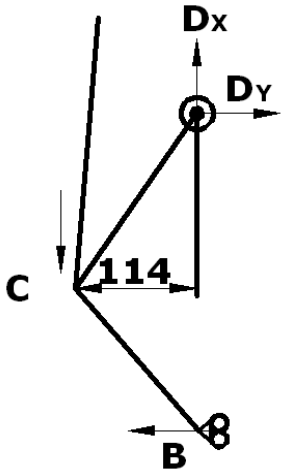
Ay = 280 N



Gambar 3.9 Mencari Gaya di titik C

- B = 302,7 N
- Jarak dari D ke C = 176.10^{-3} m
- Jarak dari C ke B = 200.10^{-3} m

Maka Diagram gayanya adalah :



Gambar 3.10 Diagram Benda Bebas Di titik C

Momen searah jarum jam adalah negatif (–)

Momen yang arahnya berlawanan jarum jam adalah positif (+)

Momen di titik D.

$\Sigma M_D = 0$

$C \cdot 114.10^{-3} - B \cdot 376.10^{-3} = 0$

$C \cdot 0{,}114 - 302{,}7 \cdot 0{,}376 = 0$

$C \cdot 0{,}114 - 113{,}54 = 0$

C = **995,96 N**

$\Sigma Fx = 0$

$Dx - B = 0$

$Dx = B$

Dx = 302,7 N

$\Sigma Fy = 0$

$Dy - C = 0$

$Dy = C$

Dy = 995,96 N

3.6.3. Menentukan diameter silinder hidrolik pada *bucket*

Diameter silinder hidrolik ditentukan berdasarkan :

- Gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat *arm* = 995,96 N
- Tekanan fluida yang digunakan p = $40.\ 10^5$ N/m^2

Maka digunakan rumus :

$$F = p.A_{piston}$$

$$F = p.\frac{\pi.D^2}{4}$$

Keterangan : F = Gaya (N)

D = Diameter piston (m)

p = Tekanan fluida (N/m^2)

$$F = p.\frac{\pi.D^2}{4}$$

$$995{,}96N = \left(40.10^5 N/m^2\right).\frac{\pi}{4}.D^2$$

$$995{,}96 = 31{,}4.10^5 N/m^2.D^2$$

$$D^2 = 31{,}71.10^{-5} m^2$$

$$D = 5{,}63.10^{-3} m$$

D = 5,63 ≈ 6 mm (diameter piston)

Karena didalam tabel spesifikasi hidrolik untuk diameter piston 6 mm tidak ada, maka dipilih ukuran standar paling kecil yaitu diameter piston **30 mm.**

3.6.4. Menentukan gaya silinder hidrolik pada *bucket*

Berdasarkan panjang langkah piston dan gaya yang dibutuhkan maka dipilih silinder hidrolik dengan spesifikasi :

- Panjang langkah silinder hidrolik L = 210 mm
- Diameter silinder hidrolik D = 30 mm
- diameter batang silinder hidrolik d = 16 mm
- Tekanan fluida yang digunakan p = $40.\ 10^5$ N/m^2

Menghitung gaya yang dihasilkan silinder hidrolik digunakan rumus:

F_{ext} = p x A_{piston}

F_{ret} = p x (A_{piston} .- A_{rod})

$A_{rod} = \frac{\pi . d^2}{4}$

Keterangan : F_{ext} = Gaya piston + (N)

F_{ret} = Gaya piston - (N)

d = Diameter batang piston (m)

p = Tekanan fluida(N/m^2)

F_{ext} = p x A_{piston}

$F_{ext} = p . \frac{\pi}{4} . D^2$

$F_{ext} = (40. 10^5 \ N/m^2) . \frac{3.14}{4} . (30. 10^{-3})^2 m$

F_{ext} = 2826 N (gaya pada saat piston bergerak naik)

F_{ret} = P x (A_{piston} .- A_{rod})

$F_{ret} = (40. 10^5 \ N/m^2) . \frac{3.14}{4} . ((30. 10^{-3} m)^2 – (16.10^{-3} m)^2)$

F_{ret} = 2022,16 N (gaya pada saat piston bergerak turun)

Berdasarkan perhitungan, gaya efektif silinder hidrolik adalah F_{ext} = **2826 N** dan F_{ret} = **2022,16 N**.

3.6.5. Menentukan kecepatan silinder hidrolik pada *bucket*

Untuk mengetahui kecepatan silinder pada saat piston bergerak dapat dihiitung dengan rumus :

Q_{th}= C . n

= 2 cc / rev . 1400 rev / menit

= 2,8 liter/ menit ≈ 3 liter/menit

$Q_w = Q_{th} \cdot \eta_{vol}$

= 3 liter/menit . 0,85

= 2,55 liter/menit

A = $A_{piston} - A_{rod}$

= (¼ πd^2) - (¼ πd^2)

= (0,785. $0{,}030^2$ m) - (0,785. $0{,}016^2$ m)

= 5, 0554 . 10^{-4} m^2

$V_{ext} = \frac{Q}{A\ piston}$

$= \frac{2{,}55\ liter/menit}{0{,}785\ .\ 0{,}0009\ \mathrm{m}}$

= 0,006 m/s

= **60 mm/s (kecepatan pada saat piston naik)**

$t = \frac{L}{V\ ext}$

$= \frac{210\ \mathrm{mm}}{60\ \mathrm{mm/s}}$ = 3,5 detik

$V_{ret} = \frac{Q}{A\ piston - Arod}$

$= \frac{2{,}55\ liter/menit}{0{,}785\ .\ 0{,}0009\ \mathrm{m} - 0{,}785\ .\ 0{,}000256\ \mathrm{m}}$

= 0,08 m/s

= **80 mm/s (kecepatan pada saat piston turun)**

$$t = \frac{L}{V\,ret}$$

$$= \frac{210\ mm}{80\ mm/s} = 2{,}62 \text{ detik} \approx 3 \text{ detik}$$

Keterangan : Q_{th} = Debit teoritis pompa hidrolik (liter/menit)

C = Volume perpindahan (cc/rev)

N = Putaran pompa hidrolik (rpm)

η_{vol} = Efisiensi volume (0,75 – 0,95)

V_{ext} = Kecepatan langkah piston pada saat naik (m/s)

V_{ret} = Kecepatan langkah piston pada saat turun (m/s)

Q_w = Debit aktual pompa hidrolik (dm^3/menit)

A_{piston} = Luas penampang piston (m^2)

A_{rod} = Luas penampang batang piston (m^2)

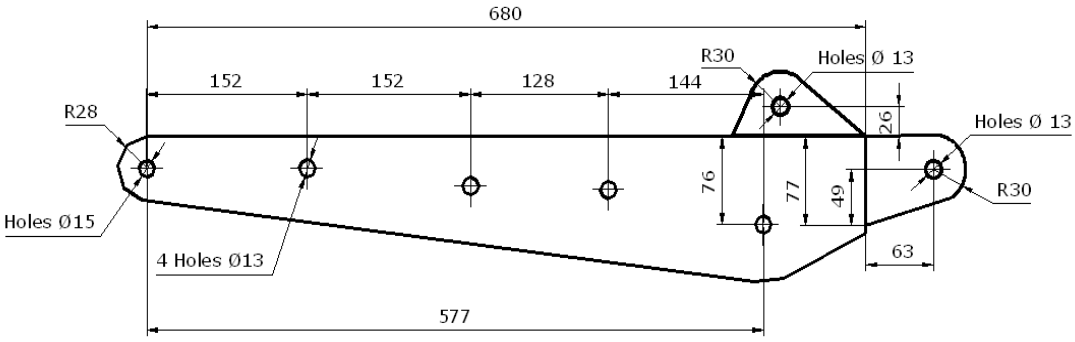
3.7. Perencanaan pada *arm*

Pembuatan *arm* pada model *exvavator* tipe *backhoe* menggunakan satu buah silinder hidrolik aksi ganda yang digunakan untuk mengangkat beban *arm* itu sendiri dan beban pada *bucket* dengan perencanaan sebagai berikut :

3.7.1. Menentukan beban pada *arm*

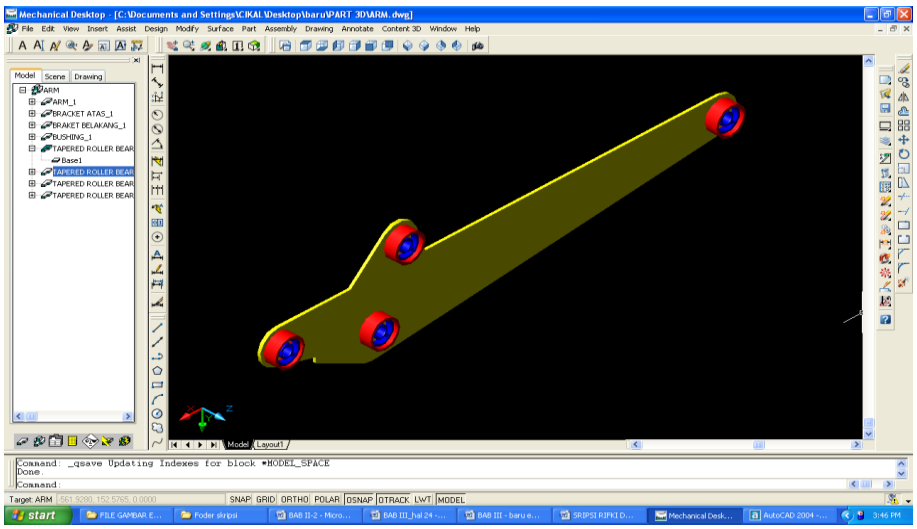
Bahan yang digunakan untuk pembuatan *arm* adalah menggunakan bahan *Mild Steel*. Untuk mengetahui beban dari *arm* dapat diperoleh dengan menggunakan bantuan *software Mechanical Dekstop* 2004. Dengan menggunakan *software* ini, dapat diketahui massa dari *arm* itu sendiri, dengan langkah – langkah sebagai berikut

1. Gambar *arm* yang akan dihitung massanya dengan menggunakan *software Mechanical Dekstop* 2004



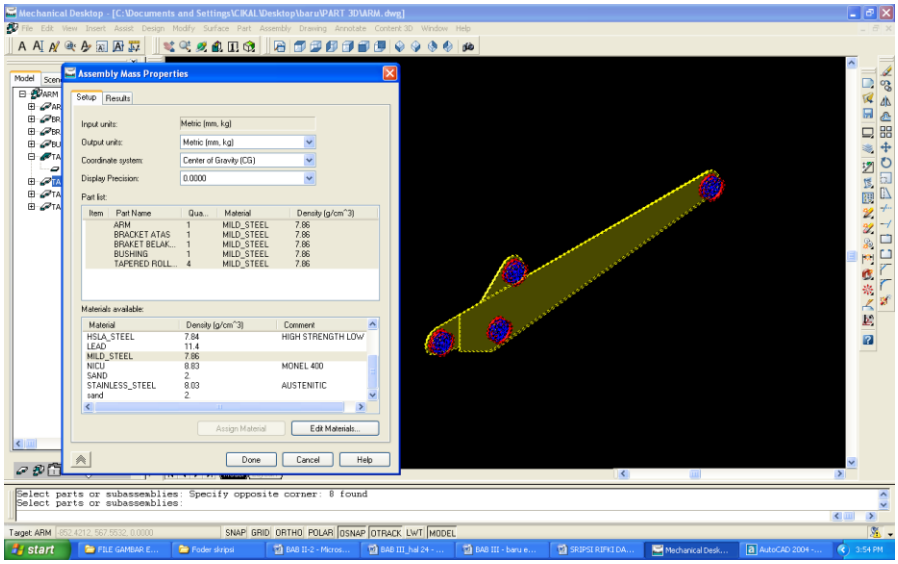
Gambar 3.11 Gambar 2D *arm*

2. Ubah gambar 2D *arm* kedalam bentuk 3D



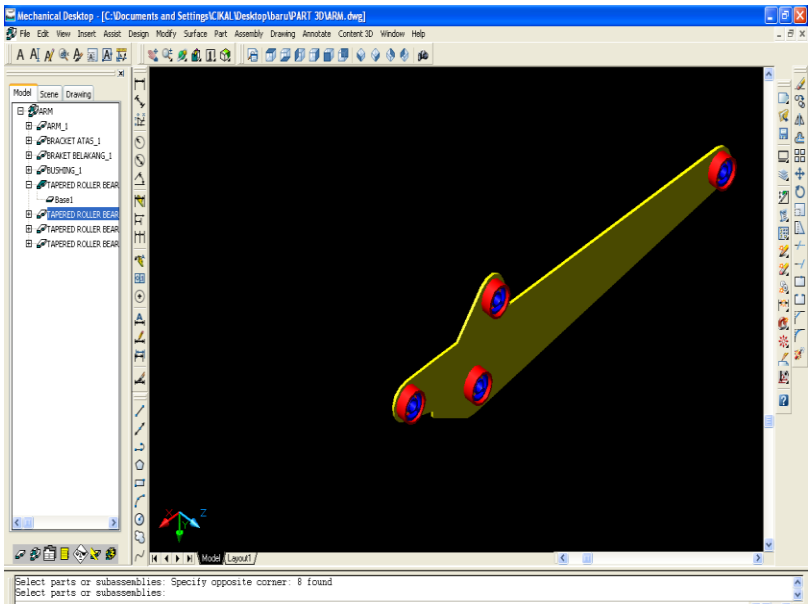
Gambar 3.12 Gambar 3D *arm*

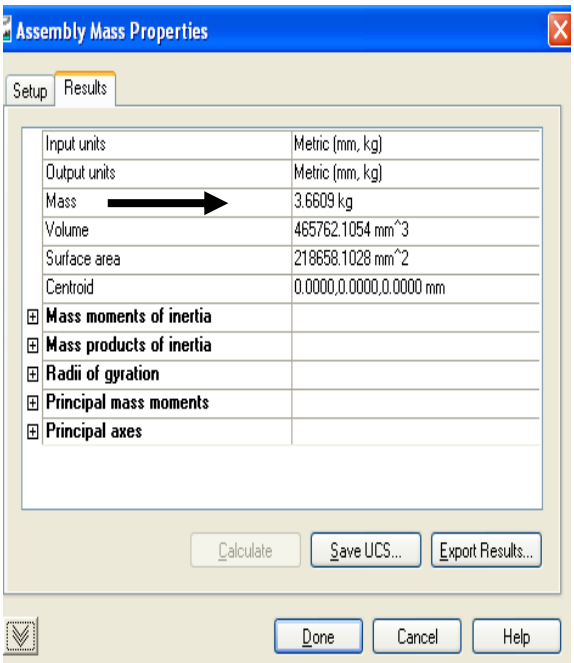
3. Untuk mengetahui massa dari *arm* tersebut pilih menu *part* pada *toolbar* lalu pilih *mass properties*



Gambar 3.13 Proses pemilihan bahan *arm*

4. Pada tampilan *Assembly Mass Properties*, pilih jenis bahan yang digunakan. Dalam hal ini menggunakan bahan jenis *Mild Steel*. Lalu pilih *Assign Material*.
5. Pilih menu *result* terus klik *calculate* untuk mengetahui massa dari *arm* tersebut.





Gambar 3.14 Hasil perhitungan massa pada *arm*

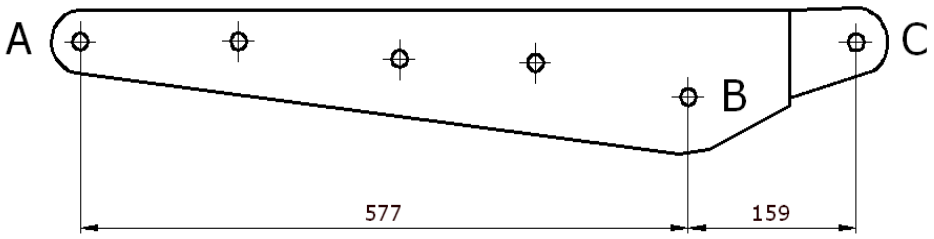
Dengan menggunakan cara yang sama, maka dapat dihitung massa pada bagian *arm* . Massa dari *arm* ditambah massa poros, *bushing*, *cylinder bucket* dan *bearing* yang telah dihitung dapat dilihat di dalam tabel berikut :

Tabel 3.2 Hasil perhitungan massa pada bagian *arm*

No	*Part*	Massa
1.	*Arm* + *Bracket*	3,051 x 2 = 6,102 kg
2.	Poros + *Bushing* + *Bearing*	1,28 kg
3.	Pin	1,934 kg
4.	*Cylinder bucket*	3 kg
5.	**Total**	**12,316 kg**

3.7.2. Menentukan gaya pada *arm*

Penghitungan gaya pada *arm* dilakukan pada kondisi saat pengangkatan beban, yaitu pada saat *bucket* terisi penuh oleh pasir.



Gambar 3.15 Penampang *arm*

Di titik A, terdapat gaya F_A. Gaya F_A di dapat dari :

F_A = (Massa *Bucket* + Massa Pasir + Massa Pin + Poros + *Bushing* + *Cylinder bucket*) . g

= (6,6411 + 20,23 + 1,1140 + 3,508+ 3) . 9,81 ms^{-2}

= 308,9 N ≈ **309 N**

Massa pada bagian *arm* berdasarkan perhitungan menggunakan *software mechanical desktop* 2004 adalah 13,596 Kg. Maka ;

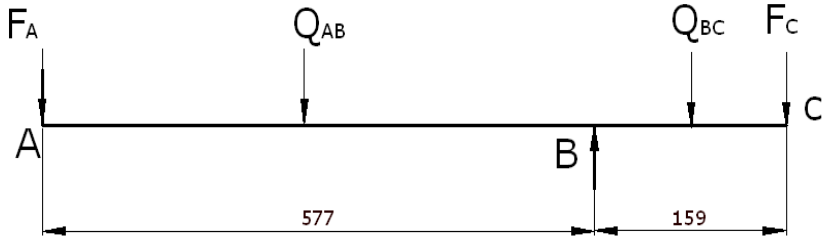
$$Q = \frac{P}{L}$$

$$Q = \frac{12{,}316 \,.9{,}81}{0{,}577+0{,}159}$$

$$Q = \frac{120{,}819}{0{,}577+0{,}159}$$

Q = 164,5 N/m

Nilai Q memberikan beban secara merata ke seluruh bagian pada *arm*. Maka diagram gayanya adalah :



Gambar 3.16 Diagram benda bebas pada *arm*

- Momen yang berlawanan arah jarum jam adalah positif (+).
- Momen yang searah jarum jam adalah negatif (-).

Maka momen pada titik B (M_B) = 0.

$\Sigma M_B = 0$.

$(F_A . 0,577) + (Q_{AB} . 0,289) – (F_C . 0,159) – (Q_{BC} . 0,079) = 0$

$309 . 0,577 + 164,5 . 0,289 – (F_C . 0,159) – 164,5 . 0,079 = 0$

$178,3 + 47,5 – (F_C . 0,159) – 12,9 = 0$

$(F_C . 0,159) = 212,9$

F_C = **1339 N**

Maka momen pada titik A (M_A) = 0.

$\Sigma M_A = 0$.

$(R_B . 0,577) – (Q_{AB} . 0,289) – (F_C . 0,736) – (Q_{BC} . 0,657) = 0$

$(R_B . 0,577) – (164,5 . 0,289) – (1339 . 0,736) – 164,5 . 0,657 = 0$

$(R_B \cdot 0{,}577) - 47{,}5 - 985{,}5 - 108 = 0$

$(R_B \cdot 0{,}577) - 1141 = 0$

R_H = **1977,5 N**

3.7.3. Menentukan diameter silinder hidrolik pada *arm*

Diameter silinder hidrolik ditentukan berdasarkan :

- Gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat *arm* = 1339 N
- Tekanan fluida yang digunakan p = $40.\ 10^5$ N/m^2

Maka digunakan rumus :

$$F = p.A_{piston}$$

$$F = p.\frac{\pi.D^2}{4}$$

Keterangan : F = Gaya (N)

D = Diameter piston (m)

p = Tekanan fluida (N/m^2)

$$F = p.\frac{\pi.D^2}{4}$$

$$1339N = \left(40.10^5 N/m^2\right).\frac{\pi}{4}.D^2$$

$$1339N = 31{,}4.10^5 N/m^2.D^2$$

$$D^2 = 42{,}64.10^{-5} m^2$$

$$D = 6{,}52.10^{-3} m$$

D = 6,6 ≈ 7 mm (diameter piston)

Karena didalam tabel spesifikasi hidrolik untuk diameter piston 7 mm tidak ada, maka dipilih ukuran standar paling kecil yaitu diameter piston **30 mm.**

3.7.4. Menentukan gaya silinder hidrolik pada *arm*

Berdasarkan panjang langkah piston dan gaya yang dibutuhkan maka dipilih silinder hidrolik dengan spesifikasi :

- Panjang langkah silinder hidrolik L = 210 mm
- Diameter silinder hidrolik D = 30 mm
- diameter batang silinder hidrolik d = 16 mm
- Tekanan fluida yang digunakan p = $40.\ 10^5$ N/m^2

Menghitung gaya yang dihasilkan silinder hidrolik digunakan rumus:

$F_{ext} = p \times A_{piston}$

$F_{ret} = p \times (A_{piston} .- A_{rod})$

$A_{rod} = \dfrac{\pi . d^2}{4}$

Keterangan : F_{ext} = Gaya piston + (N)

F_{ret} = Gaya piston - (N)

d = Diameter batang piston (m)

p = Tekanan fluida(N/m^2)

$F_{ext} = p \times A_{piston}$

$F_{ext} = p . \dfrac{\pi}{4} . D^2$

$F_{ext} = (40.\ 10^5\ N/m^2) . \dfrac{3.14}{4} . (30.\ 10^{-3})^2 m$

F_{ext} = 2826 N (gaya pada saat piston bergerak naik)

F_{ret} = P x (A_{piston} .- A_{rod})

$F_{ret} = (40.\ 10^5\ \ N/m^2)\ .\ \frac{3.14}{4}\ .\ ((30.\ 10^{-3}m)^2 - (16.10^{-3}m)^2)$

$F_{ret} = (40.\ 10^5\ \ N/m^2)\ .\ \frac{3.14}{4}\ .\ 6,44\ .\ 10^{-4}\ m$

F_{ret} = 2022,16 N (gaya pada saat piston bergerak turun)

Berdasarkan perhitungan, gaya efektif silinder hidrolik adalah F_{ext} = **2826 N** dan F_{ret} = **2022,16 N**.

3.7.5. Menentukan kecepatan silinder hidrolik pada *arm*

Untuk mengetahui kecepatan silinder pada saat piston bergerak dapat dihiitung dengan rumus :

Q_{th}= C . n

= 2 cc / rev . 1400 rev / menit

= 2,8 liter/ menit ≈ 3 liter/menit

$Q_w = Q_{th} \cdot \eta_{vol}$

= 3 liter/menit . 0,85

= 2,55 liter/menit

A = $A_{piston} - A_{rod}$

= (¼ πd^2) - (¼ πd^2)

= (0,785. $0,030^2$ m) - (0,785. $0,016^2$ m)

= 5, 0554 . 10^{-4} m^2.

$V_{ext} = \frac{Q}{A\ piston}$

$= \frac{2,55\ liter/menit}{0,785\ .\ 0,0009\ m}$

= 0,06 m/s

= **60 mm/s (kecepatan pada saat piston naik)**

$$t = \frac{L}{V\ ext}$$

$$= \frac{210\ mm}{60\ mm/s} = 3{,}5 \text{ detik}$$

$$V_{ret} = \frac{Q}{A\ piston - Arod}$$

$$= \frac{2{,}55\ liter/menit}{0{,}785\ .\ 0{,}0009\ m - 0{,}785\ .\ 0{,}000256\ m}$$

= 0,08 m/s

= **80 mm/s (kecepatan pada saat piston turun)**

$$t = \frac{L}{V\ ret}$$

$$= \frac{210\ mm}{80\ mm/s} = 2{,}63 \text{ detik} \approx 3 \text{ detik}$$

Keterangan : Q_{th} = Debit teoritis pompa hidrolik (liter/menit)

C = Volume perpindahan (cc/rev)

N = Putaran pompa hidrolik (rpm)

η_{vol} = Efisiensi volume (0,75 – 0,95)

V_{ext} = Kecepatan langkah piston pada saat naik (m/s)

V_{ret} = Kecepatan langkah piston pada saat turun (m/s)

Q_w = Debit aktual pompa hidrolik (dm^3/menit)

A_{piston} = Luas penampang piston (m^2)

A_{rod} = Luas penampang batang piston (m^2)

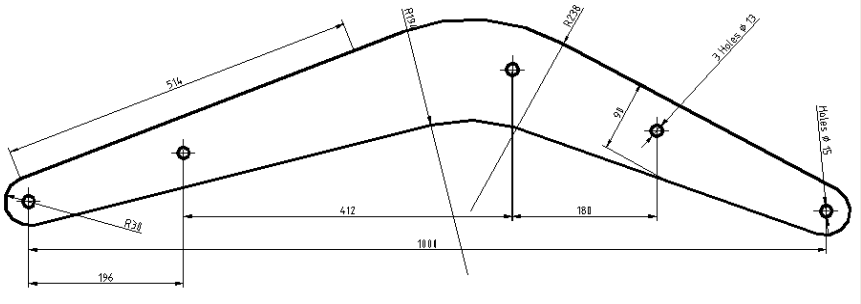
3.8. Perencanaan pada *boom*

Pembuatan *boom* pada model *exvavator* tipe *backhoe* menggunakan satu buah silinder hidrolik aksi ganda yang digunakan untuk mengangkat beban *boom* itu sendiri, beban pada *arm*, beban pada *bucket* ditambah massa pasir pada *bucket* dengan perencanaan sebagai berikut :

3.8.1. Menentukan beban pada *boom*

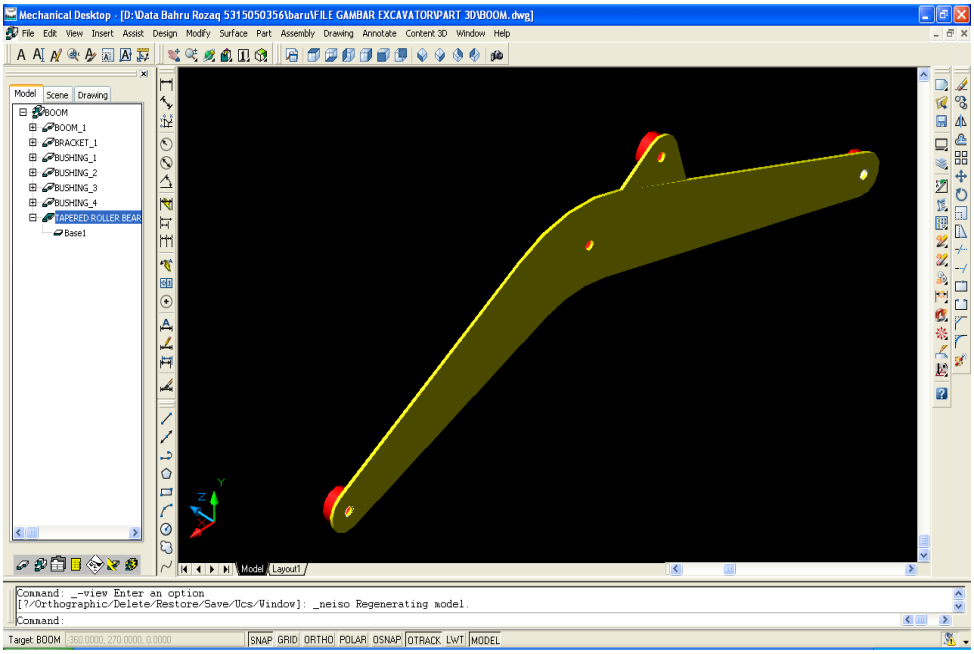
Bahan yang digunakan untuk pembuatan *boom* adalah menggunakan bahan *Mild Steel*. Untuk mengetahui beban dari *boom* dapat diperoleh dengan menggunakan bantuan *software Mechanical Dekstop* 2004. Dengan menggunakan *software* ini, dapat diketahui massa dari *boom* itu sendiri, dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Gambar *boom* yang akan dihitung massanya dengan menggunakan *software Mechanical Dekstop* 2004.



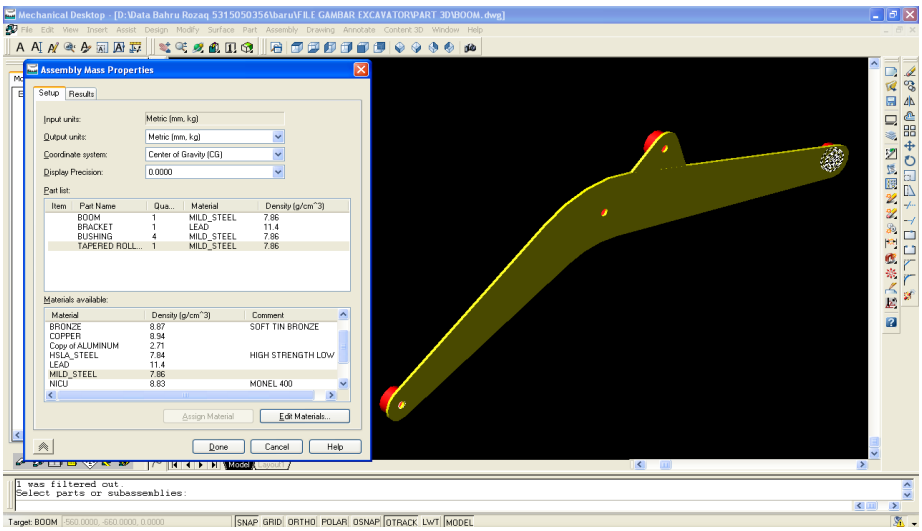
Gambar 3.17 Gambar 2D *boom*

2. Ubah gambar 2D *boom* ke dalam bentuk 3D



Gambar 3.18 Gambar 3D *boom*

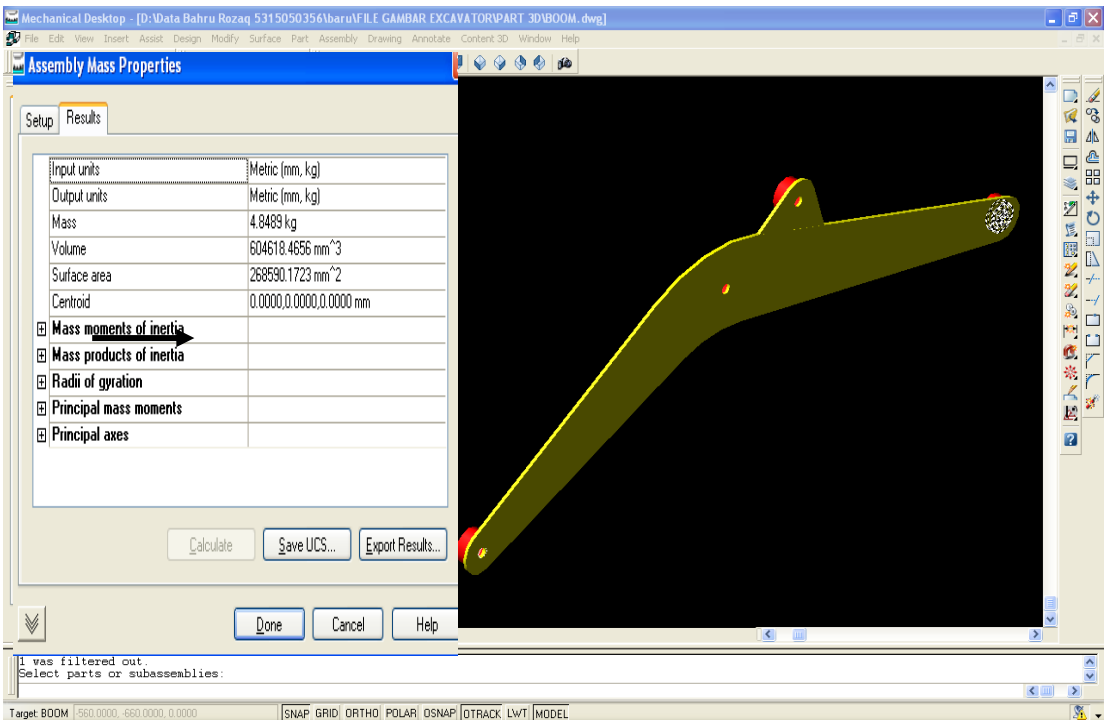
3. Untuk mengetahui massa dari *boom* tersebut pilih menu *part* pada *toolbar* lalu pilih *mass properties*



Gambar 3.19 Proses pemilihan bahan *boom*

4. Pada tampilan *Assembly Mass Properties*, pilih jenis bahan yang digunakan. Dalam hal ini menggunakan bahan jenis *Mild Steel*.Lalu pilih *Assign Material*.

5. Pilih menu *result* terus klik *calculate* untuk mengetahui massa dari boom tersebut.



Gambar 3.20 Hasil perhitungan massa pada *boom*

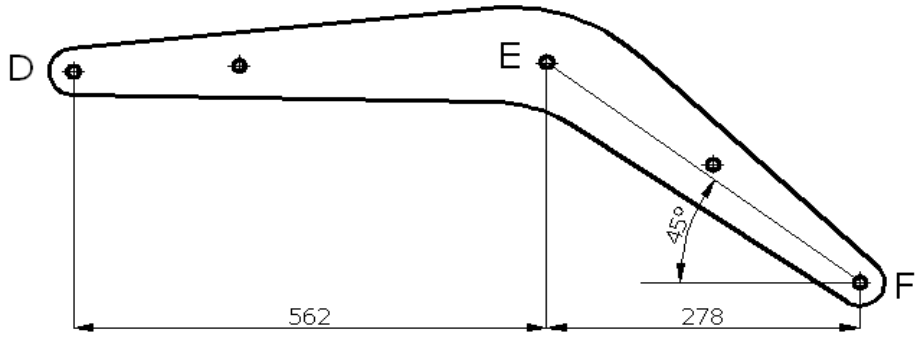
Dengan menggunakan cara yang sama, maka dapat dihitung massa pada bagian *boom* . Massa dari *boom* ditambah massa poros, *bushing*, *cylinder bucket* , *cylinder arm* dan *bearing* yang telah dihitung dapat dilihat di dalam tabel berikut :

Tabel 3.3 Hasil perhitungan massa pada bagian *boom*

No	*Part*	Massa
1.	*Boom* + *Bracket*	4,3214 x 2 = 8,65 kg
2.	Poros + *Bushing* + *Bearing*	1,6 kg
3.	*Cylinder arm*	3 kg
4.	**Total**	**13,25 kg**

3.8.2. Menentukan gaya pada *boom*

Penghitungan gaya pada boom yaitu pada saat pengangkatan beban. Maka massa *boom* juga ikut dihitung.



Gambar 3.21 Penampang *boom*

Di titik D terdapat gaya F_D. Gaya ini didapat dari :

F_D = (massa *bucket* + massa pasir + massa pin + massa arm + *cylinder bucket* + *cylinder arm* + massa poros +bushing + bearing).g

= (278 + 123 + 132,5) . 9,81 m s^{-2}

= 523,36 N

Massa pada bagian *boom* berdasarkan perhitungan menggunakan *software mechanical desktop* 2004 adalah 13,25 kg. Maka ;

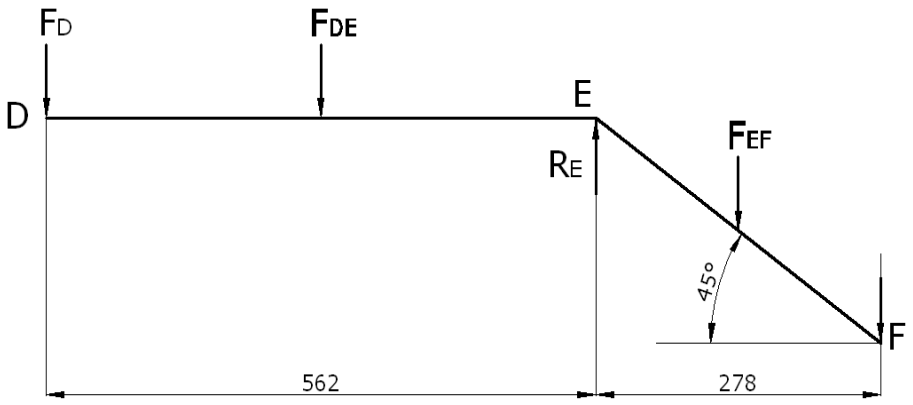
$$Q = \frac{P}{L}$$

$$Q = \frac{13{,}25 \,.9{,}81}{0{,}462+0{,}278}$$

$$Q = \frac{130}{0{,}462+0{,}278}$$

Q = 175,6 N/m

Nilai Q memberikan beban secara merata ke seluruh bagian boom. Maka diagram gayanya adalah :



Gambar 3.22 Diagram benda bebas pada *boom*

- Momen yang berlawanan arah jarum jam adalah positif (+).
- Momen yang searah jarum jam adalah negatif (-).

Maka momen pada titik E (M_E) = 0.

$\Sigma M_E = 0.$

$(F_D \cdot 0{,}562) + (Q_{DE} \cdot 0{,}281) - (F_F \cdot 0{,}278 \cos 45^0) - (Q_{EF} \cdot 0{,}139 \cos 45^0) = 0$

$(523{,}36 \cdot 0{,}562) + (175{,}6 \cdot 0{,}281) - (F_F \cdot 0{,}278 \cos 45^0) - (175{,}6 \cdot 0{,}139 \cos 45^0) = 0$

$294 + 49{,}4 - (F_F \cdot 0{,}278 \cos 45^0) - 17{,}25 = 0$

$(F_F \cdot 0{,}278 \cos 45^0) = 326{,}15$

F_F = 1716,5 N

Maka momen pada titik D(M_D) = 0.

$\Sigma M_D = 0$.

(R_E . 0,562) – (Q_{DE} . 0,281) – (F_F . 0,84 cos 45^0) – (Q_{EF} . 0,7 cos 45^0) = 0

(R_E . 0,562) – (175,6 . 0,281) – (1716,5 . 0,84 cos 45^0) – (175,6 . 0,7 cos 45^0) = 0

(R_E . 0,562) – 49,4 – 1019,5 – 86,9 = 0

(R_E . 0,562) – 1155,8 = 0

R_E = 2056,5 N

3.8.3. Menentukan diameter silinder hidrolik pada *boom*

Diameter silinder hidrolik ditentukan berdasarkan :

- Gaya yang dibutuhkan untuk mengangkat *arm* = 2056,5 N
- Tekanan fluida yang digunakan p = 40. 10^5 N/m^2

Maka digunakan rumus :

$$F = p.A_{piston}$$

$$F = p.\frac{\pi.D^2}{4}$$

Keterangan : F = Gaya (N)

D = Diameter piston (m)

p = Tekanan fluida (N/m^2)

$$F = p.\frac{\pi.D^2}{4}$$

$$2056{,}5N = \left(40.10^5 N/m^2\right).\frac{\pi}{4}.D^2$$

$$2056{,}5N = 31{,}4.10^5 N/m^2.D^2$$

$$D^2 = 65{,}5.10^{-5} m^2$$

$$D = 8{,}1.10^{-3} m$$

D = 8,1 ≈ 8 mm (diameter piston)

Karena didalam tabel spesifikasi hidrolik untuk diameter piston 8 mm tidak ada, maka dipilih ukuran standar paling kecil yaitu diameter piston **30 mm.**

3.8.4. Menentukan gaya silinder hidrolik pada *boom*

Berdasarkan panjang langkah piston dan gaya yang dibutuhkan maka dipilih silinder hidrolik dengan spesifikasi :

- Panjang langkah silinder hidrolik L = 250 mm
- Diameter silinder hidrolik D = 30 mm
- diameter batang silinder hidrolik d = 20 mm
- Tekanan fluida yang digunakan p = $40.\ 10^5$ N/m^2

Menghitung gaya yang dihasilkan silinder hidrolik digunakan rumus:

F_{ext} = p x A_{piston}

F_{ret} = p x (A_{piston} .- A_{rod})

$$A_{rod} = \frac{\pi.d^2}{4}$$

Keterangan : F_{ext} = Gaya piston + (N)

F_{ret} = Gaya piston - (N)

d = Diameter batang piston (m)

p = Tekanan fluida(N/m^2)

$F_{ext} = p \times A_{piston}$

$F_{ext} = p \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2$

$F_{ext} = (40.\ 10^5\ N/m^2) \cdot \frac{3.14}{4} \cdot (30.\ 10^{-3})^2 m$

F_{ext} = 2826 N (gaya pada saat piston bergerak naik)

$F_{ret} = P \times (A_{piston} .- A_{rod})$

$F_{ret} = (40.\ 10^5\ N/m^2) \cdot \frac{3.14}{4} \cdot ((30.\ 10^{-3}m)^2 - (20.10^{-3}m)^2)$

$F_{ret} = (40.\ 10^5\ N/m^2) \cdot \frac{3.14}{4} \cdot ((30.\ 10^{-3}m)^2 - (20.10^{-3}m)^2)$

F_{ret} = 1570 N (gaya pada saat piston bergerak turun)

Berdasarkan perhitungan, gaya efektif silinder hidrolik adalah F_{ext} = **2826 N** dan F_{ret} = **1570 N**.

3.8.5. Menentukan kecepatan silinder hidrolik pada *boom*

Untuk mengetahui kecepatan silinder pada saat piston bergerak dapat dihiitung dengan rumus :

$Q_{th} = C \cdot n$

= 2 cc / rev . 1400 rev / menit

= 2,8 liter/ menit ≈ 3 liter/menit

$Q_w = Q_{th} \cdot \eta_{vol}$

= 3 liter/menit . 0,85

= 2,55 liter/menit

A = $A_{piston} - A_{rod}$

= (¼ πd^2) - (¼ πd^2)

= (0,785. $0{,}030^2$ m) - (0,785. $0{,}02^2$ m)

= 3, 925 . 10^{-4} m^2.

$V_{ext} = \frac{Q}{A\ piston}$

$= \frac{2{,}55\ liter/menit}{0{,}785\ .\ 0{,}0009\ \mathrm{m}}$

= 0,06 m/s

= **60 mm/s (kecepatan pada saat piston naik)**

$t = \frac{L}{V\ ext}$

$= \frac{250\ \mathrm{mm}}{60\ \mathrm{mm/s}}$ = 4 detik

$V_{ret} = \frac{Q}{A\ piston - Arod}$

$= \frac{2{,}55\ liter/menit}{0{,}785\ .\ 0{,}0009\ \mathrm{m} - 0{,}785\ .\ 0{,}0004\ \mathrm{m}}$

= 0,1 m/s

= **100 mm/s (kecepatan pada saat piston turun)**

$t = \frac{L}{V\ ret}$

$= \frac{250\ \mathrm{mm}}{100\ \mathrm{mm/s}}$ = 2,5 detik

Keterangan : Q_{th} = Debit teoritis pompa hidrolik (liter/menit)

C = Volume perpindahan (cc/rev)

N = Putaran pompa hidrolik (rpm)

η_{vol} = Efisiensi volume (0,75 – 0,95)

V_{ext} = Kecepatan langkah piston pada saat naik (m/s)

V_{ret} = Kecepatan langkah piston pada saat turun (m/s)

Q_w = Debit aktual pompa hidrolik (dm^3/menit)

A_{piston} = Luas penampang piston (m^2)

A_{rod} = Luas penampang batang piston (m^2)